

**OBTENCIÓN DE ACCESORIOS DE DECORACIONES EN LATONES A PARTIR
DEL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN. EMPRESA FANTAXIAS SAS**

EDWIN JADDYR BLANCO AMADO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
BUCARAMANGA
2011**

**OBTENCIÓN DE ACCESORIOS DE DECORACIONES EN LATONES A PARTIR
DEL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN. EMPRESA FANTAXIAS SAS**

EDWIN JADDYR BLANCO AMADO

Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero metalúrgico

Director

**ARNALDO ALONSO BAQUERO
INGENIERO METALURGICO UIS
ESPECIALISTA EN FUNDICION E.S.F. FRANCIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES
BUCARAMANGA**

2011

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. ALEACIONES DE COBRE (LATONES)	17
2.1 Latones	17
2.1.1 Latones Alfa	17
2.1.2 Latones Beta	18
2.1.3 Latones Alfa-Beta	20
2.1.4 Latones Especiales	21
2.1.5 El latón con plomo	23
2.1.5.1 Plomo en el agua potable. Normativas	26
2.1.5.2 Normas colombianas del plomo	27
2.2 Designaciones	27
2.3 Coeficiente de Guillet	28
2.4 Propiedades de los latones	29
3. PRINCIPIOS DEL PROCESO DE COLADA EN COQUILLA POR PRESION	32
3.1 Velocidad del sistema de inyección	35
4. MAQUINAS DE MOLDEO POR PRESION	36
5. CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LA MAQUINA	37
5.1 Sistema de control de la maquina	37
5.2 Ciclo operativo de la máquina	37
6 MOLDES EN COQUILLA PARA FUNDICION A PRESION	38
6.1 Requisitos de las piezas inyectadas	38
6.2 Fabricación del molde	39
6.3 Rendimiento del molde	40

6.3.1 Precalentamiento adecuado	41
6.3.2 Correcta refrigeración	42
6.3.3 Tratamiento de superficie	42
7 HORNOS PARA FUSION DE ALEACIONES DE COBRE	43
7.1 Horno de crisol fijo basculable	43
7.2 Horno de crisol fijo no basculable	44
7.3 Hornos eléctricos	45
8 METODOLOGIA	47
8.1 Selección del horno de mantenimiento para las aleaciones del cobre	47
8.1.1 Construcción del horno de mantenimiento para las aleaciones del cobre	52
8.2 Criterios del diseño para los moldes de inyección	55
8.2.1 Selección del material para el molde de inyección	55
8.3 Estudio teórico y selección de la aleación de latón trabajable en el moldeo de moldes metálicos a presión	59
8.3.1 Estudio teórico de la aleación	59
8.3.2 Preparación de las aleaciones propuestas	62
8.3.3 Ensayos realizados a las probetas de latón	63
8.4 Obtención de piezas decorativas por el método de inyección en moldes metálicos	64
8.4.1 Determinación de parámetros de fundición que intervienen en la colada de latones en el proceso de moldeo en moldes metálicos por presión	65
8.4.2 Inyección de latón. (Empresa FANTAXIAS SAS)	69
9 RESULTADOS	70
9.1 Ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos-x de energía dispersiva	70
9.2 Ensayo metalográfico	71
9.3 Ensayo toma de dureza	74
9.4 Obtención de piezas decorativas por el método de inyección moldes metálicos	75
10 ANALISIS DE RESULTADOS	76

10.1 Ensayo de espectrometría de fluorescencia de rayos-x de energía dispersiva	76
10.2 Ensayo metalográfico	76
10.3 Ensayo toma de dureza	77
10.4 Estudio teórico y selección de la aleación de latón trabajable en el moldeo de moldes metálicos a presión	77
11 CONCLUSIONES	79
12 RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFIA	81

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Diagrama de equilibrio de la aleación Cu – Zn.	17
FIGURA 2. Microestructura 100X de latón monofásico 70/30.	18
FIGURA 3. Fase β' para una composición equivalente de átomos de cobre y zinc.	19
FIGURA 4. Ilustración esquemática del posible mecanismo de Formación de los dos dominios ordenados. El plano mostrado es (110).	20
FIGURA 5. Microestructura 10X de aleación bifásica CuZn40.	21
FIGURA 6. Efecto del contenido de plomo en la maquinabilidad de los latones al plomo.	24
FIGURA 7. Efecto de la adición del plomo en los latones.	24
FIGURA 8. Efecto de la temperatura en las propiedades mecánicas de los latones.	30
FIGURA 9. Principio de inyección con acumulador de presión y multiplicador.	32
FIGURA 10. Variaciones presión y velocidad en la trayectoria del pistón de inyección.	34
FIGURA 11. Diagrama P/Q^2 para la primera y segunda fase de inyección.	35
FIGURA 12. Tipos de maquinas de colada por presión, Cámara fría, b) Cámara caliente.	36
FIGURA 13. Esquema de un molde en coquilla.	38
FIGURA 14. Horno basculante con crisol fijo.	44
FIGURA 15. Horno de crisol fijo de la empresa FANTAXIAS SAS.	44
FIGURA 16. Horno de inducción de canal.	46
FIGURA 17. Diseño inicial de horno de crisol fijo para fundición de latón. Empresa FANTAXIAS SAS.	48
FIGURA 18. Diseño final de horno de crisol fijo para fundición de latón, en la empresa FANTAXIAS SAS.	50
FIGURA 19. Curva de calentamiento del horno de crisol fijo no basculable.	54

FIGURA 20. Revestimiento refractario del horno en la empresa FANTAXIAS SAS.	54
FIGURA 21. Horno de crisol fijo terminado en la empresa FANTAXIAS SAS.	54
FIGURA 22. Tenacidad en función de la temperatura de revenido (dureza) del acero BÖHLER W360 ISOBLOC.	57
FIGURA 23. Dureza en caliente del acero BÖHLER W360 ISOBLOC.	57
FIGURA 24. Diseño de accesorio de grifería, (molde plato móvil).	58
FIGURA 25. Diseño de accesorio de grifería, (molde plato fijo).	58
FIGURA 26. Diseño molde metálico de las arandelas, (Molde móvil).	59
FIGURA 27. Diseño molde metálico de las arandelas. (Molde fijo).	59
FIGURA 28. Moldes en arena usados para colar las aleaciones de prueba. (Caja superior).	63
FIGURA 29. Moldes en arena usados para colar las aleaciones de prueba. (Caja inferior).	63
FIGURA 30. Dimensiones de probetas fundidas para ensayo de tracción Norma ASTM E8.	64
FIGURA 31. Arandela de latón a elaborar a partir del proceso de moldeo en molde metálico.	66
FIGURA 32. Metalografía aleación Cu-Zn40-Pb2 a 5X(a) – 20X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.	71
FIGURA 33. Metalografía aleación Cu-Zamak40-Pb2 a 5X(a) – 50X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.	72
FIGURA 34. Metalografía aleación retorno de varillas a 5X(a) – 50X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.	73
FIGURA 35. Metalografía aleación retorno de varillas y lamina a 5X(a) – 50X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.	73
FIGURA 36. Posición del indentador en la probeta, al momento de la toma del ensayo de dureza.	74
FIGURA 37. Piezas de decoración con forma geométrica de arandela, obtenidas a partir del proceso de moldeo en moldes metálicos. Empresa	75

FANTAXIAS SAS.

FIGURA 38. Aleación Cu-Zn(40)-Pb(2) (a), aleación retornos de Zamak (b), aleación retornos de varillas (c), aleación retornos de varillas - retornos lamina (d). 77

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. Composición química LATON NAVAL. (Latón especial).	22
TABLA 2. Composición química LATON DELTA. (Latón especial).	22
TABLA 3. Composición química LATON GRIFERIA. (Latón especial).	23
TABLA 4. Algunas aleaciones con plomo y sus aplicaciones.	25
TABLA 5. Composición química de algunas aleaciones de latones al plomo.	26
TABLA 6. Coeficientes de k_i para los distintos elementos.	29
TABLA 7. Composición química del refractario denso Bauxal 60.	48
TABLA 8. Propiedades del refractario denso Bauxal 60.	49
TABLA 9. Composición química del refractario poroso UA-28.	49
TABLA 10. Propiedades del refractario poroso UA-28.	49
TABLA 11. Composición química del manto cerámico.	50
TABLA 12. Composición química del refractario poroso IFB-23000.	51
TABLA 13. Propiedades del refractario poroso IFB-23000.	51
TABLA 14. Composición química del refractario denso Alum-50.	51
TABLA 15. Propiedades el refractario denso Alum-50.	52
TABLA 16. Composición química acero AISI H-21.	55
TABLA 17. Composición química acero Thyrotherm® 2999 EFS supra.	55
TABLA 18. Composición química acero BÖHLER W360 ISOBLOC.	56
TABLA 19. Composición química acero 1-2367 EFS supra de Cía. General de Aceros SA.	56
TABLA 20. Composición química de la aleación zamak.	60
TABLA 21. Composición química latón puro Cu-Zn(40)-Pb(2).	60
TABLA 22. Composición química latón obtenido con retornos de laminas y recortes de varilla.	61
TABLA 23. Composición química latón obtenido con retornos de recortes de varilla.	61
TABLA 24. Composición química latón con zamak.	61

TABLA 25. Características maquina de inyección ZITAI 1100 TPS.	65
TABLA 26. Tiempo de llenado de la cavidad del molde según Benet.	67
TABLA 27. Composición química de la aleación retorno de varillas.	70
TABLA 28. Composición química de la aleación Cu-Zn(40)-Pb(2).	70
TABLA 29. Composición química de la aleación Cu-Zamak(40)-Pb(2).	70
TABLA 30. Composición química de la aleación retornos de varillas y lámina.	71
TABLA 31. Valores de dureza de cada una de las probetas.	74

RESUMEN

TITULO: OBTENCIÓN DE ACCESORIOS DE DECORACIONES EN LATONES A PARTIR DEL PROCESO DE MOLDEO POR INYECCIÓN. EMPRESA FANTAXIAS SAS.*

AUTOR: Edwin Jaddy Blanco Amado**

PALABRAS CLAVES: Inyección, latones, presión, fundición.

DESCRIPCIÓN:

El latón es un material de gran belleza y resistencia, es una aleación de cobre y zinc, cuyas proporciones pueden variar en función de las propiedades requeridas. Su uso está extendido en productos decorativos y ornamentales debido a su apariencia dorada, aunque las aplicaciones son mucho más extensas, abarcando desde armamento, hasta condensadores, terminales eléctricos o perfiles.

La empresa FANTAXIAS SAS, tiene veinte años de experiencia en la fabricación de piezas decorativas, accesorios de ferretería y regalos institucionales, a partir de procesos como; Inyección a presión, fundición centrífuga y estampado. En el moldeo por inyección las aleaciones de zinc llamadas Zamak son usadas como materia prima, en la actualidad incursionan en la inyección de piezas de aluminio para la obtención de piezas livianas.

Debido a los requerimientos de sus clientes, innovación en la línea industrial y aumento de competitividad en el campo laboral la empresa FANTAXIAS SAS ha decidido optar con la inyección en moldes metálicos de las aleaciones de cobre y zinc llamadas latones, para la obtención inicial de piezas decorativas y después en la obtención de accesorios de tuberías y griferías. El presente proyecto estudia la fabricación de piezas decorativas de latón obtenidos a partir del moldeo por inyección, realizado en la empresa FANTAXIAS SAS.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de ingeniería Metalúrgica. Director: Arnaldo Alonso Baquero.

ABSTRACT

TITLE: OBTAINING BRASS DECORATIVE ACCESSORIES FROM INJECTION MOLDING PROCESS. COMPANY FANTAXIAS SAS.*

AUTHOR: Edwin Jaddy Blanco Amado**

KEYWORDS: Injection, brass, pressure casting.

DESCRIPTION:

Brass is a material of great beauty and strength, is an alloy of copper and zinc, whose proportions may vary depending on the required properties. Its use is widespread in decorative and ornamental products due to its golden appearance, although applications are much more extensive, ranging from weapons to capacitors, electrical terminals or profiles.

The company FANTAXIAS SAS has twenty years experience in the manufacture of decorative items, accessories, hardware and institutional gifts, from processes such as, injection pressure, centrifugal casting and stamping. In injection molding zinc alloys are called Zamak, they are used as raw material, now tap into the injection of aluminum parts for the production of lightweight parts.

Due to the requirements of its customers, innovation in the industrial line and increased competitiveness in the labor field, the company FANTAXIAS SAS has decided to opt with the injection molding metal alloy of copper and zinc brasses call for the initial procurement of parts decorative and then obtaining plumbing fixtures and fittings.

This project examines the production of brass decorative pieces made from injection molding, for the company FANTAXIAS SAS. The pieces will be made in brass, the content of copper sixty percent and two percent of lead. The lead is son important for the machinability.

*Degree work.

**Physical / Chemical Engineering Faculty. School of Metallurgical. Director: Arnaldo Alonso Baquero.

INTRODUCCIÓN

FANTAXIAS SAS, es una empresa ubicada en la ciudad de Bucaramanga en la calle 28 # 6 – 56 Barrio Girardot, con 20 años de experiencia en la elaboración de hebillas, herrajes, regalos institucionales y artículos de ferretería, fundidos en su mayoría por el proceso de moldeo por inyección en moldes metálicos y troquelados, utiliza como materia prima aleaciones en base Zinc (ZAMAC), proceso que han logrado mejorar a lo largo de años de trabajo lo cual les ha permitido posicionarse como una de las mejores empresas en el país, logrando así en el año 2003 la certificación de la norma ISO 9001 por la SGS y en proceso de implantar la norma ISO 14000 e ISO 18000, debido a su constante progreso en el desarrollo y mejoramiento de la calidad

Recientemente la empresa incursiona en el proceso de inyección, en aleaciones de aluminio para fabricar piezas de decoración más livianas, lo cual contó con la colaboración de la escuela de INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES, mediante un trabajo de grado realizado por estudiantes de la escuela.

Con el objeto de satisfacer los requerimientos de sus clientes, innovar en la línea industrial y aumentar su portafolio de servicio en unión con una importante empresa del país, FANTAXIAS SAS emprende un nuevo proyecto para la fabricación de piezas en latón para accesorios de tubería y grifería en su línea industrial. De esta forma se da inicio a un estudio detallado acerca del comportamiento de latones, para optar un proceso del cual se tiene poco conocimiento en la industria regional y se desea implementar buscando siempre la mejor calidad de las piezas.

Ante esto solicita la colaboración de la escuela de INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para desarrollar un proceso eficiente.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar piezas en Latones mediante el proceso de moldeo en coquilla a presión de la línea industrial de la empresa FANTAXIAS SAS.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

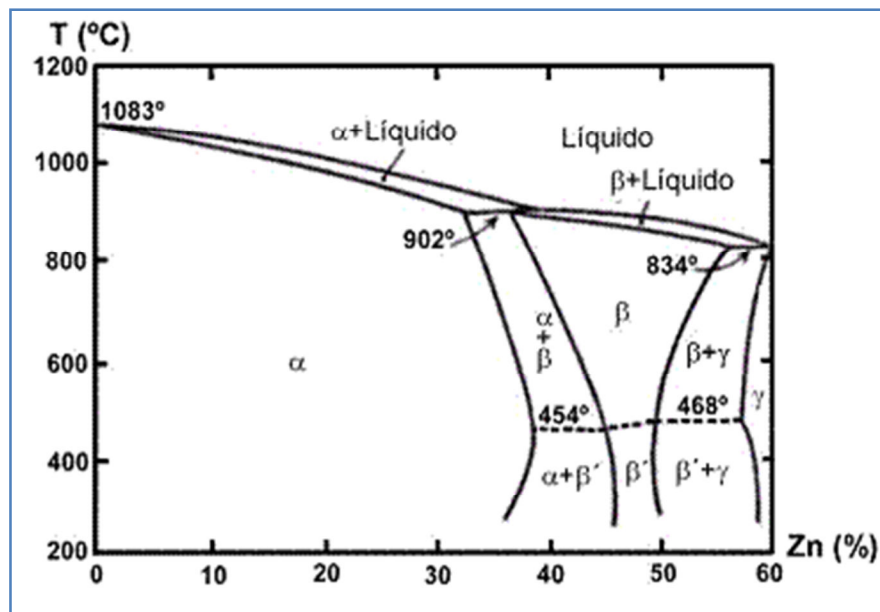
- Valorar latones fabricados a partir de retornos de fabricación de la empresa FANTAXIAS SAS.
- Seleccionar a partir de las características mecánicas, de fundición y físicas la aleación de latón.
- Fabricar accesorios de decoración en latones por el proceso de inyección en moldes metálicos.

2. ALEACIONES DE COBRE (LATONES)

2.1 LATONES.

Los latones revelan al examen microscópico los siguientes componentes: α , β , $\alpha+\beta$. La estructura α la encontramos con porcentajes de zinc que llegan al 33% como máximo, la estructura $\alpha+\beta$ en aleaciones con contenidos entre 33% y 46% zinc. La estructura β se encuentra con contenidos de zinc que van entre 46% - 50%. Las aleaciones con más del 50 % zinc, se forma el constituyente γ que es muy duro y frágil, por lo que estas aleaciones, no tienen interés desde el punto de vista industrial. Debe tenerse en cuenta que para conseguir con estos valores los tipos de estructuras mencionados, las condiciones de enfriamiento deben ser estos muy lentos.

