

**GUIA DIGITAL DE ACEROS PARA MAQUINARIA Y
FUNDICIONES FERROSAS EN COLOMBIA**

**ESTEBAN AYCARDO LLANES SANCHEZ
WYL FREDY DIAZ DIAZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.005**

**GUIA DIGITAL DE ACEROS PARA MAQUINARIA Y
FUNDICIONES FERROSAS EN COLOMBIA**

**ESTEBAN AYCARDO LLANES SANCHEZ
WYL FREDY DIAZ DIAZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ALFREDO PARADA CORRALES
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.005**

DEDICATORIA

A Dios: Padre, Hijo y Espíritu Santo, por darme la vida, sabiduría y guía.

A mis padres Mario y Maria Eugenia por su amor y apoyo incondicional.

A mi esposa Milena por su amor y paciencia.

A mi hermana Diana Carolina por su cariño.

A mi tía Claudia Yolanda por todas sus oraciones.

Wyl Fredy Diaz Diaz

DEDICATORIA

A mis padres Esperanza y Orlando por su amor, esfuerzo, dedicación y comprensión en todas mis actividades y decisiones.

A mi hermana Juliana por su apoyo en los momentos difíciles.

Esteban Aycardo Llanes Sánchez

AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares, quienes nos brindaron su apoyo incondicional especialmente en los momentos difíciles.

Al profesor Alfredo Parada Corrales, por su orientación y valiosos consejos a lo largo del trabajo de grado.

A la escuela de Ingeniería Mecánica por su interés en el desarrollo de este proyecto de materiales.

A la sala de bases de datos de la biblioteca de la UIS, por la colaboración y servicios prestados.

A la Universidad Industrial de Santander por permitirnos formarnos como profesionales.

CONTENIDO

| | pág. |
|-----------------------------------|------|
| INTRODUCCION | 20 |
| 1. PRESENTACION DEL PROYECTO | 22 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 22 |
| 1.2 OBJETIVO GENERAL | 23 |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 24 |
| 1.4 JUSTIFICACION | 25 |
| 2. FUNDAMENTOS TEORICOS | 26 |
| 2.1 GENERALIDADES | 26 |
| 2.1.1 Materiales metálicos | 26 |
| 2.1.2 Aleaciones hierro – carbono | 28 |
| 2.2 EL ACERO | 29 |

| | pág. |
|---|-------------|
| 2.2.1 Historia del acero | 29 |
| 2.2.2 Microestructuras de los aceros | 31 |
| 2.2.3 Aceros al carbono | 32 |
| 2.2.4 Aceros aleados | 41 |
| 2.2.5 Aceros inoxidables | 43 |
| 2.3 FUNDICIONES DE HIERRO | 47 |
| 2.3.1 Generalidades de fundiciones de hierro | 47 |
| 2.3.2 Microconstituyentes de las fundiciones de hierro | 48 |
| 2.3.3 Propiedades generales de las fundiciones | 49 |
| 2.3.4 Fundición gris | 52 |
| 2.3.5 Fundición blanca | 54 |
| 2.3.6 Fundición nodular | 56 |
| 2.3.7 Fundición maleable | 58 |

| | pág. |
|---|-------------|
| 2.3.8 Fundición aleada | 59 |
| 2.4 FUNDICIONES DE ACERO | 66 |
| 2.4.1 Clasificación de las fundiciones de acero | 66 |
| 2.4.2 Características de las fundiciones de acero | 67 |
| 2.4.3 Aplicaciones generales de fundiciones de acero | 70 |
| 3. DISEÑO DE LA GUIA DIGITAL | 72 |
| 3.1 ENTORNO DE DISEÑO | 72 |
| 3.1.1 Objetivo poblacional | 72 |
| 3.1.2 Contenido | 72 |
| 3.1.3 Requisitos de usuario | 72 |
| 3.1.4 Requisitos computacionales | 72 |
| 3.2 DISEÑO COMUNICACIONAL | 73 |
| 3.2.1 Dispositivos de entrada y salida | 74 |

| | pág. |
|---|-----------|
| 3.3 DISEÑO DE LAS ZONAS DE COMUNICACIÓN | 75 |
| 3.3.1 Zonas de control de programa | 75 |
| 3.3.2 Zona de historial de navegación | 76 |
| 3.3.3 Zona de trabajo | 76 |
| 3.4 ELEMENTOS DE LAS ZONAS DE COMUNICACIÓN | 77 |
| 3.4.1 Menús | 78 |
| 3.4.2 Textos | 78 |
| 3.4.3 Imágenes | 79 |
| 3.5 DISEÑO COMPUTACIONAL | 79 |
| 3.6 ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LA GUÍA DIGITAL | 80 |
| 3.6.1 Hardware | 80 |
| 3.6.2 Software | 81 |
| 4. ESTRUCTURA DEL CONTENIDO DE LA GUÍA DIGITAL | 82 |

| | pág. |
|---|-----------|
| 4.1 MATERIALES | 83 |
| 4.1.1 Aceros al carbono | 83 |
| 4.1.2 Aceros aleados | 83 |
| 4.1.3 Aceros inoxidables | 84 |
| 4.1.4 Fundiciones ferrosas | 84 |
| 4.1.5 Panorama general | 84 |
| 4.1.6 Fichas técnicas | 84 |
| 4.1.7 Ejemplo de búsqueda de un material | 85 |
| 4.1.8 Enlaces a los productos de las empresas | 87 |
| 4.2 EMPRESAS | 88 |
| 4.2.1 Ejemplo de búsqueda de una empresa | 88 |
| 4.2.2 Enlaces a los productos de las empresas | 90 |
| 4.3 PRODUCTOS | 91 |

| | pág. |
|---|-------------|
| 4.3.1 Ejemplo de búsqueda de un producto semielaborado | 91 |
| 4.3.2 Enlaces a los productos de las empresas y materiales | 93 |
| 4.4 AYUDA | 93 |
| 4.5 MAPA | 94 |
| 5. CONCLUSIONES | 97 |
| 6. RECOMENDACIONES | 100 |
| BIBLIOGRAFIA | 101 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|-----------|
| Tabla 1. Clasificación de las fundiciones grises según la norma ASTM A48 | 54 |
| Tabla 2. Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536. | 57 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|--|-----------|
| Cuadro 1. Influencia de los aleantes sobre la formación del grafito | 60 |
| Cuadro 2. Influencia de los aleantes sobre los puntos críticos | 60 |
| Cuadro 3. Requisitos computacionales: Hardware | 73 |
| Cuadro 4. Requisitos computacionales: Software | 73 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|-----------|
| Figura 1. Productos de acero | 29 |
| Figura 2. Historia del acero | 30 |
| Figura 3. Diagrama Fe-C | 32 |
| Figura 4. Clasificación de las láminas de grafito según la forma, tamaño y distribución | 53 |
| Figura 5. Microestructura del hierro gris (ferrita y perlita) | 53 |
| Figura 6. Microestructura de la fundición blanca | 55 |
| Figura 7. Microestructura de la fundición nodular ferrítico perlítica. | 57 |
| Figura 8. Microestructura de la fundición maleable ferrítica | 58 |
| Figura 9. Interfaz grafica de navegación | 74 |
| Figura 10. Zonas de comunicación | 77 |
| Figura 11. Pasos para la búsqueda de un material | 86 |

| | pág. |
|--|-------------|
| Figura 12. AISI 4340-Propiedades mecánicas y distribuidores | 87 |
| Figura 13. Pasos para la búsqueda de una empresa | 90 |
| Figura 14. Acasa – Productos | 91 |
| Figura 15. Pasos para la búsqueda de un producto | 93 |
| Figura16. Mapa general | 94 |
| Figura 17. Mapa - Materiales | 95 |
| Figura 18. Mapa - Productos | 95 |
| Figura 19. Mapa - Empresas | 96 |

TITULO: GUIA DIGITAL DE ACEROS PARA MAQUINARIA Y FUNDICIONES
FERROSAS EN COLOMBIA

AUTORES: Esteban Aycardo Llanes Sánchez
Wyl Fredy Diaz Diaz**

PALABRAS CLAVES: Materiales, aceros, aceros para maquinaria, fundiciones ferrosas, propiedades mecánicas, propiedades físicas, ficha técnica, distribuidores.

RESUMEN

El presente trabajo de grado consiste en una herramienta computacional en la cual se muestra información técnica sobre propiedades, características, aplicaciones, formas y dimensiones de los productos semielaborados (tuberías, perfiles, vigas, ángulos, barras y láminas) de aceros para maquinaria y fundiciones ferrosas que existen en Colombia y sus distribuidores principales. Esta compilación de información se hace apartir de fuentes como manuales, bases de datos, catálogos, libros, entre otros. Además se organiza y estructura esta información de tal forma que ofrezca una guía de búsqueda al diseñador mecánico desarrollando fichas técnicas completas de estos materiales. Este trabajo también contribuye a la eficiencia en la selección de materiales ferrosos en Colombia.

Para la compilación de la información de este proyecto se tuvo en cuenta los fundamentos de materiales de ingeniería. Además parte de la información se baso en la suministrada por los distribuidores principales vía Internet y bases de datos.

Con este trabajo se puede concluir que el mercado de aceros en Colombia comercializa aproximadamente 50 aceros entre aceros al carbono, aleados, e inoxidable. Las propiedades mecánicas de los aceros se ven afectadas con la forma del producto semielaborado (barra, perfil, lamina y tubería), el tamaño(espesor o diámetro) y el estado de suministro del acero, ya sea recocido, normalizado, revenido, calibrado, etc. Las fundiciones mas comercializadas en Colombia son la función gris y la nodular, seguidas de la fundición blanca y aleada.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Ingeniería mecánica. Alfredo Parada Corrales.

TITLE: DIGITAL GUIDE OF STEEL FOR MACHINERY AND CAST IRONS IN COLOMBIA^{*}

AUTHORS: Esteban Aycardo Llanes Sánchez
Wyl Fredy Diaz Diaz^{**}

KEY WORDS: Materials, steel, steel for machinery, mechanical properties, physical properties, technical data sheet, distributors.

ABSTRACT

The present degree project consists in a computational tool in which technical information about properties, characteristics, applications, forms and dimensions of the semifinished products (tubing, shapes, beams, angles, bars and sheets) made of steel for machinery and cast irons is shown, present in Colombia and its main distributors. This compilation of information is made from sources such as handbooks, data bases, catalogs, and books among others. Furthermore, this information is organized and well structured in a way that will work as a search guide for the mechanical designer, developing complete technical data sheets of these materials. This work also pretends to make contribution to the efficiency of the ferrous materials selection in Colombia.

For the compilation of information, it was taken into account the fundamentals of materials in engineering. Moreover, part of the information was based in the one surrendered by the main distributors, in internet and data bases.

With this work it can be concluded that the steel market in Colombia commercializes about 50 types of steel, between carbon steel, alloy and stainless steel. The mechanical properties of the types of steel are affected by the shape of the semifinished products (bars, shapes, sheets and tubing), the size (thickness or diameter) and the state of the steel supply, if it is annealed, quenched, tempered and normalized, cold drawn, etc. The most commercialized cast irons in Colombia are the gray iron and the nodular one, followed by the white and the alloyed.

^{*} Degree project

^{**} Faculty of Engineering Physical Mechanics. Mechanical engineering. Alfredo Parada Corrales.

INTRODUCCION

Los grandes avances en ciencia y tecnología a través de la historia se han visto influenciados enormemente por el desarrollo de nuevos materiales. Aunque ya han pasado varios años desde que el hombre aprendió a utilizar el acero y las fundiciones, aun hoy, cobran vigencia en un mercado altamente competitivo, gracias a sus elementos constituyentes y tratamientos térmicos que generan propiedades y características para usos específicos y generales.

Para aprovechar todas las potencialidades de un material, y en especial de un acero o fundición ferrosa, en un diseño determinado, el ingeniero debe tener un conocimiento suficiente de las propiedades físicas, químicas, mecánicas y características como maquinabilidad, soldabilidad, formabilidad, etc. Además el ingeniero o proyectista debe conocer los diferentes productos semielaborados de aceros y las fundiciones ferrosas que se ofrecen en el comercio.

Debido a que la información que existe se encuentra dispersa y en vista de la gran necesidad de disponer de información técnica amplia y actualizada de aceros para maquinaria y fundiciones ferrosas se hace necesario el presente trabajo de grado.

Esta guía digital organiza y estructura en una herramienta computacional información técnica (propiedades, características, aplicaciones, formas y dimensiones de los productos semielaborados: tuberías, perfiles, vigas, ángulos, platinas y laminas) de aceros para maquinaria (al carbono, aleados e inoxidables) y fundiciones ferrosas que existen en Colombia con sus distribuidores principales.

Además se desarrollan fichas técnicas completas que reúnen la información principal de varias fuentes (catálogos, manuales, base de datos, libros, Internet, entre otras) de estos materiales.

