



METALES:

- **FERROSOS**
- **NO FERROSOS**

Fuente: Mikell P. Groover, Fundamentos de
manufactura moderna

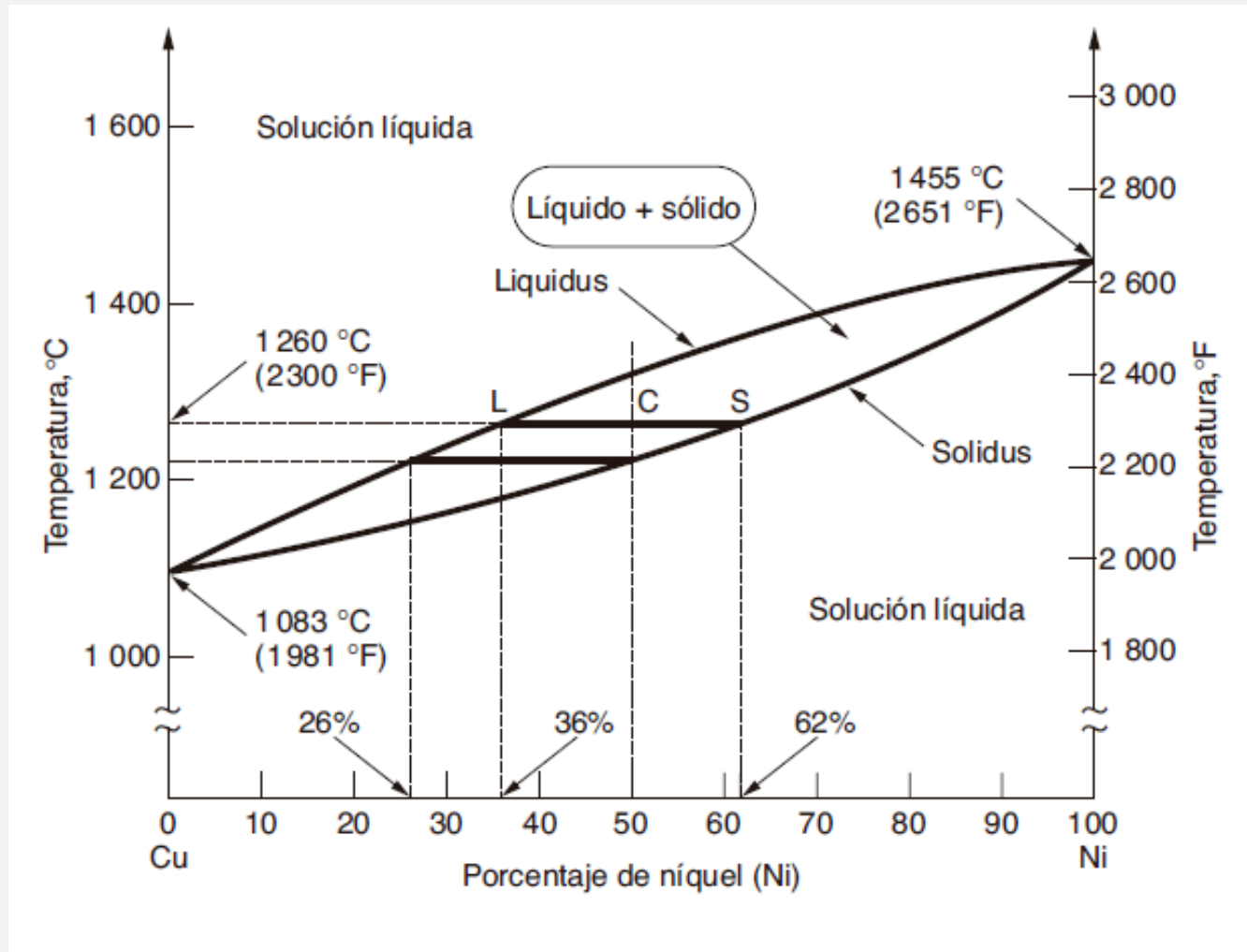
PROPIEDADES DE LOS METALES

- RIGIDEZ Y RESISTENCIA ELEVADA
- TENACIDAD
- CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA BUENA
- CONDUCTIVIDAD TÉRMICA BUENA

