

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE MATERIALES METÁLICOS-ZUMBA



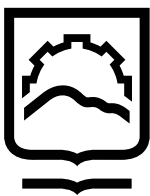
ESPOCH 2024

Ing. Ember Zumba MSc.

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE MATERIALES METÁLICOS - ZUMBA

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE MATERIALES METÁLICOS - ZUMBA

Ember Geovanny Zumba Novay



**Decanato
de Publicaciones**



esPOCH

Introducción a la Ingeniería de Materiales Metálicos - Zumba

©2024 Ember Geovanny Zumba Novay

©2024 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Panamericana Sur, kilómetro 1 ½

Decanato de Publicaciones

Riobamba, Ecuador

Teléfono: 593 (03) 2 998-200

Código Postal: EC0600155

Aval ESPOCH

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego (*peer review*)

Corrección y diseño:

La Caracola Editores

Publicado en Ecuador

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio, sin la previa autorización por escrito de los propietarios del *Copyright*

CDU: 621

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE MATERIALES METÁLICOS- ZUMBA

Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Decanato de Publicaciones, año 2024

152 pp. vol: 17 x 24 cm

ISBN: 978-9942-45-150-7

1. Ingeniería mecánica

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I	11
1.1 INGENIERÍA DE MATERIALES	11
1.1.1. Historia de ingeniería de materiales	11
1.1.2. ¿Qué estudia la ingeniería de materiales?	15
1.1.3. Partes de la ingeniería de materiales y su diferencia con la ciencia de materiales	17
1.1.4. Estructura de los materiales	20
1.1.5. Propiedades de los materiales	25
1.1.6. Estructura de los sólidos cristalinos	34
1.1.7. Partes de la estructura cristalina	35
1.1.8. Estructura cristalina en los metales	40
1.1.9. Estructura cristalina en los cerámicos	43
1.1.10. Estructura de los polímeros	47
1.1.11. Estructura de los semiconductores	49
1.1.12. Imperfecciones en sólidos	52
1.1.13. Defectos en sólidos puntuales	57
1.1.14. Defectos en sólidos lineales	59
1.1.15. Defectos en sólidos de superficie	60
1.1.16. Defectos extendidos	61
1.1.17. Imperfecciones derivadas	62
1.1.18. El enlace atómico	65
1.1.19. Tipos de enlace atómico	65
1.1.20. Estructura Cristalina	67
1.1.21. Propiedades de los metales	68
1.1.22. Propiedades de los Cerámicos	73
1.1.23. Propiedades de los Polímeros	77
1.1.24. Propiedades de los conductores	82
1.1.25. Propiedades de los Semiconductores	84
2. METALES PUROS	87
3. ALEACIONES	88
4. ACEROS MÁS COMUNES	89

5. TIPOS DE ACEROS	92
6. DIAGRAMA DE FASES	92
6.1. Diagrama de fase binario (dos componentes)	96
6.2. Sistema hierro carbono	98
7. DIAGRAMA HIERRO CARBONO	100
7.1. Punto eutectoide	102
7.2. Punto eutéctico	104
7.3. Austenita	106
7.4. Ferrita	108
7.5. Perlita	109
7.6. Bainita	111
7.7. Martensita	113
7.8. Cementita	115
7.9. Ledeburita	117
CAPÍTULO II	119
2.1. DIAGRAMA DE FASES Pb-Sn EUTÉCTICO	119
2.2. Ejercicio diagrama de fases Pb-Sn eutéctico	119
2.3. TABLA DE METALES	128
2.4. ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS, AUSTENÍTICOS, MARTENSÍTICOS Y ENDURECIDOS POR PRECIPITACIÓN	129
2.5. APLICACIONES DE SEIS ACEROS	130
2.6. APLICACIONES TÍPICAS DE VARIAS FUNCIONES GRISES, DÚCTILES Y MALEABLES	131
2.7. APLICACIONES TÍPICAS E INTERVALO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS AL CARBONO Y TEMPLADOS EN ACEITE Y REVENIDOS	132
2.8. CLASIFICACIÓN DE ALEACIONES FERROSAS	133
2.10. CLASIFICACIÓN DE ALEACIONES FERROSAS	133
2.11 ACEROS DE BAJO CARBONO	134
2.12. COMPOSICIONES DE ACEROS AISI – SAE SELECCIONADOS	135
2.13. ELEMENTO – EFECTO DE DIFERENTES ELEMENTOS DE UNA ALEACIÓN	135
TABLAS	139
REFERENCIAS	141

DEDICACIÓN

A Dios, fuente de inspiración y guía en cada paso de este camino llamado vida.

A mi amada mamita Mgs. Delia Novay Torres, hermano Dr. Fernando Zumba y mi hijo Jhair Zumba por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios que hicieron posible este logro.

A mis apreciados estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica, quienes han sido la razón por la cual cada día me esfuerzo por ser un mejor educador y guía en su formación académica y personal.

Que este libro sea una herramienta útil en su aprendizaje y desarrollo profesional, y que inspire a seguir persiguiendo el conocimiento y la excelencia en el campo de la Ingeniería Mecánica.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería de materiales desempeña un papel fundamental en la revolución tecnológica y el desarrollo industrial, siendo una disciplina esencial para el diseño, desarrollo y aplicación de materiales con propiedades específicas. Su importancia radica en la capacidad para comprender y manipular las estructuras atómicas y moleculares de los materiales, lo que permite optimizar sus propiedades para cumplir con los requisitos de diversas aplicaciones. Desde la invención de nuevas aleaciones metálicas hasta la creación de materiales compuestos avanzados, la ingeniería de materiales ha impulsado avances significativos en una variedad de campos.

El objetivo principal de la ingeniería de materiales es entender cómo los materiales se estructuran a nivel atómico y molecular, cómo se procesan y cómo pueden mejorar sus propiedades. Esto implica investigar y desarrollar nuevos materiales, así como mejorar los materiales existentes para que sean más resistentes, livianos, duraderos, conductores, térmicamente eficientes o cualquier otra propiedad deseada. En la actualidad los ingenieros de materiales trabajan en una amplia gama de industrias, entre ellas la industria aeroespacial, automotriz, electrónica, energética, médica y de construcción.

Esta área de la ingeniería es crucial en el campo industrial por varias razones que se detallan a continuación:

Desarrollo de nuevos materiales. - La ingeniería de materiales se enfoca en el análisis, investigación y el desarrollo de nuevos materiales con propiedades específicas (mecánicas, térmicas, eléctricas, dureza, tenacidad, resistencia, elasticidad, ductilidad, maleabilidad, entre otras) para satisfacer las necesidades de las aplicaciones industriales. Los nuevos materiales pueden mejorar la eficiencia y la calidad de los productos, reducir costos, disminuir el peso de los componentes, y mejorar la seguridad y la durabilidad de los productos.

Selección de materiales.- Los ingenieros de materiales pueden seleccionar el mejor material para una aplicación en particular, así como su disponibilidad y costo.

Optimización de procesos.- La ingeniería de materiales también se enfoca en el desarrollo y optimización de procesos de fabricación de materiales y com-

ponentes, lo que puede mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de la producción industrial.

Control de calidad.- La ingeniería de materiales también se encarga de realizar pruebas y evaluaciones para asegurar que los materiales y componentes cumplan con los estándares de calidad y seguridad requeridos (cumpliendo normas y especificaciones técnicas).

Mejora de la sostenibilidad.- La ingeniería de materiales también puede contribuir a mejorar la sostenibilidad de la producción industrial, desarrollando materiales más resistentes y duraderos, que requieren menos mantenimiento y que se pueden reciclar y reutilizar.

En la actualidad se presenta un resumen de los aspectos y la descripción que tiene ingeniería de materiales.

Aspecto	Descripción
Definición	La ingeniería de materiales es una rama de la ingeniería que se enfoca en la relación entre las propiedades de los materiales y su estructura a nivel atómico y molecular.
Objetivo	El objetivo principal es desarrollar y diseñar materiales con propiedades específicas para aplicaciones en la industria y la tecnología.
Importancia	Juega un papel crucial en diversas industrias, como la aeroespacial, la automotriz, la electrónica y la construcción, al proporcionar materiales con características óptimas para cada aplicación.
Propiedades	Comprende el estudio de propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas de los materiales, así como su comportamiento bajo diferentes condiciones.
Historia	La ingeniería de materiales tiene sus raíces en la antigüedad, pero ha experimentado un rápido avance en el siglo XX con el desarrollo de nuevos materiales y técnicas de procesamiento.
Desafíos	Enfrenta desafíos como la búsqueda de materiales más resistentes, ligeros y sostenibles, así como la gestión de los impactos ambientales y sociales de la producción de materiales.
Aplicaciones	Se aplica en la creación de aleaciones metálicas, polímeros, cerámicos y materiales compuestos utilizados en una amplia gama de productos y tecnologías.

La ingeniería de materiales permite a los ingenieros seleccionar y utilizar los materiales más adecuados para cada aplicación en particular, lo que resulta en productos más seguros, duraderos y rentables bajo normativas.

Norma	Organización	Descripción
ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC)	ASME	Conjunto de normas que establecen los requisitos para el diseño, fabricación e inspección de recipientes a presión y calderas.
ASTM A36	ASTM	Especificación estándar para acero al carbono estructural.
ASTM D638	ASTM	Método de prueba estándar para la resistencia a la tracción de plásticos.
ASTM E8	ASTM	Método de prueba estándar para la tensión de materiales metálicos.
ASME B31.1	ASME	Código de tuberías de energía, que establece requisitos para el diseño, construcción e inspección de sistemas de tuberías en centrales eléctricas y plantas de energía.
ASME B16.5	ASME	Estándar de dimensionamiento de bridas de tuberías.
ASTM D790	ASTM	Método de prueba estándar para la flexión de materiales plásticos.
ASTM E18	ASTM	Método de prueba estándar para la dureza Rockwell de materiales metálicos.
ASME B31.3	ASME	Código de tuberías de proceso, que establece requisitos para el diseño, construcción e inspección de sistemas de tuberías en plantas químicas y de procesos.
ASTM E112	ASTM	Método de prueba estándar para determinar el tamaño de grano de los metales.

Ejemplos (material - aplicaciones)

Material	Ejemplos de Aplicaciones
ASTM A36 (Acero estructural)	Estructuras de edificios y puentes, componentes de maquinaria, estructuras de transporte.
ASTM A53 (Tubo de acero al carbono)	Sistemas de tuberías para la industria petrolera, sistemas de plomería.
ASTM A276 (Acero inoxidable)	Componentes de maquinaria, equipos para la industria alimentaria y farmacéutica, herramientas.
ASTM A500 (Tubo de acero estructural)	Estructuras de soporte, pasamanos, barandas, columnas.
ASTM A615 (Acero de refuerzo)	Refuerzo de hormigón en construcción de edificios, puentes y estructuras.
AISI 304 (Acero inoxidable austenítico)	Equipos de cocina, tanques de almacenamiento, aplicaciones arquitectónicas.
AISI 1018 (Acero al carbono)	Componentes de máquinas, ejes, pernos, tuercas.
AISI 4140 (Acero aleado)	Ejes de transmisión, engranajes, herramientas de corte, ejes de máquinas.
ASTM A653 (Chapa de acero galvanizado)	Techos y paredes de edificios, fabricación de muebles metálicos, carrocerías de vehículos.
ASTM A123 (Recubrimiento galvanizado en caliente)	Estructuras metálicas, postes de iluminación, barandillas

CAPÍTULO I

1.1. INGENIERÍA DE MATERIALES

1.1.1. HISTORIA DE INGENIERÍA DE MATERIALES

La historia de la ingeniería de materiales es un campo fascinante que se remonta a miles de años atrás. A lo largo de la historia, los seres humanos han utilizado y manipulado una amplia variedad de materiales para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida. A continuación, se presenta un resumen de los hitos más importantes en el desarrollo de la ingeniería de materiales. Rangel (1987)

Figura 1.1. Historia de la ingeniería de materiales



Fuente: Autor

Nota: La figura es adaptada luego de una revisión bibliográfica

Edad de Piedra

Los primeros seres humanos descubrieron cómo utilizar la piedra como herramienta y arma, inicio la era de la ingeniería de materiales. Durante este período, se utilizaron materiales como la piedra, la madera y los huesos para fabricar herramientas simples. Historia (1996)

Edad del Cobre, Bronce y Hierro

Con el descubrimiento y desarrollo de la metalurgia, los seres humanos aprendieron a trabajar con metales como el cobre, el bronce y el hierro. Esto

permitió la fabricación de herramientas y armas más resistentes y duraderas, y marcó un importante avance en la ingeniería de materiales.

Edad Media

Durante la Edad Media, se desarrollaron técnicas de fabricación de acero, lo que permitió la producción de armas y armaduras más fuertes y efectivas. También se introdujeron nuevos materiales como el vidrio y la cerámica, que se utilizaron en la construcción y la fabricación de objetos decorativos.

Revolución Industrial

La Revolución Industrial marcó un punto de inflexión en la ingeniería de materiales. Se desarrollaron nuevas técnicas de fabricación, como la fundición y la laminación, que permitieron la producción a gran escala de materiales como el acero y el hierro. Además, se descubrieron nuevos materiales, como el aluminio, que comenzaron a utilizarse en diversas aplicaciones. Ferros (2022)

Siglo XX

Durante el siglo XX, se produjeron avances significativos en la ingeniería de materiales. Se desarrollaron nuevos materiales sintéticos, como los polímeros, que se utilizaron en una amplia variedad de aplicaciones, desde productos químicos hasta plásticos y fibras. También se produjo un progreso notable en la metalurgia, la cerámica y los materiales compuestos.

Actualidad

En la actualidad, la ingeniería de materiales se ha convertido en un campo altamente especializado y multidisciplinario. Los ingenieros de materiales investigan y desarrollan nuevos materiales con propiedades mejoradas, como mayor resistencia, menor peso y mayor durabilidad. Además, se enfocan en la sostenibilidad y la ecoeficiencia, buscando desarrollar materiales más amigables con el medio ambiente.

La historia de la ingeniería de materiales es una historia de descubrimiento, desarrollo y aplicación de diversos materiales a lo largo del tiempo. Desde la Edad de Piedra hasta la actualidad, los avances en este campo han tenido un impacto significativo en la forma en que vivimos y nos relacionamos con el mundo que nos rodea. Fonseca (1997)

Tabla 1.1. Resumen de la historia

Período	Desarrollo
Antigüedad	Descubrimiento y uso de metales como el cobre y el bronce para herramientas y objetos. Primeros indicios de aleaciones.
Edad Media	Desarrollo de técnicas de fundición y metalurgia. Uso de hierro en la fabricación de armas y herramientas.
Renacimiento	Avances en la metalurgia y la metalurgia de polvos. Descubrimiento de nuevos metales y aleaciones.
Siglo XIX	Inicio de la revolución industrial con la producción en masa de acero. Descubrimiento de la estructura cristalina de los materiales. Desarrollo de la metalurgia extractiva.
Siglo XX	Auge de la metalurgia física y la ciencia de materiales. Descubrimiento y aplicación de polímeros y cerámicas avanzadas. Revolución en la producción de materiales compuestos.
Década de 1950	Desarrollo de aleaciones de titanio para aplicaciones aeroespaciales.
Década de 1960	Auge de los materiales compuestos en la industria aeroespacial.
Década de 1970	Desarrollo de los primeros polímeros de ingeniería.
Década de 1980	Aplicación de materiales cerámicos en dispositivos electrónicos.
Década de 1990	Avances en nanotecnología y nuevos materiales con propiedades avanzadas.
Siglo XXI	Enfoque en materiales sostenibles y reciclables. Avances en la ingeniería de tejidos y biomateriales. Investigación en materiales para la computación cuántica.

Fuente: La tabla es adaptada luego de una revisión bibliográfica

Antigüedad:

- Uso temprano de metales como cobre y bronce para herramientas y objetos.
- Inicio de la metalurgia rudimentaria.

Edad Media:

- Desarrollo de técnicas de fundición y metalurgia.
- Uso extendido de hierro en la fabricación de herramientas y armas.

Renacimiento:

- Avances en metalurgia y metalurgia de polvos.
- Descubrimiento de nuevos metales y aleaciones.

Siglo XIX:

- Revolución industrial con la producción masiva de acero.
- Descubrimiento de la estructura cristalina de los materiales.
- Desarrollo de la metalurgia extractiva.

Siglo XX:

- Auge de la metalurgia física y la ciencia de materiales.
- Descubrimiento y aplicación de polímeros y cerámicas avanzadas.
- Revolución en la producción de materiales compuestos.

Décadas de 1950-1970:

- Desarrollo de aleaciones de titanio para aplicaciones aeroespaciales.
- Auge de los materiales compuestos en la industria aeroespacial.

Décadas de 1970-1980:

- Desarrollo de los primeros polímeros de ingeniería.

Década de 1980:

- Aplicación de materiales cerámicos en dispositivos electrónicos.

Década de 1990:

- Avances en nanotecnología y nuevos materiales con propiedades avanzadas.

Siglo XXI:

- Enfoque en materiales sostenibles y reciclables.
- Investigación en biomateriales y la ingeniería de tejidos.
- Avances en la investigación de materiales para la computación cuántica.

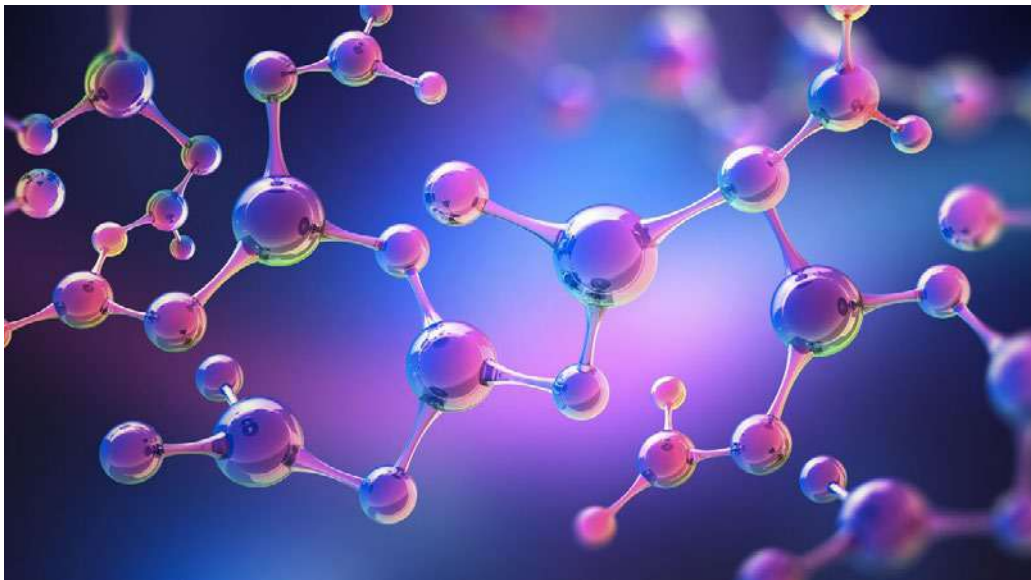
1.1.2. ¿QUÉ ESTUDIA LA INGENIERÍA DE MATERIALES?

La ingeniería de materiales es una rama de la ingeniería que se enfoca en el estudio y diseño de materiales para su uso en una amplia variedad de aplicaciones. Esta disciplina combina principios de ciencia de materiales, física y química para desarrollar y mejorar materiales para su uso en la industria, la medicina, la electrónica, la construcción y otros campos.

Los ingenieros de materiales trabajan en la investigación, desarrollo y producción de materiales para satisfacer las necesidades específicas de una aplicación. Entre las tareas que realizan se encuentran el análisis y evaluación de propiedades de los materiales, la creación de nuevos materiales, el diseño de procesos de producción y la selección de materiales adecuados para una determinada aplicación. Además, la ingeniería de materiales también se enfoca en la mejora de la durabilidad, resistencia, flexibilidad y otras propiedades importantes de los materiales existentes. Innovation (2021)

Entre los materiales que pueden ser estudiados por los ingenieros de materiales se encuentran los metales, polímeros, cerámicos, materiales compuestos, semiconductores, biomateriales y otros materiales avanzados. Montes (2014)

Figura 1.2. Ingeniería de materiales



Fuente: Lisboa (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos

Tabla 1.2. Ejemplos de ingeniería de materiales

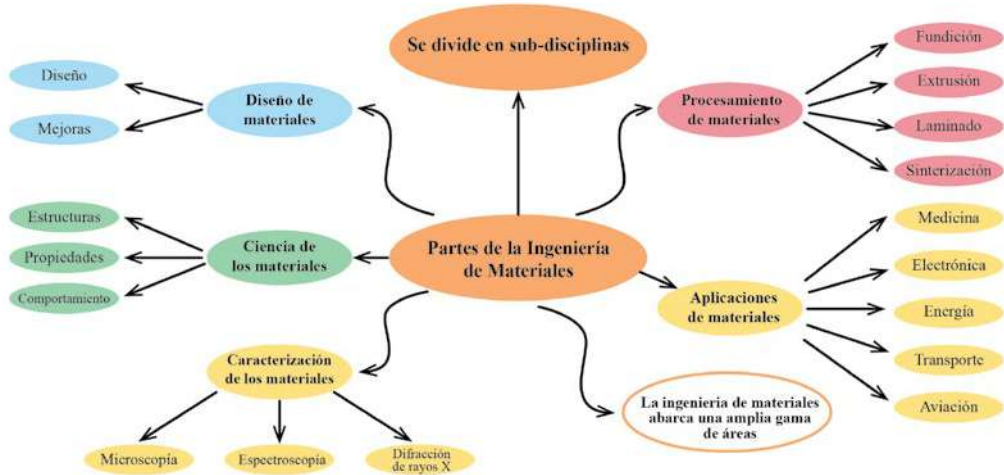
Industria	Aplicaciones
Automotriz	Aleaciones de aluminio para carrocerías ligeras, materiales compuestos para componentes estructurales, aceros avanzados para motores y chasis.
Aeroespacial	Materiales compuestos para fuselajes de aviones y hélices, aleaciones de titanio para componentes de motores, materiales cerámicos para aislamiento térmico.
Electrónica	Semiconductores para microchips, materiales dieléctricos para circuitos impresos, metales conductores para cables y conectores.
Biomédica	Implantes de titanio para huesos, polímeros biocompatibles para prótesis, materiales cerámicos para implantes dentales.
Construcción	Hormigón reforzado con fibra de vidrio para puentes, acero estructural para edificios altos, materiales aislantes térmicos para fachadas.
Energía Renovable	Paneles solares de silicio, turbinas eólicas de fibra de carbono, baterías de iones de litio para almacenamiento de energía.
Electromecánica	Motores eléctricos con bobinados de cobre, imanes permanentes de tierras raras, materiales aislantes para transformadores.
Industria Química	Recipientes de acero inoxidable para productos químicos, tuberías de polímeros reforzados con fibra de vidrio, catalizadores de platino para reacciones químicas.
Tecnología de la Información	Discos duros con recubrimientos de materiales magnéticos, chips de silicio para procesadores, materiales de encapsulación para dispositivos electrónicos.
Metalurgia	Aleaciones de acero inoxidable para aplicaciones de alta temperatura, aluminio y titanio para aplicaciones aeroespaciales, metales preciosos para joyería y electrónica.

Fuente: Autor**Nota:** La tabla es adaptada luego de una revisión bibliográfica

1.1.3. PARTES DE LA INGENIERÍA DE MATERIALES Y SU DIFERENCIA CON LA CIENCIA DE MATERIALES

La ingeniería de materiales se divide en varias subdisciplinas, cada una enfocada en aspectos específicos de los materiales y su uso en aplicaciones particulares. Se presentan algunas de las partes principales de la ingeniería de materiales:

Figura 1.3. Partes de la ingeniería de materiales



Fuente: Autor

Tabla 1.3. Diferencias entre ciencia de materiales - ingeniería de materiales

Característica	Ciencia de Materiales	Ingeniería de Materiales
Enfoque principal	Investigación y comprensión de propiedades, estructuras y comportamientos de los materiales.	Aplicación de principios de ciencia de materiales para diseñar y fabricar productos o mejorar procesos.
Objetivo principal	Comprender la relación entre la estructura, propiedad y rendimiento de los materiales.	Desarrollar materiales para aplicaciones específicas y optimizar el rendimiento de los productos.
Naturaleza de la investigación	Fundamental y exploratoria.	Aplicada y orientada hacia la resolución de problemas específicos de ingeniería.

Métodos de investigación	Experimentación, análisis y modelado teórico.	Diseño de experimentos, pruebas de materiales y simulaciones aplicadas.
Enfoque en la aplicación	Menos orientada hacia la aplicación práctica.	Altamente orientada a la aplicación práctica en la fabricación de productos.
Roles profesionales típicos	Investigadores, científicos de materiales.	Ingenieros de materiales, metalúrgicos, ingenieros de procesos.
Ciclo de vida de los productos	Puede abarcar desde la concepción hasta la producción.	Se centra más en la producción y el rendimiento a lo largo de la vida útil del producto.
Relación con otras disciplinas	Interactúa con la física, química y biología.	Colabora con la ingeniería mecánica, civil, naval, aeronáutica, eléctrica y otras ciencias de la ingeniería.
Tiempo de desarrollo de productos	Puede llevar más tiempo en la fase de investigación y desarrollo.	Se enfoca en desarrollar soluciones de manera más eficiente para aplicaciones específicas.
Ejemplo de aplicación	Desarrollo de nuevos materiales compuestos con propiedades únicas.	Diseño y producción de aleaciones para componentes estructurales en aviones.

Fuente: Autor

Nota: La tabla es construida luego de una revisión bibliográfica en la web.

Ciencia de materiales

Se enfoca en la estructura, propiedades y comportamiento de los materiales a nivel atómico y molecular, y cómo esto afecta a sus propiedades macroscópicas. Incluye el estudio de la cristalografía, la termodinámica, la mecánica cuántica y otras áreas de la física y la química.

Diseño de materiales

Se enfoca en el diseño de nuevos materiales y la mejora de los existentes, principios de ciencia de materiales, tecnología de materiales y diseño mecánico.

Los ingenieros de materiales diseñan materiales con propiedades específicas para cumplir con los requisitos de una aplicación particular.

Procesamiento de materiales

Se enfoca en la producción de materiales en grandes cantidades, técnicas de procesamiento tales como fundición, extrusión, laminado, moldeo por inyección, sinterización, deposición y otros procesos avanzados.

Caracterización de materiales

Se enfoca en la medición y análisis de las propiedades de los materiales, utilizando técnicas como microscopía, espectroscopía, difracción de rayos X y otras técnicas de pruebas de materiales.

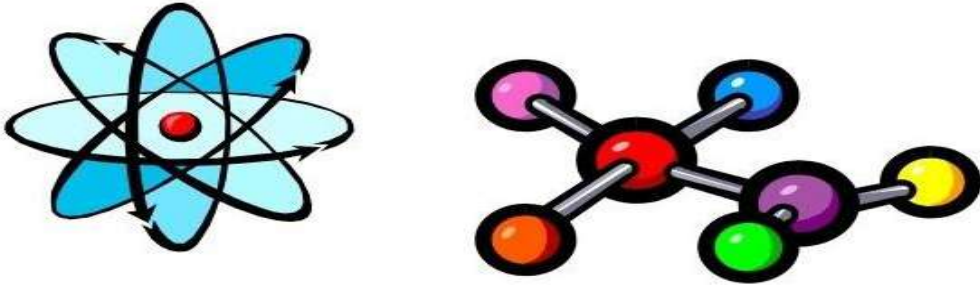
Aplicaciones de materiales

Se enfoca en la aplicación de los materiales en una amplia variedad de campos, como la medicina, la electrónica, la energía, la construcción, la aviación, el transporte y otros sectores.

La ingeniería de materiales es una disciplina interdisciplinaria que abarca una amplia gama de áreas, desde la ciencia de materiales hasta las aplicaciones de materiales, y que utiliza principios de la física, la química, la ingeniería mecánica y otras áreas para diseñar y producir materiales avanzados para una variedad de aplicaciones. Callister (2018)

1.1.4. ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES

Figura 1.4. Átomos - moléculas – iones



Fuente: GoConqr (2013)

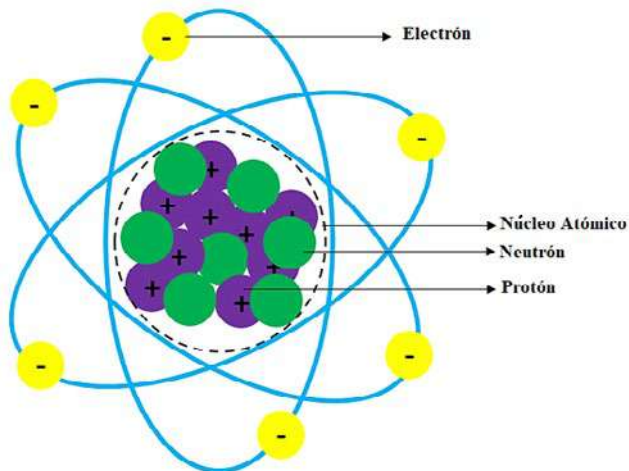
Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La estructura de los materiales se refiere a cómo están organizados los átomos, moléculas y iones dentro del material. La estructura de los materiales puede influir en sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. A continuación, se describen las estructuras de los materiales más comunes:

Estructura atómica

Es la disposición de los átomos dentro de un material y cómo interactúan entre sí. Los átomos pueden estar unidos por enlaces iónicos, covalentes o metálicos.

Figura 1.5. Estructura atómica



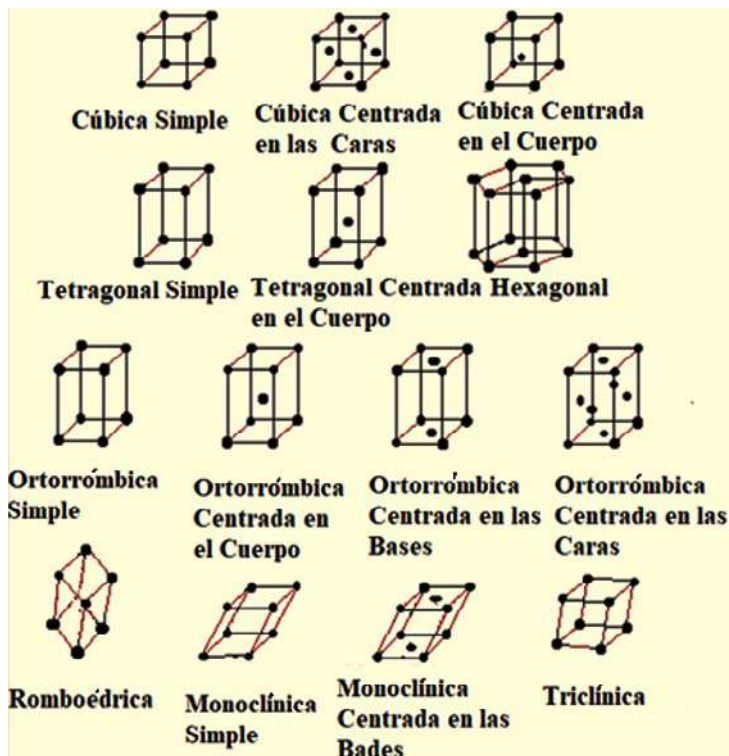
Fuente: Unibetas (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura cristalina

Es una disposición regular y repetitiva de los átomos o moléculas en un material. Los cristales tienen caras planas, bordes y ángulos definidos. La estructura cristalina puede ser cúbica, hexagonal, tetragonal, entre otras formas.

Figura 1.6. Estructura cristalina



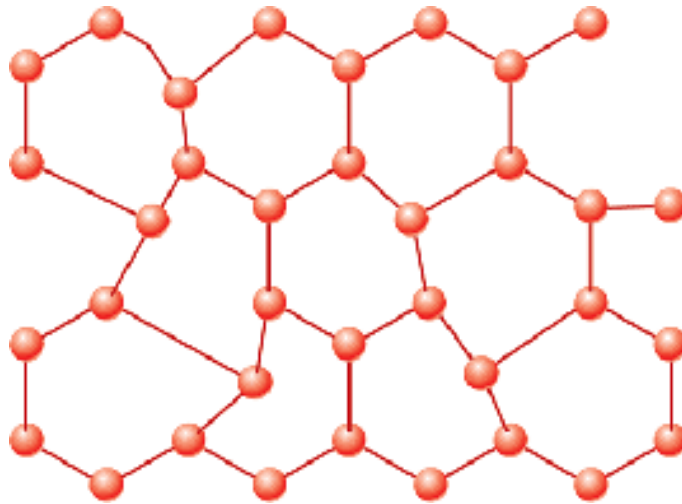
Fuente: Tecnología (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos

Estructura amorfa

Es una disposición aleatoria de átomos o moléculas en un material, sin una estructura cristalina definida. Los materiales amorfos no tienen caras planas ni bordes definidos.

Figura 1.7. Estructura amorfa



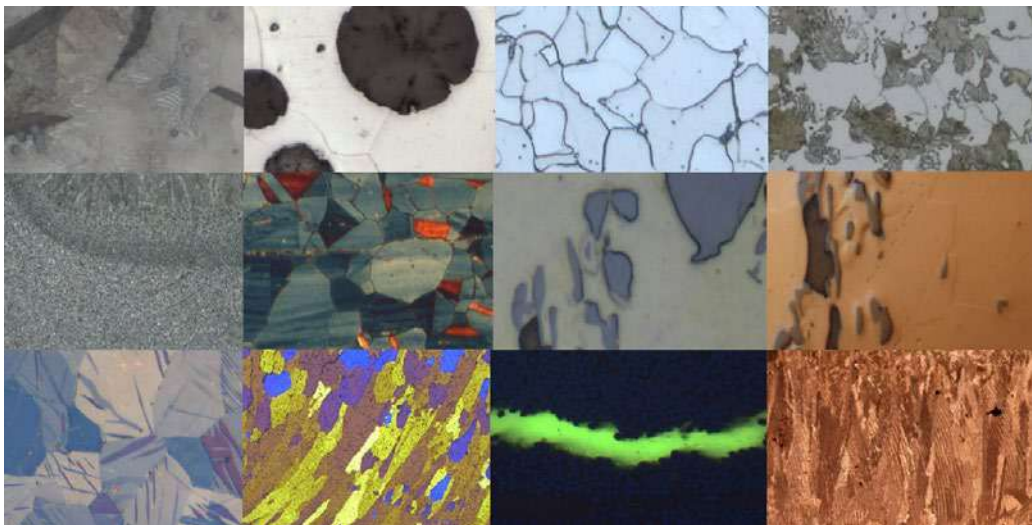
Fuente: Estructuras (2017)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura microscópica

Es la disposición de los granos o cristales dentro de un material. La estructura microscópica puede influir en las propiedades mecánicas del material.

