



Ingeniería Civil



**APUNTES DE CONOCIMIENTO
Y
FABRICACION DE MATERIALES**

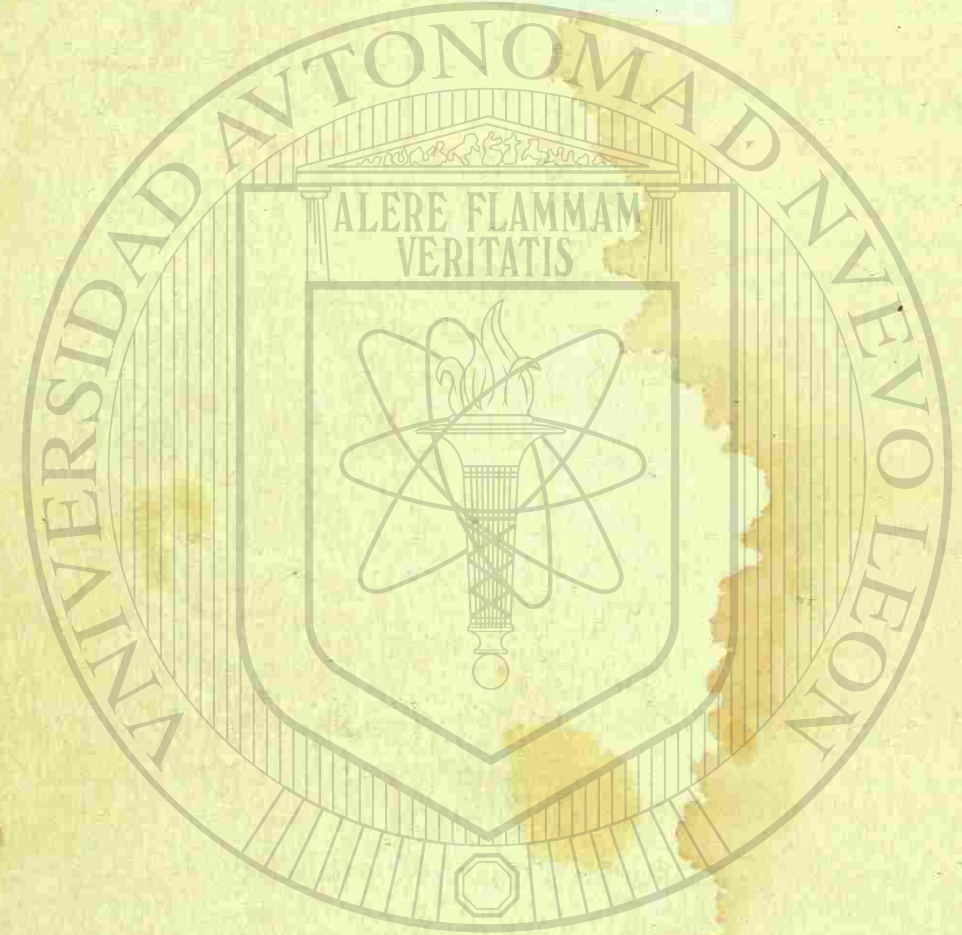
**OSWALDO V. LOZANO
INGENIERO QUIMICO**

1963

**ALBERT
LARRA**

TA 403
L6
1963
Ej. 2

Apuntes de corrocción y fabricación de materiales



Autor _____
 Título _____
 No. de Edición _____
 Procedencia _____
 Precio _____
 Fecha _____
 Clasificación _____
 Estado _____

PUNTES DE CONOCIMIENTO
 Y
 FABRICACIÓN DE MATERIALES

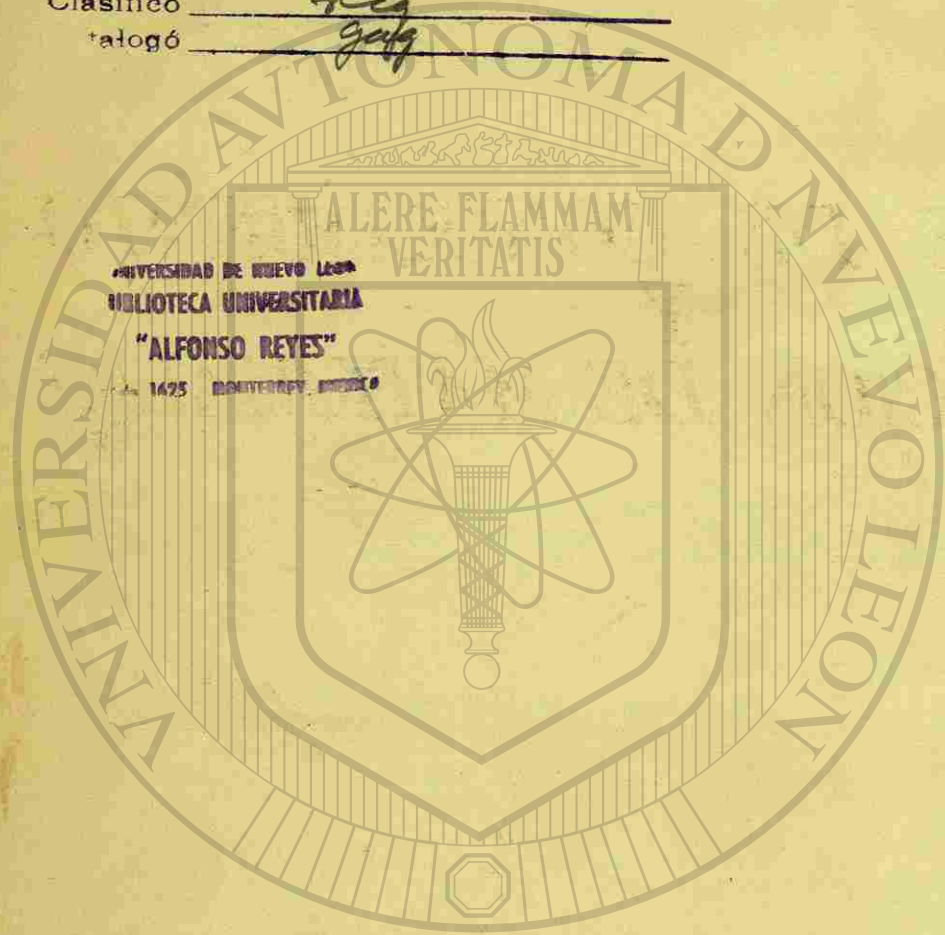
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Núm. Clas 620.1
 Núm. Autor L 925
 Núm. Adg. 54469
 Procedencia 1
 Precio _____
 Fecha mayo 1965
 Clasificó res
 talogó gafg



**APUNTES DE CONOCIMIENTO
 Y
 FABRICACION DE MATERIALES**

U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN **OSWALDO V. LOZANO**
 INGENIERO QUIMICO

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
 BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
 "ALFONSO REYES"
 Apdo. 1625 MONTERREY, MEXICO

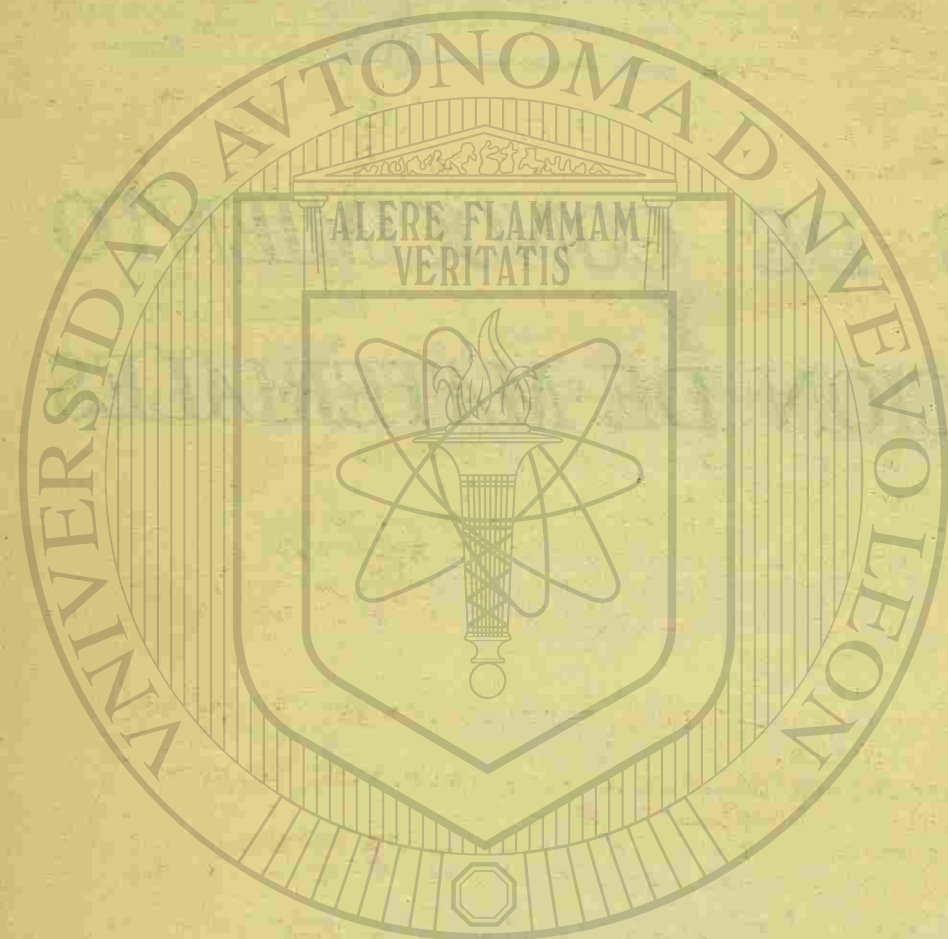


1963

Capilla Alfonsina
 Biblioteca Universitaria

TA403

L6
1963
Ej. 2



FONDO UNIVERSITARIO

PREFACIO A LA PRIMERA EDICION.

No se intenta considerar este trabajo como completo, simplemente es una iniciación presentada para satisfacer la urgente necesidad de un libro de texto adecuado que llene los temas exigidos en el programa y que al mismo tiempo esté al alcance de todos los alumnos, ya que se ha visto la dificultad de los libros en idioma inglés y la carencia de libros en español adecuados.

Los presentes apuntes son recopilación de dictados y notas usados por el autor en la clase de CONOCIMIENTO Y FABRICACION DE MATERIALES durante los últimos tres años en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nuevo León. Su contenido se limita por el momento a los temas desarrollados en los años anteriores, correspondientes a los materiales más comunes, tales como: Hierros y Aceros, Piedras de Construcción, Maderas, Materiales Cementantes, Productos de Arcilla y Materiales Aislantes.

Se desarrollan los temas basándolos en los puntos siguientes: Estado Natural, Obtención o Fabricación, Propiedades y Usos. No se ha creído pertinente incluir Métodos de Ensaye y Propiedades Mecánicas debido a que éstos se desarrollan en los apuntes de Ensaye de Materiales correspondiente a la clase del mismo nombre.


El autor no pretende ser un especialista en alguno de los campos de estudio presentados en estos apuntes, simplemente considera este trabajo como una recopilación de datos y opiniones de fuentes muy diversas, entre las cuales y sin ningún propósito de omitir alguna, se cuentan las siguientes:

- Materials of Construction.- Their manufacture and Properties.- By Adalbert P. Mills.
- Chemistry of Engineering Materials.- By Robert B. Leighou.
- Johnson's Materials of Construction.
- Properties of Engineering Materials.- By Glenn Murphy.
- The Blast Furnace and the Manufacture of Pig Iron.- By Robert Forsythe.
- Text Book of the Materials of Engineering.- By Herbert F. Moore.
- Cements, Limes and Plasters.- By E. C. Eckel.
- Materiales de Construcción.- Por el Dr. Ing. M. Foerster.
- Materiales de Construcción.- Apuntes de Ing. Alfonso Fernández.
- Apuntes de Materiales de Construcción.- Por el Ing. Aureliano García Fernández.

Monterrey, Nuevo León., México.

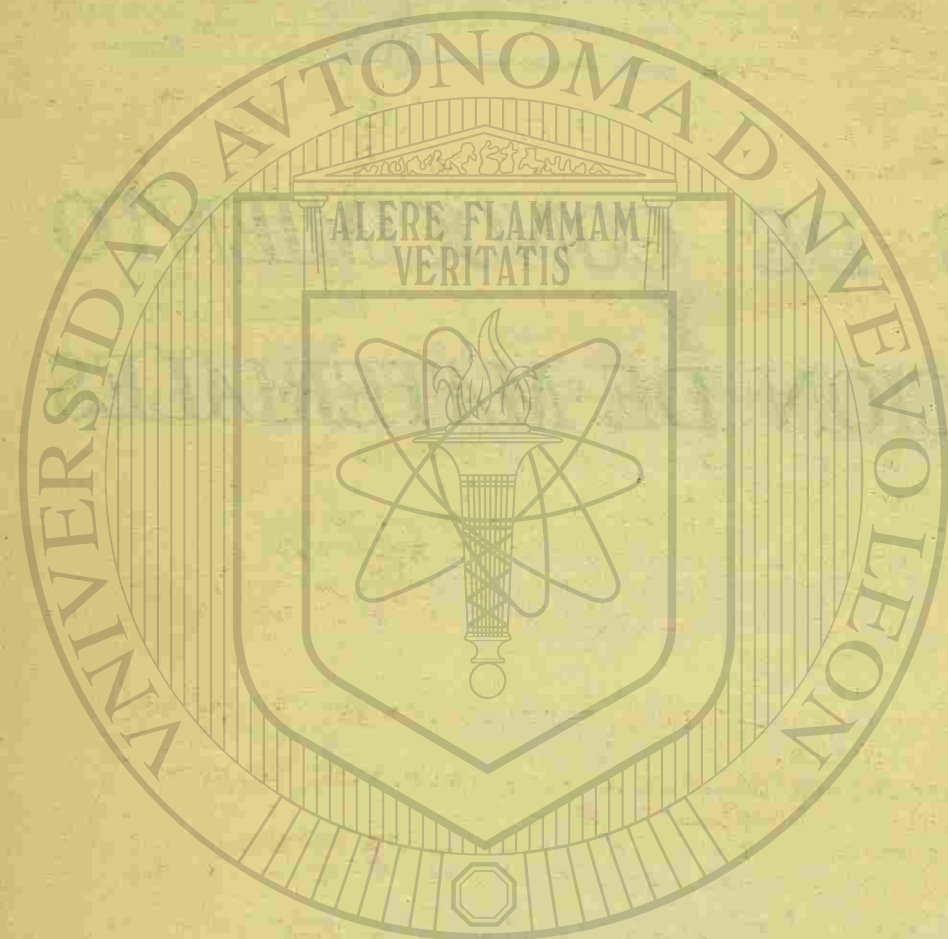
15 de Agosto de 1948.

Ing. Químico.


Ing. Oswaldo V. Lozano.

TA403

L6
1963
Ej. 2



FONDO UNIVERSITARIO

PREFACIO A LA PRIMERA EDICION.

No se intenta considerar este trabajo como completo, simplemente es una iniciación presentada para satisfacer la urgente necesidad de un libro de texto adecuado que llene los temas exigidos en el programa y que al mismo tiempo esté al alcance de todos los alumnos, ya que se ha visto la dificultad de los libros en idioma inglés y la carencia de libros en español adecuados.

Los presentes apuntes son recopilación de dictados y notas usados por el autor en la clase de CONOCIMIENTO Y FABRICACION DE MATERIALES durante los últimos tres años en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nuevo León. Su contenido se limita por el momento a los temas desarrollados en los años anteriores, correspondientes a los materiales más comunes, tales como: Hierros y Aceros, Piedras de Construcción, Maderas, Materiales Cementantes, Productos de Arcilla y Materiales Aislantes.

Se desarrollan los temas basándolos en los puntos siguientes: Estado Natural, Obtención o Fabricación, Propiedades y Usos. No se ha creído pertinente incluir Métodos de Ensaye y Propiedades Mecánicas debido a que éstos se desarrollan en los apuntes de Ensaye de Materiales correspondiente a la clase del mismo nombre.


El autor no pretende ser un especialista en alguno de los campos de estudio presentados en estos apuntes, simplemente considera este trabajo como una recopilación de datos y opiniones de fuentes muy diversas, entre las cuales y sin ningún propósito de omitir alguna, se cuentan las siguientes:

- Materials of Construction.- Their manufacture and Properties.- By Adalbert P. Mills.
- Chemistry of Engineering Materials.- By Robert B. Leighou.
- Johnson's Materials of Construction.
- Properties of Engineering Materials.- By Glenn Murphy.
- The Blast Furnace and the Manufacture of Pig Iron.- By Robert Forsythe.
- Text Book of the Materials of Engineering.- By Herbert F. Moore.
- Cements, Limes and Plasters.- By E. C. Eckel.
- Materiales de Construcción.- Por el Dr. Ing. M. Foerster.
- Materiales de Construcción.- Apuntes de Ing. Alfonso Fernández.
- Apuntes de Materiales de Construcción.- Por el Ing. Aureliano García Fernández.

Monterrey, Nuevo León., México.

15 de Agosto de 1948.

Ing. Químico.


Ing. Oswaldo V. Lozano.

P R E F A C I O A L A S E G U N D A E D I C I O N .

La práctica de la construcción moderna requiere un conocimiento de los materiales cada vez más profundo; millones de pesos se han -- ahorrado con solo determinar el material más adecuado para un uso de terminado. El empleo de materiales nuevos más baratos y el diseño o forma de aplicarlos está mejorando continuamente, sobre todo los metales, que resultan demasiado costosos, tienden a ser reemplazados -- por: plásticos, madera u otro material endurecido, a veces con gran ventaja; algunos materiales se han escaseado notablemente y tienen -- que ser sustituidos por otros, entre ellos los metales: Cobalto, Columbio, Cromo, Níquel, etc. Paredes de edificios son hechas de columnas de madera, bloques de basalto ligero, laterales de asbesto corrugado, arcos de los techos de madera ensamblada; pisos de concreto curado en las mejores condiciones; pinturas a prueba de agua, techos de acero ligero soldados, materiales aislantes al calor, al sonido, a la electricidad, cubiertas protectoras contra la corrosión, el desgaste o la abrasión, etc.