1. PRESENTACION DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los diseñadores mecánicos normalmente seleccionan productos semielaborados (tuberías, perfiles, ángulos, vigas, platinas, láminas, etc.) de acero para maquinaria y fundiciones ferrosas, que existen en la industria en Colombia. Ellos cuando van a seleccionar estos productos utilizan la siguiente información:

- La mayoría utilizan una carta de materiales o un catalogo de una sola empresa.
- En algunos casos la información suministrada por la carta de materiales o catalogo es desactualizada.
- Muy pocos, utilizan información de más de una empresa.

De la información sobre propiedades, características y aplicaciones de las diferentes especificaciones de materiales ferrosos generalmente se utiliza la suministrada por el catalogo de una sola empresa, sin emplear fichas técnicas completas que condensen la información principal de varias fuentes (catálogos, manuales, base de datos, libros, Internet, entre otros).

En vista de lo anterior se puede observar que la información técnica de aceros para maquinaria y fundiciones ferrosas que utiliza un diseñador mecánico en Colombia es muy reducida y desactualizada dejando de un lado información importante. Esto es originado por la falta de una guía de aceros para maquinaria y fundiciones ferrosas en Colombia que en una forma organizada y estructurada presente información técnica (propiedades, características, aplicaciones, formas y dimensiones de los productos semielaborados) de estos materiales y sus distribuidores en Colombia.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Colaborar en la construcción, aplicación y divulgación del conocimiento técnico en el área de materiales ferrosos en Colombia y contribuir al desarrollo del macroproyecto sobre diseño concurrente para la nueva asignatura electiva de Diseño III, mostrando el dinámico propósito de la Universidad Industrial de Santander como ente de generación de recursos a través de sus estudiantes en formación. De esta forma se participa activamente en los procesos de cambio social y tecnológico conducentes a una mejor calidad de vida a través del desarrollo.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Compilar información técnica (propiedades, características, aplicaciones, formas y dimensiones de los productos semielaborados: tuberías, perfiles, vigas, ángulos, platinas y laminas) de aceros para maquinaria (al carbono, aleados e inoxidables) y fundiciones ferrosas que existen en Colombia con sus distribuidores principales. La compilación se hará a partir de diversas fuentes como libros, manuales, base de datos, catálogos e Internet, entre otros.
- Organizar y estructurar esta información técnica de tal forma que ofrezca una guía de búsqueda al diseñador mecánico.
- Desarrollar fichas técnicas completas que reúnan la información principal de varias fuentes (catálogos, manuales, base de datos, libros, Internet, entre otras), sobre aceros para maquinaria (al carbono, aleados e inoxidables) y fundiciones ferrosas.
- Elaborar una herramienta computacional rápida y de fácil manejo que le permita al diseñador mecánico navegar a través de toda esta información de una forma clara, amena e interactiva.

1.4 JUSTIFICACION

Para satisfacer las falencias de información técnica (propiedades, características, aplicaciones, formas, dimensiones de los productos semielaborados, y sus distribuidores principales) de aceros para maquinaria y fundiciones ferrosas en Colombia es necesario elaborar una herramienta computacional. De tal forma que en una sola fuente de información y de manera organizada, estructurada e interactiva reúna la información técnica de estos materiales.

Esta herramienta podrá ser utilizada por estudiantes, profesionales o técnicos, la cual ayudará a hacer más eficiente la selección de materiales ferrosos. Esto disminuirá las pérdidas de tiempo y dineros generadas en una búsqueda de información técnica de estos materiales. También contribuirá a la modernización y actualización de la carrera y hará posible el desarrollo de proyectos orientados hacia otros materiales (materiales no ferrosos, plásticos, etc.) tomando como modelo la estructura de esta herramienta.

De esta forma este trabajo de grado ayudará en el área de materiales al complemento de un macroproyecto de diseño concurrente para la asignatura de Diseño III. Se debe tener en cuenta que los costos de elaboración de esta herramienta son relativamente bajos comparados con las retribuciones que producirá.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Materiales metálicos. La mayor parte de los metales se obtienen por extracción de los minerales que los contienen como óxidos, sulfuros, carbonatos y silicatos.

Se definen como metales, las sustancias que poseen las siguientes propiedades:

- Buena conductividad térmica y eléctrica
- Molécula monoatómica
- Brillo característico llamado metálico
- Muy poco reactivo con el hidrógeno
- Se combina con el oxígeno para formar los óxidos
- Son dúctiles o deformables
- Son sólidos a temperatura normal excepto el mercurio que es líquido.

De acuerdo con su peso específico (P_e), pueden ser metales pesados ($P_e > 4$) o metales ligeros ($P_e < 4$). Los metales ligeros tienen gran afinidad por el oxígeno y muchos de ellos descomponen el agua a temperatura normal por reaccionar con el oxígeno.

Los metales pesados son más resistentes a la oxidación; los metales nobles como el oro, plata y el platino no se oxidan aún en caliente.

Los metales y las aleaciones empleadas en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos grupos principales: Materiales FERROSOS y NO FERROSOS. Ferroso viene de la palabra FERRUM que los romanos empleaban para el fierro o hierro. Por lo tanto, los materiales ferrosos son aquellos que contienen hierro como su ingrediente principal; es decir, las numerosas calidades del hierro y el acero.

Los materiales No Ferrosos no contienen hierro. Estos incluyen el aluminio, magnesio, zinc, cobre, plomo y otros elementos metálicos. Las aleaciones como el latón y el bronce, son una combinación de algunos de estos metales No Ferrosos y se les denomina Aleaciones No Ferrosas.

Uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil, más adaptable y más ampliamente usado es el ACERO. A un precio relativamente bajo, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Además, sus propiedades pueden ser manejadas de acuerdo a las necesidades específicas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico, o mediante aleaciones.

2.1.2 Aleaciones hierro – carbono. Las aleaciones de hierro y carbono -aceros y fundiciones- son las aleaciones metálicas más importantes de la civilización actual. Por su volumen, la producción de fundición y de acero supera en más de diez veces la producción de todos los demás metales juntos.

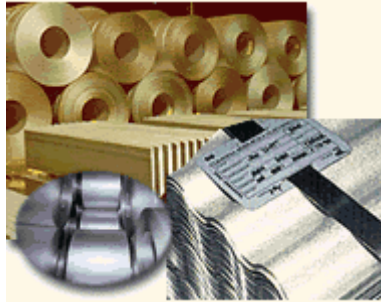
Corrientemente se da el nombre de acero y fundición, a las aleaciones hierro - carbono (si tienen más del 2% de C son fundiciones y si tienen menos del 2% de C son aceros).

El hierro forma soluciones con muchos elementos: con los metales, soluciones por sustitución, con el carbono, nitrógeno e hidrógeno, soluciones por inserción.

Se distinguen tres grupos de aceros al carbono: eutectoides, que contienen cerca de un 0,8% de C, cuya estructura de equilibrio está constituida únicamente por perlita; Hipoeutectoides, que contienen menos del 0,8% de C, con estructura de equilibrio formada por ferrita y perlita; e Hipereutectoides, que contienen del 0,8 al 2% de C y cuya estructura de equilibrio consta de perlita y cementita.

2.2 EL ACERO

Figura 1. Productos de acero.

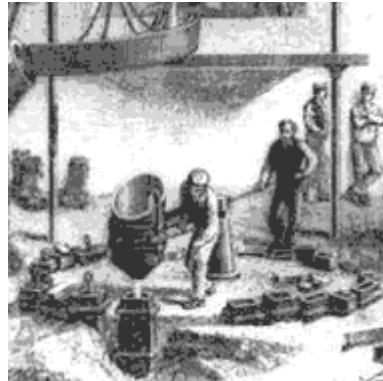


El Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,05% hasta menos de un 2%). Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados.

Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en acero.

2.2.1 Historia del acero. No se conoce con exactitud la fecha en que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible de ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3.000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1.000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento térmico.

Figura 2. Historia del acero.



Las aleaciones producidas por los primeros artesanos del hierro (y, de hecho, todas las aleaciones de hierro fabricadas hasta el siglo XIV d.C.) se clasificarían en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y soldar y consolidar el hierro.

El hierro producido en esas condiciones solía contener un 3% de partículas de escoria y un 0,1% de otras impurezas. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado.

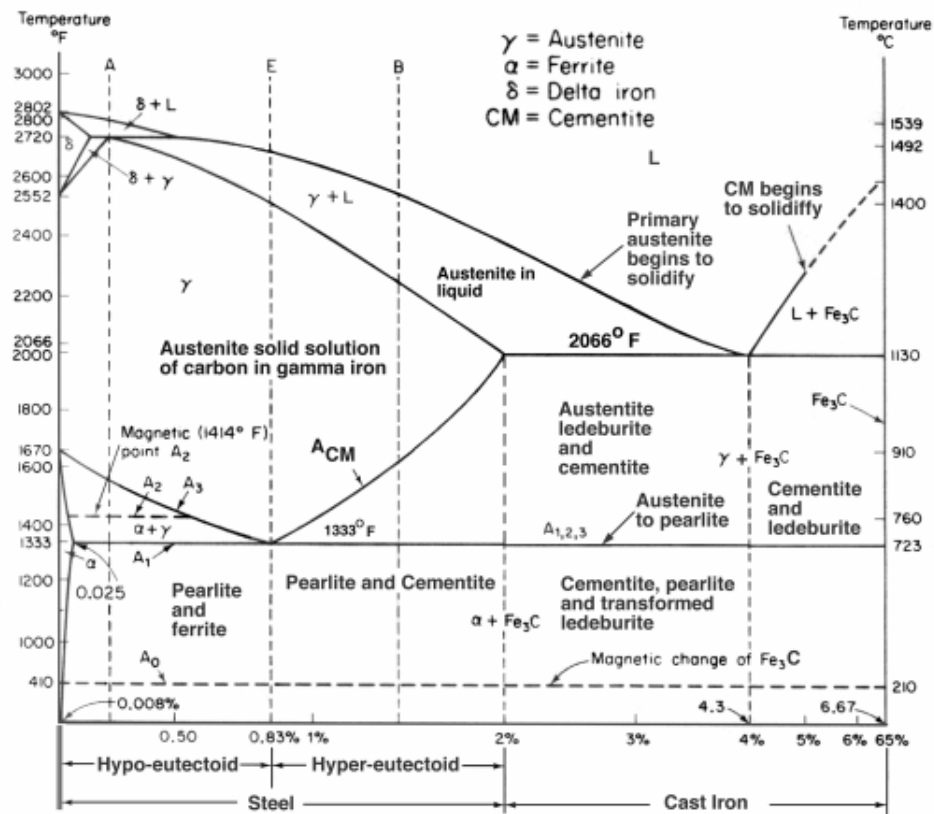
Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incrementó el tiro para forzar el paso de los gases de combustión por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero.

La producción moderna de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios minihornos que emplean electricidad para producir acero a partir de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.

2.2.2 Microestructuras de los aceros. Los constituyentes metálicos que pueden presentarse en los aceros al carbono son: ferrita, cementita, perlita, sorbita, troostita, martensita, bainita, y rara vez austenita, aunque nunca como único constituyente. También pueden estar presentes constituyentes no metálicos como

óxidos, silicatos, sulfuros y aluminatos. El análisis de las microestructuras de los aceros al carbono recocidos y fundiciones blancas deben realizarse en base al diagrama metaestable Hierro-carburo de hierro o Cementita (Figura 3).

Figura 3. Diagrama Fe-C



2.2.3 Aceros al carbono. El principal producto siderúrgico es el acero, siendo aproximadamente el 90% de la producción acero al carbono y el 10%, acero aleado. Por lo tanto, el material metálico más importante para la industria es el acero al carbono.

El acero al carbono es una aleación de composición química compleja. Además de hierro, cuyo contenido puede oscilar entre 97,0-99,5%-, hay en él muchos elementos cuya presencia se debe a los procesos de su producción (manganeso y silicio), a la dificultad de excluirlos totalmente del metal (azufre, fósforo, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno) o a circunstancias casuales (cromo, níquel, cobre y otros).

El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad.

a. Aceros ordinarios al carbono que se usan en bruto de forja o laminación. Se incluyen los aceros cuyas propiedades dependen principalmente del porcentaje de carbono que contienen. Se emplean en grandes cantidades para la construcción de estructuras metálicas de edificios, para elementos y piezas de maquinaria, motores, ferrocarriles, etc., y su contenido de carbono suele variar desde 0.03 a 0.70%. Además siempre contienen pequeñas cantidades de manganeso y silicio que se emplean como elementos auxiliares en los procesos de fabricación, fósforo y azufre que son impurezas perjudiciales que provienen de las materias primas (lingotes, chatarra, combustibles y minerales).

En general los aceros ordinarios contienen:

Mn < 0.90%, Si < 0.50%, P < 0.10%, S < 0.10%

De acuerdo con las propiedades mecánicas, se establecen una serie de grupos de aceros ordenados por su resistencia a la tracción.