Figura 1.8. Estructura microscópica



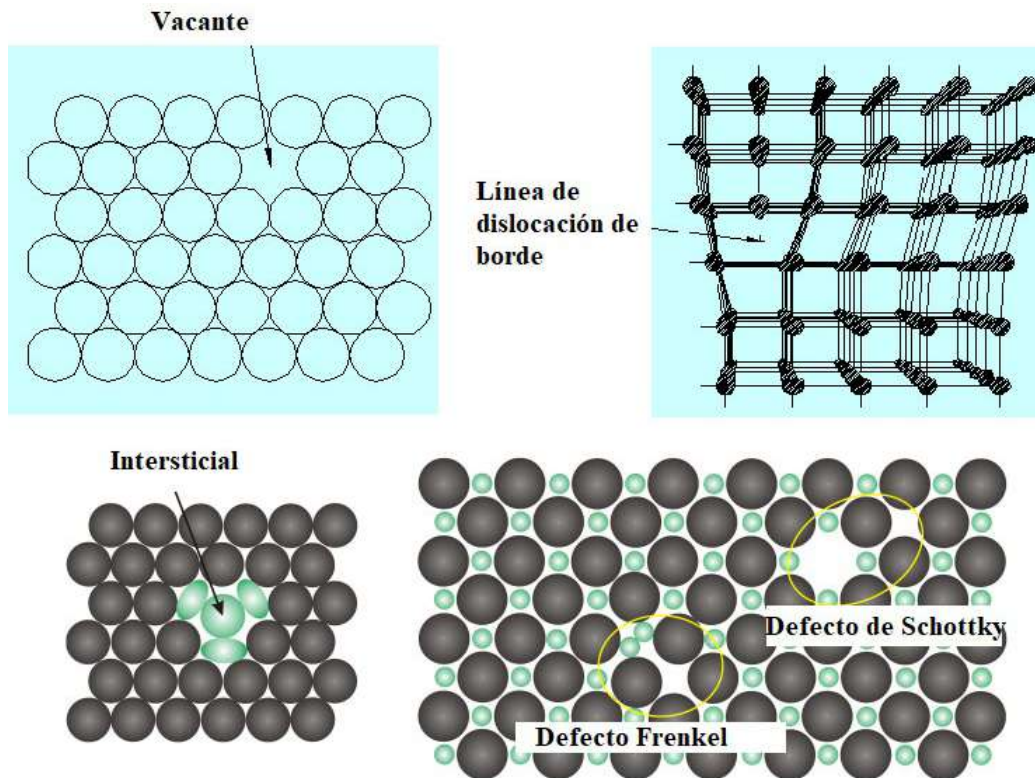
Fuente: Struers (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura de defectos

Son imperfecciones en la estructura cristalina, como vacantes, intersticios, dislocaciones y defectos de borde. Estos defectos pueden afectar las propiedades físicas del material.

Figura 1.9. Estructura de defectos



Fuente: Biblus (2020)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La comprensión de la estructura de los materiales es esencial para el diseño y desarrollo de nuevos materiales y para comprender cómo los materiales se comportan bajo diferentes condiciones. La ingeniería de materiales utiliza técnicas de análisis y pruebas para caracterizar la estructura de los materiales y cómo esta estructura influye en sus propiedades. Saja (2005)

Tabla 1.4. Estructuras comunes en los materiales

Tipo de Estructura	Descripción	Ejemplos
Estructura Atómica	La disposición y el arreglo de átomos en un material. Puede ser cúbica, hexagonal, etc.	Hierro (cúbica centrada en el cuerpo), grafito (hexagonal)
Estructura Cristalina	Los átomos están dispuestos en patrones repetitivos y ordenados en tres dimensiones.	Diamante (cúbica centrada en la cara), sal de mesa (cúbica)
Estructura Amorfa	Falta de un patrón de disposición ordenado; los átomos no siguen una estructura cristalina definida.	Vidrio
Estructura Molecular	Formada por moléculas que pueden tener enlaces débiles o fuertes entre ellas.	Plásticos (polietileno), goma de mascar
Estructura de Grano	Un material policristalino compuesto por muchos granos cristalinos separados por límites de grano.	Aleaciones metálicas, cerámicas policristalinas
Estructura de Fibra	Compuesta por fibras largas y delgadas. Puede ser orientada o desordenada.	Fibra de vidrio, Kevlar (fibra de aramida)
Estructura de Matriz	En materiales compuestos, la matriz es el material que rodea y soporta las fibras o partículas.	Composites de fibra de carbono/epoxi, concreto (cemento/matriz)
Estructura Celular	Compuesta por celdas o poros. Puede ser abierta o cerrada, y afecta propiedades como la densidad y la resistencia.	Espuma de poliuretano, madera
Estructura Nanométrica	A nivel nanométrico, donde las propiedades del material pueden diferir significativamente de las propiedades a mayor escala.	Nanotubos de carbono, nanopartículas metálicas

Fuente: Autor

Nota: La tabla es construida luego de una revisión bibliográfica en la web, se presente en el documento como conocimiento general para el lector.

1.1.5. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades de los materiales se refieren a las características físicas, químicas y mecánicas que describen cómo se comporta un material bajo diferentes condiciones. Algunas de las propiedades de los materiales más comunes incluyen:

Figura 1.10. Propiedades de los materiales



Fuente: Autor

Dureza

Es la resistencia de un material a la deformación o la penetración. La dureza se mide en una escala como la escala de Mohs.

Tabla 1.5. Ejemplos de la escala de Mohs

Material	Dureza en la escala de Mohs
Talco	1
Yeso	2
Calcita	3
Fluorita	4
Apatito	5
Ortosa	6
Cuarzo	7
Topacio	8
Corindón	9
Diamante	10

Fuente: Autor

Nota: La escala de Mohs se utiliza comúnmente para clasificar la dureza relativa de los materiales, donde un material más duro puede rayar a uno más suave, pero no viceversa.

Resistencia

Es la capacidad de un material para soportar una carga sin romperse o deformarse permanentemente.

Tabla 1.6. Ejemplo de materiales para soportar carga

Material	Ejemplos de Resistencia
Acero estructural	Estructuras de edificios y puentes, componentes de maquinaria, vigas y columnas.
Concreto armado	Puentes, presas, edificios, estructuras de contención, pavimentos de carreteras.
Aluminio	Componentes aeroespaciales, estructuras de aviones, marcos de ventanas, bicicletas.
Titanio	Componentes de aviones y naves espaciales, implantes médicos, equipos deportivos.
Fibra de carbono	Componentes de automóviles y bicicletas de alta gama, piezas de equipos deportivos, aviones ligeros.
Polímeros reforzados con fibra	Cascos de vehículos, componentes navales, estructuras de edificios resistentes al impacto.
Hormigón pretensado	Puentes de gran luz, estructuras de techos, silos de almacenamiento, torres de comunicaciones.
Aleaciones de cobre	Tuberías de agua, conductores eléctricos, equipos de refrigeración, partes de maquinaria.
Madera	Vigas de soporte, muebles, construcciones navales, pisos de interior.
Vidrio templado	Ventanas de seguridad, puertas de ducha, mamparas de vidrio, paneles de automóviles.

Fuente: Autor

Nota: La resistencia es una consideración clave para garantizar la integridad estructural y la durabilidad del producto final

Elasticidad

Es la capacidad de un material para deformarse bajo una carga y luego volver a su forma original cuando se quita la carga.

Tabla 1.7. Ejemplo de materiales para deformarse

Material	Ejemplos de Elasticidad
Acero de resorte	Resortes para maquinaria, suspensión de vehículos, herramientas de medición.
Caucho natural	Sellos y juntas, neumáticos de automóviles, amortiguadores.
Polímeros termoplásticos	Botellas de plástico, juguetes flexibles, envases de alimentos.
Polímeros termoestables	Revestimientos de pisos, piezas de interior de automóviles, encapsulamientos de componentes electrónicos.
Poliuretano	Espumas para colchones, almohadas, asientos de automóviles.
Goma de silicona	Sellos y juntas para aplicaciones de alta temperatura, moldes para fundición de metales.
Elastómeros termoplásticos	Tubos y mangueras flexibles, empaques de ventanas y puertas, componentes de equipos deportivos.
Nylon	Cuerdas y cuerdas elásticas, prendas de vestir deportivas, redes de pesca.
PVC flexible	Tuberías flexibles, revestimientos de cables eléctricos, juguetes para niños.
Borracha	Suelas de zapatos, aislantes de vibraciones, acoplamientos para maquinaria.

Fuente: Autor

Nota: La capacidad de estos materiales de deformarse y recuperarse es crucial

Tenacidad

Es la capacidad de un material para resistir la fractura bajo una carga. La tenacidad se mide en términos de energía absorbida antes de la fractura.

Tabla 1.8. Ejemplo de materiales para resistir fractura

Material	Ejemplos de Tenacidad
Acero estructural	Estructuras de edificios y puentes, componentes de maquinaria, vigas y columnas.
Aleaciones de aluminio	Componentes aeroespaciales, carrocerías de automóviles, marcos de ventanas.
Titanio	Componentes de aviones y naves espaciales, implantes médicos, equipos deportivos.
Aceros de alta resistencia	Ejes de vehículos, piezas estructurales para construcción y maquinaria.
Polímeros de ingeniería	Carcasas de teléfonos móviles, componentes de automóviles, juguetes resistentes.
Fibra de carbono	Componentes de automóviles de carreras, palas de turbinas eólicas, raquetas de tenis.
Cerámicas técnicas	Revestimientos de frenos de alta temperatura, componentes de motores, herramientas de corte.
Vidrio reforzado	Paneles de seguridad para edificios, parabrisas de vehículos, aplicaciones marinas.
Hormigón reforzado	Puentes de gran luz, estructuras de techos, muros de contención.
Composites avanzados	Componentes estructurales de aeronaves, cascos de vehículos blindados, tablas de surf.

Fuente: Autor

Nota: La tenacidad es una propiedad importante en una amplia gama de aplicaciones donde se requiere resistencia a la fractura y durabilidad.

Conductividad térmica

Es la capacidad de un material para conducir el calor. Los materiales conductores de calor son buenos para transferir el calor, mientras que los materiales aislantes térmicos son buenos para retener el calor.

Tabla 1.9. Materiales y su capacidad para conducir el calor

Material	Ejemplos de Conductividad Térmica
Cobre	Cables eléctricos, intercambiadores de calor, componentes electrónicos.
Aluminio	Disipadores de calor, utensilios de cocina, marcos de ventanas.
Hierro	Radiadores de calefacción, recipientes de cocina, componentes de motores.
Titanio	Componentes aeroespaciales, implantes médicos, equipamiento deportivo.
Grafeno	Electrónica de alta frecuencia, materiales compuestos avanzados, baterías.
Acero inoxidable	Utensilios de cocina, tanques de almacenamiento, componentes de maquinaria.
Diamante	Herramientas de corte de alta precisión, aplicaciones de refrigeración de alta gama.
Plata	Electrónica de alta potencia, espejos térmicos, contactos eléctricos de alta conductividad.
Silicio	Microchips, células solares, componentes electrónicos de alta temperatura.
Vidrio	Ventanas de doble panel, aislamientos térmicos, recipientes de laboratorio.

Fuente: Autor**Tabla 1.10.** Aislante térmico

Material	Ejemplos de Aislamiento Térmico
Espuma de poliestireno	Aislamiento para edificios, embalaje de productos sensibles al calor, envases de alimentos.
Lana de vidrio	Aislamiento de áticos y paredes, sistemas de calefacción y refrigeración, insonorización.
Fibra de celulosa	Aislamiento ecológico para edificios, productos de construcción sostenibles, empaques biodegradables.
Espuma de poliuretano	Paneles de aislamiento para techos y paredes, puertas y ventanas con aislamiento térmico.

Arcilla expandida	Aislamiento térmico para techos y paredes, lechos de drenaje, material de construcción ligero.
Perlita	Aislamiento para la construcción, lecho de crecimiento de plantas, material de relleno para embalaje.
Espuma de polietileno	Aislamiento para tuberías, cajas refrigeradas, envases de transporte de productos perecederos.
Ladrillo aislante	Ladrillos para paredes exteriores, revestimientos de chimeneas, horno para hornear.
Fibra cerámica	Aislamiento para hornos industriales, sistemas de escape de automóviles, revestimientos de alta temperatura.
Espuma de silicato	Aislamiento para aplicaciones de alta temperatura, aislamiento para tuberías y equipos de procesamiento.

Fuente: Autor

Conductividad eléctrica

Es la capacidad de un material para conducir la electricidad. Los materiales conductores eléctricos son buenos para transferir la electricidad, mientras que los materiales aislantes eléctricos son buenos para bloquear la electricidad.

Tabla 1.11. Conductividad eléctrica

Material	Conductividad Eléctrica
Cobre (Cu)	Alto
Aluminio (Al)	Alto
Oro (Au)	Muy alto
Plata (Ag)	Muy alto
Hierro (Fe)	Moderado
Acero	Moderado
Grafito	Moderado
Agua (H ₂ O)	Baja (como electrolito)
Madera	Baja
Plástico	Baja
Vidrio	Muy baja
Goma	Muy baja

Fuente: Autor

Resistencia a la corrosión

Es la capacidad de un material para resistir la corrosión química y la oxidación.

Tabla 1.12. Resistencia a la corrosión

Material	Resistencia a la Corrosión y Oxidación
Acero inoxidable	Muy alta
Titanio	Muy alta
Aluminio anodizado	Alta
Cobre	Alta
Latón	Alta
Plata	Alta
Oro	Alta
Plástico de polietileno	Alta
Vidrio borosilicato	Alta
Tungsteno	Moderada
Hierro	Moderada

Fuente: Autor

Punto de fusión

Es la temperatura a la que un material cambia de estado sólido a líquido.

Tabla 1.13. Temperatura de fusión de un material

Material	Temperatura de Fusión (°C)
Agua (H ₂ O)	0
Hierro (Fe)	1538
Aluminio (Al)	660
Oro (Au)	1064
Plata (Ag)	961.8
Cobre (Cu)	1084.62
Estaño (Sn)	231.93
Plomo (Pb)	327.5
Mercurio (Hg)	-38.83
Zinc (Zn)	419.53

Níquel (Ni)	1455
Titanio (Ti)	1668
Platino (Pt)	1768
Cromo (Cr)	1907
Magnesio (Mg)	650

Fuente: Autor

Punto de ebullición

Es la temperatura a la que un material cambia de estado líquido a gas.

Tabla 1.14. Cambio de estado de un material de líquido a gas

Material	Temperatura de Ebullición (°C)
Agua (H ₂ O)	100
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	78.37
Acetona (CH ₃ COCH ₃)	56.53
Metanol (CH ₃ OH)	64.7
Gasolina	30-200
Hexano (C ₆ H ₁₄)	68.7
Dióxido de carbono (CO ₂)	-78.5
Amoníaco (NH ₃)	-33.34
Cloro (Cl ₂)	-34.04
Nitrógeno (N ₂)	-195.79
Oxígeno (O ₂)	-183
Hidrógeno (H ₂)	-252.87
Helio (He)	-268.93
Neón (Ne)	-246.08

Fuente: Autor

Densidad

Es la masa de un material por unidad de volumen.

Tabla 1.15. Densidades de los materiales

Material	Densidad (g/cm ³)
Agua (a 4 °C)	1.00
Hierro (Fe)	7.87
Aluminio (Al)	2.70
Oro (Au)	19.32
Plata (Ag)	10.49
Cobre (Cu)	8.96
Plomo (Pb)	11.34
Madera (roble)	0.6 - 0.9
Aire (a 20 °C)	~0.001225
Helio (He)	~0.0001785
Diamante	3.51
Hielo (a 0 °C)	0.92
Mercurio (Hg)	13.53
Titanio (Ti)	4.51
Acero inoxidable	7.8

Fuente: Autor

Comportamiento ante la luz

Es la capacidad de un material para transmitir, reflejar o absorber la luz.

Estas son solo algunas de las propiedades de los materiales más comunes, y hay muchas otras propiedades que pueden ser relevantes para materiales específicos y aplicaciones. Los ingenieros de materiales utilizan técnicas de prueba y análisis para medir y caracterizar estas propiedades de los materiales, lo que les permite diseñar y desarrollar materiales con propiedades específicas para cumplir con los requisitos de las aplicaciones particulares. Colliou (1977)

Tabla 1.16. Materiales y su capacidad para transmitir, reflejar o absorber la luz

Material	Capacidad para Transmitir, Reflejar o Absorber la Luz
Espejo	Refleja la luz
Papel blanco	Refleja la luz
Tela negra	Absorbe la luz
Agua clara	Transmite la luz

Hoja de aluminio pulida	Refleja la luz
Plástico opaco	Absorbe la luz
Diamante	Transmite y refleja la luz
Madera	Absorbe la luz
Espejo unidireccional	Refleja la luz en una dirección específica

Fuente: Autor

1.1.6. ESTRUCTURA DE LOS SÓLIDOS CRISTALINOS

La estructura de los sólidos cristalinos se caracteriza por la repetición regular de átomos, iones o moléculas en una red tridimensional. Esta estructura se llama red cristalina y tiene una disposición espacial altamente ordenada.

La unidad básica de la red cristalina se llama celda unitaria y es la porción más pequeña de la estructura cristalina que puede ser repetida para generar la red cristalina completa. Las celdas unitarias pueden ser cúbicas, tetragonales, ortorrómbicas, hexagonales o romboédricas, dependiendo de la simetría de la estructura.

Las estructuras cristalinas pueden ser clasificadas en siete sistemas cristalinos diferentes, que se basan en la simetría de la celda unitaria. Los sistemas cristalinos son: cúbico, tetragonal, ortorrómbico, romboédrico, hexagonal, trigonal y monoclinico.

Los sólidos cristalinos pueden ser también descritos por su estructura de bandas, que es la forma en que los electrones están distribuidos en la estructura cristalina. La estructura de bandas determina las propiedades eléctricas y ópticas del sólido cristalino.

La estructura de los sólidos cristalinos es altamente ordenada y se caracteriza por la repetición regular de átomos, iones o moléculas en una red tridimensional. La unidad básica de la estructura cristalina es la celda unitaria, y existen siete sistemas cristalinos diferentes que se basan en la simetría de la celda unitaria. La estructura de bandas determina las propiedades eléctricas y ópticas del sólido cristalino. González (2009)

1.1.7. PARTES DE LA ESTRUCTURA CRISTALINA

La estructura de los sólidos cristalinos consta de varias partes importantes, que incluyen:

Figura 1.11. Partes de la estructura cristalina

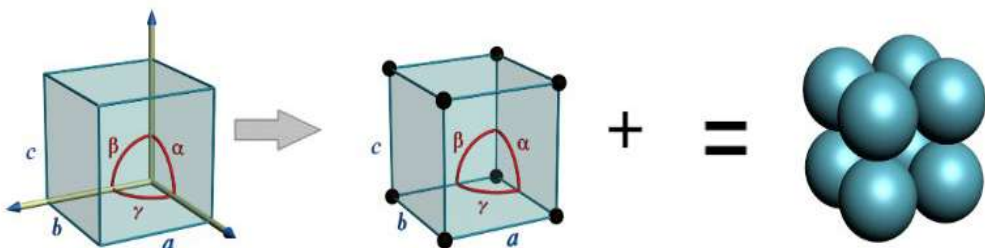


Fuente: Autor

Red Cristalina

Es la disposición tridimensional repetitiva y altamente ordenada de los átomos, iones o moléculas en el sólido cristalino.

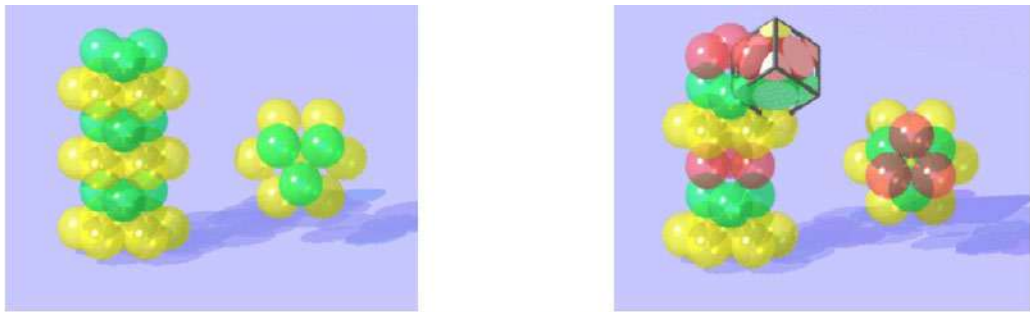
Figura 1.12. Estructura cristalina



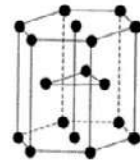
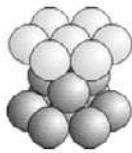
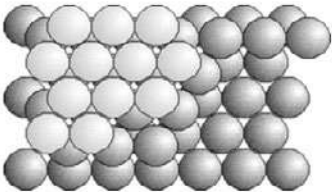
Fuente: Estructuras (2022)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

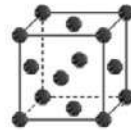
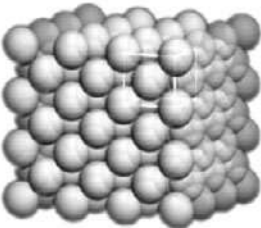
Figura 1.13. Red cristalina



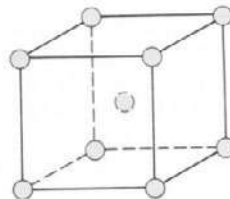
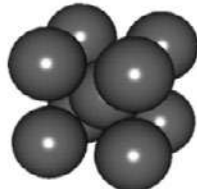
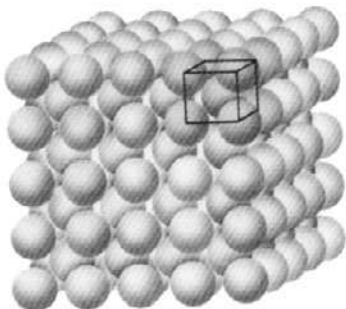
Red hexagonal compacta (HCP)



Red cúbica centrada en las caras (FCC)



Red cúbica centrada en el cuerpo (BCC)

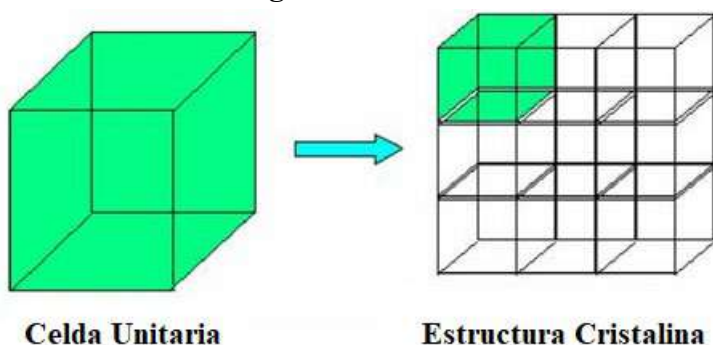


Fuente: Cristalografía (2020)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Celda Unitaria

Es la unidad más pequeña de la estructura cristalina que puede ser repetida para generar la red cristalina completa. La celda unitaria puede ser cúbica, tetragonal, ortorrómbica, romboédrica, hexagonal o trigonal.

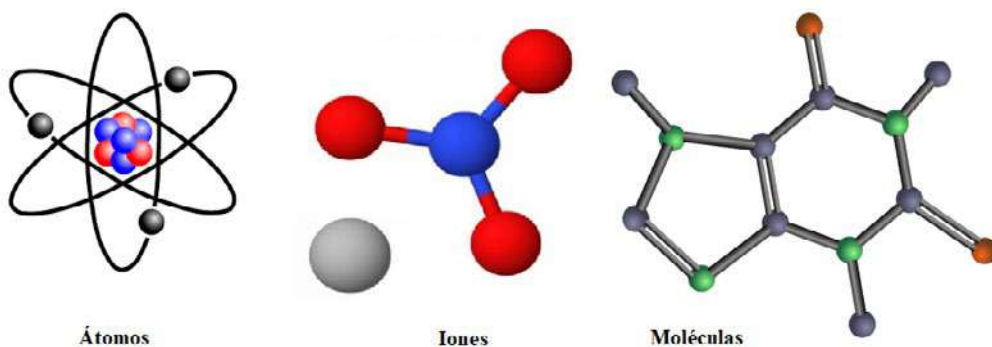
Figura 1.14. Celda unitaria

Fuente: Elecktrona (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Átomos, Iones o Moléculas

Son los componentes básicos que conforman la red cristalina. Estos componentes están dispuestos en la celda unitaria de acuerdo con la simetría de la estructura cristalina.

Figura 1.15. Átomos - iones - moléculas

Fuente: Experimentos (2021)

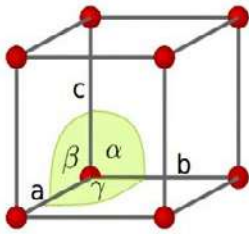
Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Puntos de Red

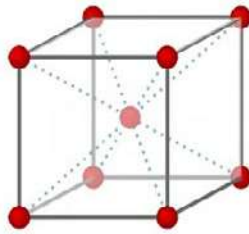
Son los puntos de intersección entre las líneas que conectan los átomos, iones o moléculas en la red cristalina. Cada punto de la red representa un átomo, ion o molécula.

Figura 1.16. Puntos de red
Redes de Bravais en 3D

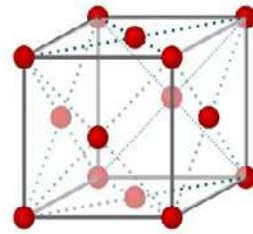
Cúbica



Cúbica Simple (SC)



Centrada en el Cuerpo (BCC)



Centrada en la Cara (FCC)

Fuente: YouTube (2021)

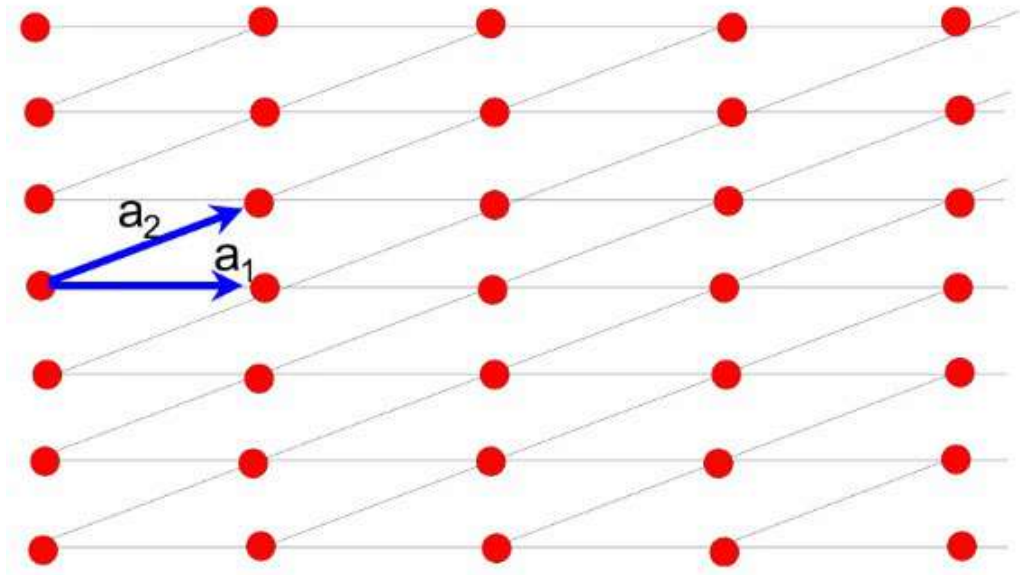
Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Vectores de Red

Son los vectores que conectan los puntos de red adyacentes en la celda unitaria. Estos vectores describen la simetría y la forma de la celda unitaria.

Figura 1.17. Vectores de red

Red cristalina y vectores primitivos



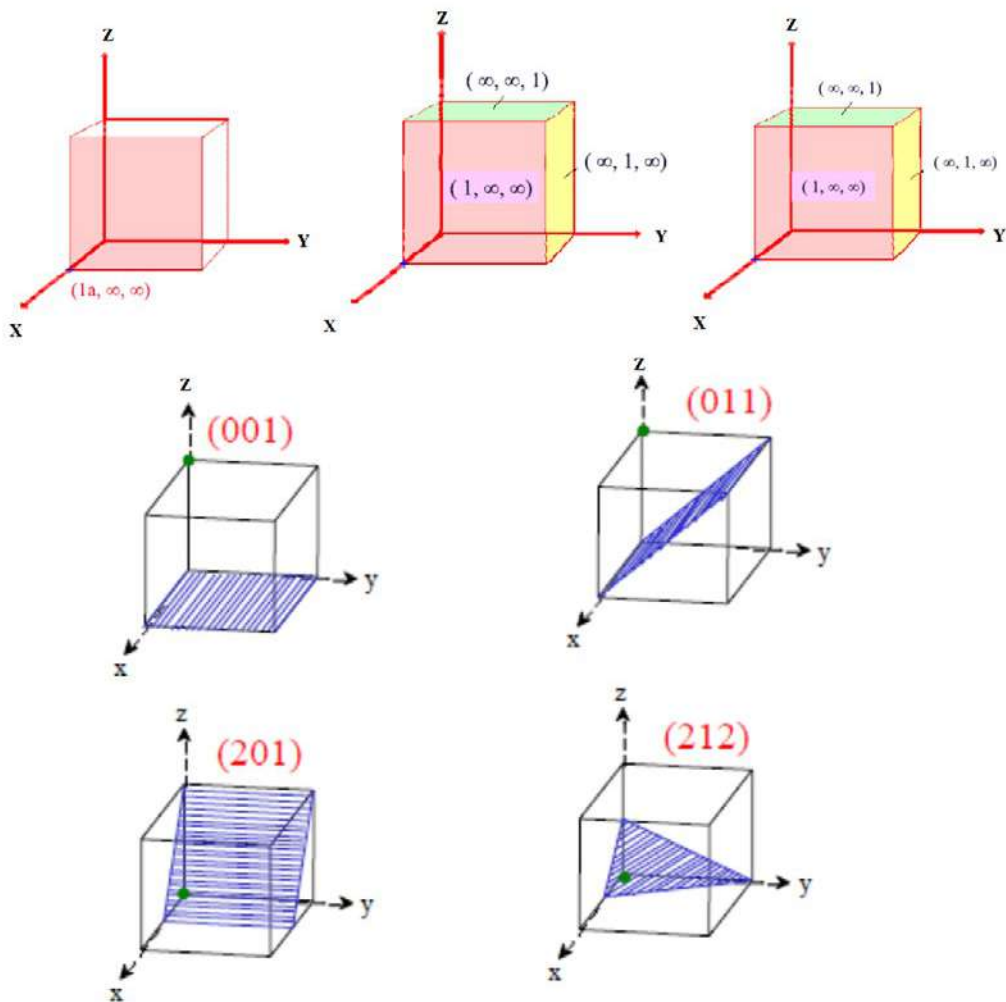
Fuente: Retuerto (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Planos de Red

Son los planos imaginarios que pasan a través de los puntos de red en la celda unitaria. Los planos de red pueden ser paralelos a una o más caras de la celda unitaria.

Figura 1.18. Planos de red



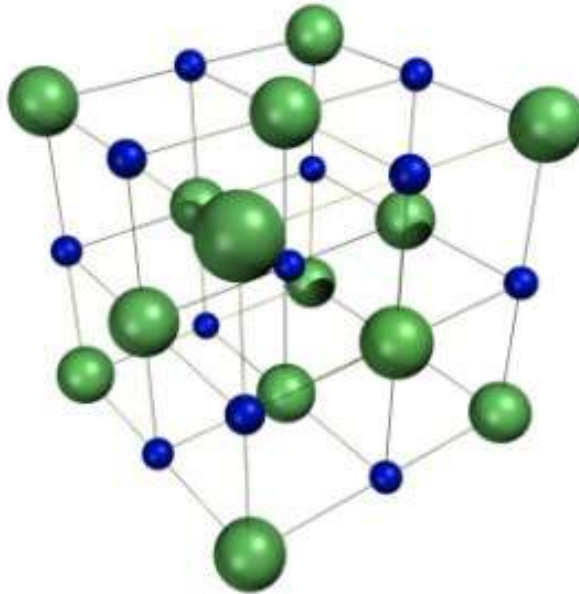
Fuente: Suarez (2018)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura de Bandas

Es la forma en que los electrones están distribuidos en la estructura cristalina. La estructura de bandas determina las propiedades eléctricas y ópticas del sólido cristalino.

Figura 1.19. Estructura cristalina - física de los materiales



Fuente: Steemit (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La estructura del sólido cristalino está compuesta por la red cristalina, la celda unitaria, los átomos, iones o moléculas, los puntos de red, los vectores de red, los planos de red y la estructura de bandas. Cada una de estas partes juega un papel importante en la determinación de las propiedades físicas y químicas del sólido cristalino. Ashby (2016)

1.1.8. ESTRUCTURA CRISTALINA EN LOS METALES

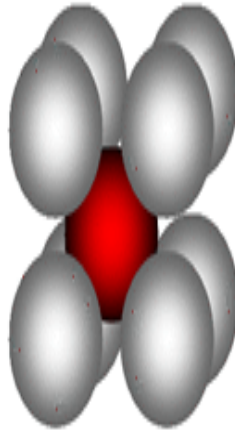
Los metales son un ejemplo común de sólidos cristalinos y su estructura cristalina se caracteriza por la presencia de átomos metálicos arreglados en una estructura cristalina ordenada. Los metales pueden tener diferentes estructuras cristalinas, dependiendo de la forma en que los átomos están dispuestos en la red cristalina. González (1999)

Algunas de las estructuras cristalinas más comunes en los metales incluyen:

Estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC)

En la estructura BCC, los átomos metálicos están arreglados en una red cúbica centrada en el cuerpo, donde los átomos se encuentran en los vértices y en el centro de la celda unitaria.

Figura 1.20. Estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC)



Fuente: Materiales (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura cúbica centrada en las caras (FCC)

En la estructura FCC, los átomos metálicos están arreglados en una red cúbica centrada en las caras, donde los átomos se encuentran en los vértices y en el centro de las caras de la celda unitaria.

Figura 1.21. Estructura cúbica centrada en las caras (FCC)



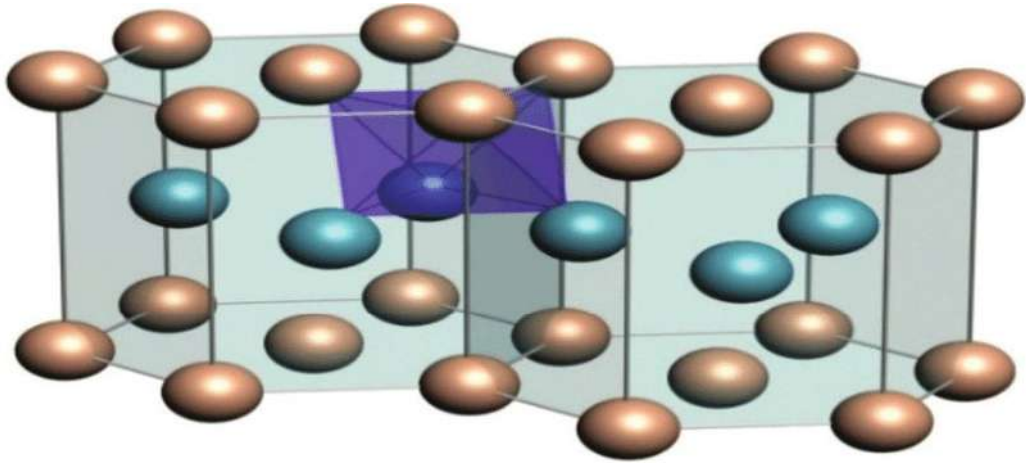
Fuente: Materiales (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura hexagonal compacta (HCP)

En la estructura HCP, los átomos metálicos están arreglados en una red hexagonal compacta, donde los átomos se encuentran en los vértices y en los centros de los hexágonos de la celda unitaria.

Figura 1.22. Estructura hexagonal compacta (HCP)



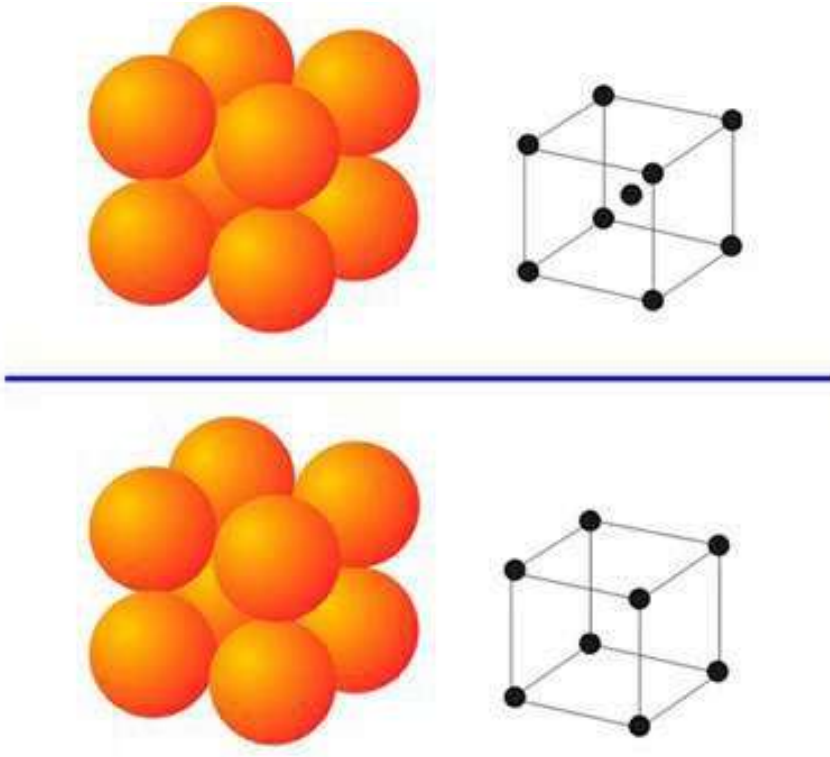
Fuente: ResearchGate (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Cada una de estas estructuras cristalinas tienen diferentes propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, la estructura FCC es más densa que la estructura BCC, lo que la hace más fuerte y resistente a la deformación. Además, la estructura BCC es más propensa a sufrir fragilidad que la estructura FCC.