Es sorprendente la enorme cantidad de materiales desarrollados a últimas fechas y el mejoramiento de los ya existentes: plásticos -- apropiados para usos muy diversos, desde cubiertas protectoras (líquidos), hasta artículos resistentes que antes se fabricaban de metales, pasando por telas, placas, tuberías, planchas, plásticos laminados, etc. Refractarios adecuados para el uso de las temperaturas elevadas exigidas por el progreso, de Zirconia, de Alúmina fundida, de Carburo de Silicio, etc. Metales que apenas se conocían han entrado en la aplicación industrial, con gran ventaja por sus condiciones especiales, entre ellos el Titanio, el Vanadio, el Tungsteno, etc., -- merced al avance considerable de la Metalurgia en Polvo, de gran importancia para las piezas de lubricación, piezas moldeadas pequeñas, etc. Materiales de ornamentación. Nuevas pinturas adecuadas para casi todos los usos. Silicones, de enormes posibilidades y aplicaciones Aleaciones mejoradas que no se conocían. Papeles y cartones endurecidos con plásticos, que sirven para tabiques, mesas, etc. Materiales de empaque ligeros, tales como la madera de balsa, resinas plásticas en forma de espuma, etc., que disminuyen el costo de transporte.

Considerando lo anterior, en los cuatro años transcurridos desde la primera edición, en el estudio constante de la misma, se hizo patente que adolecía de una serie de defectos y una notable insuficiencia en cuanto a los materiales tratados y de muchos otros que ni siquiera se describían, por lo cual se hizo necesaria una corrección total y completa de cada uno de los capítulos, tanto en el contenido, como en la forma de desarrollarlos; este cambio fué en realidad bastante considerable, de tal modo que los presentes apuntes sólo tienen una vaga relación con los anteriores.

Se acortó considerablemente el conocimiento de los hierros y aceros, eliminándose lo referente a tratamientos mecánicos y moldeo, por no considerarse necesario tratarlos extensamente, mencionándose sólo de paso en la sección correspondiente: asimismo se eliminó la Unión de Materiales Metálicos. Se incluyó un primer capítulo referente a la obtención de materiales metálicos, tratándose los distintos procesos y tipos de hornos aplicables en general, y un segundo capítulo sobre


Metales No-Ferrosos, tratándose someramente los metales: Cobre, Plomo, Zinc, Aluminio, Estaño y Níquel. En el capítulo de Aleaciones se agregaron las principales derivadas de los metales mencionados. En el capítulo de Piedras de Construcción se incluyó algo más acerca de la constitución geológica, que puede o no tratarse en clase, pero -- que se consideró necesario. De los materiales de Arcilla se hizo una división más extensa. Se incluyó un capítulo especial sobre Materiales Aislantes y otro sobre Materiales Refractarios, cambiándolos totalmente. Los Materiales Cementantes se distribuyen de distinta manera, incluyéndose al final de cada uno los productos comerciales. Se agregó un capítulo sobre Morteros y Concretos y sus Productos, así -- como otros dos sobre Plásticos y Cubiertas Protectoras y se aumentó el número de figuras explicativas.

El autor considera que si bien algunos puntos se han desarrollado más allá de las necesidades de clase, es preferible contar con un exceso de material que con una escasez; en cambio, en otros puntos -- puede pecarse de falta de datos, pero en lo posible se ha procurado generalizar y desarrollar de la mejor manera los diferentes temas, -- evitando dar datos cuya variabilidad sea evidente. Su mejor propósito es suministrar un texto base para el desarrollo de la clase de Conocimiento y Fabricación de Materiales, sobre el cual los maestros -- puedan trabajar según sus necesidades y puntos de vista particulares; si esto se consigue y los apuntes resultan de alguna utilidad, su -- propósito se habrá cumplido.

Monterrey, Nuevo León. México.

Agosto de 1952 .

Ing. Químico.


Ing. Oswaldo V. Lozano

P R E F A C I O A L A T E R C E R A E D I C I O N .

En los 18 años transcurridos a la fecha impartiendo ininterrumpidamente la clase de Conocimiento y Fabricación de Materiales, el autor -- creé haber captado las necesidades y limitaciones de los alumnos de la Carrera de Ingeniero Civil, así como los problemas surgidos en el estudio de los materiales, por lo tanto en ésta Nueva Edición, se ha procurado en lo posible eliminar todos aquellos puntos que presentaban confusión o dificultad para ser asimilados, añadiendo algunas explicaciones que se estimó necesarias y eliminando aquellas otras que se consideraron superfluas, para esto todos los capítulos fueron corregidos en su totalidad, así mismo se cambió el orden de algunos. Se añadió un capítulo sobre Propiedades de los Materiales en general, para explicar muchos términos que han sido olvidados por los alumnos, haciéndose una clasificación de los Materiales tratados en el texto e incluyéndose algunos detalles sobre la estructura de los materiales -- de acuerdo con el concepto moderno. Se agregó también el Capítulo sobre obtención de productos metálicos comerciales que fué eliminado en la segunda edición, pero que más tarde pudo comprobarse que era necesario; se incluyeron fotografías en Offset--Masters de varios hornos y microfotografías de algunas aleaciones. Las aleaciones mas importantes de los metales, que se habían incluido en el capítulo de Aleaciones, se pasaron a continuación de cada metal. Entre los metales tratados se incluyó el Titanio, que ha adquirido modernamente un gran desarrollo.

Se eliminó el capítulo sobre Constitución de los Hierros y Aceros, -- por resultar demasiado complejo, tratando los detalles mas importantes en el capítulo de Aleaciones y al estudiar las Propiedades de cada Tipo. Se reunió en un solo Capítulo el estudio de Los Metales Ferrosos en el capítulo de las piedras de Construcción se eliminó todo lo referente a aquellas que casi no se usan y que se habían incluido como -- complemento en la Edición anterior. También se eliminaron los fenómenos de disgregación de las rocas, por estudiarse estos en la clase de Geología, en cambio se incluyeron algunas generalidades sobre Propiedades Mecánicas. Se eliminó el Capítulo sobre Causas de Destrucción y Preservación de la Madera, simplificandolo e incluyendolo con los demás puntos en un solo Capítulo, además se movió de lugar para estudiar lo a continuación de los productos de Arcilla, de acuerdo con la distribución indicada en el primer capítulo. El Capítulo de Plásticos -- que era demasiado difícil para los alumnos, se simplificó lo más posible. Los Materiales Bituminosos se incluyeron en un solo Capítulo con los Yesos y las Cales, simplificandolos. El último Capítulo de Cubiertas Metálicas se modificó con el nombre de Productos Varios, para incluir el Vidrio y el Hule, que no habían sido tratados anteriormente, igualmente se simplificó en su parte correspondiente de Pinturas, Barnices y Lacas.

Este trabajo no se considera aún como completo ya que es la intención del autor incluir un mayor número de fotografías y detalles que no -- fué posible introducir en esta edición.

Monterrey, Nuevo León. México.

Agosto de 1963.

Ing. Químico.



Ing. Oswaldo V. Lozano.

B I B L I O G R A F I A

LIBROS

- 1.- Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Aureliano García Fernández. 1940
- 2.- Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Alfonso Fernández Varela. (2 tomos) 1940
- 3.- Basic Principles of Concret Making.- F. R. Mc. Millan 1929
Mc. Graw Hill Book Co.
- 4.- Blast Furnace Practice.- R. H. Sweetser. 1938
Mc. Graw Hill Book Co.
- 5.- Cements, Limes and Plasters.- E. C. Eckel. 1928
3a. edición. John Wiley and Sons Inc
- 6.- Chemistry of Engineering Materials.- Robert B. Leighou.. . . . 1942
4a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 7.- Engineering Geology.- H. Ries and Weatson T. L. 1936
John Wiley and Sons.
- 8.- Geología para Ingenieros.- Joseph M. Trefethen. 1959
Cía. Editorial Continental.
- 9.- Hand-Book of Brick Masonry Construction.- J. A. Mulligan. 1942
1a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 10.- Hand-Book of Plastics.- H. R. Simonds y C. Ellies. 1944
1a. edición. D. Van Nostrand Co.
- 11.- Introductory Engineering Materials.- Cowdrey and Bartholomew. 1953
Mc. Graw Hill Book Co.
- 12.- Introduction to Ferrous Metallurgy.- Pennsylvania State College 1944
Mc. Graw Hill Book Co.
- 13.- Industrial Chemistry.- E. R. Riegel. 1942
Reinhold Publishing Co.
- 14.- Johnson's Materials of Construction.- Withey and Aston.. . . . 1946
3a. edición. John Wiley and Sons.
- 15.- Materiales de Construcción.- Dr. Ing. M. Foerster. 1945
Editora Nacional.
- 16.- Materials of Construction.- Their Manufacture and Properties. 1942
Adalbert P. Mills.- John Wiley and Sons.
- 17.- Metalografía del Acero.- Juan Castells 1933
Ediciones Elizalde, Barcelona.
- 18.- Metals Hand-Book.- Am. Soc. for Metals 1948
- 19.- Modern Timber Desing.- Howard J. Hansen. 1947
John Wiley and Sons Inc.
- 20.- Modern Refractory Practice.- Harbison. 1961
Walker Refractories Co.
- 21.- Plastic for industrial Use.- John Sasso. 1942
1a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 22.- Primeras Materias.- Dr. P. G. Alessandri. 1929
2a. edición. G. Gili.
- 23.- Protective Coating for Metals.- Burns and Schuh.- 1939
Reinhold Publishing Co.
- 24.- Properties of Engineering Materials.- Glenn Murphy. 1957
International Text Book Co.
- 25.- Refractories.- F. H. Norton. 1942
2a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 26.- Synthetic Adhesives.- Paul I. Smith. 1943
Chem. Publishing. Co.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Cada. 1425 MONTERREY, MEXICO

P R E F A C I O A L A T E R C E R A E D I C I O N .

En los 18 años transcurridos a la fecha impartiendo ininterrumpidamente la clase de Conocimiento y Fabricación de Materiales, el autor -- creé haber captado las necesidades y limitaciones de los alumnos de la Carrera de Ingeniero Civil, así como los problemas surgidos en el estudio de los materiales, por lo tanto en ésta Nueva Edición, se ha procurado en lo posible eliminar todos aquellos puntos que presentaban confusión o dificultad para ser asimilados, añadiendo algunas explicaciones que se estimó necesarias y eliminando aquellas otras que se consideraron superfluas, para esto todos los capítulos fueron corregidos en su totalidad, así mismo se cambió el orden de algunos. Se añadió un capítulo sobre Propiedades de los Materiales en general, para explicar muchos términos que han sido olvidados por los alumnos, haciéndose una clasificación de los Materiales tratados en el texto e incluyéndose algunos detalles sobre la estructura de los materiales de acuerdo con el concepto moderno. Se agregó también el Capítulo sobre obtención de productos metálicos comerciales que fué eliminado en la segunda edición, pero que más tarde pudo comprobarse que era necesario; se incluyeron fotografías en Offset-Masters de varios hornos y microfotografías de algunas aleaciones. Las aleaciones más importantes de los metales, que se habían incluido en el capítulo de Aleaciones, se pasaron a continuación de cada metal. Entre los metales tratados se incluyó el Titanio, que ha adquirido modernamente un gran desarrollo.

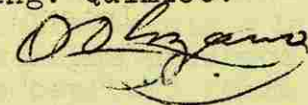
Se eliminó el capítulo sobre Constitución de los Hierros y Aceros, -- por resultar demasiado complejo, tratando los detalles más importantes en el capítulo de Aleaciones y al estudiar las Propiedades de cada Tipo. Se reunió en un solo Capítulo el estudio de Los Metales Ferrosos en el capítulo de las piedras de Construcción se eliminó todo lo referente a aquellas que casi no se usan y que se habían incluido como -- complemento en la Edición anterior. También se eliminaron los fenómenos de disgregación de las rocas, por estudiarse estos en la clase de Geología, en cambio se incluyeron algunas generalidades sobre Propiedades Mecánicas. Se eliminó el Capítulo sobre Causas de Destrucción y Preservación de la Madera, simplificándolo e incluyéndolo con los demás puntos en un solo Capítulo, además se movió de lugar para estudiarlo a continuación de los productos de Arcilla, de acuerdo con la distribución indicada en el primer capítulo. El Capítulo de Plásticos -- que era demasiado difícil para los alumnos, se simplificó lo más posible. Los Materiales Bituminosos se incluyeron en un solo Capítulo con los Yesos y las Cales, simplificándolos. El último Capítulo de Cubiertas Metálicas se modificó con el nombre de Productos Varios, para incluir el Vidrio y el Hule, que no habían sido tratados anteriormente, igualmente se simplificó en su parte correspondiente de Pinturas, Barnices y Lacas.

Este trabajo no se considera aún como completo ya que es la intención del autor incluir un mayor número de fotografías y detalles que no -- fué posible introducir en esta edición.

Monterrey, Nuevo León. México.

Agosto de 1963.

Ing. Químico.



Ing. Oswaldo V. Lozano.

B I B L I O G R A F I A

LIBROS

- 1.- Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Aureliano García Fernández. 1940
- 2.- Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Alfonso Fernández Varela. (2 tomos) 1940
- 3.- Basic Principles of Concret Making.- F. R. Mc. Millan 1929
Mc. Graw Hill Book Co.
- 4.- Blast Furnace Practice.- R. H. Sweetser. 1938
Mc. Graw Hill Book Co.
- 5.- Cements, Limes and Plasters.- E. C. Eckel. 1928
3a. edición. John Wiley and Sons Inc
- 6.- Chemistry of Engineering Materials.- Robert B. Leighou.. . . . 1942
4a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 7.- Engineering Geology.- H. Ries and Weatson T. L. 1936
John Wiley and Sons.
- 8.- Geología para Ingenieros.- Joseph M. Trefethen. 1959
Cía. Editorial Continental.
- 9.- Hand-Book of Brick Masonry Construction.- J. A. Mulligan. 1942
1a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 10.- Hand-Book of Plastics.- H. R. Simonds y C. Ellies. 1944
1a. edición. D. Van Nostrand Co.
- 11.- Introductory Engineering Materials.- Cowdrey and Bartholomew. 1953
Mc. Graw Hill Book Co.
- 12.- Introduction to Ferrous Metallurgy.- Pennsylvania State College 1944
Mc. Graw Hill Book Co.
- 13.- Industrial Chemistry.- E. R. Riegel. 1942
Reinhold Publishing Co.
- 14.- Johnson's Materials of Construction.- Withey and Aston.. . . . 1946
3a. edición. John Wiley and Sons.
- 15.- Materiales de Construcción.- Dr. Ing. M. Foerster. 1945
Editora Nacional.
- 16.- Materials of Construction.- Their Manufacture and Properties. 1942
Adalbert P. Mills.- John Wiley and Sons.
- 17.- Metalografía del Acero.- Juan Castells 1933
Ediciones Elizalde, Barcelona.
- 18.- Metals Hand-Book.- Am. Soc. for Metals 1948
- 19.- Modern Timber Desing.- Howard J. Hansen. 1947
John Wiley and Sons Inc.
- 20.- Modern Refractory Practice.- Harbison. 1961
Walker Refractories Co.
- 21.- Plastic for industrial Use.- John Sasso. 1942
1a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 22.- Primeras Materias.- Dr. P. G. Alessandri. 1929
2a. edición. G. Gili.
- 23.- Protective Coating for Metals.- Burns and Schuh.- 1939
Reinhold Publishing Co.
- 24.- Properties of Engineering Materials.- Glenn Murphy. 1957
International Text Book Co.
- 25.- Refractories.- F. H. Norton. 1942
2a. edición. Mc. Graw Hill Book Co.
- 26.- Synthetic Adhesives.- Paul I. Smith. 1943
Chem. Publishing. Co.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Cada. 1425 MONTERREY, MEXICO

- 27.- Text Book of the Materials of Engineering.- Herbert F. Moore.-
Mc. Graw Hill Book Co. 1953
- 28.- The Stone Industry.- O. Bowles.
Mc. Graw Hill Book Co. 1934
- 29.- Wood Chemistry.- American Chemical Society.
Reinhold Publishing Co. 1943
- BOLETINES, FOLLETOS, etc.

METALURGIA.

- Flotation Separation of Non-Metals.- Mechanic Chemical Processing
Chem. and Met. Engineering. Mayo. . . . 1938
- Froth Flotation.- L. A. Roe.
Chem. Engineering. Julio 1948
- Principles of Mineral Flotation.- Mechanic Chemical Processing.
Chem. and Met. Engineering. Mayo. . . . 1938
- Pulverización de Metales.- Exportador Americano. Enero . . . 1941
- How to Get the Best Plant with materials now available.
Mc. Graw Hill Digest. Mayo. . . . 1951
- Materials and Methods Manual. Metals and Alloys. Julio . . . 1944
- Powder Metallurgy.- Minerals Refining Co. 1944
- Powder, Pressure and Heat.- Fortune. Enero . . . 1942

METALES NO FERROSOS.

- El Estaño y el Tungsteno.- Charles A. Scarlott.
El Ingeniero Westinghouse. Marzo . . . 1952
- El Cobre. Problemas y Perspectivas.- Charles A. Scarlott.
El Ingeniero Westinghouse. Noviembre. . 1951

ACERO.

- How Steel is made.- The Pilbrico Fire Box... Mayo, Junio . 1949

PIEDRAS DE CONSTRUCCION.

- The Value of Petrography in Determining the Quality of Rock.
Public Roads. Junio. . . 1937
- Geología del Estado de Nuevo León.- Dr. F. K. G. Mulleried.
(2 tomos). Inst. Investigaciones Cient. de N.L. Junio 1944

PRODUCTOS DE ARCILLAS.

- Recent Trends in the Ceramic Industry.
Chem. Engineering. Julio . . . 1948

REFRACTARIOS.

