

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

"ALEACION ILZRO 27 PARA LA FABRICACION DE MOLDES PARA
INYECCION Y SOPLADO DE PLASTICOS".

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

PRESENTADA POR:

MARIO GERMAN CHIRIBOGA VASCONEZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.986

AGRADECIMIENTO

AL ING. IGNACIO WIESNER FALCONY
DIRECTOR DE TESIS, POR SU AYUDA
Y COLABORACION PARA LA REALIZA
CION DE ESTE TRABAJO.

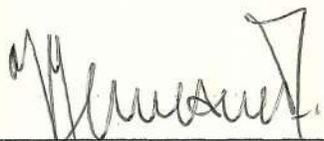
DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI MADRE

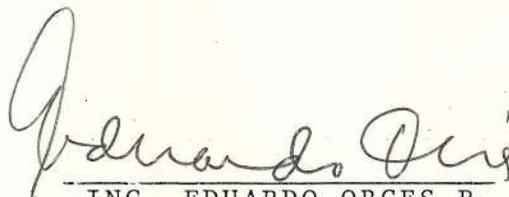
A MIS HERMANOS, especialmente a JORGE

...



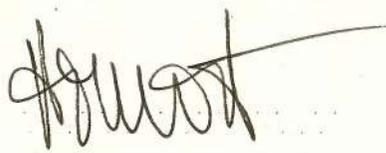
ING. IGNACIO WIESNER

DIRECTOR DE TESIS



ING. EDUARDO ORCES P.

DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA MECANICA



ING. HOMERO ORTIZ

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. MANUEL HELGUERO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE;Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA A LA ESPOL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).



MARIO GERMAN CHIRIBOGA VASCONEZ

R E S U M E N

En un horno a gas, se fabricó en laboratorio la aleación ILZRO 27, utilizando chatarras de zinc, aluminio, cobre y magnesio.

Los valores de los ensayos metalográficos y el análisis químico, demostraron que la aleación obtenida se encuentra dentro de los rangos esperados de acuerdo a normas existentes; certificándose de esta manera que la aleación ILZRO 27 reciclando chatarras es similar a la aleación fundida con metales puros.

Estos son los primeros resultados de un estudio general que se está llevando a cabo en la Escuela Superior Politécnica del Litoral sobre las aleaciones de zinc y su aplicación en el campo de la ingeniería de construcción de máquinas.

La chatarra de zinc utilizada para este trabajo, es obtenida

nida de los ánodos de sacrificio de buques con casco de acero; el aluminio de conductores eléctricos de norma - ASTM 1100.

La característica más destacada de esta aleación es la relativa insensibilidad a la velocidad de enfriamiento, es decir la velocidad con que se enfría no tiene efecto - aparente en las propiedades mecánicas, razón por la cual puede colarse en moldes de arena, yeso o metal.

I N D I C E G E N E R A L

	<u>PAGS.</u>
RESUMEN -----	6
INDICE GENERAL -----	8
INDICE DE FIGURAS -----	11
INDICE DE TABLAS -----	13
INTRODUCCION -----	15
CAPITULO I	
PLASTICOS Y MOLDES PARA PLASTICOS	
1.1. MATERIALES PLASTICOS -----	17
1.2. METODO DE MOLDEO PARA PLASTICOS -----	17
1.2.1. Moldeo por inyección -----	18
1.2.2. Moldeo por soplado -----	19
1.3. MOLDES PARA PLASTICOS -----	20
1.3.1. Resistencia al desgaste -----	23
1.3.2. Resistencia a la corrosión -----	23
1.3.3. Conductividad térmica -----	24
1.3.4. Resistencia a la compresión -----	25
1.3.5. Maquinabilidad -----	25

1.3.6. Acabado superficial -----	26
1.3.7. Pulido -----	27

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA ALEACION ILZRO 27

2.1. METALURGIA DE LA ALEACION ZINC - ALUMINIO -----	28
2.2. EFECTO DE LOS ELEMENTOS ALEANTES -----	32
2.3. ESTUDIO DE LOS MATERIALES APROVECHABLES PARA LA FABRICA- CION DE LAS ALEACIONES Zn-Al -----	36
2.4. PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ILZRO 27 DE ACUER- DO AL METODO DE MOLDEO -----	41
2.4.1. Inyección o matriz -----	42
2.4.2. Gravedad -----	46
2.5. METODOS DE FABRICACION DE LA ALEACION ILZRO 27 -----	49
2.5.1. Por medio de aleación Madre -----	49
2.5.2. Por reciclaje de chatarra -----	50
2.5.3. Por medio de aleaciones Zamak 3 o Zamak 5-----	52
2.6. APLICACIONES DE LA ALEACION DE LA ALEACION ILZRO 27 EN INGENIERIA Y OTROS USOS -----	54
2.7. CONTROL DE CALIDAD -----	55
2.7.1. Materiales de carga al horno -----	55
2.7.2. Producto terminado -----	56

CAPITULO III

TRABAJO EXPERIMENTAL

3.1. TECNICA EXPERIMENTAL -----	59
3.1.1. Obtención de la aleación ILZRO 27 utilizando cha tarras de zinc y aluminio -----	63
3.1.2. Análisis Químico -----	64
3.2. CONTROL DE ENSAYOS -----	65
3.2.1. Obtención de muestras -----	65
3.2.2. Propiedades mecánicas -----	72
3.2.2.1. ENSAYO DE DUREZA -----	73
3.2.2.2. ENSAYO DE TRACCION -----	75
3.2.2.3. ENSAYO DE IMPACTO -----	78
3.2.2.4. METALOGRAFIA -----	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	83
APENDICE -----	94
BIBLIOGRAFIA -----	115

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
1	DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PROCESO DE MOLDEADO POR INYECCION DE PLASTICOS -----	19
2	ESQUEMA DE MOLDEO DE PLASTICOS POR INYECCION Y - SOPLADO -----	20
3	DIAGRAMA DE EQUILIBRIO DE LA ALEACION ZINC-ALUMI NIO -----	30
4	ESQUEMA DE LA MAQUINA DE FUNDIR POR MATRIZ TIPO CUELLO DE CISNE -----	44
5	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA MAQUINA DE FUNDICION EN MATRIZ TIPO CAMARA FRIA -----	44
6	DIAGRAMA DE BLOQUE DE TECNICA OPERATIVA -----	61
7	MOLDE METALICO PARA COLAR PROBETAS PARA EL ENSA- YO DE TENSION -----	66
8	MOLDE DE ARENA, UTILIZADO PARA COLAR PROBETAS PA RA EL ENSAYO DE TENSION -----	67
9	DIMENSIONES DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO DE TEN- SION -----	68
10	DIMENSIONES DE LINGOTE PARA OBTENER PROBETAS DEL ENSAYO DE IMPACTO -----	69

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
11	DIMENSIONES DE LA PROBETA NORMALIZADA PARA ENSAYO DE IMPACTO -----	70
12	MICROESTRUCTURA DE LA ALEACION ILZRO 27 COLADA EN MOL DE METALICO -----	80
13	MICROESTRUCTURA DE LA ALEACION ILZRO 27 COLADA EN MOLDE DE ARENA -----	81
14	FOTOGRAFIA DE MOLDE PARA SOPLADO DE BOTELLAS 1000 cm ³	88
15	FOTOGRAFIA DE PARTE SUPERIOR DE MOLDE PARA SOPLADO DE PLASTICOS -----	89

INDICE DE TABLAS

<u>Nº</u>		<u>PAGS.</u>
I	COSTO APROXIMADO DE LA FABRICACION DE UN MOLDE PARA INYECCION Y SOPLADO DE PLASTICOS -----	21
II	COMPOSICION QUIMICA DE LA ALEACION ILZRO 27 -----	35
III	PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ILZRO 27 COLA- DA EN MATRIZ -----	46
IV	PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ILZRO 27 COLA DA POR GRAVEDAD -----	48
V	COMPOSICION QUIMICA DE LAS ALEACIONES ZAMAK -----	53
VI	RESULTADO DEL ANALISIS QUIMICO DE LA ALEACION ILZRO 27 OBTENIDA POR FUNDICION DE CHATARRAS -----	72
VII	VALORES DE DUREZA BRINELL OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LA ALEACION ILZRO 27 -----	74
VIII	VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE TENSION DE LA ALEACION ILZRO 27 COLADA EN MOLDE METALICO -----	76
IX	VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE TENSION DE LA ALEACION ILZRO 27 COLADA EN ARENA -----	77
X	VALORES DE RESISTENCIA AL IMPACTO DE LA ALEACION - ILZRO 27 -----	79
XI	PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ILZRO 27 COLA DA EN MOLDE METALICO -----	83

Nº

PAGS.

XII	PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ILZRO 27 COLADA EN MOLDE DE ARENA -----	84
XIII	PROPIEDADES MECANICAS DEL HIERRO GRIS -----	90
XIV	PROPIEDADES MECANICAS DEL BRONCE FOSFORICO -----	91

I N T R O D U C C I O N

El objetivo de este trabajo, es presentar a la industria metalmeccánica, especialmente a la industria procesadora de plásticos de nuestro país una nueva aleación base zinc fabricada con chatarras de zinc y aluminio principalmente.

La aleación ILZRO 27, posee alta resistencia a la tracción, excelente colabilidad, buena resistencia a la corrosión y la aptitud de proporcionar piezas con superficies lisas y tolerancias dimensionales muy ajustadas, sirve para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos. El uso de este material en vez de aceros especiales, tiene ventajas tecnológicas y económicas para nuestro país, lo cual ha sido demostrado al sector matricero y fabricante de partes de plástico durante la presente investigación.

La aplicación de esta aleación es muy extensa, destacándose aquellas en que se usa como procesos de fabricación la inyección metálica; aunque tiene mucha aceptación como material para la confección de cojinetes antifricción; y, en todo tipo de

de piezas de pequeño espesor fundidas por el proceso tradicional de moldeo en arena.

Los costos de fabricación de una pieza acabada, es algo - más baja si se realiza con la aleación ILZRO 27 en vez de fundición de hierro, por que se puede moldear a un tamaño muy próximo al definitivo, y no requiere tanto maquinado como cuando la pieza haya sido hecha de hierro gris. Además las piezas de fundición de ILZRO 27 pueden someterse a tratamientos decorativos superficiales más fácil que las de fundición de hierro.

A causa de su facilidad de moldeo, flexibilidad y demás propiedades de la aleación ILZRO 27, debe ser considerada por el diseñador como la adecuada para la producción de piezas pequeñas en serie. Los talleres de fundición cuentan desde ahora con una nueva dimensión en sus operaciones al poder ofrecer piezas de zinc coladas por gravedad económicas, fáciles de maquinar y con gran flexibilidad en el acabado.

La aleación ILZRO 27, puede reemplazar a todas las aleaciones de zinc moldeadas por presión, a la mayoría de aleaciones de aluminio.

de piezas de pequeño espesor fundidas por el proceso tradicional de moldeo en arena.

Los costos de fabricación de una pieza acabada, es algo - más baja si se realiza con la aleación ILZRO 27 en vez de fundición de hierro, por que se puede moldear a un tamaño muy próximo al definitivo, y no requiere tanto maquinado como cuando la pieza haya sido hecha de hierro gris. Además las piezas de fundición de ILZRO 27 pueden someterse a tratamientos decorativos superficiales más fácil que las de fundición de hierro.

A causa de su facilidad de moldeo, flexibilidad y demás propiedades de la aleación ILZRO 27, debe ser considerada por el diseñador como la adecuada para la producción de piezas pequeñas en serie. Los talleres de fundición cuentan desde ahora con una nueva dimensión en sus operaciones al poder ofrecer piezas de zinc coladas por gravedad económicas, fáciles de maquinar y con gran flexibilidad en el acabado.

La aleación ILZRO 27, puede reemplazar a todas las aleaciones de zinc moldeadas por presión, y a la mayoría de aleaciones de aluminio.

C A P I T U L O I

1.1. MATERIALES PLASTICOS

Los plásticos se definen como resinas naturales o sintéticas, o compuestos de ellas que pueden ser moldeadas, extruídas, coladas o usadas como películas o recubrimientos. La mayoría de plásticos son sustancias orgánicas que usualmente contienen Hidrógeno, Oxígeno, Carbono y Nitrógeno.

1.2. METODOS DE MOLDEO PARA PLASTICOS

Los métodos más comunes de producción son: moldeo por compresión en caliente; inyección; por transferencia; soplado; extrusión; laminación; moldeo en frío y laminación.

En el proceso de moldeo en caliente; la materia prima, en forma de polvo, gránulos o tabletas previamente formadas, se carga en la cavidad abierta del molde caliente. Un

émbolo macizo, unido a una porción del molde, desciende y hace presión sobre el plástico, que al tornarse líquido fluye a toda la cavidad; después que el material se asienta, o cura, se abre el molde y se retira la pieza.

Los materiales plásticos pueden extruirse; el material se calienta y es comprimido a lo largo de la cámara por un tornillo extrusor, pasando por una matriz caliente - hasta la cinta transportadora. A medida que entra en la cinta es enfriada con aire o agua vaporizada, de modo - que se endurezca la superficie lo suficiente para conservar la forma impartida en la matriz.

1.2.1. Moldeado por inyección

Se puede definir como la técnica o método de moldeo, en la que un polímero sintético o resina se funde y en estado líquido se inyecta a alta presión en un molde cerrado, hasta llenarlo completamente; el polímero se enfría dentro del molde y solidifica; finalmente se abre el molde y se extrae la pieza.- Esta operación se realiza de un modo continuo y automático.

Una máquina convencional para moldeado por inyec-

ción, puede considerarse constituida por los siguientes elementos básicos, que se ilustran en la figura N° 1, en la parte a) Sistemas de Calefacción; b) Pistón; c) Cámara de Calefacción; d) Molde donde se inyecta el plástico; e) Mecanismo de aire que mantiene unido las dos mitades del molde; f) Un sistema de controles.

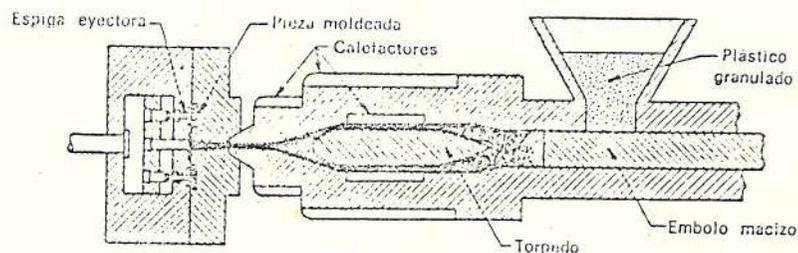


FIGURA N° 1. - DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PROCESO DE MOLDEADO POR INYECCION.

1.2.2. Moldeo por Soplado

Muchos materiales plásticos, se pueden formar como piezas huecas por medio de la presión de aire cuando se calienta una lámina del material y se encuentra en una forma suave y plegable. Para obtener esto, la lámina se sujeta a la superficie superior de un recipiente de vacío o

presión y se absorbe o sopla en una forma que se aproxima a una sección de una esfera. A ciertos plásticos, se les puede dar la forma de botellas o recipientes huecos de manera similar a los métodos que se usan para fabricar botellas de vidrio, como se muestra en la figura N° 2.

