Ciencia e ingeniería de los materiales en la industria de construcción

Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrrez
Carlos Humberto Acevedo Peñaloza
Jorge Sánchez Molina

Universidad Francisco de Paula Santander
Vigilada Mineducación

CIENCIA E INGENIERÍA DE LOS MATERIALES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

JAVIER ALFONSO CÁRDENAS GUTIÉRREZ
CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA
JORGE SÁNCHEZ MOLINA

Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Cárdenas Gutiérrez, Javier Alfonso
Ciencia e ingeniería de los materiales en la industria de construcción / Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez, Carlos Humberto Acevedo Peñaloza, Jorge Sánchez Molina. -- 1a ed. -- Cúcuta : Universidad Francisco de Paula Santander ; Bogotá : Ecoe Ediciones, 2022.
75 p. – (Ingenierías y afines. Materiales de la construcción)

Incluye datos curriculares de los autores. -- Contiene bibliografía.

ISBN 978-958-503-294-1 -- 978-958-503-295-8 (e-book)

1. Materiales de construcción 2. Ciencia de los materiales 3. Ingeniería de materiales I. Acevedo Peñaloza, Carlos Humberto II. Sánchez Molina, Jorge III. Título IV. Serie

CDD: 691 ed. 23 CO-BoBN– a1089378

Área: *Ingenierías y afines*
Subárea: *Materiales de la construcción*

Universidad Francisco de Paula Santander
Vigilada Mineducación

© Javier Alfonso Cardenas Gutierrez
© Carlos Humberto Acevedo Peñaloza
© Jorge Sánchez Molina

© Universidad Francisco de Paula Santander
Avenida Gran Colombia
No. 12E-96, Barrio Colsag
San José de Cúcuta - Colombia
Teléfono: 607 577 6655

▶ Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, marzo del 2022

ISBN: 978-958-503-294-1
e-ISBN: 978-958-503-295-8

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Corrección de estilo: María del Pilar Osorio
Diagramación: Sindy Nicol Pulido Casallas
Carátula: Wilson Marulanda
Impresión: Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.
Carrera 69 #15-24

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a Dios Padre Todopoderoso, a nuestra Universidad Francisco de Paula Santander y a nuestro rector Héctor Miguel Parra López.

CONTENIDO

Prólogo XIII

Capítulo 1. Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales 1
1.1 Historia de los materiales y de las técnicas constructivas 3
1.2 Generalidades de los materiales de construcción 12

Capítulo 2. Naturaleza básica de los materiales de construcción 19
2.1 Estructura atómica de los materiales de construcción 20
2.2 La tabla periódica 23
2.3 Enlaces químicos 24
2.3.1 Enlaces iónicos 25
2.3.2 Enlace covalente 26
2.3.3 Enlace metálico 27
2.4 Composición de los materiales de construcción 27
2.4.1 Composición mineralógica 28
2.4.2 Composición química 29
2.4.3 Estados de la materia 30

Capítulo 3. Propiedades de los materiales de construcción 31
3.1 Propiedades físicas 33
3.2 Propiedades mecánicas 39

Capítulo 4. Clasificación de los materiales de construcción 43
4.1 Materiales pétreos 43
4.2 Cerámicos y vidrios 51
4.2.1 Materiales cerámicos 51
4.2.2 El vidrio 54
4.3 Materiales aglutinantes 56
4.3.1 El yeso 57
4.3.2 La cal 59
4.3.3 Cemento Portland 61
4.4 Materiales metálicos 64
4.4.1 Clasificación de los materiales metálicos 65
4.5 Materiales plásticos 70

Bibliografía 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciencia 2
Figura 2. Materiales de construcción 3
Figura 3. Herramientas rudimentarias 4
Figura 4. Pirámide egipcia 5
Figura 5. Familia primitiva 6
Figura 6. Evolución de la rueda 7
Figura 7. Puente romano antiguo 8
Figura 8. La locomotora 9
Figura 9. Revolución industrial 10
Figura 10. Producción en masa 11
Figura 11. Industria de la construcción 12
Figura 12. Materiales de la construcción 13
Figura 13. Investigación de las propiedades 14
Figura 14. Análisis del comportamiento de materiales 15
Figura 15. Materiales pétreos 16
Figura 16. Construcción de carretera 16
Figura 17. Relación costo - beneficio 17
Figura 18. Acero de construcción 20

Figura 19. Estructura atómica 21
Figura 20. Enlaces químicos 24
Figura 21. Enlace iónico 25
Figura 22. Enlace covalente 26
Figura 23. Enlace metálico 27
Figura 24. Composición mineralógica 28
Figura 25. Composición química 29
Figura 26. Estados de la materia 30
Figura 27. Control de cada uno de los materiales de construcción 32
Figura 28. Absorción 37
Figura 29. Capilaridad 38
Figura 30. Permeabilidad - piscina 39
Figura 31. Compresión 40
Figura 32. Tracción 40
Figura 33. Flexión 41
Figura 34. Módulo de elasticidad 42
Figura 35. Ciclo de las rocas 45
Figura 36. Extracción de áridos 46
Figura 37. Composición del concreto 47
Figura 38. Curva granulométrica 50
Figura 39. Materiales cerámicos 51
Figura 40. El vidrio 54
Figura 41. El yeso 57
Figura 42. Cemento Portland 61
Figura 43. Los metales 65
Figura 44. El acero 66
Figura 45. Materiales plásticos 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conductividad térmica 33
Tabla 2. Calor específico 34
Tabla 3. Coeficiente de dilatación térmica 35
Tabla 4. Diámetros según el sistema internacional 49
Tabla 5. Principales propiedades del yeso 58

PRÓLOGO

Este libro es el resultado de una investigación científica cuyo enfoque es la identificación de la historia detrás de la ciencia e ingeniería de materiales que se implementa hoy en la fabricación de todo tipo materiales utilizados dentro de la industria de la construcción, determinando las características, propiedades y modelos que existen. Este trabajo se dirige principalmente a estudiantes de Ingeniería Civil, Arquitectura y aquellos técnicos y tecnólogos que laboran dentro de la industria de la construcción, sobre todo quienes investigan en temáticas relacionadas con los materiales, la ciencia que los estudia y sus aplicaciones dentro de la ingeniería. Así mismo, los resultados de esta investigación podrán ser utilizados como material de apoyo didáctico por parte de profesores de estas áreas. Este libro está escrito de manera que sea de fácil comprensión y acceso para todo tipo de público con interés en estos temas.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES

La ingeniería de materiales se puede definir como un campo interdisciplinario de la ciencia que manipula la composición y estructura de los diferentes materiales utilizados en la industria de la construcción y en múltiples sectores de la economía que a través de diferentes escalas de longitud pueden llegar a controlar diversas propiedades de los materiales por medio de síntesis y procesamiento.

Figura 1. Ciencia

Fuente: elaboración propia.

La composición de un material hace referencia a su constitución química, mientras que la estructura es la forma en que se encuentran organizados los átomos, diferenciándose en cada uno de los niveles de detalle (Callister, 2019). La síntesis es la fabricación de materiales por medio de sustancias químicas naturales o artificiales, mientras que el procesamiento es la transformación del material en diferentes componentes que permitirán cambiar las propiedades de los materiales.

Figura 2. Materiales de construcción

Fuente: elaboración propia.

La ciencia de los materiales corresponde a las relaciones básicas que existen entre la síntesis y el procesamiento, así como a la estructura y las diferentes propiedades que posee cada material. La ingeniería de los materiales es la aplicación de los materiales creados para resolver problemáticas mediante elementos útiles (Callister, 2020).

1.1 Historia de los materiales y de las técnicas constructivas

La evolución de los diferentes materiales utilizados, así como las diferentes técnicas empleadas han sido beneficiarias de los diferentes eventos que han alcanzado el desarrollo actual de la humanidad. De esta manera, las técnicas han mejorado a lo largo del tiempo, creando materiales óptimos y resistentes como herramientas y técnicas útiles para trabajar diferentes materiales de manera simultánea.

Durante la prehistoria, el hombre primitivo no tenía la capacidad para elaborar materiales de construcción, por lo que guardaba refugio y descansaba en los diferentes tipos de accidentes naturales tales como las cuevas o cavernas. Sin embargo, este debió utilizar diferentes elementos como ramas, piedras o barro con el fin de mejorar las condiciones de habitabilidad de sus refugios mediante construcciones rudimentarias (Través, 2019).

Figura 3. Herramientas rudimentarias

Fuente: elaboración propia.

De esta manera, la elaboración de herramientas determinó un importante hito con respecto a la posibilidad de transformar o modificar las diferentes materias primas de las cuales disponían. Un ejemplo significativo es la utilización de rocas como pedernales, obsidiana entre otras, que debido a su gran dureza podían emplearse como moldeadoras de otros elementos como madera y piedra convencional para desarrollar herramientas más complejas como lanzas u otros objetos de uso general para la caza o la pesca (Girón, 2020).

Figura 4. Pirámide egipcia

Fuente: elaboración propia.

La cultura egipcia utilizó las piedras para la construcción de sus monumentales tumbas, mientras que sus viviendas convencionales eran realizadas con adobe y madera. Los griegos manejaron las piedras para sus monumentos religiosos como el Partenón, el cual fue construido en mármol blanco de canteras del monte Pentélico, en el noreste de Atenas. Sus viviendas eran hechas de bloques de barro seco y madera en las cubiertas (Ruiz, 2020).

Los romanos usaron los mismos materiales que los griegos, los cuales en su mayor parte fueron implementados en las cubiertas o bloques para paredes, gracias a la abundancia de rocas volcánicas. También se utilizó la piedra pómez, una piedra de gran ligereza.

Una vez el hombre aprendió a utilizar el fuego a su voluntad, no solamente fue útil para la cocción de los alimentos, sino que también funcionó como defensa frente a depredadores o para lograr combatir las bajas temperaturas, así como permitió la transformación de múltiples materiales que sirvieron para la manufactura de mejores herramientas (Cardona, 2021).

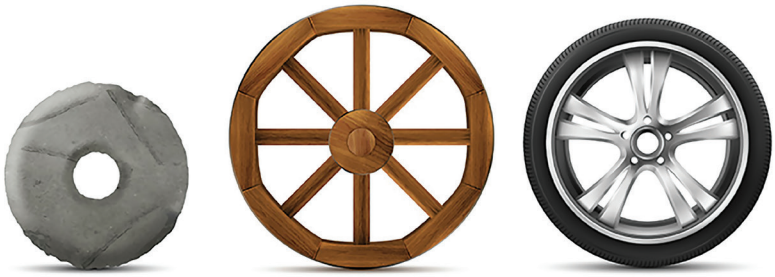
Figura 5. Familia primitiva

Fuente: elaboración propia.

Se presume que el hombre descubrió accidentalmente la transformación del barro cuando lo mezcló y lo cocinó junto con un material pétreo, y de esta forma comenzaron las primeras alfarerías. Por esta razón, esta técnica pudo perfeccionarse de manera progresiva con las mejoras en la calidad de los hornos y la fabricación de los diferentes materiales cerámicos con propiedades muy superiores a los iniciales (Pastor Quiles, 2018).

El uso del cobre hace aproximadamente 7000 años a. C. permitió la elaboración de herramientas efectivas y duraderas que permitieron trabajar materiales más duros, poco a poco fue perfeccionándose mediante la fabricación de aleaciones como el bronce, hace 4500 años a. C, se desarrolló así un metal más duro y resistente que permitió mejorar la calidad de las armas y las herramientas (Rodríguez Vinceiro *et al.*, 2018).

Figura 6. Evolución de la rueda



Fuente: elaboración propia.

La invención de la rueda hace unos 3500 años a. C. marcó un antes y un después en el desarrollo de todo tipo de técnicas de construcción, de tal forma que, gracias a este invento se facilitó el proceso de acarreo y transporte de las diferentes materias primas y de los distintos materiales de construcción (Nieto, 2019).

Todo indica que la cal fue descubierta por los griegos; sin embargo, fueron los romanos quieren realizaron importantes aportes tecnológicos en cuanto a la cal se refiere, debido a que desarrollaron hornos para su producción y establecieron nuevas técnicas de aplicación y empleo que llevaron a las primeras investigaciones realizadas por Marcus Vitruvios Pollio sobre morteros y concretos a base de cal y ceniza volcánica del monte Vesubio, denominado hoy puzolanas.

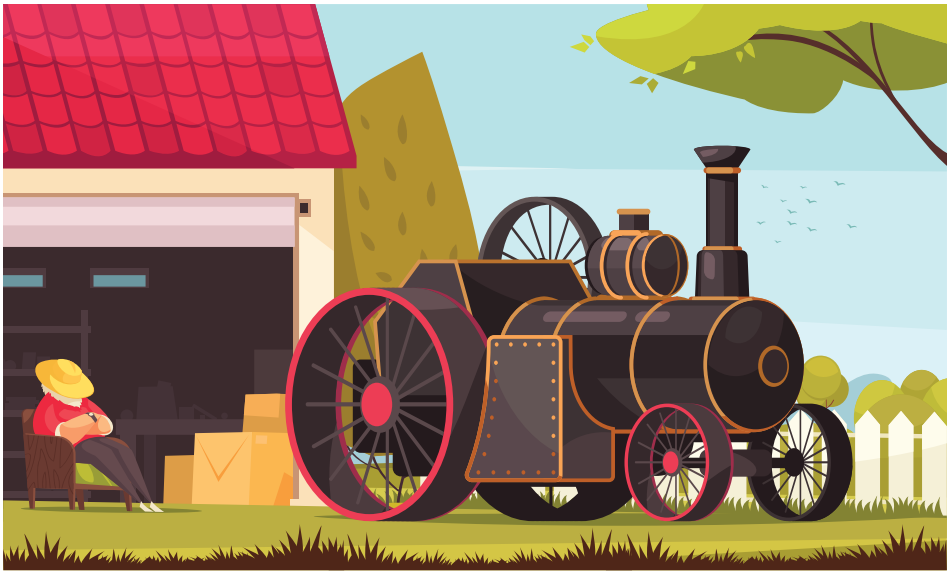
En relación con el concreto, los mayores aportes sobre su fabricación y técnicas constructivas fueron realizados por los romanos, hace cerca de 2000 años, quienes desarrollaron el *opus caementitium*, el primer prototipo de concreto que existió. Un material compuesto principalmente por fragmentos cerámicos incrustados en una mezcla de mortero elaborado a base de arena volcánica y cal (Rodríguez Gutiérrez, 2021).