- Economics Kilns for Common Brick and Tile.- Willard Richardson
Uso de Ladrillo Refractario. Fab. de Lad. Ind. y Refract. de
Monterrey. 1950
- Refractories of the future.- Raymond E. Birch.
Glass Industry Noviembre . 1945
- Properties and Application of Modern Refractories.
Chem. and Met. Engineering. Febrero. . 1935
- Recent Developments in Manufacturing and Using Refractories.-
Chem. and Met. Engineering. Julio . . . 1935
- Silicon Carbide Refractories used as Alternates for Special.-
Service Alloys.- John L. Everhart. Noviembre. . 1951
- Furnas-crete y Productos Refractarios.- Mex. Refract. Co.-. 1952

- Super-Refractories.- The Carborundum Co. Bolet. 5120 . . 1951
- Abrasion Resistant Refractory Materials.- C. Roe and H. Schroeder.-
Blast Furnace and Steel Plant. Abril. . . . 1952
- Zircona Estabilizada. Un nuevo refractario.
Exp. Am. Ind. Marzo 1951

PRODUCTOS CEMENTANTES.

- A Introduction to Industrial Asphalt Products.- J. J. Lyons. . 1936
- Columbia Manual of Concrete Curing.- Columbia Alkali Co. . . . 1934
- Use of air Entrained Concreting Paviments and Bridges.
Current Road Problems. 1950

MADERA.

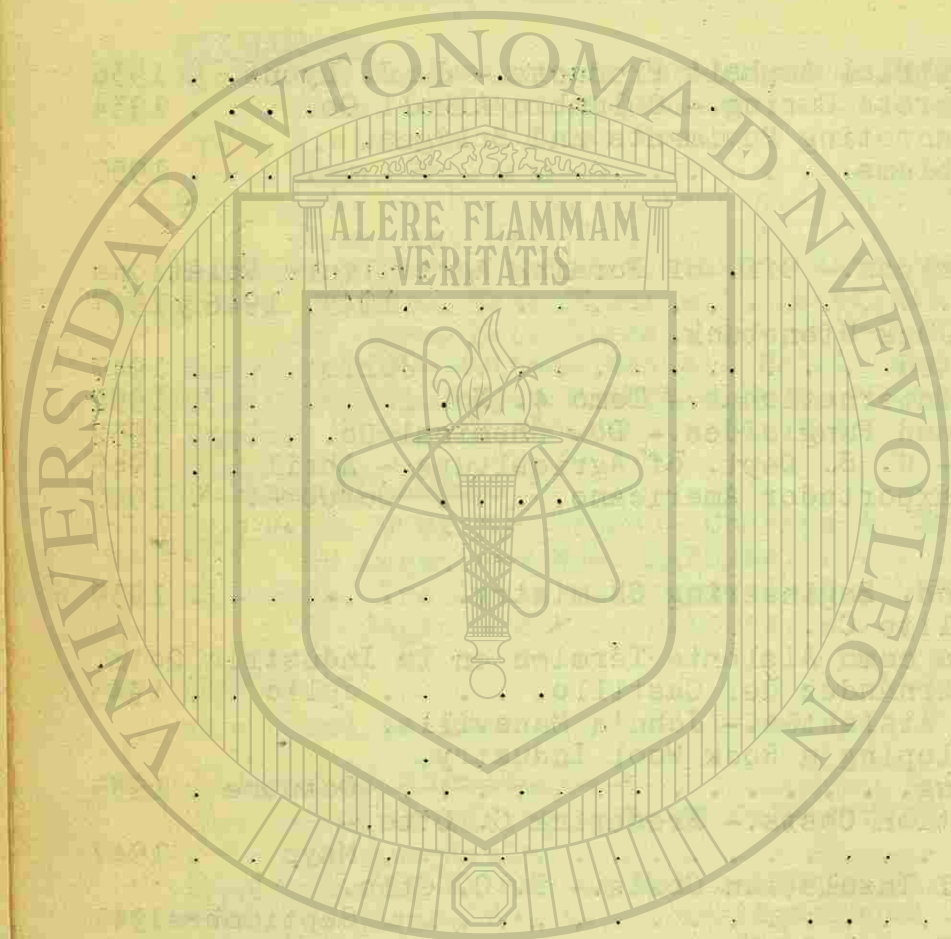
- Agriculture in the Americas.- Off. of Foreing Agriculture Relations
Volúmenes de: 1945, 1946 y 1947
- Termites of the sea.- Jack Stenebuck.
Science Illustrated. Julio . . . 1947
- Fungicidas.- Monsanto International.- Tomo 4. No. 1. 1952
- Industrial Germicides and Fungicides.- Dow Chemical Co. 1952
- Synthetic Resin Glues.- U. S. Dept. of Agriculture.- Abril . . 1945
- Madera entrechapada.- Exportador Americano. Octubre. . 1940

MATERIALES AISLANTES.

- Thermal Insulation.- Ind. Engineering Chemistry. 1939
- Heat Insulating.- Dicalite Co.
La Tierra de Diatomácea como Aislante Térmico en la Industria Quim.
Quím. Salvador Fernández del Castillo. Julio . . 1945
- Productos Industriales Aislantes.- John's Mansville.
Considerations in Developing a Rock Wool Industry.
Chem. and Met. Eng. Octubre . 1935
- Estimating cold Insulation Costs.- Frederick C. Otto.-
Chem. Eng. Mayo . . . 1947
- Estimating Mineral Wool Insulation Costs.- F. C. Otto.
Chem. Eng. Septiembre 1947
- Insulation of Tanks.- Joseph C. Moore.-
Chem. Eng. Junio . . . 1948
- Micarta Decorativo.- Ing. Westinghouse. Noviembre. 1951
- Silicones.- Dow Corning Co.
- Silicone Rubber for New Desing Possibilites.
Electrical Manufacturing. Mayo. . . 1947
- Mechanical Properties of Bore and Coated Glass Fibre.-
Glass Industry. Septiembre. 1945

PLASTICOS.

- La Industria de los Plásticos.- Exp. Am. Ind. Julio . . . 1951
- The Plastic Era.- V. C. Henrich.- Instrumentation. Febrero . . 1951
- Plásticos Transparentes y Elásticos.- Exp. Americano. Julio . . 1941
- No todos los plásticos son iguales.- House Beatiful. Octubre. 1947
- Plastics and Resins.- Union Carbide and Carbon Co.
Bakelite Review. Ago. y Oct . 1948
- New Rubber Phenolic Materials for Greater Impact. Strength.-
Wyman Gross.- Product. Engineering. 1951
- Vinyl Acetate.- L. Wilson Greene.- Chem. Eng. Julio . . . 1947
- Bakelite and Vinylite.- Union Caribe and Carbon Co.-
Boletines Nos. 658 y 485 . . . 1950



CAPITULO I

MATERIALES Y SUS PROPIEDADES.

GENERALIDADES.- El uso de diversos materiales en diferentes aspectos es uno de los puntos primordiales del Ingeniero, en sus varias profesiones, sobre todo el Ingeniero Civil es el que tiene la responsabilidad de la aplicación de ellos para construcción de puentes, edificios, plantas nucleares, etc, para la cual debe conocer las propiedades, durabilidad, comportamiento, etc, de los diversos materiales, para escoger aquellos mas adecuados para la aplicación que desea, así mismo, es posible que tenga -- que supervisar la producción o sea el mismo el productor de determinado material, para lo cual debe conocer sus métodos de fabricación, procedencia, etc. Con el fin de simplificar el estudio de los materiales veremos a continuación generalidades sobre las propiedades de los mismos, y explicación de algunos términos comprendidos en dicho estudio.

MATERIALES.- Se entiende por materiales, cualquiera de los productos o el conjunto de ellos que se necesitan para hacer una obra.

CLASIFICACION DE MATERIALES.- De acuerdo con su empleo los materiales pueden clasificarse en 4 grupos que son:

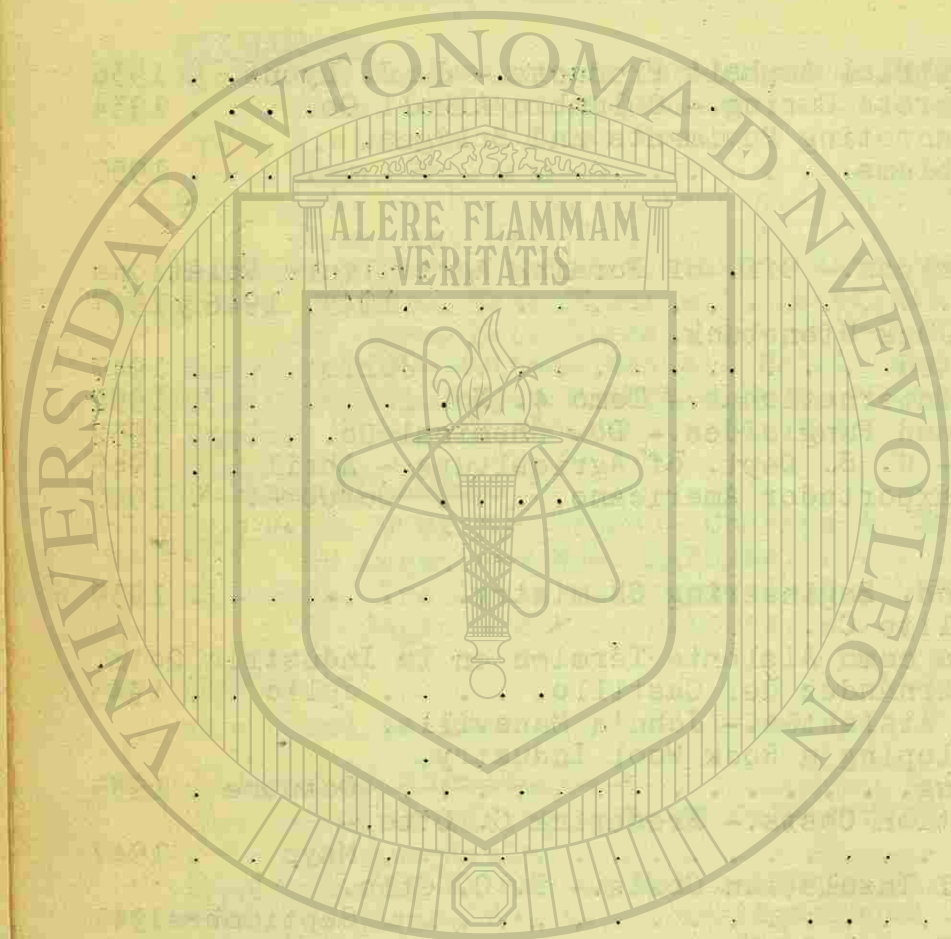
1. **Materiales Primarios o Principales.**- Son aquellos que forman la base de las estructuras empleadas en construcción, a estos pertenecen: Los materiales metálicos, Las piedras naturales, Los productos de arcilla, La madera y Los plásticos.

2. **Materiales Refractarios.**- Materiales para la construcción de obras que vayan a estar en contacto con el calor.

3. **Materiales Cementantes.**- Materiales que sirven para fijar en obra los materiales pétreos, a ellos pertenecen: Materiales de Cal y Magnesia, Yeso, Cementos Hidráulicos y Materiales Bituminosos.

4. **Materiales Auxiliares.**- Materiales para la protección de los anteriores: Materiales aislantes, Cubiertas protectoras, Hule, Vidrio, etc.

Según su constitución, los materiales pueden clasificarse en: Metálicos, los derivados de los metales y No-Metálicos, todos los demás; éstos a su vez pueden dividirse en: Orgánicos, como la Madera, Los Plásticos, algunos aislantes y Materiales bituminosos, y en Inorgánicos, como los materiales refractarios, los materiales cementantes, etc.



CAPITULO I

MATERIALES Y SUS PROPIEDADES.

GENERALIDADES.- El uso de diversos materiales en diferentes aspectos es uno de los puntos primordiales del Ingeniero, en sus varias profesiones, sobre todo el Ingeniero Civil es el que tiene la responsabilidad de la aplicación de ellos para construcción de puentes, edificios, plantas nucleares, etc, para la cual debe conocer las propiedades, durabilidad, comportamiento, etc, de los diversos materiales, para escoger aquellos mas adecuados para la aplicación que desea, así mismo, es posible que tenga -- que supervisar la producción o sea el mismo el productor de determinado material, para lo cual debe conocer sus métodos de fabricación, procedencia, etc. Con el fin de simplificar el estudio de los materiales veremos a continuación generalidades sobre las propiedades de los mismos, y explicación de algunos términos comprendidos en dicho estudio.

MATERIALES.- Se entiende por materiales, cualquiera de los productos o el conjunto de ellos que se necesitan para hacer una obra.

CLASIFICACION DE MATERIALES.- De acuerdo con su empleo los materiales pueden clasificarse en 4 grupos que son:

1. **Materiales Primarios o Principales.**- Son aquellos que forman la base de las estructuras empleadas en construcción, a estos pertenecen: Los materiales metálicos, Las piedras naturales, Los productos de arcilla, La madera y Los plásticos.

2. **Materiales Refractarios.**- Materiales para la construcción de obras que vayan a estar en contacto con el calor.

3. **Materiales Cementantes.**- Materiales que sirven para fijar en obra los materiales pétreos, a ellos pertenecen: Materiales de Cal y Magnesia, Yeso, Cementos Hidráulicos y Materiales Bituminosos.

4. **Materiales Auxiliares.**- Materiales para la protección de los anteriores: Materiales aislantes, Cubiertas protectoras, Hule, Vidrio, etc.

Según su constitución, los materiales pueden clasificarse en: Metálicos, los derivados de los metales y No-Metálicos, todos los demás; éstos a su vez pueden dividirse en: Orgánicos, como la Madera, Los Plásticos, algunos aislantes y Materiales bituminosos, y en Inorgánicos, como los materiales refractarios, los materiales cementantes, etc.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.- Para la Selección de los materiales adecuados para un uso determinado, el Ingeniero debe tener en cuenta las propiedades y características de esos materiales, de acuerdo con las condiciones a que van a someterse, naturalmente, habrá muchos materiales que sirvan para diferentes trabajos, pero en otros quizá puedan usarse materiales diferentes para un mismo fin, y en este caso, el más apropiado, será aquel que tenga mayor "durabilidad", apariencia mas satisfactoria y el mas bajo costo, para saber si un material es apropiado para un uso determinado es necesario comparar ciertas "cualidades" con las del material en uso, para lo cual se han empleado términos específicos, para describir exactamente dichas características, dandoles valores numéricos de acuerdo con ciertas medidas que constituyen en esencia las "Propiedades", por ej: el término resistencia, es una cualidad, pero es de significado indefinido, cuando se dice, buena resistencia, mala resistencia, etc. En cambio, el término "última fuerza a la compresión" es una propiedad definida, que se expresa con un cierto valor numérico y permite una comparación mas precisa. En la práctica, debido a diferencias entre piezas de un mismo material, se fijan valores límites para muchas de estas propiedades, sobre todo mecánicas, indicandose en otras los promedios de dichos valores. Estas diferencias en los materiales son debidas a muchos factores, entre ellos: la composición química, los métodos de obtención, su estructura, etc.

COMPOSICION Y CARACTERISTICAS QUIMICAS.- Los materiales pueden estar formados por un solo elemento, (metales puros) o un solo compuesto (cál, yeso, etc,) o bien por dos o mas elementos o compuestos que se llaman "componentes" o "constituyentes", formando mezclas en las cuales cada uno de los componentes se comporta como si estuviera solo, conservando sus propiedades, que comunican al conjunto solo en razón de su proporción, por ej: el granito es una roca ígnea compuesta, formada por cuarzo, feldespato y mica.- Además de los componentes principales, los materiales pueden tener cantidades variables de materias extrañas, que les comunican ciertas propiedades (color, etc,) pero que no forman parte del material en sí, por lo que se les considera como "Impurezas". Entre las características químicas, una condición de los materiales de gran importancia para el Ingeniero la constituye la mayor o menor facilidad con que los materiales entran en combinación química con otras sustancias, con las que pueden ponerse en contacto, por ej: la acción de la intemperie, del agua, del oxígeno, etc, producen la destrucción de los materiales; un fenómeno de éste tipo de gran importancia es la corrosión de los metales, que produce anualmente millones de pesos en pérdidas. por reparación, reemplazamiento y mantenimiento de estructuras y piezas. Esta condición se expresa a menudo bajo un término llamado Durabilidad.

OBTENCION.- La obtención de materiales comprende la transformación química o mecánica de determinadas materias primas, es decir, que puede tratarse de materiales naturales: piedras, madera, etc, que solo necesiten adaptación mecánica (labrado, cortado, etc) ó de materiales artificiales que requieran además un tratamiento químico para ser obtenidas, por ej: los metales deben ser extraídos de sus

minerales (Metalurgia Extractiva, Cap II), mediante ciertas transformaciones químicas. A menudo, sobre todo tratandose de metales, la presencia de determinadas impurezas hace cambiar el método de obtención para poder eliminarlas, de aquí que deba ejercerse un cuidadoso control en la selección y manejo de las materias primas, para lograr cierta uniformidad en el producto obtenido.

ESTRUCTURA.- Los materiales están formados por átomos o moléculas, las cuales se agrupan en determinada forma que constituye su estructura; para su estudio pueden considerarse dos tipos: Macroestructura y Microestructura.

Macroestructura.- Viene siendo la estructura que se puede notar a simple vista, puede ser determinada por la fractura del material, recibiendo distintos nombres como: compacta, de partículas muy finas, cristalina, formada por cristales, amorfa, por partículas sin forma definida, granulosa, formada por granos más o menos grandes, escamosa, en forma de escamas, hojosa, (mica) en forma de hojas más o menos delgadas, tabular, cuando éstas son gruesas, vítrea, cuando se asemeja al cristal y fibrosa, (madera, asbesto, etc.). Aunque muchas veces la estructura puede notarse a simple vista y con cierta práctica conocer la clase y características del material, por ej: distintos tipos de madera, cristalización de las aleaciones, etc, es conveniente a veces, sobre todo tratandose de metales, pulir el corte obtenido y tratarlo con reactivos apropiados que pongan de manifiesto ciertas características de la estructura.