Cuando se desean resistencias de 38 a 55 Kg/mm² se emplean aceros en bruto de forja o laminación. Para resistencias de 55 a 80 Kg/mm² se emplean unas veces los aceros al carbono en bruto de forja y laminación, y otras veces se emplean los aceros al carbono tratados (templados y revenidos), para resistencias superiores a 80 Kg/mm² se suelen emplear aceros tratados.

b. Aceros de bajo contenido de carbono. Estos aceros contienen menos del 0.25% C, no adquieren dureza sensible con un temple. Su resistencia media en estado normalizado varía de 35 a 53 Kg/mm² y los alargamientos de 33 a 23%.

Con los aceros de 0.06 a 0.25% de carbono, se fabrican los puentes de ferrocarril, las grandes estructuras de las estaciones, las columnas metálicas de las líneas eléctricas, los cascos de los buques, las estructuras de las casas, las carrocerías de los automóviles, los tubos de las bicicletas, los clavos, los alfileres, las cerraduras de las puertas, los asientos de las clases y muchos objetos más que utilizamos diariamente. En la mayoría de los casos se utiliza el acero tal como viene de las acerías, sin darle ningún

tratamiento térmico especial.

Los aceros ordinarios de contenido en carbono comprendido entre 0.25 y 0.70% de C que se emplean en estado bruto de forja o laminación se suelen emplear para piezas de maquinaria en general.

c. Influencia de elementos extraños en las características mecánicas de los aceros de bajo contenido en carbono. La presencia de fósforo y azufre, salvo en muy pocas ocasiones, es perjudicial para la calidad de los aceros, procurándose eliminar esos elementos en los procesos de fabricación. En general se recomienda que en los aceros ordinarios el contenido de cada uno de esos elementos no pase del 0.06%, y en los aceros de calidad se suele exigir porcentajes de fósforo y azufre inferiores a 0.03%.

El azufre cuando se presenta como sulfuro de hierro, provoca durante los procesos de forja o laminación del acero poca resistencia y a veces se agrieta por iniciarse la fusión de éste, que se encuentra en el acero en forma de retícula en la microestructura del acero. Por el contrario cuando aparece como sulfuro de manganeso, tiene una temperatura de fusión muy elevada, y no da paso a la fragilidad en caliente; en ambos casos el alargamiento y la resistencia del acero queda muy disminuido.

El fósforo se encuentra siempre disuelto en los granos de ferrita a los que comunica gran fragilidad.

d. Tratamientos térmicos de los aceros al carbono.

- **Recocido.** El objeto de este tratamiento es ablandar el acero, homogenizar su estructura y composición química y aumentar su ductilidad.
- **Normalizado.** Este tratamiento consiste en calentar el acero a unos 50°C por encima de la temperatura crítica A_c y enfriarlo luego al aire. Su empleo es importante cuando la estructura cristalina del acero es gruesa por haber sufrido calentamientos a temperaturas muy elevadas, o porque el trabajo de forja ha sido insuficiente para destruir la estructura en bruto de colada o la estructura cristalina no es la correcta.
- **Temple y revenido.** Al dar a los aceros al carbono un temple y revenido se consiguen muy buenas características cuando el perfil es delgado. En un acero al carbono bien templado o revenido, el valor del límite elástico suele llegar a ser un 75% de la carga de rotura.

Cuando interesa fabricar piezas con resistencia de 38 a 55 Kg/mm² es, en general, muy poco ventajoso el tratamiento térmico (temple y revenido), ya que por tratarse de aceros de bajo contenido de carbono (0.15 a 0.30%). Cuando quieren fabricarse piezas con esas

resistencias en general, conviene utilizar aceros en bruto de forja, laminados o normalizados. Sin embargo en casos excepcionales cuando se desea conseguir la mejor combinación de características (resistencia, alargamiento y alto límite elástico) se pueden templar y revenir los aceros de 0.15 a 0.30% de C obteniéndose, resistencias variables de 38 a 55 Kg/mm², alargamientos y límites de elasticidad ligeramente superiores a los que corresponden al estado normalizado. Cuando se trata de piezas de gran espesor el tratamiento es casi inútil porque se presenta el problema de poca penetración de temple o templabilidad.

Los aceros al carbono templados y revenidos con porcentajes de carbono variables de 0.25 a 0.55%, se suelen emplear generalmente con resistencias comprendidas entre 55 y 90 Kg/mm² y, a veces, en casos excepcionales como el de fabricación de muelles, se usan hasta resistencias de 150 a 200 Kg/mm².

El empleo de los aceros al carbono templados y revenidos para la fabricación de piezas con esas resistencias tiene varias ventajas. Una muy importante es que el límite de elasticidad es más elevado que en los aceros normalizados o recocidos, y otra que la combinación de características (resistencia y alargamiento) también se mejora. En cambio si esa resistencia se consigue templando y reviniendo la pieza después de mecanizada, el trabajo de torno o fresa se podrá hacer previamente en estado recocido mucho más fácil.

En el caso de que por mecanizado haya que quitar material, preferible, como hemos dicho, mecanizar en estado de recocido y luego templear y revenir, dejando generalmente en el mecanizado un exceso de medidas para eliminar luego las deformaciones que se producen en el temple y revenido. Cuando la cantidad de material a eliminar por mecanizado es pequeña puede convenir templear y revenir el material y luego mecanizar las piezas pudiéndolas dejar así a las medidas definidas.

e. Aceros al carbono de alta maquinabilidad (resulfurados).

Esta clase de aceros se usa en aquellos casos donde se desea una maquinabilidad mejor que la de los aceros al carbón. Se logran costos más bajos aumentando la producción con mayores velocidades de maquinado y mejor vida de la herramienta, o eliminando operaciones secundarias a través de una mejoría en la superficie terminada. La adición de azufre ocasiona algún sacrificio en las propiedades de soldabilidad, forja y conformación en frío.

SAE 1110 - 1111 - 1112 – 1113. Tienen excelentes características de maquinabilidad y buena resistencia estirados en frío. Estos aceros se pueden cianurar o carburar. La maquinabilidad aumenta en este grupo al aumentar el azufre, el cual se combina principalmente con el manganeso del acero y precipita como inclusiones de sulfuros, las cuales favorecen la maquinabilidad al proporcionar la formación de virutas pequeñas, y al suministrar un lubricante propio evita que las virutas se agarren a la herramienta y

emboten el filo. Al disminuir esta adherencia, se necesita menos potencia, se mejora la superficie y la velocidad de maquinado se puede doblar en comparación de un acero no resulfurado.

SAE 1108 - 1109 - 1116 - 1117 - 1118 - y 1119. Los aceros de este grupo se usan cuando se necesita una combinación de buena maquinabilidad y respuesta a tratamiento térmico. En variedades de bajo carbono se usan para partes pequeñas que deben cianurarse o carbonitrurarse.

SAE 1117 - 1118 y 1119. Tienen más manganeso para mejor templabilidad, permitiendo temple en aceite después de la carburación.

SAE 1132 - 1137 - 1140 - 1141 - 1144 - 1145 - 1146 y 1151. Cada tipo tiene características comparables a los aceros al carbono del mismo nivel del carbón. Se usan para partes donde es necesario una gran cantidad de maquinado, o donde la presencia de roscas, estrías, u otra operación ofrece problemas especiales de herramental.

SAE 1132 -1137 - 1141 – 1144. De alto manganeso ofrecen mayor templabilidad y los tipos de alto carbono son adecuados para temple en aceite, para temple por inducción o para temple con llama.

Otra clasificación del acero desde el punto de vista de su producción es: efervescente, calmado, semicalmado o tapado.

En los aceros efervescentes sólo se ha eliminado una pequeña parte del oxígeno mientras dura el proceso de solidificación, lo que deja una capa exterior o cerco relativamente libre de carbono, o sea que el centro del lingote tiene un mayor contenido de carbono que el exterior. Esta superficie con una porción de carbono extremadamente baja es muy dúctil, tiene excelentes cualidades de su superficie y muy buenas características para su conformado en frío. Los aceros calmados son lo opuesto a los efervescentes; a estos aceros se les ha extraído gran cantidad de oxígeno, de donde resulta un acero relativamente libre de carbono. Los aceros calmados son útiles cuando se necesitan técnicas severas de conformado, pero siempre requiere un tratamiento térmico al terminar la técnica de conformado de manufactura.

Los aceros semicalmados tienen una composición y propiedades mecánicas que varían entre las de los aceros efervescentes y los calmados. Los aceros tapados combinan las características de los aceros efervescentes y las de los semicalmados o sea, el cerco de carbono se forma en la superficie del acero, y el grueso de la sección transversal interior tiene las características del acero semicalmado.

2.2.4 Aceros aleados. Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. También puede considerarse aceros aleados los que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes: Si=0.50%; Mn=0.90%; P=0.100% y S=0.100%. Los elementos de aleación que más frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, Selenio, aluminio, boro y Niobio.

La influencia que ejercen esos elementos es muy variada, y, empleados en proporciones convenientes, se obtienen aceros con ciertas características que, en cambio, no se pueden alcanzar con los aceros ordinarios al carbono.

Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. En elementos de máquinas y motores se llegan a alcanzar grandes durezas con gran tenacidad. Es posible fabricar mecanismos que mantengan elevadas resistencias, aún a altas temperaturas. Hay

aceros inoxidable que sirven para fabricar elementos decorativos, piezas de maquinas y herramientas, que resisten perfectamente a la acción de los agentes corrosivos. Es posible preparar troqueles de formas muy complicadas que no se deformen ni agrieten en el temple, etc.

a. Nomenclatura de los aceros - sistema SAE-AISI. Como la microestructura del acero determina la mayoría de sus propiedades y aquella está determinada por el tratamiento y la composición química; uno de los sistemas más generalizados en la nomenclatura de los aceros es el que está basado en su composición química.

En el sistema S.A.E - A.I.S.I, los aceros se clasifican con cuatro dígitos XXXX. Los primeros dos números se refieren a los dos elementos de aleación mas importantes y los dos o tres últimos dígitos dan la cantidad de carbono presente en la aleación. Un acero 1040 AISI es un acero con 0.4%C; un acero 4340 AISI, es un acero aleado que contiene 0.4%C, el 43 indica la presencia de otros elementos aleantes.

Las convenciones para el primer dígito son:

- 1 - MANGANESO
- 2 - NIQUEL
- 3 - NIQUEL-CROMO, principal aleante el cromo
- 4 - MOLIBDENO
- 5 - CROMO

- 6 - CROMO-VANADIO, principal aleante el cromo
- 8 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el molibdeno
- 9 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el níquel.

No hay aceros numerados 7xxx porque estos aceros resistentes al calor prácticamente no se fabrican.

Se observa entonces que si el primer número es 1 se sabe que es un acero al carbono; si el dígito siguiente es el 0, o sea que la designación es 10xx, se trata de un acero ordinario al carbono.

2.2.5 Aceros inoxidables. Los Aceros Inoxidables son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11% de Cromo. El Cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables.

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidables hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

La selección de los aceros inoxidables puede realizarse de acuerdo

con sus características:

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas.
- Propiedades mecánicas del acero.
- Características de los procesos de transformación a que será sometido.
- Costo total (reposición y mantenimiento)
- Disponibilidad del acero.

Los aceros inoxidable tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado a espejo, satinado, coloreado, texturizado, etc.

a. Clasificación de los aceros inoxidable. Los aceros inoxidable no son indestructibles, sin embargo con una selección cuidadosa, someténdolos a procesos de transformación adecuados y realizando una limpieza periódica, algún integrante de la familia

de los aceros inoxidables resistirá las condiciones corrosivas y de servicio más severas.

- **Serie 400 - Aceros inoxidables martensíticos.** Son la primera rama de los aceros inoxidables, llamados simplemente al Cromo y fueron los primeros desarrollados industrialmente (aplicados en cuchillería). Tienen un contenido de Carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de Cromo de 12 a 18%. Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431. Las propiedades básicas son: Elevada dureza (se puede incrementar por tratamiento térmico) y gran facilidad de maquinado, resistencia a la corrosión moderada. Principales aplicaciones: Ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

- **Serie 400 - Aceros Inoxidables Ferríticos.** También se consideran simplemente al Cromo, su contenido varia de 12 a 18%, pero el contenido de Carbono es bajo <0.2%. Los tipos más comunes son el AISI 430, 409 y 434. Las propiedades básicas son: Buena resistencia a la corrosión. La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico.

- **Serie 300 - Aceros Inoxidables Austeníticos.** Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varia de 16 a 28%, el de Níquel de

3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%. Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317. Las propiedades básicas son: Excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se endurecen por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas. Principales aplicaciones: Utensilios y equipo para uso doméstico, hospitalario y en la industria alimentaria, tanques, tuberías, etc.

b. Algunos usos de los aceros inoxidable. Los aceros inoxidable ofrecen resistencia a la corrosión, una adecuada relación resistencia mecánica - peso, propiedades higiénicas, resistencia a temperaturas elevadas y criogénicas y valor a largo plazo.

Los aceros inoxidable son ampliamente utilizados en varios sectores, desde la más sofisticada aplicación industrial hasta los utensilios domésticos. Contribuyen, de manera indirecta, a satisfacer las necesidades humanas básicas tales como alimentación, salud, construcción, medio ambiente, transporte y energía.