Figura 7. Puente romano antiguo

Fuente: elaboración propia.

Los hornos ayudaron en la fundición de metales y el desarrollo de la siderurgia y la metalurgia del hierro, un metal más duro que el bronce; sin embargo, con la fabricación del alto horno, en 1350 se logró la producción a gran escala del hierro que tuvo un alto impacto en la producción de aquella época, y por ende, en los diferentes materiales de la construcción.

Figura 8. La locomotora



Fuente: elaboración propia.

La llegada de la revolución industrial con el gran hito de la máquina de vapor, inventada por James Watt en 1765, trajo consigo la construcción de diferentes equipos de mayor capacidad, los cuales apalancaban los procesos y evitaban la explotación de humanos y animales, asimismo se perfeccionaron los procesos metalúrgicos y se obtuvieron materiales con mejores propiedades (Vatin, 2018).

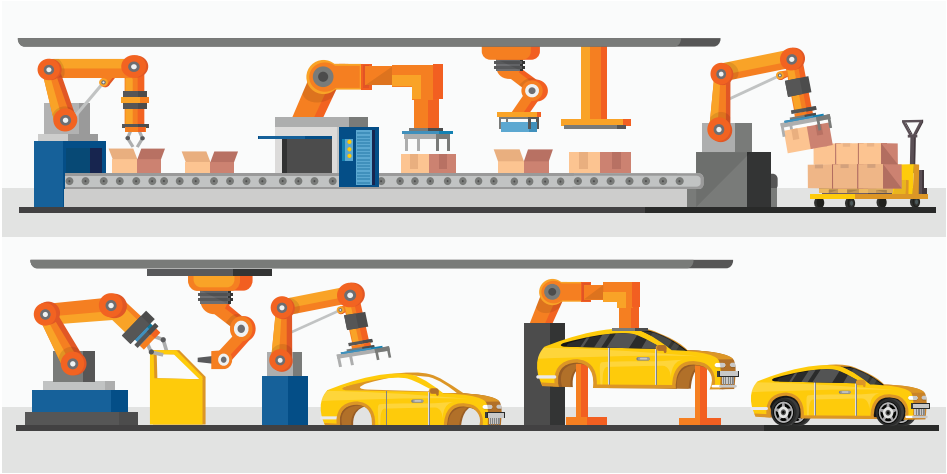
Figura 9. Revolución industrial

Fuente: elaboración propia.

El cemento Portland, patentando por el albañil inglés, Joseph Aspdin, el 21 de octubre de 1824, determinó un momento de gran impacto y trascendencia para la humanidad, puesto que se impuso como el material aglomerante por excelencia, incluso, hoy, casi 200 años después lo sigue siendo. El cemento Portland se empleó a nivel mundial gracias a sus maravillosas propiedades físicas, mecánicas y de resistencia al ambiente natural, así como su abundancia con respecto a sus materias primas básicas.

El concreto hidráulico con cemento Portland como aglomerante posee una deficiencia debida a su masa volumétrica y baja resistencia a la tracción, no es el indicado para soportar fuerzas de flexión o tracción. Por esta razón, a finales del siglo XIX se sugiere incorporar barras de acero como refuerzo, para que mediante el trabajo colaborativo con el concreto, los elementos estructurales tuvieran la capacidad de resistir todo tipo de esfuerzos a tracción. De esta manera, surge el concepto del concreto armado, y desde el año 1910 es la tecnología más usada en el ejercicio de la construcción (Lucio *et al.*, 2013).

Figura 10. Producción en masa



Fuente: elaboración propia.

La producción a escala de los automóviles lograda por Henry Ford en el año 1907 demandó de manera progresiva la construcción de carreteras, por lo tanto, las primeras materias primas provenían de fuentes naturales como los lagos y emanaciones; sin embargo, gracias a la demanda de la gasolina, se empezaron a utilizar los asfaltos producto de la destilación artificial del petróleo (Sánchez *et al.*, 2006).

La tecnología del concreto hidráulico fue desarrollándose al nivel de implementar diferentes químicos denominados aditivos, los cuales se usaron desde 1885 momento en que se descubrieron diferentes propiedades acelerantes en las mezclas bases del cemento Portland, sin embargo, el primer aditivo propiamente utilizado fue el Plastiment, producido por Sika en el año 1930.

Cuando surgen los materiales plásticos, polímeros, las resinas, entre otros, se ingresa en una nueva era de revolución dentro de la industria de los materiales de construcción a nivel mundial, ya que surgen nuevos materiales con propiedades magnificas, reciclables, y cada vez con menor consumo energético para reducir el impacto sobre el medio ambiente (Flores, 2009).

1.2 Generalidades de los materiales de construcción

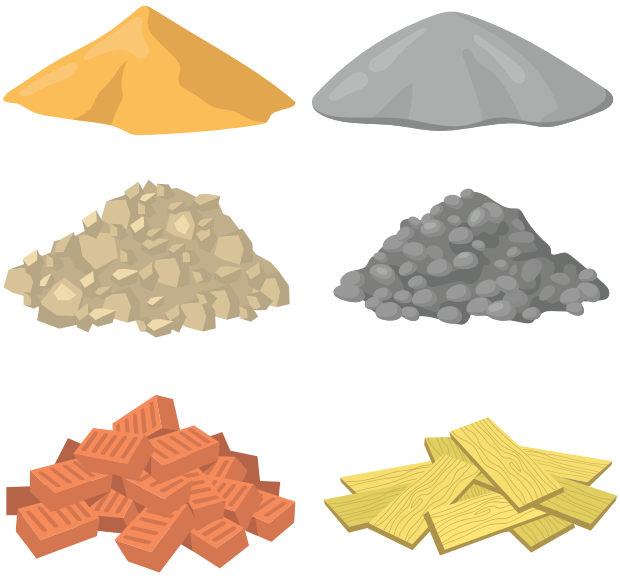
La industria de la construcción a lo largo de la historia ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad, puesto que, gracias a ella se ha logrado la construcción de todo tipo de obras viales, hidráulicas, industriales, entre otras. Tales obras han sido elaboradas con materiales de construcción, siendo estos la base de la materialización de cualquier tipo de proyecto (Cárdenas-Gutiérrez *et al.*, 2021).

Figura 11. Industria de la construcción

Fuente: elaboración propia.

Los materiales utilizados en la industria de la construcción son estudiados por un campo multidisciplinario en el cual se utilizan conocimientos de química, física, geología, mineralogía, entre otras. Todas estas ciencias son competencias básicas para ingenieros civiles, arquitectos y otros profesionales del sector de la construcción (Cárdenas Gutiérrez *et al.*, 2021).

Figura 12. Materiales de la construcción



Fuente: elaboración propia.

La ciencia de materiales se encarga principalmente de las diferentes relaciones que existen entre la composición y estructura de cada material, así como de sus propiedades principales, siendo la base de la ingeniería de materiales, cuyo principal objetivo es la creación de nuevos materiales a través de la síntesis y el procesamiento con el fin de obtener las pautas necesarias para realizar su proceso aplicativo con éxito.

Los métodos y técnicas de estudio requieren de técnicas instrumentales que permiten estudiar la composición y la estructura de los materiales, y posteriormente, determinar las diferentes propiedades físico-mecánicas a través de ciertos tipos de ensayos entre los que podemos encontrar ensayos de resistencia a compresión o tracción, capacidad de absorción y permeabilidad, entre otros. Estos datos brindan información de valor que se utiliza en el diseño estructural de cualquier tipo de obra.

Figura 13. Investigación de las propiedades

Fuente: elaboración propia.

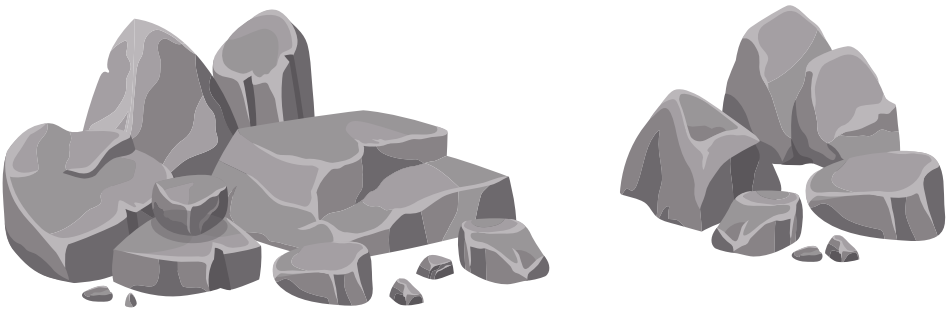
Sin embargo, no solo se investigan las propiedades y composiciones de los materiales de la construcción, sino también las propiedades de las materias primas para su fabricación, así como las condiciones de las arenas, gravas o, incluso, del propio cemento Portland usado en la producción del concreto hidráulico.

Figura 14. Análisis del comportamiento de materiales

Fuente: elaboración propia.

La importancia del conocimiento del comportamiento de los materiales de construcción radica primordialmente en su selección basado en sus condiciones de uso, puesto que resulta evidente que no todas las propiedades o parámetros técnicos que puede suministrar un material se podrían aplicar de la misma manera en un procedimiento u otro (Vidal *et al.*, 2014).

Figura 15. Materiales pétreos



Fuente: elaboración propia.

Debido a que las propiedades de los materiales determinan su campo de aplicación, como el caso de los materiales pétreos que se caracterizan por su resistencia a la compresión, por eso se utilizan principalmente en aquellos elementos constructivos que van a soportar grandes esfuerzos de compresión. Sin embargo, para lograr un óptimo desempeño de estos elementos deben elegirse las mejores materias primas.

Figura 16. Construcción de carretera

Fuente: elaboración propia.

Cada construcción tiene la función de resistir al tipo de esfuerzo al que es sometida, las columnas y otros elementos sometidos a la compresión deben tener dentro de ellos materiales resistentes a este tipo de esfuerzos. Así como los pavimentos, los pisos, entre otros, deben poseer materiales resistentes a la abrasión e, incluso, si se habla en términos de estética, priman los materiales que además de resistir el tipo de esfuerzo, deben ser esbeltos y presentar la correcta textura, color y demás características exigidas por los clientes.

Figura 17. Relación costo - beneficio

Fuente: elaboración propia.

Otros aspectos fundamentales son el factor económico y el factor relacionado con la durabilidad, puesto que la correcta selección de materiales permitirá un mejor diseño, proyección y durabilidad de las construcciones. Sin embargo, el factor económico generalmente se minimiza, debido a que en ocasiones no se consideran los costos de mantenimiento los cuales pueden variar de un material a otro.

Por lo tanto, para lograr un proyecto sustentable se deben conjugar: la selección correcta de materiales, la compatibilidad entre ellos, la mano de obra, las técnicas de construcción y el impacto sobre el medio ambiente. Esta última

es una responsabilidad de cada uno de los miembros del proyecto y de los diferentes profesionales que hacen parte del equipo de planeación, ejecución y control de cualquier proyecto de construcción (Crespo Escobar, 2013).

CAPÍTULO 2

NATURALEZA BÁSICA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En cualquier tipo de construcción se observa una gran variedad de materiales y productos. Algunos son fáciles de identificar, incluso por personas que no son especialistas de esta área. Un ejemplo claro son los ladrillos de mampostería que se utilizan para el levantamiento de muros, las barras de acero utilizadas dentro de los elementos estructurales, así como el concreto ordinario que hace parte de casi toda construcción.

Figura 18. Acero de construcción

Fuente: elaboración propia.

Cada material tiene su propia función dentro de la construcción y gracias a esa propiedad particular es que se utiliza en uno o en varios elementos de la obra. Un material, sin importar su tipología, se encuentra constituido por algo particular a nivel macro y nivel micro, además de sus átomos y partículas subatómicas.

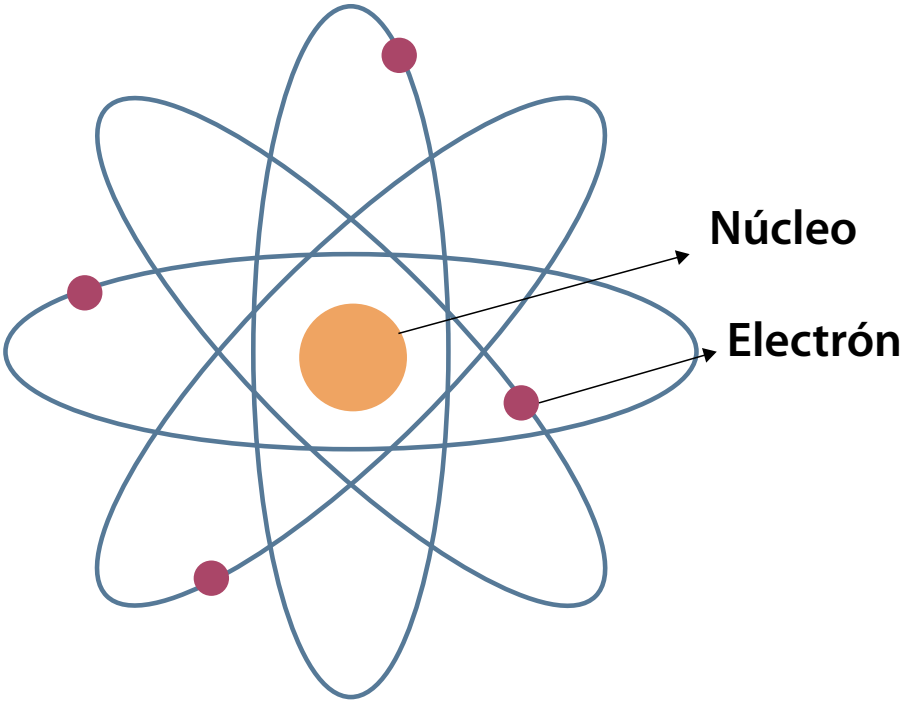
De esta manera, la utilización de materiales comunes en la naturaleza como los suelos, las rocas, metales, plásticos, entre otros, que son útiles en la construcción, se investigan principalmente por sus propiedades; sin embargo, estas dependen en gran medida de su composición y estructura las que se consiguen a través de su proceso industrial (Gutiérrez de López, 2003).