Microestructura.- Como su nombre lo indica, es la estructura que muestran los materiales cuando se les examina al microscopio, en éstas condiciones, se observa que aún los mas homogéneos están formando por un agregado de pequeñas partículas, tales como cristales, fibras, etc. Los metales, aún los mas puros, están formados por un agregado de cristales con diferentes propiedades según su orientación. La madera se observa compuesta de fibras y células, otros materiales consisten de partículas cementadas por algún compuesto, por ej: las areniscas, el granito, etc. El arreglo de todas estas partículas puede determinar a menudo variaciones en las propiedades, por ej: la caliza y el mármol están formados por el mismo material o sea el carbonato de calcio, pero en los mármoles éste compuesto se ha sujetado a altas temperaturas y presiones durante su formación, dando una estructura cristalina y mas compacta que en las calizas o sea una estructura diferente; de la misma manera, muchas aleaciones, al someterse a tratamientos térmicos (recocido, templado, etc), varían su estructura interna y por lo tanto muchas propiedades físicas, de donde se deduce que las propiedades de un material no dependen únicamente de su composición química, sino de la manera como las unidades elementales están distribuidas en la estructura. En el caso de las sustancias cristalinas, se les considera formadas por átomos arreglados según un patrón geométrico regular y definido para cada sustancia, el cual puede determinarse por medio de los rayos X, (Véase metales).

Tamaño de las Partículas.- Una característica importante de

los materiales la constituye el tamaño individual de las partículas, fibras, granos o cristales que los forman; para un mismo material la masa formada por partículas pequeñas es generalmente más resistente que la de partículas gruesas, por la mutua interferencia de los planos de deslizamiento entre granos adyacentes, no permitiendo que la falla se extienda. Además de la resistencia, la ductilidad de los metales vaciados aumenta con el tamaño del grano. La notable capacidad del hule, el nylon, el chapapote, para deformarse, se atribuye a sus largas cadenas moleculares. El método empleado para determinar el tamaño de las partículas depende de la naturaleza del material. En los metales se expresa el número promedio de granos por unidad de área en término de una escala arbitraria y se determina en las microfotografías. En los materiales granulares sueltos como la arena, el cemento, el yeso, etc., el tamaño de las partículas se expresa en función del por ciento que pasa a través de una criba dada, es decir, de un cedazo cuyo número (100, 200, etc), indica el número de aberturas por pulgada de tela que posee, así; entre mayor sea éste, menor deberá ser el tamaño de las partículas. En materiales con partículas de diferentes tamaños, se toman varios cedazos de malla 6 á 300, estableciéndose una relación promedio en gráficas o valores específicos.

PROPIEDADES FISICAS.- Son aquellas que comprenden el comportamiento de los materiales desde el punto de vista físico, sobre todo bajo la acción del calor y la electricidad, pueden considerarse las siguientes:

Cohesión.- Fuerza de atracción entre las partículas de un material, la cual las mantiene unidas, predomina en los sólidos, sobre los líquidos y gases, varía según la obtención, el estado de cristalización y la pureza, disminuye con el aumento en temperatura y las acciones deformantes. La Cohesión de un sólido cristalizado no es la misma en todas las direcciones, presentando cierta debilidad a lo largo de los planos de cristalización, por ej: la mica y cierta variedad de yeso, se parten fácilmente en hojas delgadas paralelas a dichos planos.

Peso Específico.- Es el peso de un volumen determinado del material, comparado con el de un volumen igual de agua. Se expresa en grs/cm^3 , Kgs/dm^3 ó Tons/M^3 , en el sistema métrico y en lbs/plg^3 ó lbs/pie^3 , en el sistema inglés; se le llama también densidad relativa o simplemente densidad. La densidad varía con la porosidad del material y con la estructura, siendo menor, cuanto mayor sea la porosidad, presentado los cuerpos porosos una "densidad aparente", es decir, que no es la densidad propia que el material tendría si fuera compacto; sin embargo, es la más usada en la práctica. Los cuerpos sometidos a presión, por ej; los metales laminados, tienen una densidad mayor por su compactación, que los vaciados, que tienen mayor cantidad de poros. Los cambios de estructura también la afectan, por ej; las diferentes formas alotrópicas presentan distinta densidad. La densidad de un metal es menor al estado líquido que al estado sólido, en el caso de los líquidos, la densidad puede expresarse en grados de un hidrómetro o aerómetro, que es un cilindro vertical lastrado en el fondo, con

una escala marcada con las gravedades específicas o con una escala arbitraria: generalmente se usan los grados Baumé, que se expresan $^{\circ}\text{Bé}$ por ej: 30°Bé , representa una gravedad específica de 1.26087 grs/cm^3 para líquidos más pesados que el agua y de 0.87500 grs/cm^3 , para los más ligeros, estos valores se determinan con aerómetros diferentes y vienen tabulados para transformación en uno u otro. Algunos aerómetros traen las dos escalas.

Calor Específico.- Es la relación entre el calor necesario para aumentar un grado centígrado la temperatura de la unidad de peso de la sustancia y el necesario para elevar también 1°C la temperatura de 1 gr de agua (caloría); también se expresa como el calor en calorías o B. T. U. necesario para elevar 1°C la temperatura de 1 gr, de sustancia. Un B. T. U. (British thermal unity) equivale a 252 calorías pequeñas.

Punto de Fusión.- Es la temperatura a la cual un cuerpo se funde, es decir, se licúa, representa el equilibrio entre el estado sólido y el líquido. La operación a que corresponde se llama **Fusión**. Ciertos cuerpos como el vidrio, el hierro, etc, antes de fundirse se reblandecen, pasando por estados intermedios entre el sólido y el líquido, o sea el estado pastoso (fusión pastosa o vidriosa). La mayor parte de los cuerpos al pasar del estado sólido al líquido aumentan de volumen, esto es de gran importancia porque durante la fusión los trozos del cuerpo todavía sólidos quedan en el fondo del líquido, por lo que pueden seguir recibiendo calor.

Sobrefusión.- En ciertos casos se puede enfriar un líquido a una temperatura inferior a su punto de fusión sin que se solidifique, diciéndose que está en sobrefusión. Este es un estado inestable, cesa cuando se agita la masa o se toca con alguna partícula del cuerpo solidificado.

Solidificación.- Es la operación contraria de la fusión, representa el paso del estado sólido al líquido. La temperatura de solidificación corresponde con la de fusión. La velocidad de solidificación de los materiales tiene una gran influencia en la estructura; generalmente el enfriamiento lento produce formas geométricas definidas que se llaman "cristales" es decir, que el material cristaliza, por el contrario, si el enfriamiento es rápido, ciertos materiales no tienen tiempo de cristalizar y quedan en una forma amorfa; los materiales cristalinos, como los metales, adquieren una estructura fina con el enfriamiento rápido y gruesa o de cristales grandes, con el lento. Los materiales cristalinos como ya se dijo, muestran propiedades variables según la dirección en que se consideren, por ej: la dilatación térmica, por lo cual se les llama "Anisotropos". En cambio los cuerpos amorfos (sin forma) como el vidrio, los plásticos, etc, se forman por la solidificación de un líquido que se va haciendo viscoso por el enfriamiento y que toma un estado sólido llamado "Isótropo", en el cual las propiedades son independientes de la dirección.

Conductibilidad térmica.- Propiedad que poseen los materiales de transmitir el calor de partícula en partícula (átomos o

moléculas) a través de su masa. La unidad puede tomarse como el No. de calorías que pasan por la unidad de tiempo a través de 1 - cúbico de 1 cm de arista, de una sustancia cuyas caras opuestas difieren en 10°C de temperatura. Se expresa generalmente por el símbolo "K" y puede expresarse en Cal/seg/cm²/cm de grueso, éste valor se llama "conductancia específica" o simplemente conductancia. Los buenos conductores son aquellos que transmiten fácilmente el calor, por ej: los metales y malos conductores o aislantes del calor, los que lo transmiten lentamente (madera, vidrio, plásticos, etc). La conductibilidad térmica de la mayor parte de los materiales varía con la temperatura en general es mayor en los que tienen mayor conductibilidad eléctrica. La plata es el material que tiene mayor conductibilidad calorífica (100), le siguen el cobre (75), el oro (53), el zinc (28), el estaño (15) y el hierro (12).- La conductibilidad térmica de los materiales aislantes depende de la porosidad y del contenido de humedad, aumentando con el aumento de éstas, también, debido a que el aire seco tiene poca conductibilidad; muchos materiales aislantes deben su aplicación al aire contenido en los poros, es decir; que el calor puede transmitirse a través del material, no solo directamente por conducción de sus partículas, sino también indirectamente por el paso del aire a través de los poros y de las grietas del material. La cantidad de calor transmitido en una hora del aire en un lado del material, al otro lado, para una diferencia de 10°C en la temperatura, se conoce como coeficiente de transmisión del calor.

Durabilidad.- Resistencia de un material a perder sus cualidades, es decir, a deteriorarse durante su uso. Para ser durable un material debe resistir todas las formas de destrucción física y química, a tal grado que el efecto combinado de éstas no haga insegura la estructura en que se usa durante el período de vida prescrito. Para aumentar la durabilidad de los materiales, éstos deben protegerse de acuerdo con su afectabilidad contra ciertos factores de destrucción, por ej: con pinturas y cubiertas protectoras (metales, madera, etc), con sustancias químicas, por ej: la madera se impregna o cubre para protegerla contra la putrefacción y el ataque de insectos. Con depósitos metálicos, por ej: el fierro se somete a galvanizado o estañado. Con materiales refractarios o aislantes contra el calor, etc.

Absorción de Radiaciones.- Con el gran desarrollo de la energía atómica, se ha presentado la necesidad de valorizar la capacidad de los materiales para resistir la radiación. De los varios tipos de radiación los de más importancia son sin duda los rayos gama y los neutrones, por su mayor poder de penetración. La efectividad de un material para atenuar los rayos gama es a veces tomado por un grosor de $\frac{1}{2}$ o sea el grueso del material necesario para reducir a la mitad, la intensidad de la radiación. Los neutrones pueden ser absorbidos por el núcleo de los materiales que penetran o pueden ser desviados y reducirse su energía, la probabilidad de reacción se mide por la sección transversal del material expresada en unidades de 10⁻²⁴cm², llamadas Barnios, cuya área es equivalente al área proyectada del núcleo del átomo, por ej: el cadmio, que es un material de absorción, tiene una sección transversal de 3,000 Barnios.

PROPIEDADES MECANICAS.- Además de estas propiedades que son puramente físicas, hay que considerar otro grupo de propiedades que también son físicas pero que representan el comportamiento de los materiales bajo ciertos esfuerzos o cargas, las cuales se llaman propiedades mecánicas y se expresan en función de las resistencias ofrecidas a dichos esfuerzos y que pueden ser:

A la Tracción.- Resistencia a separarse las partículas del material por la aplicación de dos fuerzas en sentido opuesto (es tiramiento, tensión).

A la Compresión.- Resistencia a que los espacios entre las partículas de un material disminuyan por la acción de fuerzas aplicadas hacia el cuerpo en sentido opuesto, es decir, tendiendo a comprimirlo.

A la Flexión.- Resistencia de un material en forma de barra a doblarse sobre sí mismo.

A la Torsión.- Resistencia a fuerzas que tienden a hacer girar en sentidos opuestos las fibras de un material.

Los valores numéricos de éstas resistencias se miden con máquinas apropiadas (véase Ensayo de Materiales) y se expresan como la resistencia ofrecida por el material a romperse (última fuerza) bajo la acción de dichos esfuerzos en kgs/cm² o lbs/plg². Estas resistencias proceden de las propiedades siguientes de los materiales.

Elasticidad.- Propiedad que tienen los materiales de recuperar el volumen y forma primitivos cuando cesa la fuerza que producía la deformación. La deformación experimentada es diferente según se trate de materiales amorfos o cristalinos; en los primeros es rigurosamente proporcional a la carga aplicada, hasta un cierto límite que se llama "límite de proporcionalidad", dando una relación constante entre la carga y la deformación que se llama Módulo de elasticidad; mientras que en los segundos, la deformación proporcional es muy pequeña, hasta que la carga alcanza un valor crítico, después del cual se produce un aumento muy rápido en la deformación, para un pequeño aumento de la fuerza, llamándose a éste valor "límite elástico", y a la carga o fuerza correspondiente "Carga límite de elasticidad", sobrepasada ésta, sobreviene la ruptura del material, llamándose a la carga "carga de ruptura", que como ya se dijo puede corresponder a distintos esfuerzos (tensión, compresión, etc), y expresarse en fuerza por unidad de sección (Kgs/cm², etc).

Plasticidad.- Propiedad que tienen los materiales de conservar la forma que se les dé, sin volver a la original cuando cesen las fuerzas aplicadas, o sea lo contrario de la elasticidad. En general, los materiales no son ni totalmente elásticos, ni totalmente plásticos, habiendo algunos que pueden ser elásticos y plásticos, recobrando gran parte de la deformación producida, pero no su totalidad. Algunos metales se hacen parcialmente plásticos a temperaturas elevadas. La plasticidad se deduce de las pruebas de resistencia a la tensión. En los metales, puede atribuirse al arreglo atómico dentro de los cristales. La mayoría de los materiales no cristalinos (ladrillos, piedras, etc), no presentan plasticidad, siendo en cambio frágiles.

Fragilidad.- Propiedad que tienen ciertos materiales de romper se debido a golpes o choques y a veces a cambios de temperatura. No se conoce exactamente su causa, sin embargo, la presencia de ciertos esfuerzos internos de tensión, pueden volver frágil un material resistente, éstos esfuerzos pueden ser causados por imperfecciones estructurales o químicas, sobre todo en los materiales metálicos, aumentando muchas veces la tendencia a romperse por encima de los valores teóricos, por ej: en el caso de materiales amorfos como el vidrio, la discrepancia observada entre los valores teóricos y los prácticos puede deberse a la presencia de pequeñas grietas superficiales.

Dureza.- La resistencia que un material opone a la penetración de un cuerpo extraño en su superficie. En los materiales no metálicos se expresa en función de la escala de Moh, o sea una escala de los materiales, de dureza creciente, que se toma como tipo, (veáanse Piedras de Construcción). En los metales se expresa como un No. de una escala arbitraria, Brinell, Rockwell, etc, determinandose en aparatos apropiados, por la resistencia ofrecida a la penetración de una punta cónica o en forma de esfera, bajo la acción de una carga determinada. El No. de dureza se lee en una escala graduada circular o en una tabla apropiada y solo tiene valor cuando se tienen las tablas comparativas, es decir; cuando se conocen previamente los límites de dureza del material estudiado. La dureza tiene gran importancia en las operaciones de acabado de piezas (pulido, cepillado, maquinado, etc), ya que muchas veces un material de buenas características, no es apropiado para un uso determinado por no podersele dar la forma necesaria a causa de ser demasiado duro. La dureza de los metales puede modificarse por el Recocido, que es una operación térmica.

Tenacidad.- Resistencia que oponen los cuerpos a la ruptura por tensión o compresión. En los metales depende de la estructura interna, según la fineza de los cristales, y si se ha sometido o no a esfuerzos mecánicos. Disminuye generalmente con el aumento de temperatura. En los materiales amorfos, la carga necesaria para producir un determinado % de deformación aumenta rápidamente al disminuir la temperatura, pudiendo aumentar casi al doble con un descenso de 100°C. La tenacidad de los materiales metálicos está dada por la carga límite de elasticidad.

Maleabilidad.- Propiedad que permite a los cuerpos ser extendidos permanentemente en láminas en todos sentidos, sin ruptura, por la acción de presiones constantes. De los metales, el oro y la plata son los mas maleables (1 y 2), siguen por orden: cobre, aluminio, estaño, plomo, zinc, hierro y níquel. Es una consecuencia de la plasticidad.

Ductilidad.- La propiedad de los cuerpos de dejarse estirar en hilos sin romperse. Aunque ésta propiedad parece relacionarse con la maleabilidad, el orden según su ductilidad es diferente, por ej: el cobre está en el No. 3 de maleabilidad y en el 6 de ductilidad. Es como la maleabilidad una consecuencia de la plasticidad. En las pruebas de tensión los materiales dúctiles sufren un alargamiento en longitud antes de romperse. El aumento en longitud expresado como un porcentaje de la longitud original se designa como 'alargamiento'.

C A P I T U L O II

METALURGIA EXTRACTIVA.

GENERALIDADES.- Enormes cantidades de metales son extraídas anualmente en todo el mundo a partir de sus minerales, empleandose muchos de ellos en forma pura, pero principalmente aleados con otros metales para modificar sus propiedades y llenar las especificaciones requeridas en la práctica. Es por esto de gran importancia dar los pormenores del estudio de los metales en general, o sea de la metalurgia. Para comprender mejor los hechos que comprende, es muy conveniente definir los términos que en ella se emplean.

METALURGIA.- Es la ciencia que trata sobre la constitución, estructura y propiedades de los metales y aleaciones y de los procesos por los cuales son obtenidos de los minerales y adaptados para su uso en la práctica. Comprende dos ramas a saber: Metalurgia descriptiva o física y metalurgia extractiva.

Metalurgia descriptiva o física.- Trata de las relaciones entre las estructuras de metales y aleaciones, tal como son reveladas por el microscopio, y sus propiedades, así como también de la influencia en éstas, de los métodos de manufactura, los tratamientos térmicos, la composición química y el trabajo en frío o en caliente a que se sometan (Cap. IV).

Metalurgia extractiva.- Trata de la extracción y concentración de minerales y de la separación de los metales de los elementos con los cuales se encuentran asociados, ya sea físicamente (mezclados) o químicamente (combinados), es decir, de los compuestos o minerales en que se hallan y de los minerales que no los contienen y con los que están mezclados aquellos (ganga).

ELEMENTOS.- Cuerpos simples formados por átomos, que ya no pueden descomponerse en otros más sencillos por los métodos comunes, por ej: los metales.

COMPUESTOS.- Combinaciones químicas de cuerpos simples, tales como: óxidos, sulfuros, etc.

MEZCLAS.- Reunión de dos o más materiales, separables por medios físicos y que conservan sus propiedades características.

METALES.- Elementos de carácter electropositivo, con el oxígeno forman óxidos, generalmente de carácter básico.