Algunos ejemplos de productos fabricados con aceros inoxidable son los equipos de procesos químicos y petroquímicos, equipos de proceso de alimentos y bebidas, equipos farmacéuticos, cámaras de

combustión, sistemas de escape y filtros automotrices, vagones de ferrocarril, aplicaciones arquitectónicas y estructurales, mobiliario urbano, paneles de aislamiento térmico, intercambiadores de calor, tanques y recipientes, barriles de cerveza, instrumentos quirúrgicos, agujas hipodérmicas, monedas, tarjetas, ollas y sartenes, cubiertos, lavadoras, lavavajillas y utensilios de cocina.

En la industria química y petroquímica, los aceros inoxidables ofrecen elevada resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas así como un bajo costo de mantenimiento. En la industria de alimentos y bebidas y en la industria farmacéutica, proveen excelentes condiciones de higiene además de su resistencia a la corrosión y duración a largo plazo.

2.3 FUNDICIONES DE HIERRO

2.3.1 Generalidades de fundiciones de hierro. Las fundiciones de hierro son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5%, cantidades de silicio del 2 al 4%, del manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables pero sí maquinables, relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste.

Las fundiciones tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.
- Absorben las vibraciones mecánicas y actúan como autolubricantes.
- Son resistentes al choque térmico, a la corrosión y de buena resistencia al desgaste.

De acuerdo con la apariencia de su fractura, las fundiciones pueden ser grises, blancas, atruchadas, aunque también existen las fundiciones maleables, nodulares y especiales o aleadas.

2.3.2 Microconstituyentes de las fundiciones de hierro. Las fundiciones de hierro pueden presentar los mismos constituyentes de los aceros, más el eutéctico ledeburita compuesto de austenita y cementita, el eutéctico ternario de cementita, ferrita y fosforo de hierro (esteadita) y el carbono en forma de láminas, nódulos o esferitas de grafito, su microestructura se basa en el diagrama hierro carbono estable.

2.3.3 Propiedades generales de las fundiciones

- **Aspecto.** La superficie exterior en la fundición es de color gris oscuro, mientras que la fractura es oscura (fundición negra) o gris (fundición gris) o atruchada (puntos claros sobre fondo oscuro, o viceversa) o clara (fundición blanca); al aire libre, la superficie externa se cubre de herrumbre (óxido hidratado de hierro) de color rojo pardo que penetra lentamente en el interior.

- **Peso específico.** El peso específico varía con la composición y por consiguiente con el aspecto de la fundición; se puede admitir, por término medio:

Fundición gris = 7 a 7.2

Fundición atruchada = 7.3 a 7.4

Fundición blanca = 7.4 a 7.6

- **Temperatura de fusión.** varía con la composición y el aspecto de la fundición. En promedio es:

Fundición negra gris = 1200° C

Fundición blanca = 1100° C

- **Fluidez.** Es la propiedad del metal líquido de correr y de llenar

bien los moldes. En igualdad de temperatura, la fundición fosforosa es más fluida que la fundición con poco fósforo.

- **Contracción.** Como se ha visto, el metal, al solidificarse, sufre una contracción: en la fundición blanca la contracción es casi igual a la del acero (16 a 18 por 1000). En las fundiciones grises, en las cuales en el momento de la solidificación se segregan las laminillas de grafito (de peso específico - 2) con aumento de volumen de la masa, la contracción final resulta menor (10 por 1000); la contracción varia también según los obstáculos mayores o menores que encuentra la colada en el molde.

- **Resistencia a la tracción.** La fundición gris tiene una carga de rotura a la tracción que, de cerca de 15 Kg/mm² , llega a los 30 , 40 y 45 Kg/ mm². Las fundiciones aleadas y las esferoidales sobrepasan este límite llegando a cargas que se pueden comparar a las de los aceros de calidad (70 y hasta 80 Kg/ mm².) en las fundiciones maleables las cargas de rotura son de por lo menos 32 Kg/ mm², generalmente en torno a 40 Kg/ mm².

La resistencia a la compresión es mayor, y para las fundiciones grises normales resulta cerca de tres veces la de la tracción: por eso, como vemos, es aconsejable someter las piezas de fundición a esfuerzos de compresión, más bien que a los de tracción.

- **Resistencia a la flexión.** Puesto que en la flexión las fibras del elemento quedan tensas en la parte convexa, y comprimidas en la cóncava, la resistencia a la flexión varía según la orientación de la sección.

- **Resistencia al choque.** El choque y la resiliencia son sollicitaciones dinámicas, y en su confrontación la fundición se comporta de un modo particular. Las fundiciones grises, resisten no muy bien los choques y son frágiles porque no sufren deformaciones plásticas. Las fundiciones maleables, por el contrario, y las de grafito nodular (fundiciones dúctiles) resisten bien; no obstante, si los choques están contenidos en el límite de seguridad; las fundiciones grises tienen un óptimo comportamiento, por su propiedad característica de amortiguar las vibraciones, por esto (además de por razones económicas) se ha llegado a sustituir los cigüeñales de acero tratado para compresores y para motores de combustión interna, por árboles colados con fundición gris, obteniéndose un funcionamiento más regular más suave y menos ruidoso.

- **Dureza.** La dureza de la fundición es relativamente elevada. La fundición gris tiene una dureza de 140 a 250 Brinell, se puede mecanizar fácilmente, porque la viruta se desprende mejor y por la presencia de grafito liberado, que lubrica el paso de la viruta sobre el corte de la herramienta. La viruta es siempre escamosa, excepto en las fundiciones maleables y en las de grafito nodular. Las

fundiciones blancas tienen una dureza superior a 350 a 400 Brinell. Hasta cerca de 550 Brinell se pueden mecanizar con herramientas de carburo; más allá, requieren la muela de esmeril.

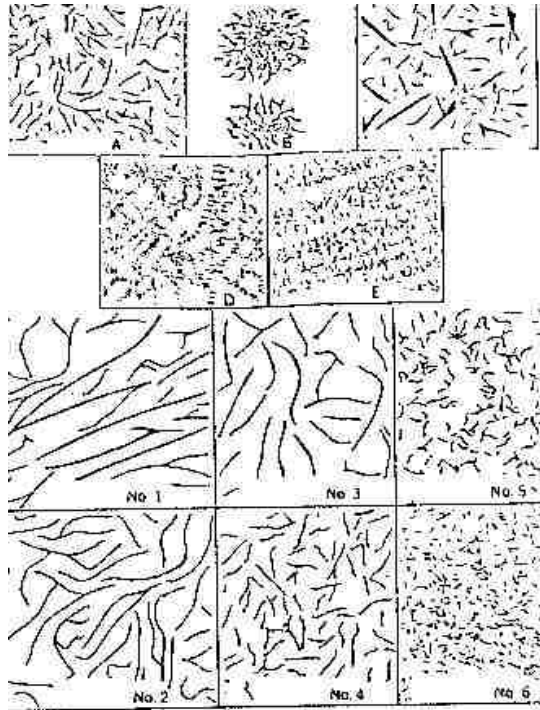
- **Resistencia química.** La fundición tiene una discreta resistencia química, es decir, a los ácidos, a los álcalis, a las oxidaciones y al fuego. Por esto se hacen elementos para máquinas e instalaciones químicas y elementos para máquinas e instalaciones térmicas (parrillas, por ejemplo, calderas, etc).

- **Otras propiedades.** La fundición no es dúctil, no es maleable (en el verdadero sentido de la palabra); se puede soldar al latón; en la soldadura oxiacetilénica y en la eléctrica de arco, el metal de aporte (acero o fundición) adquiere una elevada dureza y sólo con alguna dificultad puede ser trabajado.

La fundición puede recibir baños galvánicos (ser niquelada, por ejemplo), ser galvanizada en caliente, estañada y esmaltada al fuego (piezas de uso doméstico y par la industria química).

2.3.4 Fundición gris. La mayor parte del contenido de carbono en el hierro gris se da en forma de escamas o láminas de grafito, las cuales dan al hierro su color y sus propiedades deseables (Figura 4).

Figura 4. Clasificación de las láminas de grafito según la forma, tamaño y distribución



El hierro gris es fácil de maquinar, tiene alta capacidad de templado y buena fluidez para el colado, pero es quebradizo y de baja resistencia a la tracción.

Figura 5. Microestructura del hierro gris (ferrita y perlita)



El hierro gris se utiliza bastante en aplicaciones como bases o pedestales para máquinas, herramientas, bastidores para maquinaria pesada, y bloques de cilindros para motores de vehículos, discos de frenos, herramientas agrícolas entre otras.

Tabla 1. Clasificación de las fundiciones grises según la norma ASTM A48. F: ferrita; P: perlita; G: grafito; B: bainita

| Clase | Resistencia a la tracción-psi | Dureza Brinell | Estructura |
|-------|-------------------------------|----------------|------------|
| 20 | 24000 | 130-180 | F,P |
| 30 | 34000 | 170-210 | F,P,G |
| 40 | 44000 | 210-260 | P,G |
| 50 | 54000 | 240-280 | P,G |
| 60 | 64000 | 260-300 | B,G |

2.3.5 Fundición blanca. La fundición blanca se produce en el horno de cubilote, su composición y rapidez de solidificación separa coladas que se transformarán con tratamiento térmico en hierro maleable. La fundición blanca también se utiliza en aplicaciones donde se necesita buena resistencia al desgaste tal como en las trituradoras y en los molinos de rodillos.

Se forma al enfriar rápidamente la fundición de hierro desde el estado líquido, siguiendo el diagrama hierro-cementita metaestable ; durante el enfriamiento, la austenita solidifica a partir de la aleación fundida en forma de dendritas. A los 1130°C el líquido alcanza la composición eutéctica (4.3%C) y se solidifica como un eutéctico de austenita y cementita llamado ledeburita. Este eutéctico aparece en su mayor parte como cementita blanca que rodea las dendritas de forma de helecho (Figura 6).

Figura 6. Microestructura de la fundición blanca



Al enfriarse las fundiciones desde 1130°C hasta 723°C el contenido de carbono de la austenita varía de 2 a 0.8%C al precipitarse cementita secundaria que se forma sobre las partículas de cementita ya presentes, a los 723°C la austenita se transforma en perlita, el eutectoide de los aceros.

La fundición blanca se utiliza en cuerpos molidores por su gran resistencia al desgaste, el enfriamiento rápido evita la grafitización de la cementita pero si se calienta de nuevo la pieza colada a una

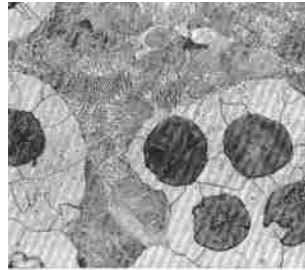
temperatura de 870°C el grafito se forma lentamente adoptando una forma característica conocida como carbono de revenido, resultando la fundición maleable. La matriz de la fundición puede ser ferrítica o perlítica si la aleación se enfría más rápidamente a partir de los 723°C al final del tratamiento de maleabilización.

2.3.6 Fundición nodular. La fundición nodular, dúctil o esferoidal se produce en hornos cubilotes, con la fusión de arrabio y chatarra mezclados con coque y piedra caliza. La mayor parte del contenido de carbono en el hierro nodular, tiene forma de esferoides (Figura 7). Para producir la estructura nodular el hierro fundido que sale del horno se inocula con una pequeña cantidad de materiales como magnesio, cerio, o ambos. Esta microestructura produce propiedades deseables como alta ductilidad, resistencia, buen maquinado, buena fluidez para la colada, buena endurecibilidad y tenacidad. No puede ser tan dura como la fundición blanca, salvo que la sometan a un tratamiento térmico, superficial, especial.

Este tipo de fundición se caracteriza por que en ella el grafito aparece en forma de esferas minúsculas y así la continuidad de la matriz se interrumpe mucho menos que cuando se encuentra en forma laminar, esto da lugar a una resistencia a la tracción y tenacidad mayores que en la fundición gris ordinaria. La fundición nodular se diferencia de la fundición maleable en que normalmente se obtiene directamente en bruto de colada sin necesidad de

tratamiento térmico posterior. El contenido total de carbono de la fundición nodular es igual al de la fundición gris.

Figura 7. Microestructura de la fundición nodular ferrítico perlítica.



Las fundiciones nodulares perlíticas presentan mayor resistencia pero menor ductilidad y maquinabilidad que las fundiciones nodulares ferríticas.

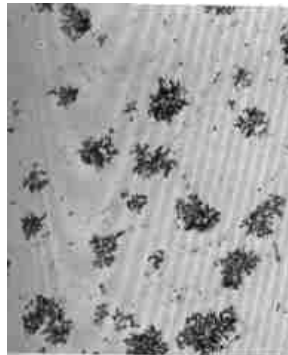
Tabla 2. Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo con la norma ASTM A-536.

| Clase | Resistencia a psix1000 | Lím. fluencia | Dureza Brinell | alargamiento (%) |
|-----------|------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 60-40-18 | 42000 | 28000 | 149-187 | 18 |
| 65-45-12 | 45000 | 32000 | 170-207 | 12 |
| 80-55-06 | 56000 | 38000 | 187-255 | 6 |
| 100-70-03 | 70000 | 47000 | 217-267 | 3 |
| 120-70-02 | 84000 | 63000 | 240-300 | 2 |

Cada día se están sustituyendo muchos elementos de máquinas que tradicionalmente eran de fundición gris o acero por fundición nodular.