ALEACIONES Y DIAGRAMAS DE FASE



EL SISTEMA DE ALEACIÓN COBRE-NÍQUEL

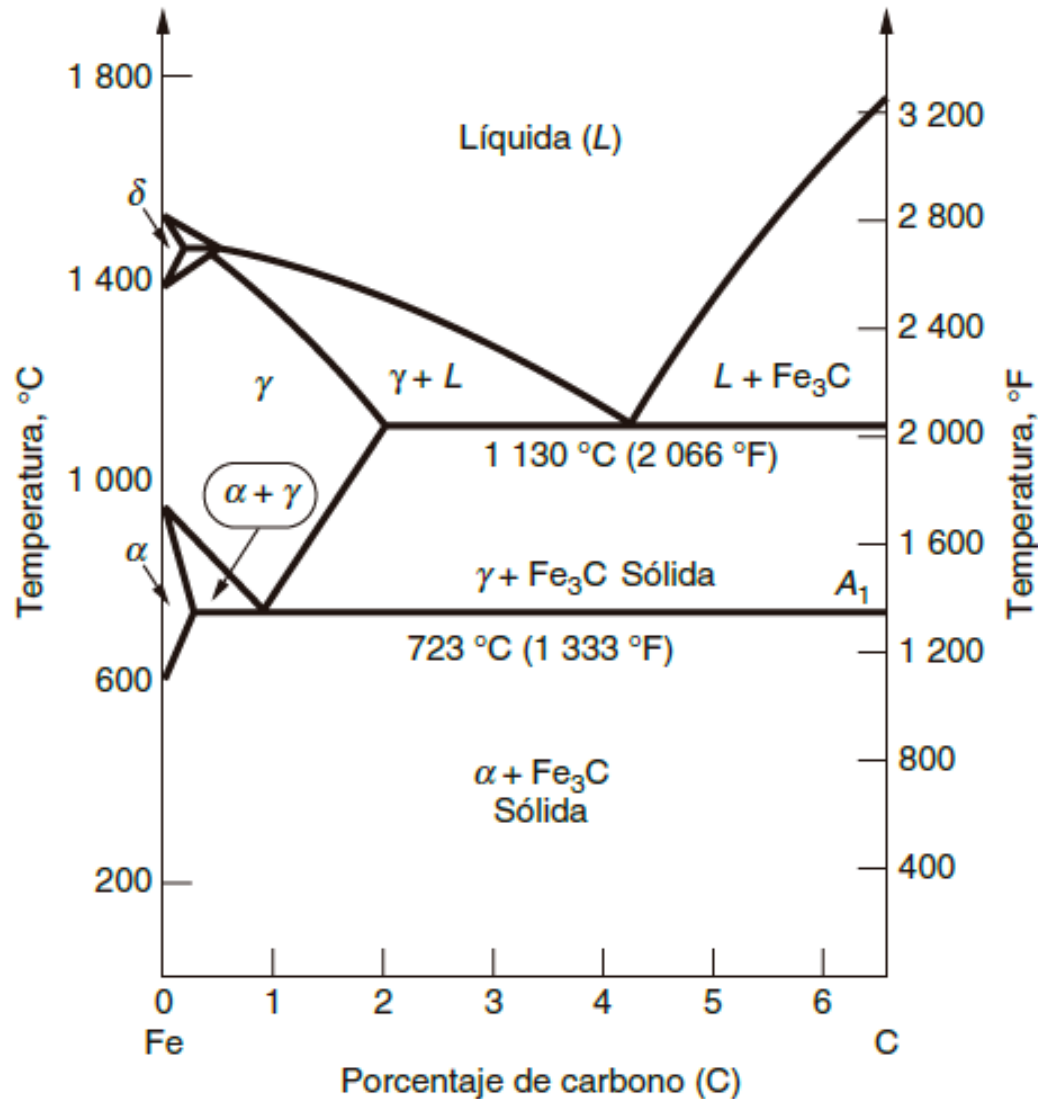


METALES FERROSOS

| | |
|------------------------|---|
| Símbolo: | Fe |
| Número atómico: | 26 |
| Gravedad específica: | 7.87 |
| Estructura cristalina: | BCC |
| Temperatura de fusión: | 1 539 °C (2 802 °F) |
| Módulo de elasticidad: | 209 000 MPa (30×10^6 lb/in ²) |

| | |
|------------------------|--|
| Mineral principal: | <i>Hematita</i> (Fe ₂ O ₃) |
| Elementos de aleación: | Carbono; también cromo, manganeso, níquel, molibdeno, vanadio y silicio. |
| Aplicaciones comunes: | construcción, maquinaria, automotriz, vías y equipo ferroviario. |

DIAGRAMA DE FASE HIERRO-CARBONO



Fases sólidas

Alpha: temperatura ambiente “ferrita”

Gama: < 912°C “austenita”