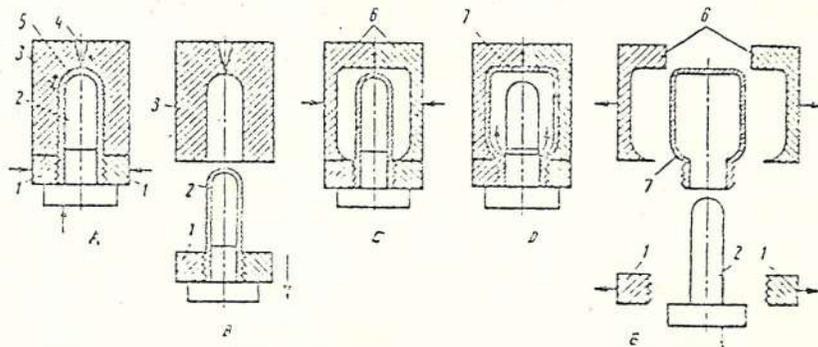


FIGURA N° 2. ESQUEMA DE MOLDEO DE PLASTICOS POR INYECCION Y SOPLADO

1.3. MOLDES PARA PLASTICOS

Los moldes para el proceso de inyección como de soplado de plásticos, se hacen generalmente de acero y se tratan térmicamente. La producción de estos moldes demanda el mismo tipo de trabajo de máquina y la misma precisión - que se requiere para las matrices usadas en colado por

presión. Existen sin embargo, algunas diferencias en la construcción debido a las características variables de los materiales que se procesan. Debe suministrarse suficiente ahusamiento y biseles para facilitar la remoción del artículo del molde. Los pernos de expulsión se usan generalmente para este objeto y deben localizarse en puntos en que no sean notorias las marcas que dejan. Igual que en el caso de los metales, los materiales plásticos se contraen al enfriarse, debiendo dejarse algún margen para ello. La contracción varía de acuerdo al material y método de proceso, pero generalmente es de 0.003 a 0.009%.

Los costos de fabricación de moldes varía según la forma, el acabado de su superficie, y la selección del material. La tabla I, nos muestra una distribución típica aproximada de los costos de fabricación de un molde.

TABLA I

	% COSTO	TOTAL
Costo de materiales	10	
Maquinado inicial	30	
Tratamiento térmico	10	
Rectificado	15	

Continua..

Viene....Tabla I...

Pulido	30
Ensamblado	<u>5</u>
COSTO TOTAL :	100

Los renglones principales de los costos son: el maquinado y el pulido; la estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico, también es un factor importante. Cualquier cambio inesperado o excesivo que se produzca en las caras del molde, puede requerir un nuevo rectificado, lo que sería muy costoso.

Los requisitos que deben reunir los materiales para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos son:

1. Resistencia al desgaste;
2. Resistencia a la corrosión;
3. Conductividad térmica;
4. Resistencia a la compresión;
5. Maquinabilidad;
6. Acabado superficial;y,
7. Pulido.

1.3.1. Resistencia al desgaste

Para la resistencia de los productos plásticos, frecuentemente se añaden fibras de vidrio, asbestos, madera, etc. Estas sustancias tienen efecto abrasivo en las líneas de unión de los moldes, los ductos y las toberas de admisión. Por lo tanto, para el procesamiento de plásticos, es recomendable utilizar un acero de alta resistencia al desgaste, o la aleación ILZRO 27 para moldes pequeños y medianos.

1.3.2. Resistencia a la corrosión

La corrosión consiste en general, en un proceso, quí- mico de deterioración de los metales o aleaciones. Casi todos los moldes utilizados para el moldeo por inyección tienen contacto con agua de enfriamiento; además hay ciertos plásticos que tienen afecto corrosivo en el propio molde; por ejemplo, los plásticos de PVC liberan ácido clorhídrico; los de acetato, ácido acético; y, los aminoácidos, agua.

El ácido clorhídrico es altamente corrosivo, y ataca la superficie del molde. Si se requiere un molde de

alto grado de pulido y cuya superficie no tiene la su suficiente resistencia a la corrosión, será necesario re repulirlo frecuentemente, lo cual resulta costoso, y además, van reduciendo las piezas a moldearse.

Para acelerar el enfriamiento del molde, se uti liza agua, la cual tiene un sistema cerrado de re circulación.- En ocasiones dicha agua se contami na con pequeñas cantidades de ácidos y sales - que corroen las superficies de los ductos. Las partes oxidadas se presentan como puntos débiles de la estructura del molde; pudiendo agrietarse fácilmente por fatiga y alta presión, quedando inservible. La humedad del ambiente, también pro duce corrosión, especialmente en las uniones del molde.

1.3.3. Conductividad Térmica

La conductividad térmica puede definirse como la cantidad de calor que pasa en una unidad de tiem po, a través de una unidad de superficie en la que existe una diferencia de temperatura entre las dos caras opuestas.

Todo fabricante de plásticos quiere mantener la tasa más alta posible de producción. La limitación lo constituye la capacidad del molde para conducir el calor lejos del artículo de plástico. De ahí que la conductividad térmica de la aleación - ILZRO 27 tiene mucha importancia, y también lo tienen la transmisión de calor entre la herramienta y el medio refrigerante.

1.3.4. Resistencia a la compresión

Se estima que al moldear por inyección, se exige una fuerza de cierre de una tonelada por cada centímetro cuadrado de superficie proyectada. Por lo tanto, cuando son artículos muy grandes los que se están moldeando, la fuerza de cierre es verdaderamente alta, y siempre habrá riesgo de producir indentación en las líneas de división - del molde; dicho riesgo disminuirá a medida que aumente la resistencia a la compresión del material del molde.

1.3.5. Maquinabilidad

El proceso de cortado del metal es usado para -

ros para la confección del molde, estos son tratados térmicamente para mejorar el acabado superficial. La reducción de las irregularidades de la superficie, aumenta el límite de duración del molde, y las irregularidades concentran esfuerzos.

1.3.7. Pulido

Después de la elaboración de diversos productos - en su forma definitiva, por fundición, se requiere una o más operaciones para conseguir una superficie lisa. Este pulido se puede realizar utilizando material abrasivo, tambor giratorio, pulido con correa, cepillado con alambre, agitación con tambor pulido con rueda, etc.

En la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos, el pulido es un procedimiento muy costoso, corresponde al 30 % del costo total del molde. Un molde bien pulido garantiza un perfecto cierre al momento de la operación.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA ALEACION ILZRO 27

2.1. METALURGIA DE LA ALEACION ZINC-ALUMINIO

Para la obtención de las aleaciones de zinc, debe utilizarse el zinc de grado comercial más puro, 99.99 %, que se le conoce como zinc electrolítico, el cual está exento de impurezas, tales como plomo, cadmio, titanio, que son los elementos que ocasionan defectos en los colados y un rápido envejecimiento en las piezas moldeadas. Los elementos comúnmente usados en las aleaciones, son el aluminio, cobre y magnesio manteniéndoles dentro de límites muy estrechos.

Las aleaciones de zinc, especialmente Zamak, son ampliamente usadas en la industria; tales como la automotriz, manecillas para puertas, carburadores, adornos cromados, etc; en los artefactos de uso doméstico, bombas para máquinas lavadoras, quemadores de gas de cocinas, agarraderas y manecillas para refrigeradoras; carcazas de radios, fonógrafos,

máquinas de escribir, etc.

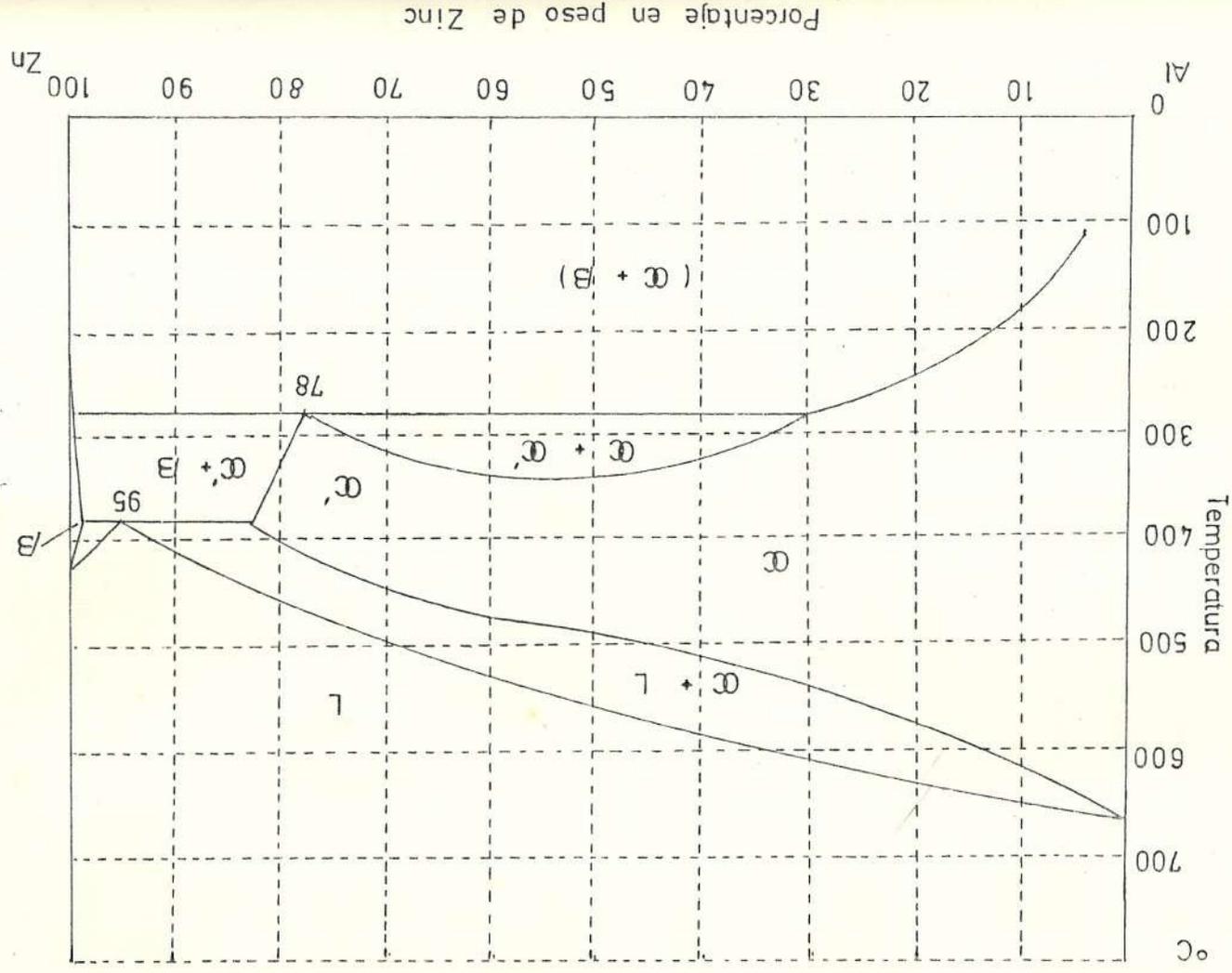
En el Ecuador hasta hace aproximadamente diez años, todas las piezas de zinc - aluminio, eran importadas; actualmente existen muchas industrias que tratan de reemplazar la importación por fabricación local. En cambio las aleaciones ILZRO no son conocidas en nuestro medio, ya que son de reciente aceptación en el mercado internacional; sus características, propiedades y aplicaciones, todavía son motivo de estudio; y las normas de fabricación y aceptación, recién fueron aprobadas en los Estados Unidos al comienzo de 1.980.

Diagrama de equilibrio de la aleación Zn-Al.

Las aleaciones ILZRO, están constituídas basicamente por zinc y aluminio contenidos en diferentes porcentajes, por lo tanto, es necesario hacer un estudio del diagrama de equilibrio Zn-Al, para establecer las reacciones y cambios que sufre la aleación con las temperaturas y composiciones.

Durante la solidificación de las aleaciones hipoeutécticas de zinc, conteniendo cerca del 4 % de aluminio, el primer material en solidificar aparece como partícula primaria de

FIGURA N° 3. DIAGRAMA DE EQUILIBRIO DE LA ALEACION ZINC - ALUMINIO.



una solución sólida rica en zinc (beta), más tarde, el líquido remanente solidifica como eutéctico formado de beta y alfa primario a alta temperatura en forma inestable. Finalmente el alfa primario a temperatura eutectoide se transforma en alfa y beta.

Con un contenido de 5 % de aluminio, aparece una forma eutéctica laminar entre el aluminio (alfa primario) y zinc (beta) como solución sólida a 382°C , el alfa primario constituyente del eutéctico, es estable sólo a temperaturas sobre 275°C ; bajo estas temperaturas, el eutectoide se transforma en fases alfa y beta.

Un eutectoide laminar se presenta en la aleación Zn-Al, en 22 % de aluminio; el constituyente sólido alfa primario, a temperatura eutectoide se transforma en alfa y beta, que son los constituyentes de la aleación.

En la solidificación de aleaciones hipereutectoides, conteniendo cerca del 27 % de Al. El primer material en solidificar es la solución alfa rica en aluminio a una temperatura aproximada de 500°C ; el líquido remanente solidifica como eutéctico, formando alfa primario de manera inestable; cuando la temperatura ha descendido hasta 310°C , el alfa primario se transforma en alfa y alfa primario; finalmente el alfa

primario mediante reacción eutectoide, se transforma en beta a temperatura de 275°C.

Las propiedades del zinc y sus aleaciones son muy sensibles a la temperatura, con relación a la resistencia al impacto y dureza, otro comportamiento característico lo de termina la resistencia mecánica, la cual disminuye con rapidez al aumentar la temperatura, ese factor debe tenerse en cuenta para el diseño.

2.2. EFECTO DE LOS ELEMENTOS ALEANTES

En procesos de fundición por inyección, el zinc no podía ser utilizado, debido a que atacaba el hierro o acero , que son los elementos con los que generalmente estaban -
construídos la cámara y pistones de la máquina para inyección. Al adicionar aluminio, se logró reducir la velocidad de ataque del acero por parte del zinc, consiguiendo al mismo tiempo mejorar las propiedades mecánicas, tales -
como aumento de la resistencia a la ruptura, también mejoró la colabilidad.

Las aleaciones de zinc presentan corrosión intergranular, de graves consecuencias en el deterioro del material. El hecho -
de alear el zinc con aluminio, trae una sensibilidad a

la corrosión intercrystalina y es necesario un control del porcentaje de aluminio, al momento de colar por gravedad.

BRAUER y PIERCE, demostraron que las impurezas de plomo, - cadmio, estaño, eran grandes factores de corrosión inter crystalina y se producían en presencia de humedad y que esta se aceleraba en una atmósfera de vapor. La presencia del cobre hasta un 5 %, ejercía un efecto inhibitor favorable sobre la corrosión intercrystalina. Posteriormente, descubrieron que el magnesio era aún más potente que el cobre.

LOHBERG, mostró que el Talio y el Bismuto en las aleaciones de zinc para fundiciones, eran agentes contaminantes nocivos. Los Canadienses BELL, EDMUNDS y MEIER constataron - que la presencia de Indio era perjudicial para la aleación.

Se estima generalmente que la corrosión intercrystalina es un fenómeno electroquímico; las impurezas nocivas de plomo cadmio, estaño convierten los límites de grano catódicos. El plomo y estaño son poco solubles en zinc, esto provoca una fragilidad en caliente de las aleaciones.

ALUMINIO

El efecto más importante del aluminio consiste en que es

te metal, reduce considerablemente la fuerza de ataque sobre el metal permanente, sobre la matriz y todas las partes férreas con las cuales el metal líquido entra en contacto; evitando de esta manera que la aleación incremen-
te el porcentaje de hierro por encima del admisible.

El agregado de aluminio, tiene como efecto, mejorar la textura de la pieza fundida y la fluidez de la aleación - el momento de colar; aumenta además la resistencia y la dureza. Una proporción demasiado alta de este elemento, - afecta seriamente la resistencia al impacto de la aleación.

COBRE

El contenido de Cobre, aumenta la resistencia a la corrosión aumenta la dureza de la aleación, pero reduce la estabilidad en las medidas y propiedades de la aleación.

MAGNESIO

Pequeñas cantidades de magnesio, son suficientes para mejorar la resistencia a la corrosión intercrystalina, neutralizando los efectos nocivos del cadmio y plomo; además el Magnesio aumenta la dureza de la aleación.