2.1 Estructura atómica de los materiales de construcción

Los materiales de construcción, así como todos los objetos o sustancias que existen en la naturaleza, se encuentran formados por átomos de los diferentes elementos químicos. Los átomos son las partículas más pequeñas de la sustancia que tiene las propiedades de un elemento químico. Están

formados por un núcleo que posee neutrones y protones, los cuales poseen una carga netamente positiva, localizada en una región reducida y poseen prácticamente toda la masa del átomo; en su órbita giran los electrones, los cuales poseen carga negativa y se encuentran atrapados por la interacción eléctrica que existe dentro del núcleo.

Figura 19. Estructura atómica



Fuente: elaboración propia.

Las órbitas de los electrones son específicas para cada elemento químico, así mismo, el número de electrones en la órbita y de protones en el núcleo siempre es el mismo; por lo tanto, en conjunto, el átomo es eléctricamente neutro. Sin embargo, el número de protones se determina según el elemento químico, pero el número de neutrones lo determina el isótopo del mismo elemento.

Los isótopos son átomos de elementos semejantes con diferente masa atómica, por ejemplo, el hidrógeno posee tres tipos: el primero tiene una masa atómica de 1, es el hidrógeno básico o propio; posteriormente se

encuentra aquel que posee masa atómica de 2, denominado deuterio y, por último, aquel que tiene una masa atómica de 3, denominado tritio.

En la tabla periódica actual existen 94 átomos de elementos que se encuentran naturalmente, así como 24 átomos de elementos que han sido creados de manera artificial con un total de 118 elementos químicos. Cada uno de estos elementos posee un numero atómico (Z) el cual corresponde al número de protones, este último es equivalente al número de electrones que posee su átomo (N).

Por otro lado, el peso atómico es el promedio de las masas de los diferentes isótopos que existen en la naturaleza, siendo el número de masa (A) igual a la suma del número de protones más el número de electrones, es decir:

$$A = Z + N$$

El número de orden de cada elemento dentro de la tabla periódica se determina por la carga de su núcleo central, la cual corresponde a la cantidad de electrones que giran en su órbita. Estos electrones se encuentran dispuestos de una forma establecida alrededor del núcleo del átomo que forman diferentes capas o niveles. La primera capa es la que se encuentra próxima al núcleo, llamada K y posee dos electrones a excepción del hidrógeno que posee uno. La segunda capa es la capa L, en la mayoría de los átomos posee ocho electrones. Posteriormente siguen las capas M y N con 18 y hasta 32 electrones, respectivamente.

Los electrones que se encuentran ligados al núcleo poseen energía potencial que es inversamente proporcional a la distancia que los separa del núcleo. Dicha energía se mide en electronvoltios (eV) y se conoce como la cantidad de energía que se debe suministrar para poder separar al electrón del átomo.

La capa externa de electrones en el estado no combinado se denomina capa de valencia, y los electrones que la conforman se llaman electrones de valencia; por lo tanto, el número de electrones de valencia determinan la tendencia que tiene el átomo a combinarse con otros elementos, llenando o vaciando las capas de valencia.

La distribución de electrones dentro de las capas es un factor muy importante, puesto que define las propiedades químicas de los átomos, principalmente, la capa electrónica más externa, debido a que esta capa posee una estabilidad formada por ocho electrones. Sin embargo, aquellos átomos de elementos que poseen en esta capa pocos electrones, fácilmente pueden cederlos y transformarlos en iones. Por ejemplo, el sodio, rubidio y potasio poseen en su capa externa un electrón. Lo que permite que este pueda cederse de manera fácil y transformarse en iones monovalentes.

2.2 La tabla periódica

La tabla periódica es una agrupación de los elementos químicos ordenada por el numero atómico, la distribución de la capa electrónica y las diferentes propiedades químicas presentada por primera vez por el químico ruso Dmitri Mendeléyev en 1869.

Esta tabla se encuentra formada por una serie de columnas y filas donde cada cuadrícula se encuentra ocupada por un elemento químico, ordenados por su correspondiente número atómico. La mayor parte de los isótopos puros se han obtenido dentro de los laboratorios y prácticamente son inexistentes dentro de la naturaleza por esto es que cada uno de los elementos dentro de la tabla periódica es un elemento químico determinado e invariable.

Cada una de las cuadrículas que corresponde a un elemento químico brinda información sobre el símbolo químico, el nombre del elemento, el número atómico y su masa atómica. Se encuentran organizados de izquierda a derecha y de arriba a abajo, estructurados en dos partes principales: grupos y periodos.

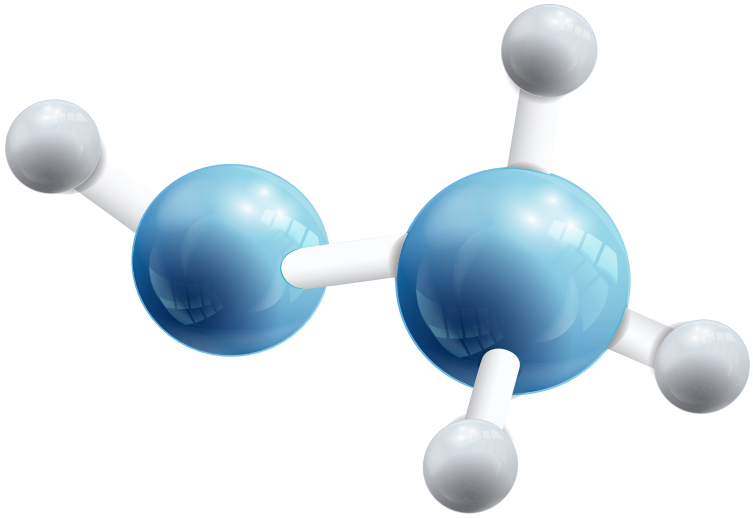
Los grupos, también denominados familias, son las columnas verticales de la tabla, y se encuentran compuestos por los elementos químicos que poseen la misma valencia atómica y comparten características o propiedades. Son 18 grupos y se encuentran identificados por números romanos.

Los periodos se encuentran ordenados en las filas horizontales de la tabla. Se caracterizan principalmente porque dentro de la misma fila se encuentran elementos con el mismo nivel de energía debido a que posee el mismo número de orbitales. Dentro de la tabla periódica existen 7 periodos, ordenados de 1 al 7.

2.3 Enlaces químicos

Los átomos se unen entre sí mismos debido a que logran una condición de mínima energía y una mayor estabilidad química, por esto desarrollan fuerzas de atracción y repulsión de manera simultánea, volviéndose un proceso aditivo en el que los electrones de valencia son los responsables de dichas uniones.

Figura 20. Enlaces químicos



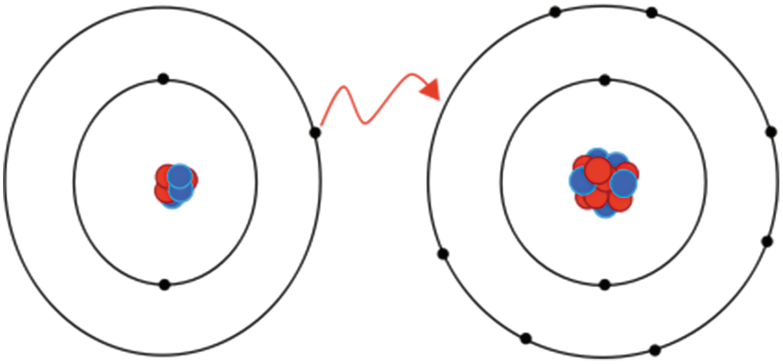
Fuente: elaboración propia.

Las sustancias que constituyen los materiales de construcción forman un enlace entre partículas que unidas desarrollan una red de cristal tridimensional, está formada por átomos neutros que pueden ser del mismo elemento o de otros diferentes, iones que poseen signos contrarios o de un mismo signo, o moléculas enteras como podrían ser los cristales de hielo. Por lo tanto, los enlaces atómicos pueden ser de distintos tipos.

2.3.1 Enlaces iónicos

Son los que ocurren entre un metal que logra perder uno o varios de sus electrones, o también puede ser un no metal que los toma. Es representativo de los cristales con iones positivos y negativos que forman atracción electroestática y los mantiene.

Figura 21. Enlace iónico



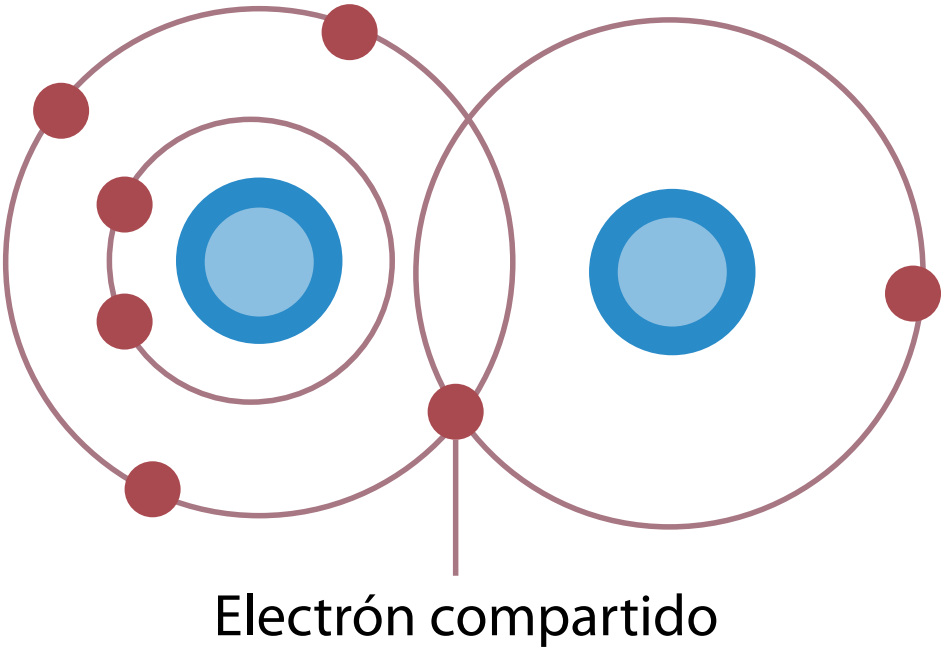
Fuente: elaboración propia.

Los materiales de construcción frecuentes que presentan este tipo de enlace son el yeso y la anhidrita que se caracterizan por su baja resistencia y dureza; son solubles en agua y conductores en su estado sólido.

2.3.2 Enlace covalente

Este tipo de enlace se forma cuando dos átomos con alta electronegatividad, es decir, aquellos que no son metálicos, llegan a compartir varios pares de electrones y ocurren cristales de elementos puros, como el grafito o el diamante; así mismo, se pueden formar en cristales de dos elementos, como el cuarzo. Algo que resalta de este tipo de materiales es su dureza y resistencia mecánica; además, poseen un alto poder refractario.

Figura 22. Enlace covalente



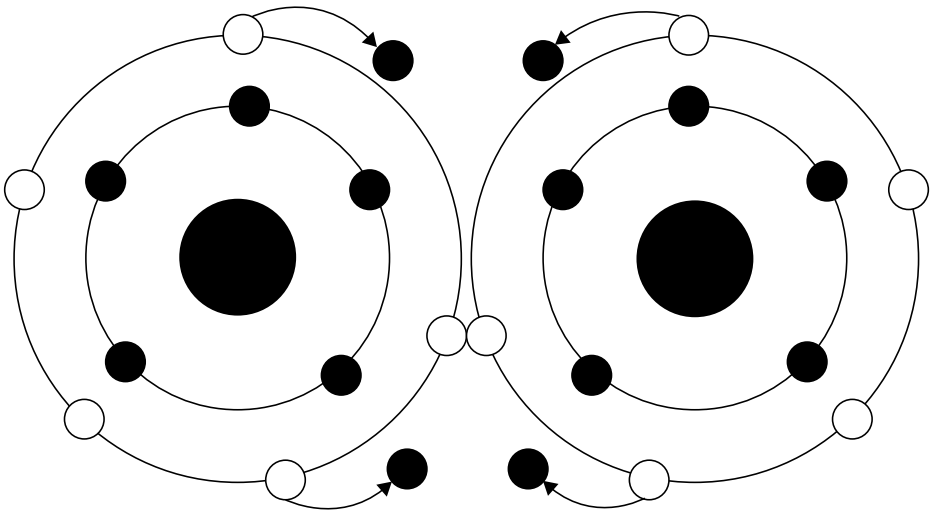
Fuente: elaboración propia.

Algunos materiales de construcción como los feldespatos o la calita se forman con cristales compuestos que poseen tanto enlaces covalentes como enlaces iónicos.

2.3.3 Enlace metálico

En el enlace metálico, cada punto de la red unitaria del metal está conformado por un metal. De esta manera, se forma una nube electrónica donde todos los átomos ceden electrones a la unión, manteniéndose unidos por fuerzas de atracción entre las cargas positivas que existen dentro del núcleo y las cargas negativas que hay en la nube electrónica.

Figura 23. Enlace metálico



Fuente: elaboración propia.

Como consecuencia de este tipo de enlace, los metales logran desarrollar una gran conductividad eléctrica y calorífica con un elevado índice de refracción y una alta temperatura de fusión (Trigoso Torres, 2019).

2.4 Composición de los materiales de construcción

El término 'composición' se refiere específicamente al material del cual está hecho; por ende, al conocer los materiales, entonces serán inherentes su composición química y mineralógica. De esta manera, según el propósito para el que se pretende utilizar, resulta la determinación o el tipo de composición del material.

2.4.1 Composición mineralógica

El conocimiento de la composición mineralógica entrega más información de valor de lo que podría hacerlo la composición química debido a que según las proporciones que contenga un material de uno o varios minerales, esto afectará de gran manera sus propiedades mecánicas y la calidad del producto.