Delta: < 1394°C antes de fundición

Acero: 0.02 – 2.1 % Carbono

Hierro colado: 2.1 – 5 % de Carbono



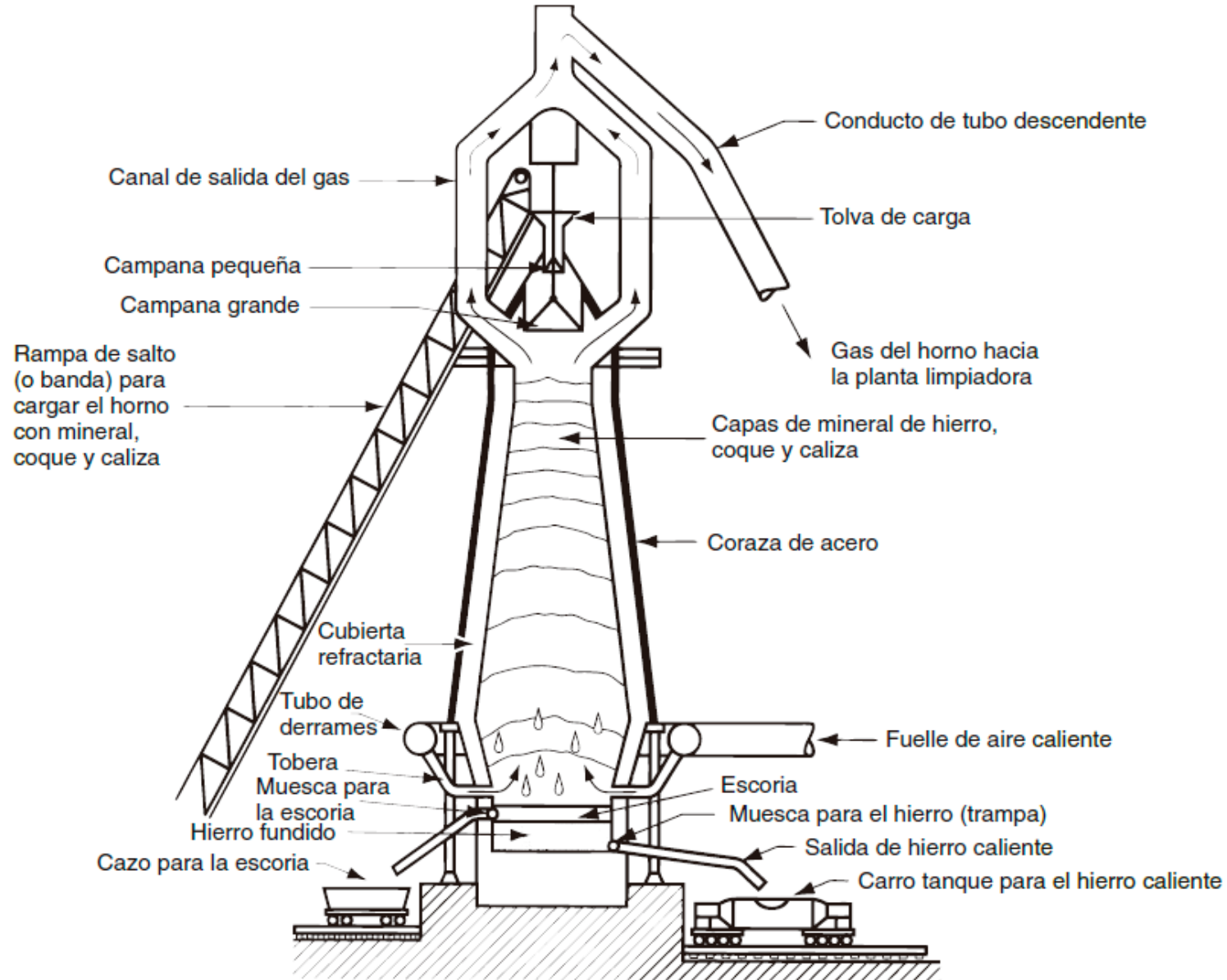
PRODUCCION DE HIERRO Y ACERO

MATERIALES PRESENTES EN LA PRODUCCIÓN

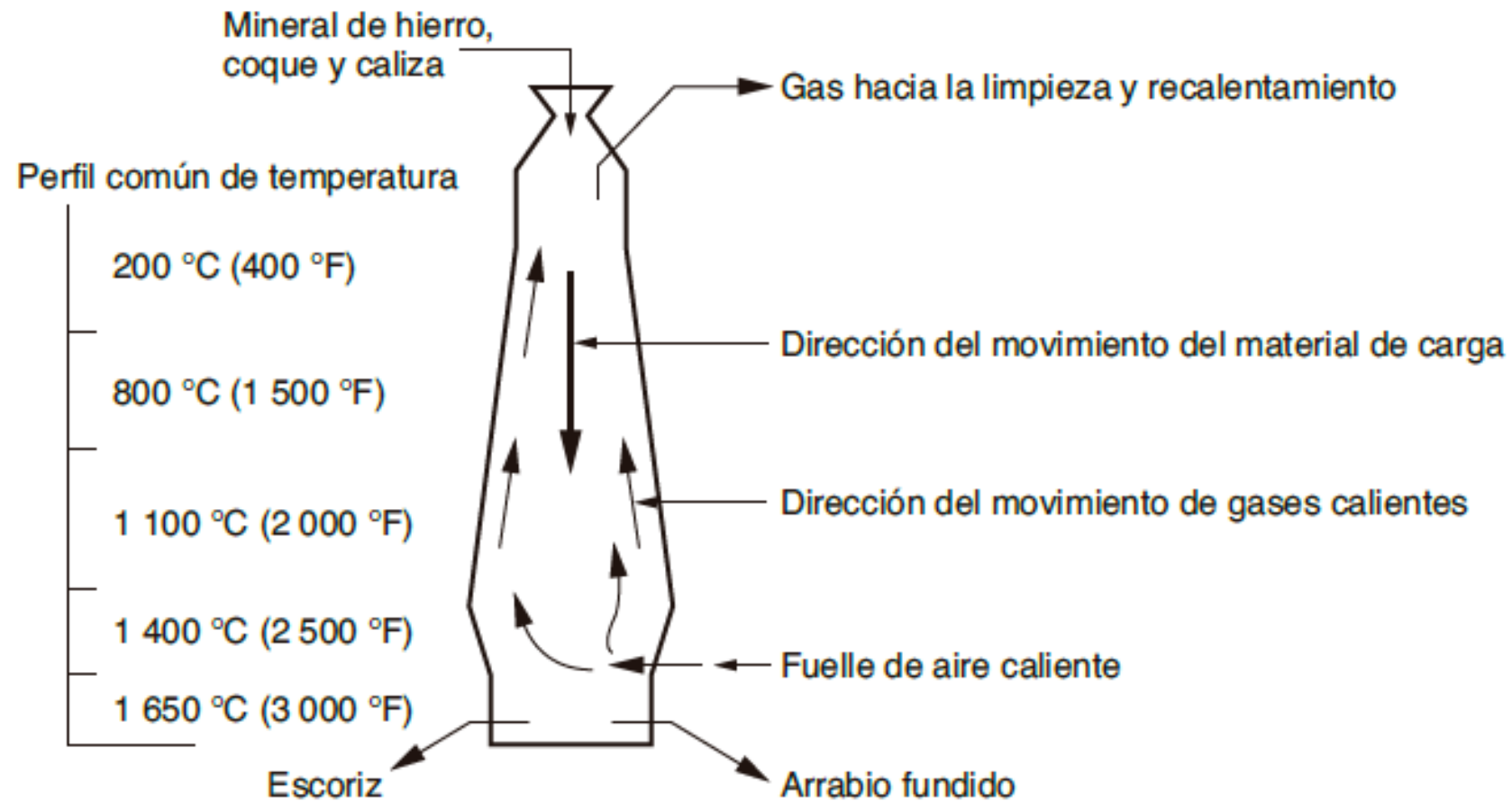
- Extracción del mineral de hierro
- Coque (carbón bituminoso)
- Roca caliza (CaCO_3) carbonato de calcio