Por otro lado un contenido mayor de Magnesio, reduce la fluí

dez de la aleación, haciendo más difícil su colado por gravedad.

En la tabla II, se muestran los límites de los porcentajes de los elementos aleantes de la aleación ILZRO 27.

TABLA II

COMPOSICION QUIMICA DE LA ALEACION ILZRO 27 PARA FUNDICION
POR GRAVEDAD

ELEMENTO	ILZRO 27
Aluminio	25 - 28.0 %
Cobre	2.0 - 2.5 %
Magnesio	0.01 - 0.02 %
=====	
Hierro	menor a 0.10 %
Plomo	menor a 0.004 %
Cadmio	menor a 0.003 %
Estaño	menor a 0.003 %
Titanio	menor a 0.002 %
Zinc	Resto

2.3. ESTUDIO DE LOS MATERIALES APROVECHABLES PARA LA FABRICACION DE LA ALEACION Zn-Al.

El zinc se produce a partir de sus minerales; sulfuros, silicatos o carbonatos mediante un proceso de concentración y tostación, seguido ya sea por la reducción del mineral de zinc por carbón y destilación simultánea del zinc en hornos y retortas continuas; o por lixiviación del óxido con ácido sulfúrico y electrolisis de la solución después de purificarla. El zinc destilado contiene impurezas de plomo, cadmio y hierro, que pueden eliminarse por redestilación fraccionada, para producir un metal con 99.99 % o más de pureza. Puede producirse metal de igual pureza por medio de proceso electrolítico.

El zinc especial de alta calidad, se utiliza en la manufactura de piezas fundidas a presión, en que las impurezas tienen un efecto perjudicial sobre la resistencia a la corrosión y la estabilidad dimensional.

El galvanizado, que consume la máxima proporción de zinc, utiliza en forma especial el zinc "Flor del Oeste". Para la fabricación de latón y otras aleaciones hay una tendencia creciente hacia el uso de los tipos de zinc de alta calidad.

Zinc laminado en forma de hojas, tiras o planchas de diferente espesor, tienen amplio uso, generalmente se utiliza el zinc comercial en tochos, posteriormente laminados en caliente, salvo que se requiera rigidez y revenido o temple, en este caso lo hacen laminado en frío.

ALUMINIO

Como materia prima para producir el aluminio, se emplean las bauxitas, que son minerales con 40 - 60 % de hidróxido de aluminio y una serie de impurezas: óxido férrico (Fe_2O_3); óxido de silicio (SiO_2); óxido de calcio (CaO); óxido de titanio (TiO_2), etc. La producción de aluminio consta de dos fases: la obtención del óxido de aluminio de la bauxita (alúmina); y, la electrólisis de la alúmina.

La separación de la alúmina pura de la bauxita, se efectúa mediante procedimientos químicos y mecánicos, obteniéndose primero el hidrato de alúmina, el cual es filtrado y calcinado en hornos rotativos, consiguiéndose la alúmina en forma de polvo blanco.

La electrólisis consiste en la descomposición del óxido de aluminio en sus componentes en un baño de criolita fundida ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$). La criolita que actúa como disolvente de la alúmina, rebaja al mismo tiempo su temperatura de

fusión. Antes de comenzar la electrólisis, se echa sobre el fondo de recipiente una capa fina de coque desmenuzado, se baja los electrodos hasta que toquen el coque y se conecta la corriente. Cuando el carbón se calienta al rojo, se introduce la criolita y después de su fusión se carga de alúmina. A medida que se descompone la alúmina, el aluminio reducido se deposita en el fondo de la celda.

El metal comercialmente utilizado tiene una proporción de, aproximadamente 1 % de impurezas, que consisten en hierro, silicio y a veces cobre. En la industria de la fundición de aluminio, se emplean únicamente aleaciones de este metal.

El aluminio es un metal blanco parecido a la plata, su peso específico es inferior a los demás metales comerciales, 2.64 Kg/cm^3 ; se funde a 650°C , es dúctil y maleable; a los 100°C , esta propiedad es más acentuada; la temperatura de ebullición está por 2200°C ; su resistencia a la ruptura es 7 Kg/mm^2 ; su conductividad calórica es 36% inferior al de la plata y la eléctrica es inmediatamente inferior.

COBRE

La mayor cantidad de cobre se obtiene de los minerales sul

furosos, los cuales contienen hasta un 5 % de cobre, estos mi
nerales son:

1. Pirita de cobre o calcopirita ($\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$);
2. Calcosina (Cu_2S);
3. Bornita (Cu_5FeS_4);
4. Cuprita (CuO_2)

Existen dos métodos para la producción de cobre: vía seca y vía húmeda. La metalurgia del cobre por vía seca es la más utilizada en la transformación de los minerales sulfurosos; la metalurgia por vía húmeda se emplea exclusivamente para la transformación de los minerales de óxido de cobre.

El cobre tiene un peso específico de 8.9 Kg/dm^3 , el cobre comercial tiene un peso específico de 8.3 a 8.5 Kg/dm^3 . Se funde aproximadamente a 1083°C , hierve a 2325°C , el calor latente de fusión es de 43.3 cal . Posee una resistencia a la trac
ción de 10.5 a 17.5 Kg/mm^2 y una elongación de 40 a 50% , su dureza es de 30 a 40 Brinell.

Desde el punto de vista industrial, las propiedades más im
portantes, la conductividad calórica y la eléctrica, es casi el doble más conductor que cualquier otro metal, aunque pe
queñas impurezas reducen considerablemente esta propiedad. Tie

ne gran resistencia a la corrosión en aire seco; el ácido nítrico y el agua regia disuelven al cobre; tiene gran afinidad con el azufre.

El cobre electrolítico (más de 99 %), no es muy utilizado en el colado, ya que presenta mucha dificultad y es blando. Cuando se cola en moldes de arena, presenta grandes cavidades, debido a la absorción de oxígeno cuando el metal se encuentra en estado de fusión, para evitar esto se añade fosforo como desoxidante.

MAGNESIO

El Magnesio se encuentra en formas muy diversas y su obtención se lo hace por procesos diferentes. Los minerales principales que contienen magnesio son: Magnesita (CO_3Mg); Dolomita ($\text{CO}_3\text{Mg} \cdot \text{CO}_3\text{Ca}$); serpentina; Carnalita; además se encuentra en el agua de mar en un 0.13 %.

El problema principal en la obtención de magnesio radica en las fuertes afinidades químicas de este elemento, necesitando gran cantidad de energía para su separación.

El magnesio es el más liviano de todos los metales de importancia industrial, tiene un peso específico de 1.74 Kg/dm^3 ; se funde a 650°C y tiene aspecto semejante al aluminio. Se rompe con

facilidad, la resistencia a la tracción es 17.5 Kg/mm^2 ; la conductividad eléctrica es baja, aproximadamente el 65 % de la del aluminio; y su conductividad térmica también es baja, es sólo el 79 % de la del aluminio y el 44 % de la del cobre.

El magnesio puro no es adecuado para la fundición, debido a sus inferiores propiedades físicas. Mediante aleaciones se consigue mejorar las propiedades mecánicas y físicas, de tal manera que en la actualidad es muy importante para la construcción de aviones, como por ejemplo los discos de los neumáticos.

El magnesio arde con luz blanca, originando una temperatura de 1750°C , por esta propiedad es muy utilizada en juegos pirotécnicos. El magnesio es atacado por la mayoría de ácidos, agua salada y soluciones de cloruro de sodio - (NaCl) en general; pero es muy resistente al álcalis. Su utilización es generalmente como desoxidante, por ejemplo - en las aleaciones de níquel; también para eliminar bismuto del plomo.

2.4. PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALEACION ILZRO.27 DE ACUERDO AL METODO DE MOLDEO

El concepto de una nueva familia de aleaciones base zinc coladas por gravedad ha proporcionado un mayor desarrollo en el mercado.

Estas aleaciones compiten favorablemente con las aleaciones de cobre y aluminio, también con el hierro colado. Poseen excelente esfuerzo a la tensión, su colabilidad es buena y se emplea poca energía en la colada.

La aleación ILZRO 27, tiene un peso específico de 5.0, se funde aproximadamente a 500°C, la conductividad térmica a 24°C es 870 BTU pulg/hr pie² °F; su conductividad eléctrica es 29.7 % IACS y un calor específico de 0.125 BTU lb.°F entre 24 y 91°C. Tiene color blanco brillante parecido al acero inoxidable, se emplea poca energía en el colado y en el maquinado; no necesita pulirse después del maquinado; la chatarra de la aleación ILZRO, puede fundirse cuantas veces, sea necesario, sin que cambie las propiedades físicas y mecánicas.

2.4.1. Inyección o matriz

El colado en matriz, consiste en forzar metal líquido en el interior de una matriz o molde metálico, mediante presión. Las presiones varían entre 6 a 2800 Kg/cm² y se mantienen hasta la completa solidificación del metal.

El proceso usado más ampliamente para el colado en matriz, se realiza por el método de cámara caliente o

por el de cámara fría. En el primero se incluye con la máquina un crisol y el cilindro inyector es su mergido en el metal líquido todo el tiempo. El cilin dro inyector es movido, ya sea por presión hidráulica o por aire comprimido, la que fuerza al metal al in terior de las matrices para completar el colado.

Las máquinas que trabajan con aire , tales como la mostrada en la figura N° 4 , tienen una pieza fundida en forma de cuello de cisne, operada con un mecanismo elevador. En la posición inicial, el cuello de cisne se encuentra sumergido sobre el metal líquido, lle nándose por gravedad. Luego se eleva de forma tal - que la boquilla quede en contacto con la abertura - de la matriz, asegurándose en esta posición. Se apli ca aire comprimido con presión que va desde 6 a 42 Kg/cm² directa sobre el metal, empujándolo así al in terior de la matriz. Cuando la solidificación es ca sí completa, se suspende la presión del aire y la pieza, en forma de cuello de ganso se baja a su posición original, para recibir más metal.

Las máquinas de fundición en matriz del tipo cámara fría, está ilustrada esquemáticamente en la figura N°5.

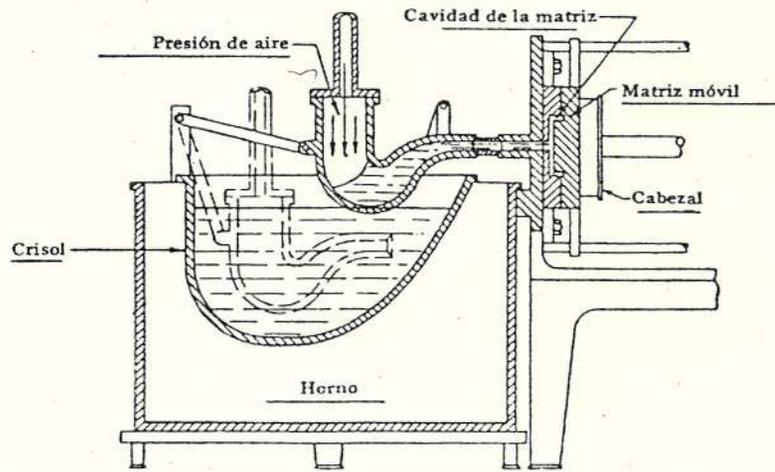


FIGURA N^o 4. ESQUEMA DE LA MAQUINA DE FUNDIR EN MATRIZ TIPO CUELLO DE CISNE

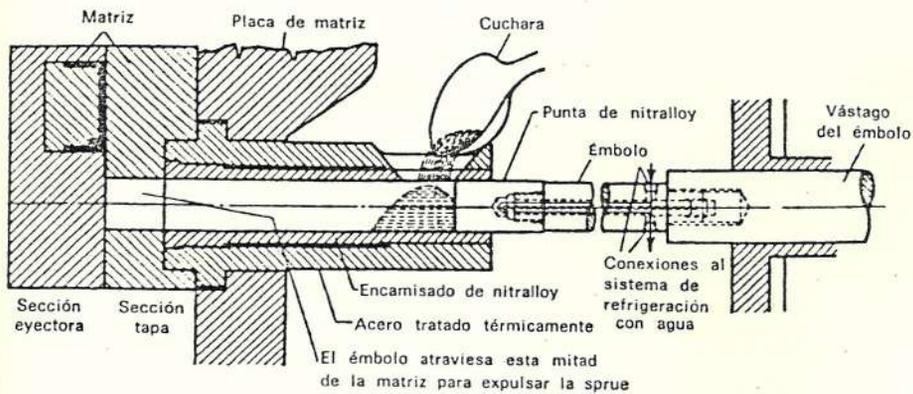


FIGURA N^o 5. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA MAQUINA DE FUNDICION EN MATRIZ TIPO CAMARA FRIA.

En este tipo de máquina, el metal para cada colado se vierte en la cámara fría. Se pone en funcionamiento el émbolo, el cual fuerza al metal a pasar de la cámara a la matriz. Tales máquinas tienen la ventaja de que hay poca recolección de hierro ya que la cámara permanece fría.

Las matrices para las máquinas, tanto de cámara caliente y cámara fría, son similares en construcción, porque hay poca diferencia en el método de sujetarlas y operarlas. Se les hace en dos secciones para proveer un medio de retirar los colados, y usualmente van equipadas con gruesas clavijas para mantener las mitades completamente alineadas.

Las aleaciones de Zn-Al son muy adecuadas para hacer piezas fundidas a presión, porque el punto de fusión es razonablemente bajo, con lo cual se prolonga la duración de los dados y matrices, aunque sean hechos de acero normal y pueden lograrse alta precisión y buen acabado de la superficie.

Las características de moldeo y las propiedades de tracción de la aleación ILZRO 27 pueden compararse favorablemente

con las aleaciones de fundición por matriz de metales no -
ferreos. Las propiedades mecánicas de la aleación -
ILZRO 27 colada en matriz, están determinadas en la Tabla
III.

TABLA III

Esfuerzo Tensil		
(lb/pulg ²)	61500	(4332.9 Kg/cm ²)
Límite de fluencia		
(lb/pulg ²)	52300	(3684.8 Kg/cm ²)
Elongación (%)	1 - 3	
Dureza Brinell	105 - 120	

2.4.2. Gravedad

Los principales procesos de colado por gravedad son :
utilizando moldes de arena, moldes de casco con aglu-
tinamiento plástico, moldes de yeso, moldes metálicos per-
manentes y semipermanentes.

El primer paso en la producción de una pieza colada en arena es fabricar un patrón metálico o de madera. El patrón es una réplica de la pieza; pero tiene dimensiones ligeramente mayores, para dejar margen a la disminución del tamaño durante la solidificación y el enfriamiento de la pieza colada; a menudo se hace el patrón de dos o más partes, con el fin de poder retirarlo con facilidad del molde. Para hacer el molde de arena, se apelmaza arena en torno del patrón, de tal manera que la arena se mantenga en su lugar por medio de un recipiente, que se conoce como caja de moldeo. Después de llenar el molde, se retira el patrón, para dejar una cavidad similar al de la pieza acabada.

Los moldes metálicos permanentes y semipermanentes se fabrican de metal. Los permanentes utilizan núcleos metálicos cuando es necesario; en cambio los semipermanentes los hacen con núcleos de arena. Las mitades del molde tienen frecuentemente bisagras y se sujetan mediante un dispositivo de tornillo.

La utilización de la aleación ILZRO 27 colada por gravedad, es en la fabricación de prototipos de piezas que van a producirse por fundición a presión a base de las piezas normalizadas de zinc, pedidos de pequeñas se

ries de piezas para las que no se justifica la construcción de un molde de fundición a presión y sustitución de otras aleaciones en aplicaciones apropiadas de fundición.