2.3.7 Fundición maleable. Los hierros maleables son tipos especiales de hierros producidos por el tratamiento térmico de la fundición blanca. Estas fundiciones se someten a rígidos controles y dan por resultado una microestructura en la cual la mayoría del carbono está en la forma combinada de cementita, debido a su estructura la fundición blanca es dura, quebradiza y muy difícil de maquinar.

Figura 8. Microestructura de la fundición maleable ferrítica



Las fundiciones maleables se utilizan en la fabricación de partes de maquinaria agrícola, industrial y de transporte.

2.3.8 Fundición aleada. Las fundiciones aleadas son aquellas que contienen Ni, Cr, Mo, Cu, etc., en porcentajes suficientes para mejorar las propiedades mecánicas de las fundiciones ordinarias o para comunicarles alguna otra propiedad especial, como alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la corrosión, al calor, etc.

a. Efectos de los elementos de aleación en las fundiciones.

Los elementos de aleación modifican la microestructura de las fundiciones y con ello su dureza y resistencia, estando en ocasiones estos cambios influenciados, además, por una variación de la templabilidad. Los elementos de aleación modifican también como en los aceros, la situación de los puntos críticos y además ejercen una acción muy importante y compleja de la grafitización. En el Cuadro 1 se señala la influencia que los diversos elementos aleados ejercen sobre la formación del grafito y de los carburos y sobre las características de la matriz, y en el Cuadro 2 se señala la influencia que tienen sobre los puntos críticos. Ciertos elementos como el Silicio, aluminio, níquel y cobre, que se disuelven en la ferrita, la endurecen y la hacen aumentar su resistencia, Son elementos que favorecen la grafitización.

Cuadro 1. Influencia de los aleantes sobre la formación del grafito

| Elemento. | Grafitización y coeficientes de grafitización. | Efecto sobre los carburos a alta temperatura. | Efecto en la estructura del grafito. | Efecto en el carbono combinado de la perlita. | Efecto que produce en la matriz. |
|------------|--|---|--------------------------------------|---|--|
| Carbono. | Favorece | Decrece estabilidad | Engruesa | Decrece fuertemente | Ablanda y favorece la formación de ferrita |
| Silicio. | Favorece +1 | Decrece estabilidad | Engruesa | Decrece fuertemente | Ablanda y favorece la formación de ferrita |
| Aluminio. | Favorece +0.5 | Decrece estabilidad | Engruesa | Decrece fuertemente | Ablanda y favorece la formación de ferrita |
| Titanio. | Favorece +0.4 | Decrece estabilidad | Afina fuertemente | Decrece | Ablanda y favorece la formación de ferrita |
| Níquel. | Favorece +0.35 | Decrece ligeramente estabilidad | Afina ligeramente | Decrece y estabiliza la perlita | Afina la perlita y da dureza |
| Cobre. | Favorece +0.20 | Indiferente | Indiferente | Decrece ligeramente | Da dureza |
| Manganeso. | Se opone -0.25 | Estabiliza | Afina ligeramente | Aumenta | Afina la perlita y da dureza |
| Molibdeno. | Se opone -0.30 | Indiferente | Afina fuertemente | Aumenta ligeramente | Afina la perlita y da resistencia |
| Cromo. | Se opone -1 | Estabiliza fuertemente | Afina ligeramente | Aumenta | Afina la perlita y da dureza |
| Vanadio. | Se opone -2.5 | Estabiliza fuertemente | Afina | Aumenta | Afina la perlita y da dureza |

Cuadro 2. Influencia de los aleantes sobre los puntos críticos.

| Modificación Que se produce. | Si. | Mn. | Ni. | Cr. | Al. | Mo. |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Desplazamiento del punto eutéctico | Hacia la izquierda | Hacia la derecha | Hacia la izquierda | Hacia la izquierda | | |
| Desplazamiento de la temperatura eutectoide | Hacia arriba | Hacia abajo | Hacia abajo | Hacia abajo | Hacia arriba | |
| Templabilidad | | Aumenta | | Aumenta | Reduce | Aumenta |
| Desplazamiento del punto eutectoide | Hacia la izquierda | Hacia la izquierda | Hacia la izquierda | Hacia la izquierda | Hacia la izquierda | |

b. Clasificación de las fundiciones aleadas. De una forma general, se pueden clasificar las fundiciones aleadas en dos grupos: Fundiciones de baja y media aleación, que se caracterizan por tener

pequeñas cantidades de Ni, Cr, Mo, y Cu, generalmente en porcentajes inferiores a 5%. En general, son fundiciones de alta resistencia a la tracción, de 25 a 50kg/mm², muy superior a la de las fundiciones ordinarias. Suelen ser de estructura perlítica, sorbítica, bainítica y martensítica. También pertenecen a este grupo de fundiciones de baja aleación las fundiciones con 1 a 2% de cromo resistente al calor y las fundiciones martensíticas muy resistentes al desgaste.

En esta familia, se suelen agrupar las fundiciones muy resistentes al desgaste, al calor y a la corrosión y cuya micro-estructura suele ser austenítica o ferrítica.

- **Fundiciones de baja y media aleación.** Estas fundiciones suelen contener cantidades de níquel, cromo, molibdeno y cobre en porcentajes generalmente inferiores al 1.5%. En estas fundiciones de gran resistencia, es frecuente que los elementos aleados estén en la proporción de una parte de cromo y dos o tres partes de níquel. El cobre y el molibdeno, en general, suelen encontrarse en cantidades relativamente pequeñas, empleándose estos elementos unas veces solos y otras con níquel o cromo, o con ambos a la vez.

En ocasiones mucho menos frecuentes, estas fundiciones contienen también pequeñas cantidades de titanio y vanadio, que son añadidos principalmente para conseguir disminuir el tamaño de las

láminas de grafito o para afinar la matriz, y para mejorar también la resistencia al desgaste.

- **Fundiciones de alta resistencia a la tracción.** En este grupo se incluyen una gran variedad de fundiciones de composiciones muy diversas y resistencia a la tracción, variables de 25 a 50 kg/mm². A este grupo pertenecen ciertas fundiciones al níquel, fundiciones al cromo, al cromo-níquel, al cobre etc.

En estas fundiciones, una de las ventajas más importantes del empleo de los elementos de aleación, es que con ellos se evita la formación de grandes láminas de grafito y se aumenta la resistencia de la matriz.

También es importante señalar que la presencia de esos elementos reducen la susceptibilidad de las fundiciones a las variaciones de sección. Es decir, se consiguen que las propiedades sean más constantes en piezas de diferentes espesores. Además, la matriz de las fundiciones aleadas tienen más resistencia y dureza que la matriz de las fundiciones ordinarias.

Como es tan grande el número de fundiciones que pertenecen a este grupo y tan numerosas y particulares sus aplicaciones, es difícil señalar las características propias de cada composición. En algunos aspectos puede decirse que en ellas la influencia de los elementos de aleación es la misma que en la de los aceros.

- **Fundiciones martensíticas resistentes al desgaste.** Para la fabricación de piezas que deban tener gran resistencia al desgaste, o que exijan muy altas durezas o deban sufrir grandes presiones, se emplean fundiciones martensíticas al níquel y al manganeso. Las fundiciones martensíticas más utilizadas son las blancas. Sin embargo, también se fabricaban fundiciones martensíticas que son de usos mas restringidos.
- **Fundiciones martensíticas blancas al níquel.** Estas fundiciones suelen contener 4.5% de níquel, 2% de cromo, y bajo silicio, 0.50%, alcanzándose con ellas durezas variables de 500 a 700 Brinell. En América estas fundiciones martensíticas al níquel que son fundiciones blancas son conocidas con la denominación Ni-Hard.
- **Fundiciones martensíticas grises.** Estas fundiciones un bruto de colada estructura martensítica por simple enfriamiento en arena. Suelen conocerse a veces con la denominación de fundiciones autotemplables por la elevada dureza 400 a 450 Brinell que adquieren directamente de la colada sin ningún tratamiento. No pueden ser mecanizadas con herramientas ordinarias.
- **Fundiciones resistentes al calor con 1% de cromo.** Una de las dificultades del empleo de las fundiciones ordinarias para ciertos usos es el hinchamiento que experimentan cuando sufren calentamiento a temperaturas superiores a 450°C .Para muy

elevadas temperaturas de servicio y en ocasiones en que no importa mucho el precio, se emplean fundiciones austeníticas con 15 o 20% de níquel. Pero cuando el calentamiento del material no pasa de los 700 °C y no se pueden emplear materiales caros, se pueden usar las fundiciones aleadas con pequeños porcentajes de cromo y bajo contenido en silicio, con las que se obtienen muy buenos resultados.

Se pueden usar de 0.6 a 1.25% de cromo que actúa como elemento estabilizador de carburos y contenidos bajos en silicio de 1.5 a 2% para limitar la grafitización, que es una de las causas del hinchamiento.

- **Fundiciones de alta dureza con 1-3% de cromo.** Empleando contenidos de cromo variables de 1 a 2% se obtienen fundiciones blancas de dureza muy elevada.

Estas fundiciones se emplean bastante poco, casi exclusivamente en casos en que interesa gran resistencia al desgaste y a la abrasión, y no importa mucho la tenacidad del material. Para la fabricación de placas de blindaje, piezas de rozamiento, zapatas de freno, guías de rodadura, son muy empleadas fundiciones blancas de 2 a 3% de cromo, con durezas variables 400 a 450 Brinell.

- **Fundiciones aleadas al cromo.** Las fundiciones con alto porcentaje de cromo se pueden clasificar en dos familias:

Fundiciones con 6 a 25% de cromo, que son fundiciones blancas de muy elevada dureza: 400 a 550 Brinell.

Fundiciones de 33% de cromo, que son de estructura ferrítica.

Las primeras son de gran resistencia al desgaste y buena resistencia al calor, y las segundas tienen muy buena resistencia a la oxidación a temperaturas muy elevadas.

Las fundiciones de muy alto porcentaje de cromo pueden resistir bien a la oxidación y a la corrosión. Se consigue buena resistencia a la oxidación cuando el contenido en cromo es por lo menos igual a 10 veces el del carbono, además resistirán también a la corrosión cuando el cromo es más de 15 veces el carbono.

- **Fundiciones aleadas con aluminio.** Recientemente se han comenzado a fabricar y emplear ciertas fundiciones con aluminio. Sin embargo, en la actualidad todavía su empleo es muy limitado, porque su fabricación es muy difícil. La adición de cantidades de aluminio superiores al 6.5% hace desaparecer el grafito en las fundiciones y hace que aparezca la matriz formada por ferrita y carburos complejos. Esta estructura ferrítica como la de las fundiciones al silicio es muy inoxidable y refractaria al calor.

Las dos clases más importantes son:

Las fundiciones con 7% de aluminio que tienen buena resistencia al fuego y pueden utilizarse hasta 950 °C . Se mecanizan bastante bien. Su resistencia a la tracción es de unos 18 kg/mm² y su dureza de 300 Brinell.

Las fundiciones con más de 8% de aluminio que tienen muy buena resistencia a la oxidación y pueden ser utilizadas a más altas temperaturas, hasta unos 1000 °C. Son difíciles de mecanizar salvo a la muela. Su resistencia a la tracción es de unos 13 kg/mm² y su dureza suele variar de 250 a 500 Brinell.

2.4 FUNDICIONES DE ACERO

2.4.1 Clasificación de las fundiciones de acero.

a. Fundiciones de acero al carbono. Las fundiciones de acero al carbono contienen menos del 1.70 % de C, junto con otros elementos normalmente presentes. Estos elementos pueden estar presentes en porcentajes que varían como sigue: Mn 0.50 a 1.00, Si 0.20 a 0.70, P 0.05 máx. Además las fundiciones de acero al carbono contienen pequeños porcentajes de otros elementos, que no fueron agregados sino que son residuales de la chatarra de

acero usada como parte de la carga de fusión.

b. Fundiciones de acero de aleación. Una fundición de acero considera como de acero de aleación si los elementos de aleación, residuales o agregados, están presentes en porcentajes mayores que los siguientes: Mn, 100; Si 0.70; Cu, 0.50; Cr, 0.25; Mo, 0.10; V, 0.05; W, 0.05; Al, 0.05; Ti, 0.05. Las limitaciones sobre los contenidos de fósforo y azufre que se aplican a los aceros de aleación fundidos son iguales a las del acero al carbono fundido, a no ser que se especifiquen con el fin de obtener algunos efectos de aleación.

Las fundiciones de acero de alto contenido de aleación, del tipo resistente al calor y a la corrosión son semejantes a los aceros forjados inoxidables.