Figura 1. Diagrama de equilibrio de la aleación Cu – Zn.

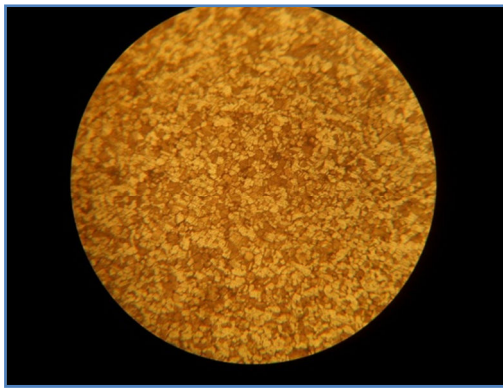


2.1.1 Latones Alfa.

Los latones con un contenido menor o igual a 33% Zn tienen una estructura monofásica, se denominan también como latones de trabajo en frío, debido a que la fase α es maleable a bajas temperaturas. Los latones con un 5% Zn tienen un

color parecido al del oro, por esto se usa para decorar y en la fabricación de joyas de fantasía (bisutería), los latones con menos de un 20% de zinc son denominados latones rojos y los comprendidos entre el 20% y el 33% de zinc se les llama latones amarillos. La característica de los latones rojos es su gran resistencia a la mayoría de los tipos de corrosión y en oposición a los latones amarillos, es decir no sufren la descincificación ni la corrosión intergranular en ciertos ambientes. Son más caros y su aplicación se basa en el color y en la resistencia a la corrosión. [2] (Ver figura 2).

FIGURA 2. Microestructura 100X de latón monofásico 70/30. [3]



La primera aleación de latón que fue moldeada es la CuZn30, este latón tiene una interesante combinación de la resistencia a la tracción y ductilidad, sin embargo, aleaciones con mayor contenido de Zinc (más económicas y con mayor colabilidad), como la CuZn36 y la CuZn40 son más utilizadas.

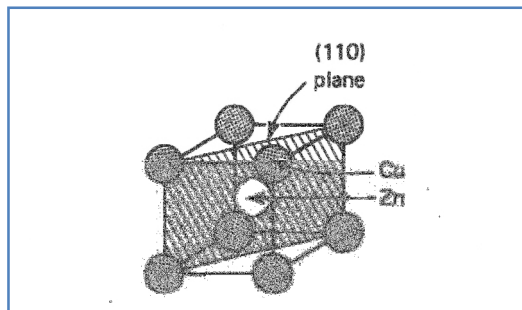
2.1.2 Latones Beta.

La fase β es una fase intermedia dúctil a alta temperatura, cristalográficamente desordenada. En la figura 1, se observa que la fase β está centrada en el diagrama Cu-Zn. La fase beta es estable entre el 39% y el 55% de zinc a 800°C. Este rango decrece entre el 45% y el 49% de zinc a la temperatura de 500°C.

La fase β' puede considerarse estable a 20°C. La solución sólida β cristaliza en el sistema cubico centrado en el cuerpo (BCC), por encima de 470°C los átomos de

zinc se localizan al azar en la red. A temperaturas elevadas la energía térmica hace vibrar los átomos, al enfriar el material los átomos de zinc se colocan en posiciones preferenciales. Por debajo de la temperatura crítica (depende de la composición), los átomos se mantienen en la posición preferencial, entonces la fase β se dice que esta ordenada. Esta fase ordenada se denomina β' , que es más resistente que β pero menos dúctil. La estructura cristalina se muestra en la figura 3. [3]

FIGURA 3. Fase β' para una composición equivalente de átomos de cobre y zinc. [3]



La descripción en el proceso del ordenamiento de la red cristalina es compleja y no se entiende bien en algunas aleaciones. En la figura 4 se pretende describir el proceso de ordenamiento de una aleación del 50% de zinc, cerca de la temperatura crítica. La energía térmica hace vibrar los átomos y permite el movimiento de los átomos de un sitio a otro de la red, este desplazamiento ocurre mediante el movimiento de vacantes. Por debajo de la temperatura crítica las vibraciones de la red no son suficientemente fuertes para superar la energía de atracción entre el cobre y el zinc, Entonces la configuración es estable.

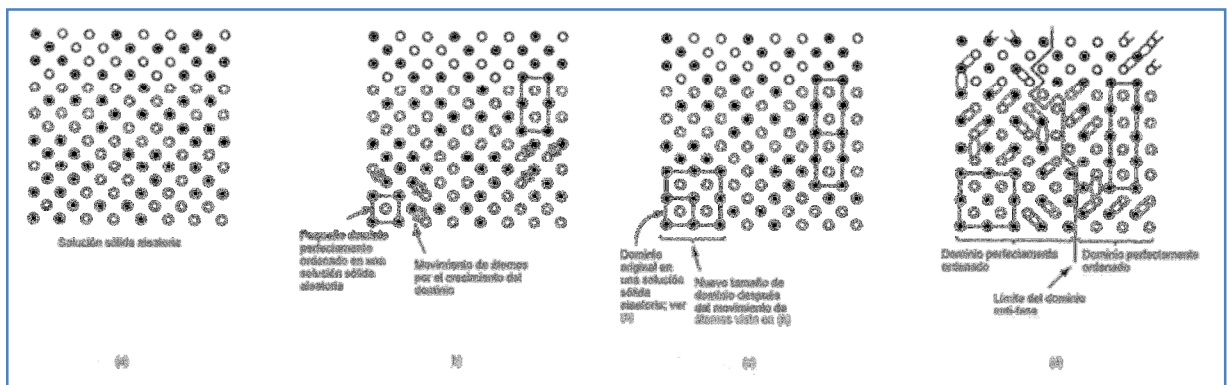
Las regiones ordenadas actúan como núcleo de ordenamiento para aumentar la región ordenada. Estas regiones ordenadas se denominan dominios. La fase ordenada crece a partir de la fase desordenada.

La perfección del ordenamiento de los dominios se refiere al grado de ordenamiento. Si todos los dominios están ordenados el grado de ordenamiento es $S=1$, si solo unos pocos átomos se ordenan el grado de ordenamiento (S) está entre 0 y 1. Cerca de los 250°C la fase β se unifica, pero el grado de ordenamiento también está influenciado por el tratamiento térmico. [4].

Se tiene en cuenta dos características:

- Si el enfriamiento es rápido desde β solo unos pocos átomos se podrán ordenar. Habrá muchos núcleos pero pocos átomos se habrán ordenado y no estarán los dominios en contacto, entonces la aleación estará localmente ordenada.
- Si el tamaño de los dominios es pequeño, habrá muchos límites de dominio, esto contribuirá en la resistencia a la tracción.

FIGURA 4. Ilustración esquemática del posible mecanismo de formación de los dos dominios ordenados. El plano mostrado es (110) [4]



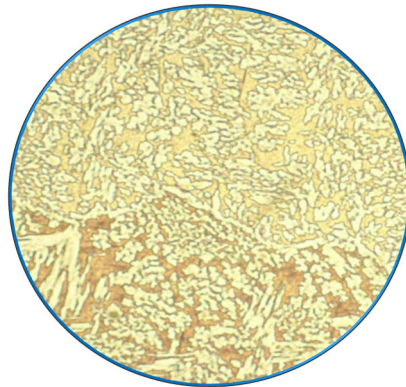
2.1.3 Latones Alfa-Beta.

Las aleaciones alfa-beta contienen entre el 33% y 46% de zinc, a diferencia de los latones alfa, la capacidad de ser deformados a temperatura ambiente es limitada. Por el contrario, estas aleaciones se trabajan bien a elevadas temperaturas.

La presencia de fase beta en estos latones les da mayor resistencia a la tracción, pero son más susceptibles a la corrosión por descincificación. Dentro de estas aleaciones se encuentra la aleación de latón más utilizada en fundición, la CuZn40. Esta aleación se encuentra muy cerca del eutéctico, es decir, funde a una temperatura menor a la de los latones α y presenta una alta colabilidad, propiedades interesantes cuando se plantea fabricar piezas en el proceso de moldeo en moldes metálicos.

La adición de plomo en estas aleaciones hace que durante el mecanizado se produzcan pequeñas virutas fáciles de eliminar de la superficie mecanizada así se mejora la maquinabilidad. [5]

FIGURA 5. Microestructura 10X de aleación bifásica CuZn40.



2.1.4 Latones Especiales

Son aleaciones ternarias de cobre, zinc y otros elementos, como aluminio, níquel, plomo, silicio y berilio. Entre los elementos de aleación, el aluminio es el que más se utiliza.

Estos elementos se agregan para mejorar las propiedades mecánicas y aumentar la resistencia a ciertas formas de corrosión. Los principales usos de estas aleaciones son:

LATÓN NAVAL: Para ejes de válvulas y émbolos, bielas, tubos para férulas, piñones, cojinetes ligeros, etc. (Tabla 1).

TABLA 1. Composición química LATON NAVAL. (Latón especial). [29]

LATON NAVAL					
Calidad	Composición %	Forma de suministro	Resistencia tracción Kp/mm ²	Alargamiento de rotura %	Dureza Brinell
NAVAL	Cu-60-63	C. Continua	20-25	25-30	60-80
	Sn-0,9-1,5	C.	18-22	20-28	50-70
	Zn-36-38	Centrifuga Moldeada			

LATON DELTA: Aleación sin Al, con adiciones especiales de Sn que le hacen muy adecuado para piezas de fundición que han de ser muy estancas o herméticas a las elevadas presiones de agua y gases, válvulas, cuerpos, cajas, etc. (Tabla 2).

TABLA 2. Composición química LATON DELTA. (Latón especial). [29]

LATON DELTA					
Calidad	Composición %	Forma de suministro	Resistencia tracción Kp/mm ²	Alargamiento de rotura %	Dureza Brinell
DELTA	Cu-58-62	C. Continua	22-32	10-18	60-80
	Fe-1-2	C.	20-30	12-20	50-70
	Mn-1-2,5	Centrifuga			
	Zn-36-38	Moldeada			

LATON GRIFERIA: Material carente de aluminio con adiciones especiales de Mn y Fe relativamente reducidas, que se distingue por la fusibilidad y soldabilidad (fuerte y blanda). Especialmente adecuado para piezas de fundición que han de ser herméticas a elevada presión de agua y gas, válvulas de alta presión, cajas. (Tabla 3).

TABLA 3. Composición química LATON GRIFERIA. (Latón especial). [29]

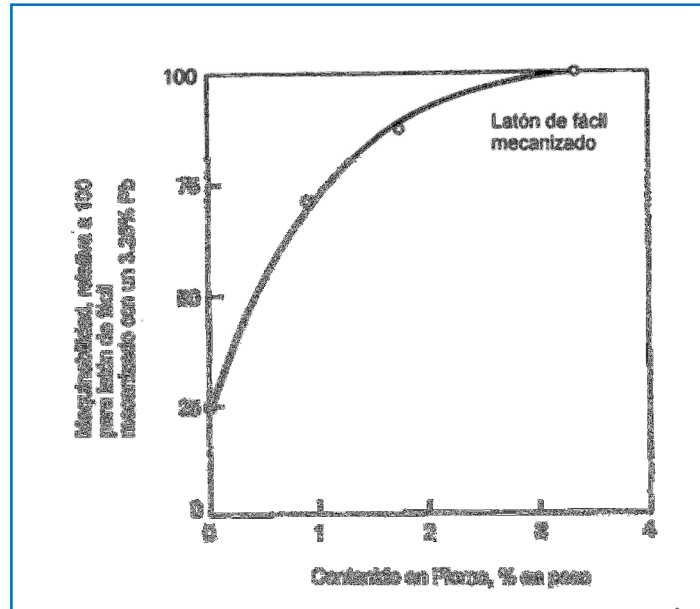
LATON GRIFERIA					
Calidad	Composición %	Forma de suministro	Resistencia tracción Kp/mm ²	Alargamiento de rotura %	Dureza Brinell
GRIFERIA	Al-1-1,6 Mn-1-2 Fe-1-3 Zn-36-40 Cu-Resto	C. Continua	32-36	20-30	95-115
		C. Centrifuga Moldeada	30-35	22-35	80-95

2.1.5 El latón con plomo.

Según la definición de la ASTM, latones al plomo son aleaciones Cu-Zn con una cantidad de Pb > 0,5%.

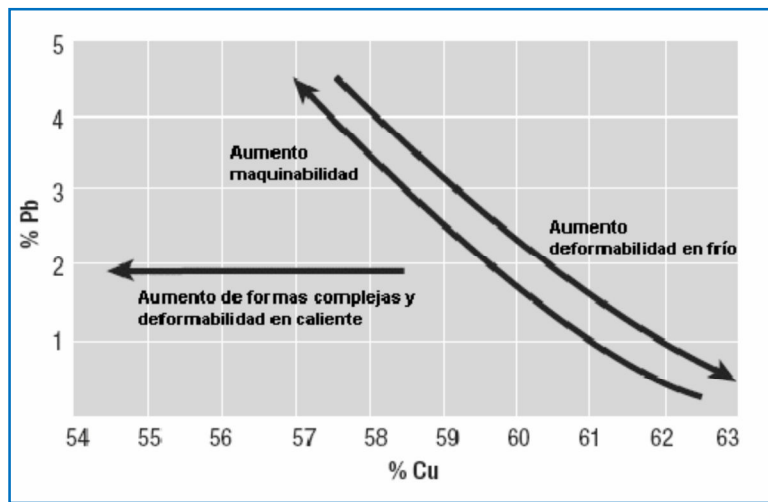
El plomo es un elemento de aleación muy común, hasta un 3% se adiciona en latones $\alpha+\beta$ para mejorar la maquinabilidad figura 6. El plomo es insoluble en las fases α y β , pero está en forma de finas partículas esféricas (menos de $5\mu\text{m}$) y distribuidas en forma discontinua y dispersa [7]. No tiene efecto en la resistencia a la corrosión, pero puede dar lugar al agrietamiento en el trabajo en caliente.

FIGURA 6. Efecto del contenido de plomo en la maquinabilidad de los latones al plomo. [10]



Los latones de fácil mecanizado contienen alrededor 3% plomo, el plomo se adiciona para mejorar la maquinabilidad ver figura 7, otros elementos como manganeso, estaño, aluminio, hierro, silicio y arsénico se usan para aumentar la resistencia a tracción y/o corrosión.

FIGURA 7. Efecto de la adición del plomo en los latones. [10]



Al mecanizar estas aleaciones, se forman pequeñas virutas que saltan de la herramienta. Por otra parte el desgaste de la herramienta es mínimo (aumenta la vida en servicio), utiliza baja fuerza de corte, el acabado superficial de la pieza es excelente.

Los latones al plomo son actualmente, en la mayor parte del mundo, los materiales base para la fabricación de los cuerpos fundidos y estampados (prensados) de muchos de los dispositivos y componentes de las redes de agua potable y entre ellos de las griferías y válvulas domésticas e industriales, utilizándose también para piezas de decoletaje y micro mecánica. [2]

TABLA 4. Algunas aleaciones con plomo y sus aplicaciones. [2]

Algunas aleaciones de latón al plomo y sus aplicaciones	
Aleaciones	Aplicaciones
CuZn20Pb CuZn35Pb2	Griferías y Accesorios sanitarios.
CuZn36Pb2As	Grifos y accesorios en contacto con el agua para evitar el fenómeno de la descincificación de los latones comunes con
CuZn37Pb2Sn	Ejes de las válvulas, tornillos, tuercas y piezas para uso marino.
CuZn38Pb2	Grifos cromados, llaves de paso, llaves de bola, de mariposa, de compuerta. Válvulas termostáticas de cuatro vías,
CuZn39Pb2	Accesorios para instalaciones sanitarias, manijas de puertas y ventanas, grifos, válvulas y partes.
CuZn39Pb3 CuZn40Pb	Placas tubulares para intercambiadores de calor y condensadores.
CuZn40Pb2	Válvulas de regulación y control, accesorios para instalaciones sanitarias, manecillas

2.1.5.1 Plomo en el agua potable. Normativas

La creciente preocupación por el medio ambiente y las exigencias de calidad del agua potable han hecho aumentar la inquietud por los elevados niveles de plomo existentes en el agua de las redes de distribución y, en particular la provocada por la acción contaminante de los dispositivos de medición, control e interceptación, como válvulas, grifos domésticos y accesorios para instalaciones fabricados con latones y bronce al plomo.