Los metales pueden tener diferentes estructuras cristalinas, como la estructura BCC, FCC y HCP, dependiendo de la forma en que los átomos están dispuestos en la red cristalina. Cada una de estas estructuras tienen diferentes propiedades físicas y químicas, lo que las hace adecuadas para diferentes aplicaciones.

Figura 1.23. Estructura cristalina en los metales



Fuente: EcuRed (2022)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

1.1.9. ESTRUCTURA CRISTALINA EN LOS CERÁMICOS

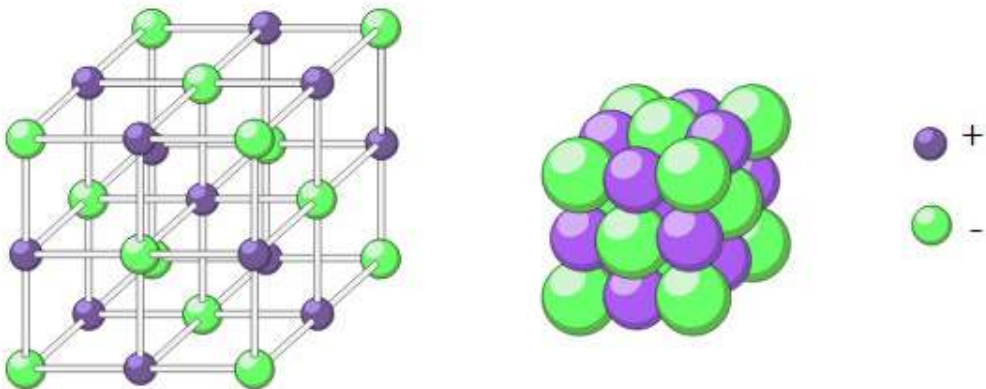
Los cerámicos son un grupo diverso de materiales que se caracterizan por su dureza, alta resistencia y bajo coeficiente de expansión térmica. La mayoría de los cerámicos son compuestos iónicos, que contienen una combinación de metales y no metales. Las estructuras cristalinas en los cerámicos dependen de la naturaleza de los iones presentes y de la forma en que se unen. Algunas de las estructuras cristalinas más comunes en los cerámicos incluyen:

Figura 1.24. Estructura cristalina en los cerámicos

Fuente: Autor

Estructura iónica

La mayoría de los cerámicos tienen una estructura cristalina iónica, donde los iones positivos (cationes) están dispuestos en una red cristalina y los iones negativos (aniones) ocupan los intersticios en la estructura cristalina.

Figura 1.25. Estructura iónica

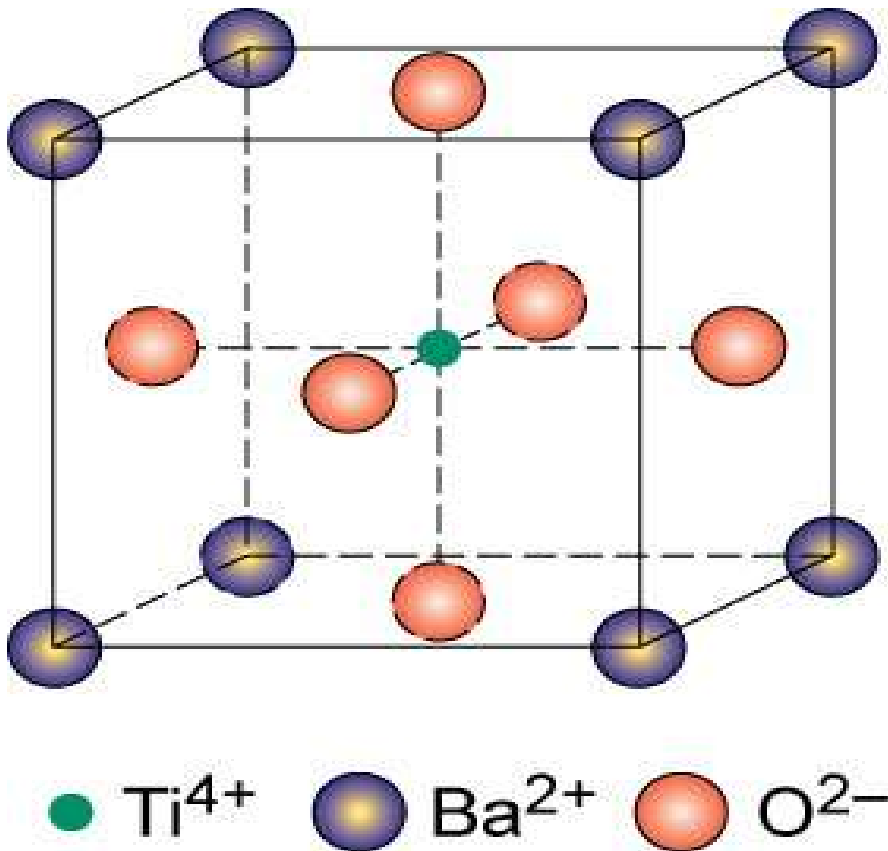
Fuente: Nagwa (2019)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura covalente

Algunos cerámicos, como el diamante, tienen una estructura cristalina covalente, donde los átomos se unen mediante enlaces covalentes para formar una red cristalina.

Figura 1.26. Estructura covalente



Fuente: DocPlay (2019)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura molecular

Algunos cerámicos, como el cuarzo, tienen una estructura cristalina molecular, donde las moléculas se unen mediante enlaces covalentes para formar una red cristalina.

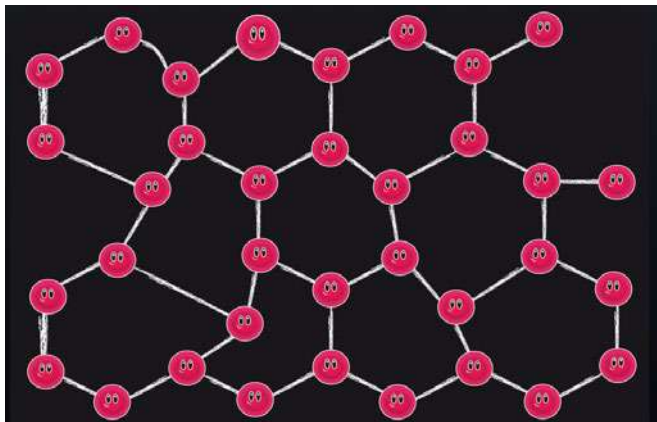
Figura 1.27. Estructura molecular

Fuente: Flacticon (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Estructura vítrea

Los cerámicos vítreos (vidrios) no tienen una estructura cristalina ordenada, sino que tienen una estructura amorfa, en la que los átomos o moléculas están dispuestos de manera aleatoria.

Figura 1.28. Estructura vítrea

Fuente: DeviantArt (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Cada una de estas estructuras cristalinas tiene diferentes propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, la estructura iónica proporciona una alta dureza y resistencia, mientras que la estructura covalente proporciona una alta resistencia a la compresión y la estructura vítrea proporciona una alta resistencia a la abrasión. Además, los cerámicos tienen una alta resistencia a la temperatura y una baja conductividad eléctrica y térmica, lo que los hace útiles en aplicaciones de alta temperatura y aislamiento eléctrico.

Los cerámicos pueden tener diferentes estructuras cristalinas, como la estructura iónica, covalente, molecular y vítrea, dependiendo de la naturaleza de los iones presentes y de la forma en que se unen. Cada una de estas estructuras tiene diferentes propiedades físicas y químicas, lo que las hace adecuadas para diferentes aplicaciones.

1.1.10. ESTRUCTURA DE LOS POLÍMEROS

Los polímeros son materiales compuestos por moléculas grandes y complejas que se forman mediante la unión repetida de unidades estructurales llamadas monómeros. La estructura de los polímeros puede ser amorfa o cristalina, y esto depende de la naturaleza del monómero y de las condiciones de procesamiento del polímero. Algunas de las estructuras de polímeros más comunes son:

Figura 1.29. Estructura de los polímeros

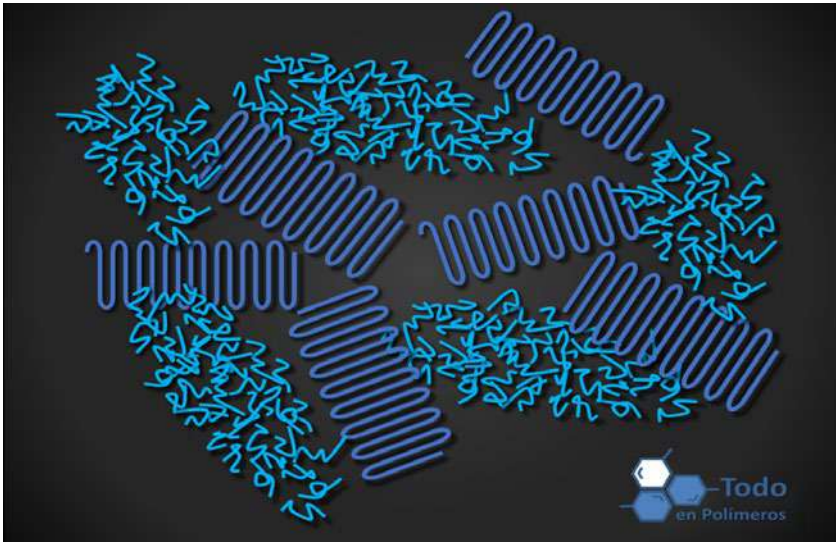


Fuente: Autor

Estructura amorfa

En los polímeros amorfos, las cadenas poliméricas están dispuestas de manera aleatoria en una estructura sin orden aparente. Debido a esta disposición aleatoria, los polímeros amorfos tienen una baja densidad, baja resistencia y rigidez.

Figura 1.30. Estructura amorfa en los polímeros



Fuente: Bautista (2010)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

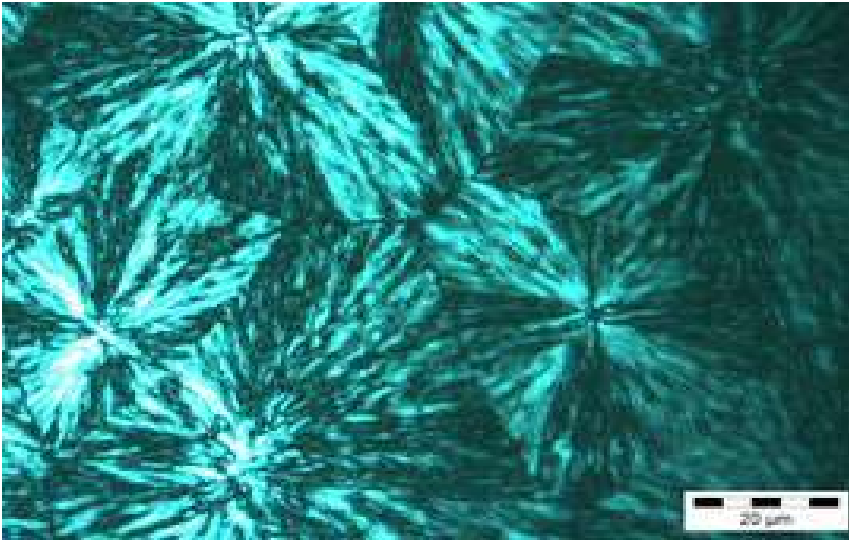
Estructura cristalina

En los polímeros cristalinos, las cadenas poliméricas están ordenadas de manera regular, lo que forma una estructura cristalina. Los polímeros cristalinos tienen una alta densidad, alta resistencia y rigidez, y son más resistentes a la deformación que los polímeros amorfos.

Estructura semicristalina

En los polímeros semicristalinos, algunas partes de la estructura polimérica están dispuestas de manera ordenada, mientras que otras partes están dispuestas de manera aleatoria. Los polímeros semicristalinos tienen una combinación de propiedades de los polímeros amorfos y cristalinos, y pueden ser más resistentes a la deformación que los polímeros amorfos, pero no tanto como los polímeros cristalinos.

Figura 1.31. Estructura semicristalina



Fuente: Coreño (2010b)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

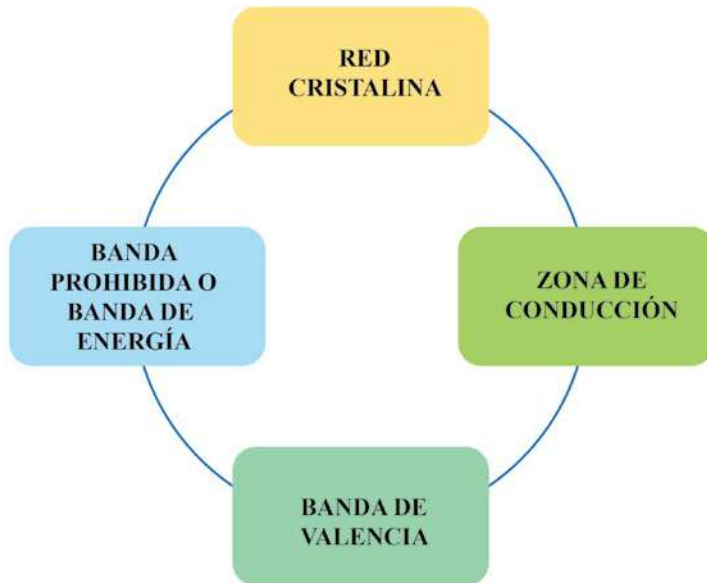
La estructura de los polímeros también puede ser afectada por factores como la temperatura, la presión y el contenido de humedad. Además, los polímeros pueden tener una estructura molecular lineal, ramificada o enredada, y esto puede influir en sus propiedades físicas y químicas.

Los polímeros pueden tener diferentes estructuras, como la estructura amorfa, cristalina o semicristalina, y la estructura molecular lineal, ramificada o enredada. Cada una de estas estructuras tiene diferentes propiedades físicas y químicas, lo que las hace adecuadas para diferentes aplicaciones.

1.1.11. ESTRUCTURA DE LOS SEMICONDUCTORES

Los semiconductores son materiales que tienen propiedades eléctricas intermedias entre los conductores y los aislantes. Su estructura se basa en un cristal sólido, en el cual los átomos están unidos por enlaces covalentes. Estos enlaces se forman entre los átomos del material, los cuales comparten electrones para formar una red cristalina.

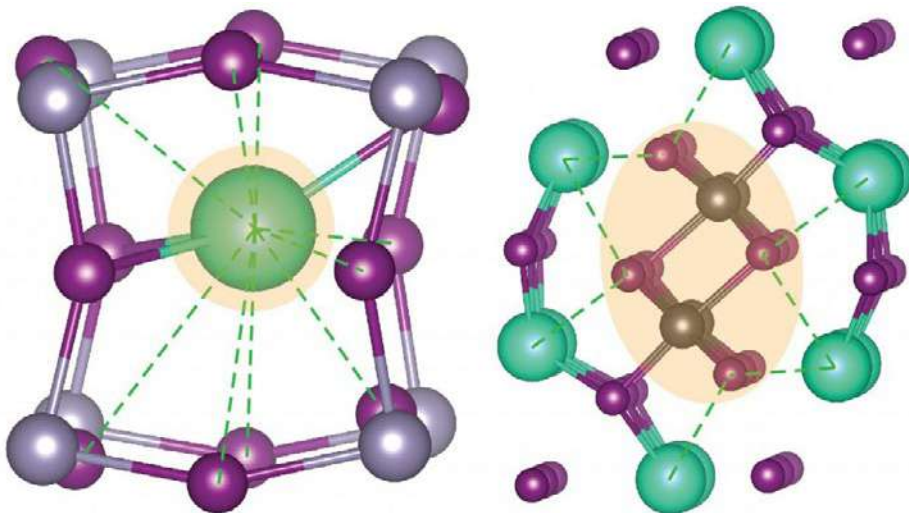
La estructura de los semiconductores se puede describir de la siguiente manera:

Figura 1.32. Estructura de los semiconductores

Fuente: Autor

Red cristalina

Los átomos del semiconductor están organizados en una estructura regular tridimensional, formando una red cristalina.

Figura 1.33. Red cristalina

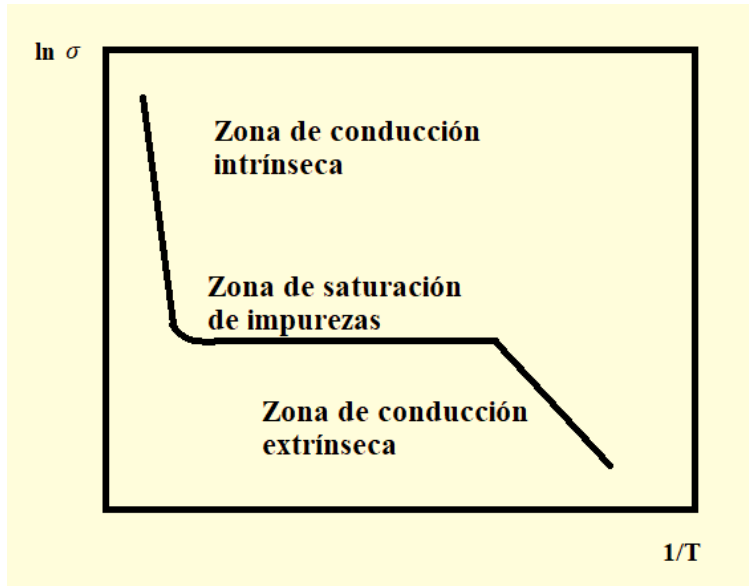
Fuente: Universitam (2022)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Zona de conducción

Esta zona se encuentra en la banda de energía más alta y contiene electrones libres que pueden moverse a través del material y conducir electricidad.

Figura 1.34. Zona de conducción



Fuente: Complutense (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

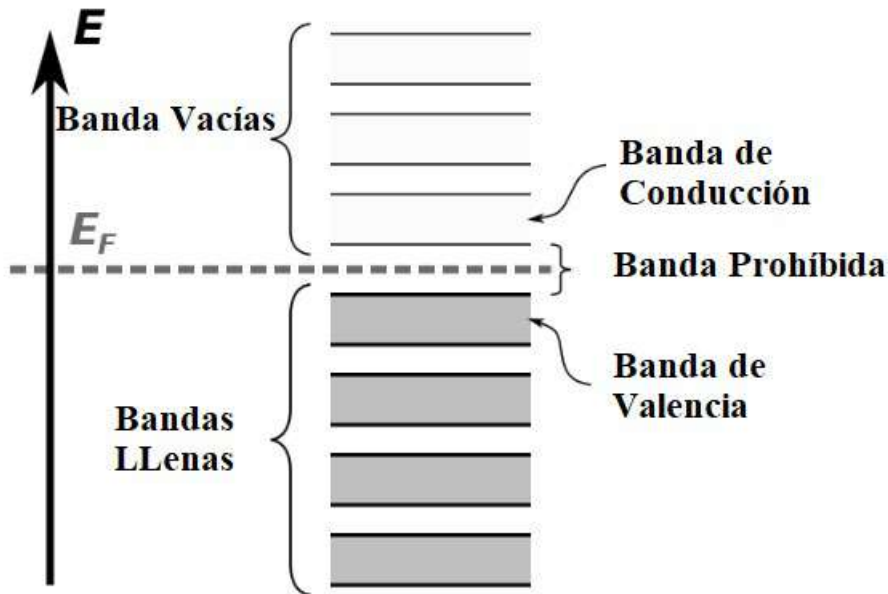
Banda de valencia

Esta zona se encuentra en la banda de energía más baja y contiene los electrones que se encuentran fuertemente unidos a los átomos del material.

Banda prohibida o banda de energía

Esta es la banda de energía entre la zona de conducción y la banda de valencia, donde no hay electrones disponibles para la conducción eléctrica. Esta banda se conoce como banda prohibida porque los electrones deben recibir suficiente energía para saltar a la zona de conducción.

Figura 1.35. Bandas de energía



Fuente: Teorías (2019)

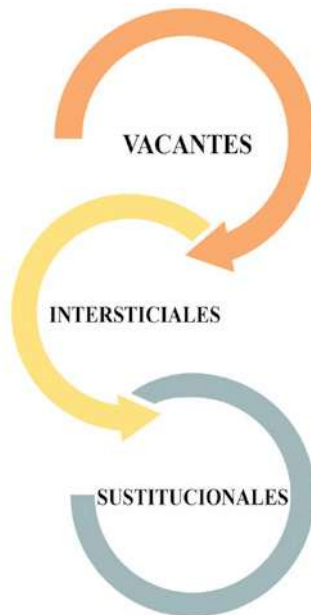
Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La estructura de los semiconductores es importante para su comportamiento eléctrico. En condiciones normales, los semiconductores son materiales aislantes debido a la banda prohibida, pero pueden conducir electricidad bajo ciertas condiciones, como cuando se les aplica una tensión o se le expone a la luz. Además, la presencia de impurezas en la red cristalina, conocidas como dopantes, puede modificar la estructura del material y sus propiedades eléctricas, permitiendo su uso en dispositivos electrónicos como diodos, transistores y células solares. (Repsol, 2022)

1.1.12. IMPERFECCIONES EN SÓLIDOS

Los sólidos pueden presentar diferentes tipos de imperfecciones, que se clasifican en dos grandes categorías: imperfecciones puntuales y defectos de línea.

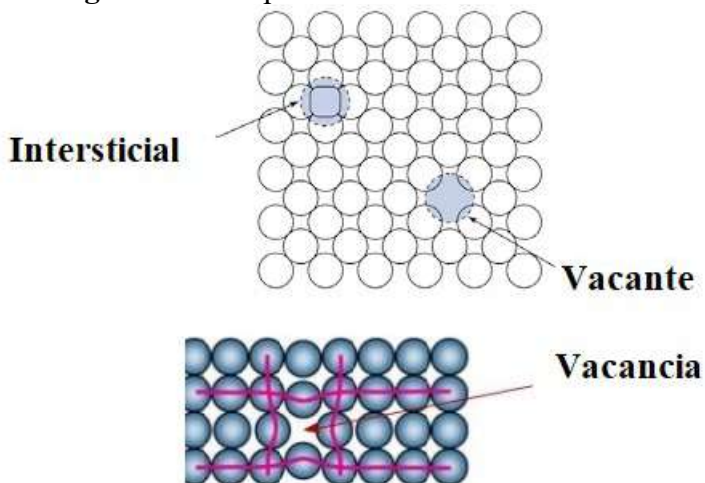
Las imperfecciones puntuales incluyen los siguientes tipos de defectos:

Figura 1.36. Imperfecciones en sólidos

Fuente: Autor

Vacantes

Son átomos o iones faltantes en la red cristalina, lo que causa una discontinuidad en la estructura. Estas vacantes pueden ser creadas por la falta de átomos durante el proceso de cristalización o por la presencia de impurezas;

Figura 1.37. Imperfecciones vacante - intersticial

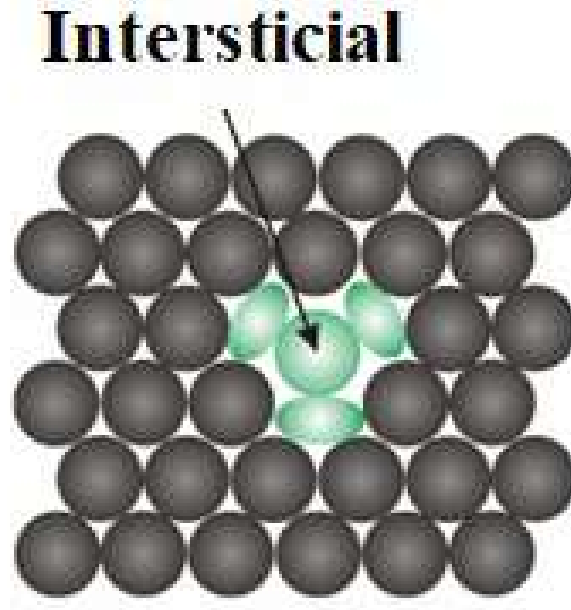
Fuente: Ciencia (2019)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Intersticiales

Son átomos o iones adicionales que se encuentran en posiciones intersticiales entre los átomos de la red cristalina.

Figura 1.38. Imperfecciones intersticiales



Fuente: Biblus (2020)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Sustitucionales

Se producen cuando un átomo o ion es reemplazado por otro de un tamaño y carga similares. Este tipo de defecto puede tener efectos importantes en las propiedades del material.

Los defectos de línea son imperfecciones que se extienden a lo largo de una línea o plano en el cristal. Estos incluyen:

Figura 1.39. Imperfecciones que se extienden a lo largo de una línea o plano en el cristal

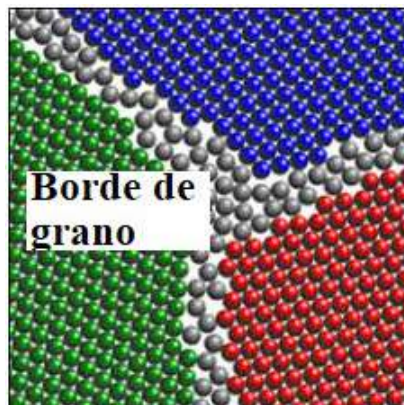


Fuente: Autor

Dislocaciones

Son líneas de átomos o iones que se encuentran en una posición incorrecta en la estructura cristalina;

Figura 1.40. Defectos lineales o dislocaciones



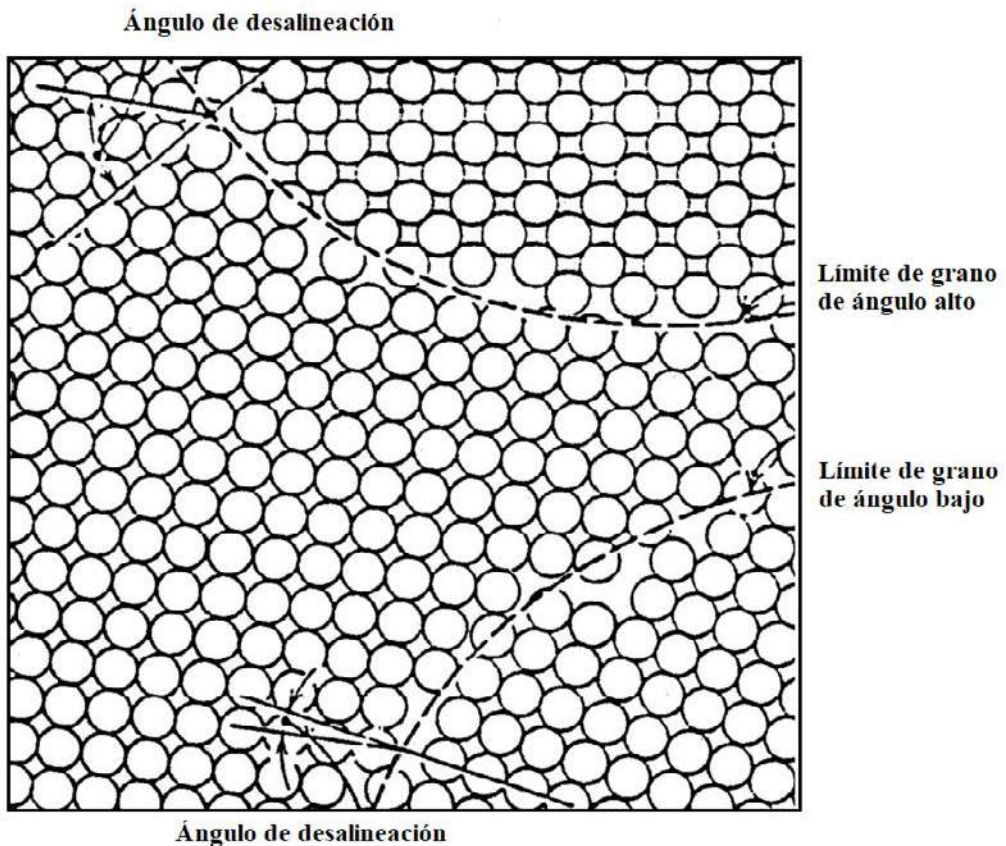
Fuente: (Metalurgia, 2022)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Fronteras de grano

Son áreas donde se encuentran dos cristales con orientaciones diferentes;

Figura 1.41. Fronteras de grano



Fuente: DocPlayer (2023)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Faltas de apilamiento

Son errores en la secuencia de apilamiento de los planos atómicos en la estructura cristalina.

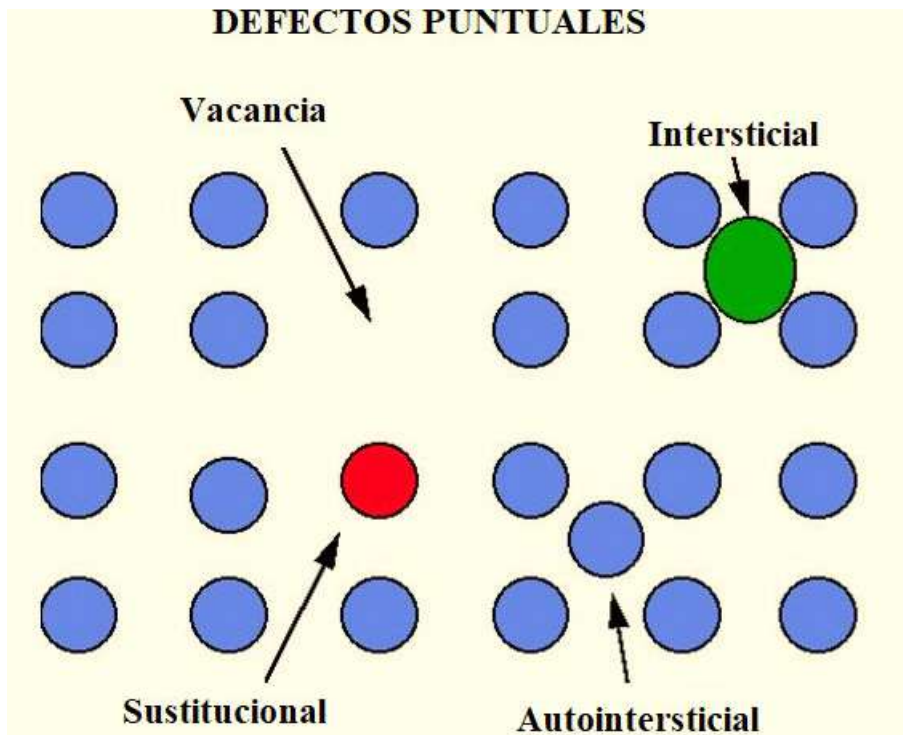
Estas imperfecciones pueden tener un impacto significativo en las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas de los materiales sólidos. Por ejemplo, las dislocaciones pueden ser responsables de la deformación plástica en los metales, mientras que las fronteras de grano pueden afectar la conductividad eléctrica de los materiales. (UPCommons, 2021)

Los defectos puntuales pueden tener un efecto significativo en las propiedades de los materiales sólidos. Por ejemplo, los vacantes pueden aumentar la conductividad eléctrica de un material, ya que los electrones pueden moverse más fácilmente en la estructura cristalina. Los átomos intersticiales pueden debilitar la estructura del material, lo que hace que sea más susceptible a la deformación plástica. Los átomos sustitucionales pueden afectar la conductividad eléctrica, la dureza y la resistencia mecánica del material. Por lo tanto, es importante comprender y controlar los defectos puntuales en los materiales sólidos para optimizar sus propiedades y mejorar su rendimiento en diversas aplicaciones. (Del et al., 2020)

1.1.13. DEFECTOS EN SÓLIDOS PUNTUALES

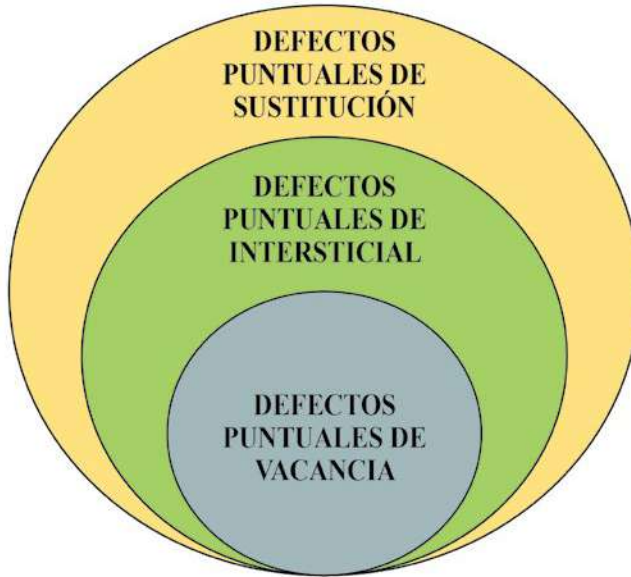
Los defectos en los sólidos puntuales son imperfecciones en la estructura cristalina de los materiales. Estos defectos pueden ser clasificados en tres tipos principales: defectos puntuales de vacancia, defectos puntuales de intersticial y defectos puntuales de sustitución.

Figura 1.42. Defectos puntuales



Fuente: Slide (2022)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Figura 1.43. Defectos en sólidos puntuales

Fuente: Autor

Defectos puntuales de vacancia

Estos defectos se producen cuando uno o más átomos se ausentan de su posición normal en la red cristalina. Los sitios vacantes pueden ser ocupados por otros átomos, lo que puede resultar en la formación de vacantes móviles. (Quizlet, 2019)

Defectos puntuales de intersticial

En este caso, los átomos adicionales se encuentran en los espacios intersticiales de la estructura cristalina. Estos átomos pueden ser de la misma especie que los átomos de la red cristalina (intersticiales autointersticiales) o de una especie diferente (intersticiales heterointersticiales). (Metalografía, 2018)

Defectos puntuales de sustitución

En este tipo de defecto, un átomo en la red cristalina es reemplazado por otro átomo de una especie diferente. La sustitución puede ser completa o parcial, lo que resulta en la formación de una aleación.

Estos defectos pueden tener importantes efectos sobre las propiedades de los materiales, como la resistencia mecánica, la conductividad eléctrica, la resis-

tividad térmica, la densidad, la difusión, la corrosión, entre otros. Por lo tanto, es importante entender y controlar estos defectos en la ingeniería de materiales. (Sevilla, 2017)

1.1.14. DEFECTOS EN SÓLIDOS LINEALES

Los defectos en los sólidos lineales son imperfecciones que se presentan a lo largo de una línea en la estructura cristalina de los materiales. Estos defectos pueden ser clasificados en dos tipos principales: dislocaciones y defectos lineales de tipo lineal.