Figura 24. Composición mineralógica

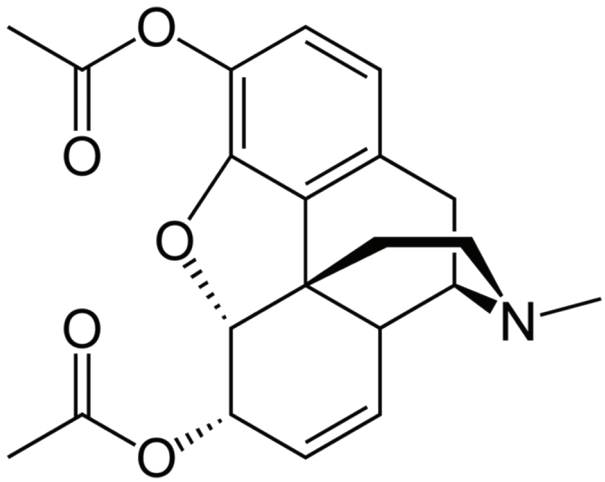
Fuente: elaboración propia.

Según la geología, un mineral es una sustancia de origen natural, caracterizado por tener una composición química constante de uno o varios materiales.

2.4.2 Composición química

La composición química se refiere a la cantidad de elementos químicos o compuestos que posee el material. Este conocimiento permite identificar las características de dichos elementos; así mismo, se puede utilizar para realizar comparaciones o evaluaciones con respecto a las normativas o los parámetros tecnificados.

Figura 25. Composición química



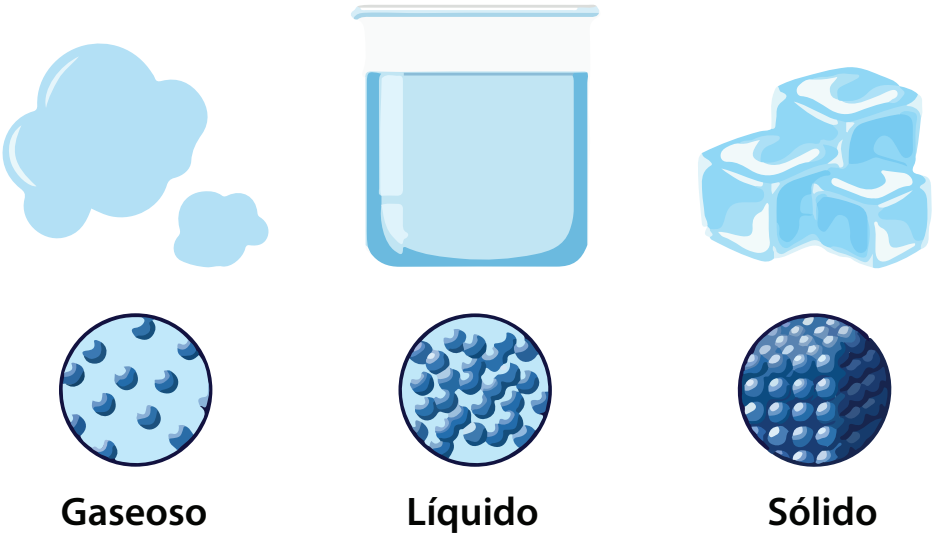
Fuente: elaboración propia.

Generalmente la composición química de un material se expresa en porcentajes (%) de la cantidad de los óxidos fundamentales que existen en cada uno de los elementos químicos de los que se compone (Bertolino *et al.*, 2010).

2.4.3 Estados de la materia

Los minerales al igual que cualquier otro elemento existente, experimentan los diferentes estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. El estado sólido es por el cual los minerales se constituyen; los vacíos que existen dentro del mineral se consideran el estado gaseoso y, según el nivel de saturación de los mismos se considera el estado líquido.

Figura 26. Estados de la materia



Fuente: elaboración propia.

Esto se evidencia principalmente en los suelos, los cuales se utilizan como materia prima para la producción de los diferentes materiales de construcción, donde su empleo en los diferentes estados de la materia necesita de un buen criterio de ingeniería.

CAPÍTULO 3

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Como se mencionó anteriormente, los materiales de construcción poseen una serie de propiedades que les permiten diferentes campos de aplicación dentro de esta industria. Las propiedades de los materiales dependerán de su composición y estructura y determinarán su comportamiento físico, químico y mecánico.

Figura 27. Control de cada uno de los materiales de construcción

Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, es trabajo del profesional de la construcción, recibir, controlar e, incluso, fabricar los diferentes materiales necesarios para materializar un proyecto de construcción, siendo clave el conocimiento y el manejo de las diferentes características, parámetros técnicos, procedimientos constructivos y ensayos necesarios para la correcta utilización de los materiales.

3.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los materiales utilizados en la industria de la construcción son aquellas que se relacionan con las propiedades termotécnicas y las propiedades hidrofísicas. Además, hay otras propiedades importantes como las eléctricas, acústicas, entre otras. De acuerdo con el uso que tendrán estos materiales, las propiedades que solucionan los diferentes problemas específicos de la ingeniería son:

Las propiedades termotécnicas principales de los materiales de construcción son:

» Conductividad térmica (λ): es la propiedad que tiene un material para transmitir calor como los metales que poseen una gran capacidad para conducir el calor; sin embargo, por ejemplo, la madera no lo hace con la misma facilidad. Esta cualidad podría definirse como la cantidad de calor que pasa durante un tiempo determinado en una área o espesor. Se mide en W/(m°K).

Evaluar la conductividad térmica resulta muy útil cuando se pretende realizar construcciones con elementos aislantes al calor, como los frigoríficos o un edificio convencional. Los valores de conductividad térmica de algunos materiales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Conductividad térmica

Material	λ	Material	λ	Material	λ
Acero	46-59	Corcho	0,029-0,039	Mica	0,34
Agua	0,59	Estaño	63,59	Níquel	52,32
Aire	0,019	Fibra de vidrio	0,02-0,07	Oro	308,1
Alcohol	0,159	Glicerina	0,28	Parafina	0,22
Alpaca	29,2	Hierro	80,1	Plata	406,2-418,7
Aluminio	238	Ladrillo	0,82	Plomo	35,1
Amianto	0,039	Ladrillo refractario	0,46-1,06	Vidrio	0,6-1,1

Bronce	115-187	Latón	81-117	Cobre	372,1-385,1
Zinc	107-141	Litio	78,39	Diamante	2300
Madera	0,14	Tierra húmeda	0,81		
Titanio	21,89	Mercurio	83,72		

Fuente: elaboración propia.

» Capacidad calórica: es la propiedad que tiene un material para almacenar calor, dependiendo del calor específico del material, la masa que posee y la diferencia de temperaturas. El calor específico es la cantidad de calor necesaria para que 1 kg de material aumente su temperatura 1 ºC. Mientras mayor es el calor específico, mayor será la cantidad de energía necesaria.

El uso de esta propiedad permite prevenir variaciones de la temperatura dentro del exterior y el interior de un edificio. Sus unidades de medida son kJ/(kg ºC).

Tabla 2. Calor específico

Material	Calor específico
	kcal/kg °C
Acero	0,119
Aire	0,239
Fibra de vidrio	0,189
Granito	0,189
Hormigón	0,159
Ladrillo	0,199
Madera de pino	0,589
Madera de roble	0,579
Mortero de yeso	0,209
Piedra arenisca	0,167
Piedra caliza	0,219
Poliestireno expandido	0,389
Poliuretano expandido	0,389

Tejido de lana	0,328
Tierra seca	0,447

Fuente: elaboración propia.

» Coeficiente de dilatación: esta propiedad permite que un material cambie sus dimensiones con los cambios de temperatura. De manera general, los materiales tienden a expandirse cuando se calientan y a contraerse cuando se enfrían.

Un correcto análisis de esta propiedad se refiere a la posibilidad de adoptar todo tipo de medidas preventivas causadas por dilataciones o contracciones que experimentan los diferentes elementos. Por ejemplo, las diferentes juntas de dilatación en el concreto o los espacios dejados para tuberías, railes de tren o cualquier otro elemento metálico. Sus unidades de medida son ºC-1/(mm/m ºC).

Tabla 3. Coeficiente de dilatación térmica

Material	α (10-6 °C-1)	Material	α (10-6 °C-1)
Abeto	3,56	Hormigón	8 a 13
Acero	11,4	Invar	0,5
Acero inoxidable	10,1 ~ 17,2	Latón	19
Aluminio	24	Madera de roble	547
Arseniuro de galio	5,7	Oro	15
Carburo de silicio	2,778	Plata	18
Cobre	16	Plomo	31
Cuarzo	0,5	PP	151
Diamante	1,3	PVC	53
Etanol	250	Sílice	2,562
Fibra de carbono	–0,845	Vidrio	7 a 10
Gasolina	316	Vidrio borosilicato	3,4
Grafito	8	Vidrio Pyrex	3,26
Hielo	52	Zafiro	5,39
Hierro	13	Zinc	31

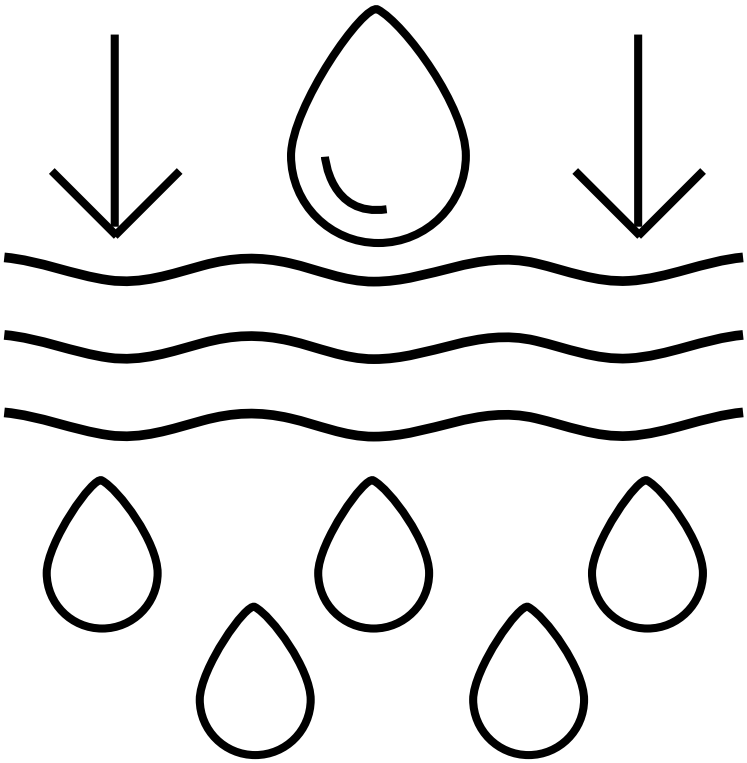
Fuente: elaboración propia.

- Poder refractario: es la propiedad que tiene un material para soportar altas temperaturas durante un periodo considerable, sin producirse deterioros en su forma y masa. Un producto refractario podría ser el ladrillo o cualquier otro material cerámico.
- Resistencia al fuego: es una propiedad netamente asociada con la probabilidad de que ocurra un incendio en las edificaciones. Así, los materiales se clasifican en tres categorías de resistencia al fuego, que son: incombustibles, de difícil combustión y combustibles.

Las propiedades hidrofísicas principales de los materiales de construcción son:

- Absorción de agua: es la cantidad de agua que un material es capaz de absorber cuando es sumergido completamente durante un periodo de 24 horas o más. Puede producirse como consecuencias de otros fenómenos que hacen que los poros del material se saturen. Es una propiedad importante debido a que puede ser altamente agresiva y afecta de manera directa la durabilidad del material.

Figura 28. Absorción



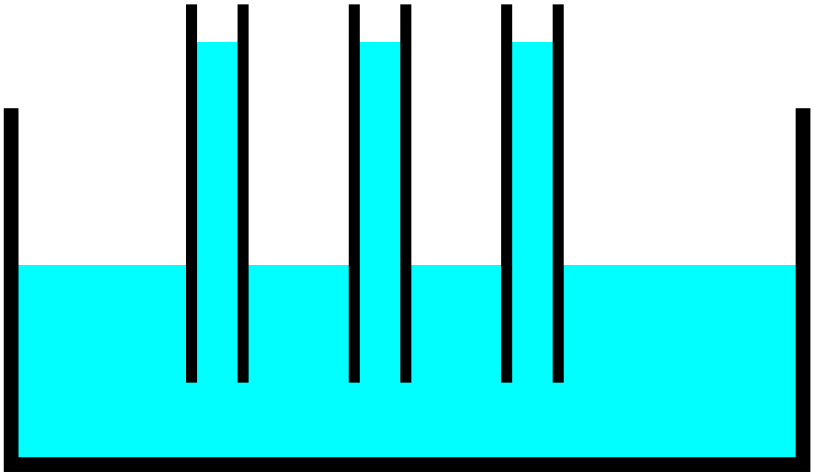
Fuente: elaboración propia.

La absorción del agua puede dar cierta idea de la porosidad del material y se calcula por porcentaje de absorción donde:

$$\%\ Absorción\ de\ agua = \frac{Peso\ saturado - Peso\ seco}{Peso\ seco}\ x\ 100$$

» Capilaridad: es una forma de penetración y ascensión del agua y los sedimentos que esta sea capaz de transportar dentro de los poros del material cuando una de las partes del material se encuentra en contacto con el agua. Muchas de las enfermedades de las edificaciones son provocadas por capilaridad, debido a que algunos elementos entran en contacto con aguas freáticas, generando humedad a alturas considerables.

Figura 29. Capilaridad



Fuente: elaboración propia.

» Higroscopicidad: esta propiedad permite que un material poroso intercambie vapor de agua con el ambiente donde se encuentra. Se trata de un fenómeno de naturaleza físicoquímica que desarrolla la adsorción molecular del vapor del agua en los poros, combinado con la condensación capilar.

» Coeficiente de reblandecimiento: es la propiedad que caracteriza el comportamiento de un material cuando este se encuentra seco vs. cuando se encuentra saturado, de tal forma, esta saturación puede afectar valores como la resistencia de compresión.

Figura 30. Permeabilidad - piscina

Fuente: elaboración propia.

» Permeabilidad: tiene la capacidad de que los fluidos pasen a través de un material por medio de sus vacíos a una presión determinada; es decir, un material es permeable cuando este permite el paso de fluidos, e impermeable cuando no es posible hacerlo.