TABLA 5. Composición química de algunas aleaciones de latones al plomo. [6]

COMPOSICIÓN QUÍMICA										
EN SIMBÓLICA	EN NUMÉRICA		Cu %	Al %	Fe %	Ni %	Pb %	Sn %	Otros %	Zn %
CuZn39Pb3	CW614N	Min	57,00	0,05	0,30	0,30	2,50	0,30	0,20	40,50
		Max	59,00				3,50			36,35
CuZn40Pb2	CW617N	Min	57,00	0,05	0,30	0,30	1,60	0,30	0,20	41,40
		Max	59,00				2,20			37,65
CuZn39Pb2	CW612N	Min	59,00	0,05	0,30	0,30	1,60	0,30	0,20	39,40
		Max	60,00				2,50			36,35
CuZn36Pb3	CW603N	Min	60,00	0,05	0,30	0,30	2,50	0,30	0,20	37,50
		Max	60,00				3,50			35,35
CuZn38Pb2	CW608N	Min	60,00	0,05	0,20	0,30	1,60	0,20	0,20	38,40
		Max	61,00				2,50			35,55

En Europa la composición del material constituyente de los cuerpos de la mayoría de los dispositivos de la red de distribución del agua potable, y entre ellos los grifos y válvulas, suele ser de latón del tipo CuZn40, designación europea CuZn40Pb2, código CW617N, cuyo equivalente en U.S.A. es el C37710 y en lo que afecta a las piezas procedentes de barra, la aleación frecuentemente utilizada corresponde con la norma EN 12164/5/6/7, CuZn39Pb3, código CW614N, cuyo equivalente en U.S.A. es C38500. [2]

Sin embargo en U.S.A. el latón utilizado para la fabricación de grifos y válvulas es la CuZn36Pb3 o C36000, mientras que el bronce es utilizado para el mismo fin que tiene una composición típica del 5% de Sn, 5% de Zn y 5% de Pb.

Las normativas respecto al plomo en el agua potable destinada al consumo humano abarca dos aspectos distintos aunque interrelacionadas entre sí:

- Normativas sobre el contenido máximo de plomo admisible en el agua potable para el consumo humano.
- Normativas limitando el contenido de plomo en las conducciones y dispositivos en contacto con el agua potable para que la migración del plomo al agua potable no sobrepase determinados límites, para cuya comprobación se han establecido procedimientos de certificación que obligatoriamente deben superarse.

2.1.5.2 Normas colombianas del plomo

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 1279 “VALVULAS DE COMPUERTA CON ASIENTO METALICO PARA SERVICIO EN ACUEDUCTOS”, en el capítulo 2, donde hace referencia a los materiales usados, se indica que estos deben cumplir con el siguiente requisito.

- *PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LATON Y BRONCE:* Los componentes de bronce que entran en contacto con el agua no deben contener más del 8% de Pb. (US Safe Drinking Water Act Amendment, 1986). [9]

2.2 Designaciones.

La designación del cobre y las aleaciones de cobre forman parte del “Unified Numbering System” (UNS) para metales y aleaciones, normalizado por “American Society for Testing and Materials” (ASTM) y la “Society of Automotive Engineers” (SAE). Pero el sistema de denominación más antiguo es el desarrollado por “Copper Development Association” (CDA), actualmente todavía utilizado por la Administración Norteamericana, y en la que las aleaciones numeradas del 100 al 190 son mayormente de cobre con menos del 2 % de aleantes. Los números del 200 al 799 comprenden otras aleaciones para

forja y las series 800 y 900 incluyen todas las aleaciones para moldeo, así por ejemplo las series del 200 al 299 son latones Cu-Zn y las del 300 al 399 latones al plomo ambos para forja. Del número 833 al 838 latones rojos y latones rojos al plomo para moldeo, etc.

Sistema UNS:

Designa el cobre y las aleaciones de cobre mediante 5 dígitos precedidos de la letra "C". En realidad este sistema añade dos dígitos a la designación de CDA. Por ejemplo el latón libre de mecanizado en CDA se denomina con el número: 360, y en sistema UNS: C36000.

El sistema UNS clasifica el cobre en dos grandes grupos. Aleaciones para forja, denominadas entre C10000 y C79999, y aleaciones para colada que abarcan entre C80000 y C99999. En los dos casos se clasifican en familias como: cobres, aleaciones de alto contenido en cobre, latones, bronce, cupro-níqueles y níquel-plata. Las aleaciones que no se encuentran en estos casos se clasifican como "otras aleaciones de cobre-cinc" en aleaciones para forja y "aleaciones especiales" en aleaciones para colada.

2.3 Coeficiente de Guillet

La presencia de ciertos elementos en pequeñas proporciones en los latones, ejercen una acción benéfica en ciertas características de los latones. Un caso conocido, el efecto del arsénico que favorece la corrosión, sin embargo, en mayores proporciones impide la descincificación del latón y por lo tanto contribuye a evitar la corrosión.

Para comprender con más facilidad el comportamiento de los latones, Francis Guillet estableció los efectos que un determinado elemento presente en la composición de los latones ejerce sobre las características mecánicas. De manera resumida, la acción que ejerce el elemento de manera cuantitativa en trasladar la curva de solubilidad del Zn en el diagrama, Guillet les otorgó un valor a dicho

efecto (Tabla 6), que los llamó, coeficiente de Guillet. Mediante el conocimiento de los valores de cada elemento, se establece un Zinc equivalente o título ficticio de los latones, que se indica de la siguiente manera;

$$\text{Título ficticio} = Cu \frac{100}{100 + \sum X_i(K_i - 1)} \quad [2]$$

Donde:

- X_i = Concentración en peso del elemento i.
- K_i = Coeficiente de equivalencia de dicho elemento

TABLA 6. Coeficientes de k_i para los distintos elementos. [2]

Ni	Co	Pb	Mn	Cd	Fe	Sn	Al	Si
-1,2	-1	0	0,5	0,7	0,9	2	6	10

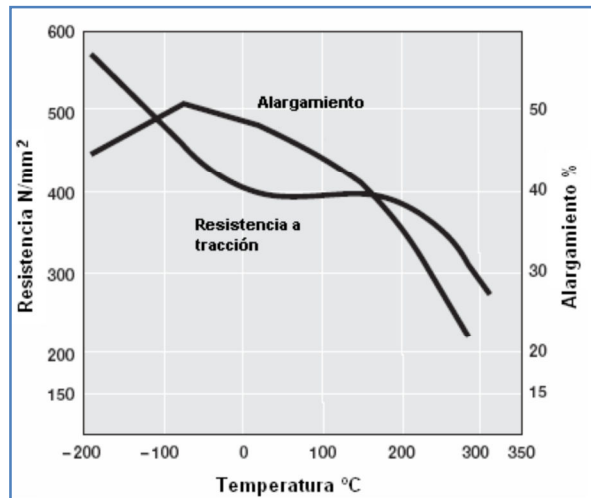
De esta fórmula resulta que los elementos con $K < 1$ aumentan la proporción de fase α , Y aquellos con $K > 1$ aumentan la proporción de fase β . [2]

2.4 Propiedades de los latones

El latón presenta buena relación entre durabilidad y coste. Los latones presentan las siguientes propiedades físicas:

- *Resistencia a tracción:* Se mantiene a temperaturas alrededor de 200°C pero disminuyendo un 30% a 300°C. A temperaturas criogénicas las propiedades mecánicas se mantienen o aumentan ligeramente. Fig. 8. [6]
- *Ductilidad y deformabilidad:* Si el contenido de cobre es superior al 63%, tienen gran deformación a temperatura ambiente, se usa en la manufactura de componentes complejos. Si el contenido de cobre es inferior al 63% y no hay otros elementos de aleación que influyan, a temperatura ambiente, la ductilidad se reduce, pero estas aleaciones se pueden deformar en caliente.

FIGURA 8. Efecto de la temperatura en las propiedades mecánicas de los latones. [3]



- *Maquinabilidad:* Todos los latones tienen buena maquinabilidad, es una propiedad intrínseca, pero al añadir pequeñas cantidades de plomo, aumenta esta propiedad. En este caso, el rango de maquinabilidad de los latones se juzga a partir del latón fácil de mecanizado “free-machining brass” (CW614N). Este latón tiene el 100% de maquinabilidad respecto a los otros latones. Esta propiedad disminuye directamente los costes al tener alta velocidad y bajo consumo de herramienta. Las tolerancias se mantienen durante la producción y el acabado superficial es excelente.
- *Resistencia a la corrosión:* Los latones tienen excelente resistencia a la corrosión, económicamente es la primera opción para muchas aplicaciones. Con la exposición al aire libre se puede crear una fina película verde de carbonato cúprico, que frecuentemente es usada como elemento arquitectónico, pero queda afectado por un tiempo limitado, al contrario de la oxidación del hierro o acero, en ambiente salino hay que procurar escoger aleaciones con adiciones de estaño (admiralty brasses). En los latones con un contenido de zinc superior al 15%, se produce descincificación, por eso se adiciona pequeñas cantidades de arsénico a las aleaciones alfa para ser más resistentes a la descincificación. [8]

- *Conductividad:* los latones tienen buena conductividad eléctrica y térmica, marcadamente superior a aleaciones férricas, base níquel y titanio. La combinación de buena conductividad y buena resistencia a corrosión, hace que sean una buena opción para el equipamiento eléctrico. También se aplican en condensadores y en intercambiadores de calor.
- *Resistencia al desgaste:* La presencia del plomo en el latón proporciona un efecto lubricante. Debido a su alta resistencia al desgaste, se utiliza en platos, piñones y engranajes.
- *Resistencia a la chispa:* Los latones no chispean cuando son golpeados y son aptos para ambientes peligrosos.
- *Reciclable:* La utilización de chatarra de latón en la industria es esencial para su economía. Esta se compra a más bajo precio, entonces la fabricación de latón es más barata. La chatarra se obtiene de productos de latón, de virutas o recortes de la estampación, en caliente entre otros. En la obtención del nuevo material se utiliza un 40% de chatarra. [8]

3. PRINCIPIOS DEL PROCESO DE COLADA EN COQUILLA POR PRESION

El proceso de colada en coquilla a presión, consiste en introducir un metal o aleación en estado líquido dentro en un molde metálico a alta velocidad. Esta velocidad producida por un pistón que es accionado por un sistema hidráulico. [11]

Para realizar este procedimiento la máquina de inyección está dotada de un sistema de bombas de flujo y válvulas hidráulicas, que son encargadas de producir y regular el flujo del líquido hidráulico y así, generar el movimiento que lleve metal al interior de la cavidad del molde.

La característica principal de este proceso, es producir piezas de espesores delgados comprendidos entre 3,99 a 4,88 mm.

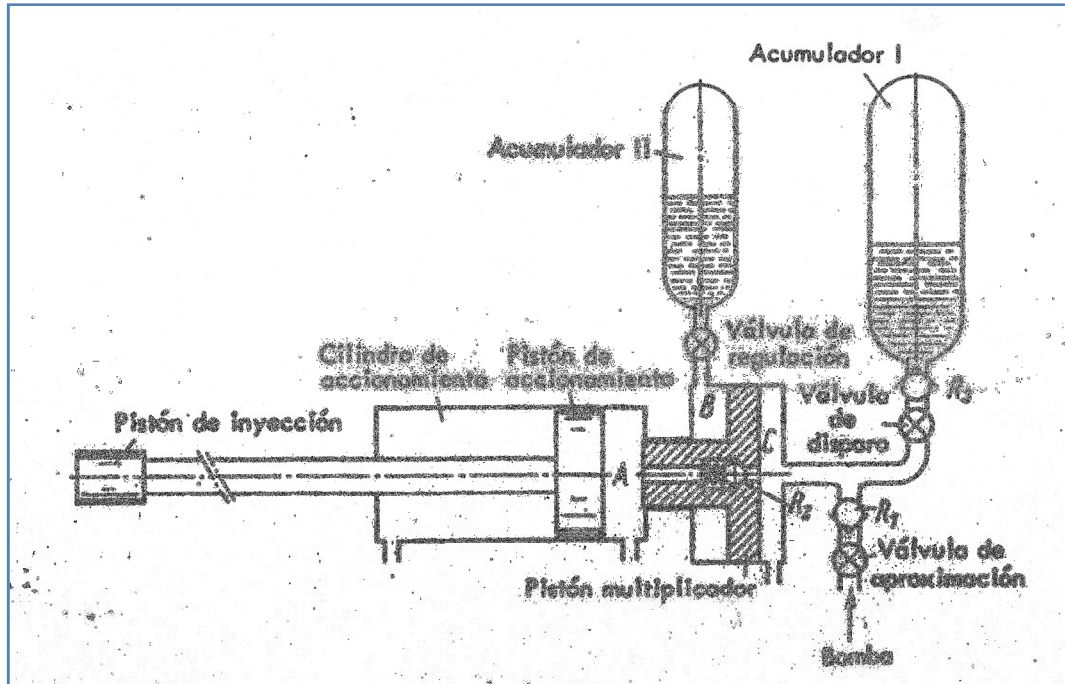
Para comprender mejor el funcionamiento del sistema de inyección, se debe entender el mecanismo, por medio del cual se introduce el metal en la cavidad del molde. La Fig. 9 muestra el principio de inyección con acumulador de presión, esto ocurre en tres etapas diferentes, según el movimiento del pistón.

1ª Fase: Prellenado del molde: El metal es empujado a baja velocidad, para eliminar el aire que se encuentra en la cámara de llenado (contenedor) de la máquina, y así evitar que entre en la cavidad del molde.

2ª Fase: Llenado de la cavidad: La velocidad de avance del pistón aumenta, para que el tiempo de llenado sea mínimo; permitiendo llenar la cavidad antes que el metal solidifique.

3ª Fase: Presión sobre el metal en fase de solidificación: El pistón de inyección ejerce presión sobre el metal que está en la cavidad, introduciendo la cantidad de aleación necesaria para contrarrestar la contracción del metal durante su solidificación.

FIGURA 9. Principio de inyección con acumulador de presión y multiplicador. [11]



El funcionamiento del sistema empieza, cuando es accionada la válvula de aproximación (R1), y el fluido entra en la cavidad C, pasando luego a través de la válvula del pistón multiplicador (R2) a la cavidad A. En donde aquí se ejerce una baja presión sobre el pistón de accionamiento produciendo un desplazamiento lento durante la primera fase de inyección.

Luego, en la segunda fase, se cierra la válvula (R1) y se abre la válvula de disparo (R3), el fluido recorre el mismo trayecto que en la primera fase, hasta llegar a la cavidad A. El aumento de presión en esta fase, es debido a que el acumulador I; reserva y mantiene una presión en su interior la cual es liberada para acelerar el pistón en segunda fase, caracterizada por una alta velocidad del pistón. [12]

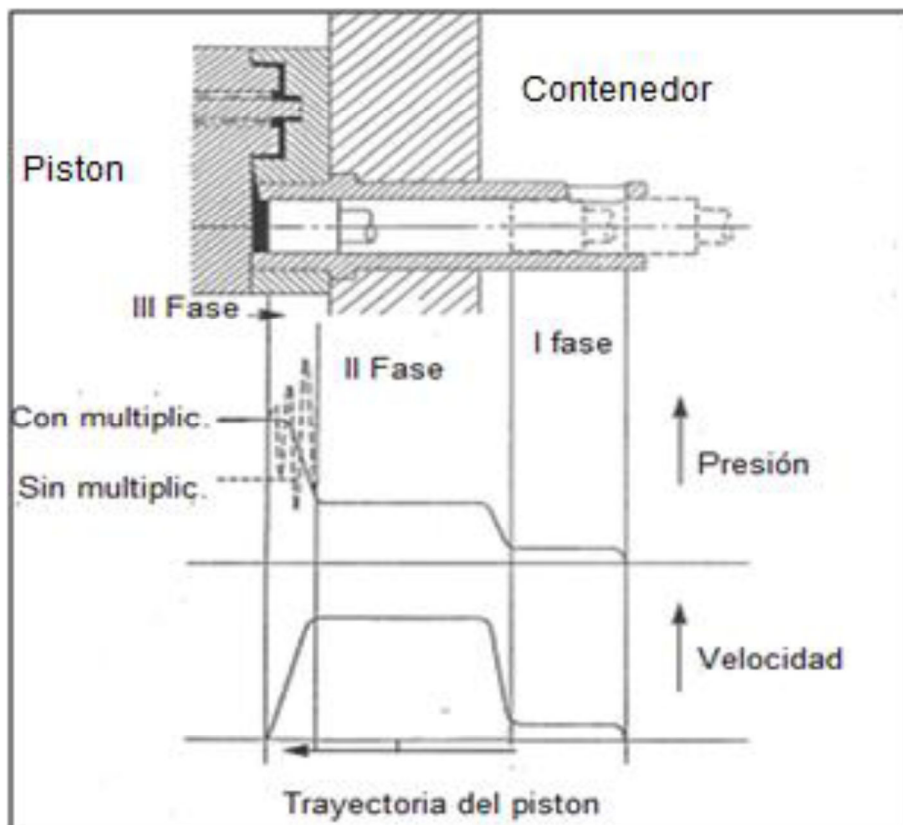
Para conseguir la presión que comprime el metal en la cavidad del molde, se debe recurrir a un multiplicador de presión, el cual es accionado en el momento

en que la cavidad A tiene la presión del fluido en primera y segunda fase, de tal manera que se bloquea la válvula de paso (R2), y hace que las presión remanente en el Acumulador I, empuje al multiplicador aumentando drásticamente la presión del pistón sobre el metal.

El Acumulador II, produce una contrapresión sobre el multiplicador para evitar que este se mueva durante las dos primeras fases y regula el movimiento del multiplicador en la tercera fase de inyección.

En la Fig. 10, se observa los cambios de presión y velocidad, que ocurren durante el desplazamiento, a través de cada una de las tres fases de inyección del metal.