FABRICACIÓN DEL HIERRO – ALTO HORNO



Diámetro: 9 – 11 m
Altura: 40 m

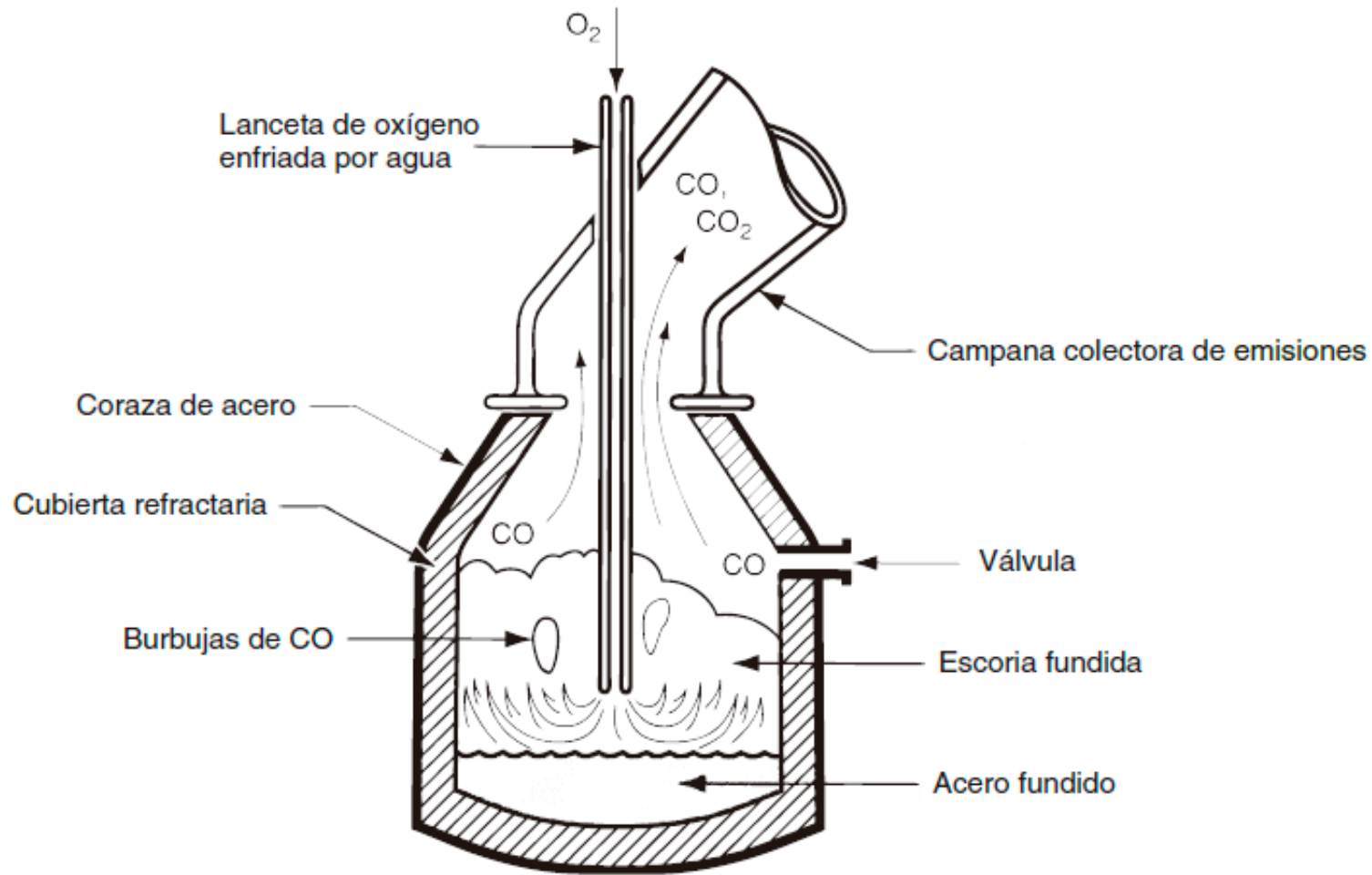


FABRICACIÓN DEL ACERO

- Horno de oxígeno básico BOF (adaptación al convertidor de Bessemer)
- Horno eléctrico