Figura 1.44. Defectos lineales



Fuente: Autor

Dislocaciones

Son defectos lineales que resultan de la interrupción de la periodicidad cristalina a lo largo de una línea. Las dislocaciones se producen cuando una sección del cristal se desplaza respecto a otra sección adyacente, lo que produce una zona de deformación y una zona de relajación en la estructura cristalina. Las dislocaciones pueden ser de dos tipos: dislocaciones de borde y dislocaciones de tornillo. Las dislocaciones de borde se caracterizan por una línea de átomos extra que separa dos regiones de la estructura cristalina, mientras que las dislocaciones de tornillo se caracterizan por una deformación en espiral de la estructura cristalina. (Español (2019))

Defectos lineales de tipo lineal

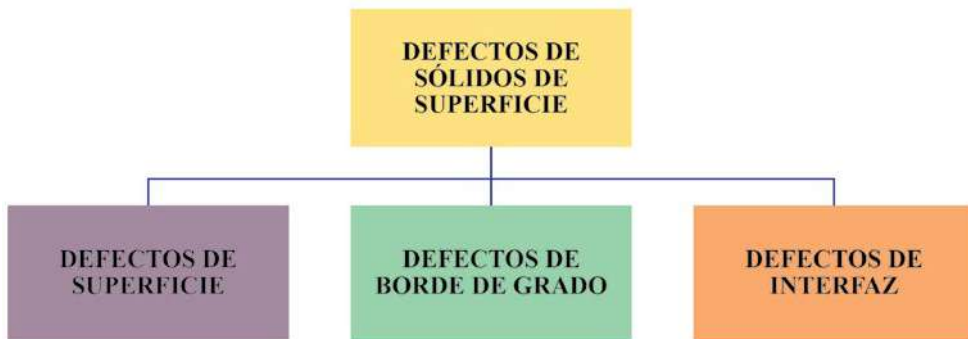
Son defectos lineales que resultan de la interrupción de la periodicidad cristalina a lo largo de una línea, pero a diferencia de las dislocaciones, estos no involucran un movimiento relativo de las secciones adyacentes de la estructura cristalina. Ejemplos de estos defectos son las microfisuras y las inclusiones lineales. Dual (2016)

Estos defectos lineales pueden tener importantes efectos sobre las propiedades de los materiales, como la resistencia mecánica, la ductilidad, la tenacidad, la conductividad eléctrica, la resistividad térmica, la corrosión, entre otros. Por lo tanto, es importante entender y controlar estos defectos en la ingeniería de materiales.

1.1.15. DEFECTOS EN SÓLIDOS DE SUPERFICIE

Los defectos en los sólidos de superficie son imperfecciones que se presentan en la superficie o interfaz de un material. Estos defectos pueden ser clasificados en tres tipos principales: defectos de superficie, defectos de borde de grano y defectos de interfaz.

Figura 1.45. Defectos en sólidos de superficie



Fuente: Autor

Defectos de superficie

Son imperfecciones que se encuentran en la superficie de un material. Estos defectos incluyen rugosidades, fisuras, poros, defectos de apilamiento, vacantes superficiales, entre otros.

Defectos de borde de grano

Son imperfecciones que se presentan en la interfaz entre dos cristales o granos en un material policristalino. Estos defectos incluyen la desorientación de los cristales, la presencia de poros o fisuras en la interfaz y la presencia de impurezas en la interfaz. (Guevara Andress, 2019)

Defectos de interfaz

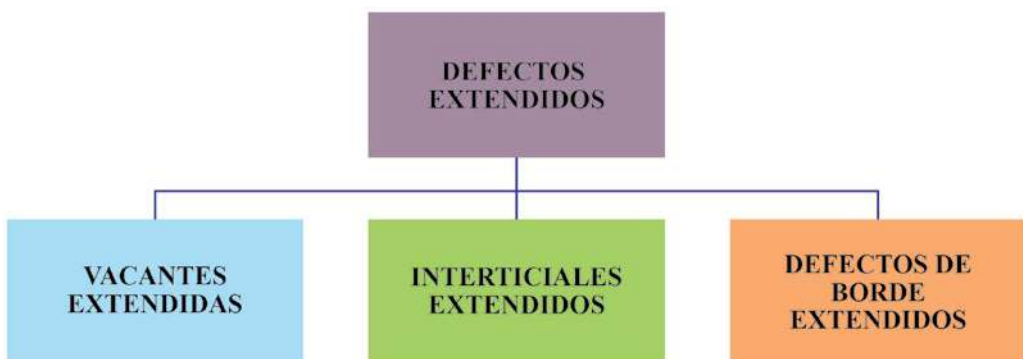
Son imperfecciones que se presentan en la interfaz entre dos materiales diferentes. Estos defectos incluyen la presencia de impurezas en la interfaz, la formación de capas intermedias, la desorientación de los cristales y la presencia de vacantes y defectos de apilamiento en la interfaz.

Estos defectos en los sólidos de superficie pueden tener importantes efectos sobre las propiedades de los materiales, como la adhesión, la corrosión, la reactividad química, la resistencia mecánica y la tenacidad. Por lo tanto, es importante entender y controlar estos defectos en la ingeniería de materiales para mejorar las propiedades y el rendimiento de los materiales. Franqués & Astrid Gómez Botero (2005)

1.1.16. DEFECTOS EXTENDIDOS

Los defectos extendidos son imperfecciones que se presentan en la estructura cristalina de un material en una extensión tridimensional. Estos defectos pueden ser clasificados en tres tipos principales: vacantes, intersticiales y defectos de borde.

Figura 1.46. Defectos extendidos



Fuente: Autor

Vacantes extendidas

Son imperfecciones en la estructura cristalina que se presentan como zonas vacías en la estructura cristalina. Estas vacantes pueden estar distribuidas de forma aleatoria o pueden estar organizadas en grupos en la estructura del cristal.

Intersticiales extendidos

Son imperfecciones en la estructura cristalina que se presentan como átomos adicionales que se han introducido en los intersticios de la estructura cristalina. Estos intersticios pueden estar ocupados por átomos extraños o por átomos del mismo elemento que se han desplazado de su posición original. Deremateriales (2019)

Defectos de borde extendidos

Son imperfecciones en la estructura cristalina que se presentan a lo largo de las superficies o interfaces de los materiales. Estos defectos pueden ser de dos tipos principales: los defectos de borde de grano y los defectos de borde de fase. Farina (2010)

Los defectos extendidos pueden tener importantes efectos sobre las propiedades de los materiales, como la resistencia mecánica, la ductilidad, la tenacidad, la conductividad eléctrica, la resistividad térmica, la corrosión, entre otros. Por lo tanto, es importante entender y controlar estos defectos en la ingeniería de materiales para mejorar las propiedades y el rendimiento de los materiales.

1.1.17. IMPERFECCIONES DERIVADAS

Las imperfecciones derivadas son defectos que se forman en los materiales debido a procesos de deformación, tratamiento térmico, irradiación, corrosión, entre otros. Estos defectos pueden incluir dislocaciones, inclusiones, segregaciones, deformación plástica, entre otros.

Figura 1.47. Imperfecciones derivadas

Fuente: Autor

Dislocaciones

Son defectos lineales que se presentan en la estructura cristalina como resultado de la deformación plástica. Estos defectos pueden ser clasificados en tres tipos principales: dislocaciones de borde, dislocaciones de tornillo y dislocaciones de mezcla. Las dislocaciones pueden tener importantes efectos sobre las propiedades de los materiales, como la resistencia mecánica y la ductilidad; Viviana & Espinoza (2010)

Inclusiones

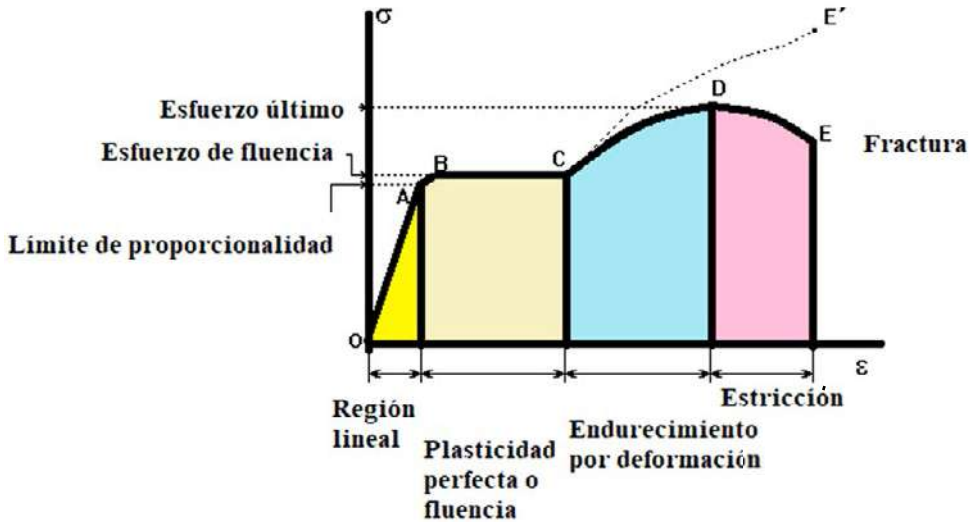
Son partículas o materiales extraños que se encuentran dentro de la estructura del material. Estas inclusiones pueden ser de diferentes tipos, como impurezas, partículas de óxido, partículas de cerámica, etc. Las inclusiones pueden tener efectos negativos sobre las propiedades de los materiales, como la resistencia mecánica, la ductilidad, la tenacidad y la resistencia a la fatiga.

Segregaciones

Son zonas en las que se concentran ciertos elementos o compuestos debido a procesos de solidificación o enfriamiento. Estas zonas pueden ser ricas o pobres en ciertos elementos o compuestos, lo que puede afectar las propiedades del material. Ballesteros (2009)

Deformación plástica

Es un proceso en el que el material se deforma permanentemente debido a la aplicación de una fuerza. Esto puede dar lugar a la formación de dislocaciones y otros defectos en el material.



Fuente: Autor

Irradiación

Es un proceso en el que el material es expuesto a radiación, como la radiación ionizante o la radiación de neutrones. Esto puede dar lugar a la formación de defectos como vacantes, intersticios y dislocaciones.

Corrosión

Es un proceso químico en el que el material es atacado por agentes corrosivos, lo que puede dar lugar a la formación de poros, fisuras y otros defectos en el material.

Es importante entender y controlar estos defectos derivados en la ingeniería de materiales para mejorar las propiedades y el rendimiento de los materiales. Ferney (2020)

1.1.18. EL ENLACE ATÓMICO

La estructura atómica se refiere a la composición de un átomo, que es la unidad básica de la materia. Un átomo consta de un núcleo central que contiene protones y neutrones, rodeado por electrones que giran alrededor del núcleo en órbitas o niveles de energía.

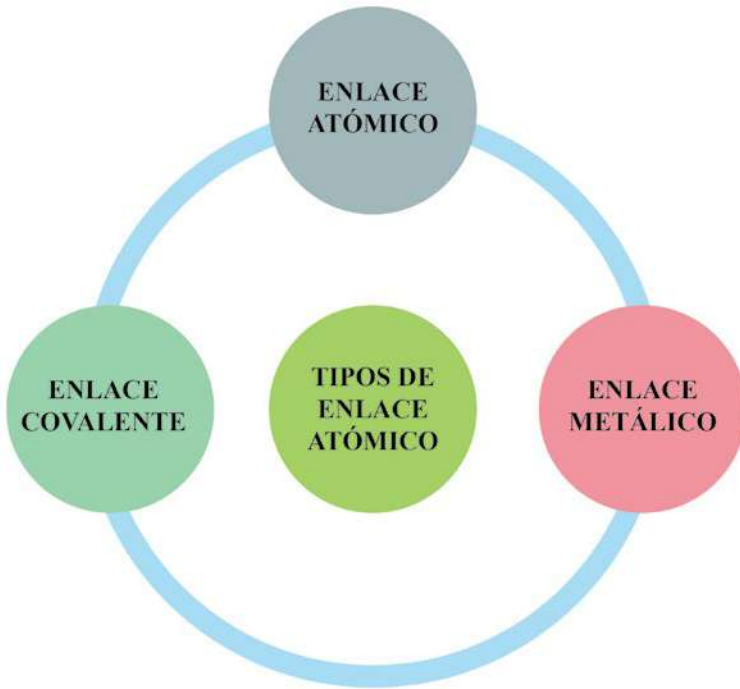
Los protones tienen carga positiva, los electrones tienen carga negativa y los neutrones no tienen carga. La carga total de un átomo es neutral, lo que significa que el número de protones en el núcleo es igual al número de electrones en las órbitas. Fiad (2009)

El enlace atómico se refiere a la fuerza que mantiene unidos a los átomos en una molécula. Hay tres tipos principales de enlaces atómicos: el enlace iónico, el enlace covalente y el enlace metálico.

En el enlace iónico, los átomos transfieren electrones entre sí para formar iones con cargas opuestas, que se atraen entre sí y forman una estructura cristalina. En el enlace covalente, los átomos comparten electrones en una molécula, formando una estructura molecular. En el enlace metálico, los átomos metálicos comparten electrones en una estructura tridimensional, formando una red metálica. Fiad & Fiad (2009)

1.1.19. TIPOS DE ENLACE ATÓMICO

Existen tres tipos principales de enlace atómico: el enlace iónico, el enlace covalente y el enlace metálico.

Figura 1.48. Tipos de enlace atómico

Fuente: Autor

Enlace iónico

Este tipo de enlace se produce entre con una gran diferencia de electronegatividad (la capacidad de un átomo para atraer electrones hacia sí). En el enlace iónico, los átomos transfieren electrones para formar iones con cargas opuestas, que se atraen mutuamente y forman un compuesto iónico. Por ejemplo, el cloruro de sodio (NaCl) es un compuesto iónico que se forma cuando un átomo de sodio pierde un electrón y un átomo de cloro gana ese electrón. Lezama Poveda (2008)

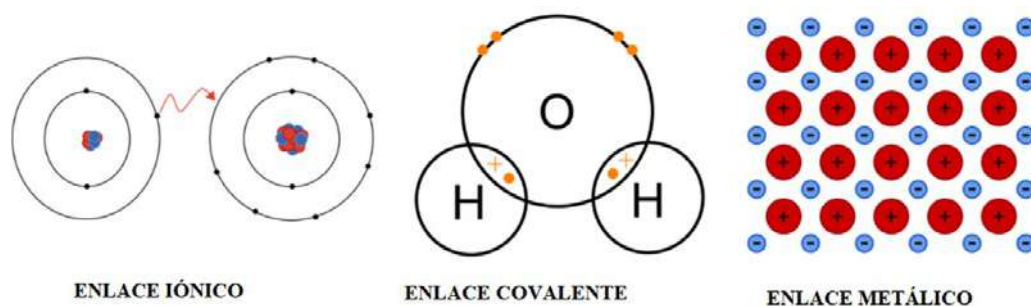
Enlace covalente

Este tipo de enlace se produce cuando dos átomos comparten uno o más pares de electrones. El enlace covalente puede ser polar o no polar, dependiendo de si los átomos comparten los electrones de manera igualitaria o desigual. Por ejemplo, en el agua (H_2O), los átomos de hidrógeno y oxígeno comparten electrones de manera desigual, lo que resulta en una molécula polar.

Enlace metálico

Este tipo de enlace se produce entre átomos metálicos, donde los electrones se comparten entre los átomos en una estructura tridimensional. Los electrones no están ligados a un átomo específico, sino que se mueven libremente a través de la estructura metálica, lo que da lugar a las propiedades características de los metales, como la conductividad eléctrica y térmica. Por ejemplo, el cobre es un metal que forma un enlace metálico en su estructura cristalina.

Figura 1.49. Tipos de enlace



Fuente: Lifeder (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

1.1.20. ESTRUCTURA CRISTALINA

La estructura cristalina se refiere a la disposición tridimensional de los átomos en un cristal. Hay siete sistemas cristalinos diferentes, que se clasifican según la forma en que se distribuyen los átomos en el espacio. Estos sistemas son:

1. Sistema cúbico
2. Sistema tetragonal
3. Sistema ortorrómbico
4. Sistema romboédrico
5. Sistema monoclinico
6. Sistema triclinico
7. Sistema hexagonal

Cada sistema tiene características específicas, como la longitud de los lados de las celdas unitarias, los ángulos entre ellos y la posición de los átomos dentro de la celda. Reyes Sombrerero (2014)

Además de los sistemas cristalinos, existen catorce redes cristalinas diferentes, que se refieren a la disposición de los átomos dentro de una celda unitaria en un sistema cristalino determinado. Estas redes se llaman redes de Bravais y se clasifican según su simetría. Las catorce redes de Bravais son:

1. Red primitiva (P)
2. Red centrada en el cuerpo (I)
3. Red centrada en las caras (F)
4. Red centrada en los átomos (A)
5. Red centrada en las bases (B)
6. Red hexagonal primitiva (H)
7. Red hexagonal centrada en los átomos (C)
8. Red tetragonal primitiva (P)
9. Red tetragonal centrada en el cuerpo (I)
10. Red tetragonal centrada en las caras (F)
11. Red ortorrómbica primitiva (P)
12. Red ortorrómbica centrada en el cuerpo (I)
13. Red ortorrómbica centrada en las caras (F)
14. Red ortorrómbica centrada en las bases (C)

Cada red de Bravais tiene un conjunto único de vectores de base, que definen la forma y el tamaño de la celda unitaria en un sistema cristalino determinado. Las diferentes combinaciones de sistemas cristalinos y redes de Bravais dan lugar a una gran variedad de estructuras cristalinas. Miren (2018)

1.1.21. PROPIEDADES DE LOS METALES

Los metales tienen una serie de propiedades únicas que los distinguen de otros materiales. A continuación, se presentan algunas de las propiedades más importantes de los metales:

Figura 1.50. Propiedades de los metales



Fuente: Ciencia (2020)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Figura 1.51. Propiedades de los metales



Fuente: Autor

Conductividad térmica y eléctrica

Los metales son excelentes conductores de calor y electricidad debido a la forma en que los electrones se mueven en su estructura cristalina.

Maleabilidad y ductilidad

Los metales tienen la capacidad de deformarse plásticamente sin fracturarse, lo que les da la capacidad de ser trabajados y conformados en diversas formas y tamaños.

Tabla 1.17. Capacidad de deformarse plásticamente

Metal	Capacidad de Deformarse Plásticamente
Acero	Se puede moldear en diversas formas y tamaños sin fracturarse.
Aluminio	Tiene una buena capacidad para ser conformado en láminas delgadas o extrusionado en formas complejas.
Cobre	Se puede estirar en alambres delgados o formar en láminas para aplicaciones diversas.
Hierro	Se puede forjar en diversas formas y estructuras.
Titanio	Aunque es más difícil de trabajar que otros metales, puede ser conformado en formas específicas mediante procesos especiales.
Zinc	Se puede fundir y moldear en diversas formas, siendo comúnmente utilizado en procesos de galvanización.

Fuente: Autor

Resistencia mecánica

Los metales tienen una alta resistencia a la deformación y fractura bajo carga, lo que les da una gran capacidad para soportar cargas estructurales.

Tabla 1.18. Alta resistencia a deformación y fractura

Metal	Alta Resistencia a Deformación y Fractura bajo Carga
Acero	Utilizado en construcciones de edificios, puentes y estructuras de vehículos.
Titanio	Se utiliza en aplicaciones aeroespaciales y médicas debido a su resistencia y ligereza.
Aluminio	Ampliamente utilizado en la industria aeroespacial y automotriz debido a su relación resistencia-peso.
Aleaciones de magnesio	Utilizadas en aplicaciones donde se necesita ligereza y resistencia, como en componentes estructurales de automóviles y dispositivos electrónicos.
Cobre	Utilizado en cables eléctricos y aplicaciones que requieren alta conductividad eléctrica y resistencia mecánica.

Hierro	Tradicionalmente utilizado en la construcción de estructuras y maquinaria debido a su alta resistencia.
Aleaciones de níquel	Utilizadas en aplicaciones de alta temperatura y corrosión, como en la industria química y de energía.

Fuente: Autor

Brillo metálico

Los metales tienen un brillo característico llamado brillo metálico debido a la forma en que reflejan la luz.

Dureza

Los metales pueden tener diferentes grados de dureza, lo que los hace resistentes al desgaste y abrasión.

Tabla 1.19. Materiales resistentes al desgaste

Metal / Aleación	Aplicación
Acero endurecido	Cuchillas de corte, herramientas de mecanizado, ejes y engranajes de maquinaria pesada.
Acero inoxidable	Equipos médicos, utensilios de cocina, componentes de maquinaria en ambientes corrosivos.
Aleaciones de aluminio endurecido	Componentes de bicicletas, partes de automóviles, equipos deportivos.
Bronce	Rodamientos, bujes, componentes de válvulas y bombas, engranajes marinos.
Hierro fundido	Piezas de maquinaria pesada, frenos de disco, componentes de motores, bases de máquinas.

Fuente: Autores

Punto de fusión elevado

La mayoría de los metales tienen puntos de fusión muy altos, lo que les permite resistir altas temperaturas.

Reactividad química

Algunos metales son altamente reactivos y pueden formar compuestos químicos con otros elementos, lo que los hace útiles en la industria química y en la producción de aleaciones.

Tabla 1.20. Materiales altamente reactivos

Metal	Aplicaciones
Sodio (Na)	Se utiliza en la producción de hidróxido de sodio y en reacciones de síntesis orgánica en la industria química. También se emplea en aleaciones con otros metales, como el aluminio, para mejorar sus propiedades mecánicas.
Potasio (K)	Se utiliza en la fabricación de fertilizantes potásicos y en la producción de compuestos químicos como el hidróxido de potasio. También se emplea en la industria de las baterías y en aleaciones con otros metales.
Magnesio (Mg)	Se utiliza en la producción de aleaciones de aluminio, como el aluminio-magnesio, que son más livianas y resistentes a la corrosión. También se emplea en la industria pirotécnica y en la fabricación de productos de magnesio, como láminas y perfiles.
Titanio (Ti)	Se utiliza en la producción de aleaciones ligeras y resistentes, como el titanio-aluminio, que se emplean en la industria aeroespacial, biomédica y de automoción. También se utiliza en la fabricación de pigmentos blancos y en la industria de la pintura.
Aluminio (Al)	Se utiliza en la producción de aleaciones con otros metales, como el acero inoxidable y el magnesio, para mejorar sus propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión. También se emplea en la fabricación de envases, estructuras y componentes de vehículos.

Fuente: Autor

Magnetismo

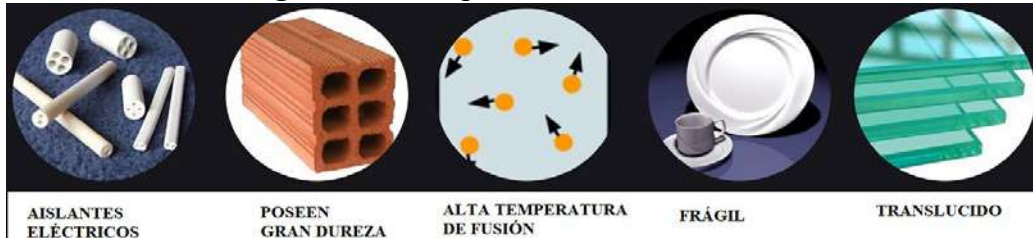
Algunos metales, como el hierro, el cobalto y el níquel, son ferromagnéticos y pueden ser imantados.

Estas propiedades hacen que los metales sean ampliamente utilizados en diversas industrias, como la construcción, la electrónica, la automotriz, la aeroespacial, la joyería y muchas otras.

1.1.22. PROPIEDADES DE LOS CERÁMICOS

Los materiales cerámicos son un grupo de materiales inorgánicos no metálicos que se caracterizan por su alta dureza, resistencia a la temperatura, resistencia a la corrosión y estabilidad química. A continuación, se presentan algunas de las propiedades más importantes de los materiales cerámicos:

Figura 1.52. Propiedades de los cerámicos



Fuente: Díaz (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Figura 1.53. Otras propiedades de los materiales



Fuente: Autor

Alta dureza

Los materiales cerámicos son extremadamente duros y resistentes al rayado, lo que les da una gran capacidad para resistir la abrasión y el desgaste.

Tabla 1.21. Materiales cerámicos

Material Cerámico	Propiedades
Porcelana	Extremadamente duro, resistente al rayado, buena resistencia a la abrasión y al desgaste.
Oxido de Aluminio	Alta dureza, resistente al rayado, adecuado para aplicaciones de alta abrasión como herramientas de corte y lijado.
Carburo de Silicio	Muy duro y resistente, utilizado en aplicaciones industriales donde se requiere una alta resistencia al desgaste y a la abrasión, como en la fabricación de herramientas de corte y piezas de maquinaria.
Nitruro de Silicio	Dureza excepcional, resistente al desgaste y a la corrosión, utilizado en aplicaciones que requieren alta resistencia a altas temperaturas y ambientes agresivos, como en la fabricación de componentes de motores y herramientas de corte.

Fuente: Autor

Resistencia a la temperatura

Los materiales cerámicos tienen una alta resistencia a la temperatura, lo que les permite resistir altas temperaturas sin sufrir cambios en su estructura o propiedades.

Tabla 1.22. Cerámicos que tiene una alta resistencia a la temperatura

Material Cerámico	Aplicaciones	Temperatura de Uso
Alúmina (Al_2O_3)	Revestimientos para hornos, componentes de motores, herramientas de corte	Hasta 1600°C
Carburo de silicio (SiC)	Componentes para turbinas de gas, discos de freno de alto rendimiento, elementos de calefacción	Hasta 2700°C
Nitruro de boro (BN)	Recubrimientos protectores para materiales sensibles al calor, herramientas de corte de alta velocidad	Hasta 1000°C
Óxido de circonio (ZrO_2)	Componentes de alta resistencia para motores de avión, sensores de oxígeno, implantes dentales	Hasta 2400°C
Titanato de circonio ($ZrTiO_4$)	Materiales refractarios, cerámicas piezoeléctricas, condensadores cerámicos	Hasta 2300°C

Fuente: Autor

Resistencia química

Los materiales cerámicos tienen una alta resistencia a la corrosión y al ataque químico, lo que los hace ideales para aplicaciones en ambientes corrosivos.

Tabla 1.23. Materiales cerámicos que tiene una alta resistencia.

Material Cerámico	Aplicaciones	Ambientes Corrosivos
Alúmina (Al_2O_3)	Recubrimientos químicos, revestimientos para tanques de almacenamiento, componentes para la industria química.	Ácidos, bases, solventes
Carburo de silicio (SiC)	Componentes para bombas químicas, revestimientos para tuberías, crisoles para fundición de metales.	Ácidos fuertes, altas temperaturas
Circonia estabilizada con itria (YSZ)	Células de combustible de óxido sólido, sensores de oxígeno, revestimientos para reactores químicos.	Ambientes oxidantes, altas temperaturas
Nitrato de silicio (Si_3N_4)	Cojinetes de bolas, componentes para turbinas de gas, sellos mecánicos.	Ambientes corrosivos, altas temperaturas
Fluoruro de aluminio (AlF_3)	Recubrimientos antiadherentes, aisladores eléctricos, crisoles para análisis químico.	Ácidos fluorhídricos, agentes corrosivos

Fuente: Autor

Baja conductividad térmica y eléctrica

Los materiales cerámicos tienen una baja conductividad térmica y eléctrica, lo que los hace útiles en aplicaciones donde se requiere aislamiento térmico o eléctrico.

Tabla 1.24. Materiales cerámicos que tiene baja conductividad

Material Cerámico	Aplicaciones	Propiedades Aislantes
Fibra de vidrio	Aislamiento para hornos, revestimientos para cables eléctricos, paneles aislantes.	Baja conductividad térmica y eléctrica.
Porcelana	Aisladores eléctricos, componentes para sistemas de distribución de energía, revestimientos para electrodomésticos.	Baja conductividad térmica y eléctrica.
Silicato de calcio	Aislamiento para tuberías, revestimientos para hornos, paneles para construcción.	Baja conductividad térmica y eléctrica
Espuma de alúmina	Aislamiento térmico para alta temperatura en aplicaciones industriales, aisladores eléctricos para componentes de alta tensión.	Baja conductividad térmica y eléctrica.
Oxinitruro de silicio	Aislamiento térmico para motores de alta temperatura, componentes de alta frecuencia en electrónica.	Baja conductividad térmica y eléctrica.

Fuente: Autor

Fragilidad

Los materiales cerámicos son frágiles y tienen una baja tenacidad a la fractura, lo que significa que son propensos a fracturarse bajo cargas de tensión.

Difícil de procesar

La mayoría de los materiales cerámicos son difíciles de procesar debido a su alta dureza y fragilidad, lo que dificulta su mecanizado y conformado.

Propiedades ópticas

Algunos materiales cerámicos, como el zafiro y la porcelana, tienen propiedades ópticas únicas y se utilizan en la producción de dispositivos ópticos y de iluminación.

Biocompatibilidad

Algunos materiales cerámicos, como la cerámica dental y las prótesis cerámicas, son biocompatibles y se utilizan en aplicaciones médicas y dentales.

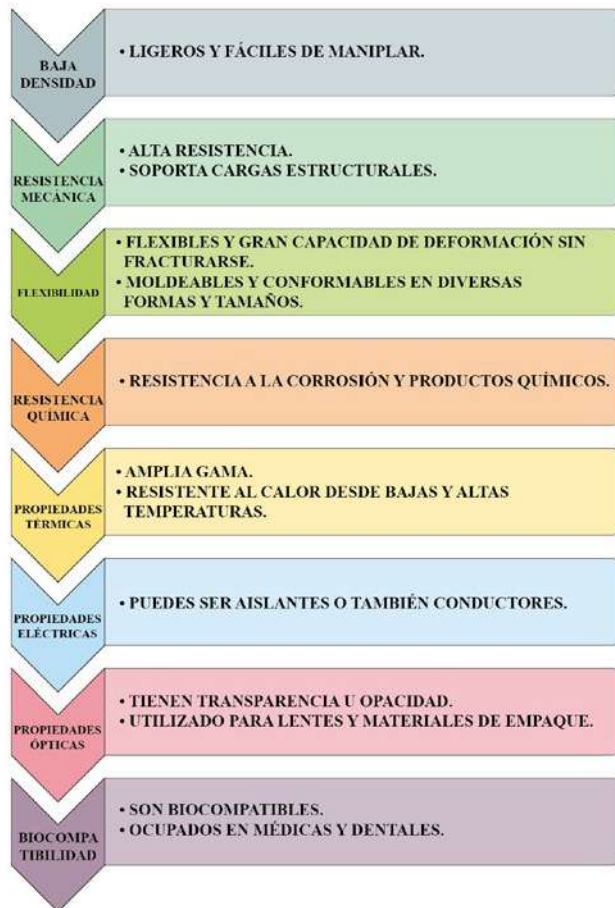
Estas propiedades hacen que los materiales cerámicos sean ampliamente utilizados en diversas industrias, como la electrónica, la automotriz, la aeroespacial, la médica y la de construcción.

1.1.23. PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS

Los polímeros son materiales compuestos por macromoléculas formadas por la repetición de unidades estructurales denominadas monómeros. Castellanos & Elias (2022)

A continuación, se presentan algunas de las propiedades más importantes de los polímeros:

Figura 1.54. Propiedades de los polímeros



Fuente: Autor

Baja densidad

Los polímeros suelen tener una baja densidad, lo que los hace ligeros y fáciles de manipular.

Resistencia mecánica

Los polímeros pueden tener una alta resistencia mecánica, lo que les permite soportar cargas estructurales.

Tabla 1.25. Polímeros que tiene alta resistencia

Polímero	Propiedades de Resistencia Mecánica	Aplicaciones
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Alta resistencia al impacto y a la tracción, rigidez, resistencia química.	Tanques de almacenamiento, tuberías, envases industriales.
Polipropileno (PP)	Buena resistencia al impacto, rigidez, resistencia química	Envases, piezas de automóviles, componentes estructurales.
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	Alta resistencia a la tracción y al impacto, rigidez, resistencia a la corrosión.	Cascos de barcos, carrocerías de automóviles, tanques de almacenamiento.
Poliamida (Nylon)	Alta resistencia al desgaste, tenacidad, rigidez.	Cuerdas, tejidos técnicos, piezas de maquinaria.
Polietileno de ultra alta densidad (PEUAD)	Extremadamente alta resistencia al impacto, rigidez, resistencia química.	Componentes de protección balística, equipamiento deportivo
Polieteretercetona (PEEK)	Alta resistencia a la temperatura, rigidez, resistencia química.	Componentes de aviones, implantes médicos, piezas de ingeniería de precisión.

Fuente: Autor

Flexibilidad

Los polímeros pueden ser muy flexibles y tener una gran capacidad para deformarse sin fracturarse, lo que les da la capacidad de ser moldeados y conformados en diversas formas y tamaños.

Resistencia química

Los polímeros pueden tener una alta resistencia a la corrosión y a los productos químicos, lo que los hace útiles en aplicaciones donde se requiere esta propiedad.

Propiedades térmicas

Los polímeros pueden tener una amplia gama de propiedades térmicas, desde materiales que son resistentes al calor hasta materiales que se derriten a temperaturas bajas.

Tabla 1.26. Propiedades térmicas de los polímeros

Polímero	Propiedades Térmicas	Aplicaciones
Polietileno de baja densidad (PEBD)	Baja temperatura de fusión, flexibilidad a baja temperatura, resistencia al calor moderada.	Películas de embalaje, bolsas de plástico, botellas de detergente.
Polipropileno (PP)	Baja temperatura de fusión, buena estabilidad térmica, resistencia al calor moderada.	Envases de alimentos calientes, utensilios de cocina, fibras textiles.
Policloruro de vinilo (PVC)	Amplio rango de temperatura de uso, resistencia al calor moderada, punto de fusión relativamente bajo.	Tuberías, perfiles para construcción, revestimientos de suelo.
Polietileno de alta densidad (PEAD)	Baja temperatura de fusión, buena resistencia al calor, excelente aislamiento térmico.	Tuberías para agua caliente, tanques de almacenamiento, componentes automotrices
Polietileno de alta densidad de peso molecular ultra alto (UHMWPE)	Baja temperatura de fusión, excelente resistencia al calor, alta resistencia al desgaste.	Piezas de maquinaria de alta fricción, componentes de transporte de materiales
Polieteretercetona (PEEK)	Alta resistencia al calor, punto de fusión elevado, estabilidad térmica excepcional.	Componentes de aviones, implantes médicos, aplicaciones de ingeniería de alta temperatura

Fuente: Autor

Propiedades eléctricas

Los polímeros pueden tener diferentes propiedades eléctricas, desde ser aislantes eléctricos hasta ser conductores.

Propiedades ópticas

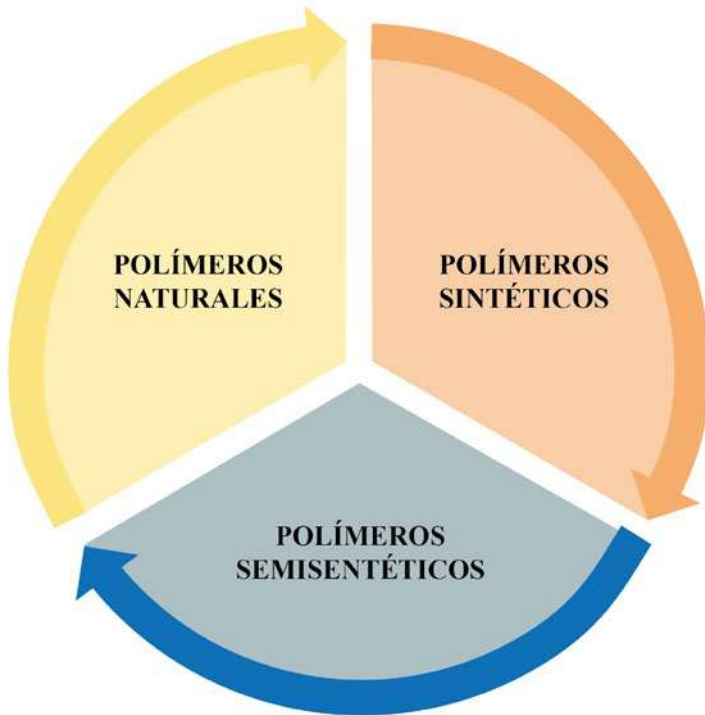
Los polímeros pueden tener diferentes propiedades ópticas, como la transparencia o la opacidad, lo que los hace útiles en la producción de diversos productos, como lentes y materiales de empaque.

Biocompatibilidad

Algunos polímeros son biocompatibles y se utilizan en aplicaciones médicas y dentales.