Las propiedades mecánicas de la aleación ILZRO 27 colada por gravedad son:

TABLA IV

Esfuerzo Tensil	
(Lb/pulg ²)	58000-62000 (4086.4-4368.2 Kg/cm ²)
Límite de fluencia	
(lb/pulg ²)	53000 (3734.1 Kg/cm ²)
Elongación (%)	1 - 3
Dureza Brinell	110 - 120

2.5. METODOS DE FABRICACION DE LA ALEACION ILZRO 27.

Para obtener la aleación ILZRO 27, existen varios métodos que son: Por medio de Aleación Madre; por medio de las aleaciones Zamak 3 o Zamak 5 ;y, por reciclaje de chatarra de Zinc y Aluminio.

2.5.1. Por medio de aleación Madre

A los puntos de solidificación eutécticos o eutectoides del diagrama de fases de 2 elementos - aleantes, se denominan Aleaciones Madres.- Las características a las cuales debería responder una buena aleación madre de Zinc deben ser: fusibilidad, homogeneidad, y concentración.

El punto de fusión de las aleaciones madre debería ser bajo, o sea preferentemente las eutécticas. La necesidad de dosificar cuidadosamente el elemento de adición contenido en las aleaciones madre, implica consecuentemente la rotura de las distintas cargas en pequeños fragmentos, para la exacta corrección del peso. Una aleación madre frágil simplifica considerablemente este trabajo.

Muchas de las aleaciones madre, presentan un amplio intervalo de solidificación, dentro del cual una sola de las fases, generalmente un compuesto intermetálico está presente en estado sólido. Devido al diferente peso específico de las fases, es fácil que se produzcan sedimentaciones del constituyente más pesado; para evitar esto, las aleaciones madre deben ser lingoteadas en panes de 10 a 15 mm., a fin de obtener una completa homogeneidad de la aleación.

2.5.2. Por reciclaje de chatarra

Nuestro país no es productor de metales, a excepción de Oro y plata, debido a que no existe explotación de minerales de Zinc y Aluminio, esto nos obliga a utilizar metales que ya fueron utilizados; ya sea como ánodos de sacrificio o como conductores, respectivamente para la elaboración de la aleación ILZRO 27.

Los ánodos de sacrificio son utilizados para proteger los cascos de los buques, cuya composición química se detallan a continuación:

Zinc	99.99 %
Plomo	0.006 % max
Hierro	0.005 % max.
Cadmio	0.004 % max.

El Aluminio es obtenido a partir de conductores eléctricos en forma de rollos que están formados por una aleación de Aluminio 1100 (ASTM B184, B209, B211, B221, B247, B285, B307, B313, B316) y SAE 25 .
Cuya composición química es:

Aluminio	99.0 % min.
Hierro y silicio	1 % max.
Cobre	0.2 % max.
Manganeso	0.05 % max.
Zinc	0.1 % max.
Otros	0.05 % max.

El cobre utilizado para la fundición por medio de reciclaje de chatarra, también es obtenido de conductores eléctricos en forma de alambre; es te naz, refinado, contiene menos de 0.04 % de impurezas perjudiciales.

El magnesio que es una parte mínima de la aleación ILZRO 27, se puede obtener de ciertas partes de los aviones que han sido dados de baja; la composición química es magnesio y tierras raras en pequeños porcentajes.

2.5.3. Por medio de aleaciones Zamak 3 o Zamak 5.

Las aleaciones Zinc para fundiciones a presión: Zamak 3 (ASTM AG 40A), o Zamak 5 (ASTM AC 41A), pueden usarse como aleaciones madre para preparar el caldo, puesto que contienen metales base de un nivel de pureza similar.

La composición química de las aleaciones Zamak son indicadas en la Tabla V.

El uso más importante de las aleaciones Zamak está en la industria de los automóviles, formando piezas importantes como: Carburadores, bombas de gasolina, partes de velocímetros, etc.

TABLA V

COMPOSICION QUIMICA DE LAS ALEACIONES ZAMAK

	AG 40 A (%)	AC 41A (%)
Aluminio	3.5 -- 4.3	3.5 -- 4.3
Cobre	menor a 0.25	0.75 -- 1.25
Magnesio	0.02 -- 0.05	0.03 -- 0.08
Hierro	menor a 0.10	menor a 0.10
Plomo	menor a 0.005	menor a 0.005
Cadmio	menor a 0.004	menor a 0.004
Estaño	menor a 0.003	menor a 0.003
Zinc	resto	resto

2.6. APLICACIONES DE LA ALEACION ILZRO EN INGENIERIA Y OTROS USOS.

La aleación Zn - 27 % Al, no es considerada un sustituto de las aleaciones Zamak coladas en matriz; esta nueva - aleación promete expandirse en áreas donde las aleaciones convencionales no tienen esfuerzo tensil alto; propiedades de eficiencia rodamiento/uso.

La aleación ILZRO 27 con altas propiedades mecánicas, características de rodamientos, y fácil maquinado puede ser utilizado en piezas de máquinas que normalmente son hechas de aluminio; su alta dureza, permite utilizarse como rodamiento en reemplazo del Bronce Fosfórico (SAE 660) con mejores características y menor precio en su maquinado y bajo costo. Su principal utilización es en piezas fabricadas en hierro fundido, las cuales podemos citar Carcazas de transformadores, cuerpos de válvulas, cuerpos de manómetros; generalmente las aleaciones Zn - Al son utilizadas en donde la temperatura de trabajo es baja debido a la fragilización del material; en cambio la aleación ILZRO 27 se puede utilizar para piezas en donde la temperatura de trabajo es superior a los 150°C, esta condición hace que nosotros utilicemos para la fabricación de moldes - para inyección y soplado de plásticos, cuando la produc-

ción sea en baja escala donde no se justifica el empleo de moldes nuevos ya sean fabricados en acero de alta aleación o en hierro fundido; el costo de la aleación es mucho menor, tiene un acabado superficial superior, no necesita de maquinado posterior al colado, en caso de que la pieza necesite maquina posterior a la fundición, es más barato que el hierro fundido por su mínima energía que se emplea.

Entre otros usos de la aleación ILZRO 27, está la fabricación de bisagras, agarraderas, artículos de adornos como estatuas, ceniceros; soportes para escritorios, guías para ventanillas de automóviles; paneles para video teléfonos.

2.7. CONTROL DE CALIDAD.

2.7.1. Materiales de carga al horno

Para la obtención de la aleación ILZRO 27, empleando uno de los métodos anteriormente descrito, se puede utilizar cualquier horno convencional empleados para fundir metales no - ferrosos, con quemadores ya sean de gas, kerex o diesel; también se podría utilizar horno eléctrico de inducción.

Los crisoles a utilizarse deben ser de carburo de si-

licio; y estos no deben haber sido usados para fundir aleaciones que contengan plomo, cadmio, titanio, o hierro.

Fundir zinc a temperaturas superiores a 450°C y menores de 750°C; tan pronto cuando se encuentre líquido agregar el aluminio en cantidades pequeñas evitando que se solidifique el zinc; posteriormente agitar y colar en forma de panes, de esta manera se obtiene la aleación madre. En caso de que la fundición sea directa; los porcentajes de cada elemento, se añaden primeramente el zinc a una temperatura de 600°C, posteriormente el aluminio; de la misma manera el cobre; finalmente, a una temperatura de 500°C añadir el magnesio; agitar la aleación fundida y colar en forma de panes. Para esta aleación no es necesario tratamientos de desgasificación, fluidificación o desoxidación.

2.7.2. Producto terminado

Una vez realizado la fusión de la aleación ILZRO 27; el molde donde va a ser colado debe encontrarse completamente limpio, libre de óxidos o otros ele-

mentos. El cierre del molde debe estar completamente hermético y emplear la temperatura adecuada de acuerdo a la pieza a ser moldeada. Si la pieza a fabricarse va a estar sometida a esfuerzos mecánicos, el molde debe estar frío, ya que el enfriamiento rápido provoca una estructura de grano fino, que posee mejores características que la estructura de grano grueso; si la pieza a fabricarse va a utilizarse como objeto de adorno, esta debería colarse en molde caliente.

Las normas usadas en los ensayos físicos y químicos de las aleaciones para fundiciones coladas por gravedad, conocidas como aleación ILZRO 27 y son los siguientes:

NORMAS ASTM

- E 8 Prueba de tensión para materiales metálicos
- E 23 Prueba de impacto para materiales metálicos
- E 27 Análisis espectroquímico de aleaciones a base de Zinc y alto contenido de zinc por la técnica de solución residual de arco D-C.
- E 47 Análisis químico para aleaciones a base de zinc por gravedad.

E 88 Muestreo de metales y aleaciones no-ferrosas fundidas para la determinación de la composición química.

CAPITULO III

TRABAJO EXPERIMENTAL

El objetivo principal de este trabajo es producir la aleación ILZRO 27, utilizando chatarras de zinc, aluminio, cobre y magnesio; posteriormente colarlas por gravedad, ya sea en molde metálico o en molde de arena y comparar las propiedades mecánicas resultantes con las propiedades normalizadas de estos materiales y su utilización para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos.

En la figura N° 6, se encuentra un diagrama de bloques de la técnica operativa seguida en este trabajo para la obtención de ILZRO 27. Empezando por la selección de la chatarra a utilizarse para formar la mezcla inicial a ser fundida para verificar si la composición química es la correcta, si el resultado del análisis químico es negativo se debe fundir una nueva mezcla y hacer los análisis químicos hasta cuando estos análisis indiquen que la mezcla tiene los elementos deseados. Verificada la composición química se reali-

zan los ensayos de fusión en el laboratorio y el colado de las muestras; para la realización de los diferentes ensayos. Se elaboran las probetas para los ensayos mecánicos y metalográficos con el objeto de verificar si las propiedades mecánicas de la aleación obtenida están dentro de un rango normal. Si las propiedades mecánicas no presentan resultados positivos, se debe regresar a realizar los ensayos de fusión y hacer nuevo colado de muestras, seguir el camino indicado hasta que los ensayos presentes que las propiedades mecánicas del material están dentro del rango normalizado.

A continuación se realizan los ensayos definitivos. Finalmente se elaboran los moldes necesarios y por último se presenta la discusión de los resultados.

Para realizar este trabajo, se utilizó el siguiente equipo:

Un horno a gas con capacidad de hasta 1200°C, trabajando con la temperatura de 750°C.

Un crisol de grafito con 1000 cm³ de capacidad, completamente limpio y seguro de que no haya sido utilizado para fundir hierro, plomo, etc., cuyos residuos causarían la contaminación de la aleación que se prepara.

Una balanza con capacidad para 2.5 Kg., con escala de 0.10 g.

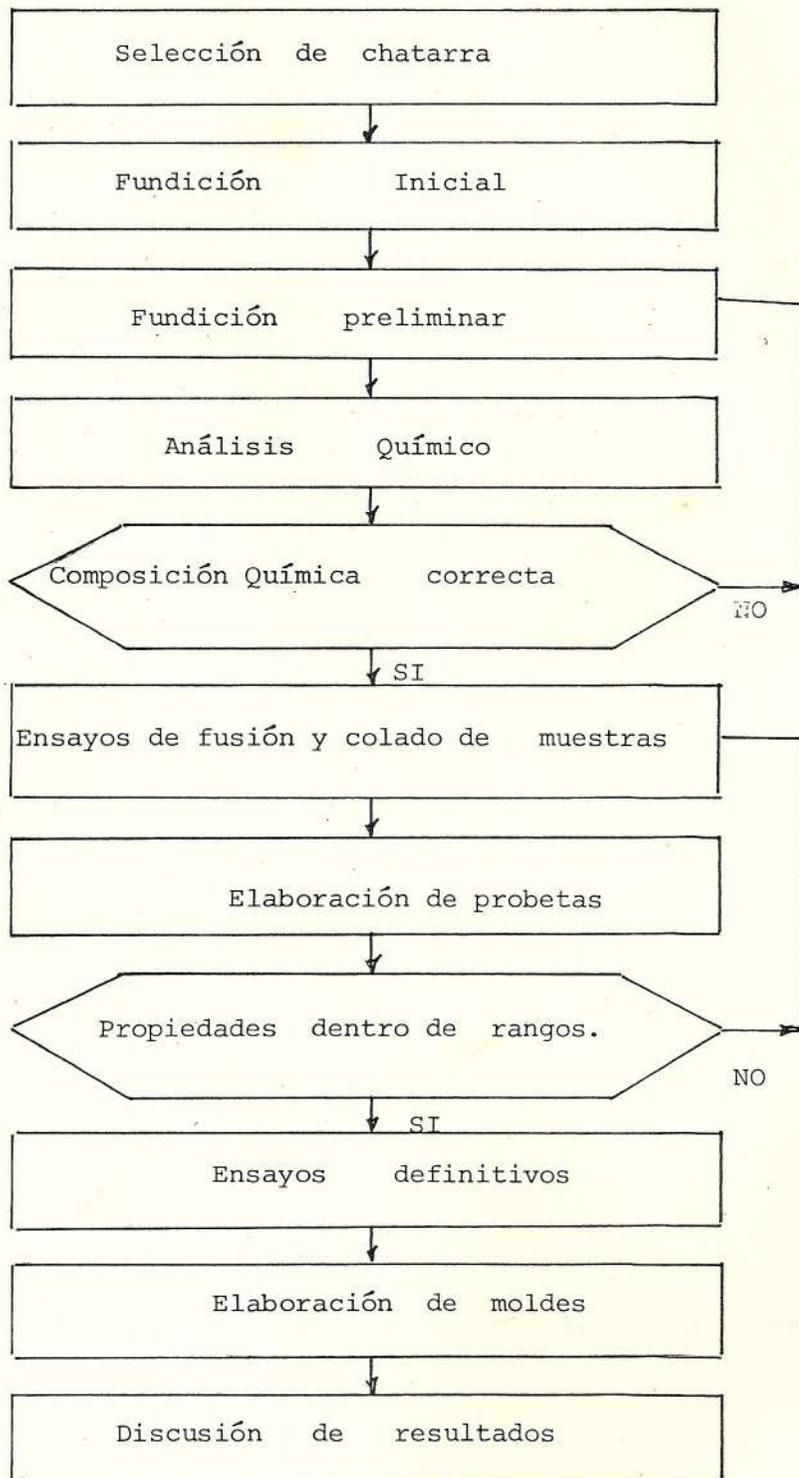


FIGURA N° 6. TECNICA OPERATIVA

en el cual se pesan los elementos de mayor porcentaje de la aleación.

Una balanza electrónica con capacidad de 1.0 Kg. con escala de 0.01 g. en donde se pesa el cobre y magnesio.

Una tenaza curva para colar la aleación en los moldes.

Una tenaza plana para introducir el crisol en el horno y viceversa.

Un termocontrol, para controlar las temperaturas de trabajo.

Un molde metálico previamente construido para la obtención de probetas para el ensayo de tensión.

Un molde de arena lleno de arena de moldear.

Los materiales utilizados son chatarras de zinc electrolítico, aluminio 1100, cobre electrolítico y magnesio. Para

la preparación de la aleación ILZRO 27, se empleó el método de fundir directamente las chatarras.

Para mirar el comportamiento de los elementos aleantes, es necesario hacer pruebas preliminares, hasta obtener un método que sirva para certificar el presente trabajo. El método seguido es:

1. Calentar el horno y el crisol hasta 750°C.
2. Cargar el crisol con los metales zinc y magnesio al mismo tiempo.
3. Tan pronto como se haya fundido se agrega el aluminio en pequeños lingotes, evitando que la colada se solidifique.
4. Finalmente se añade el cobre.
5. Agitar la aleación para que se homogenice con la ayuda de una varilla de acero inoxidable.
6. Controlar la temperatura de colado (600°C).
7. Calentar la lingotera.
8. Colar la aleación en panes que tengan máximo 10 mm. de espesor.

3.1.1. Obtención de la aleación ILZRO 27 utilizando chatarras de Zinc

Se pesan los elementos aleantes en los porcentajes señalados.