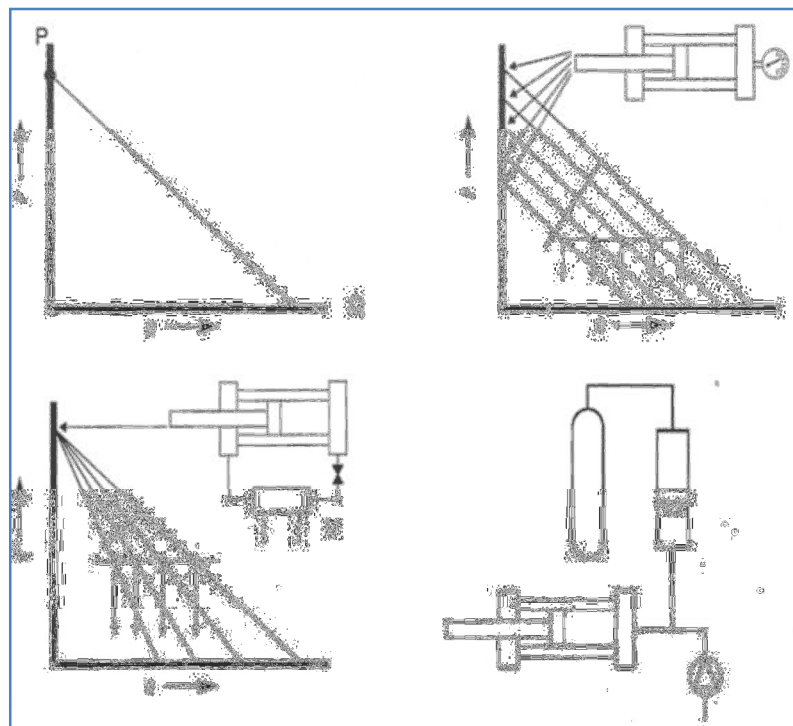
FIGURA 10. Variaciones presión y velocidad en la trayectoria del pistón de inyección.[13]



3.1 Velocidad del sistema de inyección

La velocidad de cada fase de inyección es proporcional al caudal del fluido y al volumen del pistón. La velocidad de cada una de las fases puede ser calculada por la relación presión/caudal de la bomba, controlada por la válvula de flujo. El caudal del sistema hidráulico esta caracterizado por el diagrama P/Q^2 , como se observa en la Fig. 11.

FIGURA 11. Diagrama P/Q^2 para la primera y segunda fase de inyección.

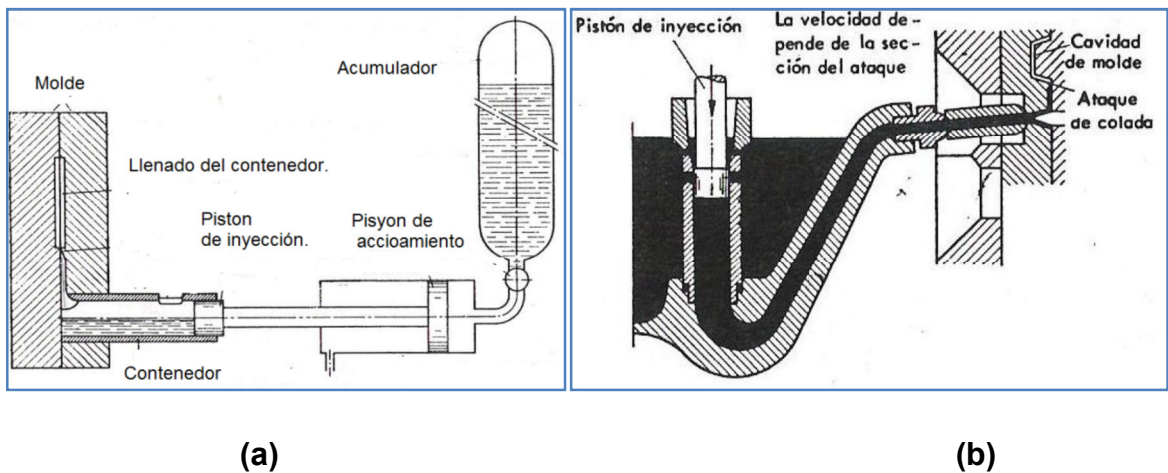


4. MAQUINAS DE MOLDEO POR PRESION

La principal característica de estas máquinas, es el sistema que inyecta a presión el metal fundido en la cavidad del molde. Debido a esta característica, se distinguen generalmente dos tipos de máquinas de colar a presión: las máquinas de cámara fría y las de cámara caliente.

En las máquinas de cámara fría, el pistón que introduce el metal en la cavidad del molde, está adyacente a la máquina, dispuesto en dirección horizontal Fig. 12a. El metal es introducido en el contenedor de la maquina por medio de una cuchara que extrae el metal desde el horno de mantenimiento. En este sistema el horno es totalmente independiente de la máquina de inyección. En las máquinas de cámara caliente el pistón de inyección está sumergido dentro del horno que contiene el metal fundido, desde donde se inyecta el metal directamente en el molde, esta máquina está dotada de su propio horno Fig.12b.

FIGURA 12: Tipos de máquinas de colada por presión, a) Cámara fría, b) Cámara caliente.[11]



La máquina de cámara fría permite ser usada con todo tipo de aleaciones no ferrosas, mientras que las de cámara caliente, puede ser usada solo para inyectar aleaciones de bajo punto de fusión como las de zinc, plomo y estaño. [12]

5. CARACTERISTICAS OPERATIVAS DE LA MÁQUINA

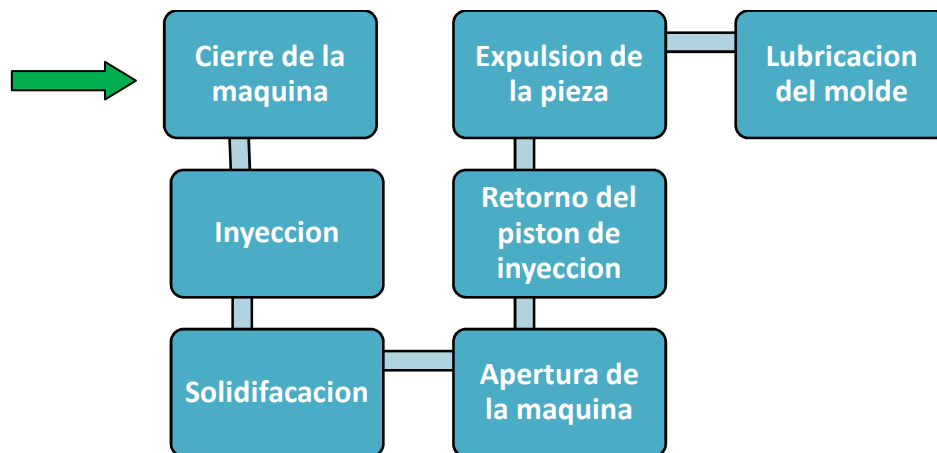
5.1 Sistema de control de la máquina

El sistema de control permite el trabajo de la máquina en secuencia entre una fase y las otras, por medio de circuitos eléctricos, que funcionan por lógica fija o programable, al actuar sobre las válvulas que regulan los movimientos.

La máquina desarrolla un comando operativo repetitivo, el cual de un movimiento deriva una segunda función y así hasta el fin del ciclo. Además las maquinas modernas, presentan microprocesadores programables, que desarrollan el proceso de memoria. [14]

5.2 Ciclo operativo de la máquina

El ciclo operativo está compuesto por los pasos necesarios para producir una pieza, y está regulado por el sistema de control de la maquina. El ciclo ocurre de la siguiente forma:

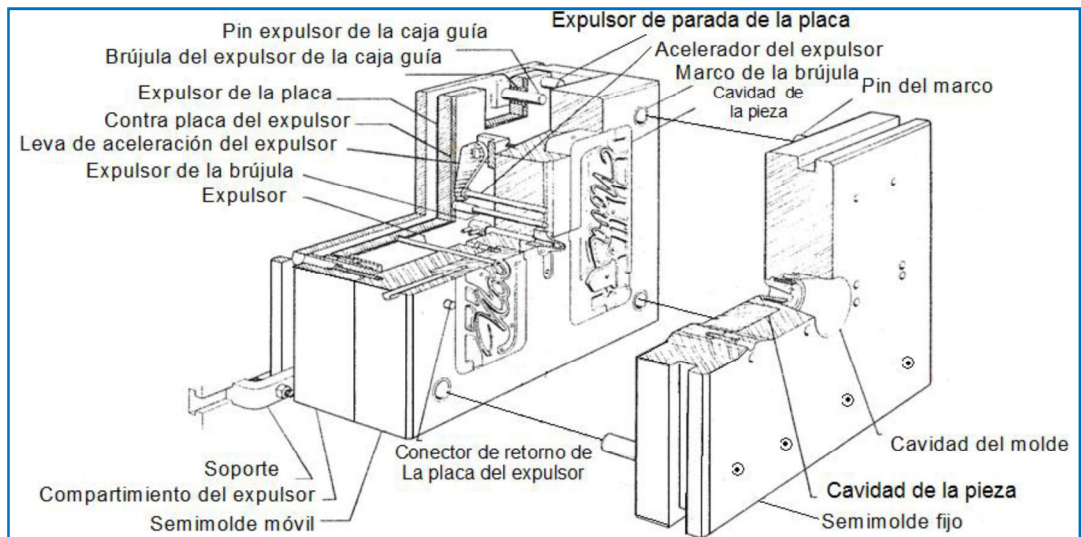


Este ciclo se repite en cada colada y puede realizarse manual o automáticamente.

6. MOLDES EN COQUILLA PARA FUNDICION A PRESION

El molde se considera una de las partes más importantes de la máquina de inyección, debido a que es el lugar donde se producen las piezas. En la Fig. 13, se puede observar un esquema de un molde de una pieza simple.

FIGURA 13. Esquema de un molde en coquilla. [15]



El diseño del molde de fundición inyectada está determinado principalmente por la forma que tiene la pieza. Pero existe una cierta cantidad de aspectos relacionados con el diseño y tamaño del molde que pueden tener una cierta influencia en la vida útil de éste.

6.1 Requisitos de las piezas inyectadas

El incremento de requisitos en las piezas inyectadas asegurará un continuo desarrollo de las aleaciones para fundición con mayor resistencia y ductilidad, mas fácil de mecanizar y mayor aptitud a la soldadura así como mayor resistencia a la corrosión.

Las tendencias en el diseño de productos se encuentran enfocadas hacia:

- Piezas de mayor tamaño

- Paredes más finas
- Formas más complicadas
- Tolerancias más estrechas.

Estos factores favorecen la utilización de la fundición inyectada a alta presión al compararse con otros métodos de fundición como la de baja presión y fundición por gravedad. [16]

6.2 Fabricación del molde

Al fabricar un molde para fundición inyectada los siguientes factores son de vital importancia:

- *Mecanizado*: La capacidad de mecanizado de los aceros martensíticos para trabajo en caliente se ve influenciada principalmente por la cantidad de inclusiones no metálicas, como sulfuros de manganeso y la dureza del acero.

Puesto que el rendimiento del molde para fundición inyectada puede verse mejorada mediante una reducción de las impurezas, como por ejemplo en sulfuro y oxígeno.

Para el mecanizado, la estructura óptima es la que cuente con una distribución uniforme de carburos esferoidales en una estructura ferrítica en recocido blando y con una dureza lo más baja posible.

- *Mecanizado por electroerosión*: La utilización del mecanizado por electroerosión (EDM) en la fabricación de moldes para fundición inyectada, ha aumentado de forma constante en los últimos años.

El desarrollo del mecanizado por electroerosión ha resultado en considerables mejoras en su técnica operativa, en la producción y la precisión, al mismo tiempo se ha visto incrementada la versatilidad del proceso. Por todas estas razones, la utilización del mecanizado por electroerosión sigue en aumento, como una herramienta principal en el

proceso de fabricación en todas las empresas fabricantes de moldes y matrices, mecanizando con igual facilidad aceros templados que recocidos. Los principios básicos del mecanizado por electroerosión (EDM-erosión por chispa) están basados en descargas eléctricas entre un ánodo de grafito o cobre y el acero, el cátodo en un medio dieléctrico. Las descargas están controladas de manera tal que comienza la erosión del acero. Durante la operación, el ánodo penetra en el acero, el cual adquiere de éste modo el mismo contorno que el primero. Durante el proceso, la superficie del acero se encuentra expuesta a temperaturas muy altas, causando la fusión o vaporización del acero. Una frágil capa fundida y re solidificada aparece en la superficie y por debajo de ésta una capa templada y revenida de nuevo.

- *Tratamiento térmico:* Normalmente, los aceros para utillajes de trabajo en caliente son suministrados en condición de recocido. Una vez realizado el mecanizado del molde, éste deberá recibir tratamiento térmico para poder aportar la máxima resistencia al límite de elasticidad, tenacidad y ductilidad. Las propiedades del acero están controladas mediante la temperatura y tiempo de temple, la velocidad de enfriamiento y la temperatura de revenido. [16]

Una alta temperatura de austenización para un molde tiene un efecto positivo sobre el límite de elasticidad, lo que a su vez reduce la posible tendencia a la fatiga térmica. [16]

6.3 Rendimiento del molde

La vida útil de un molde de fundición inyectada varía considerablemente dependiendo del tamaño y del diseño de la pieza a inyectar, del tipo de aleación y del cuidado y mantenimiento del molde.

La vida útil del molde puede prolongarse mediante un tratamiento adecuado antes y durante la operación de inyección:

6.3.1 Pre calentamiento adecuado.

El contacto inicial entre el molde frío y el metal fundido causa un choque térmico severo en el material del molde. La fatiga térmica puede aparecer rápidamente desde la primera colada y conducir rápidamente a la rotura total del utillaje.

Es importante, hacer constar que la resistencia al impacto, es decir la capacidad del material de soportar choques térmicos y mecánicos, aumenta significativamente durante las primeras inyecciones, si se realiza un pre calentamiento adecuado del molde.

Es por tanto esencial, que la diferencia de temperaturas entre la superficie del molde y el material fundido no sea demasiado grande. Por ésta razón, siempre es recomendado un pre calentamiento. [16] [15]

La temperatura de pre calentamiento más adecuada depende del tipo de aleación de fundición, pero normalmente se encuentra entre 150 y 350°C.

Es importante no calentar a una temperatura excesivamente alta puesto que el molde puede calentarse demasiado durante la inyección causando un nuevo revenido del material del molde. Hay que observar que las finas aristas se calientan con mucha rapidez.

La siguiente temperatura de pre calentamiento es la recomendada:

- Aleaciones de cobre: 300°C- 350°C.

Es importante que el pre calentamiento sea gradual y uniforme, se recomiendan sistemas de pre calentamiento controlados termostáticamente, al pre calentar, deberá aplicarse un refrigerante de forma gradual con la finalidad de obtener un estado de equilibrio. Deberá evitarse cualquier tipo de refrigeración súbita.

Los moldes que contengan insertos deben ser calentados de forma lenta para que los insertos y las placas soporte puedan expandirse gradualmente al mismo

tiempo.

6.3.2 Correcta refrigeración.

La temperatura del molde es controlada por medio de los canales de refrigeración y también por el lubricante en la superficie del molde.

A fin de reducir el riesgo de fatiga térmica, el agua para refrigerar puede precalentarse a aproximadamente 50°C. También son utilizados sistemas de refrigeración controlados termostáticamente. Por otra parte no es recomendable utilizar agua de refrigeración a una temperatura inferior a 20°C. Durante paros en la producción superiores a pocos minutos, el flujo del refrigerante deberá regularse con la finalidad que el molde no se enfríe demasiado.

6.3.3 Tratamiento de superficie.

Es importante que el lubricante se adhiera bien a la superficie del molde para evitar el contacto metal – molde. Por ejemplo, un molde nuevo o reparado recientemente no debería tener una superficie completamente lisa. Es por tanto muy apropiado recubrir la superficie del molde con una fina capa de óxido que aporte buena adherencia al lubricante durante el periodo de entrada del metal.

Para eliminar los restos de los lubricantes del molde después de un periodo de utilización, es recomendable realizar un granallado en la superficie de la cavidad. Este tratamiento cierra también algunas de las fisuras creadas por la fatiga térmica. [15] [16]

Además, induce tensiones de compresión la capa de la superficie, que compensan en cierto modo las tensiones de tracción creadas por la fatiga térmica. Las zonas que están sujetas a abrasión y fricción, como pueden ser los expulsores y las cámaras de inyección, pueden ser nitruradas o nitrocarbadas a fin de aumentar su vida útil.

7. HORNOS PARA FUSION DE ALEACIONES DE COBRE

La energía calorífica requerida para el calentamiento de los hornos puede proceder de:

- Gases calientes producidos en la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.
- *Energía eléctrica en diversas formas:* Arco voltaico de corriente alterna o continua, inducción electromagnética, alta frecuencia en forma de dielectricidad o microondas, resistencia óhmica directa de las piezas, resistencias eléctricas dispuestas en el horno que se calientan por efecto Joule y ceden calor a la carga por las diversas formas de transmisión de calor. A los hornos industriales que se calientan por este medio se denominan hornos de resistencias. [19]

7.1 Horno de crisol fijo basculable

El horno no es más que una carcasa de acero revestida con materiales refractarios, en forma de ladrillos o apisonados, suelen ser cilíndricos, ver figura 14.