Los Metales Comunes de uso en la industria son aquellos que poseen lustre brillante, son sólidos de gran densidad (excepto el aluminio, el magnesio, y el berilio), buenos conductores del calor y la electricidad, generalmente dúctiles y maleables y de pun

Fragilidad.- Propiedad que tienen ciertos materiales de romper se debido a golpes o choques y a veces a cambios de temperatura. -- No se conoce exactamente su causa, sin embargo, la presencia de -- ciertos esfuerzos internos de tensión, pueden volver frágil un material resistente, éstos esfuerzos pueden ser causados por imperfecciones estructurales o químicas, sobre todo en los materiales -- metálicos, aumentando muchas veces la tendencia a romperse por encima de los valores teóricos, por ej: en el caso de materiales amorfos como el vidrio, la discrepancia observada entre los valores -- teóricos y los prácticos puede deberse a la presencia de pequeñas -- grietas superficiales.

Dureza.- La resistencia que un material opone a la penetración de un cuerpo extraño en su superficie. En los materiales no metálicos se expresa en función de la escala de Moh, o sea una escala de los materiales, de dureza creciente, que se toma como tipo, (veáanse Piedras de Construcción). En los metales se expresa como un No. -- de una escala arbitraria, Brinell, Rockwell, etc, determinandose en aparatos apropiados, por la resistencia ofrecida a la penetración -- de una punta cónica o en forma de esfera, bajo la acción de una -- carga determinada. El No. de dureza se lee en una escala graduada circular o en una tabla apropiada y solo tiene valor cuando se tienen las tablas comparativas, es decir; cuando se conocen previamente los límites de dureza del material estudiado. La dureza tiene -- gran importancia en las operaciones de acabado de piezas (pulido, cepillado, maquinado, etc), ya que muchas veces un material de buenas características, no es apropiado para un uso determinado por -- no podersele dar la forma necesaria a causa de ser demasiado duro. La dureza de los metales puede modificarse por el Recocido, que es una operación térmica.

Tenacidad.- Resistencia que oponen los cuerpos a la ruptura -- por tensión o compresión. En los metales depende de la estructura interna, según la fineza de los cristales, y si se ha sometido o -- no a esfuerzos mecánicos. Disminuye generalmente con el aumento de temperatura. En los materiales amorfos, la carga necesaria para -- producir un determinado % de deformación aumenta rápidamente al -- oender la temperatura, pudiendo aumentar casi al doble con un -- censo de 100°C. La tenacidad de los materiales metálicos está dada por la carga límite de elasticidad.

Maleabilidad.- Propiedad que permite a los cuerpos ser extendidos permanentemente en láminas en todos sentidos, sin ruptura, por -- la acción de presiones constantes. De los metales, el oro y la plata son los mas maleables (1 y 2), siguen por orden: cobre, aluminio, estaño, plomo, zinc, hierro y níquel. Es una consecuencia -- de la plasticidad.

Ductilidad.- La propiedad de los cuerpos de dejarse estirar en hilos sin romperse. Aunque ésta propiedad parece relacionarse con la maleabilidad, el orden según su ductilidad es diferente, por ej: el cobre está en el No. 3 de maleabilidad y en el 6 de ductilidad. Es como la maleabilidad una consecuencia de la plasticidad. En las pruebas de tensión los materiales dúctiles sufren un alargamiento en longitud antes de romperse. El aumento en longitud expresado como un porcentaje de la longitud original se designa como 'alargamiento'.

C A P I T U L O II

METALURGIA EXTRACTIVA.

GENERALIDADES.- Enormes cantidades de metales son extraídas anualmente en todo el mundo a partir de sus minerales, empleandose muchos de ellos en forma pura, pero principalmente aleados con -- otros metales para modificar sus propiedades y llenar las especificaciones requeridas en la práctica. Es por esto de gran importancia dar los pormenores del estudio de los metales en general, o sea de la metalurgia. Para comprender mejor los hechos que comprende, es muy conveniente definir los términos que en ella se emplean.

METALURGIA.- Es la ciencia que trata sobre la constitución, estructura y propiedades de los metales y aleaciones y de los procesos -- por los cuales son obtenidos de los minerales y adaptados para su uso en la práctica. Comprende dos ramas a saber: Metalurgia descriptiva o física y metalurgia extractiva.

Metalurgia descriptiva o física.- Trata de las relaciones entre las estructuras de metales y aleaciones, tal como son reveladas por el microscopio, y sus propiedades, así como también de la influencia en éstas, de los métodos de manufactura, los tratamientos térmicos, la composición química y el trabajo en frío o en caliente a que se sometan (Cap. IV).

Metalurgia extractiva.- Trata de la extracción y concentración de minerales y de la separación de los metales de los elementos con los cuales se encuentran asociados, ya sea físicamente -- (mezclados) o químicamente (combinados), es decir, de los compuestos o minerales en que se hallan y de los minerales que no los -- contienen y con los que están mezclados aquellos (ganga).

ELEMENTOS.- Cuerpos simples formados por átomos, que ya no pueden descomponerse en otros más sencillos por los métodos comunes, por ej: los metales.

COMPUESTOS.- Combinaciones químicas de cuerpos simples, tales como: óxidos, sulfuros, etc.

MEZCLAS.- Reunión de dos o más materiales, separables por medios físicos y que conservan sus propiedades características.

METALES.- Elementos de carácter electropositivo, con el oxígeno forman óxidos, generalmente de carácter básico.

Los Metales Comunes de uso en la industria son aquellos que poseen lustre brillante, son sólidos de gran densidad (excepto el aluminio, el magnesio, y el berilio), buenos conductores del calor y la electricidad, generalmente dúctiles y maleables y de pun

to de fusión elevado. Estas propiedades se conocen como "Propiedades Metálicas", diciéndose de los materiales que las poseen que tienen "carácter metálico".

MINERAL.— Material constituyente de las rocas o sea de la corteza terrestre, definido por una composición química invariable y por su forma cristalina, variable según la estructura de sus moléculas, presentando un conjunto de propiedades físicas constantes. — También por extensión puede llamarse así, al material rocoso que contiene uno o varios minerales aprovechables. En México también llamamos mineral a una Mina de mineral metalífero.

MENA.— Mineral metalífero del cual se pueden beneficiar uno o varios metales comunes, tal como se extrae del "yacimiento o criadero", se caracteriza por tener minerales de carácter metálico. Constituye la parte pesada de un mineral.

YACIMIENTO.— Sitio o lugar en donde se haya naturalmente un mineral.

VENA.— Filón metálico que por sus características metálicas se distingue de la masa en que se haya interpuesto. También se le llama "Veta".

GANGA.— Porción de constituyentes minerales no aprovechables que acompañan a la Mena. Está formada generalmente por compuestos de metales alcalinos, alcalino-térreos (carbonatos de calcio o magnesio, etc), o térreos (arcillas, arenas) llamándose a las primeras, gangas alcalinas y a las segundas, gangas ácidas.

MINA.— Excavación que se hace para la explotación de un mineral, — si es superficial, se llama a cielo abierto y subterránea, cuando se hacen pozos, galerías o socavones. Según el metal y la forma — como se presenta, pueden ser: de yacimiento macizo, cuando hay grandes acumulaciones de mineral en masa; de filones, cuando el mineral rellena grietas o líneas de fractura; de capas, cuando los yacimientos presentan esta formación en grandes extensiones y de origen sedimentario, entre las cuales se encuentran las de Aluvión o Placeres.

OPERACIONES METALÚRGICAS.— El mineral tal como se extrae de la mina, viene mezclado comúnmente con gran cantidad de "ganga" que la mayor parte de las veces debe eliminarse lo más que se pueda en la misma mina o en una planta de tratamiento cercana, antes de pasar a la obtención del metal o metales; ésta operación recibe el nombre de concentración física. Muchos minerales vienen en forma de compuestos no aprovechables o de mayor peso molecular, los cuales es preciso transformar en compuestos aprovechables, los cuales al mismo tiempo tienen mayor por ciento de metal; a ésta operación se le conoce como concentración química. Entonces, las operaciones metalúrgicas, tienen por objeto facilitar la obtención de los metales, haciendo la operación más económica por el manejo de menor cantidad de mineral y además, ahorrarse en el costo de transporte, ya que a menudo las plantas de aprovechamiento se encuentran a grandes distancias de la mina. También, a medida que se ago

tan las existencias de minerales metalíferos, ha sido forzoso el aprovechamiento de minerales cada vez mas pobres, por medio de -- concentraciones físicas y químicas.

A menudo conviene antes de aplicar cualquier método de concentración, separar el producto extraído en tres partes, primera, la mas rica, que no necesita concentración; segunda, mineral que va a someterse a otras operaciones de concentración y tercera, material sin ningún valor, que se deshecha.

El mineral que va a ser sometido a concentración, se quiebra en quebradoras de cono o de quijada y si es necesario se muele en Molinos Chilenos, de Bolas o de Martillo (proceso de flotación). Daremos una breve descripción de estos aparatos.

a) Quebradoras de cono.— Como su nombre lo indica, constan de un cono suspendido o colocado dentro de una campana también cónica, — dejando una cierta separación, dentro de la cual se mueve con un movimiento de rotación y otro de traslación, triturando contra la pared de ésta a las piedras que van cayendo.

b) Quebradoras de quijada.— Constan de dos muelas corrugadas verticales con cierto ángulo entre ellas, una de las cuales es fija y la otra móvil, ésta, con el movimiento, se acerca y se retira de la parte superior, la inferior se mantiene fija a una abertura de terminada mediante dos tornillos laterales provistos de resortes.

c) Molinos Chilenos.— Constan de dos ruedas que giran unidas por un eje horizontal sobre un plato con pared circular, casi siempre más alta que aquellas y llevando consigo unas aletas que se encargan de recoger el material del centro y de las orillas, para mandarlo bajo las ruedas. Descargan por un orificio en el fondo, cerca de la orilla.

d) Molinos de Martillo.— Constan de un eje que lleva una serie de hojas con cabeza (martillos), que giran dentro de un cilindro, — golpeando el material contra las paredes.

e) Molinos de Bola.— Se emplean para molido muy fino, son cilindros rotatorios horizontales con una cierta inclinación, en los cuales se pone el mineral previamente quebrado, con una carga determinada de bolas de acero endurecido o acero níquel, las cuales al girar trituran las partículas entre sí y contra las paredes -- del molino.

A. CONCENTRACION FISICA.— Como ya se dijo, tiene por objeto -- aumentar el por ciento de mineral metalífero, eliminando lo mas -- que se pueda el mineral terroso o Ganga no aprovechable. Esta -- operación puede aplicarse ya sea al mineral tal como sale de la -- mina o después del escogimiento preliminar de que ya se habló.

a) Flotación.— Es el método mas comúnmente empleado, consiste en la formación de una espuma permanente en la superficie de un tanque de agua, agitando con aire una mezcla del mineral finamente -- dividido, agua y aceite, de tal manera que la Mena se adhiera al -- aceite y sea llevada a la superficie junto con la espuma, mien--

tras que las partículas de Ganga restantes (mojadas por el agua solamente) queden en suspensión por debajo de la espuma (finas) o -- se precipiten (gruesas) y puedan separarse fácilmente. Se emplea -- sobre todo para los sulfuros de bajo grado, principalmente de cobre, pudiendo concentrarse minerales tan bajos como de 10%, hasta alcanzar un contenido de sulfuros de 90%.

b).-Flotación Selectiva.--Agregando sustancias humectantes y detergentes especiales y después de un estudio previo, puede lograrse separar en diferentes capas, los diferentes compuestos metálicos que formen la Mena, llamándose a ésta: flotación selectiva; por -- ejemplo, suponiendo que un mineral contenga sulfuros de níquel y -- sulfuros de cobre; por medio de la flotación selectiva puede separarse una capa de material rico en sulfuro de cobre y otra de material rico en sulfuro de níquel.

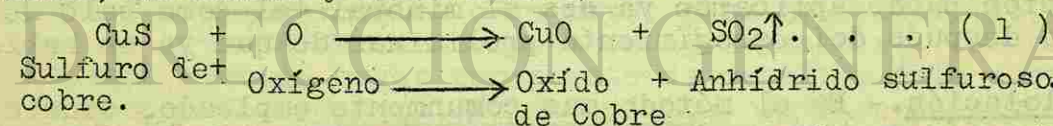
c).-Separación por diferencia de densidades o método de gravedad. El material pulverizado es arrastrado por una corriente de agua o de aire, a depósitos en donde las partículas más pesadas (mena) se depositan primero, mientras que las más ligeras (gangas) continúan en la corriente. Esto se lleva a cabo en una mesa o clasificador -- dotada de un movimiento de vibración o en tanques provistos de un agitador, rebosando por el borde el agua con la ganga y sacando la mena por el fondo con unos rascadores.

d).-Separación Magnética.--Ciertos minerales magnéticos, sobre todo de hierro (magnetita), pueden concentrarse pasando el mineral -- por electroimanes que atraen las partículas de mena magnética y de -- jan pasar las de ganga. También se emplea para separar el hierro -- magnético. Este proceso es útil para quitar a ciertos minerales su contenido de hierro, sometiéndolos previamente a una tostación oxidante para pasar los compuestos de hierro a óxidos magnéticos.

B. CONCENTRACION QUIMICA.-- Tiene por objeto transformar el compuesto natural del metal, en otro que tenga un mayor porcentaje -- (óxidos) o que sea más fácilmente manejable (cloruros), pueden considerarse dos tipos; la calcinación y la tostación.

a).-Calcinación.--Consiste en calentar (calcinar) el mineral en -- forma de carbonato, a una temperatura de 700° a 1,000°C, con el objeto de transformarlo en óxidos por pérdida de anhídrido carbónico. Se puede emplear para minerales de Hierro, Zinc o Plomo, y también para la obtención de la cal y materiales cementantes. La calcinación se lleva a cabo principalmente en Hornos Rotatorios.

b).-Tostación.--Se aplica a minerales en forma de sulfuros, arseniuros o antimonuros. Consiste en calentar el mineral a una temperatura elevada, pero sin llegar a la fusión de los constituyentes, en presencia de una corriente de aire u oxígeno, con el objeto de obtener los óxidos de los metales, con la producción de anhídridos sulfuroso, arsenioso y antimonioso, los cuales se volatilizan.



La tostación se lleva a cabo en hornos cilíndricos verticales de solera múltiple o en hornos rotatorios. En otro tipo de tostación, llamada clorurante, en lugar de la corriente de aire se pasa una corriente de Cloro o Acido Clorhídrico, para hacer solubles --

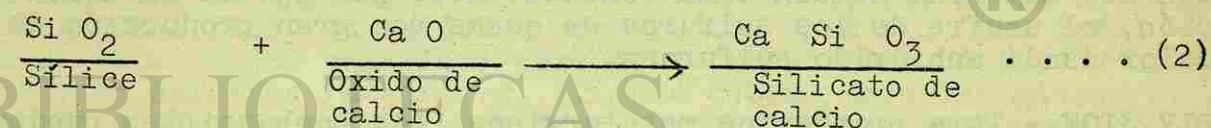
los minerales transformados en cloruros, para aplicar los procesos hidrometalúrgicos, sobre todo los electrolíticos.

PROCESOS METALURGICOS.- Aunque hay una gran variedad de procesos para la obtención de metales, los que presentan un mayor interés en la práctica son cuatro: Hidrometalurgia, Electrometalurgia, -- Pirometalurgia y Aluminotermia.

A.-Hidrometalurgia.-- Consiste en la obtención de metales a -- partir de una solución previamente preparada, tratando el mineral u otros productos metalurgicos con líquidos apropiados; no -- tiene gran importancia para los metales de construcción (se emplea para el oro y la plata), excepto cuando se aplica la corriente eléctrica (electrólisis), en cuyo caso se llama Electrohidrometalurgia.

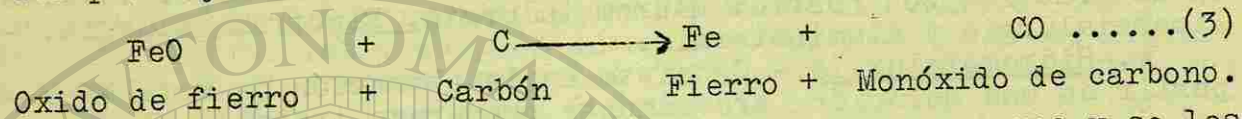
B.-Electrometalurgia.-- Consiste en la obtención de metales -- por medio de la electrólisis de sus sales fundidas o de sus soluciones (Electro-hidrometalurgia). El único metal de importancia en construcción obtenido de las primeras es el Aluminio; de las segundas lo son el Cobre y el Zinc. La ventaja primordial de la Electrometalurgia se basa en que los metales obtenidos son de -- una gran pureza (metales electrolíticos) y en que pueden aprovecharse minerales de bajo grado y recobrase un gran número de metales valiosos que se perderían en el proceso de fusión por su poca cantidad. La desventaja principal es que es más costosa que la Pirometalurgia. Sin embargo, para ciertas aplicaciones, puede competir con los procesos Pirometalúrgicos y aún mejorarlos. Una aplicación importante de la Electrometalurgia la constituye la -- refinación de metales obtenidos por Pirometalurgia, ésta se lleva a cabo vaciando el metal impuro en placas que van a servir de ánodos, con cátodos del metal puro en láminas delgadas, sometiéndolo a electrólisis en una solución de una sal del metal.

C.- Pirometalurgia.-- Es la obtención de metales por fusión -- de los minerales en forma de óxidos, con sustancias reductoras, en presencia de Fundentes adecuados. La fusión se lleva a cabo -- en hornos, ya sea por la aplicación de un Combustible o de la corriente eléctrica. Los fundentes son sustancias de carácter -- químico contrario al de la ganga, que se combinan con ella eliminándola, con la formación de la escoria o grasa. Entre los fundentes alcalinos (los más usados) se encuentran: la cal, el carbonato de calcio (calizas), minerales alcalinos de bajo grado, -- etc, y entre los ácidos: la arcilla, el cuarzo, la arena sílice, etc. La formación de la escoria puede representarse por la ecuación:



La escoria, como se vé, está formada principalmente por silicatos de calcio; constituye un material fácilmente fusible, con una -- densidad mucho más baja que el metal, lo cual le permite flotar sobre el metal fundido y fácilmente ser eliminada. Como reductor se emplea principalmente el carbón en sus diferentes variedades,

sobre todo en forma de Coke, el cual actúa además como combustible; también pueden emplearse como reductores el monóxido de carbono (CO) y algunos metales, por ej: el fierro, para la obtención del plomo y el antimonio.