HORNO DE OXÍGENO BÁSICO BOF



Diametro: 5m

Dist. lanceta y acero: 1.5m

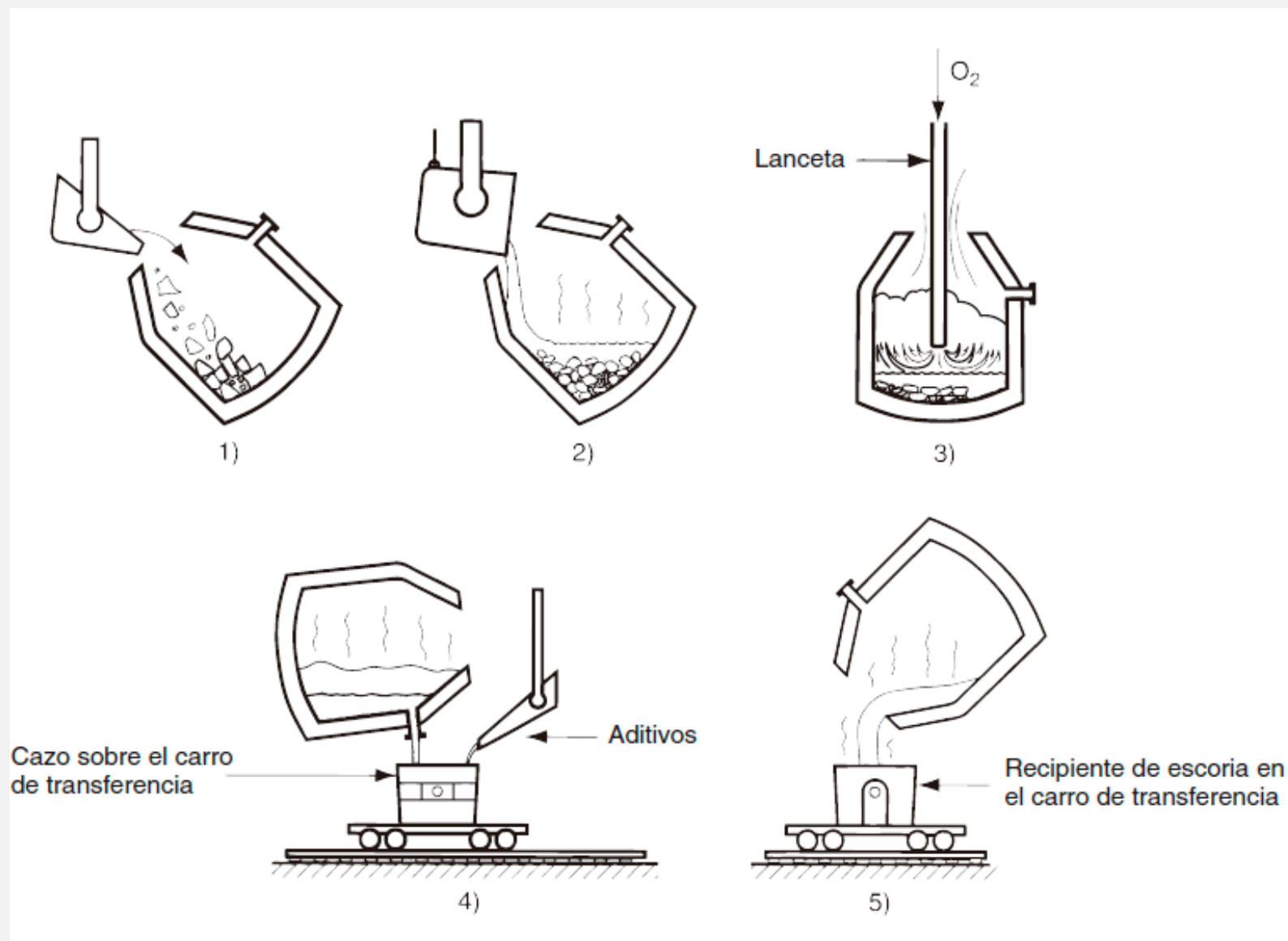
Capacidad aprox: 200 ton.

Tiemp: 45min

Se agrega:

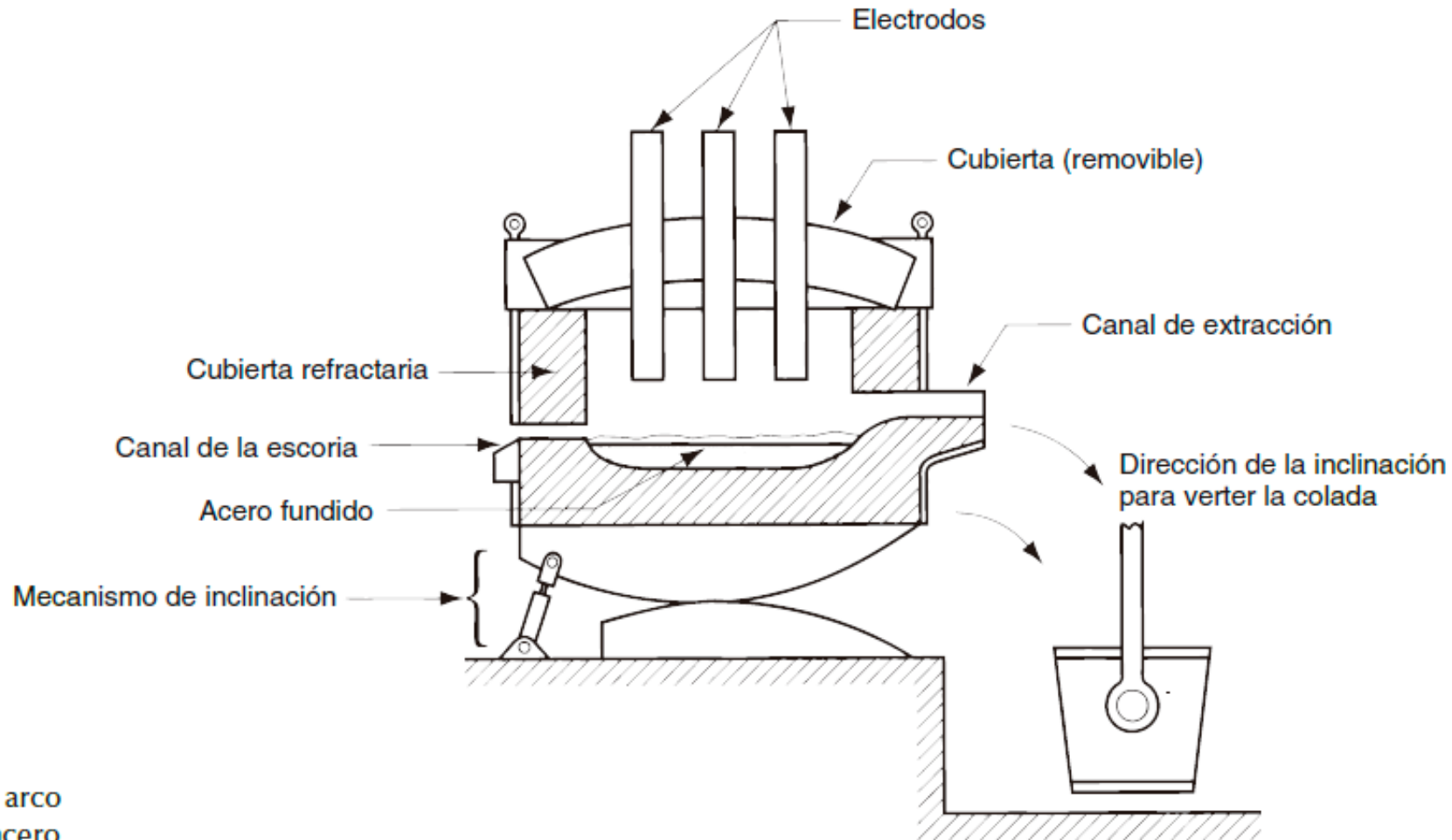
- 30% chatarra de acero
- Arrabio
- Cal (CaO)
- O_2 a alta velocidad desde lanceta

SECUENCIA DEL CICLO DE PROCESAMIENTO DEL BOF



- 1) Carga de chatarra
- 2) Arrabio
- 3) Soplado
- 4) Extracción del acero fundido
- 5) Vaciado de la escoria

HORNO DE ARCO ELÉCTRICO



Horno de arco
a fabricar acero.