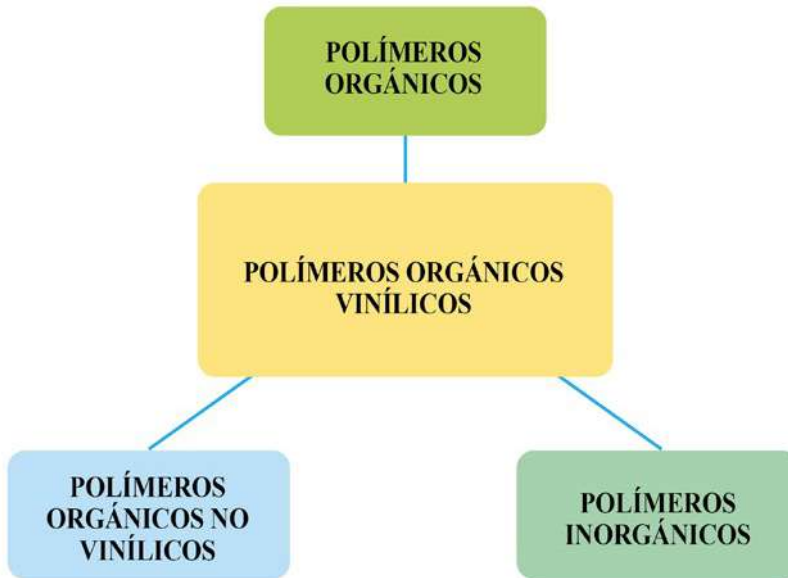
Estas propiedades hacen que los polímeros sean ampliamente utilizados en diversas industrias, como la automotriz, la aeroespacial, la electrónica, la médica, la alimentaria y muchas otras. Santiago Silvano (2016)

Figura 1.55. Polímeros según su origen



Fuente: Autor

Figura 1.56. Polímeros según su composición



Fuente: Autor

Figura 1.57. Polímeros según su reacción al aumentar la temperatura



Fuente: Autor

Mientras que para Conceptos (2019) en química, un polímero es una macromolécula compuesta por cadenas de unidades más simples (llamadas monómeros) unidas por enlaces covalentes. Su nombre proviene de las palabras griegas polys (muchos) y meros (segmento).

1.1.24. PROPIEDADES DE LOS CONDUCTORES

Los conductores son materiales que tienen la capacidad de permitir el flujo de corriente eléctrica a través de ellos. A continuación, se presentan algunas de las propiedades más importantes de los conductores:

Figura 1.58. Propiedades de los conductores

BAJA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	OFRECEN MUY POCA RESISTENCIA AL FLUJO DE CORRIENTE ELÉCTRICA.
ALTA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	ESTOS CONDUCTORES TIENEN LA FACILIDAD DE TRANSFERIR CALOR.
MALEABILIDAD	PUEDEN SER FÁCILMENTE DEFORMADOS Y MOLDEADOS EN DIFERENTES FORMAS Y TAMAÑOS.
DUCTILIDAD	SON DÚCTILES Y SON FÁCILMENTE ESTIRADOS PARA PRODUCIR ALAMBRES Y CABLES.
BAJA DUREZA	SON BLANDOS Y PUEDEN SER RAYADOS FÁCILMENTE.
BRILLO METÁLICO	TIENEN UN BRILLO METÁLICO CARACTERÍSTICOS DEBIDO A SU CAPACIDAD PARA REFLEJAR LA LUZ.

Fuente: Autor

Baja resistividad eléctrica

Los conductores tienen una baja resistividad eléctrica, lo que significa que ofrecen muy poca resistencia al flujo de corriente eléctrica.

Alta conductividad térmica

Los conductores tienen una alta conductividad térmica, lo que significa que pueden transferir calor fácilmente.

Maleabilidad

Los conductores son maleables y pueden ser fácilmente deformados y moldeados en diferentes formas y tamaños.

Ductilidad

Los conductores son dúctiles y pueden ser fácilmente estirados para producir alambres y cables.

Baja dureza

Los conductores tienen una baja dureza, lo que significa que son relativamente blandos y pueden ser rayados o deformados fácilmente.

Brillo metálico

Los conductores tienen un brillo metálico característico debido a su capacidad para reflejar la luz.

Conductividad de superficie

Los conductores tienen una alta conductividad de superficie, lo que significa que la corriente eléctrica tiende a fluir cerca de la superficie del material.

Buena soldabilidad

Los conductores son generalmente fáciles de soldar y unir con otros metales.

Estas propiedades hacen que los conductores sean ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, como en la producción de alambres y cables, componentes electrónicos, maquinarias y equipos eléctricos, y muchas otras aplicaciones en las que se requiere la transmisión de corriente eléctrica. López (2013)

1.1.25. PROPIEDADES DE LOS SEMICONDUCTORES

Los semiconductores son materiales que se encuentran en un estado intermedio entre los conductores (como los metales) y los aislantes (como los materiales cerámicos). Tienen propiedades únicas que los hacen útiles en una variedad de aplicaciones, desde la electrónica hasta la energía solar. Algunas de las propiedades más importantes de los semiconductores son las siguientes:

Figura 1.59. Propiedades de los semiconductores



Fuente: Autor

Conductividad

Los semiconductores tienen una conductividad eléctrica intermedia entre la de los conductores y la de los aislantes. Su conductividad puede ser controlada por la cantidad de impurezas añadidas, el dopaje, lo que permite ajustar la conductividad en un rango amplio.

Banda de energía

Los semiconductores tienen una banda de energía que está dividida en dos niveles, una banda de valencia y una banda de conducción. La banda de valencia está llena de electrones, mientras que la banda de conducción está vacía. Para que los electrones se muevan de la banda de valencia a la banda de conducción, necesitan energía.

Doping

Los semiconductores pueden ser dopados, lo que significa que se añaden impurezas intencionalmente al material para cambiar sus propiedades. El dopaje puede hacer que el material mejore sus propiedades de conductividad (dopaje tipo N) o menos conductor (dopaje tipo P).

Sensibilidad a la temperatura

La conductividad eléctrica de los semiconductores depende de la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la conductividad también aumenta.

Tabla 1.27. Conductividad eléctrica de los semiconductores

Semiconductor	Efecto de la Temperatura en la Conductividad Eléctrica	Aplicaciones
Silicio (Si)	Aumento de la conductividad eléctrica con la temperatura, comportamiento semiconductor típico.	Componentes electrónicos, células solares, microprocesadores.
Germanio (Ge)	Aumento de la conductividad eléctrica con la temperatura, comportamiento semiconductor típico.	Transistores, detectores de radiación infrarroja.

Telururo de Cadmio (CdTe)	Aumento de la conductividad eléctrica con la temperatura, comportamiento semiconductor típico.	Células solares de película delgada, detectores de rayos X.
Telururo de Mercurio-Cadmio (HgCdTe)	Aumento de la conductividad eléctrica con la temperatura, comportamiento semiconductor típico.	Detectores infrarrojos, cámaras térmicas.
Telururo de Plomo (PbTe)	Aumento de la conductividad eléctrica con la temperatura, comportamiento semiconductor típico.	Dispositivos de refrigeración termoelectrica, células solares de película delgada.

Fuente: Autor

Fotoconductividad

Los semiconductores pueden convertir la luz en electricidad. Este fenómeno se conoce como fotoconductividad y se utiliza en células solares y otros dispositivos fotovoltaicos.

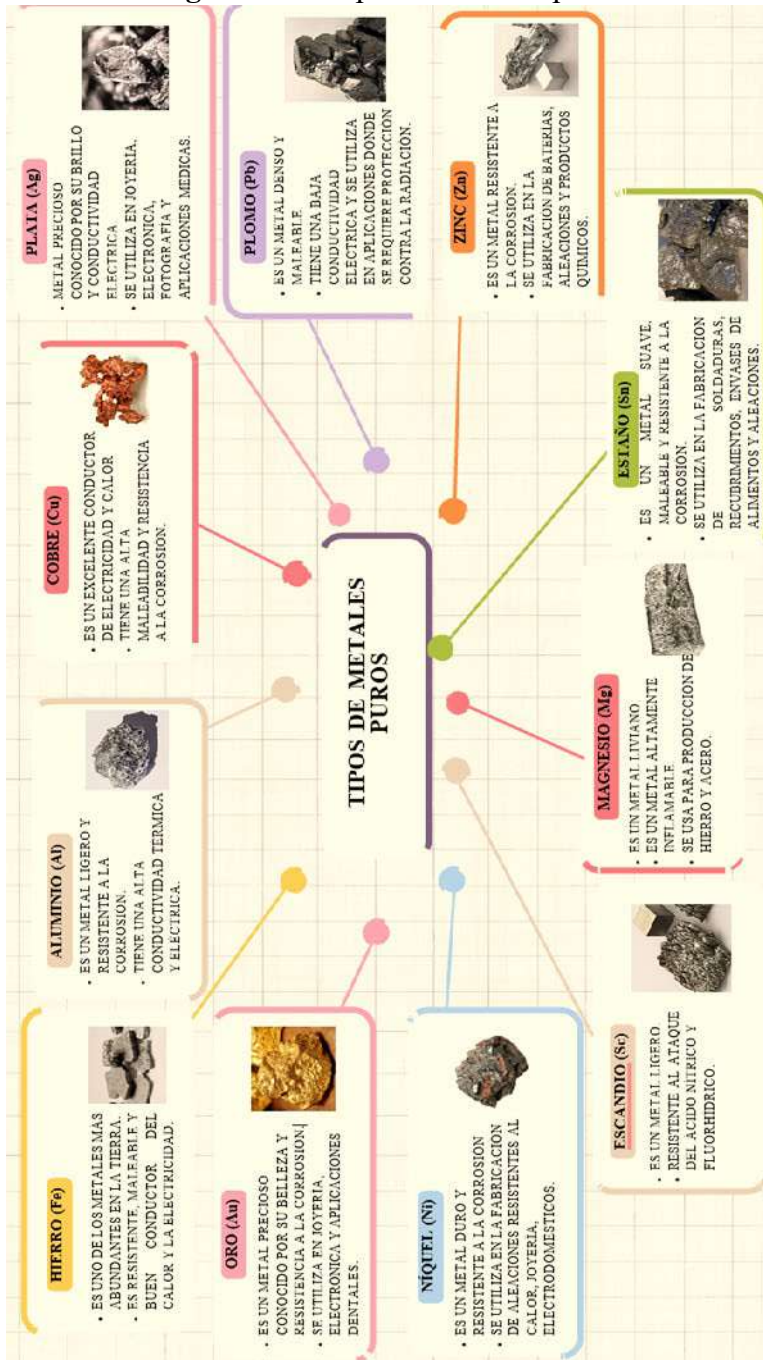
Efecto Peltier

Cuando una corriente eléctrica fluye a través de un semiconductor, se produce un efecto de enfriamiento o calentamiento en la región donde fluye la corriente. Este efecto se conoce como el efecto Peltier y se utiliza en dispositivos de refrigeración y calefacción.

Los semiconductores tienen propiedades únicas que los hacen útiles en una variedad de aplicaciones electrónicas y de energía. Su conductividad eléctrica puede ser controlada y ajustada mediante el dopaje, y pueden convertir la luz en electricidad. Además, los semiconductores exhiben efectos térmicos como el efecto Peltier, lo que los hace útiles en dispositivos de enfriamiento y calefacción.

2. METALES PUROS

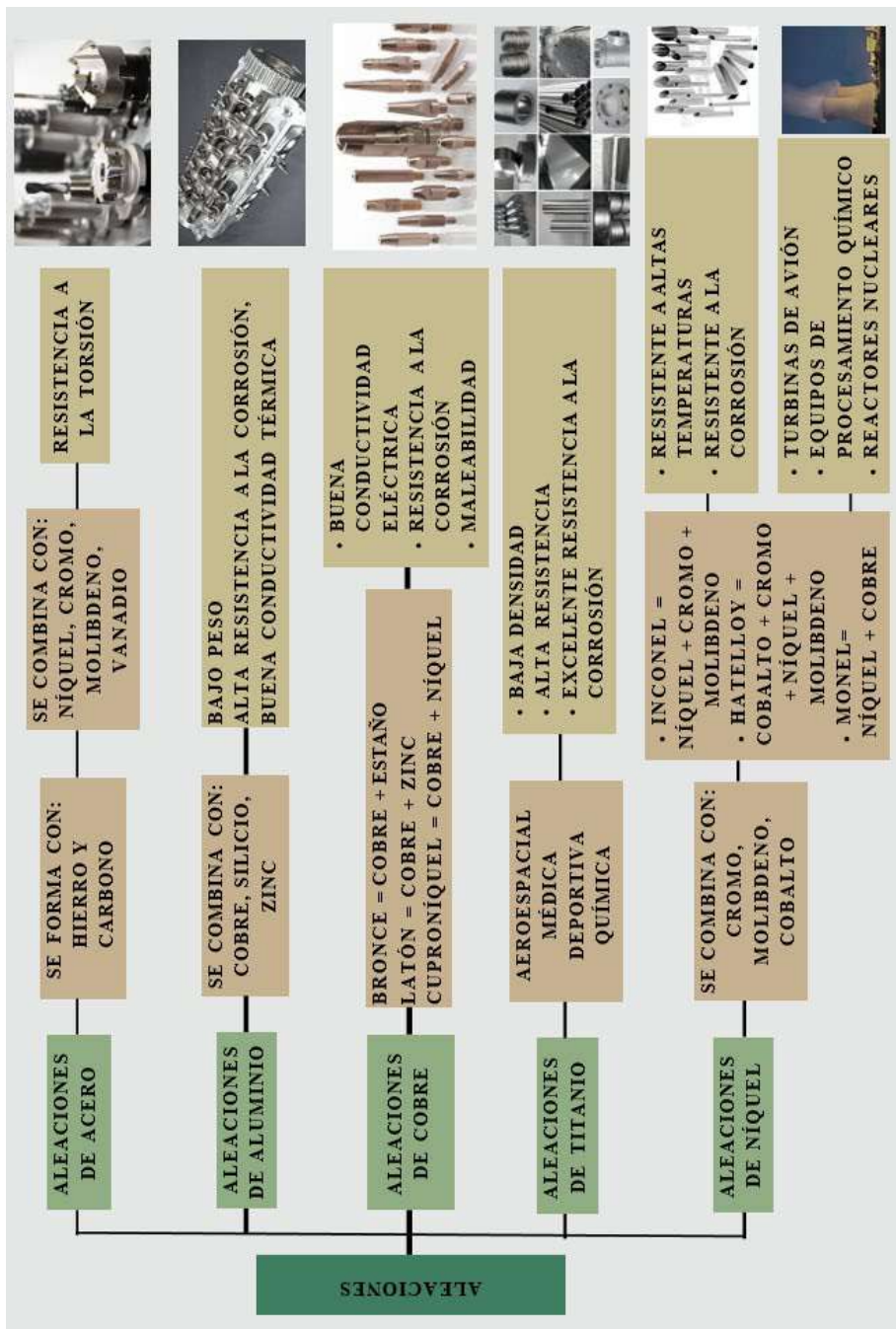
Figura 1.60. Tipos de metales puros



Fuente: Autor

3. ALEACIONES

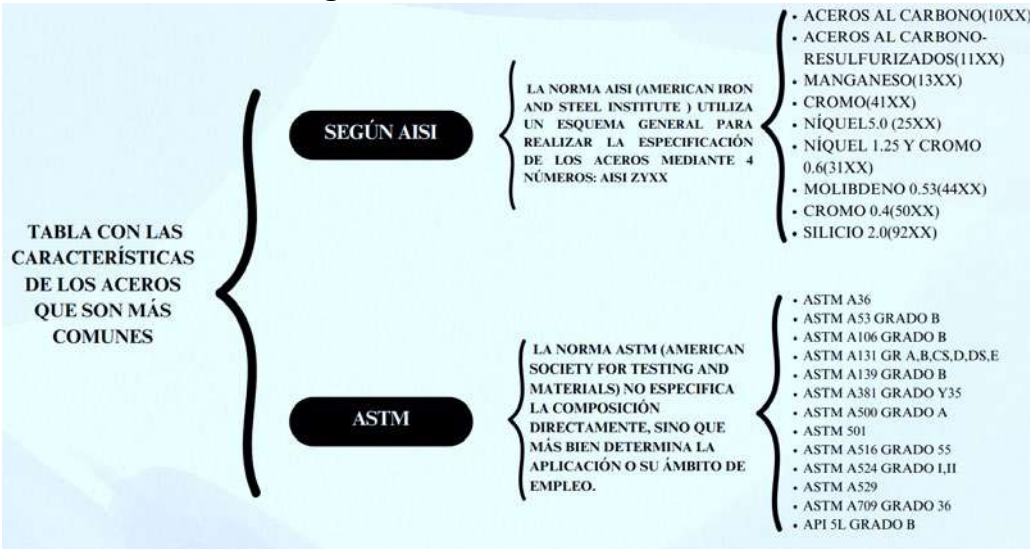
Figura 1.61. Tipos de aleaciones



Fuente: Autor

4. ACEROS MÁS COMUNES

Figura 1.62. Aceros más comunes



Fuente: Autor

Tabla 1.28. Aceros más comunes

Tipo de Acero	Composición Química	Propiedades Mecánicas	Aplicaciones
Acero al Carbono	Principalmente hierro y carbono, con pequeñas cantidades de otros elementos de aleación.	Resistencia a la tracción: 300-700 MPa, Dureza: Blanda a media.	Estructuras de construcción, puentes, carrocerías de automóviles.
Acero Inoxidable Austenítico	Hierro, cromo (18-20%), níquel (8-10%)	Resistencia a la tracción: 500-900 MPa, Dureza: Media-alta, Resistente a la corrosión.	Utensilios de cocina, tanques de almacenamiento, componentes de la industria química.
Acero Inoxidable Ferrítico	Hierro, cromo (12-27%), bajo contenido de níquel.	Resistencia a la tracción: 400-600 MPa, Dureza: Media, Buena resistencia a la corrosión.	Componentes de automóviles, estructuras arquitectónicas.

Acero Inoxidable Martensítico	Hierro, cromo (12-18%), contenido variable de carbono.	Resistencia a la tracción: 500-1,400 MPa, Dureza: Alta, Buena resistencia al desgaste.	Cuchillos, herramientas, ejes de transmisión.
Acero Aleado	Hierro, carbono (0.05-2%), otros elementos de aleación como cromo, níquel, molibdeno.	Resistencia a la tracción: variable según la composición, Dureza: Variable.	Componentes de maquinaria, ejes, engranajes.

Fuente: Autor

Tabla 1.29. Aceros según el sistema AISI/SAE

Designación AISI/SAE	Composición Química	Propiedades Mecánicas	Aplicaciones
AISI/SAE 1010	C: 0.08% max, Mn: 0.30-0.60%	Resistencia a la tracción: 290 MPa min, Dureza: Blanda	Componentes de bajo estrés, piezas estampadas
AISI/SAE 1045	C: 0.43-0.50%, Mn: 0.60-0.90%,	Resistencia a la tracción: 630 MPa min, Dureza: Media	Ejes, bielas, engranajes
AISI/SAE 4140	C: 0.38-0.43%, Mn: 0.75-1.00%, Cr: 0.80-1.10%, Mo: 0.15-0.25%	Resistencia a la tracción: 850 MPa min, Dureza: Alta	Ejes, engranajes, componentes estructurales
AISI/SAE 316L	C: 0.03% max, Mn: 2.00% max, Cr: 16-18%, Ni: 10-14%, Mo: 2-3%	Resistencia a la tracción: 485 MPa min, Dureza: Media	Equipos de procesamiento químico, implantes médicos
AISI/SAE 52100	C: 0.98-1.10%, Mn: 0.25-0.45%, Cr: 1.30-1.60%, Si: 0.15-0.35%	Resistencia a la tracción: 758 MPa min, Dureza: Alta	Rodamientos de bolas, componentes de máquinas de precisión

Fuente: Autor

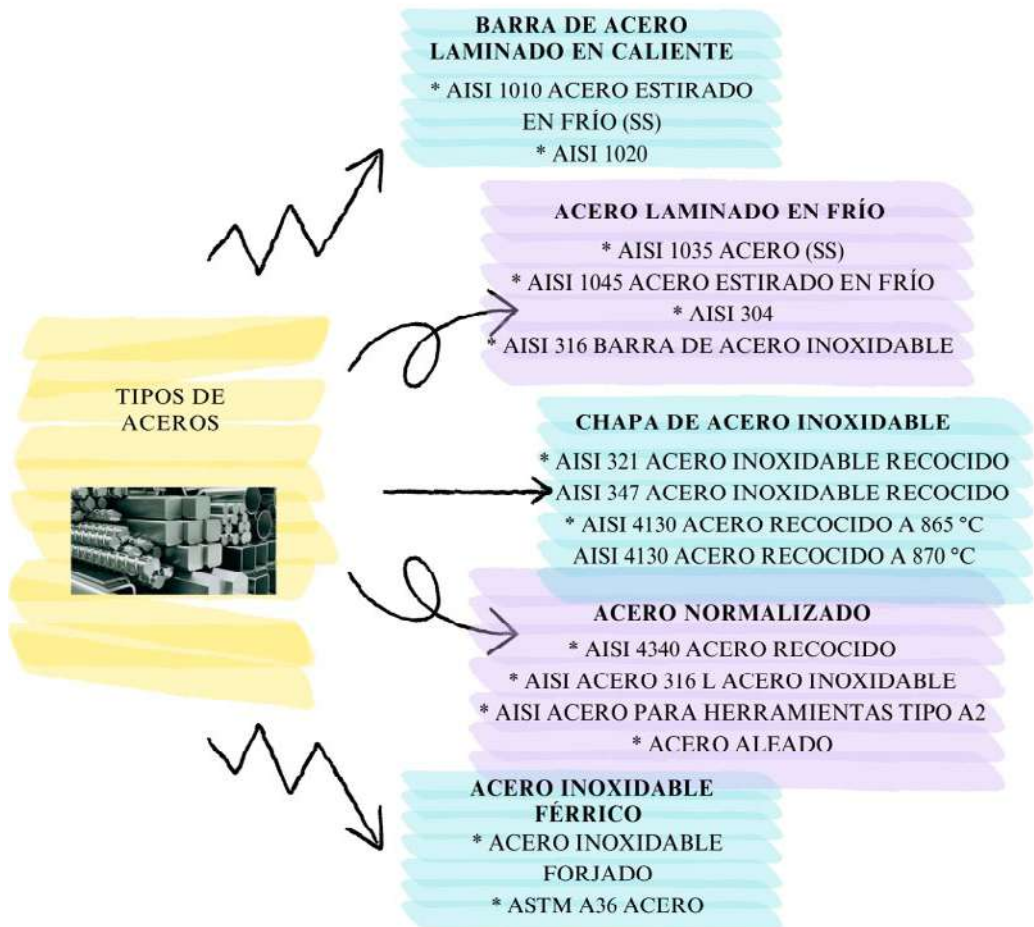
Tabla 1.30. Aceros más comunes según el sistema ASTM

Designación ASTM	Composición Química	Propiedades Mecánicas	Aplicaciones
ASTM A36	C: 0.26% max, Mn: 0.60-0.90%, Si: 0.15-0.40%, P: 0.04% max, S: 0.05% max	Resistencia a la tracción: 400-550 MPa, Límite de fluencia: 250 MPa min	Estructuras de construcción, puentes, placas de base
ASTM A572	C: 0.23% max, Mn: 1.35% max, Si: 0.40% max, P: 0.04% max, S: 0.05% max, V: 0.05-0.15%	Resistencia a la tracción: 450 MPa min, Límite de fluencia: 345 MPa min	Estructuras soldadas, puentes, torres de transmisión
ASTM A514	C: 0.12-0.21%, Mn: 0.45-0.70%, Si: 0.20-0.35%, Cr: 0.40-0.65%, Mo: 0.15-0.25%, B: 0.001-0.005%	Resistencia a la tracción: 690-900 MPa, Dureza: 235-293 HB	Estructuras de alta resistencia, recipientes a presión, equipos de minería
ASTM A516	C: 0.27-0.31%, Mn: 0.79-1.30%, P: 0.035% max, S: 0.035% max, Si: 0.13-0.45%	Resistencia a la tracción: 380-620 MPa, Límite de fluencia: 220 MPa min	Recipientes a presión, calderas, intercambiadores de calor
ASTM A242	C: 0.15% max, Mn: 1.00% max, Cu: 0.20-0.35%, Si: 0.03-0.65%, Ni: 0.40% max	Resistencia a la tracción: 485 MPa min, Límite de fluencia: 345 MPa min	Estructuras expuestas a la intemperie, puentes, estructuras marinas

Fuente: Autor

5. TIPOS DE ACEROS

Figura 1.63. Tipos de aceros



Fuente: Autor

6. DIAGRAMA DE FASES

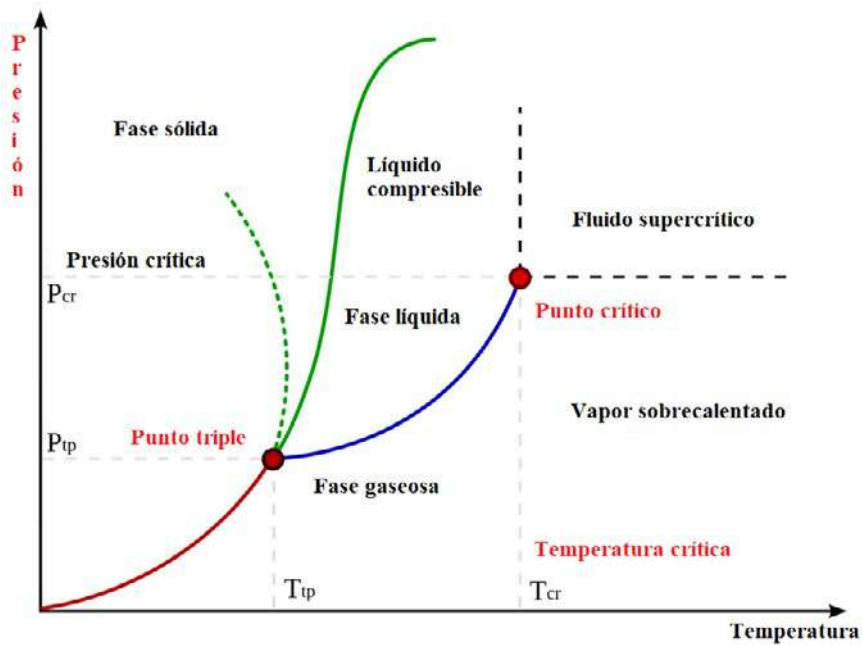
En ingeniería de materiales, los diagramas de fases son herramientas gráficas que representan las fases y las transformaciones de fase de un sistema material en función de variables como la temperatura, la presión y la composición química. Estos diagramas son fundamentales para comprender y predecir el comportamiento de los materiales en diferentes condiciones.

Figura 1.64. Diagrama de fases



Fuente: Autor

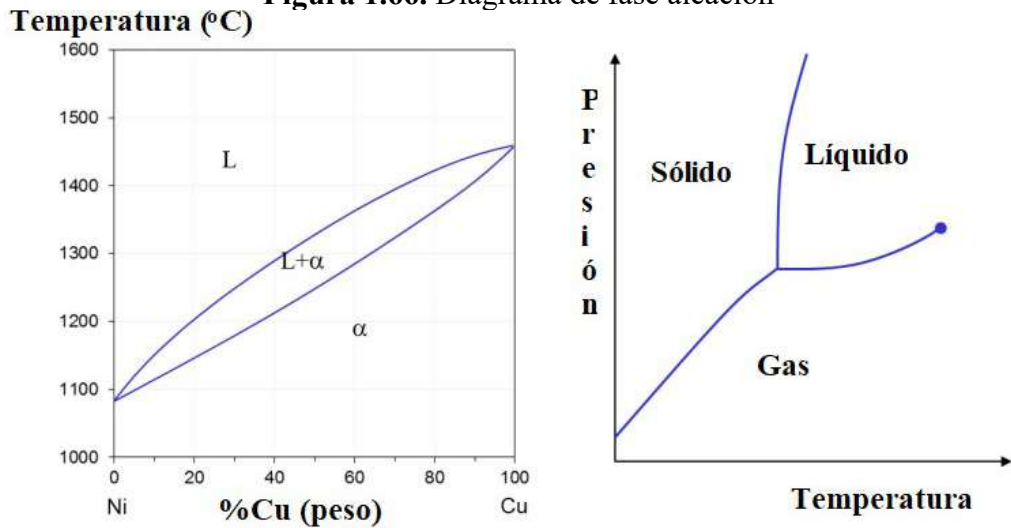
Figura 1.65. Diagrama de fases



Fuente: Predel (2004)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Figura 1.66. Diagrama de fase aleación



Fuente: Udimas (2018)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

A continuación, se presentan algunas definiciones y conceptos fundamentales relacionados con los diagramas de fases:

Figura 1.67. Fases



Fuente: Autor

Fase

Una fase es una porción homogénea y físicamente distinta de un sistema material. Cada fase tiene propiedades físicas y químicas únicas.

Componente

Los componentes son los elementos químicos o compuestos que están presentes en un sistema material. Por ejemplo, en un sistema de aleación de cobre y zinc, los componentes son el cobre y el zinc.

Sistema

Un sistema se refiere a la porción de material que se estudia. Puede consistir en una sola fase o en múltiples fases.

Diagrama de fase binario

Un diagrama de fase binario muestra las fases y las transformaciones de fase de un sistema compuesto por dos componentes. Por ejemplo, el diagrama de fase hierro-carbono es un diagrama binario ampliamente utilizado en la metalurgia.

Solución sólida

Una solución sólida es una fase que se forma cuando dos o más componentes se mezclan en estado sólido. Puede haber diferentes tipos de soluciones sólidas, como solución sólida completa, solución sólida parcial y solución sólida intersticial.

Línea de enfriamiento

Es una línea en un diagrama de fases que muestra cómo un material se enfría desde un estado fundido hasta alcanzar un estado sólido. Esta línea representa las transformaciones de fase que ocurren durante el enfriamiento.

Punto eutéctico

Es el punto en un diagrama de fases donde una aleación binaria muestra la temperatura más baja a la que las dos fases líquidas pueden coexistir en equilibrio. En este punto, ocurre una transformación eutéctica.

Punto de fusión

Es la temperatura a la cual un material sólido se funde y se convierte en líquido. En un diagrama de fases, el punto de fusión se representa como una línea llamada línea de fusión.

Punto crítico

Es el punto en un diagrama de fases donde las propiedades de una fase líquida y una fase gaseosa se vuelven indistinguibles. En este punto, la fase líquida y la fase gaseosa coexisten en equilibrio.

Transformación de fase

Es un cambio en la estructura cristalina y/o la composición química de una fase debido a cambios en las condiciones de temperatura, presión o composición.

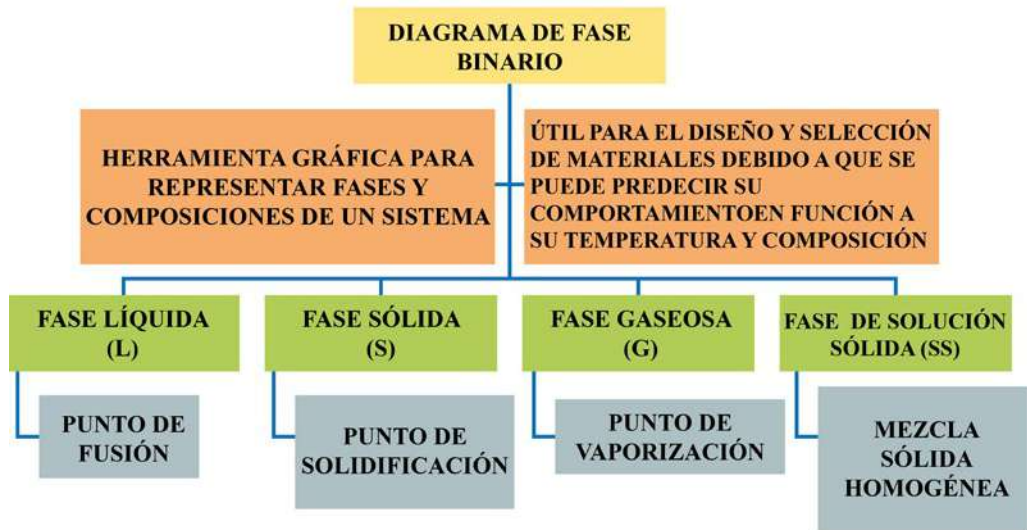
Estos son solo algunos de los conceptos fundamentales relacionados con los diagramas de fases en ingeniería de materiales. Los diagramas de fases proporcionan información crucial para el diseño y la selección de materiales en diversas aplicaciones industriales, ya que ayudan a comprender cómo los materiales se comportan bajo diferentes condiciones y a predecir su microestructura y propiedades.

6.1. DIAGRAMA DE FASE BINARIO (DOS COMPONENTES)

Los diagramas de fases binarios son herramientas gráficas utilizadas en el campo de la ingeniería de materiales para representar las fases y las composiciones de un sistema que consiste en dos componentes. Estos diagramas son útiles para comprender cómo los cambios en la temperatura y la composición afectan las fases presentes en el sistema.

En un diagrama de fases binario, el eje horizontal representa la composición de uno de los componentes, mientras que el eje vertical representa la temperatura. Los diferentes tipos de fases se representan mediante regiones en el diagrama.

Las fases más comunes que se encuentran en los diagramas de fases binarios son:

Figura 1.68. Diagrama de fase binario

Fuente: Autor

Fase líquida (L)

Representa la región donde el sistema es líquido. La temperatura de esta región se conoce como punto de fusión.

Fase sólida (S)

Representa la región donde el sistema es sólido. La temperatura de esta región se conoce como punto de solidificación.

Fase gaseosa (G)

Representa la región donde el sistema es gaseoso. La temperatura de esta región se conoce como punto de vaporización.

Fase de solución sólida (SS)

Representa una mezcla sólida homogénea de los dos componentes. Puede haber diferentes tipos de soluciones sólidas dependiendo de cómo se mezclan los átomos de los componentes.

Además de estas fases básicas, también pueden aparecer otras fases, como compuestos intermetálicos o fases amorfas, dependiendo de los componentes del sistema.

Los diagramas de fases binarios son muy útiles para predecir el comportamiento de los materiales en función de la temperatura y la composición. Ayudan a determinar las condiciones en las que se pueden obtener ciertas fases, la secuencia de cambios de fase durante el enfriamiento o calentamiento, y la composición de las fases presentes en el sistema en equilibrio.

Estos diagramas son ampliamente utilizados en la selección y diseño de materiales, especialmente en la metalurgia y la ciencia de los materiales, para comprender las propiedades y el comportamiento de aleaciones y sistemas materiales complejos.

6.2. SISTEMA HIERRO CARBONO

El sistema hierro-carbono es un sistema fundamental en la metalurgia y la ciencia de los materiales. Se refiere a las aleaciones que se forman cuando se combina hierro (Fe) y carbono (C). Esta combinación da lugar a una amplia gama de materiales, desde el hierro puro hasta el acero y el hierro fundido.

Tabla 1.31. Importancia del sistema hierro carbono

Composición de carbono (%)	Nombre de la aleación	Propiedades
Menos del 0.05	Hierro puro	Suave, maleable, no es duro ni resistente.
0.05 - 0.3	Acero suave	Maleable, se puede endurecer mediante tratamiento térmico.
0.3 - 0.6	Acero medio	Moderadamente resistente, se puede templear y revenir.
0.6 - 0.99	Acero duro	Duro y resistente, se puede endurecer mediante temple.
1.0 - 2.0	Fundición gris	Frágil, buena resistencia a la compresión, no es dúctil.
Más de 2.0	Fundición blanca	Extremadamente duro y quebradizo, se utiliza en aplicaciones de resistencia al desgaste.

Fuente: Autor

El sistema hierro-carbono es particularmente importante porque determina las propiedades y el comportamiento de los aceros, que son aleaciones de hierro con cantidades variables de carbono y otros elementos de aleación. Estas propiedades incluyen la resistencia, la dureza, la tenacidad, la ductilidad y la capacidad de endurecimiento por tratamiento térmico.