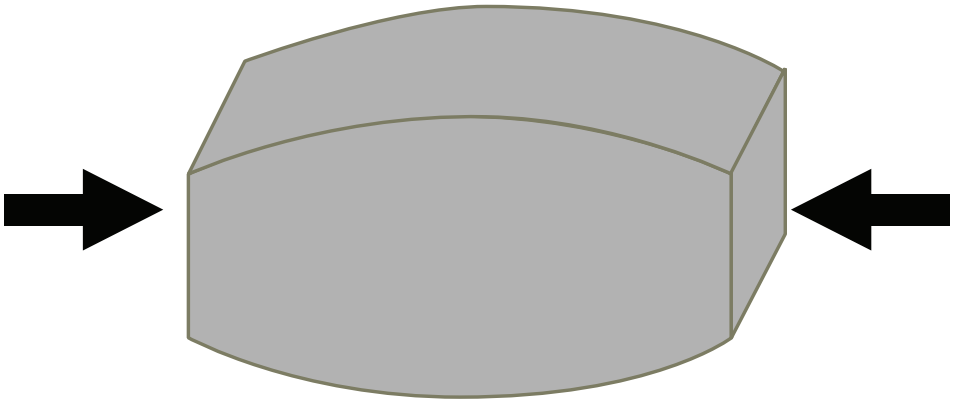
La permeabilidad es un parámetro técnico muy importante en el diseño y la construcción de proyectos de construcción, como los tanques de almacenamiento, las piscinas, cubiertas, entre otras (Valdés y Rapimán, 2007).

3.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas tienen importancia cuando se trata del diseño estructural de los diferentes elementos constructivos en cualquier tipo de obra, por lo tanto, los profesionales del área de la construcción deben conocerlas con el fin de tomar las decisiones correctas en los diferentes tipos de proyectos. Las propiedades mecánicas básicas que ellos deben conocer son:

» Resistencia a la compresión: es la capacidad que tiene un material de soportar una carga por unidad de área, expresada en términos de esfuerzo, generalmente son kg/cm2 o MPa. Esta es la característica mecánica principal del concreto.

Figura 31. Compresión



Fuente: elaboración propia.

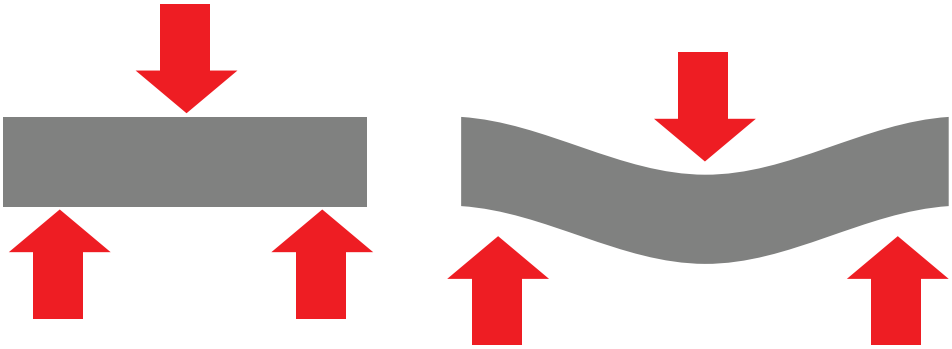
» Resistencia a la tracción: es aquella capacidad que tiene un material de soportar un esfuerzo axial de tracción creciente hasta lograr la ruptura del mismo, lugar donde dependiendo del tipo de material, ocurrirá antes una deformación plástica. Este es el caso del acero. Sus unidades de medida también son en carga por unidad de área.

Figura 32. Tracción

Fuente: elaboración propia.

» Resistencia a la flexión: es una medida de la resistencia a la tracción, sin embargo, la falla se mide por el momento generado al aplicar una fuerza en una losa o viga de cualquier material.

Figura 33. Flexión

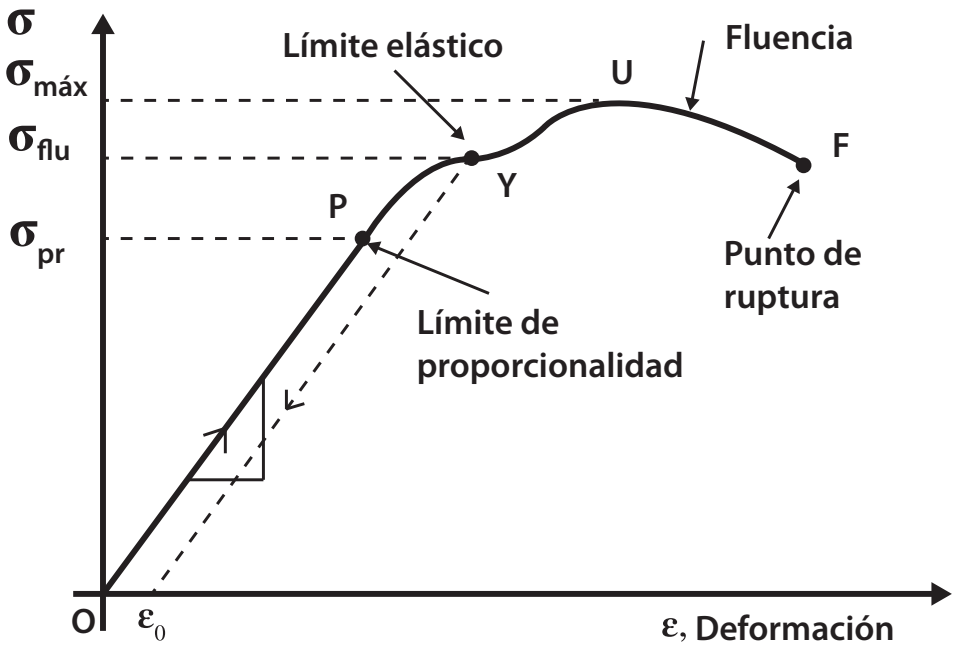


Fuente: elaboración propia.

» Resistencia cortante: es una propiedad característica de los suelos que hace referencia al esfuerzo máximo cortante que el suelo puede soportar antes de que exista ruptura. Existen dos tipos de resistencia cortante, la resistencia no-drenada y la resistencia drenada.

» Módulo de elasticidad: conocido también como módulo de Young, es un parámetro que indica la relación entre la zona de comportamiento elástico de un material y la cantidad de tensión aplicada dentro del material.

Figura 34. Módulo de elasticidad



Fuente: elaboración propia.

» Resistencia a la abrasión: es la propiedad que tiene un material para resistir todo tipo de desgaste físico sobre su superficie. Este desgaste generalmente ocurre por fricción.

» Resistencia al impacto: es una propiedad mecánica que mide la resistencia de un material y la fractura generada por el impacto de una carga o el choque con cualquier otro elemento (Benavente *et al.*, 2004).

CAPÍTULO 4

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La naturaleza produce los llamados materiales naturales, es decir, aquellos que no han pasado por ningún procedimiento como las piedras, la madera, la arcilla, el metal o el agua. Según el material se requerirá de unas materias primas u otras para obtener productos elaborados como el cemento, el yeso, el acero o cualquier tipo de mampostería los cuales son denominados materiales de construcción.

4.1 Materiales pétreos

Los materiales pétreos hacen parte importante en la construcción de cualquier tipo de obra debido a que presentan ciertas características en las que destacan su resistencia mecánica y química que los hace apropiados para cada uno de los elementos de una construcción.

Se caracterizan por dividirse en dos grupos principales, los materiales pétreos naturales y los materiales pétreos artificiales:

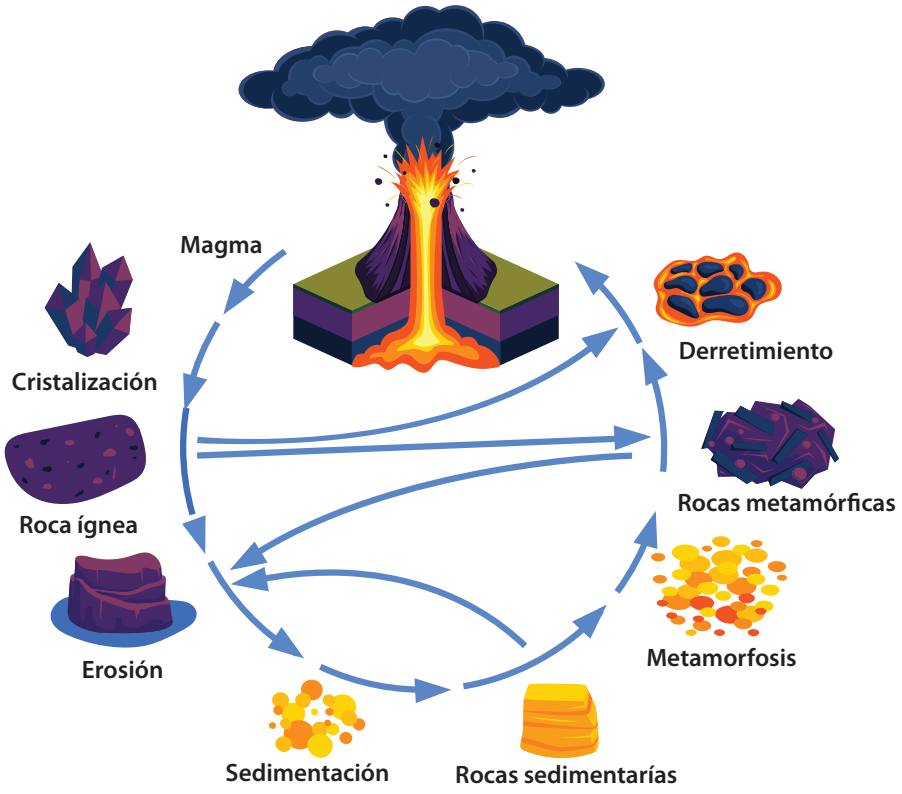
El material pétreo incluye a todas las rocas de origen natural que corresponden a una unidad estructural de la que está compuesta la corteza terrestre y pueden estar formadas por uno o varios minerales.

Tipos de rocas

Las rocas se caracterizan principalmente por su origen, agrupándose en tres tipos principales:

- Rocas ígneas: son aquellas que se forman gracias al endurecimiento del magma que procede del interior de nuestro planeta, creando cuerpos de diferentes formas y dimensiones. También tienen el nombre de rocas magmáticas debido al lugar de donde provienen.
- Rocas sedimentarias: se forman por los procesos exógenos que ocurren dentro del planeta, por tanto, mediante el depósito de sedimentos de distinta naturaleza se van formando dichas rocas.
- Rocas metamórficas: estas son el producto de las alteraciones en la composición del mineral natural de una roca, siendo sometidas a procesos de calor y presión por lo que sufren cambios en su estructura mineralógica.

Figura 35. Ciclo de las rocas



Fuente: elaboración propia.

Áridos

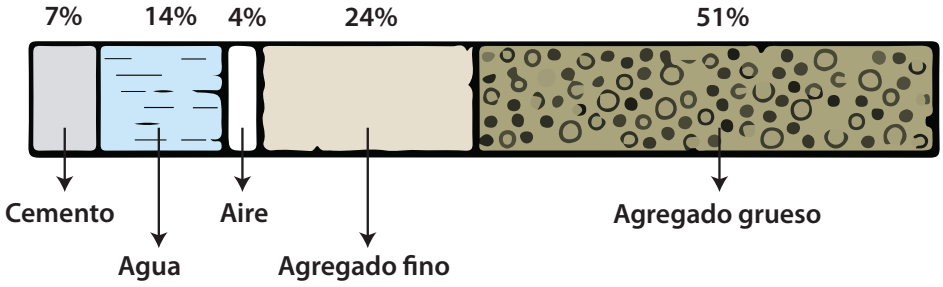
Los áridos son un material mineral que procede de rocas desintegradas naturalmente, las cuales son sometidas a un proceso de trituración industrial con la finalidad de conseguir unos diámetros establecidos. Originalmente se obtienen de canteras o graveras o después de un proceso de trituración; artificialmente se pueden producir mediante procesos industriales generalmente como subproductos de otros procesos.

Figura 36. Extracción de áridos

Fuente: elaboración propia.

El árido es el material que más volumen ocupa en el concreto, puede llegar a ser más del 75 % de la cantidad total del material que este posee. Todos los elementos son supremamente importantes en la resistencia mecánica del concreto antes y después de endurecerse; así mismo, gran parte de la resistencia química y la durabilidad del concreto se debe principalmente a los áridos.

Figura 37. Composición del concreto



Fuente: elaboración propia.

Evidentemente, las propiedades de un árido se encuentran condicionadas por su origen, composición, forma de extracción y procesamiento, entre otros. Por tanto, desarrollan una mezcla infinita de múltiples propiedades según su tipología.

Las propiedades más importantes de los áridos son:

- Resistencia mecánica a la compresión: el árido aporta una resistencia al concreto, sin embargo, esta no es suficiente. Así mismo, se debe diferenciar la resistencia de la roca de la cual se extraerá el árido con la resistencia propia del mismo.
- Módulo de elasticidad: esta propiedad depende del material del cual se ha obtenido el árido, así como de su composición y estructura.
- Resistencia a la abrasión: es una cualidad importante cuando el concreto va a ser expuesto a ambientes agresivos como un pavimento industrial, una autopista, etc.
- Adherencia: es una propiedad que afecta el estado de la superficie del concreto y sus características mecánicas. Por lo general, las gravas naturales poseen menor adherencia que el árido triturado.
- Porosidad: se encuentra ligada con las propiedades de la absorción, permeabilidad, resistencia mecánica. Por eso, preferiblemente se utiliza un árido con baja porosidad para que no sea limitado al momento de someterse a ambientes agresivos.
- Granulometría: es la distribución por tamaños de partículas que componen un material. Debido a esto, algunas de sus propiedades mecánicas son afectadas según el grado de acomodo que posean.

» Cambio volumétrico: los áridos son susceptibles a presentar cambios de volumen por humedad, congelamiento, entre otros, los cuales son indeseables y pueden llegar a ser perjudiciales en el concreto.

» Masa volumétrica: corresponde a la cantidad de masa por unidad de volumen, siendo en los áridos un valor bastante considerable y en el concreto mucho más. Esta propiedad tiene una relación directa con la capacidad de resistencia del árido y consecuentemente del concreto.