En los hornos de gas hay que tomar precauciones para evitar explosiones durante el encendido. Debe evitarse la acumulación de mezclas explosivas de gases no quemados o de vapores inflamables, principalmente recurriendo a dispositivos de alarma y seguridad en el caso de que la llama se apague, procurando que el aire soplado sea suficiente en todo momento. Los crisoles se cargan estando el horno vertical, mediante tenazas suficientemente largas para poner la carga en el fondo. [20]

FIGURA 14. Horno basculante con crisol fijo. [19]



7.2 Horno de crisol fijo

El crisol está fijo al horno, sus bordes salen fuera de la cámara de caldeo y no hay posibilidad de contacto con los gases de combustión. Fig. 15.

Como no pueden bascularse para verter el contenido del crisol, es necesario extraer el caldo con una cuchara; son adecuados cuando se necesita tomar pequeñas cantidades de metal a intervalos frecuentes, como, por ejemplo, cuando se cuela en coquillas. Pueden emplearse como hornos de espera con la sola misión de mantener el metal en estado líquido, pero en algunos casos también se efectúa en ellos la fusión.

FIGURA 15. Horno de crisol fijo de la empresa FANTAXIAS SAS.



7.3 Hornos eléctricos

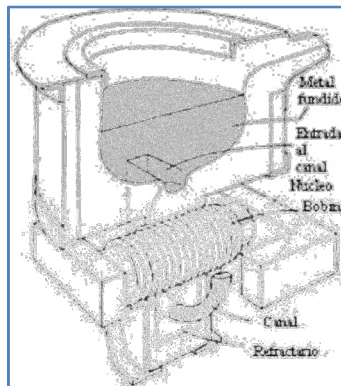
Los hornos eléctricos se emplean cada vez más para fundir los metales y en los últimos años han aparecido tipos nuevos y perfeccionados. Hay, sin embargo que hacerse cargo de su importancia relativa por lo que describiremos los diversos tipos en el orden de su importancia industrial. Los hornos eléctricos de fusión se clasifican en:

Hornos de inducción: Las muchas variantes de hornos de inducción no es posible en la actualidad clasificarlos rígidamente por la frecuencia de la corriente usada. Los hornos que trabajan a frecuencias superiores a los 500 ciclos por segundo tienen un baño en forma de crisol cilíndrico y no llevan un núcleo de hierro. Estos hornos se llaman corrientemente hornos de inducción sin núcleo. En los últimos años se han construido muchos hornos de este tipo que trabajan a 50 ciclos por segundo, es decir, la frecuencia normal de las redes de suministro. Los primitivos hornos de inducción tenían un canal de fusión que formaba el secundario en cortocircuito de un transformador; estos se pueden denominar hornos de inducción de canal.

- *Hornos de inducción sin núcleo:* La capacidad de estos hornos puede variar desde pocos gramos para fundir metales preciosos y para trabajos de laboratorio, hasta unas 15 toneladas, para producciones grandes. En los hornos pequeños, de por ejemplo 250 Kg de capacidad, el revestimiento del horno es de cartón de amianto con cemento aplicado sobre un armazón no magnético, porque si se utilizara una carcasa de material magnético como el acero, se produciría un calentamiento por el flujo disperso hacia el exterior de la bobina. Cuando los hornos son grandes no se puede prescindir de una carcasa de acero, entonces hay que recurrir a una pantalla magnética formada por paquetes de chapa de acero al silicio que forman un yugo magnético alrededor de la bobina que puede servir para soportarla.

- *Hornos de inducción de canales:* El tipo más sencillo tiene la cámara de fusión unida a un canal que actúa de secundario de un transformador. En este caso se hace pasar una corriente por el primario lo cual crea una corriente inducida en secundario (canal), que se transforma en calor. Fig. 16. Para poner el horno en marcha, el canal se debe cargar de material líquido para permitir el cierre del circuito. Primeramente se funde el contenido del canal (sección más estrecha) y luego, poco a poco, se propaga la fusión a toda la carga.

FIGURA 16. Horno de inducción de canal. [30]



Hornos de resistencias: En los hornos eléctricos de resistencia, el calor está producido por el efecto Joule al circular una corriente eléctrica por una resistencia. Se pueden fabricar para ser usados a temperaturas superiores a los 1800°C.

8. METODOLOGIA

Durante el desarrollo de este proyecto en la empresa FANTAXIAS SAS, fue necesario variar el cronograma de actividades, considerando las necesidades e inconvenientes que se presentaron.

Las siguientes fueron las actividades desarrolladas:

8.1 Selección del horno de mantenimiento para las aleaciones del cobre.

Las aleaciones de cobre se funden utilizando diversos tipos de hornos, los más usados son los de crisol de carburo de silicio calentado con petróleo o gas, que pueden tener una capacidad de 1000 Kg.

El horno seleccionado para construir, fue el horno de crisol fijo, debido a la capacidad requerida por la empresa y por su atractivo de no existir la posibilidad de contacto del baño con los gases de combustión.

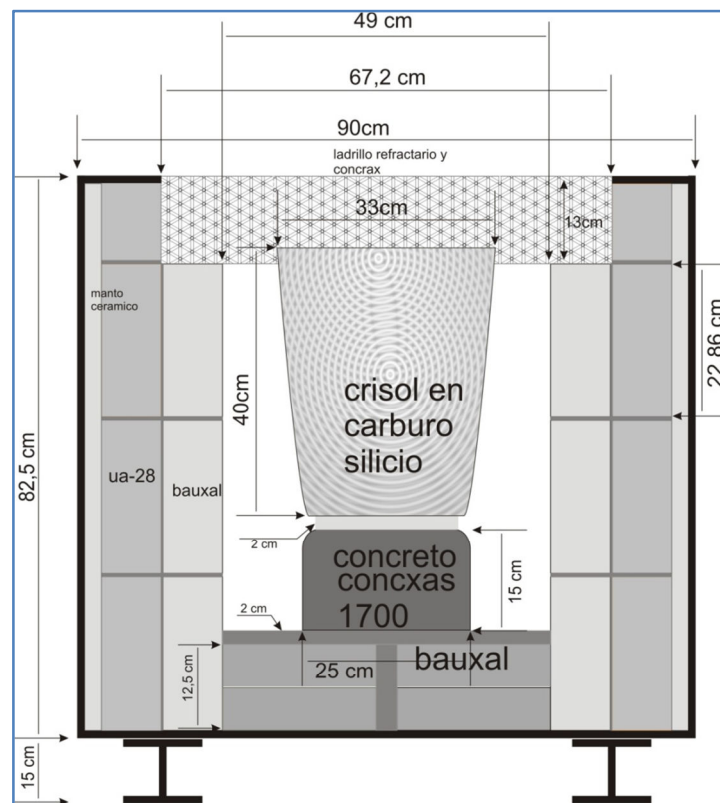
En la Fig. 17 se muestra un diseño preliminar del horno, con sus respectivas dimensiones, capacidad del crisol, materiales refractarios a usar, posición de la chimenea y del quemador. Los tipos de materiales refractarios usados fueron:

- Refractarios densos: Usados en el interior del horno, se caracterizan por tener propiedades altamente aislantes. Tablas 7-8.
- Refractarios Porosos: Usados en la primera capa exterior, sirven como barrera térmica (minimizan las pérdidas de calor en el horno). Tablas 9-10.
- Manto cerámico conocido en el apelativo de Ceramic Fiber Blanket: Muy resistente, liviano, flexible y presenta una excelente resistencia al manipuleo y la erosión; no contiene ligante alguno debido al proceso por el que es elaborada, en el cual se utilizan fibras cerámicas de primerísima calidad. Tabla 11.

Los materiales usados para este horno son de alta calidad, altos costos y muy

eficientes en su respectivo aspecto térmico, todo esto fue necesario debido a que el área de fundición en la empresa FANTAXIAS SAS es cerrado, y las aleaciones de cobre alcanzan temperaturas alrededor de 1070°C, de este modo, el personal del área de inyección no se encontrará expuesto a altas temperaturas.

FIGURA 17. Diseño inicial de horno de crisol fijo para fundición de latón. Empresa FANTAXIAS SAS.



Refractario denso Bauxal 60:

TABLA 7. Composición química del refractario denso Bauxal 60. [22]

ANÁLISIS QUÍMICO						
Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Álcalis
60.5%	34.0%	1.7%	2.7%	0.3%	0.3%	0.5%

TABLA 8. Propiedades del refractario denso Bauxal 60. [22]

Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	37
Temperatura equivalente (°C) NTC-706, ASTM C-24.	1820
Porosidad aparente (%) NTC-674, ASTM C-20	20,0 – 24,0
Densidad aparente (g/cm³) NTC-674, ASTM C-20	2,31 – 2,41
Deformación bajo carga en caliente a 1450°C (%) NTC-1107, ASTM C-16	1,0 – 2,0

Refractario poroso UA-28:

TABLA 9. Composición química del refractario poroso UA-28. [22]

ANALISIS QUIMICO						
Al₂O₃	SiO₂	Fe₂O₃	TiO₂	CaO	MgO	Álcalis
45.7%	50.4%	0.8%	1.1%	0.2%	0.3%	1.3%

TABLA 10. Propiedades del refractario poroso UA-28. [22]

Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	34
Temperatura equivalente (°C) NTC-706, ASTM C-24.	1763
Porosidad aparente (%) ASTM C-20	66,0 – 70,0
Densidad volumétrica (g/cm³) ASTM C-134	0,83 – 0,93

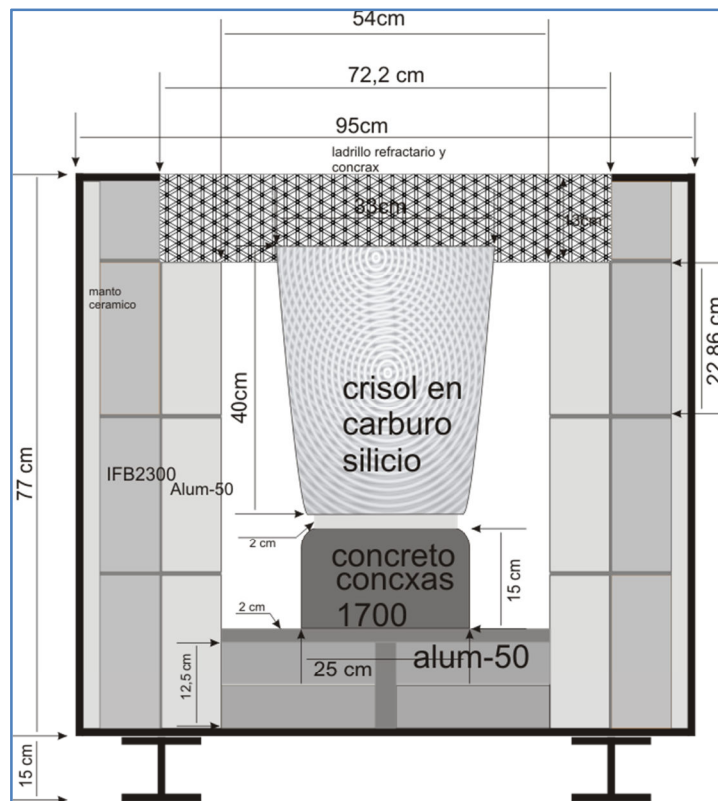
Manto cerámico (Ceramic Fiber Blanket):

TABLA 11. Composición química del manto cerámico. [22]

ANALISIS QUIMICO			
Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
46 - 48%	49 - 55%	0.8 – 1.2%	1.5 – 1.9%

El diseño inicial fue basado en hornos anteriores ya construidos en la empresa FANTAXIAS SAS, fue necesario variar sus dimensiones y materiales ya que los tamaños comerciales de los refractarios iniciales no eran compatibles con el diseño del horno.

FIGURA 18. Diseño final de horno de crisol fijo para fundición de latón, en la empresa FANTAXIAS SAS.



Al igual que el diseño inicial los materiales refractarios que se usaron en el diseño final fueron obtenidos de ERECOS, garantizando una baja radiación térmica hacia el operario de turno. Los materiales usados fueron:

Refractario poroso IFB-23000:

TABLA 12. Composición química del refractario poroso IFB-23000. [22]

ANALISIS QUIMICO						
Al₂O₃	SiO₂	Fe₂O₃	TiO₂	CaO	MgO	Álcalis
36.0%	59.0%	1.0%	1.0%	0.3%	0.4%	1.8%

TABLA 13. Propiedades del refractario poroso IFB-23000. [22]

Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	32
Temperatura equivalente (°C) NTC-706, ASTM C-24.	1717
Porosidad aparente (%) ASTM C-20	70,0 – 74,0
Densidad volumétrica (g/cm³) ASTM C-134	0,63 – 0,73

Refractario denso Alum-50:

TABLA 14. Composición química del refractario denso Alum-50. [22]

ANALISIS QUIMICO						
Al₂O₃	SiO₂	Fe₂O₃	TiO₂	CaO	MgO	Álcalis
50.0%	45.0%	1.5%	2.3%	0.3%	0.3%	0.5%

TABLA 15. Propiedades el refractario denso Alum-50. [22]

Cono Pirométrico Equivalente (PCE)	35
Temperatura equivalente (°C) NTC-706, ASTM C-24.	1785
Porosidad aparente (%) NTC-674, ASTM C-20	20,0 – 24,0
Densidad aparente (g/cm³) NTC-674, ASTM C-20	2,16 – 2,26

El manto cerámico fue el mismo en los dos diseños, por que ofrecía las dimensiones y propiedades necesarias para adaptarse a cualquiera de los dos hornos.

8.1.1 Construcción del horno de mantenimiento para las aleaciones del cobre.

La construcción del diseño en la empresa FANTAXIAS SAS se realizó en diferentes etapas.

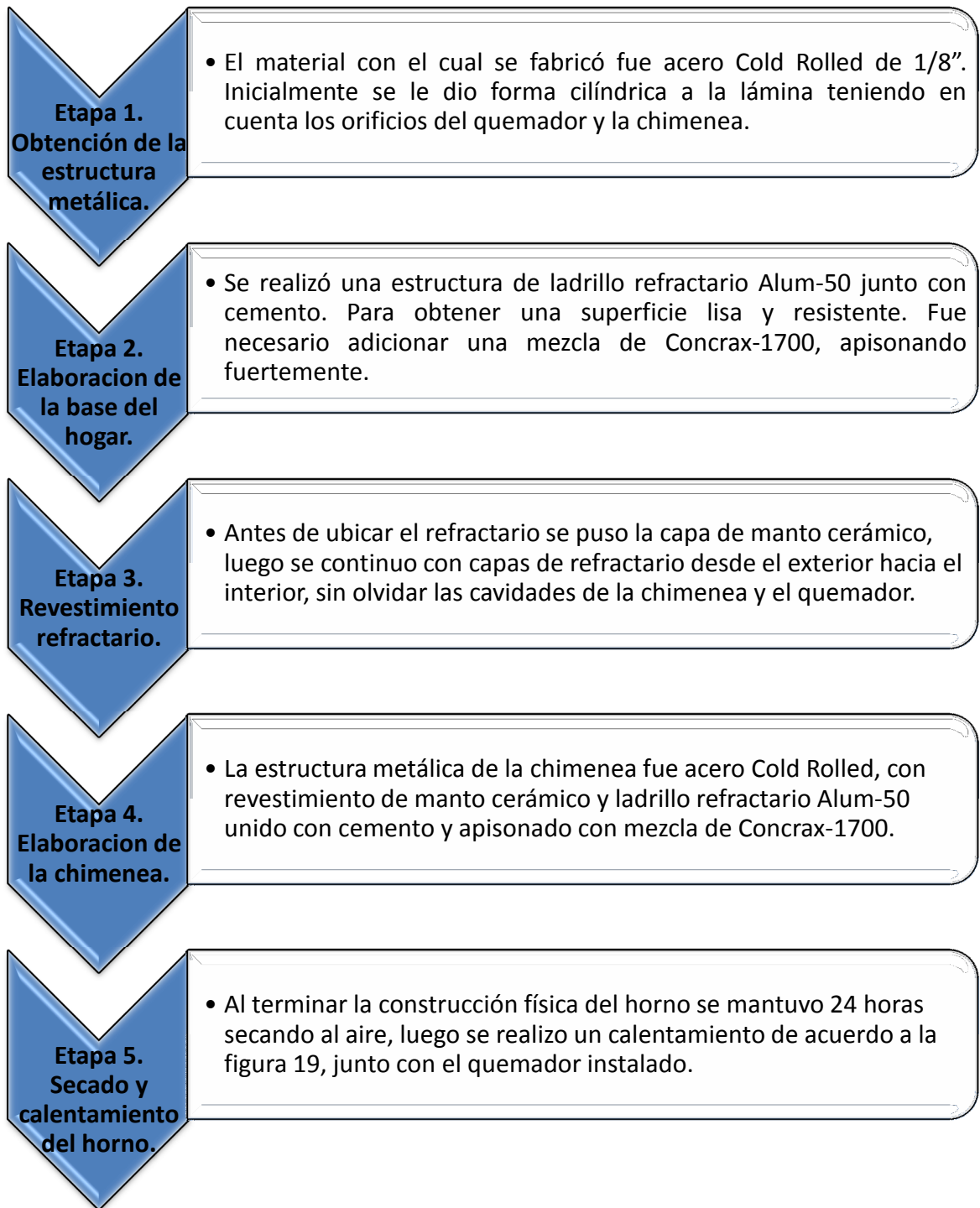


FIGURA 19. Curva de calentamiento del horno de crisol fijo no basculable.