2.4.2 Características de las fundiciones de acero.

- **Propiedades mecánicas.** Las propiedades mecánicas sobresalientes del acero fundido son la resistencia mecánica, la ductilidad y la resistencia al choque. Las piezas fundidas de acero poseen gran rigidez y pueden soportar temperaturas elevadas y bajas; las piezas son soldables y tienen excelentes propiedades de aguante.
- **Resistencias a la tracción y de fluencia.** Las fundiciones

de acero ferríticos de una dureza o templabilidad dada tienen la misma resistencia a la tracción, ya sea fundidos, laminados, forjados o soldados, sin que importe el contenido de aleación. Para fines de diseño en los que intervengan las propiedades de tracción y de fluencia, se pueden intercambiar con la más plena confianza los aceros laminados. Forjados, fundidos y soldados.

- **Ductilidad.** Si se comparan las propiedades de ductilidad de los aceros con sus valores de dureza. Los aceros fundidos, forjados y laminados, y sus soldaduras son casi idénticos. Las propiedades longitudinales de los aceros forjados y laminados son ligeramente más altas que las de acero fundido a las del metal de soldadura. Las propiedades transversales son inferiores en una cantidad que depende del grado de trabajo. Como en la mayoría de las condiciones de servicio intervienen varias direcciones de carga, algunas veces es particularmente ventajoso asegurar propiedades direccionales uniformes del acero fundido.
- **Impacto o choque.** Con frecuencia se emplea el ensayo de choque con probeta ranurada como medida de la tenacidad de los materiales. Los aceros fundidos tienen excelente resistencia al choque a temperaturas normales y bajas, Generalmente los aceros forjados se prueban en la dirección del laminado arrojan valores de choque más altos que los acero fundidos de composición semejante. En el ensayo de resistencia al desgaste, los aceros fundidos reaccionan de manera semejante a los aceros laminados y dan

valores correspondientes, que dependen de la composición, estructura y dureza. Los caeros al carbono fundido que contienen aproximadamente 0.50% de C, y los de bajo contenido de aleación de los tipos de cromo, cromo – molibdeno, níquel – cromo, cromo – vanadio y de contenido medio de manganeso, todos los cuales contienen más de 0.40% de C, han dado excelente resistencia al desgaste en servicio.

- **Resistencia a la corrosión.** El acero fundido y el acero forjado de composición y tratamiento térmico semejante parecen ser igualmente resistentes a la corrosión cuando les rodea un mismo medio ambiente. Pequeñas cantidades de cobre en el acero fundido aumentan su resistencia a la corrosión atmosférica. Los aceros fundidos de alto contenido de aleación, de los tipos al cromo y al cromo – níquel, se emplea por lo común para resistir la corrosión.

- **Resistencia al calor.** Aunque no son comparables a los aceros de alto contenido de aleación del tipo níquel – cromo preparados en especial para resistir el calor, los aceros fundidos con 4.0 a 6.5 % de Cr, en particular con adiciones de 0.75 a 1.25 de W, o de 0.40 a 0.70 de Mo y 0.75 a 1.00 de Ti, manifiestan buena resistencia mecánica y considerable resistencia a la formación de costras o escamas a 550°C (1000 °F) y temperaturas inferiores.

- **Maquinabilidad.** Que presentan los aceros al carbono y de aleación fundidos es comparable a la de los aceros forjados de

resistencia, ductilidad y dureza equivalentes, y de microestructura similar. Como regla general, la dureza sola no constituye un criterio para predecir la duración de una herramienta en el corte de aceros fundidos; en general, para una estructura dada, los aceros simples al carbono poseen mejores propiedades para su maquinado que los aceros de aleación; para conseguir una vida equivalente de la herramienta, la película superficial de un acero fundido debe maquinarse a una velocidad que sea aproximadamente la mitad de la velocidad de corte recomendada para el metal base.

2.4.3 Aplicaciones generales de fundiciones de acero. Todas las empresas que producen grandes artefactos emplean piezas de acero fundido. Son la base para la construcción de los vagones de ferrocarril y se emplean en gran cantidad en equipo para construir caminos, remolques, implementos agrícolas, tractores elevadores y palas mecánicas.

Las piezas de acero fundido también se emplean para válvulas, conexiones y accesorios y otras piezas en las industrias petrolera y química.

Las piezas grandes tienen aplicación en los trenes de laminación, buques e instalaciones marítimas, minería, aserraderos y en las industrias de las máquinas herramienta.

Las fuerzas armadas requieren piezas de fundición para armamentos, artillería, buques y aviones.

Si los requisitos para el servicio incluyen condiciones de carga dinámicas y esfuerzos por impacto o fatiga, se emplean piezas de acero fundido.

3. DISEÑO DE LA GUIA DIGITAL

3.1 ENTORNO DE DISEÑO

3.1.1 Objetivo poblacional. Estudiantes de pregrado de Ingeniería Mecánica e Ingenieros que posean conocimientos básicos sobre materiales de ingeniería.

3.1.2 Contenido. La Guía Digital se estructura en cuatro áreas: aceros al carbono, aceros aleados, aceros inoxidables, y fundiciones ferrosas.

3.1.3 Requisitos de usuario. Es necesario que el usuario de la Guía Digital este familiarizado con el uso de computadoras; en especial, el manejo y/o navegación de páginas Web.

3.1.4 Requisitos computacionales. Las características mínimas de Hardware y Software para el funcionamiento correcto de la aplicación (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Requisitos computacionales: Hardware

| HARDWARE | |
|-------------------------------------|---------|
| PROCESADOR | 500 MHZ |
| MEMORIA RAM | 64MB |
| ESPACIO EN EL DISCO DURO PARA COPIA | 200 MB |
| UNIDAD DE CD ROM | 16X |
| TARJETA DE VIDEO | |

Cuadro 4. Requisitos computacionales: Software

| SOFTWARE | |
|---|--------------|
| WINDOWS | 98 / ME / XP |
| INTERNET EXPLORER (POR DEFECTO SI SE POSEEN OTROS NAVEGADORES) | 5.5 |
| PLUGIN FLASHPLAYER PARA INTERNET EXPLORER | |

3.2 DISEÑO COMUNICACIONAL

Este comprende el diseño de la interfaz de la GUIA DIGITAL (Figura 9), la cual es la zona de comunicación en la que se establece la interacción entre el usuario y el programa.

Figura 9. Interfaz grafica de navegaci3n



3.2.1 Dispositivos de entrada y salida. Teniendo en cuenta que ésta es una aplicaci3n diseñada para correr sobre plataforma Windows se escogieron los siguientes dispositivos.

a. Dispositivos de entrada.

- **Rat3n.** Es un dispositivo 3til para navegar en este ambiente de trabajo. Por medio de este dispositivo el usuario podr3 activar y desactivar todos los v3nculos que le permitir3n acceder o salir de los diferentes m3dulos que ofrece la Gu3a Digital.

b. Dispositivos de salida.

- **Monitor.** Mediante este dispositivo se muestran todos los elementos visuales que contiene la aplicación, tales como: gráficos, zonas de comunicación, imágenes, textos, etc.

- **Impresora.** Para dejar registro impreso de la información consultada.

3.3 DISEÑO DE LAS ZONAS DE COMUNICACIÓN

Las zonas de comunicación son las zonas de pantalla por medio de las cuales el usuario interactúa con la GUIA DIGITAL.

3.3.1 Zonas de control de programa. Son zonas que permiten por parte del usuario controlar los accesos a cualquier parte del contenido. Estas zonas se apoyan en el uso de íconos o botones que llevan a las diferentes partes de los contenidos de la GUIA DIGITAL, con solo hacer clic sobre ellos, con el ratón. Se puede distinguir dos zonas de control:

- **Zona de control fija.** La cual contiene los íconos del menú

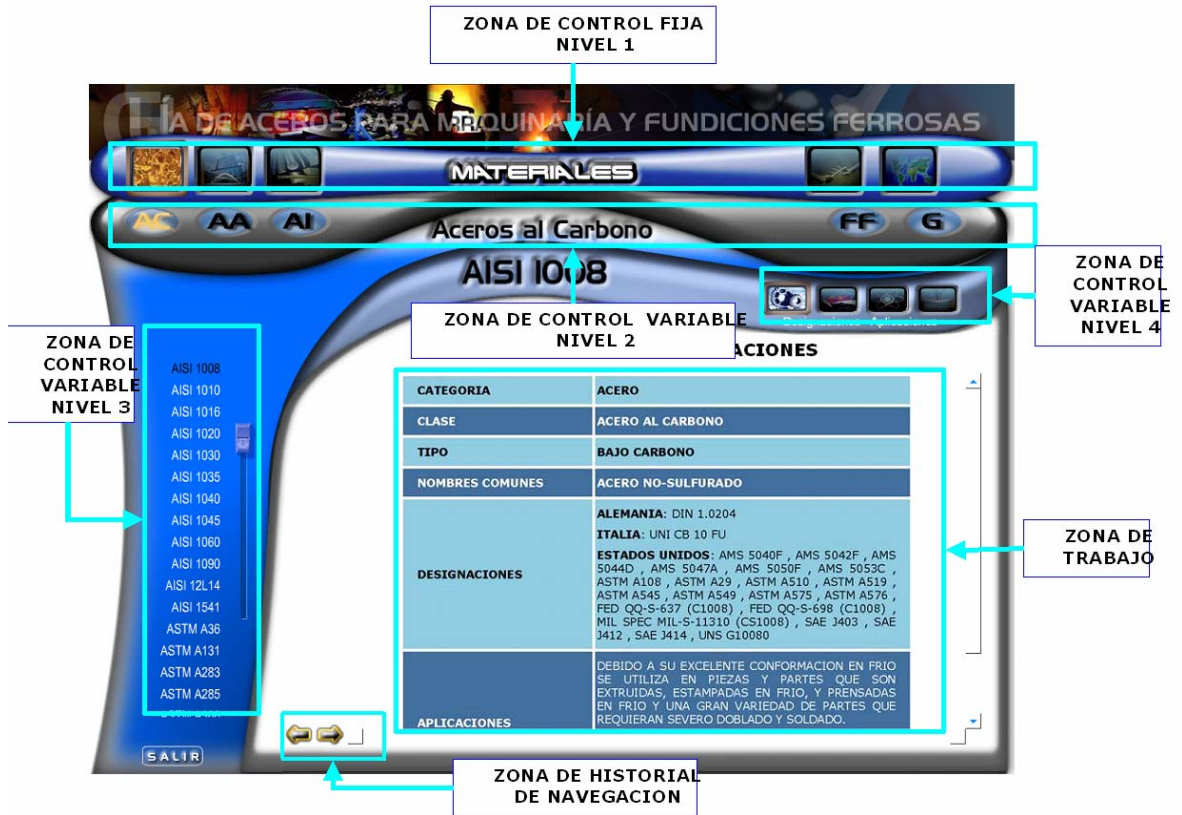
principal (nivel 1 o superior), así como un mensaje en texto de color blanco, el cual le permite al usuario ubicarse siempre en el tema de exposición (Figura 10).

- **Zonas de control variable.** Cambian de acuerdo al tema seleccionado en la zona de control fija. Estas zonas van cambiando de acuerdo a la jerarquía de temas y subtemas que elige el usuario de la información que desea trabajar, permitiendo de esta forma adelantar o retroceder en los contenidos sin perderlos de vista y permitiendo una exploración rápida y sencilla (Figura 10).

3.3.2 Zona de historial de navegación. En general son dos botones (atrás y siguiente) ubicados en la pantalla de presentación de contenidos que permiten ir a los lugares visitados inmediatamente anteriores o siguientes desde donde se llamó (Figura 10).

3.3.3 Zona de trabajo. Zona más amplia en la que se muestra la información con los textos, gráficas, tablas y imágenes; sin embargo, cuando el contenido amerite que esta zona se expanda para mostrar mejor los detalles esta lo hará, para volver al esquema anterior bastará dar click al botón cerrar (Figura 10).

Figura 10. Zonas de comunicación



3.4 ELEMENTOS DE LAS ZONAS DE COMUNICACIÓN

Además de las zonas de comunicación, es necesario establecer los elementos que se van a utilizar en estas con sus correspondientes características: como son los menús, textos, gráficos, imágenes, etc.

3.4.1 Menús. Permiten el manejo del software por parte del usuario.

- **Menús de la zona de control fija.** Son cinco botones rectangulares animados, los cuales muestran cada uno de los módulos que conforman la GUIA DIGITAL.

- **Menús de las zonas de control variables.** Son botones que aparecen en niveles inferiores que muestran los temas y subtemas, los cuales conforman cada módulo. Sucesivamente al ir adentrándonos en cada tema, siguen surgiendo hacia abajo, más submenús de la pantalla en las zonas de control variable que nos permitirán explorar con independencia cada tema y subtema de la misma manera y en forma ordenada, de tal forma que el usuario es quien establece el tema a explorar y el momento de hacerlo.