ELEMENTO	PESO (g)	PORCENTAJE (%)
Zinc	1450	70.985
Aluminio	551.4	27
Cobre	40.48	2
Magnesio	0.30	0.015

Temperatura del horno 750°C

Una vez obtenida la aleación según el método descrito anteriormente, se tomaron muestras para el análisis químico.

3.1.2. Análisis químico

La aleación ILZRO 27 tiene rangos de composición química de cada uno de los elementos aleantes, por lo mismo, antes de realizar pruebas metalográficas, es necesario certificar que la aleación obtenida en el laboratorio, se encuentra dentro de los límites establecidos.

El método empleado es Análisis Químico por absorción atómica, según norma ASTM E 47. Los resulta-

dos de este análisis se encuentran tabulados en la Tabla VI. La descripción del método está descrito en el Apéndice A.

3.2. CONTROL DE ENSAYOS

3.2.1. Obtención de muestras

Para el ensayo de tensión, se construyó un molde metálico con las dimensiones que se muestran en la figura N° 7., su forma es de tal manera que se pueda abrir y cerrar después de cada colada, así las probetas salen sin dificultad el momento de desmoldarlas.

Estas probetas son posteriormente maquinadas hasta obtener las dimensiones según Norma ASTM E 8 y se muestran en la figura N° 9.

Para las probetas coladas en arena, se utilizó una caja de moldeo; en primer lugar, se removió la arena con un poco de agua para una mejor homogenización y para hacerle moldeable. Se llena completamente la caja de moldeo, se apisona para que sea compacto; con la ayuda de un tubo de -

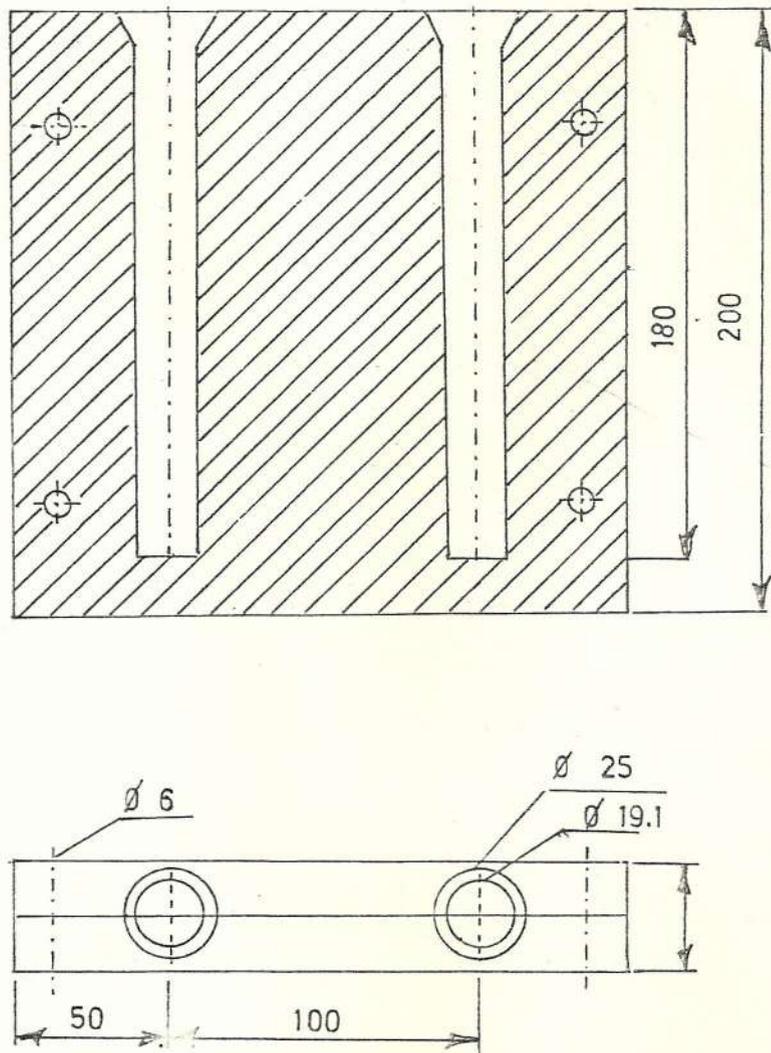


FIGURA N^o 7. MOLDE METALICO PARA COLAR PROBETAS PARA EL ENSAYO DE TENSION.

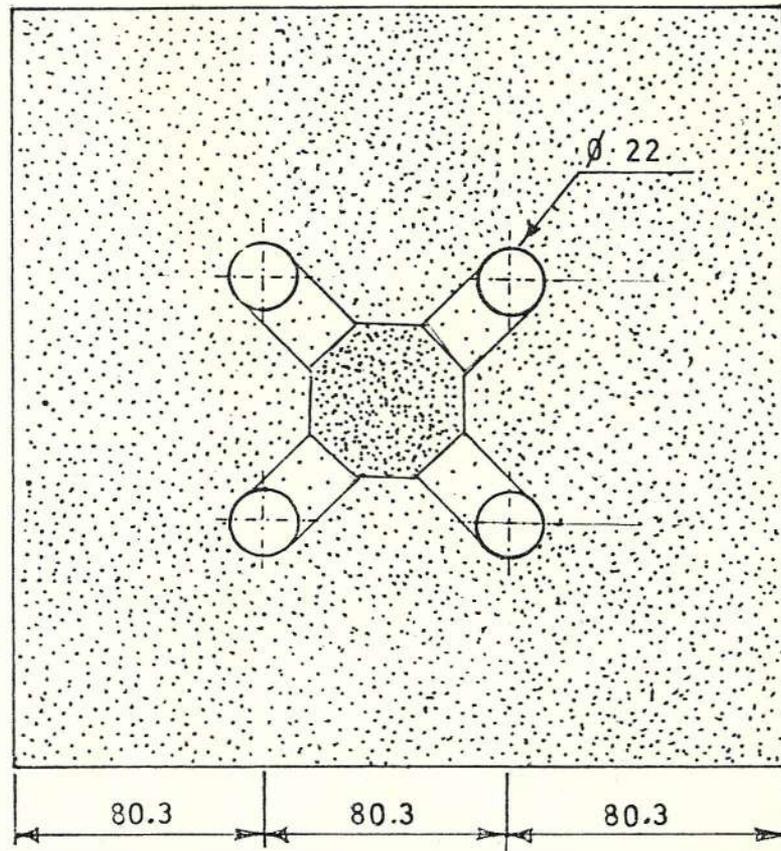


FIGURA N^o 8.- MOLDE DE ARENA UTILIZADO PARA COLAR PROBETAS PARA
ENSAYO DE TENSION.-

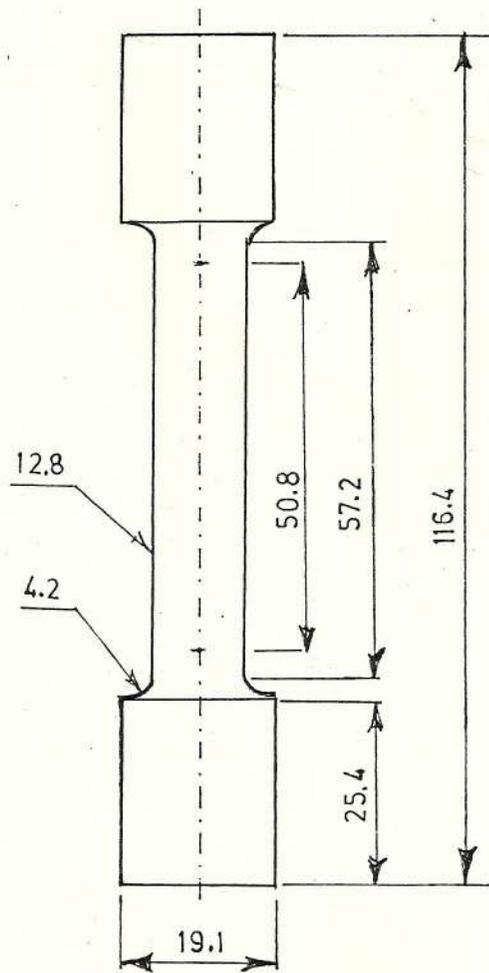


FIGURA N^o 9. DIMENSIONES DE LA PROBETA PARA ENSAYO DE TENSION, SEGUN NORMA ASTM E8.

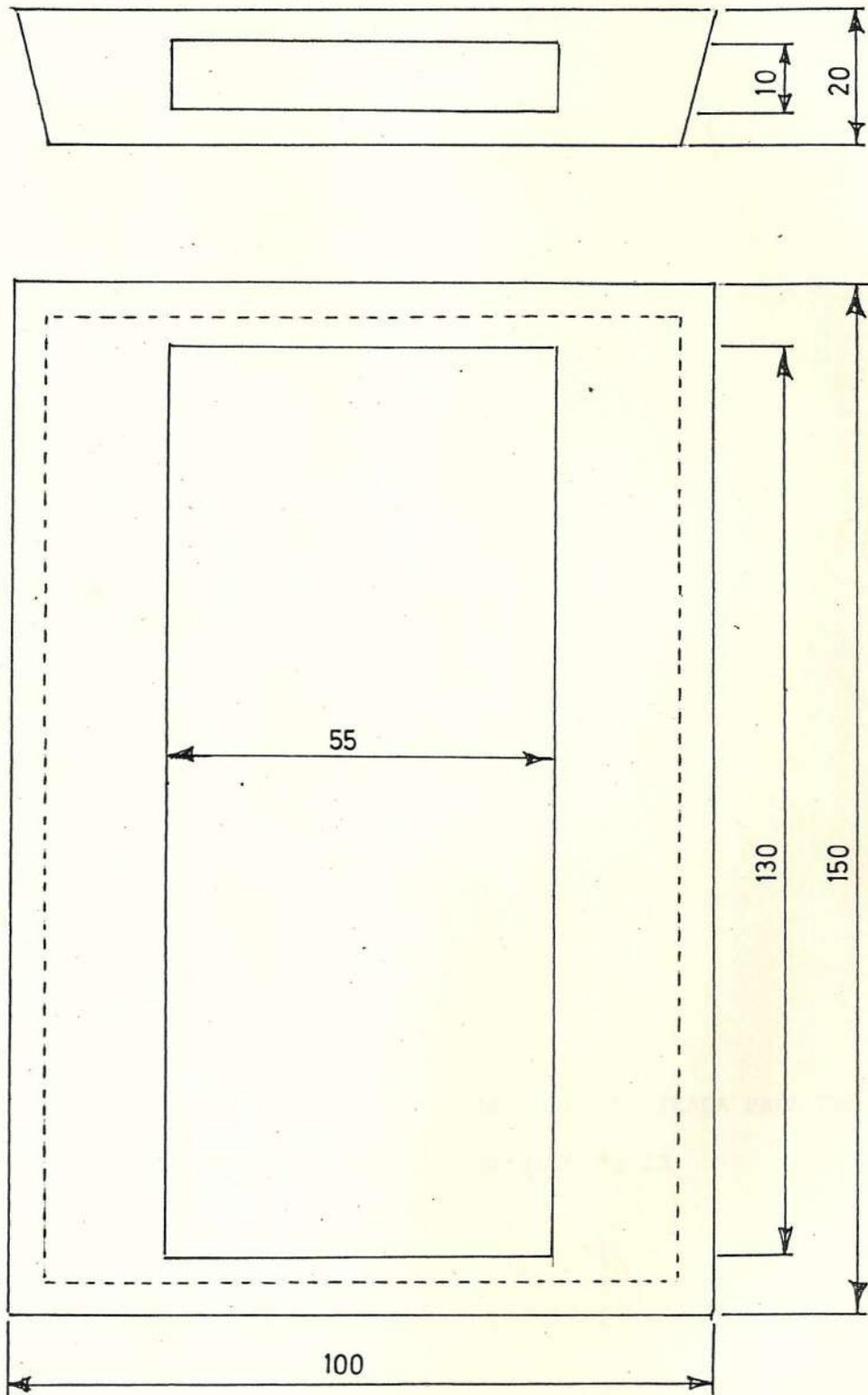


FIGURA N^o 10.- DIMENSIONES DE LINGOTE PARA OBTENER PROBETAS DEL ENSAYO DE IMPACTO.-

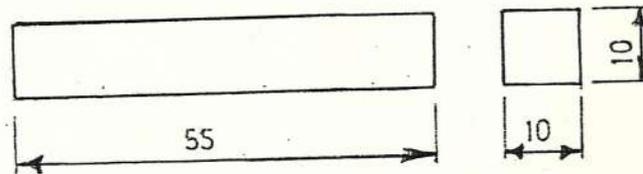


FIGURA N° 11. DIMENSIONES DE LA PROBETA NORMALIZADA PARA ENSAYO DE IMPACTO, SEGUN NORMA ASTM E 23

hierro galvanizado se forma los huecos con las me
didas que se muestran en la figura N° 8. Antes
de colar se seca la arena completamente para -
evitar que exista humedad, ya que puede quedar -
atrapadas burbujas de vapor el momento de colar las
probetas que pueden ser concentradores de tensio
nes. Estas probetas son maquinadas hasta obtener
las medidas según norma.

Para el ensayo de impacto, las probetas se cuelan
en una lingotera metálica de 20 x 15 x 2 cm., con la
ayuda de una máquina cepilladora, se obtiene las
medidas según norma ASTM E 23 como se muestra en la
figura N° 11. Cuando se trata de colado en arena,
se forma una caja de moldeo como indica la fi
gura N° 10, luego las probetas son maquinadas.

Posteriormente estas probetas son sometidas a en
sayo de Dureza Brinell y metalografía.

TABLA VI
 RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO DE LA ALEACION ILZRO 27 OBTENIDA POR
 FUNDICION DE CHATARRAS

ELEMENTO	COMPOSICION (%)			
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4
Aluminio	27.14	27.85	27.14	27.14
Cobre	2.08	2.14	2.14	2.18
Magnesio	0.01	0,01	0,01	0,01
Hierro	-	-	-	-
Plomo	-	-	-	-
Cadmio	-	-	-	-
Estaño	-	-	-	-
Zinc	resto	resto	resto	resto

3.2.2. Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas caracterizan la capacidad de los materiales de reaccionar a la deformación o destrucción bajo la acción de fuerzas externas. Estas propiedades dependen de la clase de material, su tratamiento, estructura interna, forma de la pieza y otros factores. Las características de las propiedades mecánicas se determinan en aparatos especiales, ensayando en probetas preparadas de antemano. Existen

los siguientes tipos de ensayos mecánicos: 1) con carga estática, cuando la carga que se aplica va aumentando lenta y gradualmente; 2) con carga dinámica, cuando la fuerza externa actúa con gran velocidad (choque); 3) con carga periódica variable, si en el curso del ensayo varía la magnitud y dirección de ésta.

3.2.2.1. ENSAYO DE DUREZA:

Para determinar la dureza se emplea el método de Dureza Brinell. En este ensayo una bolita de acero templeado de 10 mm. de diámetro es apretada contra la superficie lisa del material a ser probado, mediante cargas de 500 a 3000Kg. el tiempo de aplicación de la carga es 30 - seg. Se mide el diámetro de la hendidura esférica, generalmente por medio de un microscopio especial, y a partir de esta medida se determina el área de la hendidura. El valor numérico de Brinell para la dureza es igual a la razón de la carga en kilogramos al área en milímetros cuadrados de la impresión, y se calcula mediante la fórmula:

$$HB = \frac{L}{(3.14D/2) (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Donde:

L = carga de prueba, Kg.

D = diámetro de la bola, mm.

d = diámetro de la impresión, mm.

TABLA VII

VALORES DE DUREZA BRINELL OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

A LA ALEACION ILZRO 27

PROBETA	DUREZA BRINELL 1500, 10, 30 seg.		
	(a)		(b)
1	104		100
2	109		109
3	100		114
4	114		114
5	121		114
6	109		114
7	114		114
8	114		109
9	121		114
10	114		114

(a) Fabricación colada en molde metálico;

(b) Fabricación colada en molde de arena.