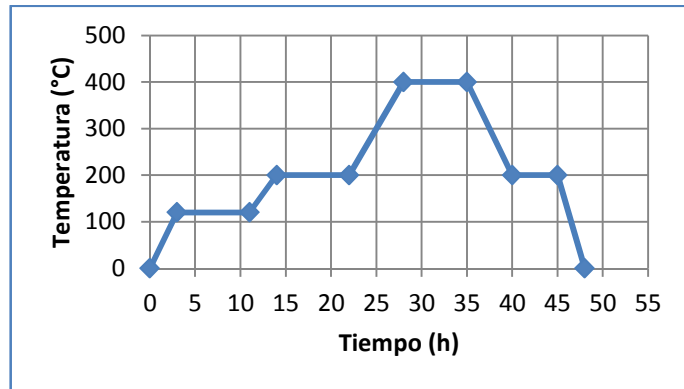


FIGURA 20. Revestimiento refractario del horno en la empresa FANTAXIAS SAS.



FIGURA 21. Horno de crisol fijo terminado en la empresa FANTAXIAS SAS.



8.2 Criterios para los moldes de inyección.

8.2.1 Selección del material para el molde de inyección.

Todavía no hay materiales ideales para las matrices de colar a presión aleaciones de cobre. De momento, lo que cabe hacer es diseñar las piezas lo más sencillas posibles. Es aconsejable hacer las matrices complicadas por secciones encajadas entre sí o unidas con tornillos si es posible. Si una sección se estropea prematuramente, se la puede sustituir con un mínimo de costo.

Uno de los aceros más empleados para hacer matrices para latón y bronce es el AISI H-21. Tabla 16. Es un acero de alto contenido de cromo y vanadio, hay otros aceros adecuados que además contienen cobalto.

TABLA 16. Composición química acero AISI H-21. [24]

% (C)	% (Cr)	% (V)	% (Si)	% (Mn)	% (Ni)	% (Cu)	% (W)	% (Fe)
0.35	3.50	0.50	0.35	0.25	0.3	0.25	9.50	Resto

El acero AISI H-21 es probablemente el mejor acero de los que hoy hay en el mercado. El problema principal es que se consultaron diferentes empresas dedicadas a la venta de acero y ninguna de ellas importa este material, por lo tanto se realizó una investigación sobre aceros con propiedades químicas y mecánicas similares a las del AISI H-21. Entre ellos se encontraron los aceros, **Thyrotherm® 2999 EFS supra (Tabla 17)**, **BÖHLER W360 ISOBLOC (Tabla 18)**, **1-2367 EFS supra de la Compañía General de Aceros SA (Tabla 19)**.

TABLA 17. Composición química acero Thyrotherm® 2999 EFS supra. [23]

% (C)	% (Cr)	% (V)	% (Si)	% (Mn)	% (Mo)	% (Fe)
0.45	3.00	1.00	≤0.30	≤0.30	5.00	Resto

TABLA 18. Composición química acero BÖHLER W360 ISOBLOC. [25]

% (C)	% (Cr)	% (V)	% (Si)	% (Mn)	% (Mo)	% (Fe)
0.50	4.50	0.55	0.20	0.25	3.00	Resto

TABLA 19. Composición química acero 1-2367 EFS supra de Cía. General de Aceros SA. [26]

% (C)	% (Cr)	% (V)	% (Si)	% (Mn)	% (Mo)	% (Fe)
0.37	5.00	0.60	0.30	0.40	3.00	Resto

Se debe tener en cuenta que estos aceros no contienen tungstenos lo cual representa una característica importante del acero AISI H-21.

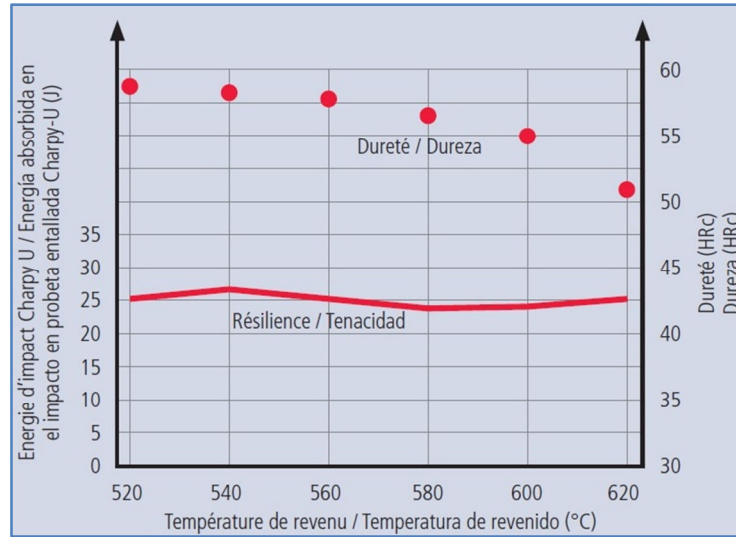
Al momento de elegir el acero se tuvo en cuenta; costo, propiedades químicas y propiedades mecánicas. La temperatura a la cual trabajaran estos aceros es del orden de 315°C-427°C.

La tenacidad de los aceros de trabajo en caliente es una de las propiedades más importantes para la resistencia a la rotura y una mayor resistencia a las grietas térmicas y al choque térmico. Una elevada dureza se asocia generalmente a una baja tenacidad.

El acero Böhler w360 Isobloc además de su excepcional tenacidad (Fig. 22), se destaca por su elevada estabilidad térmica. Ello se refleja en la elevada dureza en caliente (Fig. 23) y la estabilidad del material bajo sollicitación térmica. Estas propiedades, combinadas en W360 ISOBLOC, aseguran una elevada resistencia a la fatiga térmica y fractura espontánea.

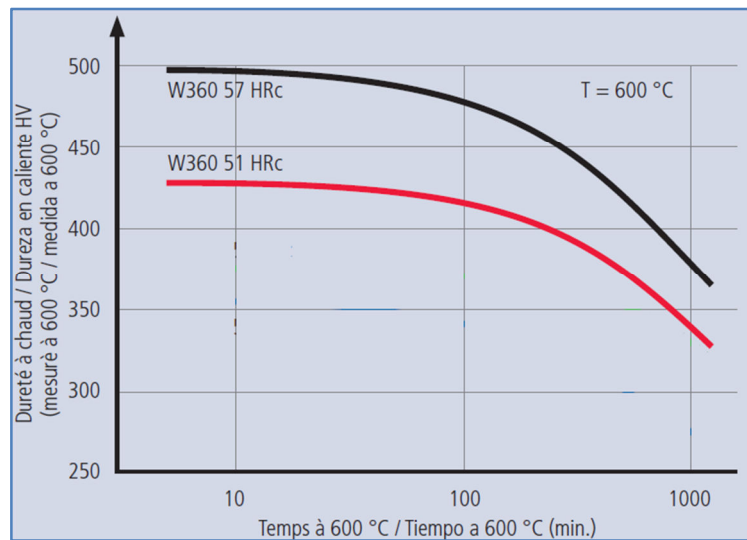
La empresa FANTAXIAS SAS, optó por usar este acero para la fabricación de sus moldes metálicos para la inyección de piezas de grifería, gracias a su accesibilidad en el mercado y las propiedades anteriormente mencionadas.

FIGURA 22. Tenacidad en función de la temperatura de revenido (dureza) del acero BÖHLER W360 ISOBLOC. [25]



En la Fig. 22, se verifica que la tenacidad de W360 es casi constante entre el intervalo de temperatura mostrado. Lo contrario ocurre con los otros aceros donde su dureza y tenacidad son muy variables en intervalos cortos de temperatura.

FIGURA 23. Dureza en caliente del acero BÖHLER W360 ISOBLOC. [25]



Diseño de los moldes metálicos realizado por una compañía Italiana, para piezas de grifería.

FIGURA 24. Diseño de accesorio de grifería, (molde plato móvil).

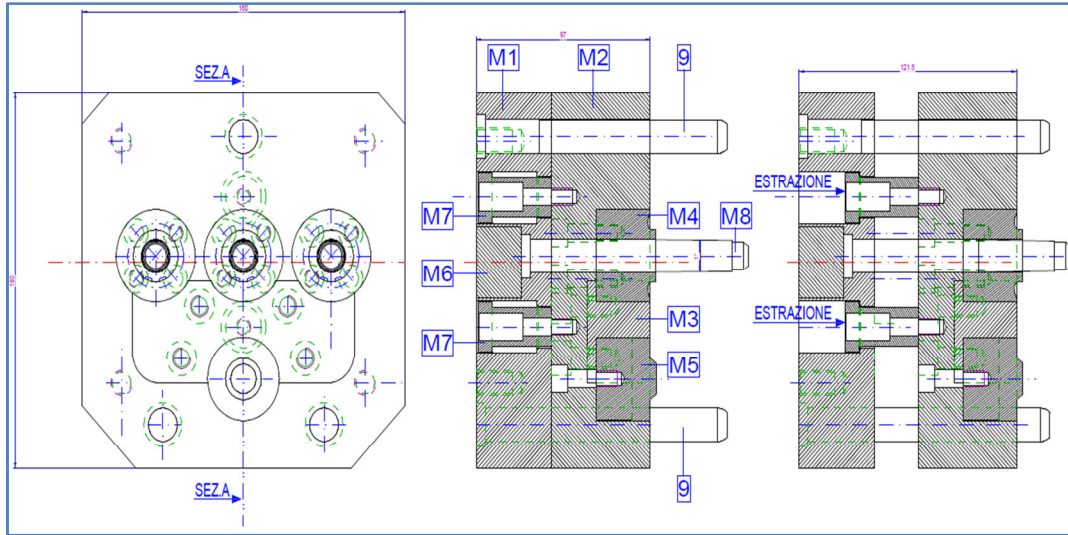
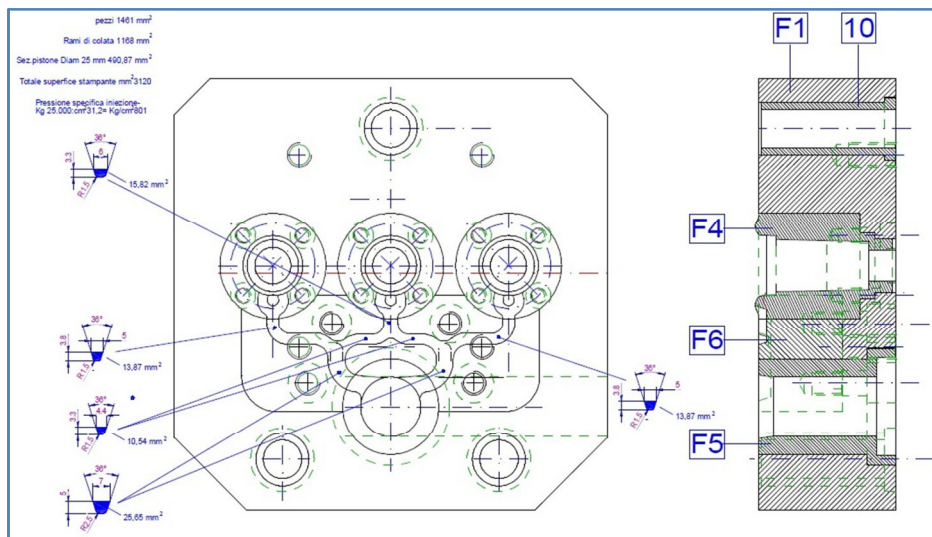


FIGURA 25. Diseño de accesorio de grifería, (molde plato fijo).



Para las arandelas el diseño y el molde ya existen, pero fue necesario realizar modificaciones, porque el molde fue realizado para fundir piezas en zamak. Las modificaciones fueron realizadas por el equipo de taller de la empresa

FANTAXIAS SAS, teniendo en cuenta las recomendaciones anteriormente nombradas.

FIGURA 26. Diseño molde metálico de las arandelas, (Molde móvil).

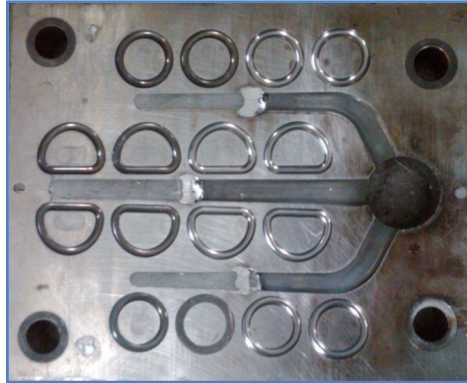
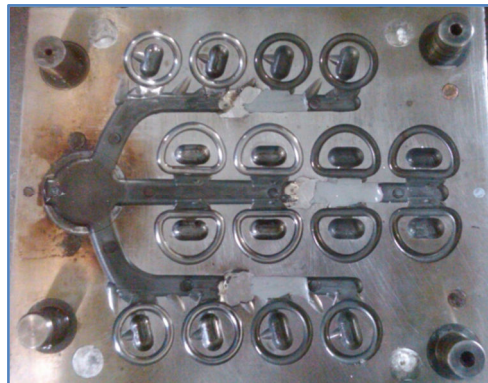


FIGURA 27. Diseño molde metálico de las arandelas. (Molde fijo).



Fue necesario reducir el número de piezas por molde, de esta manera los canales se acortaron, las pérdidas energética se reducirá al igual que el tiempo de llenado de la pieza.

8.3 Estudio teórico y selección de la aleación de latón trabajable en el moldeo de moldes metálicos a presión.

8.3.1 Estudio teórico de la aleación.

La empresa FANTAXIAS SAS tiene diferentes procesos de manufactura para

piezas de decoración, entre ellos encontramos:

CENTRIFUGACIÓN	TROQUELERIA	MONTAJE	INYECCIÓN
• Aleación Zamak.	• Lámina de latón 60/40.	• Torneado varillas de latón 60/40.	• Inyección de aleación zamak.

A diario se generan grandes cantidades de material de retorno en estos procesos, especialmente de retorno de Zamak cuya composición es:

TABLA 20. Composición química de la aleación zamak.

Al	Cu	Zn	Mg
4%	2.6%	93%	0.4%

Debido a que la zamak tiene gran contenido de Zn, esta se puede usar, en principio, como aleante para elaborar latones. Igualmente el retorno de láminas de latón junto con el retorno de varillas que no se tornea puede llegar a ser muy útiles para la preparación de latones con bajo costo. A cada aleación se le añadió un 5% de Zn, para compensar las pérdidas por fusión. Se proponen las siguientes aleaciones, para una colada a nivel de laboratorio de 5Kg. [21]

TABLA 21. Composición química latón puro Cu-Zn(40)-Pb(2).

Cu	59%	2.95Kg
Zn	39%	1.95Kg
Pb	2%	0.10Kg
Zn Exceso	5%	0.25Kg

TABLA 22. Composición química latón obtenido con retornos de laminas y recortes de varilla.

Lámina	49%	2.45Kg
Recortes de varilla	49%	2.45Kg
Pb	2%	0.10Kg
Zn Exceso	5%	0.25Kg

TABLA 23. Composición química latón obtenido con retornos de recortes de varilla.

Recortes de varilla	98%	4.90Kg
Pb	2%	0.10Kg
Zn Exceso	5%	0.25Kg

TABLA 24. Composición química latón con zamak.

39% Zamak	4% Al	1.560% Al	0.078Kg
	2.6% Cu	1.014% Cu	0.051Kg
	93% Zn	36.270% Zn	1.814Kg
	0.4% Mg	0.156% Mg	0.007Kg
Cu	59%	59%	2.95Kg
Pb	2%	2%	0.1Kg
Zn Exceso	5%	5%	0.25Kg

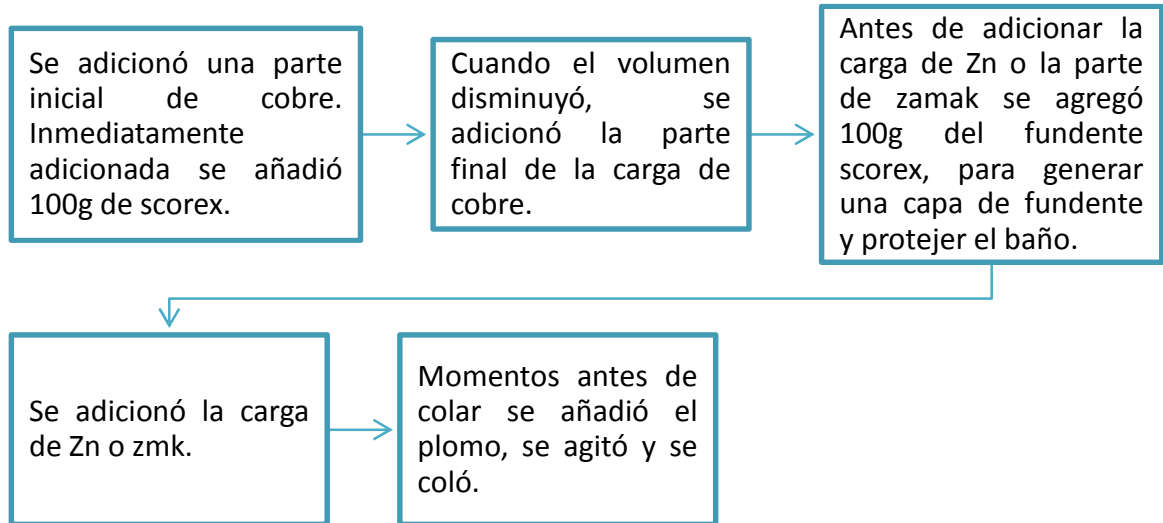
Los porcentajes de las aleaciones estuvieron basadas según:

- Presencia de las fases α y β , que junto con el plomo adquieren una excelente maquinabilidad.