Composición granulométrica

Esta composición es una característica de los materiales granulares que corresponde a la correcta distribución por tamaño de partículas o granos que componen un material.

La composición granulométrica es de gran importancia debido a que en ella se deriva el grado de compacidad y volumen que logran ocupar con la finalidad de evitar los espacios intergranulares.

La granulometría se determina por el tamizado, un procedimiento que mediante tamices con diferentes diámetros el material se somete a un tamizado de forma lateral y vertical. Un tamiz es un recipiente que posee orificios de forma cuadrada o circular.

Ensayo granulométrico

Este ensayo permite determinar la cantidad de elementos de cierto diámetro con respecto a la cantidad total del material; por lo tanto, se debe tomar una muestra representativa de áridos y posteriormente pasar por unos tamices. El sistema internacional indica cuáles son los diámetros para cada tipo de material según la Tabla 4:

Tabla 4. Diámetros según el sistema internacional

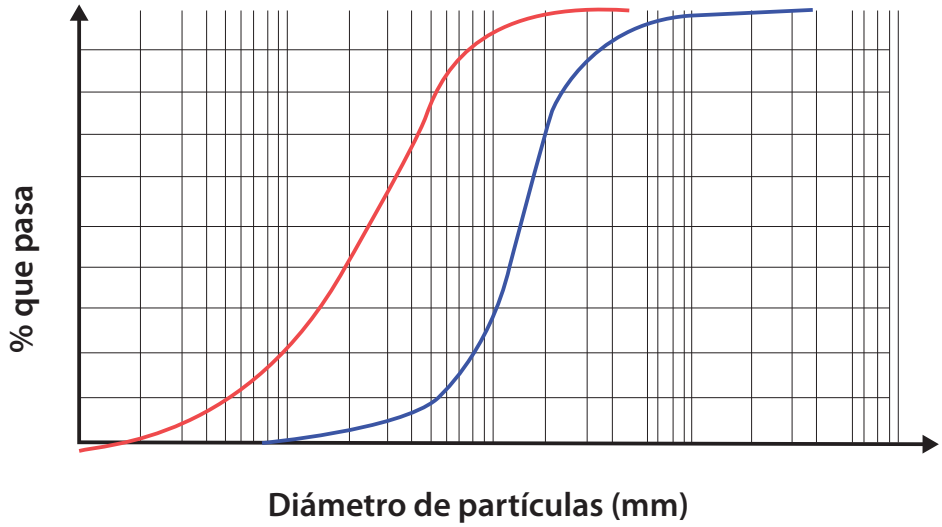
Sistema internacional	Diámetro en mm
Arcillas	≤ 0,001
	≤ 0,002
Limos	0,005
	0,01
	0,02
Arena fina	0,05
	0,1
	0,25
	0,2
Arena gruesa	0,5
	1,0
	2,0
Grava fina	3,0
	5,0
Grava	10,0
Grava gruesa y rocas	20,0
	≥20,0

Fuente: elaboración propia.

Curva granulométrica

La curva granulométrica es la representación gráfica del resultado obtenido en el laboratorio para obtener una representación tabulada. Esta gráfica permite principalmente identificar la composición granulométrica y posteriormente determinar si cumple o no para una tarea específica (Benavente *et al.*, 2004).

Figura 38. Curva granulométrica



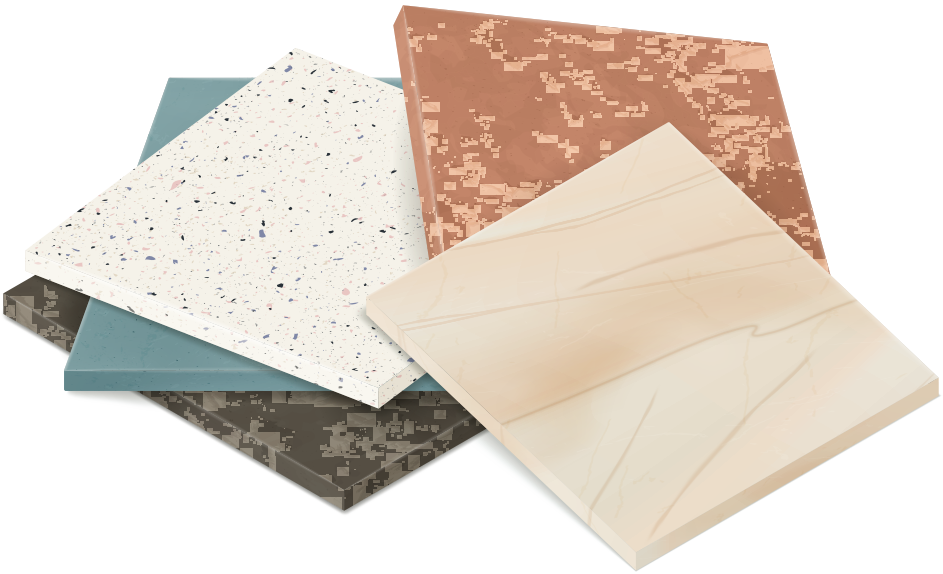
Fuente: elaboración propia.

4.2 Cerámicos y vidrios

4.2.1 Materiales cerámicos

Los materiales cerámicos son identificados por poseer enlaces iónicos y covalentes, puesto que se forman por compuestos complejos que tienen elementos metálicos y no metálicos. Este grupo de materiales posee una escasa conductividad eléctrica y térmica; además tiene un elevado punto de fusión y químicamente es muy estable.

Figura 39. Materiales cerámicos



Fuente: elaboración propia.

Estos materiales poseen gran resistencia a la compresión y dureza, sin embargo, carecen de ductilidad y son muy frágiles. Los cerámicos provienen del proceso industrial de materias primas básicas como:

- Material arcilloso o plástico: es el más importante para la creación de las pastas cerámicas con las que se elaboran diferentes productos cerámicos.
- Material no plástico o desgrasante: detiene la retracción del aire, así como disminuye la contracción por el secado y la cocción.

» Fundente: permite que la pasta cerámica durante el proceso de cocción no necesite de tanta temperatura, ahorrando energía durante el procedimiento.

» Pigmentos: son los que producen cierta coloración dentro de los productos cerámicos cuando se busca un color diferente al color natural del material.

Proceso de fabricación

Aunque el proceso de fabricación de los productos cerámicos ha evolucionado en el tiempo; sin embargo, sigue manteniendo casi las mismas etapas, pero con la diferencia de que estas ya son automatizadas o, incluso, pueden llegar a ser robotizadas.

Las etapas son:

1. Extracción de la materia prima: en esta etapa se extraen las arcillas de manera segura y con el menor impacto ambiental, luego esta materia prima es almacenada antes de entrar en el proceso de fabricación.
2. Desmenuzado, mezcla y molienda: el desmenuzado corresponde a la reducción de la arcilla para conseguir una correcta homogenización. En la mezcla, la arcilla se combina con desengrasantes, aditivos, colorantes o demás productos que esta requiera. Por último, en la molienda se realiza otra reducción del tamaño de la arcilla.
3. Amasado: este empieza cuando se introduce la arcilla y se adiciona agua, teniendo en cuenta parámetros como la humedad natural, la humedad del ambiente, pero se trata de evitar el mayor consumo de agua.
4. Moldeo: este procedimiento consiste en darle la forma necesaria a la pieza o producto cerámico que se desea producir según la tecnología disponible. Se puede realizar por modelo, extrusado, torneado, prensado, etc.
5. Corte y apilado: es un proceso que consiste en darle las dimensiones finales al producto, luego de esta tarea se procede a apilar en estanterías o vagonetas antes de ser introducidos en el secado.
6. Secado y cocción: en esta etapa, el material que se encuentra organizado es introducido en un secador con el fin de eliminar la humedad de las piezas. Luego, se envía a un horno túnel para ser cocidos el cual

tiene tres zonas de cocción: calentamiento, cocción y enfriamiento. Según la tecnología disponible este proceso puede ser más o menos industrializado.

7. Empaquetado y almacenamiento: en este proceso se desapilan todos los materiales cerámicos cocidos y enfriados sobre una línea de empaquetado y plastificado. Finalmente, son almacenados hasta que sean enviados a su destino final.

Propiedades de los materiales cerámicos

Las principales propiedades son:

» Resistencia mecánica: debido a que son elementos utilizados para levantar muros y soportar cargas, deben cumplir ciertos parámetros y especificaciones técnicas de resistencia mecánica.

» Porosidad: los productos cerámicos poseen una porosidad entre el 8 y el 30 % según los parámetros técnicos a los que sean sometidos.

» Impermeabilidad: los productos cerámicos en su mayoría tienden a ser impermeables porque tienen usos específicos como en los baños o cocinas.

» Alabeo: esta propiedad les permite someterse a cargar verticales robustos para sus dimensiones.

Tipos de materiales cerámicos

Los materiales cerámicos se pueden agrupar en tres categorías principales, las cuales son:

» Loza cerámica: es un material cerámico confeccionado a partir de arcillas ricas en alúmina; tiene el bizcocho débil, poroso y permeable; sin embargo, su capa exterior es esmaltada y gruesa, lo que le proporciona dureza, impermeabilidad y una textura lisa, entre otros. Se utiliza principalmente en inodoros, lavamanos o vajillas.

» Gres cerámico: es un material vitrificado que tiene una alta compacidad, resistencia mecánica e impermeabilidad, por eso es resistente a ambientes agresivos. Se utiliza principalmente en losas de revestimientos, pavimentos, parqueaderos, terrazas, gracias a su gran resistencia a la abrasión y la facilidad para limpiar.

» Porcelana: surge de calentar a elevadas temperaturas el material refinado de la arcilla en forma de caolinita, cuando se mezclan se forma una pasta plástica que se calienta a más de 1000 ºC. Se divide en porcelana blanda y porcelana dura, las cuales poseen diferentes valores de dureza y resistencia. Se utilizan como aislantes eléctricos en cocinas, objetos de arte e, incluso, en las prótesis dentales.

Principales materiales cerámicos

Los principales productos cerámicos que se utilizan en la mayoría de las construcciones son los bloques y ladrillos cerámicos, los diferentes tipos de tejas, losas cerámicas, tubos sanitarios, muebles, etc. (Mari, 1998).

4.2.2 El vidrio

El vidrio es altamente utilizado en cualquier tipo de edificación. Es un material duro, frágil, transparente y resistente a todo tipo de sustancia; por ello, se utiliza como material para envases, artículos del hogar, luminarias, espejos, puertas, etc.

Figura 40. El vidrio

Fuente: elaboración propia.

El vidrio se obtiene cuando se lleva al punto de fusión una mezcla de sílice, carbonato de sodio y piedra caliza, generalmente cuando esta alcanza cerca de los 1500 ºC, momento en que la masa se vuelve una pasta y es posible el modelaje de los diferentes productos.

Materias primas

Las principales materias primas en la producción del vidrio son:

- Sílice (SiO_2): la arena cuarcífera, cuarcitas.
- Cal (CaO): la caliza.
- Carbonato sódico (Na_2CO_3): fluorita, criolita, boratos o fosfatos.

Adicionalmente, se utilizan colorantes para obtener otras características estéticas.

Proceso de fabricación del vidrio

Una vez se encuentran todas las materias primas ordenadas y dosificadas, deben seguir las siguientes etapas:

- Fusión: la mezcla se funde en horno a una temperatura cercana a los 1500 ºC, convirtiendo el material en vidrio fundido.
- Moldeado: el vidrio fundido se introduce en diferentes tipos de molde para darle la forma deseada. Esto puede ser mediante técnicas de soplado o laminado.
- Recocido: luego de solidificarse el vidrio tiene a contraerse, por eso es sometido a un proceso de recocido con el fin de eliminar estas tensiones residuales internas.
- Enfriamiento: este va acompañado de algunos agentes como espray que permiten mejorar la resistencia a la abrasión y reducir el rozamiento, además de identificar elementos defectuosos. Es un proceso que requiere de mucho control debido a que puede formar fisuras.
- Acabado: según el uso del vidrio, este puede ser sometido a un proceso de acabado, coloreado o tallado, entre otros.

Propiedades del vidrio

El vidrio posee las siguientes propiedades:

- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la compresión
- Resistencia química
- Resistencia a la intemperie
- Dureza
- Fragilidad
- Transparencia
- Inerte.

Tipos de vidrio

En el mercado se encuentran diferentes tipos de vidrios, en amplia gamas y formas comerciales, siempre es un material de terminación. Las tipologías que se encuentran en el mercado y que se utilizan en la industria de la construcción según Navarro (2003) son las siguientes:

- Fibra de vidrio
- Vidrio en bloque
- Vidrio plano
- Vidrio reforzado
- Vidrio templado.

4.3 Materiales aglutinantes

Los materiales aglutinantes son capaces de unir fragmentos de diferentes materiales con el fin de conformar un todo compacto. Si la unión de estos se da por procesos físicos, se denominan materiales aglutinantes. Entre los más conocidos están el barro, la cola, el betún, etc.

Cuando la unión ocurre mediante transformaciones químicas, los materiales se denominan conglomerantes como el yeso, la cal y el cemento.

4.3.1 El yeso

Este es un conglomerante constituido por sulfato de calcio semihidratado, el cual se obtiene a partir de la descomposición de la roca natural de yeso que está compuesta principalmente por el mineral que posee este nombre.

Figura 41. El yeso

Fuente: elaboración propia.

Este material es supremamente antiguo pues fue utilizado para la construcción de las pirámides egipcias hace 2200 años a. C. Sin embargo, hasta el año 1667 se empezó a utilizar como recubrimiento de la madera en las edificaciones debido a múltiples incendios ocurridos en la época.

Materias primas

La materia prima del yeso es la roca constituida por este mineral, la cual se forma principalmente de granos con diferentes grados de cohesión, tamaño de cristales y con gran variedad de estructura según el origen de su depósito. Está compuesto por sulfato de calcio di-hidratado ($CaSO_4$ $2H_2O$) donde:

- La cal (CaO) abarca cerca de un 32,6 %.
- El anhídrido sulfúrico (SO3) un 46,2 %.
- El agua (H2O) un 20,9 %.