Capac. aprox: 25– 100 ton.
Tiemp: 2 hrs fundición –
4hrs extracción.

Se agrega:

- 30% chatarra de acero y hierro
- Caliza fundente
- Ingredientes de aleación

CATEGORÍAS DE LOS ACEROS

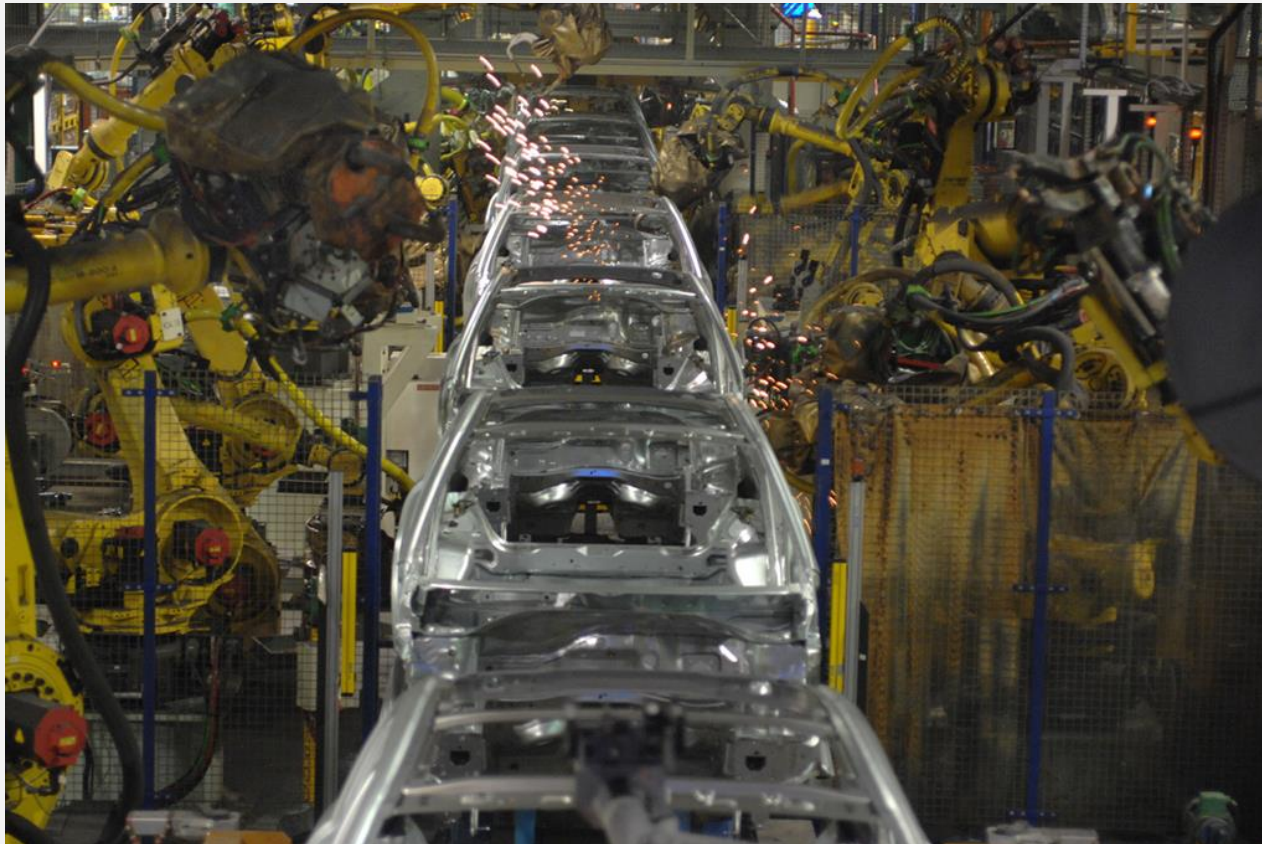
- 1) aceros al carbón simples,
- 2) aceros bajos de aleación
- 3) aceros inoxidables y
- 4) aceros para herramientas

ACEROS AL CARBONO 10XX

- ***Aceros al bajo carbono.*** Contienen menos del 0.20% de C
- ***Aceros al medio carbono.*** Su contenido de carbono varía entre 0.20% y 0.50%
- ***Aceros al alto carbono.*** Contienen carbono en cantidades superiores a 0.50%

ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

- Son aleaciones de hierro-carbono que contienen elementos adicionales en cantidades que totalizan menos de 5% del peso.



ALEACIONES

- El **cromo** (Cr) mejora la resistencia, dureza, resistencia al desgaste y dureza en caliente.
- El **manganeso** (Mn) mejora la resistencia y dureza del acero. Cuando éste se encuentra caliente, la templabilidad mejora con el aumento de manganeso.
- El **molibdeno** (Mo) incrementa la tenacidad y dureza en caliente. También mejora la templabilidad y forma carburos que dan resistencia al desgaste.
- El **níquel** (Ni) mejora la resistencia, la tenacidad y resistencia a la corrosión.
- El **vanadio** (V) inhibe el crecimiento de granos durante el procesamiento a temperaturas elevadas, lo cual mejora la resistencia y tenacidad del acero.