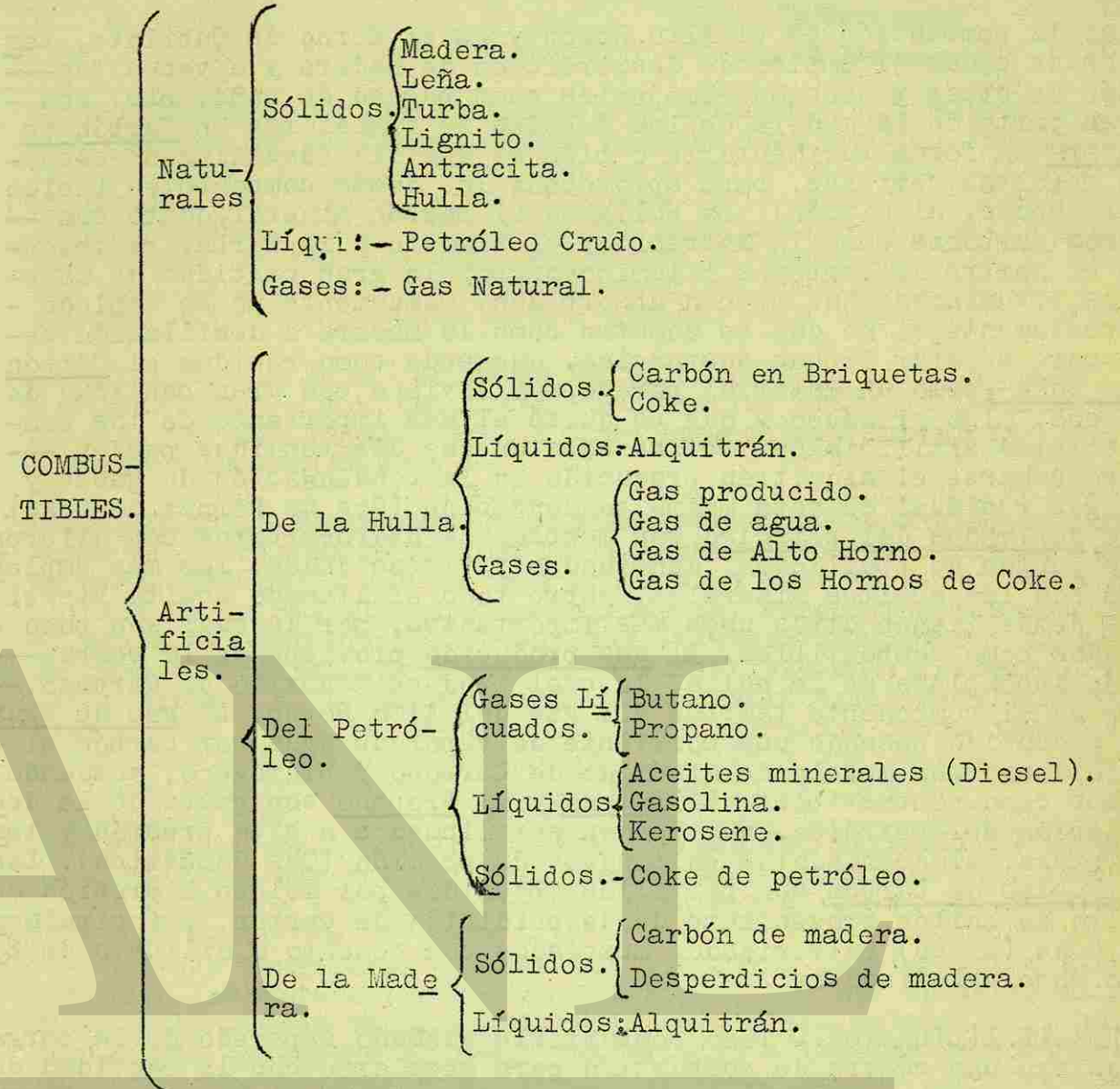
Los metales obtenidos por este proceso no son puros y se les llama metales en bruto.

A.-Aluminotermia.- Se llama también proceso Goldschmidt o de la termita, consiste en mezclar el óxido del metal con aluminio en polvo como reductor, formando una mezcla llamada Termita, la cual se somete a ignición, por ej: con magnesio y una vez iniciada, la reacción continúa por si sola, desprendiendo gran cantidad de calor y separándose el metal fundido, el cual se va al fondo, mientras la escoria flota en la superficie. La operación se lleva a cabo en aparatos especiales en forma de embudo, en los cuales se colocan los materiales en capas alternadas. Se considera más bien como un proceso de soldadura, más que de obtención de metales. Se puede emplear para la obtención de casi todos los metales, pero principalmente para la obtención del Cromo y el Manganeso y para el Fierro en soldadura.

COMBUSTIBLES

GENERALIDADES Y DEFINICION.- Pueden definirse como los materiales usados para encender o sostener una combustión para la producción de calor. Los mejores combustibles son los formados de carbón o de hidrocarburos en sus diferentes formas. Para la producción de calor dependen de su rápida combinación con el Oxígeno, generalmente del aire; ésta operación se conoce con el nombre de combustión. Los combustibles contienen gran cantidad de impurezas, tales como: sustancias minerales, que forman las cenizas; azufre, que pasa a los gases como anhídrido sulfuroso, Nitrógeno y otros gases, etc., Algunas de éstas impurezas pueden perjudicar el producto, por lo cual en estos casos deberá de usarse un combustible puro o proteger el producto contra la acción de los gases de combustión (Hornos de Mufla). En ciertos casos (pirometalurgia) el combustible no solo suministra calor, sino que interviene en el proceso como reductor. También en ciertas operaciones las impurezas del material actúan como combustibles, por ej: en la tostación, el azufre de los sulfuros se quema con gran producción de calor dando anhídrido sulfuroso.

DIVISION.- Para propósitos metalurgicos los combustibles pueden dividirse según su procedencia en: Naturales y Artificiales y según su estado físico en: Sólidos, Líquidos o Gaseosos, en el cuadro siguiente pueden apreciarse las diferentes clases, según su procedencia.



CUADRO SINOPTICO NUMERO I.

DESCRIPCION Y PROPIEDADES.- El valor de un combustible depende de la cantidad de calor que pueda ser obtenido de él, o sea de su Poder Calorífico, en calorías por kilo, o en B t u. por libra --- (1 B. t. u. = 252 calorías) para los combustibles sólidos y líquidos y en calorías /M³ ó B. t. u. /pié cúbico, para los gaseosos. - Debido a su bajo poder calorífico, muchos de los combustibles antes mencionados tienen poca aplicación Industrial. Entre los naturales, los mejores son: el carbón de hulla, el petróleo crudo y el gas natural.

El gas natural.- Esta formado por metano y etano, principalmente por éste último, es extraído de pozos en regiones petrolíferas, tiene un alto poder calorífico y una gran pureza. La madera se usa en forma de "Leña" para muchos hornos, por ej: Para ini---

ciar la combustión en el Alto Horno y en el Horno de Cubilote, también es común el empleo de desperdicios de madera y a veces también de otros productos semejantes como bagazo de caña, etc. Una gran parte de la madera de los árboles se transforma en Carbón de Madera en forma rudimentaria o bien se destila (destilación seca) en retortas cerradas, para aprovechar los demás componentes (Acido piroleñoso, alquitrán). La Hulla es el carbón mineral, junto con otros carbones como la Antracita, el Lignito y la Turba, recibiendo el nombre de Carbones Bituminosos, por la gran cantidad de materias bituminosas que tienen absorbidas. Comunmente no se emplean directamente, si no que se someten como la madera a destilación seca para separar dichas sustancias, quedando como residuo el Carbón de Coke, como un material poroso, muy liviano, con gran cantidad de huecos, algo grisáceo y que es quizá el más importante de los combustibles artificiales. De las sustancias desprendidas pueden aprovecharse el alquitrán producido en la condensación de gases y el gas residual de ésta misma condensación (Gas de Hornos de Coke). Los derivados del petróleo son mezclas de hidrocarburos con diferentes puntos de ebullición, densidades y viscosidades, los más empleados son los aceites minerales, sobre todo el llamado Aceite Diesel, los demás tienen otros usos más importantes, por lo cual son poco usados como combustibles. El gas producido proviene de la combustión incompleta de la hulla, la cual produce Monóxido de Carbono, que es el componente también del gas del Alto Horno. El gas de agua es producido pasando una corriente de vapor de agua por carbón al rojo, dando una mezcla de Monóxido de Carbono é Hidrógeno, actuando ambos como combustibles. El Butano y el Propano son gases de la destilación del petróleo, que pueden ser licuados a alta presión y temperatura, almacenandolos en tanques de presión (Gas doméstico). Las briquetas de carbón son pastillas obtenidas por moldeo a presión de polvo de carbón proveniente de desperdicios de carbón, principalmente Coke (cisco) pulverizado, mezclados con cemento o silicato de Sodio como aglutinantes.

FORMA DE APLICACION.— Todo combustible quemado separado de la carga requiere una cámara de combustión para mezclarse con la cantidad de aire apropiado, ésta cámara, cuando existe, recibe el nombre de Hogar.

Los combustibles sólidos se queman mezclados con la carga o en un hogar provisto de un enrejado metálico que permite el paso del aire a través de él, dependiendo las aberturas de la clase de combustible empleado y variando el área de espacio de 20% a 40% del área total del enrejado; que depende a su vez del poder calorífico del combustible y de la velocidad de combustión. Los enrejados pueden ser estacionarios o móviles, alimentados a mano o mecánicamente. Los combustibles líquidos y algunas veces los sólidos, se atomizan o se vaporizan en un quemador apropiado, los más viscosos se calientan previamente, pudiendo ser atomizados por la acción de una fuerte corriente de aire o de vapor seco (quemadores de vacío), por la fuerza centrífuga de un cono a alta velocidad (quemador rotatorio), por el paso a alta presión a través de pequeños orificios y la expansión súbita al salir del quemador y finalmente, evaporándolos con aire precalentado o vapor. Los combustibles gaseosos se queman inyectandolos a través de un quemador apropiado, mezclados con la cantidad necesaria de aire.

H O R N O S.

GENERALIDADES.— En las distintas operaciones pirometalurgicas, -- así como en las de concentración química (tostación y calcinación) tratamientos térmicos, obtención de aleaciones y productos, etc. -- se emplean diferentes tipos de hornos, cuyas características generales son semejantes (aunque sufren modificaciones o adaptaciones para algún uso particular). Con el fin de tener una idea de lo -- que son los hornos y sus diferentes tipos trataremos de ver a -- grandes rasgos un resumen de los mismos.

DEFINICION.— Un horno se puede definir desde el punto de vista industrial, como una construcción de material refractario recubierta o no por lámina de Acero, que se emplea para tratar materiales a temperaturas elevadas.

CONSTRUCCION.— Al construir un horno para fundir metales, hay que tener en cuenta, no solamente la refractibilidad (temperatura que aguante), del metal que se va a usar, sino también la reacción química de la operación. Esta depende del fundente empleado; si es ácido, el recubrimiento del crisol deberá ser ácido y alcalino en caso contrario. Por su parte el fundente, como ya sabemos, debe ser contrario a la ganga, o sea, que el refractario deberá ser contrario a la ganga del mineral. Como refractarios ácidos pueden servir los refractarios comunes de arcilla y los de sílice; como básicos, los refractarios de caliza, de dolomita y sobre todo de magnesita (veáanse materiales refractarios). En los procesos básicos es común construir los hornos de material refractario común o de sílice que son más baratos, revistiendo solamente el crisol de material básico y poniendo en su unión con el ácido una capa de material neutro de Cromita.

Hay que considerar también los distintos papeles que van a desempeñar las diferentes partes del horno, por ej: en la parte de carga debe usarse un material resistente a los golpes, y en las partes más expuestas al fuego, materiales altamente refractarios. La parte exterior del horno puede ser metálica, de ladrillo común, o de metal recubierto exteriormente con ladrillo común, y a veces del mismo refractario con algún material aislante entre la pared de ladrillo y el metal.

FUNCIONAMIENTO.— En todo horno se requiere fundamentalmente una fuente de calor, la cual comunmente es producida por la combustión de un combustible en presencia del aire. Este combustible como ya se vió puede ser sólido, líquido o gaseoso y puede quemarse separado de la carga o mezclado con ella. Los productos de la combustión se descargan a una "Chimenea", para lo cual se requiere una diferencia de presión que se conoce con el nombre de "Tiro" -- el cual se expresa generalmente en pulgadas de agua y que puede ser "Natural y Mecánico" (inducido o forzado). El Tiro Natural es producido por una chimenea, diseñada de acuerdo con la capacidad del horno, con un diámetro mayor en su base para aumentar la velocidad de salida de los gases y poder así producir el "Tiro" necesario, es muy eficaz cuando se emplea combustible sólido o cuando se requieren temperaturas relativamente bajas, por ej: en opera--

ciones de tostación. Cuando se requiere una gran cantidad de aire, se puede forzarlo a pasar a través de la carga, por medio de un abanico centrífugo ó un soplador, por lo que se llama "Tiro Forzado" o bien se puede colocar un extractor al final del horno y antes de la chimenea, de tal modo que se produzca una succión de los gases, aumentando la diferencia de presión y produciendo el tiro llamado "Inducido". En ocasiones pueden emplearse en combinación, el Tiro Natural y el Mecánico.

CLASIFICACION.- La forma de los hornos industriales es muy variable, debido a la gran cantidad de aplicaciones. Según su objeto pueden clasificarse en: Hornos para transformaciones químicas. Por ejemplo para tostación de sulfuros y los de reverbero para la fusión de las matas de Cobre, etc. Hornos de fusión, para procesos pirometálgicos y de afinación, por ejemplo: Los Hornos Siemens Martín, de Pude lado, etc. Hornos Recalentadores, en que se calientan los lingotes para el trabajo en caliente, Hornos recocedores, como los de ladrillos, de Cementar, de Templar y de recocer metales, etc, Hornos para secar, llamados propiamente "Estufas" y Hornos de laboratorio. Por su forma se dividen en: De Cuba, de Reverbero, de Mufla, de Crisoles, etc. Según el combustible en: De Gas, de Carbón, de Petróleo y Eléctricos. Según la marcha de producción se clasifican en: Continuos, los que trabajan continuamente é Intermitentes los que interrumpen su trabajo al término de una operación. También pueden ser: Fijos, Rotatorios (como los de cemento), de Solera Giratoria, Basculantes (algunos de crisol), etc. Trataremos de los tipos principales que tienen aplicación en Metalurgia.

A.- HORNOS DE REVERBERO.- Son hornos horizontales en los cuales las materias que se han de calentar se ponen en contacto directo con la llama, sufriendo directa o indirectamente, la acción del calor radiante, es decir, que tanto la llama, como las paredes y la bóveda irradian (Reverberan) calor sobre la carga. En su forma primitiva, como los Hornos Silesianos para la obtención del plomo y Hornos de Pude lado (Fig # 1) para el hierro de ese nombre, constan de un "hogar" y de un "laboratorio", crisol o solera, separados generalmente por un tabique llamado "puente o altar", de tal modo que las llamas y los gases calientes pasan por encima del puente, irradiando calor sobre la carga contenida en el laboratorio, pasando los gases residuales a un "tragarte o chimenea". Con el empleo del gas o combustibles líquidos atomizados, desaparece el hogar, quedando solamente una cámara de combustión a un lado o encima del crisol. (Figs# 2 y 3). Los gases salientes tienen una temperatura muy elevada, por lo cual se han empleado para la calefacción y mejor aún para calentar el aire y el combustible que se van a emplear, esto se ha logrado con el uso de "Regeneradores" y "Recuperadores". Los primeros son cámaras rellenas de ladrillos refractario entrecruzado, a través de las cuales pasan los gases de combustión, cediendo parte de su calor a los ladrillos, hasta que se ponen al rojo, cambiando entonces la salida de los gases para permitir la entrada del gas combustible y el aire. Los Recuperadores están formados por una serie de conductos o canales verticales de material refractario por los cuales circula de abajo á arriba el aire exterior, el cual se calienta por el calor transmitido a

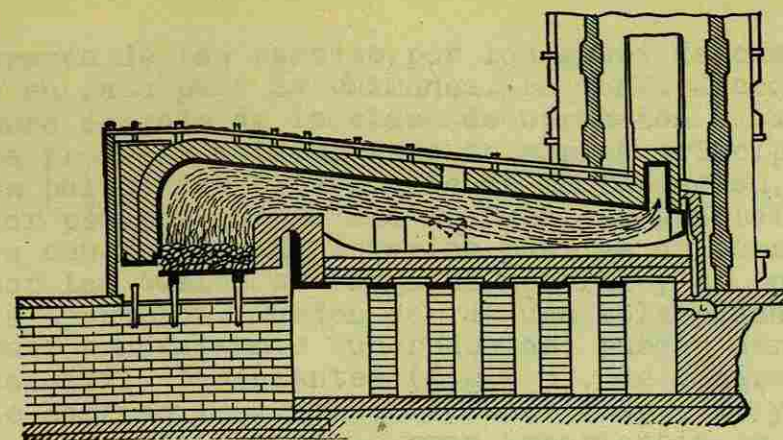


FIG. 1. HORNO DE PUDELADO.

HORNO DE REVERBERO "SKLENAR" CON QUEMADOR DE GAS O ACEITE BASCULANTE.

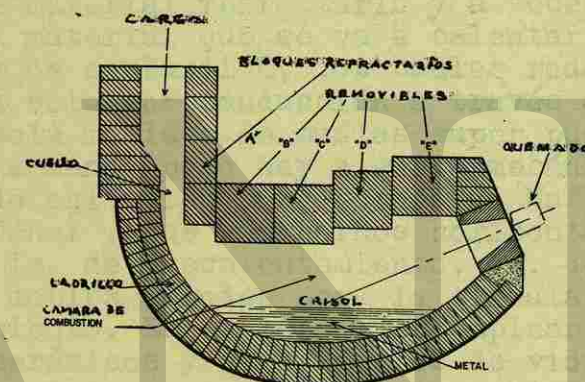


FIG. 2. Corte Esquemático.