El diagrama de fase hierro-carbono, también conocido como diagrama de equilibrio hierro-carbono, es una representación gráfica de las fases y las transformaciones de fase que ocurren en las aleaciones hierro-carbono en función de la temperatura y la composición. Este diagrama es esencial para comprender y controlar la producción de aceros y hierros fundidos con propiedades deseadas.

El diagrama de fase hierro-carbono muestra tres fases principales: ferrita, perlita y cementita. La ferrita es una fase de hierro puro que es blanda y maleable. La perlita es una mezcla de ferrita y cementita, y es la fase predominante en la mayoría de los aceros comerciales. La cementita es un compuesto de hierro y carbono muy duro y frágil.

Además de estas fases, el diagrama de fase hierro-carbono también muestra otras estructuras y transformaciones, como austenita, martensita, bainita y otras fases metaestables. Estas fases y transformaciones afectan las propiedades mecánicas de los aceros y la capacidad de endurecimiento por tratamiento térmico.

El sistema hierro-carbono es esencial en la metalurgia y la ciencia de los materiales, y el diagrama de fase hierro-carbono proporciona información clave sobre las fases y las transformaciones que ocurren en las aleaciones hierro-carbono, lo que permite diseñar y producir aceros con propiedades específicas. Molera (1991)

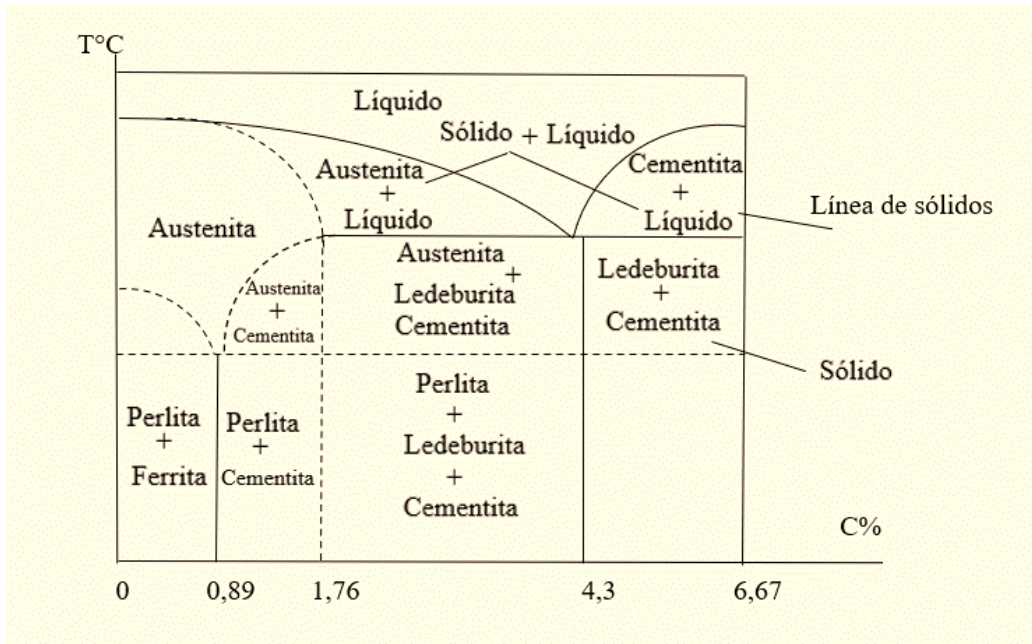
Tabla 1.32. Ejemplos de aplicaciones del sistema hierro carbono.

Composición de carbono (%)	Nombre de la aleación	Aplicaciones
Menos del 0.05	Hierro puro	Componentes estructurales ligeros, alambres, utensilios de cocina.
0.05 - 0.3	Acero suave	Estructuras de edificios, carrocerías de automóviles, tuberías.
0.3 - 0.6	Acero medio	Herramientas manuales, ejes, engranajes.
0.6 - 0.99	Acero duro	Herramientas de corte, rodamientos, ejes de máquinas.
1.0 - 2.0	Fundición gris	Bloques de motor, piezas de maquinaria pesada
Más de 2.0	Fundición blanca	Componentes resistentes al desgaste, como rodillos y cojinetes.

Fuente: Autor

7. DIAGRAMA HIERRO CARBONO

Figura 1.69. Diagrama hierro carbono



Fuente: Minera (2022)

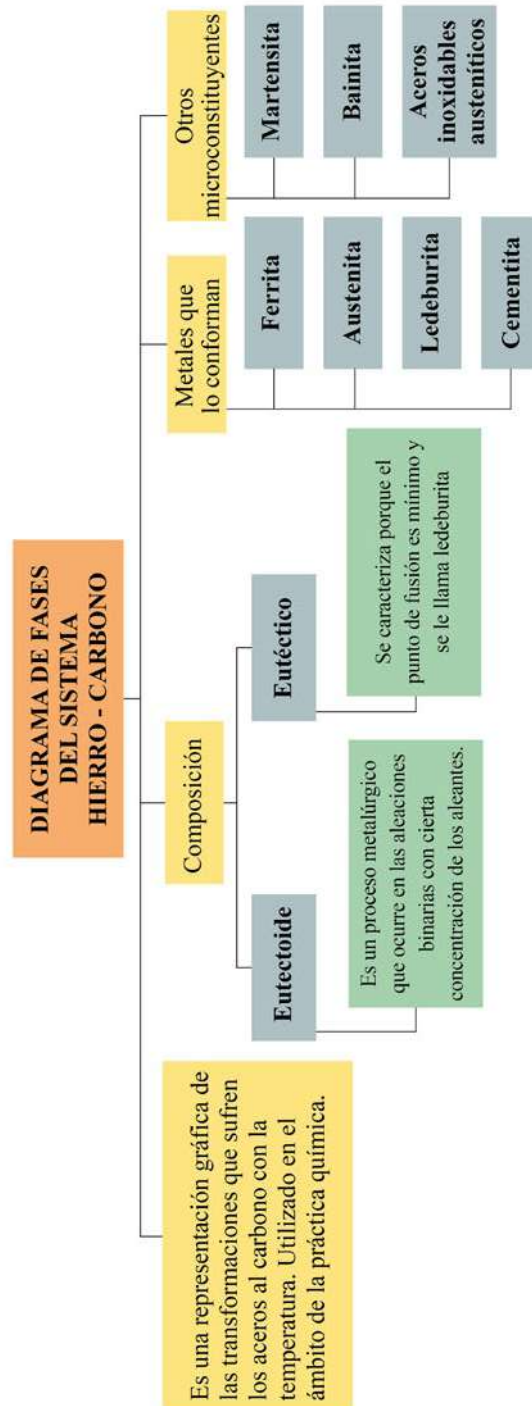
Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Para Minera (2022) considera que:

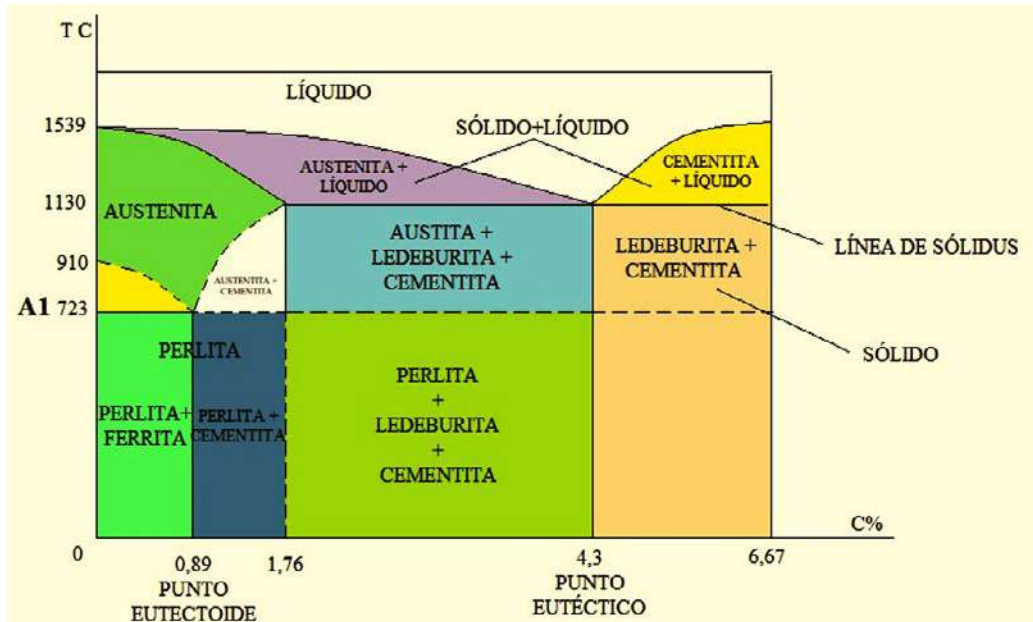
En la solidificación aparece una solución sólida llamada austenita para proporciones inferiores al 1,76% de carbono, y con un 4,30% se crea un eutéctico llamado ledeburita. Esto provoca la primera clasificación del sistema hierro-carbono: se habla de aceros si la proporción de carbono es inferior a 1,76%, y de fundiciones para proporciones entre 1,76 y 6,67%.

A los aceros que tienen una proporción menor que 0,89% de carbono se les denomina hipoeutectoides, y si tienen entre 0,89 y 1,76% de carbono, hipereutectoides. (p. 2)

Figura 1.70. Diagrama de fases del sistema hierro – carbono



Fuente: Autor

Figura 1.71. Diagrama hierro carbono

Fuente: Xiomy (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

7.1. PUNTO EUTECTOIDE

El punto eutectoide es un concepto importante en el diagrama de fases de un sistema material, particularmente en los aceros y las aleaciones. Representa una composición y una temperatura específica en la cual ocurre una transformación de fase llamada transformación eutectoide.

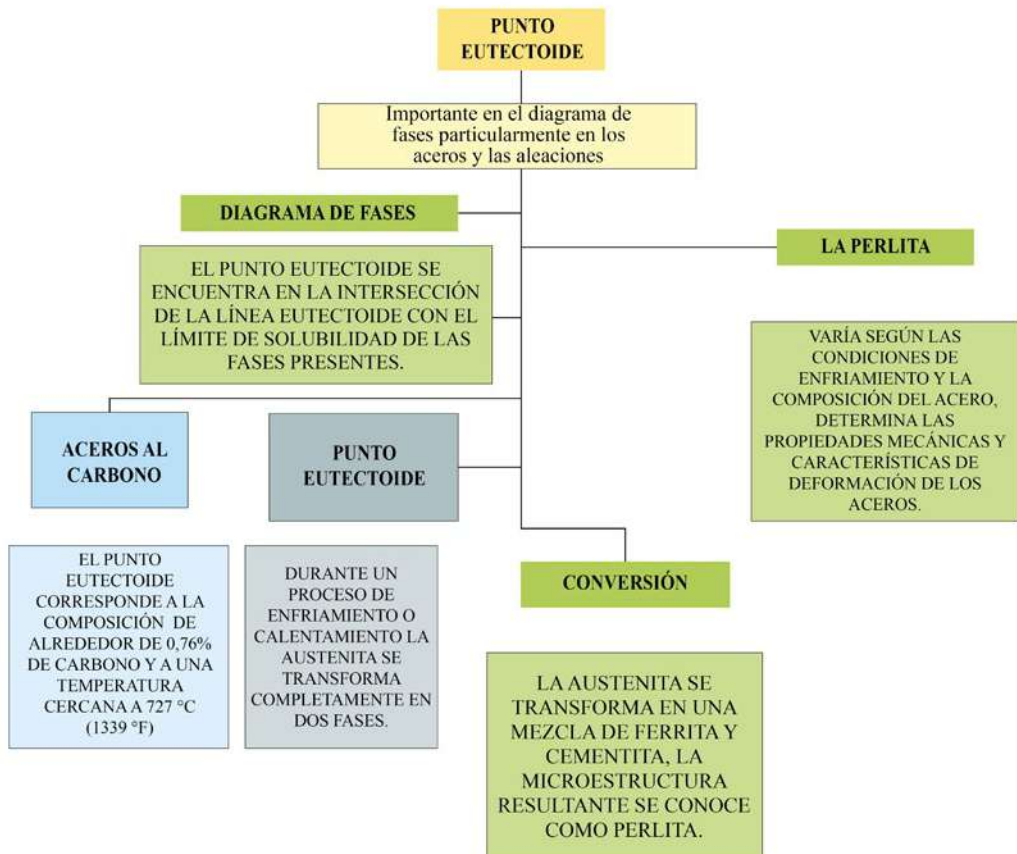
En un diagrama de fases, el punto eutectoide se encuentra en la intersección de la línea eutectoide con el límite de solubilidad de las fases presentes. En el caso de los aceros al carbono, el punto eutectoide corresponde a la composición de aproximadamente 0,76% de carbono y a una temperatura de aproximadamente 727 °C (1339 °F).

En el punto eutectoide, durante un proceso de enfriamiento o calentamiento, la austenita se transforma completamente en dos fases diferentes de manera simultánea y equitativa. En el caso de los aceros al carbono, la austenita se transforma en una mezcla de ferrita y cementita. Esta reacción se llama transformación eutectoide, y la microestructura resultante se conoce como perlita.

La perlita es una estructura laminar formada por capas alternas de ferrita y cementita. La proporción y la distribución de estas fases en la perlita pueden variar según las condiciones de enfriamiento y la composición del acero. La formación de perlita es importante para determinar las propiedades mecánicas y las características de deformación de los aceros.

El punto eutectoide y la transformación eutectoide son fundamentales en la ingeniería de materiales, ya que permiten obtener microestructuras controladas y propiedades mecánicas específicas en los materiales. Además, el conocimiento del punto eutectoide y la ubicación de la línea eutectoide en los diagramas de fases son de utilidad para la selección y el diseño de aleaciones con características específicas según las necesidades de una aplicación particular.

Figura 1.72. Punto eutectoide



Fuente: Autor

7.2. PUNTO EUTÉCTICO

El punto eutéctico es un concepto importante en el diagrama de fases de un sistema, como las aleaciones. Representa una composición y una temperatura específica en las cuales coexisten tres fases diferentes en equilibrio.

En un diagrama de fases, el punto eutéctico se encuentra en la intersección de la línea eutéctica con el límite de solubilidad de las fases presentes. En este punto, las tres fases, generalmente denominadas α , β y γ , coexisten en equilibrio.

Durante un proceso de enfriamiento, cuando se alcanza el punto eutéctico, las tres fases se solidifican simultáneamente a partir de una fase líquida. Esta solidificación ocurre a una temperatura constante y resulta en la formación de una microestructura eutéctica.

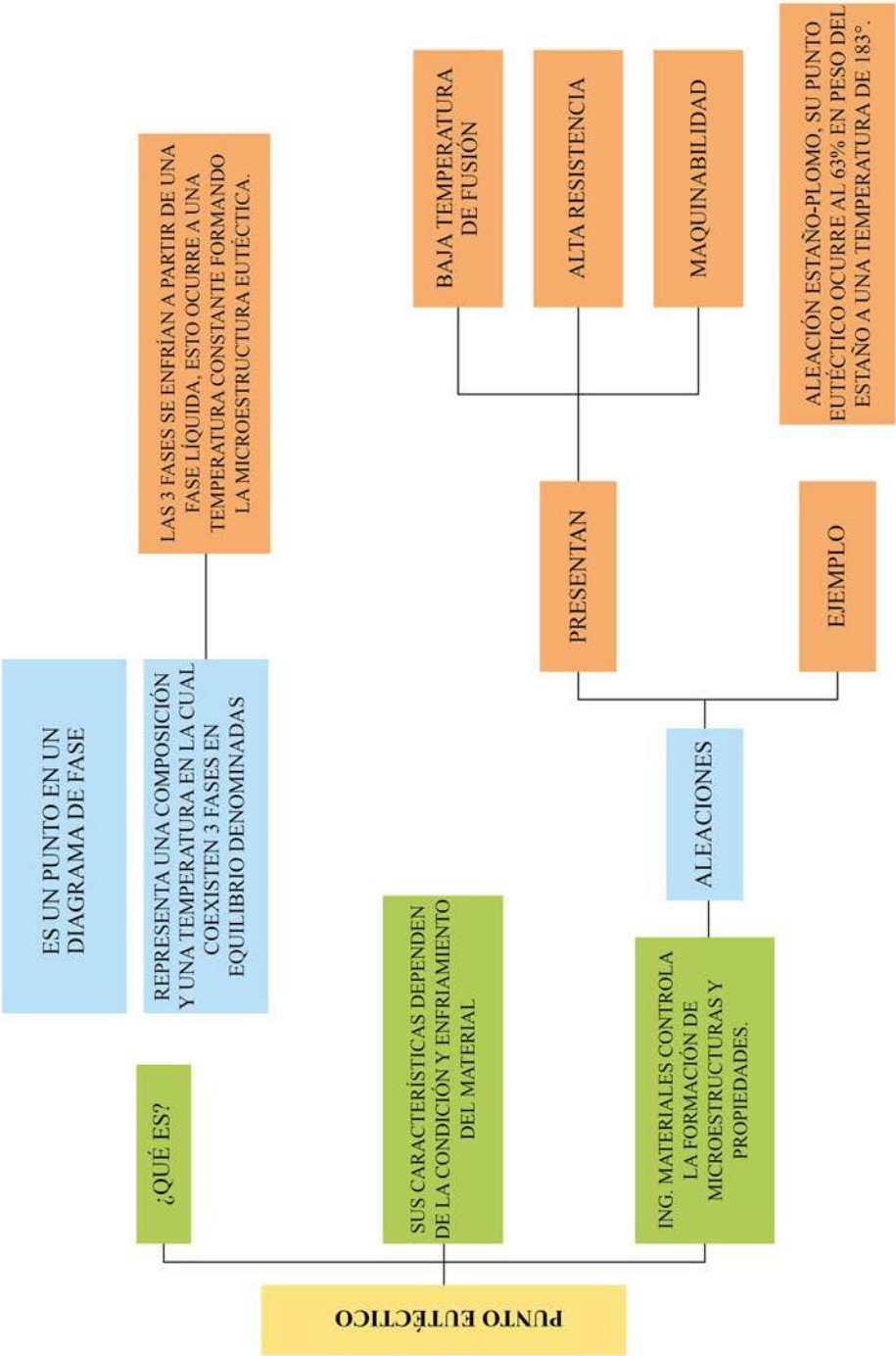
La microestructura eutéctica se caracteriza por la presencia de fases finamente dispersas en una matriz. Las características específicas de la microestructura eutéctica dependen de la composición del material y las condiciones de enfriamiento.

En ingeniería de materiales, los puntos eutécticos son importantes para comprender y controlar la formación de microestructuras y las propiedades resultantes en aleaciones. Las aleaciones eutécticas se utilizan en diversas aplicaciones debido a sus propiedades específicas, como baja temperatura de fusión, alta resistencia o buenas propiedades de maquinabilidad.

Un ejemplo común de aleación eutéctica es la aleación de estaño-plomo, en la cual el punto eutéctico ocurre aproximadamente al 63% en peso de estaño y a una temperatura de aproximadamente 183 °C (361 °F). Esta aleación tiene una baja temperatura de fusión y se utiliza en aplicaciones como soldadura y revestimientos.

El punto eutéctico es un punto en un diagrama de fases donde coexisten tres fases en equilibrio. La solidificación en este punto da lugar a una microestructura eutéctica, que tiene propiedades específicas según la composición del material.

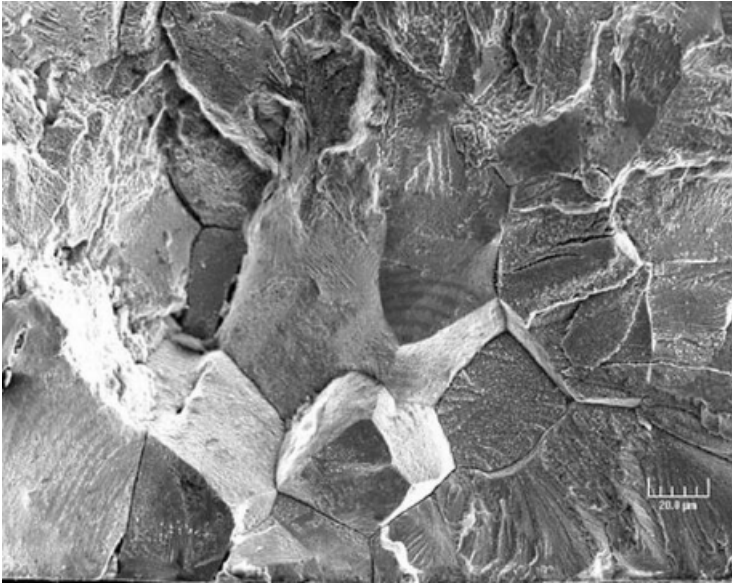
Figura 1.73. Punto eutético



Fuente: Autor

7.3. AUSTENITA

Figura 1.74. Acero inoxidable-304-austenita-fractura



Fuente: Alamy (2018)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

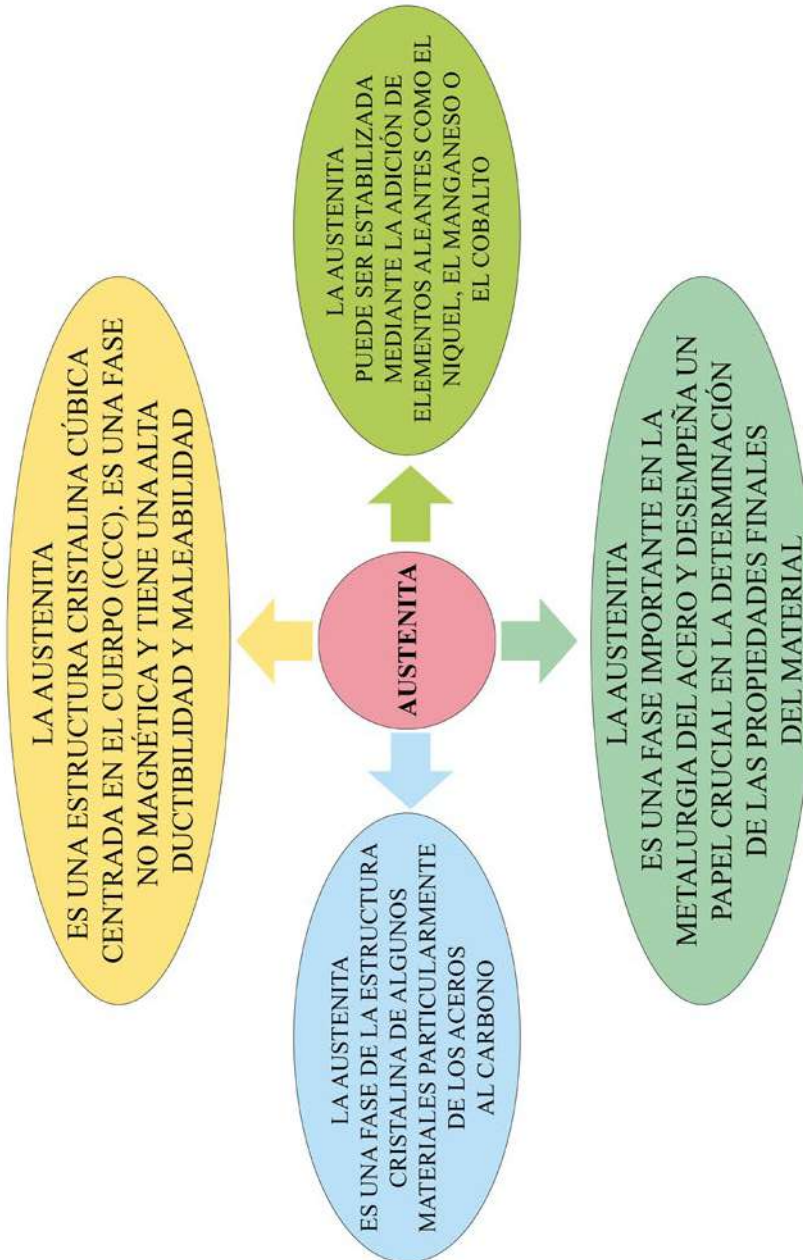
La austenita es una fase de la estructura cristalina de algunos materiales, particularmente de los aceros al carbono. Es un tipo de microestructura que se forma cuando el acero se calienta por encima de una temperatura crítica llamada temperatura de transformación de la austenita. Bilmes (2000)

La austenita es una estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo (CCC) y se caracteriza por su alta solubilidad de carbono. Es una fase no magnética y tiene una alta ductilidad y maleabilidad. Cuando el acero se enfría rápidamente desde la temperatura de austenización, la austenita se transforma en diferentes fases, dependiendo de la composición del acero y la velocidad de enfriamiento. Algunas de las fases comunes resultantes de la transformación de la austenita son la ferrita, la perlita, la bainita o la martensita.

La presencia y proporción de austenita en un acero pueden tener un impacto significativo en sus propiedades mecánicas y en su capacidad para ser tratado térmicamente. La austenita puede ser estabilizada mediante la adición de elementos aleantes como el níquel, el manganeso o el cobalto.

La austenita es una fase importante en la metalurgia del acero y desempeña un papel crucial en la determinación de las propiedades finales del material.

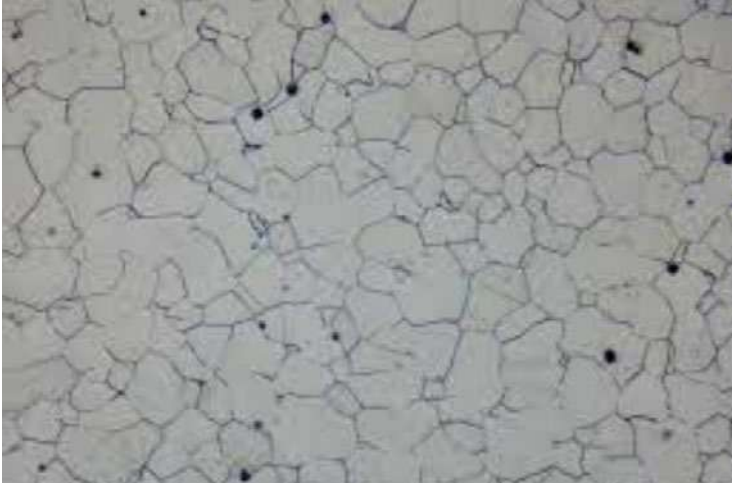
Figura 1.75. Austenita



Fuente: Autor

7.4. FERRITA

Figura 1.76. Ferrita



Fuente: Derematerialia (2017)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La ferrita es una fase de la estructura cristalina de algunos materiales, como los aceros al carbono. Es una fase sólida de hierro con una estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo (CCC). A diferencia de la austenita, la ferrita tiene una baja solubilidad de carbono. Orlando (2017)

La ferrita es una fase blanda y relativamente dúctil. Tiene una baja resistencia mecánica, pero es fácil de deformar. Cuando el acero se enfría lentamente, la austenita se transforma en ferrita en una reacción conocida como recrystalización. La presencia de ferrita en el acero afecta sus propiedades mecánicas, como la resistencia y la ductilidad.

En términos de microestructura, la ferrita generalmente se presenta en forma de granos o cristales individuales, y su tamaño y distribución pueden influir en las propiedades finales del material. La cantidad de ferrita presente en el acero puede variar según la composición química y el tratamiento térmico al que se someta el material.

Es importante destacar que la ferrita puede existir en diferentes formas dependiendo de la temperatura y la composición del acero. Por ejemplo, la ferrita alfa (α) se encuentra a temperatura ambiente, mientras que la ferrita delta (δ) se forma a temperaturas más altas.

La ferrita es una fase cristalina presente en algunos materiales, como los aceros al carbono, que tiene una baja solubilidad de carbono y propiedades mecánicas características. Su presencia y proporción en un material pueden influir en sus propiedades finales y su comportamiento bajo diferentes condiciones de servicio.

7.5. PERLITA

Figura 1.77. Perlita



Fuete: Derematerialia (2017)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La perlita es una microestructura común en los aceros que se forma durante la transformación de la austenita a temperaturas inferiores a la crítica. Es una mezcla de ferrita y cementita, que son dos fases distintas de la estructura cristalina. Zapata (2017)

La perlita se forma mediante una reacción eutectoide, que ocurre cuando la austenita se enfría y se transforma en ferrita y cementita en proporciones específicas. La ferrita se presenta en forma de láminas o placas intercaladas con las láminas de cementita.

La perlita tiene una apariencia característica, que se asemeja a un patrón de bandas claras y oscuras en la microestructura del acero. Estas bandas correspon-

den a las regiones de ferrita y cementita respectivamente. La estructura en capas de la perlita proporciona una combinación de resistencia y tenacidad al acero, lo que lo hace adecuado para muchas aplicaciones.

Las propiedades mecánicas de la perlita pueden variar según la cantidad y la distribución de ferrita y cementita en la microestructura. El tamaño y la forma de las láminas de ferrita y cementita pueden influir en la resistencia, la ductilidad y otras características del material.

En la ingeniería de materiales, la formación y la controlada manipulación de la perlita son importantes, ya que se busca obtener una combinación óptima de propiedades mecánicas en el acero. El tratamiento térmico adecuado puede afectar la cantidad y la forma de la perlita, lo que permite ajustar las propiedades del acero para satisfacer los requisitos específicos de cada aplicación.

Figura 1.78. Perlita



Fuente: Autor

7.6. BAINITA

Figura 1.79. Bainita



Fuente: Bainita (2019)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La bainita es una microestructura que se forma en algunos aceros durante la transformación de la austenita. Es el resultado de una transformación de fase a temperaturas intermedias entre las necesarias para formar la perlita y la martensita. La bainita se caracteriza por su apariencia acicular (forma de agujas) o laminar. Romo (2018)

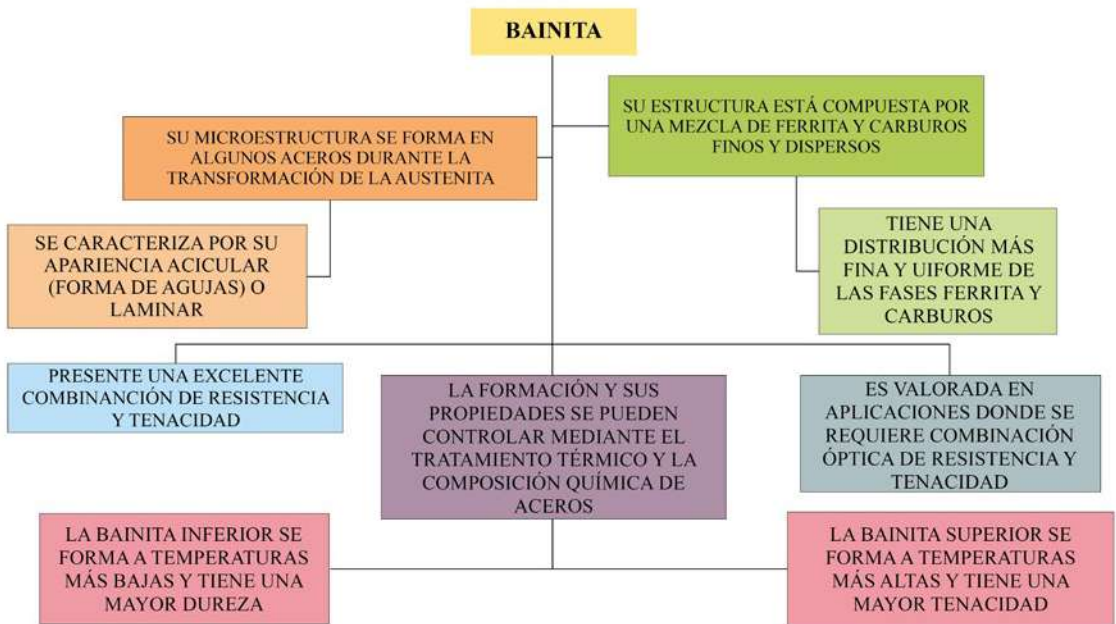
La estructura de la bainita está compuesta por una mezcla de ferrita y carburos finos y dispersos, que pueden ser de cementita o de otros carburos complejos. A diferencia de la perlita, la bainita tiene una distribución más fina y uniforme de las fases ferrita y carburos, lo que le confiere propiedades mecánicas específicas.

La bainita presenta una excelente combinación de resistencia y tenacidad. Debido a su estructura acicular o laminar, la bainita es capaz de resistir mejor los esfuerzos y la fractura en comparación con la perlita. Esto se debe a que la morfología de la bainita crea barreras para el deslizamiento de las dislocaciones, lo que mejora la resistencia y la capacidad de deformación del acero.

La formación de la bainita y sus propiedades se pueden controlar mediante el tratamiento térmico y la composición química del acero. La bainita inferior se forma a temperaturas más bajas y tiene una mayor dureza, mientras que la bainita superior se forma a temperaturas más altas y tiene una mayor tenacidad.

En la ingeniería de materiales, la bainita es valorada en aplicaciones donde se requiere una combinación óptima de resistencia y tenacidad, como en componentes de maquinaria, ejes, engranajes, entre otros. La manipulación de la formación de la bainita a través del tratamiento térmico permite ajustar las propiedades del acero según los requisitos específicos de cada aplicación.

Figura 1.80. Bainita



Fuente: Autor

7.7. MARTENSITA

Figura 1.81. Martensita



Fuente: Materiales (2018)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La martensita es una fase metaestable que se forma en algunos materiales, como los aceros, durante la transformación de la austenita. A diferencia de otras microestructuras como la perlita y la bainita, la martensita se obtiene mediante un enfriamiento rápido y sin difusión de la austenita. Giraldo (2005)

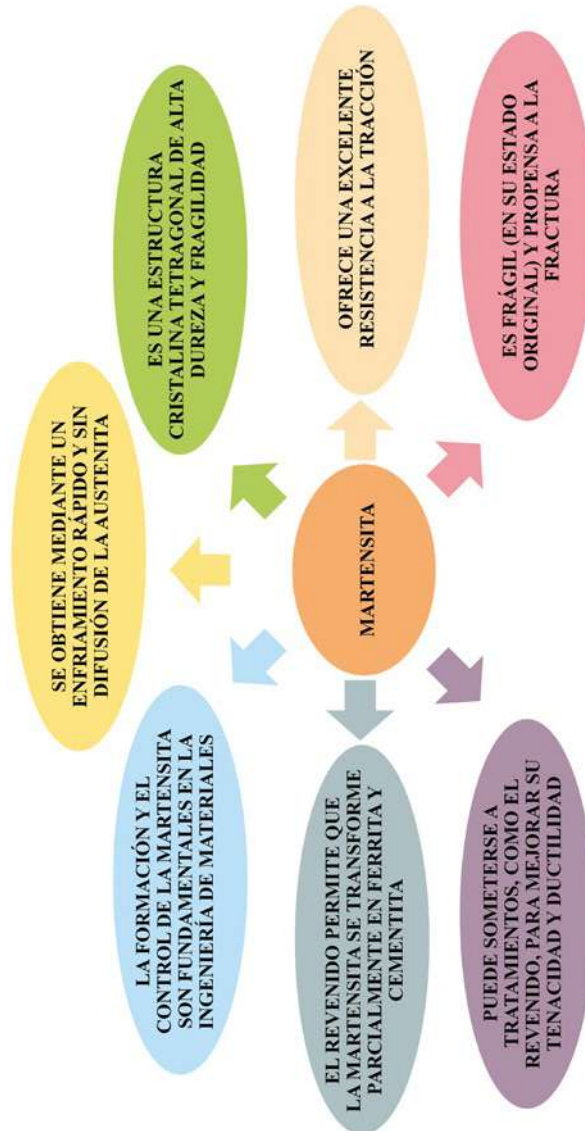
La martensita es una estructura cristalina tetragonal de alta dureza y fragilidad. Se caracteriza por su apariencia aguda y acicular (forma de aguja). Su formación rápida impide que los átomos tengan suficiente tiempo para reorganizarse en una estructura más estable, lo que resulta en una microestructura altamente endurecida.

Debido a su alta dureza, la martensita ofrece una excelente resistencia a la tracción, pero también es frágil y propensa a la fractura. Es importante tener en cuenta que la martensita es extremadamente frágil en su estado original, pero puede someterse a tratamientos posteriores, como el revenido, para mejorar su tenacidad y ductilidad.