Designaciones AISI-SAE de los aceros.

| Código | Nombre del acero | Análisis químico nominal, % | | | | | | | |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|
| | | Cr | Mn | Mo | Ni | V | P | S | Si |
| 10XX | Al carbono | | 0.4 | | | | 0.04 | 0.05 | |
| 11XX | Resulfurado | | 0.9 | | | | 0.01 | 0.12 | 0.01 |
| 12XX | Resulfurado, refosforado | | 0.9 | | | | 0.10 | 0.22 | 0.01 |
| 13XX | Manganeso | | 1.7 | | | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 20XX | Aceros al níquel | | 0.5 | | 0.6 | | 0.04 | 0.04 | 0.2 |
| 31XX | Níquel-cromo | 0.6 | | | 1.2 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 40XX | Molibdeno | | 0.8 | 0.25 | | | 0.04 | 0.04 | 0.2 |
| 41XX | Cromo-molibdeno | 1.0 | 0.8 | 0.2 | | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 43XX | Ni-Cr-Mo | 0.8 | 0.7 | 0.25 | 1.8 | | 0.04 | 0.04 | 0.2 |
| 46XX | Níquel-molibdeno | | 0.6 | 0.25 | 1.8 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 47XX | Ni-Cr-Mo | 0.4 | 0.6 | 0.2 | 1.0 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 48XX | Níquel-molibdeno | | 0.6 | 0.25 | 3.5 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 50XX | Cromo | 0.5 | 0.4 | | | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 52XX | Cromo | 1.4 | 0.4 | | | | 0.02 | 0.02 | 0.3 |
| 61XX | Cr-vanadio | 0.8 | 0.8 | | | 0.1 | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 81XX | Ni-Cr-Mo | 0.4 | 0.8 | 0.1 | 0.3 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 86XX | Ni-Cr-Mo | 0.5 | 0.8 | 0.2 | 0.5 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 88XX | Ni-Cr-Mo | 0.5 | 0.8 | 0.35 | 0.5 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |
| 92XX | Silicio-manganeso | | 0.8 | | | | 0.04 | 0.04 | 2.0 |
| 93XX | Ni-Cr-Mo | 1.2 | 0.6 | 0.1 | 3.2 | | 0.02 | 0.02 | 0.3 |
| 98XX | Ni-Cr-Mo | 0.8 | 0.8 | 0.25 | 1.0 | | 0.04 | 0.04 | 0.3 |

ACEROS INOXIDABLES

- Grupo altamente aleado
- Resistencia a la corrosión
- Elemento principal de aleación es el cromo 15%
- Níquel otro elemento aleante que evita la corrosión
- Resistente y dúctil

GRUPOS INOXIDABLES TRADICIONALES

- ***Inoxidables austeníticos.*** Su composición normal es de alrededor de 18% de Cr y 8% de Ni, y son los más resistentes a la corrosión.
- ***Inoxidables ferríticos.*** Contienen de 15% a 20% de cromo, poco carbono y nada de níquel.
- ***Inoxidables martensíticos.*** Tienen un contenido de carbono más elevado que los ferríticos, lo que permite que se les dé resistencia por medio de tratamiento térmico. Tienen hasta 18% de Cr pero nada de Ni.

Composiciones y propiedades mecánicas de aceros inoxidables seleccionados.

| Tipo | Análisis químico, % | | | | | | Resistencia a la tensión | | Elongación, % |
|------------------|---------------------|----|----|------|----|-------------------|--------------------------|--------------------|---------------|
| | Fe | Cr | Ni | C | Mn | Otro ^a | MPa | lb/in ² | |
| Austenítico | | | | | | | | | |
| 301 | 73 | 17 | 7 | 0.15 | 2 | | 620 | 90 000 | 40 |
| 302 | 71 | 18 | 8 | 0.15 | 2 | | 515 | 75 000 | 40 |
| 304 | 69 | 19 | 9 | 0.08 | 2 | | 515 | 75 000 | 40 |
| 309 | 61 | 23 | 13 | 0.20 | 2 | | 515 | 75 000 | 40 |
| 316 | 65 | 17 | 12 | 0.08 | 2 | 2.5 Mo | 515 | 75 000 | 40 |
| Ferrítico | | | | | | | | | |
| 405 | 85 | 13 | — | 0.08 | 1 | | 415 | 60 000 | 20 |
| 430 | 81 | 17 | — | 0.12 | 1 | | 415 | 60 000 | 20 |
| Martensítico | | | | | | | | | |
| 403 | 86 | 12 | — | 0.15 | 1 | | 485 | 70 000 | 20 |
| 403 ^b | 86 | 12 | — | 0.15 | 1 | | 825 | 120 000 | 12 |
| 416 | 85 | 13 | — | 0.15 | 1 | | 485 | 70 000 | 20 |
| 416 ^b | 85 | 13 | — | 0.15 | 1 | | 965 | 140 000 | 10 |
| 440 | 81 | 17 | — | 0.65 | 1 | | 725 | 105 000 | 20 |
| 440 ^b | 81 | 17 | — | 0.65 | 1 | | 1 790 | 260 000 | 5 |

Recopilado a partir de la referencia [9].

^a Todos los grados de la tabla contienen cerca de 1% (o menos) de silicio más cantidades pequeñas (muy por debajo del 1%) de fósforo y azufre y otros elementos tales como aluminio.

^b Tratado térmicamente.

ACEROS INOXIDABLES DE ALEACIÓN VARIADA

- ***Aceros inoxidables de precipitación.*** Tienen una composición química típica de 17% de Cr y 7% de Ni, con cantidades pequeñas adicionales de elementos de aleación tales como aluminio, cobre, titanio y molibdeno. (Endurecimiento por precipitación).
- ***Inoxidables dúplex.*** Poseen una estructura que es una mezcla de austenita y ferrita en cantidades aproximadamente iguales.