Proceso de fabricación del yeso

La fabricación de este aglomerante cumple con las siguientes etapas:

- Extracción: el material se extrae en piedras hasta de 50 cm de diámetro de la roca de yeso.
- Selección de la materia prima: posteriormente se realiza una inspección de las piedras y se almacenan para su proceso de calcinación según la tipología del yeso.
- Calcinación: el yeso crudo se deshidrata mediante una técnica de calcinado que somete el material a altas presiones y temperaturas por un determinado tiempo, así se obtienen cristales con porosidad mínima que facilitan la producción de elementos duros y resistentes.
- Trituración y molienda: el yeso pasa por una trituración que reduce el tamaño de las partículas inferior a los 15 cms; posteriormente es sometido nuevamente a una segunda trituración para obtener piedras de 5 cms. Luego sigue un proceso de molienda, dosificación y almacenamiento en tolvas.
- Mezclado: después el yeso es dosificado con diferentes elementos o aditivos que le permitirán desarrollar características que puedan suplir las necesidades de los clientes con respecto a la velocidad de fraguado, porosidad, resistencia, etc.
- Almacenamiento: finalmente, se almacena en recipientes de envasado óptimo que mantienen la calidad del producto durante toda la trayectoria hasta llegar al usuario final.

Tabla 5. Principales propiedades del yeso

Propiedades físicas	
Color	Sin color, blanco, gris y diversos tipos de amarillo
Raya	Blanca
Lustre	Vítreo y sedoso en los cristales. Nacarado o perlado en las superficies de exfoliación
Transparencia	Transparente a translúcido
Sistema cristalino	Monoclínico

Propiedades físicas	
Hábito cristalino	Granular, compacto
Macla	Punta de flecha y en punta de lanza
Exfoliación	[010] perfecta, [100] y [011] regular
Fractura	Concoidea
Dureza	1,5 - 2 Escala de Mohs
Tenacidad	Frágil
Peso específico	22,70 N/dm^3
Densidad	2,31 - 2,33 g/cm^3
Solubilidad	En agua: 2,23 g/L, a 20 °C y 2,57 g/L a 50 °C.
Conductividad eléctrica	Baja

Fuente: elaboración propia.

Principales usos del yeso en la construcción

El yeso tiene un amplio campo de aplicación, tanto como materia prima como en el desarrollo de otros materiales de construcción, por ejemplo el cemento, sin embargo, algunos de los usos principales en la construcción son:

- Terminación en acabados y mampostería.
- Separación de espacios mediante placas perforadas.
- Recubrimiento de paredes, techos, etc.
- Aislante termoacústico.

4.3.2 La cal

La cal es un conglomerante que es utilizado desde la antigüedad como el yeso, desde hace más de 3000 años. Está compuesto por óxido de calcio (CaO). El material se obtiene de la calcinación de las rocas calizas que están constituidas principalmente por calcita. Este proceso se desarrolla en hornos en los que la temperatura oscila entre 910-1090 ºC y ocurre un proceso de desprendimiento del anhídrido carbónico (CO_2).

Este material se utiliza principalmente en la preparación de morteros o mezclas para unir elementos como los muros, cimentaciones y losas.

Proceso de fabricación

Las etapas del proceso de producción de la cal son:

- Extracción: en esta etapa se retira todo el material vegetal, se perfora la roca según las especificaciones, se carga y transporta el material fragmentado.
- Trituración: durante esta etapa, los fragmentos son minimizados de manera homogénea y se transportan mediante bandas hacia los diferentes hornos.
- Calcinación: la cal se produce por las corrientes de aire caliente que circulan a través de los poros de los fragmentos, de tal forma que, al ser del mismo tamaño, el material queda perfectamente calcinado.
- Trituración y pulverización: posteriormente, estos elementos calcinados vuelven a someterse a un proceso de reducción de partículas.
- Hidratación: en esta etapa se hidrata la cal. Algunos tipos como la cal viva dolomítica y otras que tienen alto el calcio se someten a un proceso de separación de residuos.
- Envase y embarque: finalmente, la cal se transporta a una tolva donde es envasada y transportada por medio de bandas hacia un depósito y luego se dirige hacia su destino final.

Principales propiedades de la cal

- Posee un color blanco imperfecto.
- Al ligarse con agua se convierte en una pasta, pero no se disuelve en ella.
- Mejora su propiedad de unión cuando se mezcla con arena.

Usos de la cal en la construcción

La cal es utilizada principalmente en la restauración de patrimonios culturales debido a su compatibilidad con los materiales de la época; sin embargo, esta posee múltiples usos como son:

- Mampostería

» Muros escollera
» Muros gaviones
» Juntas
» Estucos
» Concreto convencional y ciclópeo.

4.3.3 Cemento Portland

Este conglomerante fue patentado por el albañil inglés Josehp Aspdin el 21 de octubre de 1824, y se registró el 18 de diciembre del mismo año. Se llamó así por su enorme semejanza con la piedra que se extrajo en la península de Portland.

Figura 42. Cemento Portland

Fuente: elaboración propia.

Este tipo de cemento es el más utilizado actualmente en el mundo debido a que tiene una gama de ventajas frente a los demás conglomerantes, entre ellas:

- La gran eficiencia del cemento con respecto a los altos valores de resistencia conseguidos.
- Las materias primas que se utilizan en la elaboración del cemento son extremadamente abundantes y se encuentran bien distribuidas en la corteza terrestre.
- Todos los materiales fabricados con cemento Portland tienen un comportamiento de gran duración.

Materias primas

Las principales materias primas que utiliza el cemento Portland son aquellas con la capacidad para aportar los elementos necesarios para su constitución. Cabe resaltar que el cemento Portland se puede producir a partir de cualquier material que tenga la capacidad de suministrar los siguientes elementos:

- Arcillas: estas proporcionan la sílice, la alúmina y el óxido férrico.
- Calizas: aportan la cal y eventualmente también el óxido de magnesio.
- Yeso: este aporta el trióxido de azufre.
- Otro: cualquier otro tipo de material que aporte los elementos necesarios para la composición química del cemento.

Proceso de fabricación del cemento

Las etapas del proceso de fabricación del cemento Portland son las siguientes:

- Extracción y trituración de materias primas: las más utilizadas normalmente son la caliza y la arcilla las cuales se transportan en planta y se trituran.
- Dosificación y homogenizado: las materias primas se dosifican y homogenizan según las diferentes propiedades químicas de los materiales, con la finalidad de obtener la composición química deseada para la obtención del Clinker.
- Clinkerización: durante este proceso la mezcla es homogenizada en hornos rotatorios que alcanzan una temperatura de 1450 ºC. De esta manera, ocurre la fusión de los diferentes elementos y se

forman gránulos de varios centímetros de diámetro conocidos como clinker.

- Enfriamiento: una vez se clinkeriza, se disminuye la temperatura del material, acelerándose el proceso con tecnología equipada.
- Aditivos y molienda: cuando el clinker se enfría, se pulveriza y agrega yeso con la finalidad de retardar el fraguado.
- Empaque y distribución: finalmente, se empaca el cemento en capas de 50 kg aproximadamente y se distribuye para los clientes.

Propiedades del cemento Portland

Algunas de las propiedades más importantes de este tipo de cemento son:

- Resistencia mecánica: esta depende de su composición mineralógica y la finura de su molido.
- Finura: la finura influye directamente en la resistencia mecánica, la velocidad de reacción con el agua de amasado, los tiempos de fraguado, la consistencia, etc.
- Calor de hidratación: es el calor que se genera por la reacción entre el agua y el cemento que depende de la composición química del cemento.
- Densidad: es la relación entre la masa y el volumen, donde, el cemento alcanza unos 3,15g/cm3 y cuando este tiene algún tipo de aditivo llega hasta los 2,90g/cm3.
- Tiempo de fraguado: se define como la cantidad de tiempo que necesita la pasta de cemento para volverse completamente sólida.

Tipos de cemento Portland

Actualmente se fabrican diferentes tipos de cementos según el campo de aplicación y se producen según las diferentes especificaciones normativas del país donde se desarrolle.

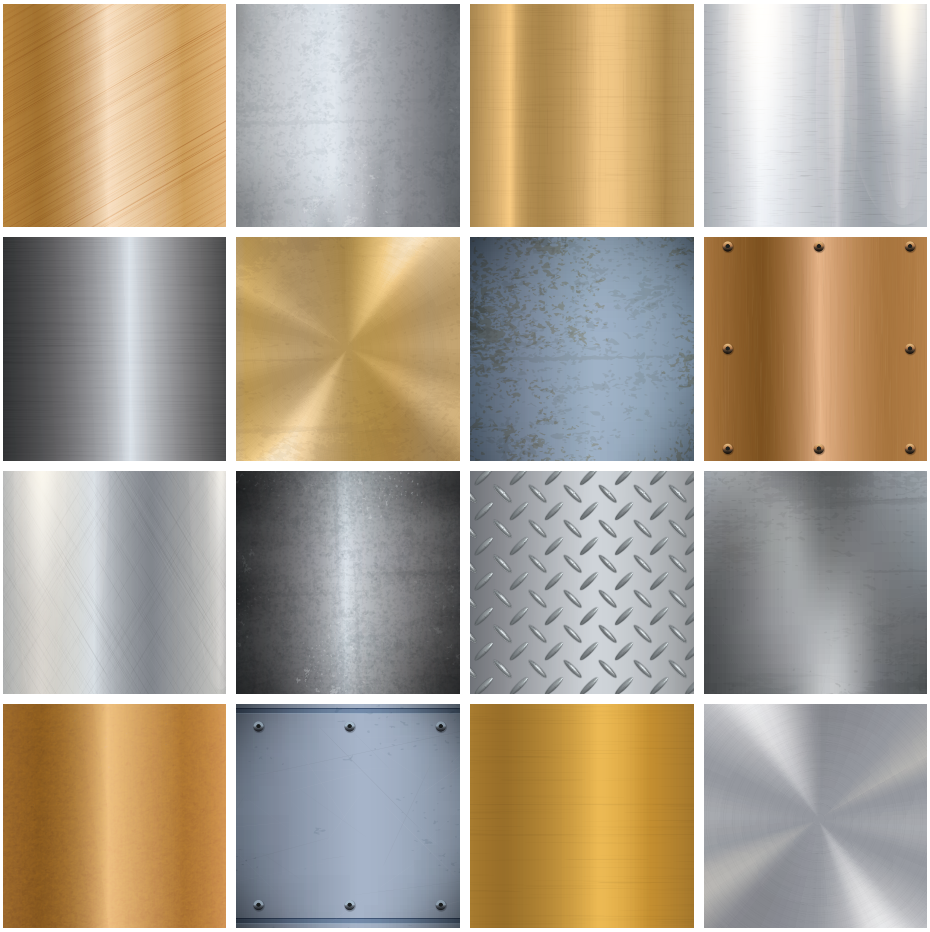
En Colombia el cemento se rige por la Norma Técnica Colombiana NTC 121, que describe seis tipos de cemento según su desempeño, y su objetivo principal es la durabilidad y la versatilidad de las obras.

- Cemento de uso general: es el que se utiliza en las construcciones generales, se puede ver en pavimentos, pisos, puentes y depósitos, entre otros.
- Cemento de alta resistencia temprana: este tipo desarrolla la resistencia máxima en pocos días, gracias a partículas que tienen un tamaño inferior al convencional. Se utiliza para estructuras de alto desempeño en ambientes agresivos.
- Cemento de moderada resistencia a los sulfatos: se aplica cuando se necesita resistir en ambientes con sulfatos, así como en ambientes moderadamente agresivos. Tiene un uso general en cimentaciones, estructuras y obras estándar.
- Cemento de alta resistencia a los sulfatos: se utiliza en la elaboración de concretos en ambientes agresivos como canales, puertos, alcantarillas, plantas de tratamiento de aguas.
- Cemento de calor de hidratación moderada: desarrolla su resistencia de manera más lenta; particularmente se usa en la construcción de puentes.
- Cemento de bajo calor de hidratación: es un material apropiado cuando no se pueden producir dilataciones, ni retracciones, especialmente en estructuras masivas como una presa de gravedad o un dique (Rivera, 2010).

4.4 Materiales metálicos

En la lista de los materiales más utilizados dentro de la industria de la construcción, los metálicos se ubican después de los materiales pétreos. Estos materiales son extraídos de la naturaleza y son procesados con el fin de que estos posean características y formas adecuadas para ser implementados o explotados dentro de cualquier tipo de construcción.

Figura 43. Los metales



Fuente: elaboración propia.

Los metales son minerales capaces de conducir electricidad y calor con facilidad. Son elementos densos con una elevada capacidad de reflexión, y a excepción del mercurio, son sólidos a temperaturas de ambiente. Estos son extraídos de las rocas, las cuales poseen uno o varios elementos que son extraídos y separados.

4.4.1 Clasificación de los materiales metálicos

Los materiales metálicos se clasifican en dos grupos principales. El primer grupo son los que tienen como su componente principal al hierro; estos son

los denominados ferrosos. El segundo grupo está conformado por los demás materiales metálicos que no contienen hierro, por tanto, son llamados no ferrosos.

Materiales ferrosos

Están compuestos principalmente por el hierro en cualquier tipo de presentación. El hierro es el metal más utilizado en la actualidad, principalmente para funciones estructurales; para ello se mezcla con cierta cantidad de carbono para formar lo que conocemos como el acero.

El acero

Es una aleación que proviene de la mezcla entre el hierro y una cantidad de carbono que varía entre el 0,03 % y el 1,075 % del peso total, dependiendo del grado y utilidad que se le dará.

Figura 44. El acero

Fuente: elaboración propia.

El acero conserva las características metálicas del hierro, sin embargo, al agregarle carbono y otros elementos químicos se mejoran sustancialmente sus propiedades fisicoquímicas, dentro de estas resalta su resistencia.

Materias primas del acero

Las principales materias primas del acero son:

- Hierro (Fe)
- Carbono (C)
- Cromo (Cr)
- Níquel (Ni)
- Manganeso (Mg).

Es de anotar que, los últimos tres materiales se utilizan cuando el acero necesita de ciertas propiedades, a estas se les conoce como aceros aleados.