Los resultados obtenidos de acuerdo al método de moldeo se encuentran en la tabla - VII.

3.2.2.2. ENSAYO DE TRACCION:

El ensayo de tracción se emplea para obtener una información básica sobre la resistencia mecánica de los materiales. En este ensayo la probeta normalizada es sometida a una fuerza monoaxial que va aumentando progresivamente hasta producir la rotura. La carga y el alargamiento se miden a intervalos frecuente durante el ensayo y se expresan como tensión media o deformación media. La tensión media longitudinal se obtiene dividiendo la carga por el área de la sección transversal :

$$T = \frac{P}{A_0}$$

Las dimensiones de la probeta normalizada según norma ASTM E 8 se encuentra en la figura N° 9. El equipo utilizado es la máquina universal de ensayos VERSATESTER AP 100. Las ta

TABLA VIII

VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE TENSION DE LA ALEACION
ILZRO 27 COLADA EN MOLDE METALICO

PROBETA (Nº)	RESISTENCIA A LA ROTURA (Kg/cm ²)	ELONGACION (%)
1	4364	2.26
2	3984	2.16
3	4023	2.07
4	3693	1.97
5	3765	2.07
6	4055	2.16
7	4056	2.07
8	4071	1.97
9	4202	2.26
10	4208	2.07

TABLA IX

VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE TENSION DE LA
ALEACION ILZRO 27 COLADA EN ARENA

PROBETA (Nº)	RESISTENCIA A LA ROTURA (Kg/cm ²)	ELONGACION (%)
1	3611	1.96
2	3767	1.77
3	3543	1.37
4	3617	1.96
5	3642	2.06
6	3725	2.20
7	3766	2.17
8	3859	2.06
9	3760	2.10
10	3641	2.17

blas VIII y IX, nos indican los resultados obtenidos de acuerdo al método de moldeo.

3.2.2.3. ENSAYO DE IMPACTO:

Si la aleación ILZRO 27 se desea emplear para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos, los cuales están sometidos a cargas dinámicas especialmente de compresión, el ensayo de impacto dá la posibilidad de determinar el grado de resistencia del material cuando se aplica la carga dinámica. Lamentablemente, las pruebas dinámicas no están bien normalizadas ni son controladas fácilmente como las pruebas estáticas (tensión, dureza). Los ensayos se realizan en un aparato especial denominado péndulo charpy; la probeta se rompe de un golpe provocado por el péndulo pesado que cae desde una altura determinada; las probetas a ensayar se preparan de una manera uniforme. Los resultados, se encuentran tabulados en la Tabla X.

3.2.3.4. METALOGRAFIA:

La metalografía estudia microscópicamente -

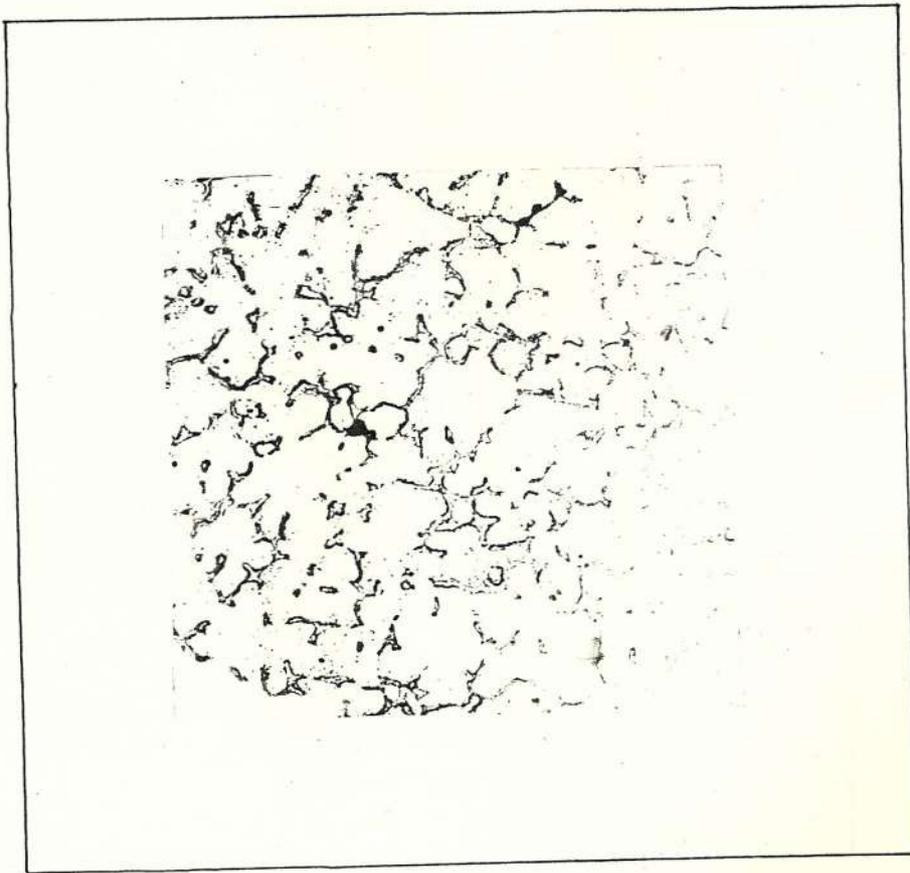
TABLA X

VALORES DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A LA ALEACION ILZRO 27 EN PROBETAS NORMALIZADAS 10 x 10 x 55 mm.

PROBETA	RESISTENCIA AL IMPACTO (Kg x m)	
	(a)	(b)
1	5.1	2.1
2	2.4	4.0
3	3.6	3.6
4	4.3	3.0
5	2.8	3.6
6	4.1	3.2
7	2.3	4.5
8	3.1	2.7
9	3.8	4.6
10	3.6	3.4

(a) Probetas coladas en molde metálico

(b) Probetas coladas en arena



50g. CrO_3 4 g. Na_2SO_4 1 lt. H_2O 200X

FIGURA N° 12. MICROESTRUCTURA DE LA ALEACION ILZRO 27

COLADA EN MOLDE METALICO.



50g. CrO_3 4 g. Na_2SO_4 1 lt. H_2O 200X

FIGURA N° 13. MICROESTRUCTURA DE LA ALEACION ILZRO 27, COLADA
EN MOLDE DE ARENA.

las características estructurales de un metal o aleación. Sin duda, el microscopio es la herramienta más importante del metalurgista, tanto desde el punto de vista científico como en el técnico. Es posible determinar el tamaño de grano; y tamaño, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas del material. Las figuras N° 12 y 13 muestran las microestructuras de la aleación ILZRO 27, - colada en molde metálico y en arena, respectivamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. ANALISIS DE RESULTADOS

La discusión de este trabajo, radica principalmente en el análisis de las propiedades mecánicas de la aleación - ILZRO 27, fabricada en laboratorio utilizando chatarras, colada por gravedad en moldes de arena y metálico; y, su utilización para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos.

Las propiedades mecánicas caracterizan la capacidad de los materiales de reaccionar a la deformación o destrucción bajo la acción de fuerzas externas. Los resultados de los ensayos mecánicos realizados, se encuentran resumidos en las tablas siguientes:

TABLA XI

PROBETAS COLADAS EN MOLDE METALICO	
Esfuerzo Tensil(Kg / cm ²)	3522 - 4157
Dureza Brinell	110 - 120
Elongación (%)	1 - 3
Esfuerzo al impacto(Probeta 10x10x55mm)(Kg.m)	3 - 4

TABLA XII

PROBETAS COLADAS EN MOLDE DE ARENA	
Esfuerzo Tensil (Kg/cm^2)	3522 - 4017
Dureza Brinell	110 - 120
Elongación (%)	1 - 3
Esfuerzo al impacto (Probeta 10x10x55mm) (kg.m)	3 - 4

Si observamos la tabla IV y se compara con los resultados de las Tablas XI y XII, se ve que existe similitud en las propiedades mecánicas de la aleación ILZRO 27 según norma, con las obtenidas en el laboratorio reciclando chatarras, lo cual certifica nuestro método para obtener dicha aleación; también que la velocidad de enfriamiento durante el colado, no influye grandemente en las propiedades mecánicas; por tanto, la aleación ILZRO 27 puede ser utilizada para moldear piezas en coquilla, arena u otros moldes.

El análisis químico, Tabla VI, sirvió para confirmar que la aleación obtenida, se encuentra dentro de los rangos establecidos para la aleación ILZRO 27 según norma, pudiendo observarse un ligero aumento del porcentaje de aluminio y cobre; y una disminución del porcentaje de magnesio y zinc; esto se debe a una pequeña oxidación del zinc al momento de fundir, los demás elementos se disuelven en el zinc. Esta variación no sobrepasa los porcentajes límites, por tan

to los valores de los ensayos son correctos.

Las figuras N^o 12 y 13 , muestran las microestructuras de la aleación ILZRO 27, coladas en molde metálico y arena , respectivamente; donde se mira claramente que el grano es de tipo dentrítico y que es menor en tamaño el de la aleación colada en molde metálico, esto se debe a que la velocidad de enfriamiento es mayor. La aleación consiste principalmente en dendritas de fase alfa, dentro de una matriz eurectica de fase alfa y beta; siendo alfa, la fase rica en aluminio; y, beta la fase rica en zinc. Durante el enfriamiento, la fase beta se separa dentro de la fase alfa mediante una reacción eutectoide que se produce a 275°C y una precipitación durante el enfriamiento posterior.

La tarea del fabricante de herramientas es la de fabricar un molde del tamaño y calidad requerida de la manera más económica. Los costos de fabricación varían según la forma requerida, el acabado de su superficie y la selección de material. Para la utilización de la aleación ILZRO 27 para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos, debe cumplir con los siguientes requisitos:

a. Resistencia al desgaste;

- b. Resistencia a la compresión;
- c. Maquinabilidad;
- d. Acabado superficial;
- e. Resistencia a la corrosión; y,
- f. Pulido.

La dureza característica del material desarrolla 120 Brinell, un buen acabado superficial y garantiza que la aleación ILZRO 27 posee una buena resistencia al desgaste, también tiene buena resistencia a la compresión; lo cual permite utilizar tanto para moldes pequeños como mediano tamaño. La maquinabilidad es la propiedad más importante de la aleación debido a que es fácilmente laborable, no importa la herramienta de corte y responde fácilmente al pulido fino lo cual es importante en el costo del molde, ya que el pulido de un molde para inyección y soplado de plásticos representa el 30 % del costo total del molde; también se ha probado que la velocidad de enfriamiento tiene poco efecto en la dureza superficial, lo que implica que no necesita ningún tratamiento térmico posterior al molde.

Todos estos resultados conducen a que la utilización de la aleación ILZRO 27 para fabricar moldes para inyección y soplado de plásticos, es sumamente ventajoso para la industria plástica.

Uno de los inconvenientes encontrados en el transcurso del

presente trabajo ha sido relacionado con la aplicación del material para moldes llenados con PVC, estos plásticos liberan ácido clorhídrico (HCl) al momento de moldear, el cual corroe fácilmente la superficie del molde, por lo que es necesario pulir constantemente, además presenta tendencia a la corrosión intergranular que ocasiona un deterioro a corto plazo de la herramienta, por tanto resulta antieconómico la utilización de la aleación ILZRO 27, limitándose el uso para moldear plásticos de polietileno.

La figura N° 14 presenta la fotografía de un molde para soplado de botellas de 1000 cm³, fabricada de ILZRO 27 - con un tiempo de utilización de dos años,

La figura N° 15 es la fotografía de la parte superior del molde, la cual muestra los conductos de enfriamiento, por donde circula agua el momento de moldear,

Es importante hacer una comparación de propiedades de este material con los tradicionales usados en el campo de la ingeniería; la aleación ILZRO 27, compite favorablemente con el hierro colado gris y en muchos casos resulta mejor su utilización.

A continuación se presenta las propiedades mecánicas del



FIGURA N^o 14. FOTOGRAFIA DE MOLDE PARA SOPLADO DE BOTELLAS DE 1000 cm³



FIGURA N^o 15. FOTOGRAFIA DE PARTE SUPERIOR DE MOLDE PARA SOPLADO DE PLASTICOS.-

hierro gris:

TABLA XIII

ESFUERZO TENSIL	2888.6 Kg/cm ²
DUREZA	215 Brinell
ELONGACION	0
IMPACTO	0.54 Kg x m.

Si se revisa detenidamente la tabla XIII, se ve que existen parecidas características entre la aleación ILZRO 27 y el hierro gris en el esfuerzo tensil, la dureza del hierro es superior, pero es más frágil; entre las ventajas de la aleación ILZRO 27 se puede citar:

- a. Poca energía en el colado;
- b. No necesita fundentes;
- c. Se puede colar en molde de arena o metálico sin que cambien sus propiedades; y,
- d. Posee ductilidad.

En cuanto al bronce fosfórico SAE 660 que generalmente es utilizado como cojinete antifricción, la aleación ILZRO 27,

también puede reemplazarlo, para comprobar esto, se presenta las propiedades mecánicas del bronce fosfórico:

TABLA XIV

ESFUERZO TENSIL	3865 Kg/cm ²
DUREZA	75 Brinell
ELONGACION	10 %

El esfuerzo tensil es aproximadamente igual, pero su dureza es inferior ya que la aleación ILZRO 27 tiene 120 Brinell, - por lo que facilmente puede reemplazarlo para la fabricación de cojinetes, además posee un buen acabado superficial, que es una ventaja más; la utilización de esta aleación, también evita la fuga de divisas y se utiliza mano de obra nacional.

B. CONCLUSIONES

De la discusión anterior se concluye que:

1. Reciclando chatarras, se puede obtener la aleación ILZRO 27, con propiedades similares a las de norma.
2. Se puede utilizar para la fabricación de moldes para inyección y soplado de plásticos, especialmente polietileno.
3. Efectos combinados de temperatura y acción química del PVC provocan en el material corrosión intergranular, limitando su utilización.
4. La comparación de propiedades con materiales tradicionales para otras aplicaciones de ingeniería como elementos mecánicos, de muestra que tiene ventajas tecnológicas y económicas.

C. RECOMENDACIONES:

Para mejor obtención y utilización de la aleación ILZRO 27, se debe hacer uso de las siguientes recomendaciones:

1. Los rangos de los elementos aleantes deben ser los especificados según norma de la aleación.
2. Para la obtención de la aleación, se puede utilizar cualquier aleación de zinc, que contenga los mismos elementos aleantes o la mayoría de ellos.
3. La utilización para moldes plásticos es limitada, no puede ser usada para moldear PVC.
4. Usar la aleación ILZRO 27 para la fabricación de moldes de inyección y soplado de polietileno.
5. Seguir con este tipo de investigación tecnológica a fin de cubrir otros campos de utilización.

A P E N D I C E S

APENDICE A

ANALISIS QUIMICO

PREPARACION DE LA SOLUCION PRINCIPAL Y DE LAS SOLUCIONES PATRONES DE ZINC, ALUMINIO, COBRE, Y MAGNESIO.

SOLUCION PRINCIPAL:

Se pesa 1.0 gramos de la muestra en forma de limaduras o virutas; se le coloca dicha cantidad en un vaso de precipitados de 250 ml., de capacidad; se añaden poco a poco 10 ml. de ácido clorhídrico concentrado y 10 ml. de agua destilada, se calienta moderadamente en una estufa eléctrica para favorecer la reacción. Se añaden unas gotas de ácido nítrico concentrado para mejor disolución, especialmente del cobre; y luego se tapa el vaso con un vidrio de reloj.

Una vez disuelta la muestra, se hierve la solución durante unos minutos para eliminar vapores de NO_2 . Se diluye con agua destilada hasta unos 60 ml. y una vez fría se transvasa a una matriz aforado de 100 ml., completando el volumen hasta el envase con agua. Esta solución constitu

ye la solución principal, y contiene 1.0 g. de muestra en 100 ml.

a. SOLUCION PATRON PRINCIPAL DE ZINC:

Disolver 0.5 g. de zinc metálico puro, en un mínimo volumen de HCl 50 % y diluír a un litro con HCl 1 % (V/V).