El revenido es un proceso de calentamiento a temperaturas más bajas que ayuda a aliviar las tensiones internas y permite que la martensita se transforme parcialmente en ferrita y cementita. Esto ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del material, equilibrando la resistencia y la tenacidad.

La formación y el control de la martensita son fundamentales en la ingeniería de materiales. Los aceros con alta resistencia y dureza, como los aceros para herramientas y algunos aceros inoxidables, se diseñan para contener martensita en su microestructura. Además, la transformación de la austenita en martensita es ampliamente utilizada en procesos de endurecimiento superficial, como el temple, para mejorar la resistencia y la durabilidad de los componentes.

Figura 1.82. Martensita



Fuente: Autor

7.8. CEMENTITA

Figura 1.83. Cementita



Fuente: Amaly (2019)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La cementita es un compuesto químico que se encuentra en la microestructura de algunos materiales, como los aceros al carbono. También se conoce como carburo de hierro y tiene la fórmula química Fe_3C .

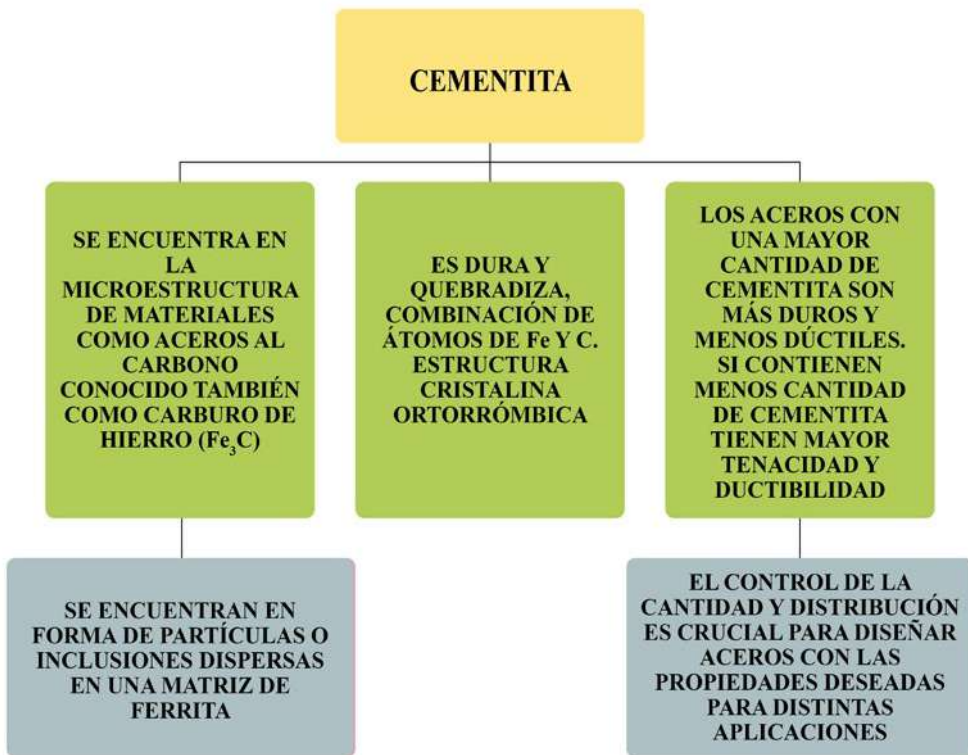
La cementita es una fase dura y quebradiza que consiste en una combinación de átomos de hierro y carbono. Tiene una estructura cristalina ortorrómbica y es extremadamente dura debido a la fuerte interacción entre los átomos de hierro y carbono en su red cristalina.

En la microestructura de los aceros al carbono, la cementita a menudo se encuentra en forma de partículas o inclusiones dispersas en una matriz de ferrita. Estas partículas de cementita pueden actuar como obstáculos para el movimiento de las dislocaciones y, por lo tanto, contribuyen a la resistencia y dureza del material. Hernández (2013)

La cantidad de cementita presente en un acero al carbono puede variar según la composición química y el tratamiento térmico al que se haya sometido el material. En general, los aceros con una mayor cantidad de cementita suelen ser más duros y menos dúctiles, mientras que los aceros con una menor cantidad de cementita pueden tener mayor tenacidad y ductilidad.

En la ingeniería de materiales, la cementita se considera una fase importante debido a su influencia en las propiedades mecánicas de los aceros. El control de la cantidad y la distribución de cementita en la microestructura es crucial para diseñar aceros con las propiedades deseadas, ya sea para aplicaciones que requieran alta dureza y resistencia, o para aplicaciones que necesiten mayor tenacidad y ductilidad.

Figura 1.84. Cementita



Fuente: Autor

7.9. LEDEBURITA

Figura 1.85. Ledeburita



Fuente: Wikiwand (2017)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

La ledeburita es una microestructura que se forma en algunos aceros hipoeutectoides al someterlos a un enfriamiento rápido desde la temperatura de austenización. La ledeburita es una mezcla de dos fases: austenita y cementita. Maldonado (2015)

Cuando se enfría rápidamente, la austenita se transforma en una mezcla de ferrita y cementita, pero si el enfriamiento es lo suficientemente rápido, la cementita no tiene tiempo para separarse de la austenita. En este caso, se forma la ledeburita, que consiste en una matriz de austenita con inclusiones de cementita.

La ledeburita es una microestructura no deseada en la mayoría de los aceros, ya que la presencia de la austenita y la cementita en forma no separada puede debilitar el material y afectar negativamente sus propiedades mecánicas. La ledeburita generalmente tiene una apariencia de patrón de bandas claras y oscuras en la microestructura.

Para obtener propiedades mecánicas más deseables, la ledeburita generalmente se somete a un proceso de tratamiento térmico llamado revenido. El re-

venido implica calentar la ledeburita a temperaturas más bajas para permitir la separación de la cementita de la austenita y la formación de estructuras más deseables, como la perlita.

La ledeburita es una microestructura compuesta por una mezcla de austenita y cementita que se forma en algunos aceros hipoeutectoides cuando se enfrían rápidamente. Es una estructura no deseada que se busca evitar mediante tratamientos térmicos adecuados para obtener microestructuras más equilibradas y propiedades mecánicas mejoradas.

Figura 1.86. Ledeburita



Fuente: Autor

CAPÍTULO II

2.1. DIAGRAMA DE FASES PB-SN EUTÉCTICO

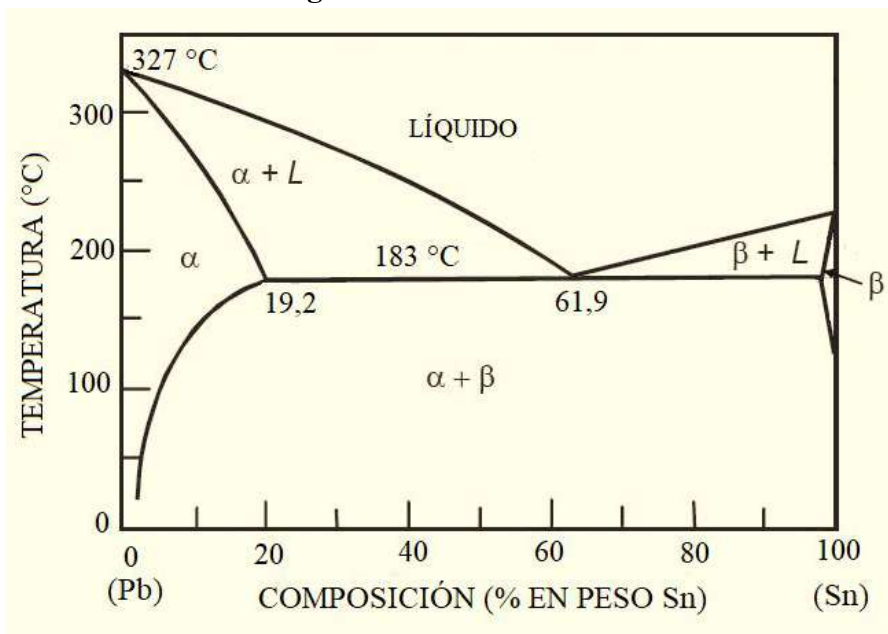
El ejercicio presentado en este texto fue tomado de Rivera (2020) el cual es utilizado con fines educativos debido a la metodología utilizada por el docente.

2.2. EJERCICIO DIAGRAMA DE FASES PB-SN EUTÉCTICO

Realizar el siguiente ejercicio de diagrama de fases Pb-Sn eutéctico.

- Determine la cantidad y la composición de cada fase en una aleación de composición eutética de plomo-estaño de 200 g inmediatamente después de que se ha completado la reacción eutética.
- Calcule la masa de las bases presentes.
- Calcule las masas de plomo y estaño en cada fase.

Figura 2.1. Plomo – estaño



Fuente: Rivera (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Nomenclatura:

T =Temperatura en grados Celsius ($^{\circ}C$)

$\% \alpha$ =Porcentaje de fase alfa

$\% \beta$ =Porcentaje de fase beta

m_T =Masa total de la aleación en gramos (g)

m_{α} = Masa del sólido alfa

m_{β} =Masa del sólido beta

f_{α} =Masa de fase alfa

f_{β} =Masa de fase beta

L =Fase líquida

α =Alfa

β = Beta

x_i = Cualquier componente

m_i = Masa del componente

$x_{Pb, en L}$ = Masa original de plomo en la aleación o fase líquida.

$x_{Pb, \alpha}$ = Cantidad de plomo en alfa.

$x_{Pb, \beta}$ = Cantidad de plomo en beta.

$x_{Sn, en L}$ = Masa original de estaño en la aleación o fase líquida.

$x_{Sn, \alpha}$ = Cantidad de estaño en alfa.

$x_{Sn, \beta}$ = Cantidad de estaño en beta.

Reacción eutéctica: A partir de una fase líquida se obtienen dos fases sólidas

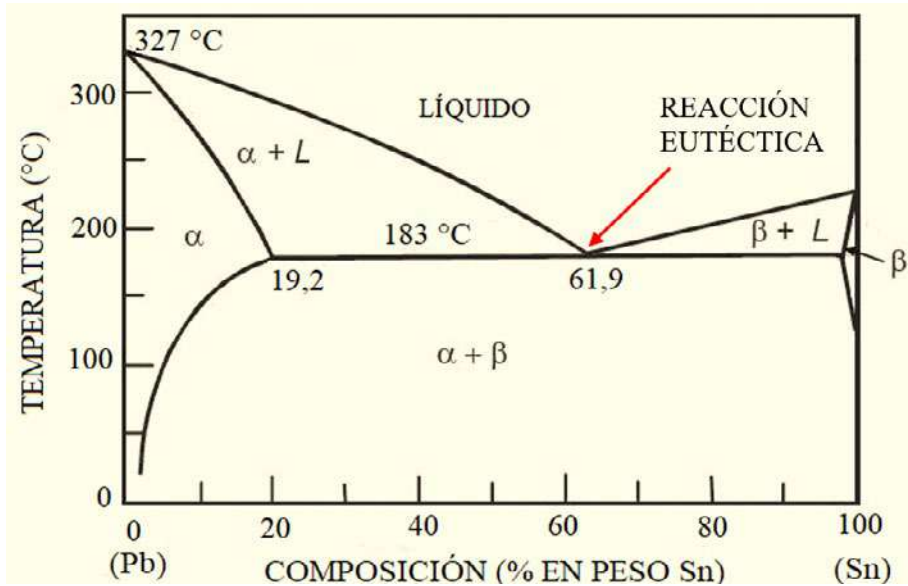
Datos:

$$m = 200 \text{ g}$$

Reacción eutéctica: $L \rightarrow \alpha + \beta$

Determinar la composición en el punto eutéctico:

Figura 2.2. Plomo – estaño

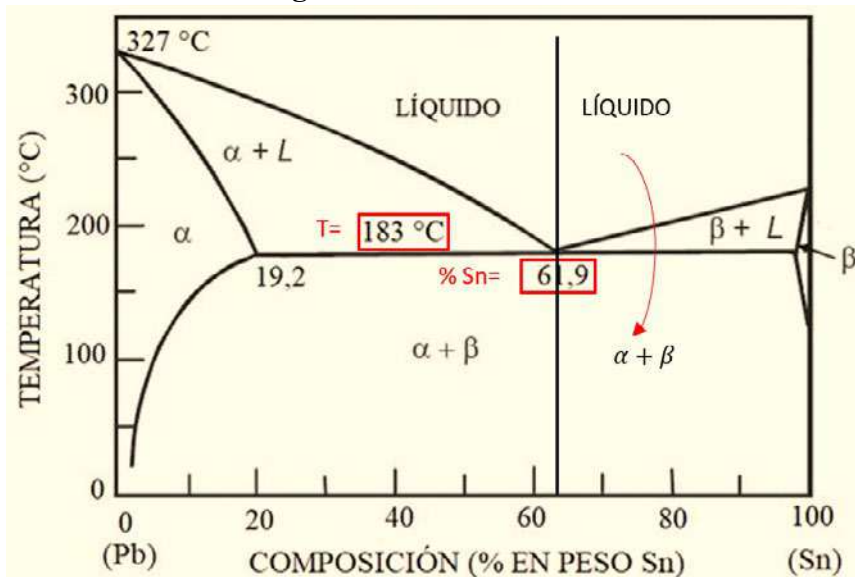


Fuente: (José Rivera García, 2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Trazamos una línea vertical en nuestro diagrama, misma que debe estar justo en el punto eutéctico, donde estaría nuestra aleación.

Figura 2.3. Plomo – estaño



Fuente:

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

Datos para la resolución:

Porcentaje de cada elemento leído desde la tabla:

$$\% Sn = 61.9 \%$$

$$\% Pb = 100 \% - 61.9 \% \rightarrow \% Pb = 38.1 \%$$

Temperatura:

$$T = 183 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{temperatura en la reacción eutéctica}$$

$$T = 182 \text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{temperatura luego de la reacción eutéctica}$$

Para el literal a)

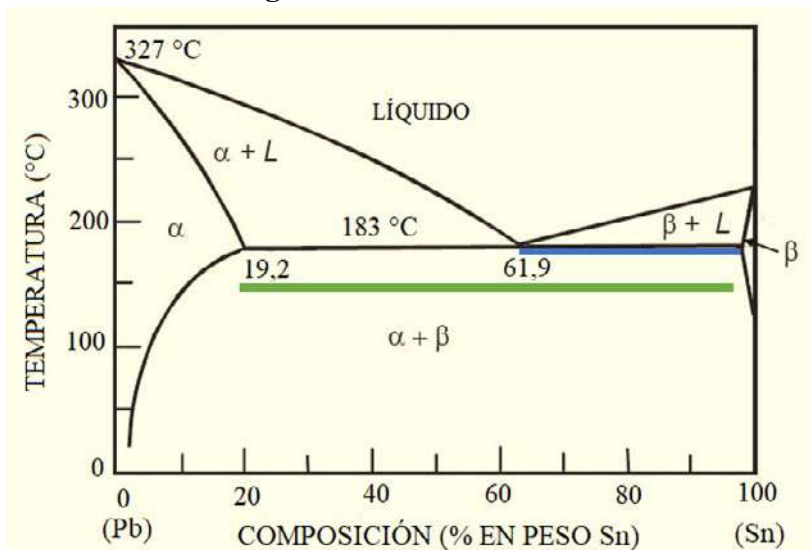
Fases:

$$T = 182 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Utilizamos regla de la palanca, para ello necesitamos calcular en un punto qué composición se tiene de cada fase.

Primero calculamos el porcentaje de fase alfa empleando la regla de la palanca:

Figura 2.4. Plomo – estaño



Fuente: Rivera (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

A breves rasgos

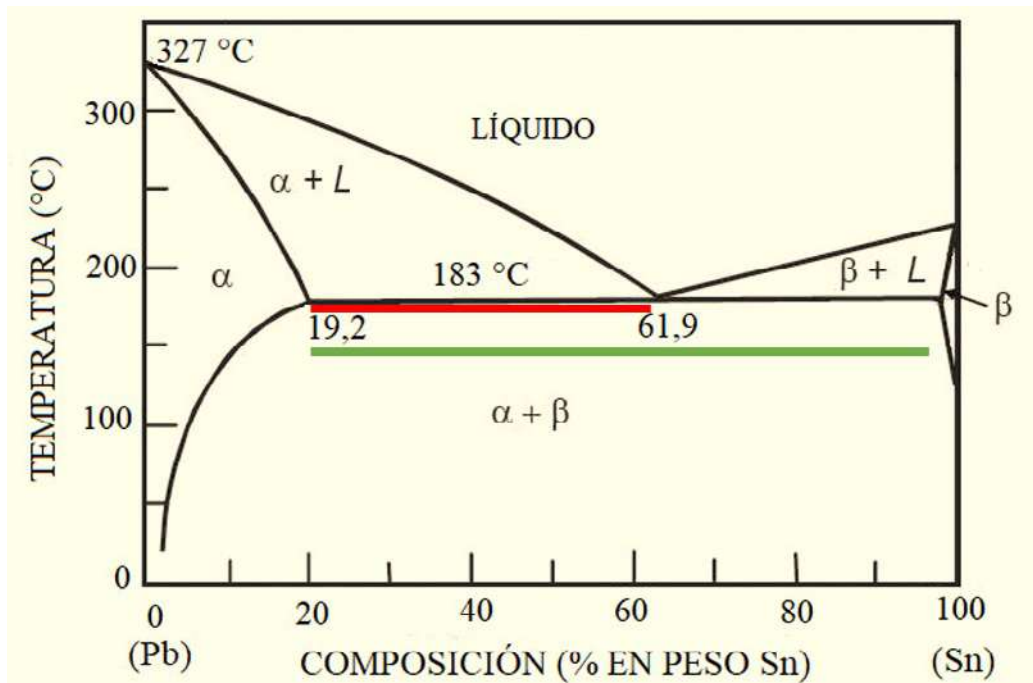
$$\% \alpha = \frac{\text{longitud de la línea azul}}{\text{longitud de la línea verde}} \times 100$$

$$\% \alpha = \frac{97.5 - 61.9}{97.5 - 19.2} \times 100 = 45.5\%$$

Porcentaje de fase alfa, que existe en esta aleación justo después de que se ha completado la aleación eutéctica:

Porcentaje de fase beta:

Figura 2.5. Plomo – estaño



Fuente: Rivera (2021)

Nota: La figura es utilizada con fines académicos.

$$\% \beta = \frac{\text{longitud de la línea roja}}{\text{longitud de la línea verde}} \times 100$$

$$\% \beta = \frac{61.9 - 19.2}{97.5 - 19.2} \times 100 = 54.5\%$$

Porcentaje de fase beta, que existe en esta aleación justo después de que se ha completado la aleación eutéctica:

$$\% \beta = 54.5\%$$

b) masa de la aleación en fase alfa y fase beta:

$$m_T = 200 \text{ g}$$

Cuando ocurre la reacción eutéctica a una temperatura de 182 °C, vamos a determinar la masa que tenemos de alfa:

$$m_\alpha = (200 \text{ g}) * (0.455)$$

$$m_\alpha = 91 \text{ g}$$

La masa de sólido alfa (m_α) es de 91 g

Para beta:

$$m_\beta = (200 \text{ g}) * (0.545)$$

$$m_\beta = 109 \text{ g}$$

La masa del sólido beta (m_β) es de 109 g

Para conocer si nuestros cálculos son correctos empleamos el balance en masa o principio de conservación de masa:

$$m_T = m_\alpha + m_\beta$$

$$m_T = 91 \text{ g} + 109 \text{ g}$$

$$m_T = 200 \text{ g}$$

c) Ahora calcularemos el porcentaje de plomo (Pb) y estaño (Sn) en las fases alfa y beta

Tenemos:

$$m_T = 200 \text{ g}$$

Del cual:

$$Sn = 61.9 \%$$

$$Pb = 38.1 \%$$

Se debe tener en cuenta que estaba en estado líquido y disminuye su temperatura a 182 °C, donde se produce la reacción eutéctica.

Después de que ocurre la reacción, esta fase líquida se separa en dos fases sólidas, la fase alfa y fase beta

$$f_{\alpha}=91 \text{ g}$$

$$f_{\beta}=109 \text{ g}$$

Leemos del gráfico la composición de ambas fases:

Para alfa:

$$fase_{\alpha}: 91 \text{ g} = \begin{cases} 19.1\% \text{ Sn} \\ 80.9\% \text{ Pb} \end{cases}$$

La fase alfa (f_{α}) tiende a ser muy rica en plomo (Pb).

Para la fase beta:

$$fase_{\beta}: 109 \text{ g} = \begin{cases} 97.5\% \text{ Sn} \\ 2.5\% \text{ Pb} \end{cases}$$

La fase beta (f_{β}) tiende a ser estaño puro (Sn).

Tabla 2.1. Fases

FASE	MASA	COMPOSICIÓN
$fase_{\alpha}$	91 g	19.1% Sn
		80.9% Pb
$fase_{\beta}$	109 g	97.5% Sn
		2.5% Pb

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

Si queremos calcular directamente con el porcentaje obtenido la masa de cada material en la fase alfa, transformamos el porcentaje a gramos:

Tabla 2.2. Estaño - plomo

ESTAÑO	PLOMO
$\text{Sn} = \frac{91\text{g} \cdot 19.1\%}{100\%}$	$\text{Pb} = \frac{91\text{g} \cdot 80.9\%}{100\%}$
$\text{Sn} = 17.38\text{g}$	$\text{Pb} = 73.62\text{g}$

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

Realizamos la misma operación para la fase beta:

Tabla 2.3. Estaño - plomo

ESTAÑO	PLOMO
$\text{Sn} = \frac{109\text{g} \cdot 97.5\%}{100\%}$	$\text{Pb} = \frac{109\text{g} \cdot 2.5\%}{100\%}$
$\text{Sn} = 106.28\text{g}$	$\text{Pb} = 2.72\text{g}$

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

Al realizar la sumatoria de las 4 masas obtenidas individualmente, vamos a obtener la masa total de la aleación.

En alfa:

$$\alpha = (17.381 \text{ g} + 73.62) \text{ g}$$

$$\alpha = 91 \text{ g}$$

Cumple con el balance en masa de alfa.

En beta:

$$\beta = (106.28 + 2.72) \text{ g}$$

$$\beta = 109 \text{ g}$$

Cumple con el balance en masa de beta.

$$(\alpha + \beta) = 200 \text{ g (m}_T\text{)}$$

Cumple con el balance en masa total.

De acuerdo a los cálculos anteriores obtuvimos que en 200 g (masa de la aleación) se contiene el 61.9 % de estaño y 83.1 % de plomo, realizamos la misma operación para hallar la masa en cada fase, pero esta vez en la aleación.

Tabla 2.4. Estaño - plomo

ESTAÑO	PLOMO
(Masa) Sn= $\frac{200g \cdot 61.9\%}{100\%}$	(Masa) Pb= $\frac{200g \cdot 38.1\%}{100\%}$
Sn=123.8g	Pb=76.2g

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

Como podemos observar la masa obtenida en cada material por separado o en fases y la masa obtenida directamente de la aleación son similares, la causa de que los resultados no sean 100% idénticos se debe a los decimales con los que se trabaja en cada cálculo.

Balances Individuales:

Estos balances individuales surgen de la aplicación de la definición de fracción en masa:

$$x_i = \frac{m_i}{m_T}$$

$$m_i = x_i \cdot m_T$$

A partir de estas ecuaciones surgen los balances en masa.

Balance individual de masa para el estaño (Sn):

Se va a calcular la cantidad de estaño que hay en la aleación original

$$m_T \cdot x_{Sn, en L} = x_{Sn, \alpha} \cdot m_{\alpha} + x_{Sn, \beta} \cdot m_{\beta}$$

(Se debe cumplir que la masa de estaño original por la masa total es igual a la suma de la cantidad de estaño en alfa por la masa de la fase alfa y cantidad de estaño en beta por la masa de la fase beta)

$$200g \cdot 0.619 = 0.191 \cdot 91g + 109g \cdot 0.975$$

$$123.8g = 17.381g + 106.275g$$

$$123.8g = 123.656g$$

Se cumple el balance para el estaño.

Balance individual de masa para el plomo (Pb):

$$m_T \cdot x_{Pb, en L} = x_{Pb, \alpha} \cdot m_{\alpha} + x_{Pb, \beta} \cdot m_{\beta}$$

(Se debe cumplir que la masa de plomo original por la masa total es igual a la suma de la cantidad de plomo en alfa por la masa de la fase alfa y cantidad de plomo en beta por la masa de la fase beta)

$$200g \cdot 0.381 = 0.809 \cdot 91g + 109g \cdot 0.025$$

$$76,2 \text{ g} = 73.619 \text{ g} + 2.725 \text{ g}$$

$$76.2 \text{ g} = 76.344 \text{ g}$$

Se cumple el balance para el plomo

2.3. TABLA DE METALES

Tabla 2.5. Metales

Metal	Propiedades	Usos y características	Ventajas	Desventajas
Acero	Ferroso, carbono 0.03-1.8 %	Construcción, industria militar, automotriz, navieras, etc.	Duradero, maleable, conductor de calor y electricidad	Se oxida, corrosión, endotérmico
Hierro	Ferroso, carbono 0.01-0.03%, abundante, dúctil y resistente	Producción de láminas de metal, pro-pósitos medicinales, vigas, columnas, etc.	Abundante, moldeable, forma muchas aleaciones	Se oxida, costo de mantenimiento, susceptibilidad al pandeo
Fundiciones	Ferroso, carbono 1.8 – 6.7 % moldeable, mecánico	Fabricación de piezas, existen diferentes tipos como gris, blancas, vermicular y otros	Resistentes a la corrosión y cambios climáticos, barato	Se oxida (aunque más difícilmente)
Cobre	No ferroso, metal de transición, brillo metálico	Conductor de electricidad, se usa en cables, materiales de industria de la construcción	Alta conductividad, duradero, higiénico, versátil, seguro	Es costoso, puede ser más difícil de instalar
Zinc	No ferroso, metal de transición, color blanco y azulado, propiedades ferromagnéticas	Galvanizado del acero, utilizados en la industria aeroespacial y automotriz	Moldeable, ayuda a evitar la corrosión, es fácil de obtener	Puede ser toxico en altas cantidades

Aluminio	No ferroso, tercer elemento más común, baja densidad, alta relación resistencia/peso	Transporte, estructuras, embalajes, uso doméstico, transmisión eléctrica	Abundante, resistencia a corrosión, colorable, ligero.	Más costoso, rebota gravemente, requiere de mantenimiento y procesos especiales
Plomo	No ferroso, aislante de sonido, densidad alta, flexible, se funde	Soldaduras, baterías, lubricantes, antidetonantes	Impenetrable, versátil, protector	Tóxico
Magnesio	No ferroso, dúctil, cierto nivel de elasticidad, poca resistencia mecánica	Elemento de aleación envases de bebidas, componentes de automóviles, como llantas, y en maquinaria diversa	Dúctil, elástico, versátil	No se puede usar en su estado puro

Fuente: Rivera (2020)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.4. ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS, AUSTENÍTICOS, MARTENSÍTICOS Y ENDURECIDOS POR PRECIPITACIÓN

Tabla 2.6. Designaciones, composiciones, propiedades mecánicas y aplicaciones típicas para los aceros inoxidable ferríticos

DESIGNACIONES, COMPOSICIONES, PROPIEDADES MECÁNICAS Y APLICACIONES TÍPICAS PARA LOS ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS, AUSTENÍTICOS, MARTENSÍTICOS Y ENDURECIDOS POR PRECIPITACIÓN										
Número AISI	Número UNS	C	COMPOSICIÓN (% EN PESO)			CONDICIONES	PROPIEDADES MECÁNICAS			APLICACIONES MAS CORRIENTES
			Cr	Ni	OTROS		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (psi X 10^3)	LÍMITE ELASTICO (psi x10^3)	DUCTIBILIDAD (% EL EN 2 PULG)	
FERRÍTICO										
409	S40900	0,08	11		1,0Mn	RECOCIDO	65(448)	35(240)	25	Tubos de escape
446	S44600	0,20	25		0,75 1,5Mn	RECOCIDO	80(552)	50(345)	20	Válvulas (alta temperatura), mol-des para vidrio

AUSTENÍTICO										
304	S30400	0,08	19	9	2,0 Mn	RECOCIDO	85(586)	35(240)	55	Industria alimentaria Estructuras soldadas
316L	S31603	0,03	17	12	2,0Mn 2,5 Mo	RECOCIDO	80(552)	35(240)	50	
MARTENSÍTICO										
410	S41000	0,15	12,5		1,0 Mn	RECOCIDO	70(483)	40(275)	30	Cañones de rifles cuchillerías, instrumental quirúrgico
440A	S44002	0,70	17		1,0 Mn	Q y T	140(965)	100(690)	23	
					0,75Mo	RECOCIDO	105(724)	60(414)	20	
						Q y T	260(1790)	240(1655)	5	
PRECIPITACIÓN										
17-7PH	S17700	0,09	17	7	1,0 Mn 1,0 Al	SOLUCIÓN TRATADA PRECIPITACION	130(897) 215(1480)	40(275) 195(1345)	35 9	CUCHILLOS, MUELLES

Fuente: Rivera (2020)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.5. APLICACIONES DE SEIS ACEROS

Tabla 2.7. Designaciones, composiciones y aplicaciones de seis aceros

DESIGNACIONES, COMPOSICIONES Y APLICACIONES DE SEIS ACEROS									
NÚMERO AISI	NÚMERO UNS	COMPOSICIÓN (% EN PESO)						APLICACIONES TÍPICAS	
		C	W	MO	CR	V	OTROS		
W1	T72301	0,6-1,4						Herramientas de herrería y carpintería cortatubos, brocas para cemeto, hojas de corte, herramientas cortantes, troqueles, matrices de estiramiento	
S1	T41901	0,5	2,50		1,50				
O1	T31501	0,9	0,50		0,50				
A1	T30102	1,0					1,00Mn		
D2	T30402	1,50		1,00	5,00				
M1	T11301	0,85	1,50	1,00	12,00	1,00			
				8,50	4,00	1,00			

Fuente: García (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.6. APLICACIONES TÍPICAS DE VARIAS FUNCIONES GRISES, DÚCTILES Y MALEABLES

Tabla 2.8. Aplicaciones típicas de varias

DESIGNACIÓN, PROPIEDADES MECÁNICAS MÍNIMAS, COMPOSICIONES APROXIMADAS Y APLICACIONES TÍPICAS DE VARIAS FUNCIONES GRISES, DÚCTILES Y MALEABLES									
Grado	Número UNS	Composición (% en peso)			Estructura de la matriz	Propiedades Mecánicas			Aplicaciones más corrientes
		C	Si	Otros		Resistencia a la tracción [psi x 10^3(Mpa)]	Límites elásticos [psi x 10^3(Mpa)]	Ductibilidad (% El en 2 pulg.)	
Fundición Gris									
SAR G2500	F10005	3,3	2,2	0,7 Mn	Perlita + ferrita	25(173)	--	--	Bloque de motores, tambores de freno cilindros y pistones de motores
SAE G4000	F10008	3,2	2,0	0,8 Mn	Perlita + ferrita	40(276)	--	--	
Fundición dúctil (esferoidal)									
ASTM A536 60-40-18	F32800	3,5 3,8	2,0 - 3,8	0,05 Mg <0,20 Ni <0,10 Mo	Ferrita	60(144)	40(276)	18	Válvulas y cuerpos de bombas
100-70-03	F34800				Perlita	10(690)	70(483)	3	Engranajes de alta resistencia
120-90-02	5362000				Martensita templada	120(828)	90(621)	2	Engranajes y rodillos
Fundición maleable									
32510		2,3 2,7	1,0 1,75	<0,55Mn	Ferrita	50(224)	32(224)	10	Aplicaciones generales de ingeniería a temperaturas ambiente y elevadas
45006		2,4 2,7	1,25 1,55	<0,55Mn	Ferrita+ perlita	65(448)	45(310)	6	

Fuente: García (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.7. APLICACIONES TÍPICAS E INTERVALO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS AL CARBONO Y TEMPLADOS EN ACEITE Y REVENIDOS

Tabla 2.9. Propiedades mecánicas de aceros al carbono y templados en aceite y revenidos

APLICACIONES TÍPICAS E INTERVALO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS AL CARBONO Y TEMPLADOS EN ACEITE Y REVENIDOS					
NÚMERO AISI	NÚMERO UNS	INTERVALO DE PROPIEDADES MECÁNICAS			APLICACIONES TÍPICAS
		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN [psi x (MPa)]	LÍMITE ELÁSTICO [psi x (MPa)]	DUCTILIDAD (% EL EN 2pulg.)	
ACEROS AL CARBONO					
1040	G10400	88-113 (605-780)	62-85 (430-585)	33-19	CIGÜEÑALES, PERNOS
1080 ^a	G10800	116-190 (800-1310)	70-142 (480-980)	24-13	CINCELES, MARTILLOS
1095 ^a	G10950	110-186 (760-1260)	74-120 (510-830)	26-10	CUCHILLOS, HOJAS DE SIERRA
ACEROS ALEADOS					
4063	G40630	114-345 (786-2380)	103-257 (710-1770)	24-4	MUELLES, HERRAMIENTAS
4340	G43400	142-284 (980-1960)	130-228 (895-1570)	21-11	CASQUILLOS, TUBOS PARA AVIACIÓN
6150	G61500	118-315 (815-2170)	108-270 (745-1860)	22-7	EJES, PISTONES, ENGRANAJES

Fuente: García (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.8. CLASIFICACIÓN DE ALEACIONES FERROSAS

Tabla 2.10. Aleaciones ferrosas

TIPOS DE ALEACIÓN FERROSA	CONTENIDO DE CARBONO (% PESO)	CARACTERÍSTICAS
ACEROS AL CARBONO	<2%	PUEDE CONTENER OTROS ELEMENTOS COMO SI (HASTA 0.6%), Cu (HASTA 0.6%) Y Mn (HASTA 1.65%)
ACEROS DE ULTRABAJO CARBONO	<0.03%	CONTIENE NIVELES MUY BAJOS DE Si Y Mn
ACEROS DE BAJO CARBONO	0.04% AL 0.15%	BLANDOS, POCO RESISTENTES, DÚCTILES Y TENACES. SE EMPLEAN EN CARROCERÍAS DE AUTOS, CLAVOS, TORNILLOS, BARRAS, VARILLAS, ETC.
ACERO DULCE	0.15-0.30%	SE USAN EN APLICACIONES ESTRUCTURALES: PUENTES, EDIFICIOS, ETC.
ACEROS DE MEDIO CARBONO	0.30-0.60%	SE TRATAN TÉRMICAMENTE CON TEMPLADO Y REVENIDO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS. SE USAN EN MAQUINARIA, TRACTORES, EQUIPO DE MINERÍA.
ACEROS DE ALTO CARBONO	>0.60%	SON ACEROS DUROS, RESISTENTES Y POCO DÚCTILES. SE USAN EN RUEDAS DE FERROCARRILES, RESORTES, ETC.

Fuente: García (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.10. CLASIFICACIÓN DE ALEACIONES FERROSAS

Tabla 2.11. Aleaciones ferrosas

TIPOS DE ALEACIÓN FERROSA	CONTENIDO DE CARBONO (% PESO)	CARACTERÍSTICAS
Aceros Aleados	Hasta 1%	Exceden los niveles de elementos de aleación: si >0.6%, Cu >0.6% Y Mn >1.65%. Total <5%. Puede contener: Ni, Cr, Mo, Ti . Se usan en herramientas, ejes, flechas, engranes
Aceros Inoxidables	Variable	Son aceros resistentes a la corrosión. Cantidad de Cr al menos 12% peso. Ferríticos y austeníticos no son susceptibles a tratamientos térmicos como el templeado y revenido.
Fundiciones de Hierro	2-4%	Son fácilmente moldeados, son frágiles. La microestructura presente es la perlita y cementita.
Fundición Gris	2.5-4%	Hierro fundido, hierro colado, contiene c en fase grafito en ferrita o cementita. Contiene 1-3% Si , dúctiles, poca resistencia a la tracción. Puede contener Mn, P, S .
Fundición Dúctil	2.5-4%	Misma composición que la fundición gris, pero contiene carburo de hierro en fase esferoidita lo que aumenta la ductilidad y tenacidad.