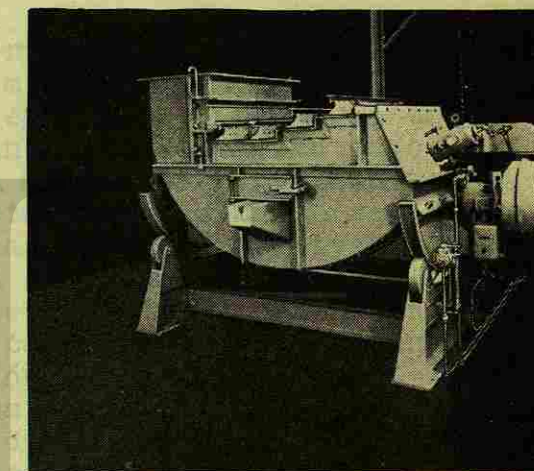


FIG. 3. Horno Completo.

HORNO DE CRISOL.

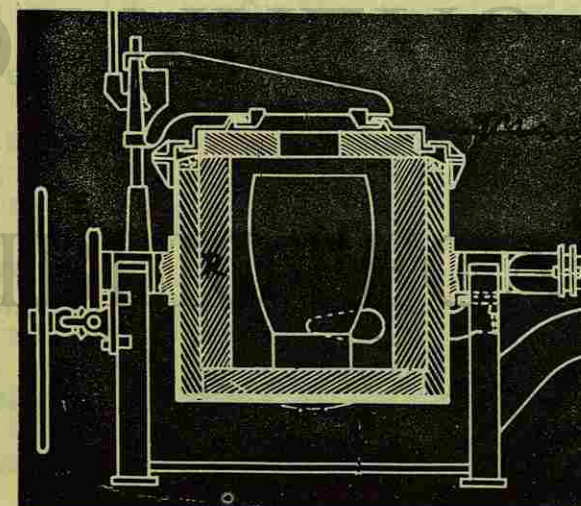


FIG. 4. Corte Esquemático.

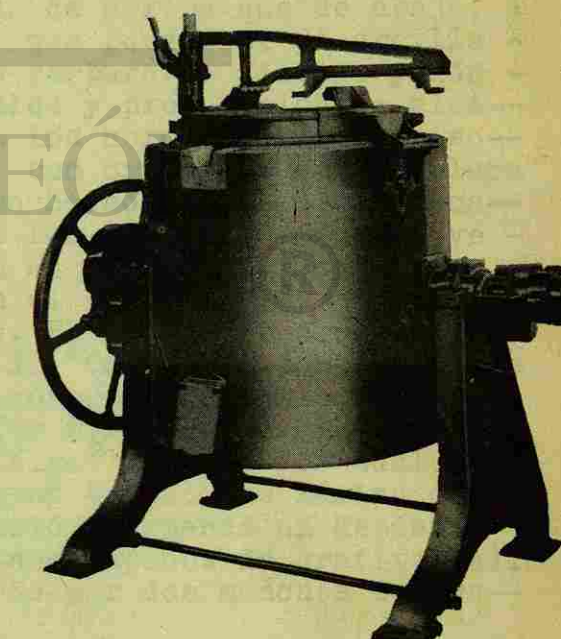


FIG. 5. Horno Completo.

través de las paredes, por los gases de combustión, que los rodean a su paso para la chimenea. La construcción de un horno de reverbero depende de la clase de operación a que se vaya a dedicar. Para procesos metalúrgicos se emplea principalmente para minerales en polvo fino proveniente de la flotación, produciéndose mucho menor pérdida que en los de Cuba. En general, los hornos de reverbero constan de una o varias puertas de carga en su parte frontal, por las cuales se carga el mineral y se inspecciona la marcha de la operación. Pueden ser de una sola plaza o Solera de varias plazas, generalmente superpuestas; pueden ser de plaza fija, de plaza móvil, basculantes (fig # 3), de cámaras, como el horno anular de Hoffman (cap. IX), de túnel (cap. IX) y de tambor rotatorio u hornos rotatorios, de gran importancia en la calcinación, no solo de materiales metálicos, sino también no metálicos, por ej: yeso, cal, cemento, etc. Cuando se tratan materiales no metálicos en -- Hornos de Solera fija, tienen estos unos rascadores para remover y sacar el material.

B.-HORNOS DE MUFLA. Se llaman así por tener un recipiente cerrado de material refractario y a veces metálico, en el cual se coloca el material que se va a calentar, evitando su contacto con los gases de combustión, los cuales rodean la mufla, calentando la -- carga solo por conducción a través de las paredes. Pueden ser de una sola mufla o de muflas superpuestas; generalmente son de trabajo a mano, pero hay algunos mecánicos, con dispositivos mecánicos de agitación. Hay hornos de Mufla continuos, del tipo llamado de Túnel, que son hornos horizontales provistos de 3 zonas (cap IX), la. de precalentamiento, 2a. de cocción (Mufla), ensanchada y de dobles paredes para la circulación de los gases y 3a. de enfriamiento. Estos hornos se emplean para ladrillos y otros productos cerámicos y en artículos de vidrio. Los hornos de mufla se emplean en operaciones sencillas, tostaciones, cementación, para -- crisoles, para laboratorio, etc.

C.- HORNOS DE CRISOL.- Se entiende por crisol, una especie de vaso de material refractario, más ancho de arriba que de abajo, a menudo de forma de Barril, (fig. # 4), que puede ser de arcilla refractaria, de grafito, de carbón, de carburo de silicio y aún metálico, empleado para fusión de metales y preparación de aleaciones. (No confundir con el crisol de los hornos). Estos crisoles se colocan en hornos de reverbero, con orificios en la solera para sentarlos; en hornos de mufla o en hornos especiales llamados de crisol, el tipo más sencillo de los cuales lo constituye un depósito de mampostería, cerrado en su parte inferior por un emparrillado, sobre el cual se colocan el crisol o los crisoles sobre una base de material refractario. El espacio entre las paredes y los crisoles se llena de carbón de "Coke", la combustión se mantiene inyectando aire por la parte inferior mediante un soplador, solo o mezclado con gas o con aceite pulverizado. También hay hornos de crisol de tipo basculante, (figs. # 4 y 5), los cuales -- son especies de tinajas cilíndricas de gran tamaño, de lámina de -- acero, revestidas de material refractario, formando un depósito -- en el cual se sienta el crisol, sobre unos tapones de grafito (A), tienen un eje en su parte media, formado por dos muñones coloca--

dos sobre unas bases; uno de los muñones es hueco (G), para inyectar por él una mezcla de aire y combustible (mediante un quemador y un soplador): Por el otro lado tiene un volante (V), con un sistema de engranes (E) para darle vuelta y vaciar el contenido. En la parte superior llevan una cubierta o tapa removible (T) de material refractario, con un orificio en el centro, para el escape de los gases.

D.- HORNOS DE CUBA.- Son hornos verticales provistos de un recipiente alargado, generalmente de sección cilíndrica u ovalada - que recibe el nombre de "Cuba" y en el cual se coloca la carga -- (Véase Alto Horno, cap.VI). La zona inferior puede ser de sección circular ó rectangular, a veces ovalada, la cual, en la obtención de metales (pirometalurgia), recibe el nombre de "crisol" y en la calcinación de materiales puede estar sustituida por un fondo cónico que se llama "Zona de enfriamiento" (Horno de cal) o bien -- tienen un dispositivo para ir extrayendo el material, (rodillos o parrilla giratoria), éstos últimos se llaman continuos o mecánicos. El extremo superior, o sea la boca del horno ó tragante, lleva en muchos casos dispositivos adecuados para la carga de los materiales, teniendo una salida lateral para los gases, o bien tiene un tubo que sirve de chimenea, cargandose por un lado o por una puerta de carga a determinada altura como en los de "Cubilote" (cap. VI). El calentamiento de la carga puede efectuarse por: 1o. Gases de combustión, que provienen de un hogar separado (Hornos de cuba de "llama larga") ó de quemadores colocados lateralmente a diferentes alturas en la parte inferior del Horno (hornos de cal). 2o. Quemando combustibles sólidos, mezclados en capas alternadas con la carga (hornos de "llama corta"), a éste último tipo pertenecen los Hornos de Cubilote, los Altos Hornos, los Hornos de Manga para la obtención del cobre, etc. Estos hornos funcionan con tipo forzado, introduciendo el aire a través de boquillas especiales situadas por encima del crisol llamadas "Toberas" (Alto Horno, Horno de Manga, etc), o de simples piezas de fierro vaciado colocadas en la pared del horno (Horno de Cubilote). Los que trabajan a mayor presión (Alto Horno), tienen placas de enfriamiento con agua, alrededor de la zona más caliente del horno (Zona de fusión).

E.- HORNOS ELECTRICOS.- Son hornos en los cuales el calor se produce por medio de la corriente eléctrica, debido a la resistencia que oponen al paso de la misma, los materiales que en ellos se encuentran, tanto si son las mismas substancias que deban transformarse, como si se trata de otras independientes de ellas; el calor producido puede aprovecharse directa ó indirectamente, es decir, en el interior del horno o desde la superficie del mismo. En el primer caso, la conversión en calor se verifica en el propio material sometido a la acción del horno, intercalado entre los polos de la corriente. En el segundo, el material se calienta por la acción de una resistencia auxiliar que puede estar situada en la superficie externa o interna del Horno. Los hornos eléctricos son más costosos en operación que los hornos de combustión, pero presentan algunas ventajas importantes:

1a. Obtención rápida de temperaturas elevadas, que además ---

pueden variarse fácilmente, sostenerse por el tiempo necesario y aún controlarse automáticamente.

2a. No hay contaminación de la carga, puesto que no existen -- combustibles o productos de combustión.

3a. Si se trata de cargas que vayan a fundirse o fundidas, se puede trabajar con cualquier tipo de escoria (Acida, Básica o Neutra), la cual puede renovarse o cambiarse fácilmente cuando sea necesario.

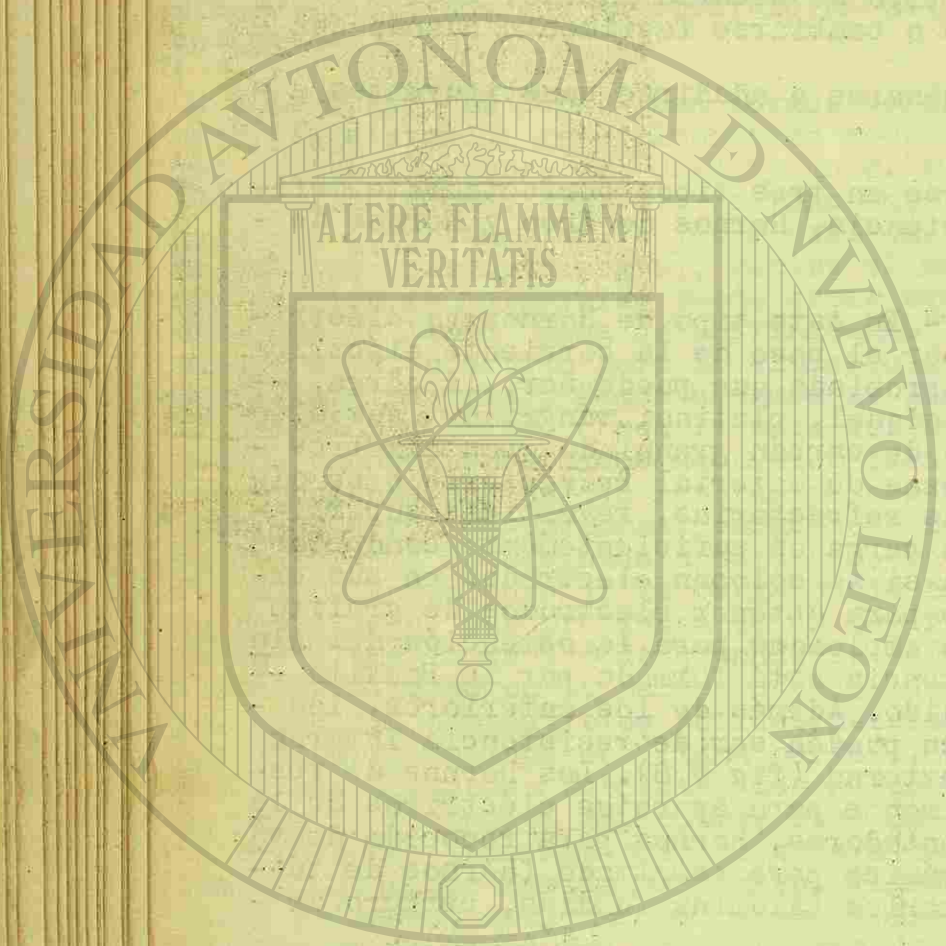
4a. Pueden fácilmente eliminarse o añadirse constituyentes a la carga.

DIVISION.- Pueden dividirse en tres tipos perfectamente definidos, que son: Hornos de Resistencia, Hornos de Arco y Hornos de Inducción.

A.- HORNOS DE RESISTENCIA.- En este tipo de Hornos la electricidad se convierte en calor por el paso de la corriente eléctrica a través de una resistencia apropiada que puede ser, la carga, -- alambres metálicos de cromo, níquel, platino, tungsteno o sus aleaciones o también de grafito o de carbón granulado. Los alambres se enrollan alrededor de piezas de material refractario o se disponen en el interior de placas refractarias, revestidas superficialmente por un metal. Si la carga es suficientemente conductora, puede actuar como resistencia si se colocan electrodos en sus extremos, por ej: en los hornos para obtener electrodos de grafito (fig. No. 6) ó también en los empleados para la obtención del Aluminio, en éste caso la resistencia está formada por la Bauxita -- fundida, es decir por un líquido. Además de los anteriores, los hornos de resistencia metálica pueden ser: de resistencia interna (fig. # 7) y de resistencia externa (fig # 8). Los hornos de resistencia se emplean principalmente para aparatos eléctricos de laboratorio, para estufas, calentadores, hornos para recocido de varios tipos de metales, en cerámica para esmaltado (Hornos de túnel eléctricos), para refractarios (Alúmina fundida, carburo de silicio, etc).

B.- HORNOS DE ARCO.- Se caracterizan por la formación de un arco voltáico a través de un gas, entre electrodos separados, de -- tal modo que la carga se caliente por el calor irradiado o bien que el arco salte entre uno o varios electrodos y el material que se esté tratando; en el primer caso, los hornos se llaman de calefacción indirecta o de arco indirecto y en el segundo, de calefacción directa o de arco directo. Los electrodos empleados pueden ser metálicos y estar refrigerados interiormente en los hornos de llama de alta tensión y de carbón o grafito en los de baja tensión, que son los más comunes. Los términos alta tensión y baja tensión, significan la diferencia de tensión que existe entre los electrodos, la cual produce la descarga eléctrica. Los de baja tensión se emplean en los hornos para producir acero y carburos, producen generalmente una mayor temperatura.

a.- Hornos de Arco directo o de Arco de resistencia.- Se dividen a su vez en tres tipos: Los de Crisol no conductor o de Arco en Serie, los de Crisol conductor y los de Electrodo en el Crisol. Los primeros constan de dos o tres electrodos suspendidos so



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

HORNOS DE RESISTENCIA.

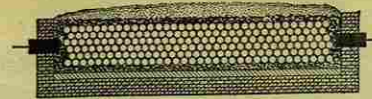


FIG. 6. Hornos para Electrodo, de Grafito.



FIG. 7. Horno de Resistencia Interna.



FIG. 8. Horno de Resistencia Externa.

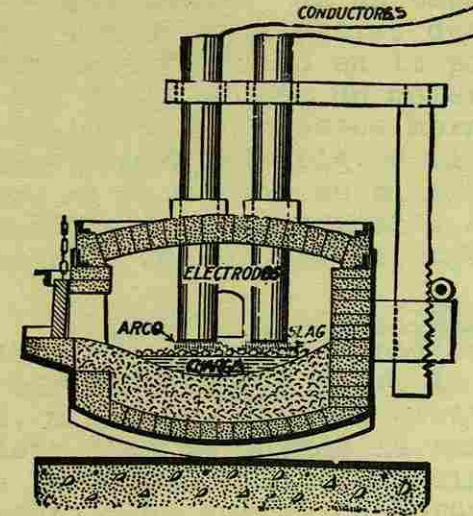


FIG. 9. Diagrama de un Horno Eléctrico de Arco.

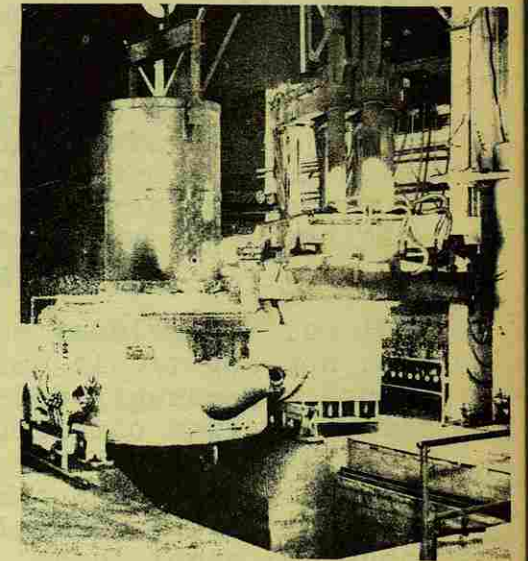


FIG. 10. Fotografía de un Horno de Arco con la cubierta removida para observar el proceso de carga.

HORNOS DE ARCO.

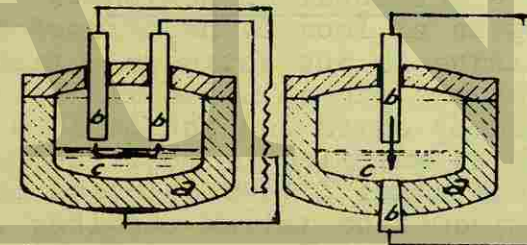


FIG. 11. De Electrometales. Crisol conductor. 2 fases.