Soluciones patrones de zinc 1, 2, 4 ug/ml.

Se toman 2 ml. de la solución principal de zinc y se diluye a 100 ml. en un matraz aforado usando HCl 1 %; esta solución contiene 10 ug/ml. de zinc. Para la preparación de los patrones: 1, 2 y 4, se toma 10, 20 y 40 ml., respectivamente y se enrasan a 100 ml. en 3 matraces volumétricos usando HCl 1 %.

b. SOLUCION PATRON PRINCIPAL DE ALUMINIO:

Se disuelve 1.0 g. de aluminio puro en una mínima cantidad de HCl, agregando unas gotas de mercurio (Hg) como catalizador. Se diluye a 1 lt. con HCl 1 %; una vez disuelta la solución, se filtra para extraer el Mercurio.

Soluciones Patrones de aluminio 50, 100, 150 ug/ml.

Se toman los siguientes volúmenes: 0.5, 1.0 y 1.5 ml., de la solución Patrón Principal de Aluminio y se introduce en 3 matraces volumétricos de 100 ml. y se enrasa con HCl 50 %.

c. SOLUCION PATRON PRINCIPAL DE COBRE:

Se disuelve 1.0 g., de cobre metálico de alta pureza en un mínimo volumen de HNO₃ 50 %, y se diluye a 1 lt., con HNO₃ 1 %.

Soluciones patrones de cobre 2.5, 5.0, 10.0 ug/ml.

Se toman 10 ml., del patrón principal de cobre y se diluye a 25 ml., con HNO₃ 1 % en un matraz volumétrico; de esta solución que contiene 25 ug/ml., se toma los siguientes volúmenes: 2.5, 5.0 y 10.0 ml., y se introduce en 3 matraces de 100 ml., y se enrasan con HNO₃ 1 %.

d. SOLUCION PATRON PRINCIPAL DE MAGNESIO:

Se disuelve 1.0 g., de tiras de magnesio puro en un mínimo volumen de HCl 50 % y se diluye a 1 lt., con HCl 1 %.

Soluciones patrones de magnesio 1, 2, 3 y 4 ug/ml.

Se toma 1, 2, 3 y 4 ml., del patrón principal de magnesio y

se diluye respectivamente con 1 lt., en 4 matraces volumétricos utilizando MCl 1%.

OBTENCION DE MUESTRAS PARA ANALISIS QUIMICO POR ESPECTROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA

MUESTRA DE ZINC

Se toma 0.2 ml. de la solución principal y se diluye a 100 ml., utilizando agua destilada, esto constituye la primera dilución. Como el porcentaje del zinc es elevado en la aleación ILZRO 27, es necesario hacer una nueva dilución, para lo cual se toma 10 ml., de la primera dilución y se vierte en un vaso volumétrico y se diluye a 50 ml., utilizando agua destilada.

MUESTRA DE ALUMINIO

Se toma 1 ml., de la solución principal y se diluye a 20 ml., con agua destilada en un vaso volumétrico.

MUESTRA DE COBRE

Se añade 25 ml., de agua destilada a 1 ml., de la solución principal en un vaso volumétrico.

MUESTRA DE MAGNESIO

Para la obtención de la muestra de magnesio, no es necesario - diluir la solución principal, debido a que el porcentaje de este elemento en la aleación ILZRO 27 es demasiado bajo.

DETERMINACION DEL PESO DE ZINC POR ESPETROMETRIA DE ABSORCION ATOMICA

PATRON ZINC (ug/ml) Zn.	ABSORVANCIA (ug/ml) Zn.
1	0.027
2	0.053
4	0.104

ABSORCION ATOMICA DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	ABSORVANCIA (ug/ml) Zn.
1	0.072
2	0.071
3	0.071
4	0.072

Obtención del porcentaje de zinc.

$$\text{Pendiente de la recta} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

Ver figura A1.

$$= \frac{(4-2) \text{ ug/ml}}{(0.104 - 0.053) \text{ ug/ml}}$$

$$= 39.22$$

MUESTRA 1

$$Y = mX + b$$

$$b = 0 \quad Y = mX$$

$$39.22 (0.072 \text{ ug/ml}) = 2.82 \text{ ug/ml.Zn.}$$

$$2.82 \text{ ug/ml} \text{ ----- } \frac{50}{10} \text{ ug/ml. 2ª dilución}$$

$$= 14.1 \text{ ug/ml.Zn.}$$

$$14.1 \text{ ug.Zn} \text{ ----- } \frac{100}{0.2} \text{ ml.}$$

$$= 7050 \text{ ug/ml.Zn.}$$

$$7050 \text{ ug Zn} \text{ ----- } 1 \text{ ml}$$

$$X \text{ ----- } 100 \text{ ml}$$

$$X = 7050000 \text{ ug.Zn}$$

$$1000000 \text{ ug.} \text{ ----- } 100 \%$$

$$705000 \text{ ug.} \text{ ----- } X$$

$$x = \underline{70.5 \% \text{ de Zinc.}}$$

DETERMINACION DEL PESO DE ALUMINIO POR ESPECTROMETRIA DE ABSORCION
ATOMICA

PATRON ALUMINIO (ug/ml.) Al.	ABSORVANCIA (ug/ml) Al.
50	0.07
100	0.14
150	0.21

ABSORCION ATOMICA DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	ABSORVANCIA (ug/ml) Al.
1	0.19
2	0.195
3	0.19
4	0.19

OBTENCION DEL PORCENTAJE DE ALUMINIO

$$\text{Pendiente de la recta} = \frac{(150 - 100) \text{ ug/ml. Al}}{(0.21 - 0.14) \text{ ug/ml. Al.}}$$

Ver figura N° 12.

$$= 714.3$$

MUESTRA 1

$$Y = mX \quad 714.3(0.19 \text{ ug/ml})Al$$

$$= 135.717 \text{ ug/ml.Al.}$$

$$135.717 \text{ ug/ml.Al} \times 20 = 2714.34 \text{ ug/ml.Al.}$$

$$\begin{array}{l} 2714.34 \text{ ug.Al} \text{ ----- } 1 \text{ ml} \\ x \text{ ug.Al} \text{ ----- } 100 \text{ ml} \end{array}$$

$$X = 271434 \text{ ug.Al.}$$

$$1000000 \text{ ug.Al} \text{ ----- } 100 \%$$

$$271434 \text{ ug.Al} \text{ ----- } X$$

$$\underline{X = 27.14 \% Al}$$

DETERMINACION DEL PESO DE COBRE POR ESPECTROMETRIA DE ABSORCION
ATOMICA

PATRON COBRE (ug/ml)Cu.	ABSORVANCIA (ug/ml)Cu
2.5	0.019
5.0	0.037
10.0	0.073

ABSORCION ATOMICA DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	ABSORVANCIA (ug/ml)Cu
1	0.06

2	0.062
3	0.062
4	0.063

OBTENCION DEL PORCENTAJE DE COBRE

$$\text{Pendiente de la recta} = \frac{(10.0 - 5.0) \text{ ug/ml.Cu}}{(0.073 - 0.037) \text{ ug/ml.Cu}}$$

$$= 138.6$$

Ver figura N° A3.

MUESTRA 1

$$Y = mX \quad 138.6(0.06 \text{ ug/ml.Cu})$$

$$= 8.32 \text{ ug/ml.Cu.}$$

$$8.32 \text{ ug/ml.Cu} \times 25 = 207.9 \text{ ug/ml.Cu.}$$

$$\begin{array}{l} 207.9 \text{ ug.Cu} \text{ ----- } 1 \text{ ml} \\ X \text{ ----- } 100 \text{ ml.} \\ X = 20790 \text{ ug/Cu.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 20790 \text{ ug.Cu} \text{ ----- } X \\ 1000000 \text{ ug.Cu} \text{ ----- } 100\% \\ \underline{X = 2.08 \% \text{ Cu}} \end{array}$$

DETERMINACION DEL PESO DEL MAGNESIO POR ESPECTROMETRIA DE
 ABSORCION ATOMICA

PATRON MAGNESIO (ug/ml.Mg)	ABSORVANCIA (ug/ml.Mg)
1	1.0
2	2.1
3	3.0
4	4.0

ABSORCION ATOMICA DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	ABSORVANCIA (ug/ml.Mg)
1	0.95
2	1.0
3	1.0
4	0.8

OBTENCION DEL PORCENTAJE DE MAGNESIO

$$\text{Pendiente de la recta} = \frac{(4-2) \text{ ug/ml.Mg}}{(4-2) \text{ ug/ml.Mg}}$$

Figura N^o 4.

MUESTRA 1

1.0 (0.95 ug/ml.Mg)

= 1.0 ug/ml.Mg

1 ug.Mg ----- 1 ml

X ----- 100 ml.

X = 100 ug.Mg.

1000000 ug.Mg ----- 100 %

100 ug.Mg ----- X

X = 0.01% Mg.

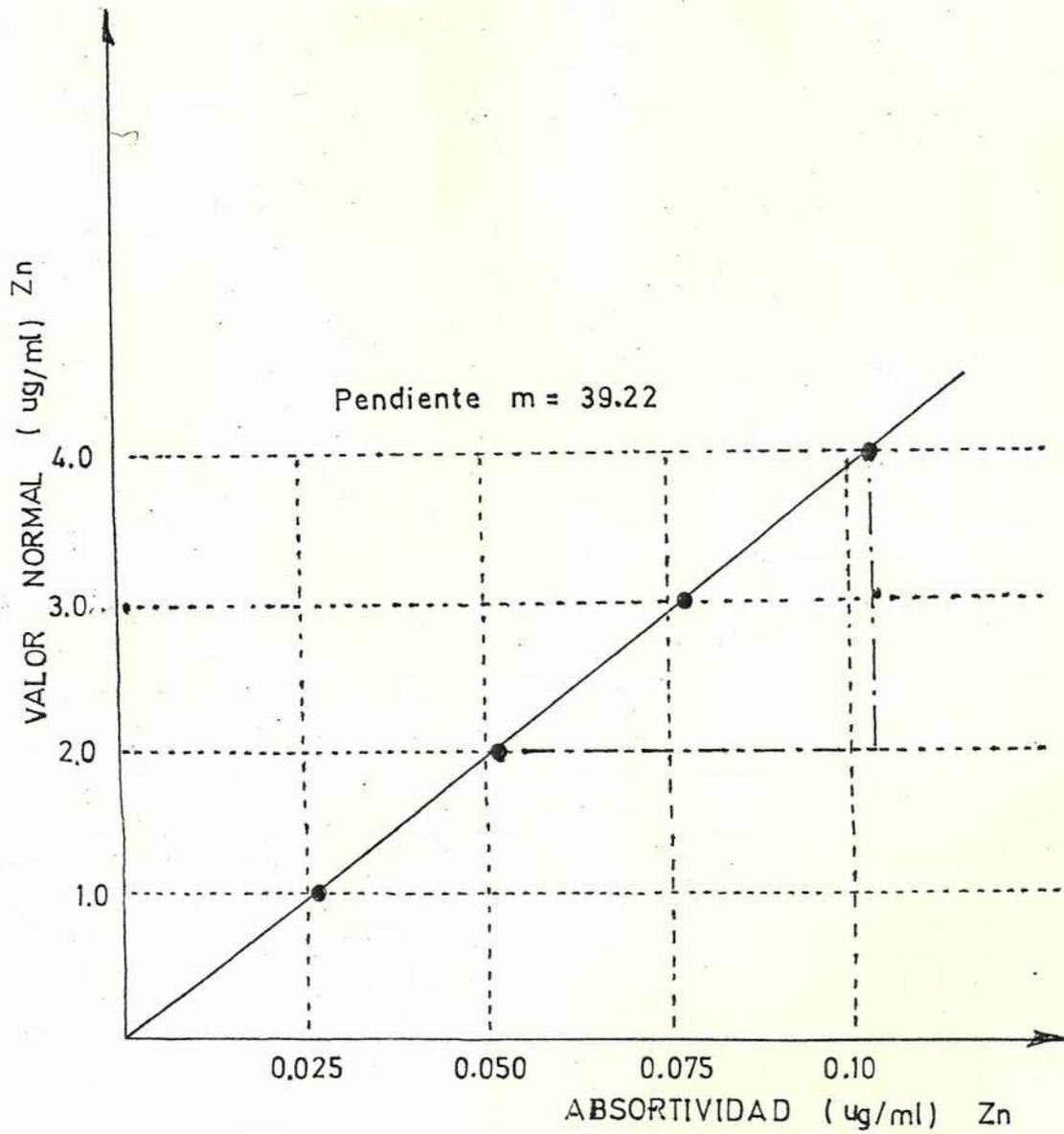


FIGURA N^o A1. RELACION DE ABSORVANCIA DE ZINC CON RESPECTO AL VALOR NORMAL DE LA SOLUCION PRINCIPAL.