3.4.2 Textos. Son los elementos fundamentales de las zonas de comunicación debido a que por medio de ellos se llevan los contenidos de los temas de la GUIA DIGITAL. Estos textos tienen las siguientes características generales. La mayor parte son textos estáticos que brindan la información con todo el tiempo que el usuario pueda necesitar para su lectura y comprensión. Se utiliza el mismo tipo de letra para darle uniformidad a la presentación de los contenidos. Se ha utilizado texto animado tanto en la introducción al CD como en la presentación del título haciéndolo de

esta manera llamativo.

3.4.3 Imágenes. Se utilizo el formato GIF y JPG por la calidad de compresión de la información.

3.5 DISEÑO COMPUTACIONAL

El diseño general se realizo teniendo en cuenta el concepto de diseño de interfaces graficas, con el objetivo de proveer una interfaz amigable con el usuario. También se tuvo en cuenta el concepto de usabilidad, para que la herramienta sea de fácil navegación.

Los contenidos de la aplicación fueron editados en Dreamweaver MX 2004, programa que es un potente editor grafico HTML.

Se utilizo el programa Flash MX 2004 con el cual se realizaron los botones, menús, barras de desplazamiento, etc; los cuales sirven para que el usuario interactue con la aplicación.

Todo el contenido tanto de Flash como de texto fue integrado totalmente en Dreamweaver, para que fuera una aplicación HTML.

3.6 ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LA GUÍA DIGITAL

3.6.1 Hardware. Utilizado en la implementación para el desarrollo de la aplicación. Se utilizaron dos equipos con las siguientes características:

a. Computador 1.

- Computador Hewlett Packard con monitor SVGA 15"
- Procesador AMD Athlon XP de 2000 Mhz
- Disco duro de 80 Gb y memoria RAM 256 Mb
- Unidad CD-ROM de 52X y quemador LG 24*12*36
- Teclado en español y mouse
- Tarjeta de video 64 MB y tarjeta captadora de video

b. Computador 2.

- Computador CTMax con monitor SVGA 19"
- Procesador Pentium III de 550 Mhz
- Disco duro de 20 Gb y memoria RAM 586 Mb
- Unidad CD-ROM de 52X y quemador LG 24*12*36
- Teclado en español y mouse
- Tarjeta de video 64 MB y tarjeta captadora de video

- Scanner Hewlett Packard 2300c

3.6.2 Software.

- Sistema operativo Windows XP.
- Macromedia Flash MX 2004, por medio de este se implemento el diseño gráfico de las pantallas y la estructura del programa, así como su publicación en HTML.
- Microsoft Office XP, útil en la edición de argumentos y textos utilizados en la Guía.
- Corel Drawn 12, utilizado en la edición y creación de dibujos e imágenes.
- Dreamweaver MX 2004, editor HTML.
- XnView, versión 1.50.1, utilizado para la edición de imágenes.

4. ESTRUCTURA DEL CONTENIDO DE LA GUÍA DIGITAL

La Guía Digital contiene información técnica sobre propiedades, características, aplicaciones, formas y dimensiones de los productos semielaborados (tuberías, perfiles, vigas, ángulos, platinas, barras y láminas) de fundiciones ferrosas y aceros para maquinaria que existen en Colombia y sus distribuidores principales.

El usuario de esta herramienta puede navegar en toda esta información mediante diferentes enlaces, utilizando tres formas de búsqueda diferentes e interactuando entre estas. Las búsquedas son por material, por empresas y por productos.

Inicialmente el usuario se encuentra en la pantalla principal de la herramienta en donde encontrara el menú principal que contiene las siguientes opciones:

- Materiales
- Empresas
- Productos
- Mapa
- Ayuda

4.1 MATERIALES

Este módulo contiene información sobre designaciones, aplicaciones; características; propiedades químicas, físicas, mecánicas; productos semielaborados; y distribuidores de aceros al carbono, aleados, inoxidable; y fundiciones ferrosas.

Materiales es una opción del menú principal que contiene el siguiente menú:

- Aceros al carbono
- Aceros aleados
- Aceros inoxidable
- Fundiciones ferrosas
- Panorama general

4.1.1 Aceros al carbono. Esta opción del menú de materiales lleva a otro menú que contiene las diferentes especificaciones de aceros al carbono. El nombre de cada especificación es el enlace a su respectiva ficha técnica.

4.1.2 Aceros aleados. Esta opción del menú de materiales lleva a otro menú que contiene las diferentes especificaciones de aceros

aleados. El nombre de cada especificación es el enlace a su respectiva ficha técnica.

4.1.3 Aceros inoxidables. Esta opción del menú de materiales lleva a otro menú que contiene las diferentes especificaciones de aceros inoxidables. El nombre de cada especificación es el enlace a su respectiva ficha técnica.

4.1.4 Fundiciones ferrosas. Esta opción del menú de materiales lleva a otro menú que contiene las diferentes fundiciones ferrosas. El nombre de cada fundición es el enlace a su respectiva ficha técnica.

4.1.5 Panorama general. Esta opción del menú de materiales lleva a otro menú que contiene un listado general de todas las diferentes especificaciones de aceros y fundiciones. El nombre de cada especificación es el enlace a su respectiva ficha técnica.

4.1.6 Fichas técnicas. Estos documentos son realizados para cada una de las diferentes especificaciones de materiales. Contienen información sobre propiedades, características, aplicaciones, productos semielaborados comercializados en Colombia y sus principales distribuidores. Dentro de estos documentos se encuentran enlaces hacia información geométrica de

los productos semielaborados de las diferentes empresas que distribuyen el material de la ficha técnica.

4.1.7 Ejemplo de búsqueda de un material. De un acero aleado por ejemplo el AISI 4340 se desea conocer sus propiedades, características, aplicaciones, productos semielaborados y distribuidores en Colombia. Para encontrar esta información se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1. En la interfaz gráfica, en el nivel superior encontramos el menú principal, seleccionamos la opción materiales y se despliega el menú de materiales, este se encontrará ubicado en un nivel inferior al principal (Figura 11).

Paso 2. Del menú de materiales seleccionamos la opción aceros aleados y se despliega el menú de aceros aleados, este se encontrará ubicado en la parte izquierda de la interfaz gráfica (Figura 11).

Paso 3. Del menú de aceros aleados seleccionamos la opción AISI 4340 y llegamos a su ficha técnica (Figura 11), la cual contiene el siguiente menú:

- Designaciones – aplicaciones
- Características
- Propiedades químicas y físicas
- Propiedades mecánicas y distribuidores

Paso 4. Del menú de la ficha técnica del AISI 4340 seleccionamos la opción deseada (Figura 11).

Figura 11. Pasos para la búsqueda de un material

PASO 1 (Icono de Materiales)

RUTA DE NAVEGACION

MATERIALES

Aceros Aleados

AISI 4340

PASO 2 (Icono de Aceros Aleados)

DESIGNACIONES - APLICACIONES

PASO 3 (Lista de Designaciones)

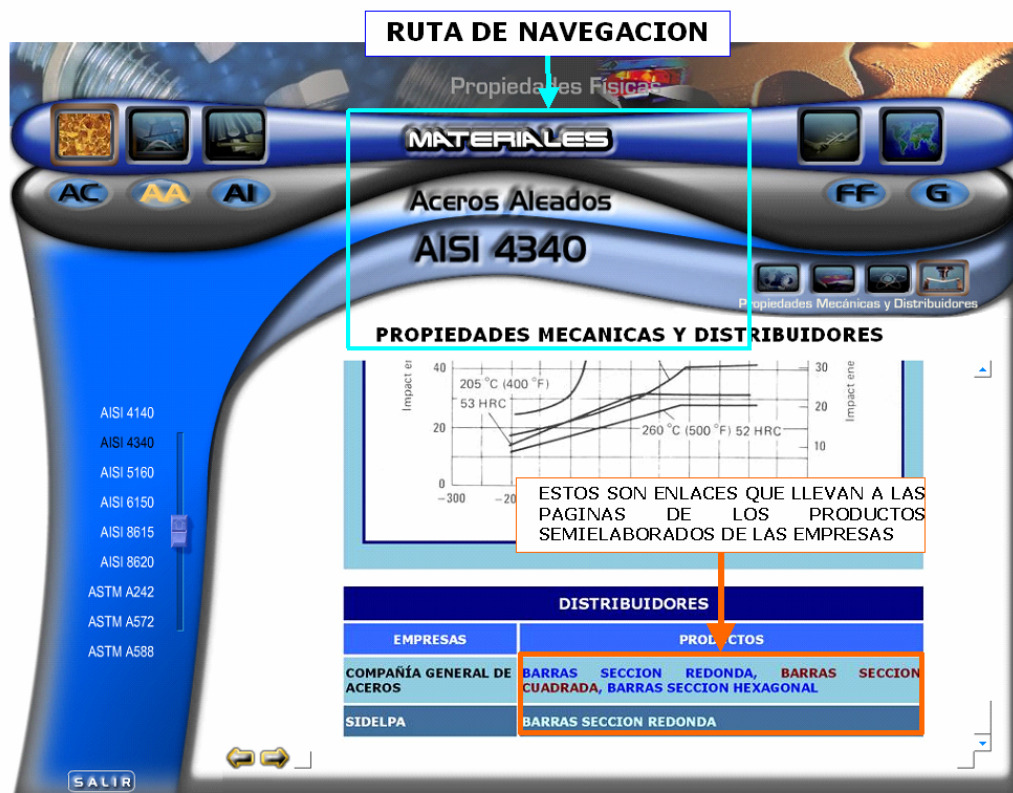
PASO 4 (Menú de Designaciones - Aplicaciones)

| CATEGORIA | ACERO |
|-----------------|---|
| CLASE | ACERO DE BAJA ALEACION |
| | MEDIO CARBONO |
| NOMBRES COMUNES | ACERO AL NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO |
| DESIGNACIONES | <p>ALEMANIA: DIN 1.6565</p> <p>JAPON: JIS SNCM 8</p> <p>REINO UNIDO: B.S. 2 S 119 , B.S. 3 S 95 , B.S. 3111 Type 6 , B.S. 817 M 40</p> <p>ESTADOS UNIDOS: AMS 5331 , AMS 6359 , AMS 6359B , AMS 6414 , AMS 6414A , AMS 6415 , AMS 6415G , ASTM A322 , ASTM A331 , ASTM A505 , ASTM A519 , ASTM A547 , ASTM A646 , MIL SPEC MIL-S-16974 , SAE J404 , SAE J412 , SAE J770 , UNS G43400</p> <p>SE UTILIZA GENERALMENTE EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ PARA LA FABRICACION DE PIEZAS CON ALTAS SOLICITUDES MECANICAS DONDE REQUIERAN DUREZA Y TENACIDAD ELEVADAS COMO, POR EJEMPLO:</p> |

SALIR

4.1.8 Enlaces a los productos de las empresas. En la parte final de la información presentada en propiedades mecánicas y distribuidores (opción del menú de la ficha técnica) hay una tabla de distribuidores, la cual tiene los enlaces a las páginas de los productos semielaborados de las empresas (Figura 12).

Figura 12. AISI 4340-Propiedades mecánicas y distribuidores



4.2 EMPRESAS

Este módulo contiene información sobre los productos y contactos de las diferentes empresas que distribuyen aceros al carbono, aleados, inoxidable y fundiciones ferrosas.

Empresas es una opción del menú principal que contiene el siguiente menú:

- Empresas de aceros al carbono.
- Empresas de aceros aleados.
- Empresas de aceros inoxidable.
- Empresas de fundiciones ferrosas.
- Panorama general.

4.2.1 Ejemplo de búsqueda de una empresa. De una empresa que distribuye acero al carbono por ejemplo, Acasa, se desea conocer la empresa, productos y contactos. Para encontrar esta información se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1. En la interfaz gráfica, en el nivel superior encontramos el menú principal, seleccionamos la opción empresas y se despliega el menú de empresas, este se encontrará ubicado en un nivel inferior

al principal (Figura 13).

Paso 2. Del menú de empresas seleccionamos la opción aceros al carbono y se despliega el menú de empresas de aceros al carbono, este se encontrará ubicado en la parte izquierda de la interfaz gráfica (Figura 13).

Paso 3. Del menú de empresas de aceros al carbono seleccionamos la opción Acasa y llegamos a la información de la empresa (Figura 13), la cual contiene el siguiente menú:

- La empresa
- Productos
- Contactos

Paso 4. Del menú de la empresa seleccionamos la opción deseada (Figura 13).

Figura 13. Pasos para la búsqueda de una empresa



4.2.2 Enlaces a los productos de las empresas En la información presentada en productos (opción del menú de la empresa) hay una tabla, la cual da una vista global de todos los productos que distribuye la empresa y los materiales de los cuales son fabricados estos productos. Esta tabla tiene los enlaces a las páginas de los productos semielaborados y los materiales (Figura 14).