- El contenido de cobre es menor que en una aleación Cu-Zn(30)-Pb(2), disminuyendo gastos de materia prima y energía.

8.3.2 Preparación de las aleaciones propuestas.

Para cada una de las aleaciones se realizó la misma técnica de fundición, esta fue:



Las temperaturas medidas durante la fusión fueron:

- 1070°C. Durante la adición de carga de cobre.
- 1080°C. Al momento de adicionar la carga de Zn o zamak.
- 1080°C. Al adicionar el plomo.
- 1070°C. Antes de colar.

El fundente utilizado SCOREX OT 49 (nombre comercial del fundente usado para latones, importado de Italia), es el depurante indicado para ser usado en la fusión de latones es un polvo de color blanco. Es un fundente protector y desoxidante para la fundición de lingotes, chatarra, vaciaderos y retales pequeños de latón. Compuesto de mezcla de sales inorgánicas entre las cuales se encuentra el Na_2CO_3 y el $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Las cuatro aleaciones se colaron mediante el método de colado por gravedad en

moldes de arena.

**FIGURA 28. Moldes en arena usados para colar las aleaciones de prueba.
(Caja superior).**



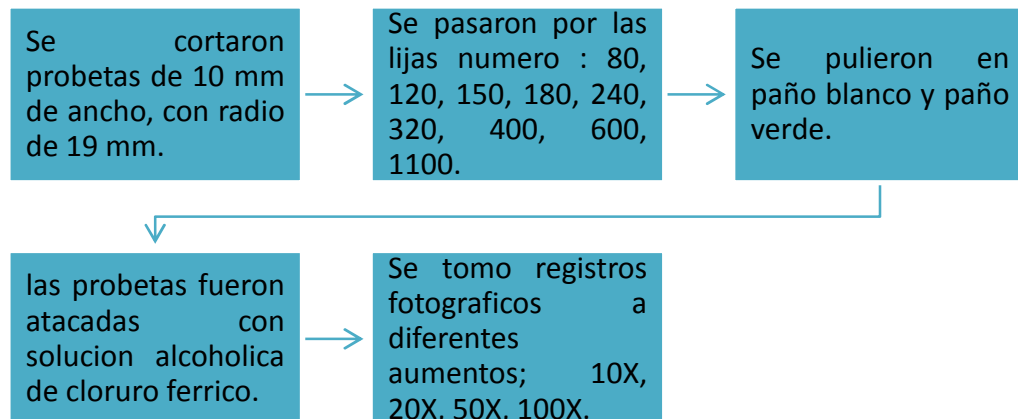
**FIGURA 29. Moldes en arena usados para colar las aleaciones de prueba.
(Caja inferior).**



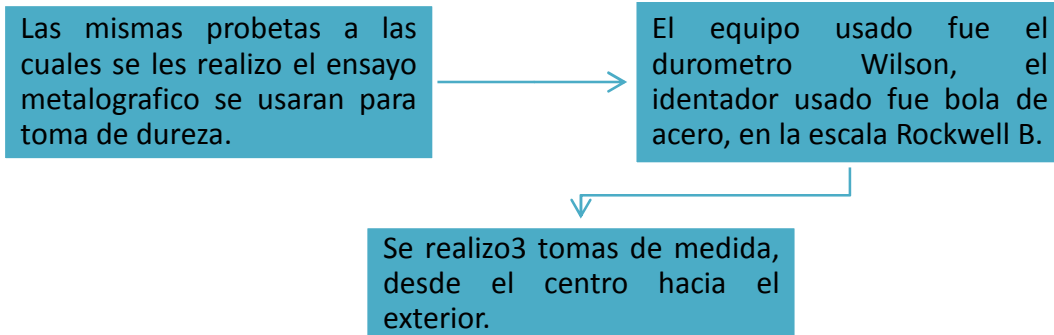
8.3.3 Ensayos realizados a las probetas de latón.

Para establecer las características de la aleación colada se les realizaron ensayos a las probetas, estos ensayos fueron:

Ensayo metalográfico:



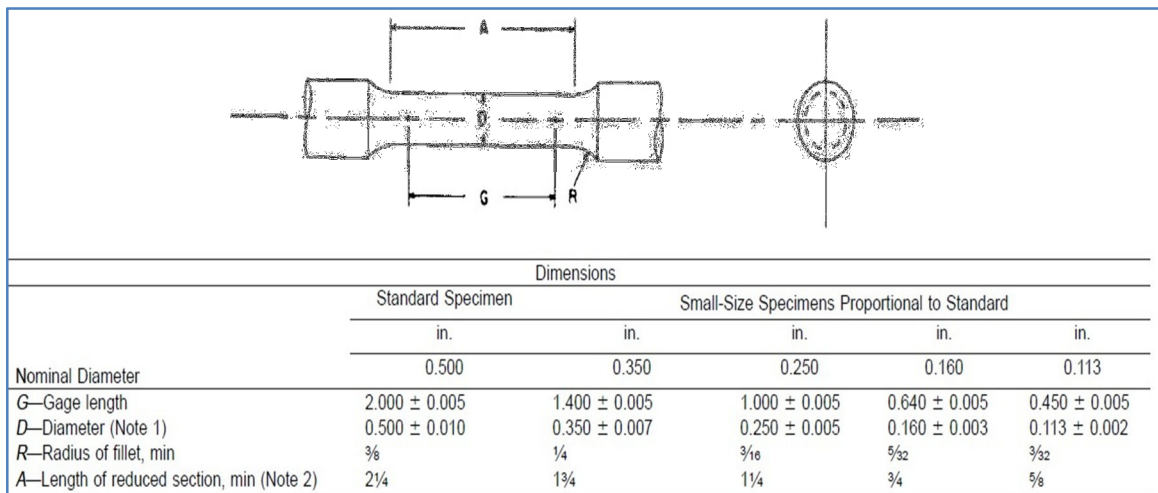
Ensayo de toma de dureza:



Ensayo de espectrometría de fluorescencia de Rayos-x de energía dispersiva.



FIGURA 30. Dimensiones de probetas fundidas para ensayo de tracción Norma ASTM E8. [28]



8.4 Obtención de piezas decorativas por el método de inyección en moldes metálicos.

Después de seleccionada la aleación se aplicaron ensayos de prueba en la

empresa FANTAXIAS SAS.

8.4.1 Determinación de parámetros de fundición que intervienen en la colada de latones en el proceso de moldeo en moldes metálicos por presión.

La empresa FANTAXIAS SAS, adquirió una máquina de inyección importada de la China, con referencia ZITAI 1100 TPS, para utilizarla en la elaboración de piezas en latones, las características principales de este equipo son: ver tabla 25.

TABLA 25. Características maquina de inyección ZITAI 1100 TPS.

Presión del fluido	100 kg/cm ²
Presión del multiplicador	210 kg/cm ²
Diámetro del pistón de inyección	50mm
Diámetro del pistón de accionamiento	100mm
Relación del multiplicador	2:1

Los parámetros de inyección de la máquina puede determinarse de dos formas, por medio de formulas, o por medio de gráficas ya establecidas.

Primera fase de inyección: Para esto se seleccionó una velocidad menor a 0.25 m/s, como principal condición. Por medio de la grafica P/Q^2 (Fig. 11), teniendo la presión del fluido, se halla el caudal y se controla con la válvula de flujo, hasta encontrar la velocidad requerida.

Segunda fase de inyección: La pieza que tomamos como referencia, es una pieza de forma geométrica sencilla llamada arandela (Figura 31).

FIGURA 31. Arandela de latón a elaborar a partir del proceso de moldeo en molde metálico.



Los parámetros de llenado de la cavidad se determinan considerando los siguientes datos:

Peso de la pieza: 0,8kg. Espesor medio: 3mm

Podemos hallar el volumen de la cavidad del molde de acuerdo a la formula [1]:

$$Volumen\ del\ sistema\ de\ llenado = \frac{Peso\ pieza\ (kg) + peso\ sistema\ llenado\ (kg)}{Peso\ especifico\ de\ la\ aleacion\ (\frac{kg}{dm^3})} \quad [1]$$

$$Volumen\ del\ sistema\ de\ llenado = \frac{0,8\ (kg)}{8,55\ (\frac{kg}{dm^3})} = 0,09357\ dm^3 = 93,57\ cm^3$$

Teniendo en cuenta la contracción del latón en la ecuación [2], podemos hallar el volumen de la cavidad del molde:

$$Contraccion = \frac{\delta Solido - \delta Liquido}{\delta Solido} \quad [2]$$

$$Contraccion = \frac{8,4\ g/cm^3 - 8,1\ g/cm^3}{8,4\ g/cm^3} = \frac{0,3}{8,4} = 0,036$$

$$93,57\ cm^3 * 0,036 = 3,368\ cm^3$$

La cantidad de aleación requerida es:

$$Volumen\ total = 93,57\ cm^3 + 3,368\ cm^3 = 96,938\ cm^3$$

De acuerdo al dato del espesor se puede establecer el tiempo de llenado de la cavidad, así: tabla 26.

- Según la tabla 26, para un espesor de 3mm, se requiere un tiempo de 0,075 s, para llenar completamente.
- Además, de acuerdo a los parámetros requeridos para la segunda etapa, se asume que la velocidad en el ataque de colada es de 35 m/s.

TABLA 26. Tiempo de llenado de la cavidad del molde según Benet. [11]

ESPEORES (mm)	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	3,0	3,8	5,0
TIEMPO DE LLENADO (s)	0,01 – 0,03	0,02 – 0,04	0,02 – 0,06	0,03 – 0,07	0,04 – 0,09	0,05 – 0,10	0,05 – 0,12	0,08 – 0,30

De acuerdo a lo anterior tenemos:

Cálculo del caudal: $Q = \frac{V}{t} \quad [3]$

$$Q = \frac{93,57 \text{ cm}^3}{0,075 \text{ s}} = 1247,6 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Velocidad del pistón en segunda fase: $Vel. \text{ piston en 2 fase} = \frac{4Q}{D^2 * 3,14} \quad [4]$

De donde:

Q = Caudal m³/s

D = Diámetro del pistón de accionamiento m.

$$Vel. \text{ piston e 2 fase} = \frac{4(1247,6) \text{ cm}^3/\text{s}}{(5 \text{ cm})^2 * 3,14} = \frac{4990,4 \text{ cm}^3/\text{s}}{78,5 \text{ cm}^2} = 63,5719 \text{ cm/s} = 0,6357 \text{ m/s}$$

Tercera fase de inyección: La maquina ZITAI 100 TPS tiene la característica de una presión de liquido de 100 kgf/cm², y debido a que la relación del multiplicador es 2:1, podemos hallar las fuerzas de compresión del metal.

$$P_m = P_f * \text{Relacion del multiplicador} \quad [5]$$

P_m = Presión del metal.

P_f = Presión de liquido.

$$\text{Relacion multiplicador} = \frac{2}{1}$$

$$P_m = \frac{100 \text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{2}{1} = 200 \text{kg/cm}^2$$

Y la fuerza en el cilindro de accionamiento, con un diámetro de 50 mm, tendremos:

$$F = P_m * A_c \quad [6]$$

$$F = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 28,26 \text{ cm}^2 = 16493,36 \text{ kg}$$

F = Fuerza del cilindro de accionamiento.

P_m = Presión producida por el multiplicador.

A_c = Área cilindro de inyección.

La presión sobre el metal, será:

$$P_g = \frac{F}{A_p} \quad [7]$$

A_p = Área del pistón de inyección.

$$P_g = \frac{16493,36}{19,62 \text{ Cm}^2} = 8,4 \text{ Mpa}$$

Con estos valores, se puede calcular la fuerza de cierre de la máquina para mantener los semimoldes cerrados. Se inicia por calcular el área de la pieza proyectada sobre el plano de partición; (plano de moldeo):

Área de Proyección = 88,1458 cm²

$$\text{Fuerza de apertura} = (Pg) * (A. \text{Proy}) \text{ [8]}$$

$$\text{Fuerza de apertura} = (840 \text{ Kg/Cm}^2) * (88,1458 \text{ Cm}^2) = \mathbf{74042,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Fuerza de cierre} = 1,2 * (\text{Fuerza de apertura}) \text{ [9]}$$

$$\text{Fuerza de cierre} = 1,2 * (74042,5 \text{ Kg}) = \mathbf{88,851 \text{ kg}}$$

De esta manera se determinaron los parámetros de inyección para colar una pieza para inyectar en moldes metálicos. (Empresa FANTAXIAS SAS).

8.4.2 Inyección de latón. (Empresa FANTAXIAS SAS).

Se seleccionó la aleación a colar; "**Aleación retornos de varillas**", la carga fue de **100 kg**.

Se fundió, usando la misma técnica de fusión utilizada en la sección: **8.3.2 Preparación de las aleaciones propuestas**.

Los moldes de las piezas decorativas con forma geométrica de arandela, se precalentaron a una temperatura de **300 °C**.

La temperatura de colada de la aleación fue **1000°C**.

Se trabajó con los siguientes parámetros de inyección:

Área de proyección = **88,1458 cm²**

Fuerza de apertura = **74042,5 kg**

Fuerza de cierre = **88,851 kg**

Se obtuvieron piezas decorativas con forma geométrica de arandela.

9. RESULTADOS

9.1 Ensayo de espectrometría de fluorescencia de Rayos-x de energía dispersiva

TABLA 27. Composición química de la aleación retorno de varillas.

Analito	Cu	Zn	Pb	Sb	Sn	Si	Al	Co	Fe
Resultado %	62.638	34.20	2.59	0.228	0.131	0.068	0.060	0.058	0.023
Des. Estándar	0.018	0.050	0.020	0.016	0.008	0.016	0.008	0.008	0.002

TABLA 28. Composición química de la aleación Cu-Zn(40)-Pb(2).

Analito	Cu	Zn	Pb	Sb	Sn	Si	Al	Co	Ni
Resultado %	57.410	40.770	1.050	0.420	0.130	0.066	0.106	0.036	0.011
Des. Estándar	0.040	0.020	0.040	0.060	0.020	0.010	0.011	0.001	0.003

TABLA 29. Composición química de la aleación Cu-Zamak(40)-Pb(2).

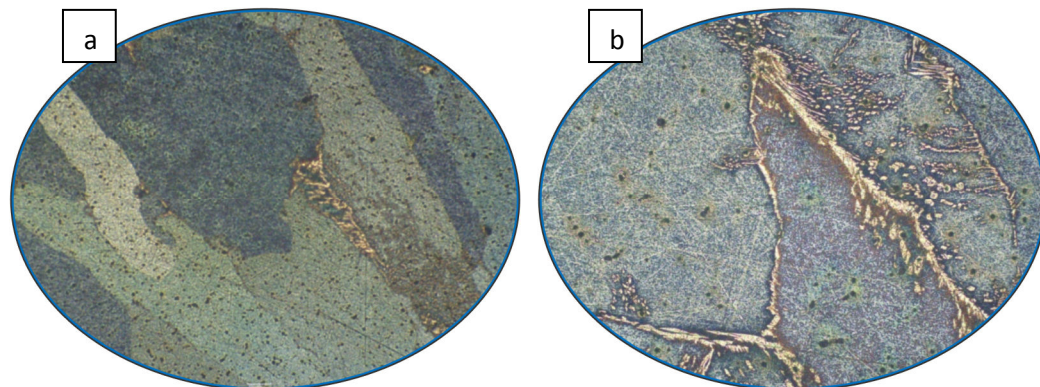
Analito	Cu	Zn	Pb	Sb	Sn	Si	Al	Co	Ni	Cr	Fe
%	57.10	39.50	1.10	0.24	0.12	0.11	1.67	0.03	0.02	0.04	0.11
	0	0	0	2	2	4	0	3	3	3	1
Des. Estándar	0.200	0.200	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00
			0	1	4	5	0	5	4	5	3

TABLA 30. Composición química de la aleación retornos de varillas y lámina.

Analito	Cu	Zn	Pb	Sb	Sn	Si	Al	Co	Ni	Fe	Mn
%	56.77	37.94	4.44	0.240	0.163	0.161	0.065	0.060	0.027	0.118	0.022
Des. Estándar	0.080	0.040	0.030	0.018	0.011	0.001	0.006	0.006	0.003	0.017	0.006

9.2 Análisis metalográfico:

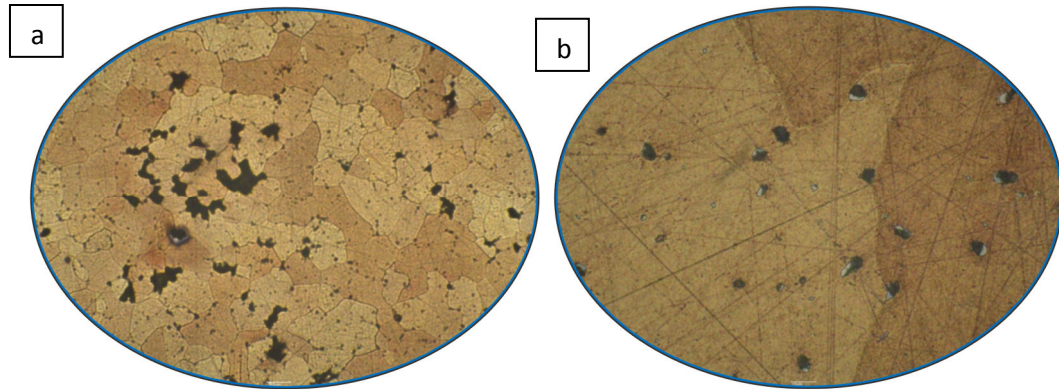
FIGURA 32. Metalografía aleación Cu-Zn40-Pb2 a 5X(a) – 20X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.