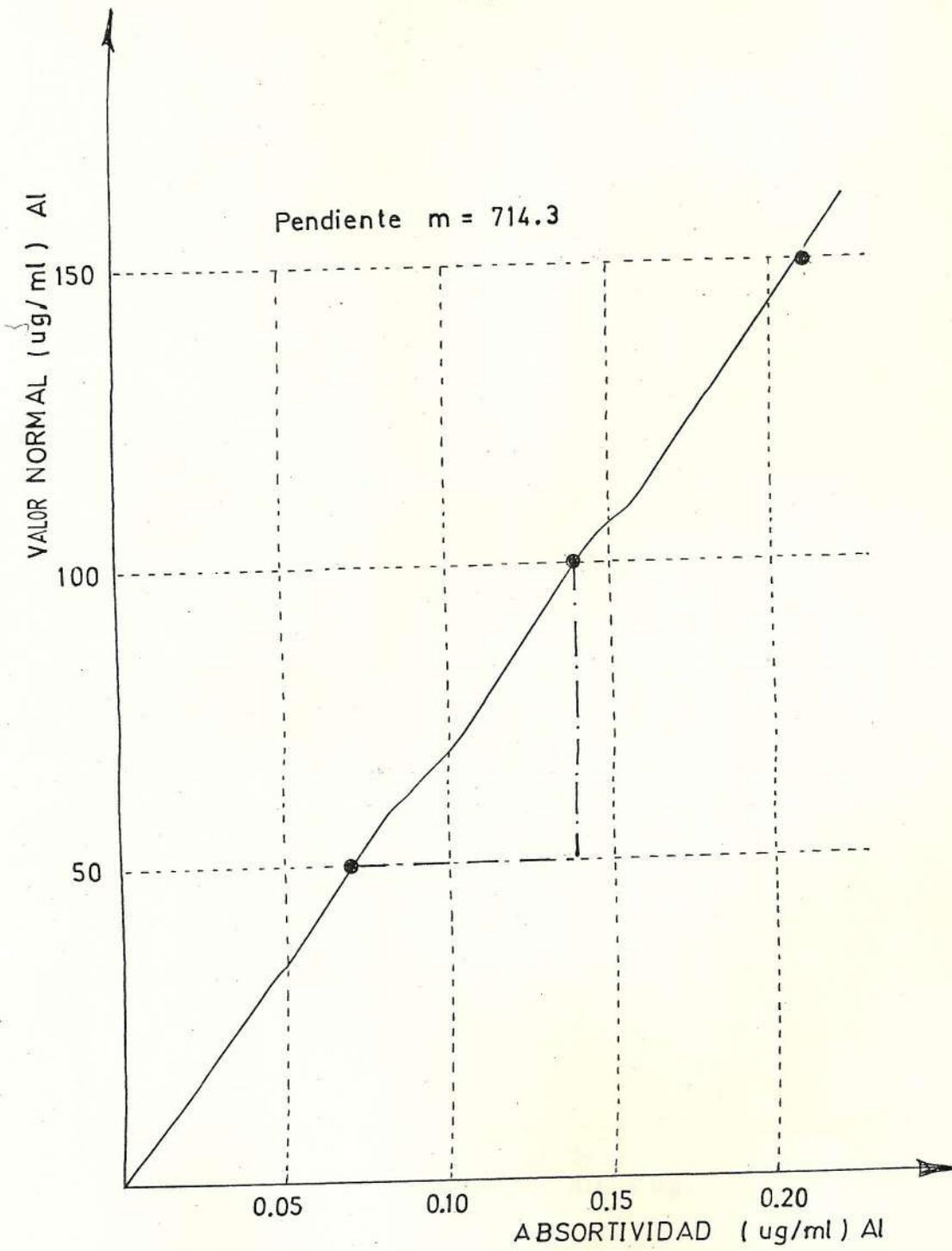


FIGURA A.2. RELACION DE ABSORVANCIA DE ALUMINIO CON RESPECTO AL VALOR NORMAL DE LA SOLUCION PRINCIPAL.-

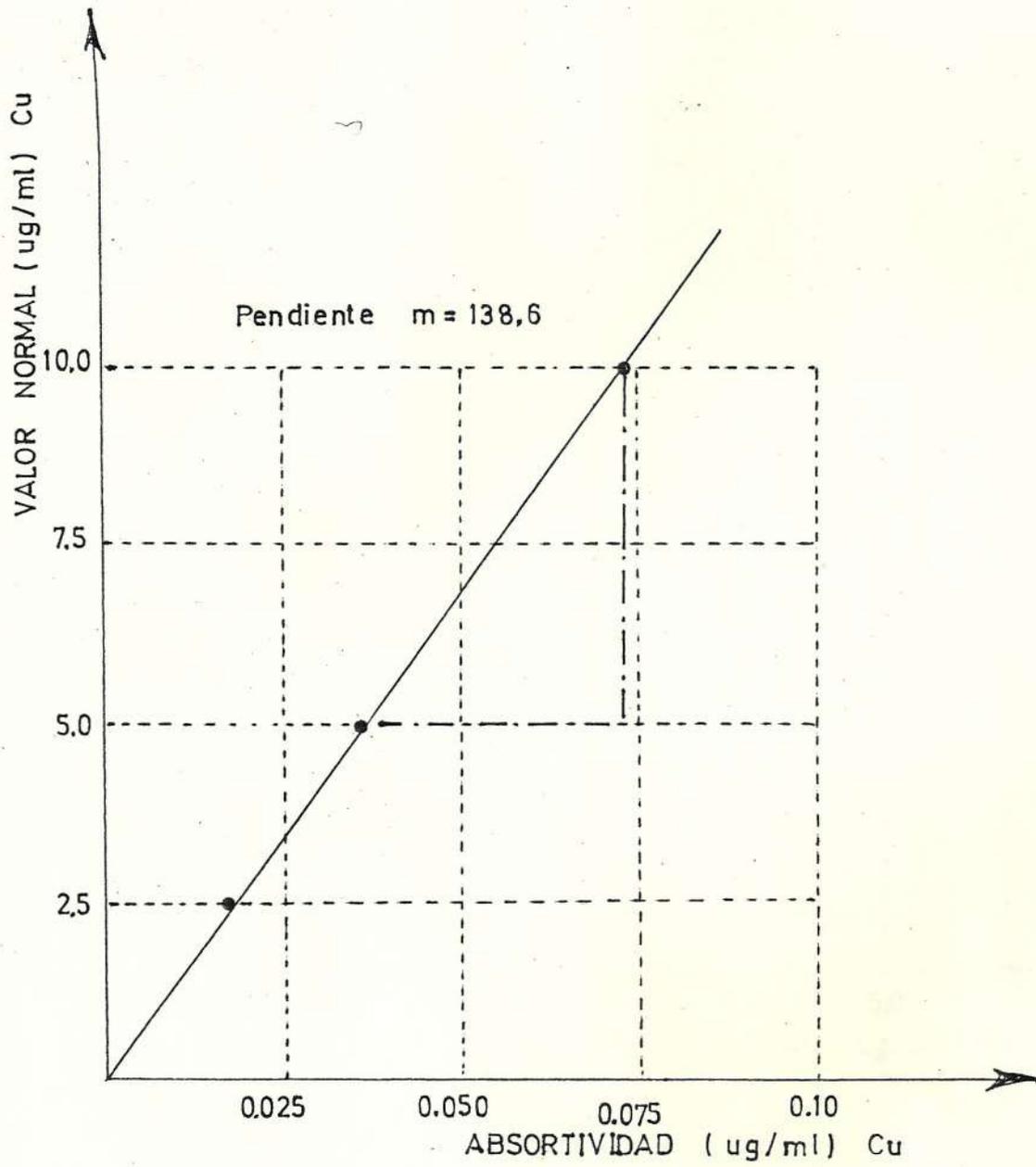


FIGURA N^o A3. RELACION DE ABSORVANCIA DE COBRE CON RESPECTO AL VALOR NORMAL DE LA SOLUCION PRINCIPAL.-

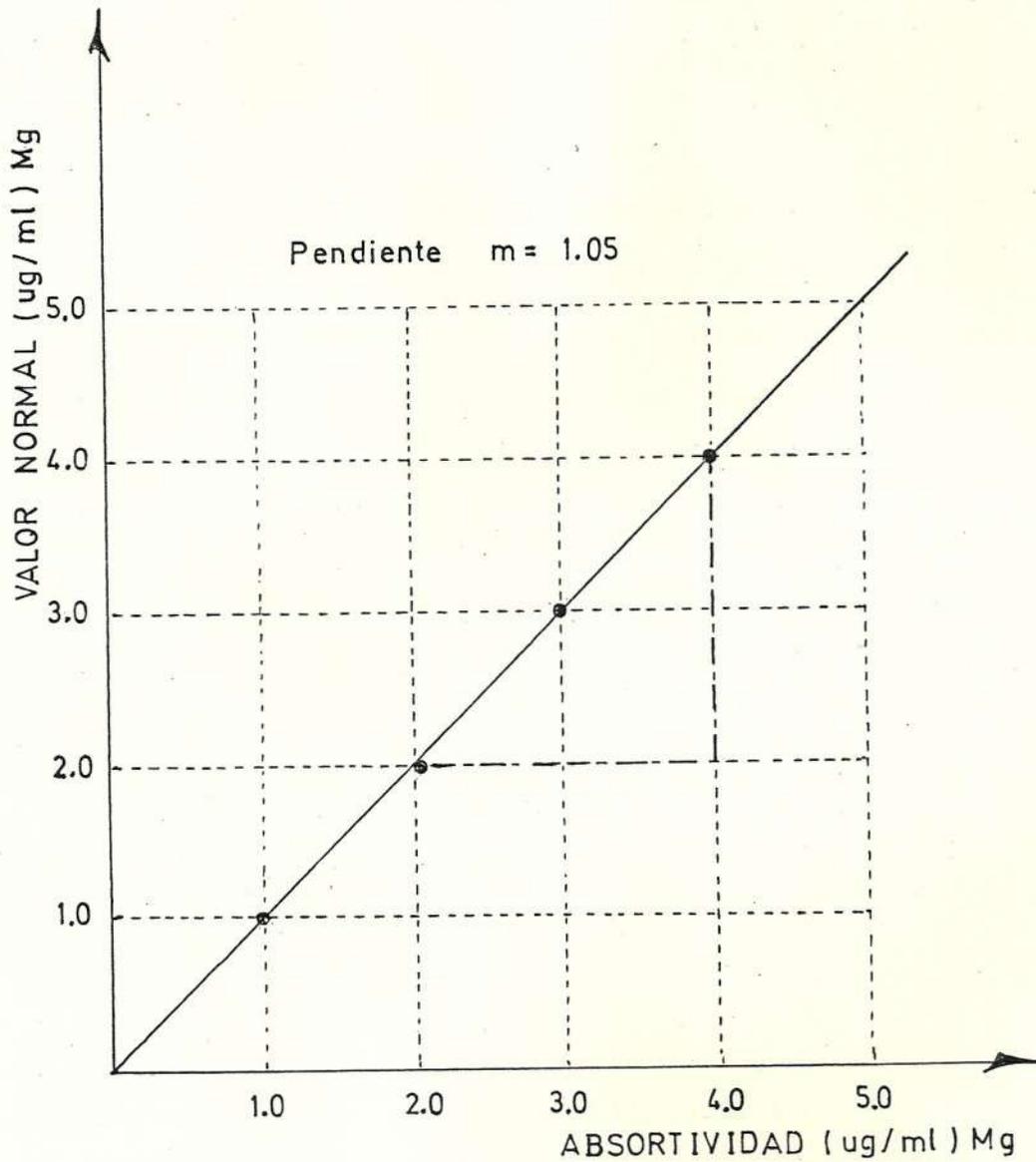


FIGURA Nº4. RELACION DE ABSORVANCIA DE MAGNESIO CON RESPECTO AL VALOR NORMAL DE LA SOLUCION PRINCIPAL.-

A P E N D I C E B

Una vez obtenida la aleación ILZRO 27, utilizando chatarras de zinc, aluminio, cobre y magnesio, es necesario proveer una información detallada de como fabricarlas en pequeñas fundiciones o talleres mecánicos que existen muchos en nuestro país. El procedimiento empleado, es sencillo, siendo la composición química la siguiente: Aluminio 27%, Cobre 2 %, Magnesio 0.015 %; y el resto le corresponde al zinc, 70.985, que se puede aproximar a 71 %.

Primeramente pesamos la cantidad de zinc, por ejemplo 1.500 gramos.

Determinación del peso de aluminio

1500 ----- 71 %

X ----- 27 % X = 570.42 gr. de Al.

Determinación del peso de cobre

1500 -----71 %

X ----- 2 % X = 42.25 gr. de Cu.

Determinación del peso de magnesio.

1500 -----	71 %	
X -----	0.015%	X = 0.316 gr. de Mg.

Si sumamos los pesos de los componentes, de la aleación, obtenemos 2112,99 gr. de aleación ILZRO 27, sin contar las pequeñas pérdidas propias de la fundición, especialmente del zinc.

A continuación elaboramos la Tabla B.1., que puede servirnos como guía para una fundición, sin necesidad de hacer cálculos.

TABLA B.1.

DETERMINACION DEL PESO DE LA ALEACION ILZRO 27 EN BASE A LOS

COMPONENTES DE LA ALEACION				
ZINC (g)	ALUMINIO (g)	COBRE (g)	MAGNESIO (g)	ILZRO 27 (g)
500	190.14	14.08	0.105	704.33
1000	380.28	28.17	0.21	1408.66
1500	570.42	42.25	0.315	2112.98
2000	760.56	56.34	0.42	2817.32
2500	950.70	70.42	0.53	3521.64
3000	1140.84	84.50	0.63	4225.96
3500	1330.99	98.60	0.74	4930.33
4000	1521.13	112.68	0.845	5634.65
5000	1901.41	140.85	1.056	7043.32
10000	3802.82	281.70	2.112	14086.64
20000	7604.20	563.40	4.20	28173.20
30000	11408.40	845.00	6.30	42259.60
40000	15211.30	1126.80	8.45	56346.50
50000	19014.10	1408.50	10.56	70433.20
100000	38028.20	2817.00	21.12	140866.40
200000	760420.0	5634.00	42.00	281732.00
300000	114084.0	8450.00	63.00	422596.00
400000	152113.0	11268.0	84.50	563465.00
500000	190141.0	14085.0	105.60	704332.00
1000000	380282.0	28170.0	211.20	1408664.00

Pero si se sabe la cantidad del material en aleación ILZRO 27 que se necesita, y no se quiere que exista demasiado desperdicio de material, se procede de la siguiente manera:

Por ejemplo si necesitamos 1000 gr. de aleación ILZRO 27, se procede de la siguiente manera:

Determinación del peso de zinc.

1000	-----	100 %	
X	-----	71 %	X = 710 gr. de Zn.

Determinación del peso de aluminio

1000	-----	100 %	
X	-----	27 %	X = 270 gr. de Al.

Determinación del peso de cobre

1000	-----	100 %	
X	-----	2 %	X = 20 gr. de Cu.

Determinación del peso de magnesio.

1000	-----	100 %	
X	-----	0.015%	X = 0.15 %de Mg.

De la misma manera, se elabora la Tabla B.2, que puede servirnos en un pequeño taller.

TABLA B.2.

DETERMINACION DEL PESO DE LOS COMPONENTES DE LA ALEACION EN BASE AL

PESO DE LA ALEACION ILZRO 27				
ILZRO 27 (g)	ZINC (g)	ALUMINIO (g)	COBRE (g)	MAGNESIO (g)
500	355	135	10	0.075
1000	710	270	20	0.15
2000	1420	540	40	0.30
3000	2310	810	60	0.45
4000	2840	1080	80	0.60
5000	3550	1350	100	0.75
6000	4260	1620	120	0.90
10000	7100	2700	200	1.5
20000	14200	5400	400	3.0
30000	23100	8100	600	4.5
40000	28400	10800	800	6.0
50000	35500	13500	1000	7.5
100000	71000	27000	2000	15.0
200000	142000	54000	4000	30.0
300000	231000	81000	6000	45.0
400000	284000	108000	8000	60.0
500000	355000	135000	10000	75.0
1000000	710000	270000	20000	150.0

BIBLIOGRAFIA

1. BIEDERMANN A. HASSEKIEFF L.M., Tratado Moderno de Fundición de Metales no Ferreos, Hornos Eléctricos y Ensayo de los metales, José Montejo Editor, Capítulo III.
2. BRITISH STANDARD 1004, 1955, Zinc Alloys for die Castings and - Zinc alloy die Castings. British Standards Institution.
3. CARL A. KEYSER.- Ciencia de los materiales para Ingeniería. Editorial LIMUSA S.A. 1ª Edición, pags. 341-355.
4. CIRCLE 622 ON CAST-INFO CARD, Zinc alloy is permanent molded. Pags. 146-143.
5. DISEÑO DE MAQUINARIA, Tomo II. Folleto Espol, 1982. Sección Plásticos. Pags. 1 - 10.
6. E. PAUL De GARMO, Materiales y procesos de fabricación, 2ª edición pags. 175 - 198.
7. E. GERVAIS, A.Y. KANDELL, H. LEVERT.- DIE CASTING ENGINEER. Septiembre - Octubre de 1.981. Pags. 42 - 49.

8. EDICION TECNICA ESPAÑOLA DE DESARROLLO DEL ZINC, Moldeo por gravedad con la aleación ILZRO 12.
9. LAWRENCE H VAN VLACK, Materiales para Ingeniería. 10ª Edición.- Compañía Editorial Continental S.A., Pags. 304-312.
10. METALS HANDBOOK. Volumen 1; Property and Selection.- 8ª Edición.
11. METALS HANDBOOK, 9ª Edición.- Properties and Selection: Nonferrous Alloys and pure metals. Volumen 2.
12. PROCESOS DE FABRICACION. Folleto ESPOL, 1982.- Pags. 125-137.
13. RAMON ANGUIITA DELGADO, Moldeo por Inyección. Parte 1ª- Teoría y Equipos, Editorial Blume 1ª Edición Española.- Pags. 10 - 25.
14. SYDNEY H. AVNER. 2ª Edición. Introducción a la Metalurgia Física. Pags. 162 - 224; 527 - 531.
15. SIX SDCE INTERNATIONAL DIE CASTING CONGRESS. New Zinc Die Casting Alloys and Their Applications.- DR S.F. RADTKE.- 1970.
16. V.K. SAGORODNY, Transformación de Plásticos, Editorial Gustavo - Gili S.A., España, Depósito Legal. 7256 - 1973.- Pags. 124-130.-