ACEROS PARA HERRAMIENTAS

- Clase por lo general altamente aleada
- T, M ***Aceros para herramientas de alta velocidad.***
- H ***Aceros de herramientas para trabajos en caliente.***
- D ***Aceros de herramientas para trabajos en frío.***
- W ***Aceros para herramienta de endurecimiento por agua.***
- S ***Aceros de herramientas resistentes a los golpes.***
- P ***Aceros para moldes.***
- L ***Aceros para herramientas de baja aleación.***

Aceros para herramienta con el prefijo de identificación de AISI, con ejemplos de composición y valores comunes de dureza.

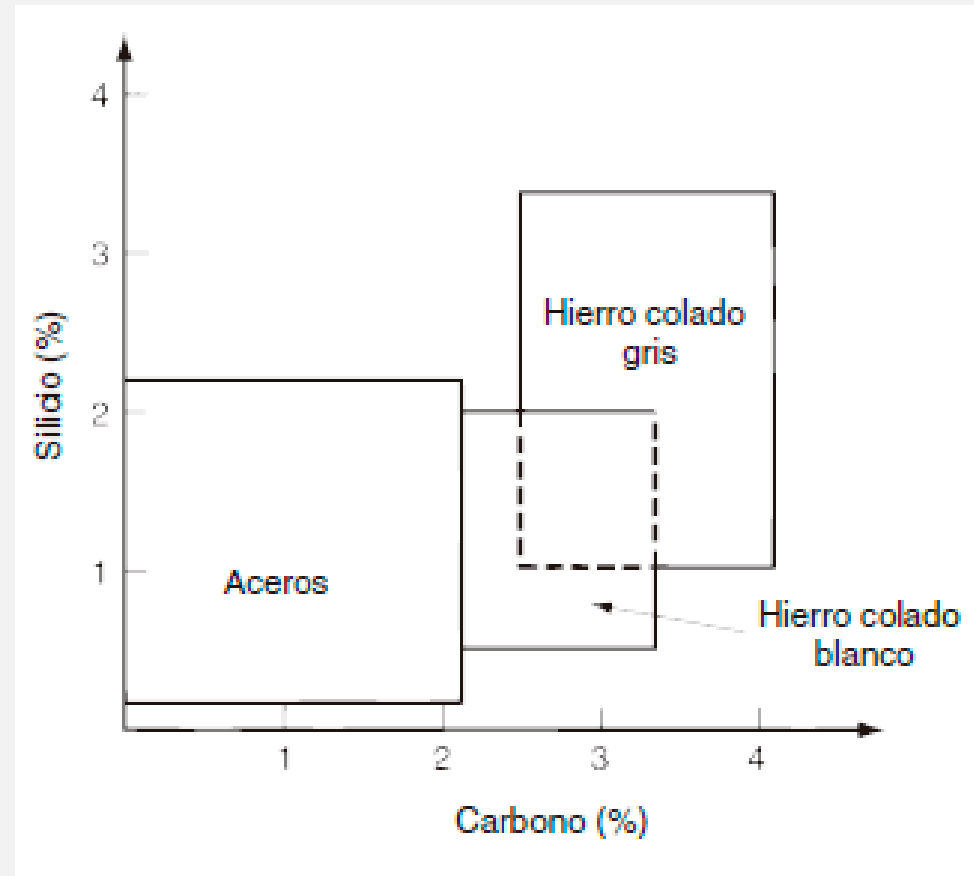
| AISI | Ejemplo | Análisis químico, % ^a | | | | | | | Dureza, HRC |
|------|---------|----------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----------------|
| | | C | Cr | Mn | Mo | Ni | V | W | |
| T | T1 | 0.7 | 4.0 | | | | 1.0 | 18.0 | 65 |
| M | M2 | 0.8 | 4.0 | | 5.0 | | 2.0 | 6.0 | 65 |
| H | H11 | 0.4 | 5.0 | | 1.5 | | 0.4 | | 55 |
| D | D1 | 1.0 | 12.0 | | 1.0 | | | | 60 |
| A | A2 | 1.0 | 5.0 | | 1.0 | | | | 60 |
| O | O1 | 0.9 | 0.5 | 1.0 | | | | 0.5 | 61 |
| W | W1 | 1.0 | | | | | | | 63 |
| S | S1 | 0.5 | 1.5 | | | | | 2.5 | 50 |
| P | P20 | 0.4 | 1.7 | | 0.4 | | | | 40 ^b |
| L | L6 | 0.7 | 0.8 | | 0.2 | 1.5 | | | 45 ^b |

^a Composición porcentual redondeada a la décima más cercana.

^b Dureza estimada.

HIERRO COLADO

- El **hierro colado** es una aleación de hierro que contiene de 2.1% a 4% de carbono, y de 1% a 3% de silicio. Su composición lo hace muy apropiado como metal de fundición.



TIPOS DE HIERRO COLADO

- **Hierro colado gris:** Éste tiene el tonelaje mayor entre los hierros colados. Tiene una composición que va de 2.5% a 4% de carbono y de 1% a 3% de silicio.
- **Hierro dúctil:** Este es un hierro con la composición del gris en el que el metal fundido recibe tratamiento químico antes de vaciarlo para ocasionar la formación de esferoides de grafito en lugar de escamas.
- **Hierro colado blanco:** Se forma por un enfriamiento más rápido del metal fundido después del vertido. (Resistencia al desgaste).
- **Hierro maleable** Cuando las piezas fundidas de hierro colado blanco se tratan térmicamente para separar el carbono de la solución y formar agregados de grafito. (hasta 20% de elongación).
- **Hierros de aleaciones fundidas:** Tratados térmicamente (dureza), resistentes a la corrosión y resistentes al calor.