La estructura en granos radiales columnares se aprecia ya a simple vista y, desde luego, es bien evidente en macrografía. Al girar la probeta mientras se observa la superficie, puede apreciarse como el brillo de los granos se apaga o se hace más intenso.

Esta estructura de grandes granos alargados lleva consigo superficies intergranulares continuas (ininterrumpidas) en las que quedan recogidas las impurezas que quedaron concentradas en los últimos vestigios de fase líquida. La continuidad de estos límites perjudica las propiedades mecánicas de las piezas moldeadas, que suele ser, por ello, frágil.

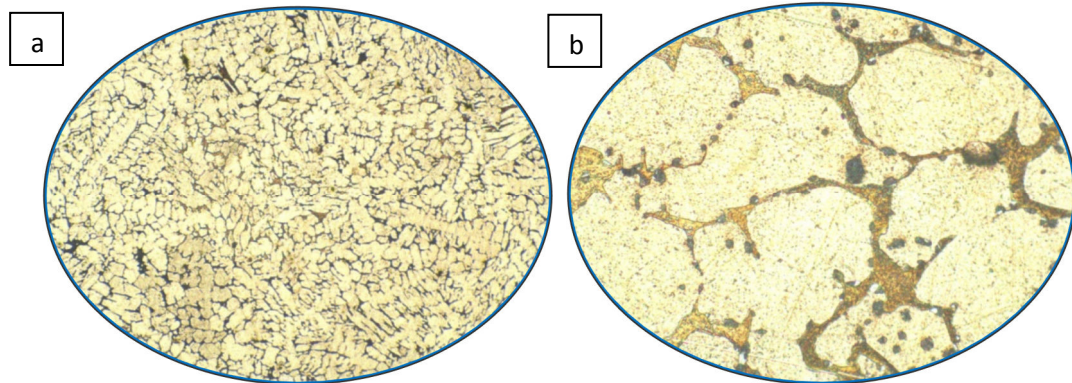
FIGURA 33. Metalografía aleación Cu-Zamak40-Pb2 a 5X(a) – 50X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.



Los grandes granos columnares se han subdividido en pequeños granos equiaxiales, en los que todavía se aprecia falta de homogeneidad.

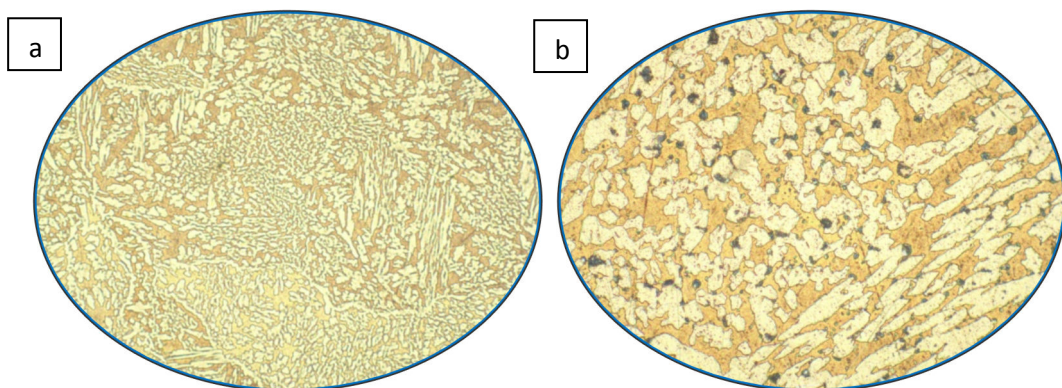
Hay dos causas importantes de la porosidad presente en esta pieza: la contracción al solidificar y los gases disueltos en estado líquido o formados en ciertas reacciones. En condiciones ideales, los espacios de contracción asociados a la solidificación se van llenando con el líquido remanente. Cuando las condiciones son de solidificación dendrítica, los brazos de las dendritas contiguas cierran algunos espacios, y el líquido así encerrado, al solidificar, dejara el vacío de contracción correspondiente, que tomara la forma del espacio interdendrítico. Este es, precisamente, el origen de las cavidades encontradas en la micrografía. En la micrografía (b), debido al lijado de las piezas el cobre se pierde, dejando así poros medio rellenos e inclusive totalmente vacíos.

FIGURA 34. Metalografía aleación retorno de varillas a 5X(a) – 50X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.



En ella se aprecia claramente los esqueletos dendríticos de fase α primaria que solidifico cada vez mas enriquecida en Zn. La fase β , formada por reacción peritectica, aparece de formas angulosas. Esta distribuida enmarcando casi el esqueleto de la fase α , tanto en los límites de grano como en el interior de ellos. En la figura b, se ve de nuevo las vacancias generadas por el plomo después del lijado de las probetas.

FIGURA 35. Metalografía aleación retorno de varillas y lamina a 5X(a) – 50X(b). Atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico.



La micrografía pone de manifiesto los granos columnares de fase β , en los que se

resuelve una estructura tipo windmanstatten, formada al precipitar la fase α en la matriz de fase β . La gran variedad de formas de la fase α que se recortan sobre la matriz de β , se explica por la multiplicidad de orientaciones en que el plano de pulido puede haber sorprendido a este precipitado.

9.3 Ensayo toma de dureza:

FIGURA 36. Posición del indentador en la probeta, al momento de la toma del ensayo de dureza.

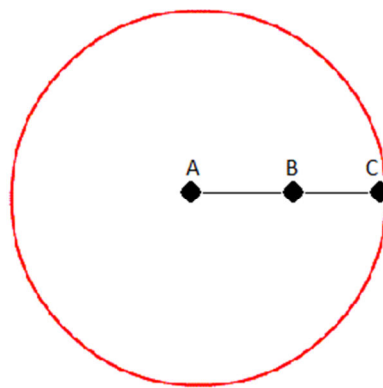


TABLA 31. Valores de dureza de cada una de las probetas.

Numero	PROBETA	A	B	C
1	Cu-Zn(40)-Pb(2).	70 Rockwell B	74 Rockwell B	75 Rockwell B
2	Cu-Zamak(40)-Pb(2).	80,5 Rockwell B	82,5 Rockwell B	83 Rockwell B
3	Retorno de varillas.	24 Rockwell B	25 Rockwell B	25 Rockwell B
4	Retorno varillas-lámina.	60 Rockwell B	58 Rockwell B	59 Rockwell B

9.4 Obtención de piezas decorativas por el método de inyección en moldes metálicos.

FIGURA 37. Piezas de decoración con forma geométrica de arandela, obtenidas a partir del proceso de moldeo en moldes metálicos. Empresa FANTAXIAS SAS.



Las piezas obtuvieron un muy buen acabado superficial, color y brillo. No hubo presencia de grietas, porosidad o del efecto piel de naranja.

10. ANALISIS DE RESULTADOS

10.1 Ensayo de espectrometría de fluorescencia de Rayos-x de energía dispersiva.

Los resultados muestran claramente la contaminación de la materia prima, aunque la mayoría de estos elementos se encuentran en bajas composiciones, sin embargo elementos como el antimonio esta en composición por encima de las impurezas.

COEFICIENTE DE GUILLET: El titulo ficticio de la aleación de “retornos de Zamak”, que corresponde a un latón especial, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Titulo ficticio} = Cu \frac{100}{100 + \sum X_i(K_i - 1)} \quad [2]$$

Titulo ficticio

$$= (60) \frac{100}{100 + (0,023(-1,2 - 1) + 0,033(-1 - 1) + 0,111(0,9 - 1) + 0,122(2 - 1) + 0,114(10 - 1) + 1,670(6 - 1))}$$

TITULO FICTICIO = 54.859% Cu – 44.140% Zn – 1% Pb

TABLA 6. Coeficientes de k_i para los distintos elementos. [2]

Ni	Co	Pb	Mn	Cd	Fe	Sn	Al	Si
-1,2	-1	0	0,5	0,7	0,9	2	6	10

10.2 Ensayo metalográfico.

Las estructuras metalográficas presentes en las probetas fueron atacadas con solución alcohólica de cloruro férrico, revelando claramente la fase presente $\alpha+\beta$, y las esferas de plomo. Las porosidades presentes en las piezas se deben a tres causas importantes: la contracción al solidificar, los gases disueltos en estado líquido o formados por ciertas reacciones y las vacancias del plomo al momento del desbaste de la pieza.

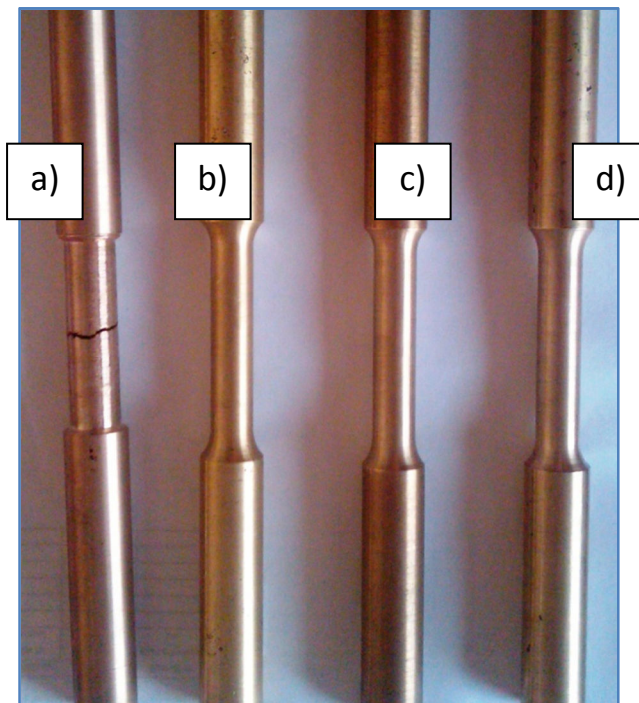
10.3 Ensayo toma de dureza

Los valores están directamente relacionados con la Microestructura. Para la probeta N° 2, la que presenta mayor dureza, es debido a el contenido de Al y Fe, ya que estos elementos refinan el grano. En caso de la aleación de retorno de varillas la dureza es baja debido a la cantidad de dendritas y ausencia de límites definidos.

10.4 Estudio teórico y selección de la aleación de latón trabajable en el moldeo de moldes metálicos a presión.

La diferencia de tonalidad, defectos superficiales e internos entre las aleaciones se muestran en la figura 38.

FIGURA 38. Aleación Cu-Zn(40)-Pb(2) (a), aleación retornos de Zamak (b), aleación retornos de varillas (c), aleación 50% retornos de varillas - 50% retornos lamina (d).



La empresa FANTAXIAS SAS, selecciona las aleaciones; “retornos de Zamak” y

“retornos de varillas”, debido a sus propiedades físicas (color y textura), propiedades químicas (composición adecuada para la elaboración de piezas de grifería), y bajos costos (tanto de materia prima como de energía).

11. CONCLUSIONES

- El uso del material de retorno de la empresa FANTAXIAS SAS, en un porcentaje de 40, permite elaborar piezas de accesorios y de grifería, con propiedades físicas y químicas adecuadas al uso.
- Para evitar una solidificación prematura causando taponamientos en los conductos de llenado, la temperatura de precalentamiento del molde no debe ser menor a los 300°C y la temperatura del metal líquido debe mantenerse en 1010°C, con el fin de conseguir el llenado completo del molde.
- La selección del latón especial con un contenido de Al de 1.67%, se estableció debido a: su color y textura. Estas dos características se consideraron primordiales por la empresa FANTAXIAS SAS.
- Para la fabricación de las arandelas se establecieron las siguientes características:

Fuerza de apertura = 74042,5 kg

Fuerza de cierre = 88,851 kg

Velocidad del pistón en segunda fase = 0,6357 m/s

12. RECOMENDACIONES

- Para la fundición de la aleación de “retornos de Zamak” es indispensable el uso de un desgasificante, y carbón de leña en ignición en la superficie para evitar pérdidas de cobre por oxidación.
- Durante la inyección se debe mantener una cantidad de metal igual o mayor que el 50% de la capacidad del crisol para evitar una heterogeneidad en la composición química del latón.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Hugo M. Mori. DETERMINACIÓN DEL ZINC EQUIVALENTE Y SU APLICACIÓN EN LA FUNDICIÓN DE LATONES PARA HÉLICES MARINAS. Revista fundidores, No, 160 (2009).
- [2] Francisco J. Pancorbo Floristan. Latones al plomo y fabricación de grifería. Octubre de 2009. Barcelona.
- [3] XINTAO, L., ZHAOXIANG, G., XIANGWEI, Z., [et al.], continuous casting of copper tube billets under rotating electromagnetic field. Materials Science and Engineering A. Vol. 460-461, 2007, p. 648-651.
- [4] SHACKERLFORD J.F. Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. Madrid, Prentice Haliberia, 1998.
- [5] IHOBE, Sociedad pública gestión ambiental. Reducción de costes mediante una gestión eficaz de las virutas. Gobierno Vasco. 2002.
- [6] COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION (CDA), The brasses properties and applications. Inglaterra. 2005.
- [7] PANTAZOPAULOS, G , Leaded Brass Rods. C38500 for automatic machining operations a technical report journal of material engineering and performance Vol 11 (4), August 2002, P 402-407.
- [8] BREY, M. Horizontal continuous casting of copper alloy billets, continuous casting. Alemania, SMS Meer gmbh. Damag technical, 2003.
- [9] NTC 1279, "VÁLVULAS DE COMPUERTA CON ASIEN TO METÁLICO PARA SERVICIO EN ACUEDUCTOS". (2000), segunda actualización. Editada por ICONTEC.
- [10] ASM INTERNATIONAL, Copper and copper alloys. 2001
- [11] BRUNHUBER, E, fundición a presión. Ed. Gustavo Gill, (1968). P-54.
- [12] LIEBY, G, Design of die casting, Ed, ASM, (1957).
- [13] BREDERMANN A, Tratado moderno de fundición a presión de metales no

férreos: Fundición por inyección (1952). Pag. 150.

[14] TONG K.K.S., Journal of material processing technology, volumen 127, Issue, 30 September 2002, Pag. 238-241.

[15] ANDREONI, L, Case, Mario. El molde. Ed. Edimet, (1993). Pag. 20.

[16] UDDEHOLM, Acero para moldes de fundición inyectada y mejora de su productividad. 2010.

[17] EMISON, hornos industriales, Barcelona, 2000, Información al cliente.

[18] BIBLIOTECA DE JOYERIA YBARRA, (Consultado el día 15 Julio de 2011), disponible en; <http://www.raulybarra.com/>

[19] EL PORTAL INFORMATIVO DE LA INDUSTRIA, (Consultado el día 18 Julio de 2011), disponible en; www.interempresas.net

[20] HORNOS DE FUNDICION, PDF tomado de; <http://es.scribd.com/> (Consultado el día 25 Julio de 2011).

[21] CALVO, F.A. Metalografía práctica. Madrid: Alhambra, 1972. Paginas 19-85.

[22] EMPRESA DE REFRACTARIOS COLOMBIANOS S.A. ERECO. Composición química de materiales refractarios usados. Disponible en; <http://www.erecos.com/> (Consultado el día 3 Agosto del 2011).

[23] THYROTERM® 2999 EFS SUPRA, Acero para trabajo en caliente. PDF disponible en; http://www.tkfortinox.com/pdf/especiales/FX_2999.pdf (Consultado el día 6 Agosto del 2011).

[24] COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO AISI H21, PDF disponible en; <http://www.waltermetals.com/uploads/h21.pdf> (Consultado el día 6 de Agosto del 2011).

[25] ACERO PARA TRABAJO EN CALIENTE BOHLER W360 ISOBLOC®, PDF disponible en; http://www.bucorp.com/w360_isobloc.htm (Consultado el día 6 de Agosto del 2011).

[26] PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO 1-2367 EFS SUPRA DE LA CÍA. GENERAL DE ACEROS SA, PDF disponible en; http://www.cga.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=115 (Consultado el día 6 de Agosto del 2011).

[27] ADER TEORIA + PRACTICA, INFORMACION SOBRE LA FUNDICION A PRESION, PDF, reservado por la empresa ADER, disponibilidad solo para

clientes.

[28] STANDARD TEST METHODS FOR TENSION TESTING OF METALLIC MATERIALS, Norma ASTM E-8.

[29] BRONCESVAL SL, COMPOSICION QUIMICA DE LATONES ESPECIALES. <http://www.broncesval.com/catalogo/index.asp?categoria=5&producto=67> (Consultado el día 15 de Octubre del 2011).

[30] JULIAN RODRIGUEZ MONTES, LUCAS CASTRO MARTINEZ, JUAN CARLOS DEL REAL ROMERO. Procesos Industriales para Materiales Metálicos. 2ª Edición. Editorial Visión Net, 2008.