Proceso de fabricación del acero

La fabricación del acero ha evolucionado a lo largo del tiempo, principalmente después de que empezó la producción industrial a finales del siglo XIX; sin embargo, los métodos modernos utilizan todavía la misma base que el proceso de Bessemer que fue el primer proceso de fabricación química para el acero en serie.

Este proceso de fabricación se divide en seis etapas:

- Fabricación del hierro: el hierro se funde en un horno junto al coque y la cal para obtener un metal caliente que posee altas cantidades de carbono, que lo vuelve frágil.
- Primera siderurgia: existen dos métodos siderúrgicos para la fabricación primaria del acero. El BOS añade chatarra reciclada y se sopla oxígeno a través del metal con el fin de reducir el contenido de carbono, y en el método EAF se calienta la chatarra por arcos eléctricos hasta los 1650 ºC con el fin de fundirlo y convertirlo en acero de calidad.
- Fase secundaria: en esta fase al acero fundido se le añaden o eliminan algunos elementos químicos con el fin de producir el tipo de acero requerido. En este caso, se necesitan procesos secundarios como agitación, inyección, desgasificación, etc.

- Fundición continua: en esta etapa el acero se vierte sobre un molde en frío con el fin de que la cáscara se solidifique. Posteriormente, se retira dicha capa y se corta en las longitudes deseadas según el tipo de aplicación: chapas para productos planos, blooms para vigas y palanquillas para alambres o tiras delgadas.
- Formación primaria: posteriormente, el acero es fundido, se somete a un proceso de laminación en caliente para alcanzar las formas deseadas y la calidad superficial requerida.
- Producción, fabricación y acabado: en esta fase se utilizan técnicas secundarias para dar las diferentes formas y propiedades finales que requiere el acero, las cuales pueden ser: conformado, mecanizado, unión, recubrimientos, tratamientos térmicos, tratamientos superficiales que se utilizan para laminados en frío, taladrado, soldaduras, galvanizados, templados y cementación, respectivamente.

Materiales no ferrosos

Los materiales no ferrosos son usados porque poseen propiedades específicas que no tiene el hierro, tales como su conductividad y el peso, entre otras. Los principales materiales metálicos no ferrosos son tres grupos principales:

- Materiales no ferrosos pesados: en esta categoría se encuentran el cinc, el plomo, el cobre, el estaño, el bronce, etc.
- Materiales no ferrosos ligeros: entre ellos se encuentran el aluminio y el titanio.
- Materiales no ferrosos ultraligeros: por ejemplo, el magnesio y el berilio.

Principales propiedades de los materiales metálicos

- Son de color opaco y brillante
- Altamente densos
- Dúctiles y maleables
- Conductores térmicos y eléctricos
- Poseen un alto punto de fusión
- Son materiales duros.

Usos frecuentes de los materiales metálicos en la construcción

Los usos más frecuentes en la construcción son:

- Cobre: utilizado principalmente en los cableados eléctricos.
- Estaño: útil en la producción de soldaduras.
- Hierro: usado en la formación del acero; sin embargo, existen otros tipos como el hierro dulce para fabricar puertas o cerraduras.
- Acero: uso frecuente en estructuras como puentes, vigas e, incluso, en piezas decorativas. Así mismo, el acero inoxidable contiene níquel o cromo, por eso posee una gran resistencia a la corrección. Además, tienen usos estructurales como en el acero Corten.
- Aluminio: se utiliza en cableados eléctricos de alta tensión, carpintería metálica y en una gran variedad de puertas, cocinas y baños.
- Plomo: el plomo se utilizaba anteriormente en la fontanería y la plomería; pero, actualmente se encuentra en la fabricación de vidrios con el fin de generar dureza.
- Zinc: usado casi exclusivamente como recubrimiento en las cubiertas.
- Titanio: principalmente sirve como revestimiento inoxidable de las fachadas.
- Níquel: es útil en la protección de otros metales frente al óxido (Montes *et al.*, 2006).

4.5 Materiales plásticos

El plástico es una sustancia que se obtiene por medio de diferentes procesos químicos, el cual es modelable cuando se somete altas temperaturas y presiones.

Figura 45. Materiales plásticos

Fuente: elaboración propia.

El plástico se utiliza en la construcción, principalmente en pavimentos y revestimientos, así como también para impermeabilizar superficies, aislarlas termoacústicamente, y en variedad de elementos de instalaciones y acabados.

Materias primas

Las principales materias primas usadas en el desarrollo del plástico son:

- Carbón
- Gas
- Celulosa

» Sal

» Petróleo.

Proceso de fabricación del plástico

El proceso de fabricación del plástico tiene las siguientes etapas:

» Obtención de materiales plásticos: el plástico se elabora con materias primas orgánicas, sintéticas o semisintéticas que deben poseer los siguientes elementos: carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, azufre. Según los diferentes componentes, el material desarrollará algunas características u otras.

» Estos compuestos utilizados para el desarrollo del plástico se denominan polímeros, los cuales pueden ser naturales como el almidón, la celulosa, o sintéticos como algunos derivados del petróleo.

» Polimerización: esta etapa corresponde a la síntesis de los polímeros mediante polimerización en masa, se produce una gran emulsión y posteriormente esta se coagula; o por interfase, se disuelven dos líquidos no miscibles y entonces se produce la polimerización.

» Aditivos: los plásticos con aditivos generalmente poseen otras propiedades que pueden brindar resistencia, flexibilidad o color; por lo tanto, algunos de estos son el polímero y los pigmentos naturales, así como las espumas plásticas.

» Moldeado: esta etapa abarca un proceso cíclico, continuo o semicontinuo en que la forma del material depende del tiempo, la temperatura y la deformación. Los principales tipos de modelado son: por compresión, por transferencia o por calandrado, en la que el material adopta la forma deseada por presión. El material se introduce a presión en un molde o en la formación de láminas respectivamente.

Principales propiedades de los plásticos

» Son fáciles de moldear

» Son económicos en su producción

» Poseen baja densidad

- Son impermeables
- Son aislantes eléctricos
- Son aislantes acústicos
- Son aislantes térmicos, pero no resisten temperaturas elevadas.

Tipos de plástico

Los principales plásticos pueden ser de dos tipos:

- Termoplásticos: corresponden a plásticos sensibles a altas temperaturas que logran ablandarlo como el policarbonato, polietileno, polietileno tereftalato, o policloruro de vinilo.
- Termoestables: son los plásticos que una vez solidificados no se ablandan con altas temperaturas como el epóxido, fenol-formaldehído, poliuretano, resinas de poliéster.

Usos del plástico en la construcción

Los principales usos que tiene este material en la construcción son los siguientes:

- Tuberías
- Pisos
- Techos
- Ventanas
- Puertas
- Recubrimientos
- Aislantes (Rochels Granados, 2010).

BIBLIOGRAFÍA

Benavente, D., Bernabéu, A. M., y Cañaveras, J. C. (2004). Estudio de propiedades físicas de las rocas. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra, 12*(1), 62-68.

Bertolino, S., Zimmermann, U., Galván, V., y Laguens, A. (2010). Composición mineralógica y química y posible proveniencia de cerámica pre y post-hispánica del valle del Rio Copacabana, NO de Córdoba. *La Arqueometría En Argentina y Latinoamérica,* 35-42.

Callister, W. D. (2019). *Ciencia e ingeniería de los materiales.* Reverté.

Callister, W. D. (2020). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Volumen I.* Reverté.

Cárdenas Gutiérrez, J. A., García Torres, N. E., y Molina Salazar, D. L. (2021). *Fundamentos básicos para los procesos constructivos.* Ecoe Ediciones.

Cárdenas-Gutiérrez, J. A., Medrano Lindarte, C. T., y Molina-Salazar, L. (2021). *Las TIC y su importancia en el desarrollo de presupuestos en la industria de la construcción.* Ecoe Ediciones.

Cardona, G. A. A. (2021). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 19*(2), 16-17.

Crespo Escobar, S. (2013). *Materiales de construcción para edificación y obra civil. Materiales de Construcción para Edificación y Obra Civil*, 1-300.

Flores, C. E. (2009). Polímeros vs. plásticos. *Revista Electrónica, 14*, 51-60.

Girón, J. M. V. (2020). Orígenes y desarrollo de los anzuelos de pesca en la península Ibérica. De la Prehistoria a la Edad Media. *Lucentum, 39*, 87-112.

Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción.* Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia.

Lucio, C. A., Méndez, E. M., y Moragues, A. (2013). Breve historia del cemento portland. *Cemento Hormigón, 959*, 10-16.

Mari, E. (1998). *Los materiales cerámicos.* Tecnibook Ediciones.

Montes, J. R., Martínez, L. C., y del Real Romero, J. C. (2006). *Procesos industriales para materiales metálicos* (2a Edición). Visión Libros.

Navarro, J. M. F. (2003). *El vidrio* (Vol. 6). CSIC Press.

Nieto, K. M. (2019). El conocimiento actual depende totalmente del conocimiento pasado. Discuta esta afirmación haciendo referencia a dos áreas de conocimiento. EL CONOCIMIENTO ACTUAL DEPENDE DEL CONOCIMIENTO PASADO - Ensayos - fer0226 (clubensayos.com)

Pastor Quiles, M. (2018). El uso del barro en el modelado de elementos muebles durante la Prehistoria reciente en el entorno europeo y mediterráneo. En: *Los toros de El Argar. Figurillas de arcilla de la Edad del Bronce* (pp. 37-45) Fundación C. V. MARQ.

Rivera, I. N. G. G. A. (2010). Materiales conglomerantes. *Concreto Simple*, 13-29.

Rochels Granados, C. A. (2010). *Plásticos para construcción en Colombia*. (s.d.).

Rodríguez Gutiérrez, O. (2021). Comercio y abastecimiento de materiales para la construcción en los procesos de monumentalización de las ciudades romanas, con especial referencia a la Hispania meridional. (pp. 189-213). Publications de l'École française de Rome (openedition.org)

Rodríguez Vinceiro, F., Murillo Barroso, M., Fernández Rodríguez, L., y Montero Ruiz, I. (2018). Metalurgia prehistórica en Tierras de Antequera y su contexto andaluz. ZEPHYRUS. *Revista de Prehistoria y Arqueología, 81*.

Ruiz, R. G. (2020). La construcción de las pirámides de Egipto, evolución de la civilización y el cambio climático. *Tekhné, 23*(3).

Sánchez, E. F., Camarero, L. A., y Barcala, M. F. (2006). *Estrategia de producción.* McGraw-Hill.

Través, H. Y. O. A. A. (2019). Revisando los clásicos: tecnología prehistórica. Estudio de las herramientas y objetos antiguos a través de las huellas de uso. *Revista Arkeogazte/Arkeogazte Aldizkaria, 9*, 311-326.

Valdés, G. A., y Rapimán, J. G. (2007). Propiedades físicas y mecánicas de bloques de hormigón compuestos con áridos reciclados. *Información Tecnológica, 18*(3), 81-88.

Vatin, F. (2018). *What is Watt?:* Historia de una medida. *Laboreal, 14*(1).

Vidal, D. V., Torres, J., y González, L. O. (2014). Ceniza de bagazo de caña para elaboración de materiales de construcción: Estudio preliminar. *Momento, 48E,* 14-23.

Ciencia e ingeniería de los materiales en la industria de construcción

Este trabajo abarca la ciencia e ingeniería de los principales materiales utilizados hoy en la fabricación de todo tipo de materiales en la industria de la construcción, además, identifica la implementación de los mismos a lo largo de la historia así como identifica sus principales caracteristicas, propiedades y aplicaciones.

En la introducción se presenta la historia de los materiales y técnicas constructivas, así como las generalidades de los mismos. Posteriormente, se abarca la naturaleza básica de los materiales de forma general hasta llegar a la composición y propiedades de los materiales de construcción. Finalmente, se clasifican los principales materiales utilizados en la industria de la construcción.

Dirigido a ingenieros civiles, arquitectos, técnologos, técnicos en construcción, ingenieros e investigadores de materiales y, en general a las personas relacionadas con la industria de la construcción o interesadas aprender más sobre el tema. Sirve como material de apoyo para docentes universitarios que deseen apalancar sus métodos de enseñanza a través de este libro.

Incluye

- Historia de las materias primas usadas por el hombre.
- Explicación de las principales propiedades y características de una materia prima para la fabricación de materiales de construcción.
- Material visual de calidad que complementa las deficiones y conceptos.
- Descripción de diferentes tipos de materiales, materias primas, procesos de fabricación y aplicaciones en la industria de la construcción.

Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrrez
Estudiante de doctorado en Proyectos (UNINI), magíster en Administración de Empresas con especialidad en Dirección de Proyectos y especialista en Alta Gerencia. Ingeniero Civil. Director del programa académico de Ingeniería Civil de la UFPS y jefe del Departamento de Construcciones Civiles, Vías, Transporte, Hidráulica y Fluidos. Docente tiempo completo de la UFPS, director del grupo de investigación GITOC, investigador con categoría Senior según MinCiencias, Categoría B.

Carlos Humberto Acevedo Peñaloza
Doctor en Ingeniería Mecánica, magíster en Ingeniería Mecánica e Ingeniero Mecánico. Docente de Planta de la UFPS, coautor de diferentes artículos científicos y ponente en eventos nacionales e internacionales. Miembro del Grupo de Investigación de Diseño Mecánico y Mantenimiento de la UFPS.

Jorge Sanchez Molina
Doctor en Avances en Ingeniería de los Materiales y Energías de la U. de Jaén-España, magíster en Gerencia de Empresas de la UNET, especialista en Gerencia de Empresas de la UDES, especialista en Aseguramiento de la Calidad de la UFPS, Ingeniero Químico de la UIS y Tecnólogo en Laboratorio de Ingeniería de la UFPS. Director general del Centro de Investigación en Materiales Cerámicos, CIMAC y del grupo de investigación GITEC. Docente de Planta de la UFPS e investigador senior categorizado por Minciencias.

GITEC
Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica

CIMAC
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES CERÁMICOS

UFPS
Universidad Francisco de Paula Santander
Vigilada Mineducación

GITOC
Grupo de Investigación en Transportes y Obras Civiles

ISBN 978-958-503-294-1
9 789585 033009
e-ISBN 978-958-503-295-8