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.11 ACEROS DE BAJO CARBONO

Tabla 2.12. Aceros de bajo carbono

COMPOSICIÓN DE CINCO ACEROS BAJOS EN CARBONO Y DE TRES ACEROS DE BAJA ALEACIÓN Y ALTA RESISTENCIA				
DESIGNACIÓN		COMPOSICIÓN (% EN PESO)		
AISI/SAE O NÚMERO ASTM	NÚMERO UNS	C	Mn	OTROS
ACEROS BAJOS EN CARBONO				
1010	G10100	0,10	0,45	
1020	G10200	0,20	0,45	
A36	K02600	0,29	1,00	0,20 Cu (MIN)
A516 GRADO 70	K02700	0,31	1,00	0,25 Si
ACEROS DE BAJA ALEACIÓN Y ALTA RESISTENCIA				
A440	K12810	0,28	1,35	0,30 Si (MÁX), 0,20 Cu (MIN)
A633 GRADO E	K12002	0,22	1,35	0,30 Si, 0,08 V, 0,20 N, 0,03 Nb
A656 GRADO 1	K11804	0,18	1,60	0,60 Si, 0,1 V, 0,20 Al, 0,015 N
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE MATERIAL LAMINADO EN CALIENTE Y APLICACIONES TÍPICAS DE ACEROS DE BAJOS EN CARBONO Y ACEROS DE ALTAS RESISTENCIA Y BAJA ALEACIÓN				
AISI/SAE O NÚMERO ASTM	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	LÍMITE ELÁSTICO	DUCTILIDAD (% EL EN2 PULG.)	APLICACIONES TÍPICAS
ACEROS BAJOS EN CARBONO				
1010	47 (325)	26 (180)	28	PANELES DE AUTOMÓVIL, CLAVOS Y ALAMBRE
1020	55 (380)	30 (205)	25	TUBOS; ACEROS LAMINADOS Y ESTRUCTURALES
A36	58 (400)	32 (220)	23	ESTRUCTURALES (PUENTES Y EDIFICIOS)
A516 GRADO 70	70 (485)	38 (260)	21	RECIPIENTES A PRESIÓN A BAJA TEMPERATURA
ACEROS DE BAJA ALEACIÓN Y ALTA RESISTENCIA				
A440	63 (435)	42 (290)	21	ESTRUCTURAS ATORNILLADAS O REMACHADAS
A633 GRADO E	75 (520)	55 (380)	23	ESTRUCTURAS UTILIZADAS A BAJAS TEMPERATURAS
A656 GRADO 1	95 (655)	80 (5529)	15	BASTIDORES DE CAMIONES Y VAGONES DE TREN

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.12. COMPOSICIONES DE ACEROS AISI – SAE SELECCIONADOS

Tabla 2.13. Composiciones de aceros

COMPOSICIONES DE ACEROS AISI – SAE SELECCIONADOS						
NÚMERO AISI - SAE	%C	%Mn	%Si	%Ni	%Cr	OTROS
1020	0.18-0.23	0.30-0.60				
1040	0.37-0.44	0.60-0.90				
1060	0.55-0.65	0.60-0.90				
1080	0.75-0.88	0.60-0.90				
1095	0.90-1.03	0.30-0.50				
1140	0.37-0.44	0.70-1.00				0.08-0.13% S
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.15-0.30		0.80-1.10	0.15-0.25%Mo
4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.15-0.30	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.300% Mo
4620	0.17-0.22	0.45-0.65	0.15-0.30	1.65-2.00		0.20-0.30%Mo
52100	0.98-1.10	0.25-0.45	0.15-0.30		1.30-1.60	
8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.15-0.30	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25% Y
9260	0.56-0.64	0.75-1.00	1.80-2.20			

Fuente: Rivera (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

2.13. ELEMENTO – EFECTO DE DIFERENTES ELEMENTOS DE UNA ALEACIÓN

Tabla 2.14. Efecto de diferentes elementos de una aleación

ELEMENTO	EFEECTO
CARBONO	0.06 A 0.40 % PERMITE UN REVESTIMIENTO ENDURECIDO POCO PROFUNDO. 0.40 A 0.60% PERMITE UN REVESTIMIENTO ENDURECIDO MÁS FÁCIL 0.60 A 0.80% AUMENTA LA DUREZA DEL MATERIAL ARRIBA DE .80% AUMENTA LA RESISTENCIA, NO EL ENDURECIMIENTO
MANGANESO	AUMENTA A PROFUNDIDAD DE ENDURECIMIENTO
SILICIO	AÑADE RESISTENCIA Y TENACIDAD
CROMO	AÑADE RESISTENCIA AL DESGASTE Y TENACIDAD
NÍQUEL	AÑADE TENACIDAD Y ALGO DE RESISTENCIA AL DESGASTE
TUGSTENO	AÑADE RESISTENCIA AL DESGASTE
VANADIO	REFINA LA ESTRUCTURA DEL GRANO (AFINO DE GRANO)
MOLIBDENO	AÑADE RESISTENCIA AL CALOR Y ENDURECIMIENTO
COBALTO	IMPARTE RESISTENCIA AL CALOR
COLUMBIO	AÑADE RESISTENCIA AL DESGASTE
AZUFRE, PLOMO, FÓSFORO, CALCIO	IMPARTEN MEJOR MAQUINABILIDAD

Fuente: García (2021)

Nota: La tabla es utilizada con fines académicos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Historia de la ingeniería de materiales	11
Figura 1.2 Ingeniería de materiales	15
Figura 1.3. Partes de la ingeniería de materiales	17
Figura 1.4. Átomos - moléculas - iones	20
Figura 1.5. Estructura atómica	20
Figura 1.6. Estructura cristalina	21
Figura 1.7. Estructura amorfa	22
Figura 1.8. Estructura microscópica	22
Figura 1.9. Estructura de defectos	23
Figura 1.10. Propiedades de los materiales	25
Figura 1.11. Partes de la estructura cristalina	35
Figura 1.12. Estructura cristalina	35
Figura 1.13. Red cristalina	36
Figura 1.14. Celda unitaria	37
Figura 1.15. Átomos - iones - moléculas	37
Figura 1.16. Puntos de red	38
Figura 1.17. Vectores de red	38
Figura 1.18. Planos de red	39
Figura 1.19. Estructura cristalina - física de los materiales	40
Figura 1.20. Estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC)	41
Figura 1.21. Estructura cúbica centrada en las caras (FCC)	41
Figura 1.22. Estructura hexagonal compacta (HCP)	42
Figura 1.23. Estructura cristalina en los metales	43
Figura 1.24. Estructura cristalina en los cerámicos	44
Figura 1.25. Estructura iónica	44
Figura 1.26. Estructura covalente	45
Figura 1.27. Estructura molecular	46
Figura 1.28. Estructura vítrea	46
Figura 1.29. Estructura de los polímeros	47
Figura 1.30. Estructura amorfa en los polímeros	48
Figura 1.31. Estructura semicristalina	49
Figura 1.32. Estructura de los semiconductores	50
Figura 1.33. Red cristalina	50
Figura 1.34. Zona de conducción	51

Figura 1.35. Bandas de energía	52
Figura 1.36. Imperfecciones en sólidos	53
Figura 1.37. Imperfecciones vacante - intersticial	53
Figura 1.38. Imperfecciones intersticiales	54
Figura 1.39. Imperfecciones que se extienden a lo largo de una línea o plano en el cristal	55
Figura 1.40. Defectos lineales o dislocaciones	55
Figura 1.41. Fronteras de grano	56
Figura 1.42. Defectos puntuales	57
Figura 1.43. Defectos en sólidos puntuales	58
Figura 1.44. Defectos lineales	59
Figura 1.45. Defectos en sólidos de superficie	60
Figura 1.46. Defectos extendidos	61
Figura 1.47. Imperfecciones derivadas	63
Figura 1.48. Tipos de enlace atómico	66
Figura 1.49. Tipos de enlace	67
Figura 1.50. Propiedades de los metales	69
Figura 1.51. Propiedades de los metales	69
Figura 1.52. Propiedades de los cerámicos	73
Figura 1.53. Otras propiedades de los materiales	73
Figura 1.54. Propiedades de los polímeros	77
Figura 1.55. Polímeros según su origen	80
Figura 1.56. Polímeros según su composición	81
Figura 1.57. Polímeros según su reacción al aumentar la temperatura	81
Figura 1.58. Propiedades de los conductores	82
Figura 1.59. Propiedades de los semiconductores	84
Figura 1.60. Tipos de metales puros	87
Figura 1.61. Tipos de aleaciones	88
Figura 1.62. Aceros más comunes	89
Figura 1.63. Tipos de aceros	92
Figura 1.64. Diagrama de fases	93
Figura 1.65. Diagrama de fases	93
Figura 1.66. Diagrama de fase aleación	94
Figura 1.67. Fases	94
Figura 1.68. Diagrama de fase binario	97
Figura 1.69. Diagrama hierro carbono	100
Figura 1.70. Diagrama de fases del sistema hierro – carbono	101

Figura 1.71. Diagrama hierro carbono	102
Figura 1.72. Punto eutectoide	103
Figura 1.73. Punto eutéctico	105
Figura 1.74. Acero inoxidable-304-austenita-fractura	106
Figura 1.75. Austenita	107
Figura 1.76. Ferrita	108
Figura 1.77. Perlita	109
Figura 1.78. Perlita	110
Figura 1.79. Bainita	111
Figura 1.80. Bainita	112
Figura 1.81. Martensita	113
Figura 1.82. Martensita	114
Figura 1.83. Cementita	115
Figura 1.84. Cementita	116
Figura 1.85. Ledeburita	117
Figura 1.86. Ledeburita	118
Figura 2.1. Plomo – estaño	119
Figura 2.2. Plomo – estaño	121
Figura 2.3. Plomo – estaño	121
Figura 2.4. Plomo – estaño	122
Figura 2.5. Plomo – estaño	123

TABLAS

Tabla 1.1. Resumen de la historia	13
Tabla 1.2 Ejemplos de ingeniería de materiales	16
Tabla 1.3. Diferencias entre ciencia de materiales - ingeniería de materiales ...	17
Tabla 1.4. Estructuras comunes en los materiales	24
Tabla 1.5. Ejemplos de la escala de Mohs	25
Tabla 1.6. Ejemplo de materiales para soportar carga	26
Tabla 1.7. Ejemplo de materiales para deformarse	27
Tabla 1.8. Ejemplo de materiales para resistir fractura	28
Tabla 1.9. Materiales y su capacidad para conducir el calor	29
Tabla 1.10. Aislante térmico	29
Tabla 1.11. Conductividad eléctrica	30
Tabla 1.12. Resistencia a la corrosión	31
Tabla 1.13. Temperatura de fusión de un material	31
Tabla 1. 14. Cambio de estado de un material de líquido a gas	32
Tabla 1.15. Materiales y su capacidad para transmitir, reflejar o absorber la luz	33
Tabla 1.16. Capacidad de deformarse plásticamente	33
Tabla 1.17. Alta resistencia a deformación y fractura	70
Tabla 1.18. Materiales resistentes al desgaste	70
Tabla 1.19. Materiales altamente reactivos	71
Tabla 1.20. Materiales cerámicos	72
Tabla 1.21. Cerámicos que tiene una alta resistencia a la temperatura	74
Tabla 1.22. Polímeros que tiene alta resistencia	74
Tabla 1.2.3 Propiedades térmicas de los polímeros	75
Tabla 1.24. Conductividad eléctrica de los semiconductores	76
Tabla 1.25. Aceros más comunes	78
Tabla 1.26. Aceros según el sistema AISI/SAE	79
Tabla 1.27. Aceros más comunes según el sistema ASTM	85
Tabla 1.28. Importancia del sistema hierro carbono	89
Tabla 1.29. Ejemplos de aplicaciones del sistema hierro carbono	90
Tabla 1.30. Aceros más comunes según el sistema ASTM	91
Tabla 1.31. Importancia del sistema hierro carbono	98
Tabla 1.32. Ejemplos de aplicaciones del sistema hierro carbono	99

Tabla 2.1. Fases	125
Tabla 2.2. Estaño - plomo	126
Tabla 2.3. Estaño - plomo	126
Tabla 2.4. Estaño - plomo	127
Tabla 2.5. Metales	128
Tabla 2.6. Designaciones, composiciones, propiedades mecánicas y aplicaciones típicas para los aceros inoxidable ferríticos	129
Tabla 2.7. Designaciones, composiciones y aplicaciones de seis aceros	130
Tabla 2.8. Aplicaciones típicas de varias	131
Tabla 2.9. Propiedades mecánicas de aceros al carbono y templados en aceite y revenidos	132
Tabla 2.10. Aleaciones ferrosas	133
Tabla 2.11. Aleaciones ferrosas	133
Tabla 2.12. Aceros de bajo carbono	134
Tabla 2.13. Composiciones de aceros	135
Tabla 2.14. Efecto de diferentes elementos de una aleación	135

REFERENCIAS

- Alamy. (2018). *Acero inoxidable-304-austenita-fractura Fotografía de stock - Alamy*. <https://www.alamy.es/acero-inoxidable-304-austenita-fractura-image458231754.html?imageid=69C53951-E99E-4548-8F44-109B64967368&p=1842431&pn=1&searchId=b5ed0c41116d772009139c27387c25dd&searchtype=0>.
- Amaly. (2019). *Las transacciones. Fig. 17.-grafito y Cementita. 6n Diamkters magnificada. Fig. 18.-neumático, bombardeos. Magnificado 70 diámetros. 502 la microestructura del hierro y el acero Fotografía de stock - Alamy*. <https://www.alamy.es/las-transacciones-fig-17-grafito-y-cementita-6n-diamkters-magnificada-fig-18-neumatico-bombardeos-magnificado-70-diametros-502-la-microestructura-del-hierro-y-el-acero-image336694536.html?imageid=-2FAC41F2-E08F-4EF9-98D3-200CB196AC3C&p=1221884&pn=1&searchId=-ff1b575779bddd72d401c96b820582d0&searchtype=0>
- Antonio, J., & López, R. (2013). *Estudio de materiales necesarios para fabricar motores eléctricos de ventiladores para trabajos a altas temperaturas*. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/19107>
- Ashby, M. F., Baselga Llidó, J., & Jones, D. R. H. (David R. H. (2021). *Materiales para ingeniería 2 : Introducción a la microestructura, el procesamiento y el diseño*.
- Atria Innovation. (2021). *Caracterización de materiales: ¿Qué técnicas se utilizan?* | ATRIA Innovation. <https://www.atriainnovation.com/caracterizacion-de-materiales-tecnicas/>
- Bainite. (2019). *Bainita en ingeniería de materiales - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=Bainitaen+ingenieria+de+materiales&tbm=isch&ved=2ahUKEwiEtK3v3pn_AhUXcjABHSanA7wQ2-cCegQIA-BAA&oq=Bainitaen+ingenieria+de+materiales&gs_lcp=
- Ballesteros, M. (2009). *Tecnología de proceso y transformación de materiales*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RzDy96-vUckC&oi=fnd&pg=PA8&dq=Son+zonas+en+las+que+se+concentran+ciertos+elementos+o+compuestos+debido+a+procesos+de+solidificaci%C3%B3n+o+enfriamiento.+Estas+zonas+pueden+ser+ricas+o+pobres+en+>

- Biblus. (2020). *estructura cristalina, como vacantes, intersticios, dislocaciones y defectos de borde* - *Búsqueda de Google*. <https://www.google.com/search?q=estructura+cristalina%2C+como+vacantes%2C+intersticios%2C+dislocaciones+y+defectos+de+borde&tbm=isch&ved=2ahUKEwi4tsCnv-bb-AhW2p4QIHR5fAlkQ2-cCegQIABAA&eq=>
- Bilmes, P. D. (2000). *Rol de la austenita en las propiedades mecánicas de metales de soldadura de aceros inoxidable soft martensíticos*. <https://doi.org/10.35537/10915/1391>
- Callister, W. D., & Reithwisch, D. G. (2018). *Ciencia e ingeniería de materiales* (2a. ed.). 932. <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/170298>
- Castellanos, P., & Elias, P. E. (2022). *ACETATO DE CELULOSA POSCONSUMO Y NANOPARTÍCULAS I Síntesis de Material Compuesto de Acetato de Celulosa Posconsumo y Nanopartículas de*.
- Ciencia. (2019). *imperfecciones en los sólidos vacantes* - *Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=imperfecciones+en+los+s%C3%B3lidos+vacantes&tbm=isch&ved=2ahUKEwjKgJz0_Lb-AhUOazABHVKW-BZoQ2-cCegQIABAA&gs_ivs=1&eq=imperfecciones+en+los+s%C3%B3lidos&gs_lcp=
- Ciencia. (2020). *Propiedades de los Metales [Fácil y Rápido] | QUÍMICA | - YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=X15IePthqsg>
- Collieu, A. McBain., & Powney, D. J. (1977). *Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales*.
- Complutense. (2021). • *Zona de conducción semiconductores* - *Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Zona+de+conducci%C3%B3n+semiconductores+&tbm=isch&ved=2ahUKEwi-wxaio-Lb-AhWQeTABHenHDNgQ2-cCegQIABAA&eq=%E2%80%A2%09Zona+de+conducci%C3%B3n+semiconductores+&gs_lcp
- Conceptos. (2019). *Polímeros - Concepto, tipos, propiedades y características*. <https://concepto.de/polimeros/#ixzz86KrEiOJh>
- Coreño-Alonso, J., & Méndez-Bautista, M. T. (2010a). Relationship between structure and properties of polymers. *Educación Química*, 21(4), 291–299. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30098-3](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30098-3)

- Coreño-Alonso, J., & Méndez-Bautista, M. T. (2010b). Relationship between structure and properties of polymers. *Educación Química*, 21(4), 291–299. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30098-3](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30098-3)
- Cristalografía. (2020). *Cristalografía*. <https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/42/html/cristal.html>
- De, P., Mayo-Junio, A., Salvo, F. Di, & Suárez, S. (2018). *CELIDAS, DIRECCIONES Y PLANOS CRISTALOGRAFICOS*.
- Del, U., Miren, A., Romero, G., & Guisasola, N. M. (2020). *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES-I ANE MIREN GARCÍA ROMERO Y NURIA MONASTERIO GUIASOLA Tema 4: Imperfecciones de la red cristalina INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES (I)*. <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dislocations/index.php>
- Derematerialia. (2019). *Intersticios – Estructuras Cristalinas*. <http://www.dere-materialia.com/estructuras-cristalinas/intersticios/>
- Derematerialia. (2017). *ferrita - practica metalográfica*. https://www.google.com/search?q=ferrita&tbm=isch&ved=2ahUKEwi-n4763Zn_AhVpbDA-BHZ4jCwQQ2-cCegQIABAA&oq=ferrita&gs_lcp=
- DeviantArt. (2021). • *Estructura vítrea - Búsqueda de Google*. <https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Estructura+v%C3%ADtre&tbm=isch&ved=2ahUKEwj4xqbk47b-AhVQoIQIHVhRBMQQ2->
- Diaz Lina. (2021). *propiedades de los cerámicos - Búsqueda de Google*. https://www.google.com.ec/search?q=propiedades+de+los+ceramicos+&tbm=isch&ved=2ahUKEwjD2-GS6OX-AhWucDABHRhACs-cQ2-cCegQIABAA&oq=propiedades+de+los+ceramicos+&gs_lcp=CgNpbWcQA1AAWKYMYJAOaABwAHgAgAEAiAEAkGEAmAEAoAEBq-gELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=OfdYZIPbG67hwbkPmI-CpuAw&bih=732&biw=1528#imgsrc=2EygJNkCXmb-DM
- DocPlay. (2019). *estructura covalente en los cerámicos - Búsqueda de Google*. <https://www.google.com/search?q=estructura+covalente+en+los+cer%C3%A1micos&tbm=isch&ved=2ahUKEwi5rNHw5bb-AhXDcTABHbfQ-DzkQ2->

- DocPlayer. (2023). *fronteras de grano* - *Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=fronteras+de+grano&tbm=isch&ved=2ahUKEwjfyLNgLf-AhU7bDABHZKzDCIQ2-cCegQIABAA&gs_lcp=CgNpbWcQAVAAWABgAGgAcAB4AIABAIg-BAJIBAJgBAKoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=2mxAZN_0HL-vYwbkPkueykAI&bih=754&biw=1536&hl=es#imgrc=oSmAAHqFtoXsK
- Dual. (2016). *Defectos lineales o dislocaciones – Metalurgia aplicada a la industria*. <http://dualmetalurgia.com/metalurgia/elementos-de-aleacion-y-defectos-cristalinos/los-defectos-lineales-o-dislocaciones/>
- EcuRed. (2022). *Estructura cristalina de los metales* - *EcuRed*. https://www.ecured.cu/Estructura_cristalina_de_los_metales
- Elektrona. (2023). • *Celda Unitaria* - *Búsqueda de Google*. <https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Celda+Unitaria&tbm=isch&ved=2ahUKEwjxusikwLb-AhUybDABHaIEBFMQ2->
- Español. (2019). *1.6: El Estado Sólido Imperfecto* - *LibreTexts Español*. https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Inorg%C3%A1nica/Introducci%C3%B3n_a_la_Qu%C3%ADmica_de_Estado_S%C3%B3lido/01%3A_Conferencias/1.06%3A_El_Estado_S%C3%B3lido_Imperfecto
- Estructuras. (2017). *2.13 ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES: 2.17 ESTRUCTURA AMORFA*. <http://quimicaisela18.blogspot.com/2017/11/217-estructura-amorfa.html>
- Estructuras. (2022). *Estructura cristalina – Estructuras Cristalinas*. <http://www.derematerialia.com/estructuras-cristalinas/estructura-cristalina-2/>
- Experimentos. (2021). • *Átomos* - *Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09%C3%81tomos&tbm=isch&ved=2ahUKEwjSifjH07b-AhXZqIQIHTR7BowQ2-cCegQIABAA&oq=%E2%80%A2%09%C3%81tomos&gs_lcp=
- Farina. (2010). *Colección: LAS CIENCIAS NATURALES Y LA MATEMÁTICA Distribución de carácter gratuito. ADVERTENCIA*.
- Ferney. (2020). *Diseño y fabricación de una cámara salina para realizar análisis de corrosión en materiales metálicos y revestimientos bajo la Norma*

- ASTM B 117* - hdl:11349/29770. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29770>
- Ferros. (2022). *El acero en la industria: cómo de este metal depende el mundo tal y como lo conocemos* - ferrosplanes. <https://ferrosplanes.com/acero-industrial>.
- Fiad, S., & Fiad, S. B. (2009). *INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA GENERAL, UNA GUÍA DIDÁCTICA INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA GENERAL UNA GUÍA DIDÁCTICA*.
- Flacticon. (2021). *Estructura molecular - Iconos gratis de educación*. https://www.flacticon.es/icono-gratis/estructura-molecular_7097254
- Franqués, M., & Astrid Gómez Botero, M. (2005). *DEPARTAMENT DE FÍSICA APLICADA I ÒPTICA CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES TRIBOLÓGICAS DE LOS RECUBRIMIENTOS DUROS Memoria presentada para optar al grado de Doctora Barcelona, Diciembre de 2005*.
- Giraldo Barrada, J. E. (2005). *Soldabilidad de un acero de blindaje con electrodos de acero inoxidable austenítico*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21602>
- GoConqr. (2013). *átomos moléculares iones* - Búsqueda de Google. https://www.google.com/search?q=atomos+moleculares+iones+&tbm=isch&ved=2ahUKEwi9rPGEgLD-AhVWioQIH4eAjQQ2-cCegQIABAA&oq=atomos+moleculares+iones+&gs_lcp=
- González Velázquez, J. Luis. (1999). *Metalurgia mecánica*.
- González-Viñas, W. (2009). *Ciencia de los materiales Manual de Laboratorios. Vol1*, 120. <https://elibro.net/es/ereader/uta/48321>
- Guevara Andress. (2019). *6 Defectos en Estructura Cristalina | PDF | Dislocación | Física de la Materia Condensada*. <https://es.scribd.com/document/393913128/6-Defectos-en-Estructura-Cristalina>
- Hernández, A. F. (2013). *Ingeniería de Materiales: Guía del Maestro*. <https://ring.uaq.mx/handle/123456789/4056>
- José Rivera García. (2020, December 17). *Ejercicio Diagrama de Fases Pb-Sn Eutéctico* - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=i-YR1vLdMto>

- José Rivera García. (2021, September). *Clasificación y Designación de Aleaciones Ferrosas - YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=abJXfRdK-4Tw&list=PLE5tTVHyP-X_gya7jaAHV60FbBO0hNPO6&index=16
- Landa Fonseca, Cecilia. (1997). *Historia de la Facultad de Ingeniería*. 320.
- Lezama Poveda. (2008). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA-LEON FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACION Y HUMANIDADES DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES MONOGRAFIA*.
- Lifeder. (2021). *tipos de enlace atómico - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=tipos+de+enlace+atomico&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjMtZSX7OT-AhWhSTABHeuWAAAsQ_AUo-AXoECAIQAw&biw=1526&bih=674&dpr=1.25#imgsrc=q-J3z7FYb-sUCsM&imgdii=JHgDC1a3zuW-IM
- Lisboa. (2023). *ingeniería de materiales - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=ingenieria+de+materiales&sxsrf=APwXEdd_qVB-F8Y_MH9Spnm1hiYtBHZYhVw:1681702522772&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjQjfOL_q-AhXWSDABHT3MAKwQ_AUo-AXoECAEQAw&biw=1522&bih=739&dpr=1.25#imgsrc=jiKuvbZp8nhljM&imgdii=l33S_UVgdD513M
- Maldonado, S., Baltazar, V., López, E., Orozco, P., & Alonso, O. (2015). Desgaste de aleaciones de hierro Cr-Mo-V-Ti para medios de molienda de minerales. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 11, 1–8. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/333>
- Materiales. (2018). *Martensita – ...LA CIENCIA DE MATERIALES APLICADA A LA FORJA....* <https://laboratoriodeforja2.wordpress.com/2016/11/30/martensita/>
- Materiales. (2021). • *Estructura cúbica centrada en el cuerpo (BCC) - Búsqueda de Google*. [https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Estructura+c%C3%BAbica+centrada+en+el+cuerpo+\(BCC\)&tbm=isch&ved=2ahUKEwiZ4Z68hLD-AhXTmIQIHwXyC54Q2-cCegQIABAA&oq=%E2%80%A2%09Estructura+c%](https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Estructura+c%C3%BAbica+centrada+en+el+cuerpo+(BCC)&tbm=isch&ved=2ahUKEwiZ4Z68hLD-AhXTmIQIHwXyC54Q2-cCegQIABAA&oq=%E2%80%A2%09Estructura+c%)
- Metalografía. (2018). *II. DEFECTOS RETICULARES*.

- Metalurgia. (2022). *Defectos lineales o dislocaciones - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=Defectos+lineales+o+dislocaciones&sc_esv=b26f2ad51d3ee0ee&tbm=isch&
- Minera Cuenca. (2022). *Diagrama Hierro Carbono*. https://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/sitio/upload/aleaciones_ferricas.pdf
- Miren, A., Romero, G., Monasterio, N., Ane, G., García, M., Nuria, R., & Guisasola, M. (2017). *UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO / EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO / BILBOKO INGENIERITZA ESKOLA 1 INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES-I ANE MIREN GARCÍA ROMERO Y NURIA MONASTERIO GUIASOLA Tema 3: Estructura cristalina INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES (I) INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES (I)*. Retrieved July 1, 2023, from <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/atomic-scale-structure/index.php>
- Molera Solá, Pere. (1991). *Tratamientos térmicos de los metales*. 127.
- Montes, J. M., Cintas, J., & Cuevas, F. G. (2014). *Ciencia e ingeniería de los materiales / J.M. Montes, F.G. Cuevas, J. Cintas*.
- Nagwa. (2019). *iones positivos y negativos en un cubo - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=iones+positivos+y+negativos+en+un+cubo&tbm=isch&ved=2ahUKEwitm6fd4rb-AhVMbDABHaegC-IQ2-cCe-gQIABAA&gs_ivs=1&oq=iones+positivos+y+negativos+en+una+estructura+cristalina&gs_lcp=
- Orlando, A., Posada, G., Landínez Téllez, D. A., Roa-Rojas, J., & Pena, G. (2020). *ELECTRIC AND MECHANICAL PROPERTIES OF HDPE/FERRITE COMPOSITES MONOCHESS View project Production and Characterization of Magnetite/CB Rubber Composites View project*. Retrieved June 28, 2023, from <https://www.researchgate.net/publication/344548799>
- Predel, Bruno., Hoch, M. J. R. (Michael J. R.), & Pool, Monte. (2004). *Phase diagrams and heterogeneous equilibria : a practical introduction*. 349.

- Quizlet. (2019). *Fichas de aprendizaje 1) IMPERFECCIONES EN REDES CRISTALINAS* | Quizlet. <https://quizlet.com/343113610/1-imperfecciones-en-redes-cristalinas-flash-cards/>
- Rangel Nafaile, C. E. (1987). *Los materiales de la civilización*. 91.
- Repsol. (2022). *Todo sobre los semiconductores: tipos y ejemplos* | Repsol. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/semiconductores/index.cshtml>
- ResearchGate. (2023). • *Estructura hexagonal compacta (HCP): - Búsqueda de Google*. [https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Estructura+hexagonal+compacta+\(HCP\)%3A+&tbm=isch&ved=2ahUKewjtu4nLh7D-AhWEI4QIHVZuBfsQ2-cCegQIABAA&oq=%E2%80%A2%09Estructura+hexagonal+compacta+\(HCP\)%3A+&gs_lcp=](https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09Estructura+hexagonal+compacta+(HCP)%3A+&tbm=isch&ved=2ahUKewjtu4nLh7D-AhWEI4QIHVZuBfsQ2-cCegQIABAA&oq=%E2%80%A2%09Estructura+hexagonal+compacta+(HCP)%3A+&gs_lcp=)
- Retuerto. (2021). *1 cristalografia2014*. <https://es.slideshare.net/leonardoretuerto/1-cristalografia2014>
- Reyes Sombrerero, G. J. (2014). *Estructura de Minerales*. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/5864>
- Romo Mendoza, D. C., Hurtado Delgado, ; E, Valdés, ; A Reyes, Aguilar, E. A., Bedolla, E., León, C. A., De Investigación, I., Metalurgia, E. N., Materiales, Y., Michoacana, U., San, D. E., & De Hidalgo, N. (2018). *Cuerpo Académico Consolidado CA-105: Ingeniería y Tecnología de Metales, Cerámicos y Aleaciones*.
- Saja Sáez, J. A. de., Rodríguez Pérez, M. A., & Rodríguez Méndez, M. Luz. (2005). *Materials: structure, properties and applications*. Thomson.
- SANTIAGO SILVANO, L. G. (2016). *CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y ELÉCTRICA EN NANOCOMPUESTOS DE POLIPROPILENO CON PARTÍCULAS CONDUCTORAS*. <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2842>
- Sevilla. (2017). *Enhanced Reader*.
- Slide. (2022). *Defectos en sólidos puntuales - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=Defectos+en+s%C3%B3lidos+puntuales&sxsrf=APwXEddwtP3WBdL8o1PkWBNR_4V9K258jA:1681945562063&-

source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiak4i-h7f-AhWSQzABH-dBxCgsQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=696&dpr=1.25#imgsrc=X6eJnRWcbvisXM

Steemit. (2023). *Estructura de los sólidos cristalinos - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=Estructura+de+los+s%C3%B3lidos+cristalinos&tbm=isch&ved=2ahUKEwi1k--cgrD-AhUHeDABHcS2C-BkQ2-cCegQIABAA&oq=Estructura+de+los+s%C3%B3lidos+cristalinos&gs_lcp=CgNpbWcQA1AAWABgAGgAcAB4AIABAIgBAJIBA-JgBAKoBC2d3cy13aXotaW1n&sclient=img&ei=0MI8ZLXrBYfww-bkPxO2iyAE&bih=739&biw=1522#imgsrc=bDo2sP-2Z0HDfM

Struers. (2023). *Estructuras metálicas del grano y su análisis microscópico | Struers.com*. <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Materials/Metallic-grain-structures#>

Tecnología. (2023). *Tecnología Industrial II. Materiales.: Estructura cristalina*. <http://materialesti2.blogspot.com/p/estructura.html>

Teorías. (2019). *Teoría de bandas - Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_bandas

Udima. (2018). *Diagrama de Fases*. <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/Manual%20Tema%208%20Diagramas%20de%20fase%20FORMATO2.pdf>

Unibetas. (2023, February). *¿Qué es la estructura atómica? Concepto, ejemplos y explicación*. <https://unibetas.com/estructura-atómica>

Universitam. (2022). • *semiconductores Red cristalina - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2%09semiconductores+Red+cristalina&tbm=isch&ved=2ahUKEwi7qoeg97b-AhXVjoQIHUr-BE-gQ2-cCegQIABAA&oq=%E2%80%A2%09semiconductores+Red+cristalina&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1DyBVj7PWCiQGgAcAB4AIAB-ngGIAa0RkgEEMC4xNpgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=1GJAZLvWcdWdkvQPyvyTwAQ&bih=754&biw=1519&hl=es#imgsrc=UgXT20tdITrquM

UPCommons. (2021). *Estas imperfecciones pueden tener un impacto significativo en las propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas de los materiales sólidos*.

- Viviana, K., & Espinoza, N. (2010). *UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE FACULTAD DE CIENCIA DEPARTAMENTO DE FISICA ESTUDIO DE SOLUCIONES SÓLIDAS DE COBRE-CROMO PRODUCIDAS POR ALEACIÓN MECÁNICA*.
- Wikiwand. (2017). *Ledeburita en ingeniería de materiales - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=Ledeburita++en+ingenieria+de+materiales&tbm=isch&ved=2ahUKEwi_45eC4Zn_AhW8eDABHYCYAuQQ2-cCegQIABAA&oq=Ledeburita
- Xiomy Zhhtefitha. (2021). *Fases Del Diagrama Hierro Carbono | PDF | Sustancias químicas | Metalurgia*. <https://es.scribd.com/document/353863171/Fases-Del-Diagrama-Hierro-Carbono#>
- YouTube. (2021). *Puntos de Red ingeniería de materiales - Búsqueda de Google*. https://www.google.com/search?q=Puntos+de+Red+ingenieria+de+materiales+&tbm=isch&ved=2ahUKEwifzM6z1bb-AhXaioQIHUTkD_YQ2-cCegQIABAA&oq=Puntos+de+Red+ingenieria+de+materiales+&gs_lcp=
- Zapata Meneses, A., Mecánico, I., & Asistente, E. P. (2019). *CONSIDERACIONES SOBRE APLICACIONES TECNOLÓGICAS DE TRANSFORMACIONES DE FASE EN ACEROS*.

EMBER GEOVANNY ZUMBA NOVAY, ecuatoriano, nacido en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo el 03 de abril de 1986, Ingeniero de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniero en Administración y Producción Industrial en la Universidad Interamericana del Ecuador, Magíster en Diseño Industrial y de Procesos en la Universidad Particular SEK, Magíster en Educación, Tecnología e Innovación en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi UPEC, Diplomado en Docencia Virtual en el Politécnico de Colombia, Diplomado en Marketing Político. Analista Hidrosanitario y Jefe de Mantenimiento del Distrito de Salud 21DD04 2018 - 2019. Autor de los libros: «Lágrimas del Corazón», «Mantenimiento de Equipos Médicos», «Equipos de Medición y Calibración Mecánica -Zumba», «Gestión de Mantenimiento Automotriz», «Gestión de Mantenimiento Vehicular», «Comunicación Educación Innovación Zumba», «Introducción a Solución de Integrales con Programación», «Ecuador Renace». «Introducción a la Ingeniería de materiales Metálicos Zumba», Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica.

ISBN: 978-9942-45-150-7