Figura 14. Acasa – Productos

RUTA DE NAVEGACION

Fundiciones Propiedades Químicas

EMPRESAS

Aceros al Carbono

ACASA

PRODUCTOS

| | PRODUCTOS | MATERIAL | |
|----------|-------------------|--|---------------------------------------|
| PERFILES | CANALES SECCION U | STM A36, STM A572 | |
| | ANGULOS | ALAS IGUALES | STM A36, STM A572, STM A242, STM A588 |
| | | ALAS DESIGUALES | STM A36, STM A572 |
| | PLATINAS | AISI 1045, AISI 1060 | |
| BARRAS | SECCION CUADRADA | AISI 1045, AISI 1060 | |
| | SECCION CIRCULAR | AISI 1016, AISI 1030, AISI 1045, AISI 1060 | |

ESTOS SON ENLACES QUE LLEVAN A LAS PAGINAS DE LOS PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE LA EMPRESA

ESTOS SON ENLACES QUE LLEVAN A LA FICHAS TECNICAS DE LOS MATERIALES

4.3 PRODUCTOS

Este módulo contiene información de los productos semielaborados (tuberías, vigas, canales, perlines, platinas, ángulos, barras y láminas), los materiales de los cuales son fabricados y sus distribuidores.

4.3.1 Ejemplo de búsqueda de un producto semielaborado.

De un producto semielaborado, por ejemplo, los ángulos, se desea

conocer las diferentes especificaciones de materiales de los cuales es fabricado y sus distribuidores. Para encontrar esta información se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1. En la interfaz gráfica, en el nivel superior encontramos el menú principal, seleccionamos la opción productos y se despliega el menú de productos, este se encontrará ubicado en un nivel inferior al principal (Figura 15).

Paso 2. Del menú de productos seleccionamos la opción perfiles y se despliega el menú de perfiles, este se encontrará ubicado en la parte izquierda de la interfaz gráfica (Figura 15).

Paso 3. Del menú de perfiles seleccionamos la opción ángulos y llegamos a la información deseada (Figura 15).

Figura 15. Pasos para la búsqueda de un producto



4.3.2 Enlaces a los productos de las empresas y materiales.

En la información presentada para cada tipo de producto semielaborado por ejemplo, ángulos hay enlaces a los materiales de los cuales son fabricados, y enlaces a los ángulos de los diferentes distribuidores (Figura 15).

4.4 AYUDA

Este modulo contiene información sobre los requisitos

computacionales, el manejo de la herramienta, la explicación de cada uno de los diferentes módulos y los enlaces que existen entre ellos.

4.5 MAPA

Esta opción del menú principal lleva a un esquema del contenido global.

Figura16. Mapa general



Figura 17. Mapa - Materiales

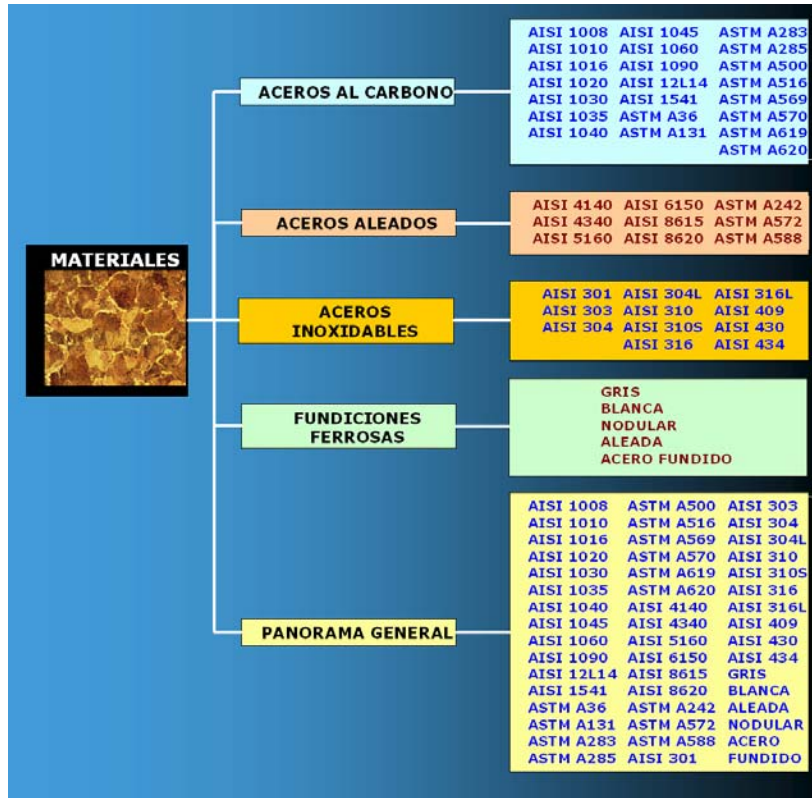


Figura 18. Mapa - Productos

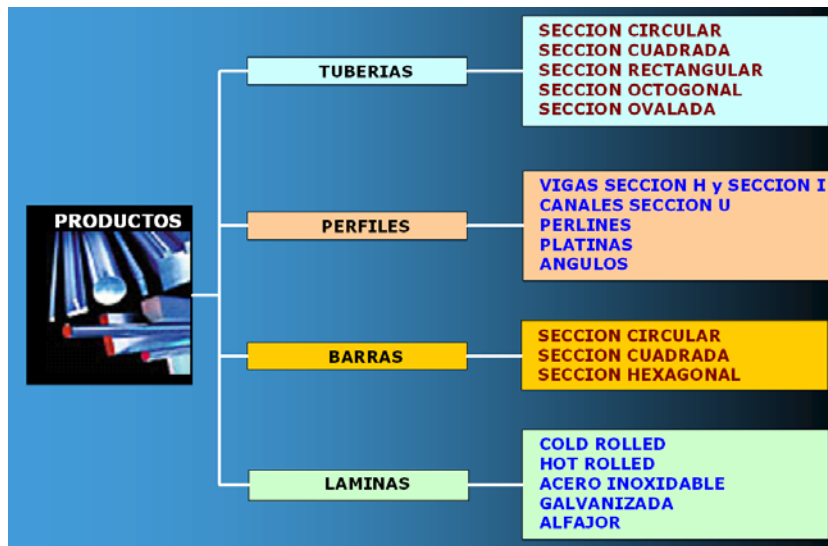


Figura 19. Mapa - Empresas



5. CONCLUSIONES

El mercado del acero en Colombia comercializa aproximadamente 50 aceros entre aceros al carbono, aleados e inoxidables.

Las propiedades mecánicas de los aceros se ven afectadas con la forma del producto semielaborado (barra, perfil, lamina, y tubería) y el tamaño (espesor o diámetro). Además estas también cambian según el estado de suministro del acero, ya sea recocido, normalizado, revenido, calibrado, laminado en frío, etc.

Las empresas de acero al carbono en Colombia comercializan en mayor medida con aceros AISI 1008, 1045, 1020, y ASTM A36, A366, A283, y A570.

Dentro de los aceros aleados que comercializan las empresas de acero en Colombia se destacan el AISI 4140, 4340, 8620 y ASTM A572 y A588.

En aceros inoxidables, comercializados por empresas de aceros en Colombia se destacan el AISI 304, 304L, 316, 316L, y 430.

Dentro del grupo selecto de aceros laminados en Colombia en la división de aceros al carbono se producen productos semielaborados en todas las formas disponibles de barras, perfiles, láminas, tuberías.

En la división de aceros aleados los productos semielaborados que mas se comercializan son barras y ángulos.

Dentro de la división de aceros inoxidable, los productos semielaborados que más se encuentran en el mercado son láminas y barras.

Productos semielaborados como platinas, barras sección circular, laminas lisas, y ángulos se pueden encontrar en las 3 clases de acero(al carbono, aleados e inoxidable).

En Colombia los aceros mas comercializados para tuberías son:

- ASTM A500, AISI 1008: Para tubería en general.
- AISI 1008, 304,316L y ASTM A500: Para tubería sección circular, y sección cuadrada.
- AISI 1008: Para tubería ovalada y octogonal

Entre las fundiciones mas comercializadas en Colombia la fundición gris y la nodular son las que se destacan, seguidas de la fundición blanca, y la aleada.

Las propiedades mecánicas de las fundiciones ferrosas dependen de la microestructura y de la composición química, además del tratamiento térmico posterior al que se ha sometido la fundición.

En Colombia, las fundiciones ferrosas que producen algunas empresas como SICOLSA, FURIMA, SABANETA CAST METALS y FUNDICOM SA, entre otras están especializadas en sectores de la industria como la automotriz.

6. RECOMENDACIONES

La mayoría de empresas comercializadoras de acero en Colombia, muestran de una forma confusa e incompleta la información técnica (propiedades, estados de suministro) de los materiales que comercializan y en algunos casos no se muestran los productos semielaborados de cada material, y sus dimensiones. Por lo tanto se recomienda que estas empresas pongan a disposición la información anterior para que el ingeniero o diseñador pueda seleccionar adecuadamente los materiales.

La mayor parte de las empresas de fundiciones ferrosas en Colombia no muestran información técnica específica (propiedades mecánicas, etc.) de las fundiciones que producen, por ejemplo las fundiciones ASTM específicas que producen. Esta es una falencia que se genera por el desconocimiento de las normas ASTM para fundiciones, pero que a veces no se entiende, pues muchas de estas empresas están certificadas según Normas ISO.

Para mejorar el conocimiento sobre los materiales en Colombia se recomienda el desarrollo de otros proyectos orientados hacia otros materiales (materiales no ferrosos, plásticos, etc.) tomando como modelo la estructura de esta herramienta digital.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN FOUNDRIMEN'S SOCIETY. Cast Metals Handbook. 4 ed. Illinois: AFS, 1957. 316p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Carbon Structural Steel. West Conshohocken : ASTM, 2004. 4p. : il. (ASTM A36/A36M-04)

— — — — — — — — — —. Standard Specification for Structural Steel for Ships. West Conshohocken : ASTM, 2004. 7p. : il. (A131/A131M-04)

— — — — — — — — — —. Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel. West Conshohocken : ASTM, 2004. 3p. : il. (A242/A242M-04)

— — — — — — — — — —. Standard Specification for Low and Intermediate Tensile Strength Carbon Steel Plates. West Conshohocken : ASTM, 2003. 2p. : il. (A283/A283M-03)

_____. Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, Low- and Intermediate-Tensile Strength. West Conshohocken : ASTM, 2003. 3p. : il. (A285/A285M-03)

_____. Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes. West Conshohocken : ASTM, 2003. 5p. : il. (A500-03a)

_____. Standard Specification for Cold-Drawn Buttweld Carbon Steel Mechanical Tubing. West Conshohocken : ASTM, 2001. 7p. : il. (A512-96: reapproved 2001)

_____. Standard Specification for High-Yield-Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding. West Conshohocken : ASTM, 2000. 3p. : il. (A514/A514M-00a)

_____. Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service. West Conshohocken : ASTM, 2004. 3p. : il. (A516/A516M-04)

_____. Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel. West Conshohocken : ASTM, 2004. 4p. : il. (A572/A572M-04)

_____. Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel with 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point to 4-in. [100-mm] Thick. West Conshohocken : ASTM, 2004. 3p. : il. (A588/A588M-04)

AMERICAN SOCIETY FOR METALS. ASM Handbook: Properties and selection. Ohio: ASM, 1990. v1

_____. Metals Handbook: Heat Treating. Ohio: ASM, 1981. v.4

_____. Atlas of isothermal Transformation and cooling transformation diagrams. Ohio: ASM, 1977.

Automation Creations, Inc. Matweb [base de datos en linea]. Disponible en internet: <URL:<http://www.matweb.com>>.

BELEÑO, German y MURCIA, Alberto. Aceros aleados para maquinaria y aceros inoxidable. Bucaramanga: 2001. 198p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

CAPELLO, Edoardo. Tecnología de la Fundición. 2 ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1971. 493p.

Efunda [base de datos en línea]. Disponible en internet: <URL:<http://www.efunda.com>>.

ESPARZA, Alexander y ORTEGA, Nixon. Aceros al carbono: usos y aplicaciones. Bucaramanga: 2002. 384p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

HEINE, Richard et al. Principles of metal casting. 2ed. New York: McGrawHill, 1967. 639p.

MANGONON, Pat. Ciencia de Materiales: selección y diseño. México: Pearson, 2001. 840p.

PEREZ TRISTANCHO, Carlos. Fundiciones ferrosas: estado del arte en Colombia. Bucaramanga: 2000. 339p. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

SYLVIA, J. Gerin. Cast Metals Technology. Pennsylvania: Addison
– Wesley, 1972. 338p.

Direcciones de internet:

<http://www.intlsteel.com/PDFs/specguide.pdf>

<http://www.principalmetals.com/properties>

<http://www.fergusonmetals.com/techdata.htm>

<http://www.azom.com>

http://www.aksteel.com/pdf/markets_products/stainless

<http://www.alleghenyrodney.com>

http://www.nks.com/nks/material_data_sheets

<http://www.alleghenyludlum.com>

<http://www.supplieronline.com>

<http://www.me.unlv.edu>

<http://www.ahmsa.com/Acero/Productos/HandbookAHMSA.pdf>

<http://www.metalmecanica.com>