FIG. 12. De Electrodo en el Crisol,

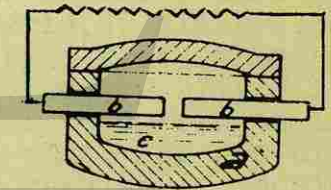


FIG. 13. De Arco Indirecto 1 fase.

HORNOS DE INDUCCION.

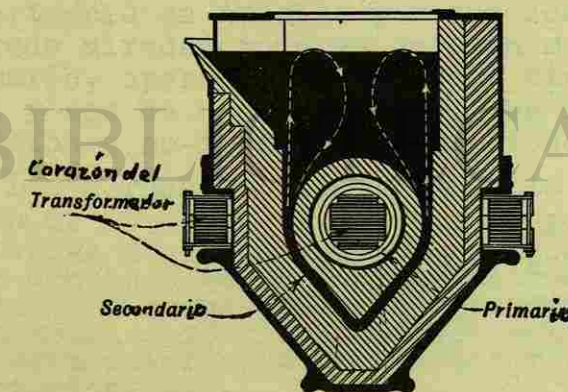


FIG. 14. De Baja Frecuencia.

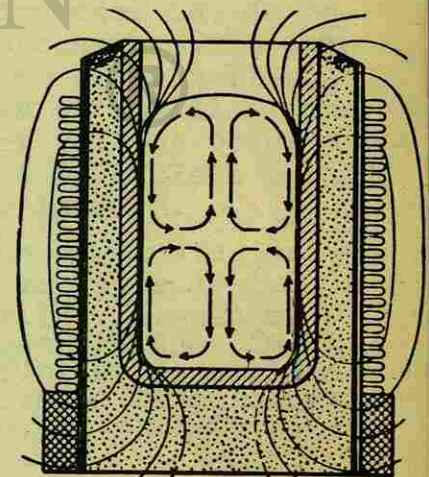


FIG. 15. De Alta Frecuencia.

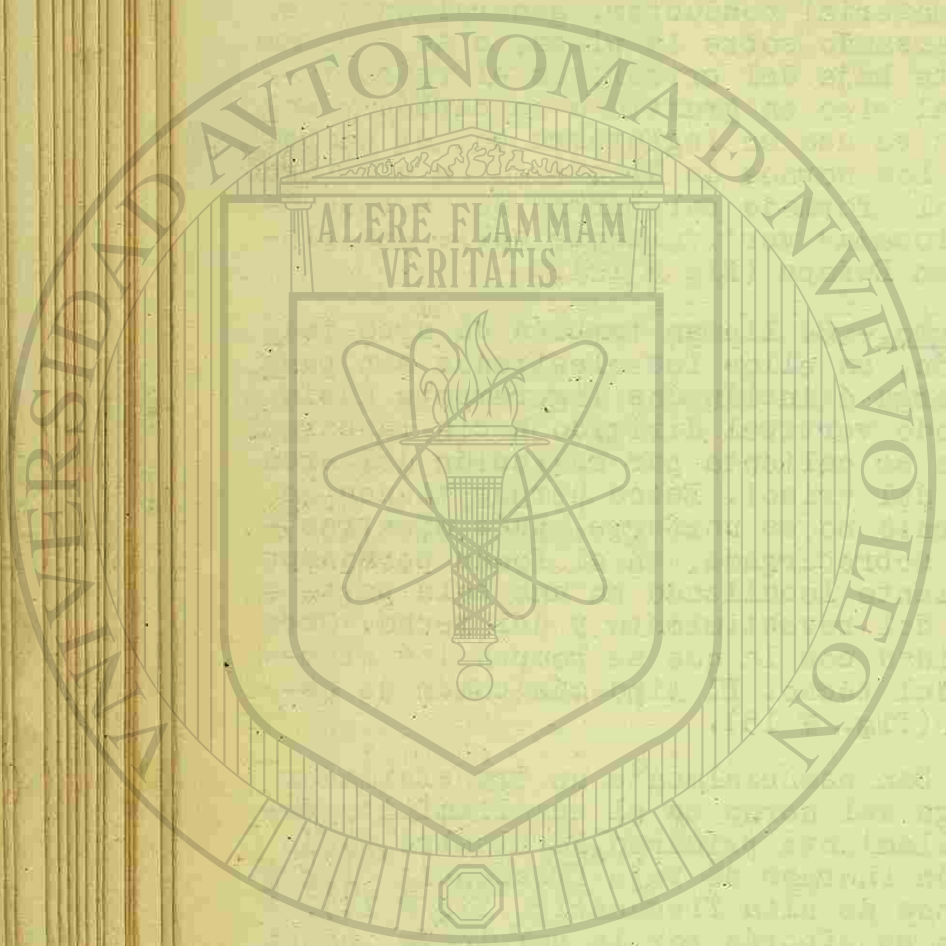
bre la carga; el arco voltaico salta entre los electrodos y el baño, formandose así dos o tres arcos, por lo que se les llama también de Arco en Serie. A éste tipo pertenecen el horno de Héroult (fig. 9 y 10) y el horno de Moore Electromelt. En los hornos de Crisol conductor (fig. # 11), el crisol refractario se hace conductor, especialmente a elevadas temperaturas, colocando en el fondo una placa de gran tamaño de un buen material conductor, generalmente de cobre, con el refractario descansando sobre la placa, o se empotran conductores de acero en la parte baja del crisol; en el refractario del fondo se usa un material rico en grafito o en carbón y magnetita. Un tipo de éstos hornos se usa en Inglaterra con el nombre de Electrometales (fig. # 11). Los hornos de Electrodo en el crisol, tienen un electrodo en el crisol formado por barras de acero suave, embebidas en el crisol o colocadas verticalmente sobre una placa, también de hierro, se usan en Europa (fig # 12).

b.-Hornos de Arco Indirecto.- Se llaman también de arco independiente o de arco de radiación, en ellos los electrodos son puestos horizontalmente sobre la carga ó inclinados ligeramente hacia ella, algunos tienen un electrodo vertical dirigido hacia la carga. En éste tipo de hornos la carga se calienta por radiación del arco y de la bóveda caliente encima del crisol. Estos hornos tienen la desventaja de que el calentamiento no es uniforme, pues mientras cerca el arco el material está sobrecargado, en el fondo permanece casi frío, además, el calentamiento localizado en una sola parte ataca duramente el refractario del revestimiento y del techo. Otra desventaja estriba en la facilidad con la que se rompen los electrodos verticalmente a través del techo. El tipo más común de estos hornos es el Horno Detroit (fig. # 13).

c.-Hornos de Inducción.- Son esencialmente un transformador de reducción, en el cual, la carga del horno es el enrollamiento secundario, mientras que el enrollamiento primario, de alambre, puede hacerse alrededor de un corazón (hornos de baja frecuencia, fig # 13) ó alrededor del horno (hornos de alta frecuencia, fig # 14). - En ambos tipos el calentamiento se efectúa por la corriente inducida al establecerse el campo electromagnético entre los dos circuitos, pudiendo variar su temperatura con solo regular la tensión del circuito primario. Esta corriente inducida provoca el movimiento de la masa una vez fundida, mezclandola y agitandola continuamente, dando productos uniformes y exentos de impurezas.

Los hornos de baja frecuencia (fig # 13) pueden ser: 1o. de canal abierto ú horizontal, empleados para servicio continuo, de poca importancia en América por sus desventajas y 2o. de canal vertical, cerrado alrededor de un corazón metálico que lleva el enrollamiento primario, operan a 25, 30 y 60 ciclos en cualquier voltaje comercial y son de una sola fase, los de baja capacidad se emplean para aleaciones no-ferrosas, sobre todo para bronce y latones.

Los hornos de alta frecuencia (fig. # 14) usan corriente del orden de 15,000 a 45,000 ciclos por segundo, con voltajes de 1,000 y a veces de 2,000 voltios, y campos magnéticos débiles. Tienen muchas ventajas sobre los anteriores, entre otras que trabajan fácilmente con carga fría y a una alta velocidad de fusión. Se emplean para metales ferrosos, aceros especiales, tratamientos térmicos y aún para materiales no conductores, como el vidrio, materiales refractarios, etc.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DIRECCIÓN GENERAL DE

CAPITULO III

METALOGRAFIA .

GENERALIDADES.- Se entiende por metalografía, el estudio de la estructura microscópica de los metales y aleaciones, así como el desarrollo de las estructuras necesarias en la práctica y su interpretación por examen microscópico. Es de gran importancia, ya que muchas propiedades mecánicas de los materiales dependen de su estructura o sea del arreglo de los cristales o granos en el cuerpo metálico (estructura primaria) y del arreglo de los átomos dentro de estas unidades (estructura secundaria), por lo que muchas veces, materiales de la misma composición química, presentan diferentes propiedades físicas debido a los cambios de estructura, por lo tanto, en la obtención de un determinado metal y sobre todo de una aleación, hay que cuidar, no solo que tenga una proporción adecuada de elementos, sino que haya recibido el tratamiento apropiado adquiriendo determinadas características físicas apropiadas para el uso a que se le destina. Estos tratamientos pueden ser mecánicos (Cap. IV) o térmicos (Pag. 37).

CRISTALIZACION:- La cristalización empieza simultáneamente en muchos centros, empezando por la disposición ordenada de los átomos, en una red cristalina de tres dimensiones, la cual va creciendo por adiciones sucesivas de átomos, hasta adquirir la forma de cristales, los cuales si crecen libremente adquieren formas geométricas regulares al exterior, llamándoseles cristales Idio-mórficos. pero si el crecimiento se lo estorban unos a otros, se forman cristales irregulares y de orientaciones diferentes que se llaman ALOTRIOMORFICOS.

Unos y otros reciben el nombre de granos cristalinos, o simplemente granos y según su tamaño, el material puede ser: de grano grueso, (grandes) de grano fino (pequeños); y microscópicos (muy finos). La forma cristalina se nota a veces también al exterior, en forma de dendritas, que son esqueletos cristalinos finamente desarrollados, de forma arborescente, de ramas entrecruzadas sin orientación determinada, con cristales de forma larga y estrecha, se presentan sobre todo en las soluciones sólidas. (Fig. 19).

Es una forma de solidificación, en la que, si hay impurezas, se reparten de una manera homogénea y se ponen de manifiesto en el ataque macográfico corrosivo, en forma de pequeños puntos oscuros semejantes a poros.

Los cristales de gran tamaño visibles a simple vista y formados primeramente, constituyen la estructura o cristalización primaria (Macroestructura).

Al proseguir el enfriamiento, se desdoblán en una infinidad de pequeños cristales, que forman en conjunto la estructura o cristalización secundaria, visible solo con el microscopio (Microestructura).

Tanto unos como otros presentan diferentes formas según su -- cristalización, pudiendo agruparse por sus características bajo -- siete sistemas cristalinos comunes a todas las substancias que -- cristalizan y que pueden resumirse en la forma siguiente:

- 1.- Cúbico o Regular.- Tres ejes iguales perpendiculares entre sí.
- 2.- Tetragonal.- Dos ejes iguales perpendiculares entre sí y -- un tercero desigual.
- 3.- Hexagonal.- Tres ejes iguales en ángulo de 120° y un cuar- -- to eje perpendicular a su plano.
- 4.- Romboédrico.- Tres ejes desiguales mutuamente perpendicula -- res.
- 5.- Ortorómbico.- Tres ejes desiguales mutuamente perpendicula -- res.
- 6.- Monoclínico.- Tres ejes desiguales, uno de ellos perpendi- -- cular a los otros dos.
- 7.- Triclínico.- Tres ejes desiguales no perpendiculares.

MACROESTRUCTURA.- Estructura primaria formada por los crista- -- les de gran tamaño, entre los que se hallan presentes las impure- -- zas del material. Estos cristales no tienen una orientación defi- -- nida, pero si se someten a tratamiento mecánico, se orientan en -- sentido paralelo al estirado, adquiriendo forma alargada como de -- fibras, y mejorando las características mecánicas del material, -- sobre todo las resistencias a la flexión, al choque en sentido- -- perpendicular y a la tensión, con aumento correspondiente del % -- de alargamiento en sentido paralelo.

El estudio macroscópico recibe el nombre de Macrografía, la -- preparación de la muestra depende de la clase de datos requeridos, -- así, para conocer la velocidad de enfriamiento, el grado de crista -- lización y la composición aproximada de una determinada aleación -- así como si está bien obtenida, basta a menudo el examen de la -- muestra facturada, si además se desea comprobar los efectos de la -- segregación o heterogeneidad química, es necesario efectuar un pu -- lido ligero y si además se quiere observar los resultados del tra -- bajo mecánico y las fibras o juntas de los cristales, es necesa -- rio un pulido casi semejante al de las muestras micrográficas y -- además un tratamiento con determinados reactivos especiales. Por -- ejem: para el acero se emplean: el yodo, el ácido sulfúrico, reac -- tivos a base de soluciones ácidas de cloruros de cobre y Magnésio, -- o de cloruros férrico, estánico y cúprico en alcohol.

El tratamiento se da por terminado cuando se ve aparecer com- -- pletamente el dibujo de los cristales o fibras (Fig. 19).

De esta manera se puede conocer la homogeneidad del material -- antes de analizarlo y antes de las pruebas mecánicas, aparte de -- que es el único medio de saber si la estructura primaria persiste -- en forma de las dendritas de solidificación, o ha sido destruida -- o modificada por tratamientos mecánicos.

También es de gran importancia al aplicar cualquier proceso -- de forjado por primera vez, para conocer la dirección en que de -- ben dirigirse los esfuerzos, orientando las fibras en sentido per -- pendicular a los esfuerzos de flexión o choque y paralelas a los -- de tracción y para conocer despues del forjado, si la operación ha -- sido correcta o no.

MICROESTRUCTURA.- Cuando un metal puro se observa al micros- -- copio, se ve que consiste de gran número de granos de formas po- -- ligonales, separados por finas líneas, y que corresponden a los -- cristales formados por la disposición de los átomos en una red -- tridimensional. Con la presencia de partículas extrañas, dichos -- granos pueden presentar una serie de irregularidades, ya que los -- átomos extraños se acomodan entre los del elemento base, pudiendo -- ser átomos de aleación cuando se introducen a propósito y átomos -- parásitos o impurezas, cuando son ocasionales. La estructura se -- cundaria, formada por cristales muy finos, solo es visible con -- el microscopio bajo la técnica llamada "Micrografía", la cual per- -- mite estudiar las diferentes estructuras internas, (Fases) de -- las aleaciones, y comprobar los cambios y transformaciones que -- puedan experimentar bajo determinados tratamientos térmicos o me -- cánicos, con el objeto de controlarlos para lograr una estructura -- determinada (Figs. 22 y 23).

La Microestructura de los metales y aleaciones puede obser- -- varse preparando una muestra apropiada y tratándola con un reac- -- tivo que ataque a un constituyente más que a otro. Para esto se -- toma una pequeña sección del metal, la cual se incluye en un pol- -- vo de plástico termolábil formando una pastilla de forma de dis- -- co. en un aparato especial, quedando el metal en el centro, se pu -- le ésta en una serie de esmeriles cada vez mas finos y finalmen- -- te con aluminio en polvo y lechada de cal, hasta obtener un aca- -- bado espejo, se trata con el reactivo, se lava y se seca para co- -- locarla en un microscopio especial llamado metalográfico, en el -- cual se ilumina con luz incidente la superficie pulimentada y se -- observan las diferentes figuras producidas para cada constituyen- -- te, apareciendo áreas más oscuras o más claras, pudiendo en con- -- diciones apropiadas mostrar determinados colores. A menudo se -- adapta al aparato una cámara fotográfica, para la obtención de -- microfotografías; las de metales no ferrosos se toman generalmen- -- te con un aumento de 75 a 100 diámetros, pero estructuras más fi- -- nas, como las de los aceros, necesitan un aumento hasta de 250 -- diámetros, y para trabajos especiales se usan aumentos hasta de -- varios miles de diámetros. Cuando se desea la identificación de -- ciertos compuestos metálicos, fases en aleaciones, estudios de -- tamaño de grano, etc, puede emplearse la luz polarizada.

REDES CRISTALINAS.- Se llaman también redes atómicas, consti- -- tuyen los centros fundamentales de los cristales de que se habló -- anteriormente, pueden considerarse como compuestas de átomos a -- rreglados según un patrón geométrico o célula elemental de forma -- regular que puede determinarse por medio de los rayos X, consi- -- ste en un paralelepípedo cuyos ocho vértices están ocupados por -- átomos y cuyas aristas representan las dimensiones de la red.

La red mas sencilla es la cúbica simple, cuya porción elemen- -- tal es un cubo (Figs. 16 y 17), la cual corresponde a compuestos -- regulares, como el cloruro de sodio. Los metales tienen estructu- -- ras mas complicadas. La forma de estos cubos es simplemente una -- representación de agrupamientos de átomos y no una estructura de -- finida, algo así como se les da forma a los grupos de estrellas -- que vemos en el cielo, es decir, que si consideramos un grupo de -- átomos con su núcleo y las capas de electrones girando alrededor -- de él como esferas (Fig. 16, 17 y 18) y unimos los centros de las

esferas exteriores resultarán las figuras que representan las redes cristalinas y que pueden ser; cubos, tetraedros o hexágonos. Hay 14 tipos posibles de redes cristalinas, que corresponden a los siete sistemas cristalinos mencionados anteriormente y de los cuales se han formado tres grupos típicos que son:

A.- Red cúbica centrada en las caras, (Fig. 16). Con un átomo en cada vértice de un cubo y otro en el centro de las caras, también se llama de paquete cerrado, porque resulta la asociación más íntima posible de las esferas (átomos), es decir, el más alto grado de concentración atómica y simetría encontrada en cualquier red, por esta razón los metales de este tipo (aluminio, cobre, plata, níquel y plomo), son dúctiles, fácilmente deformables y buenos conductores del calor y la electricidad.

B.- Red cúbica centrada en el espacio.- La célula unitaria es un cubo (Fig. 17), con un átomo en cada vértice y otro en el centro del cubo, presentan grandes vacíos o intersticios entre los átomos, por lo cual no tienen un plano de deslizamiento bien definido, sino que se deforman por movimientos a lo largo de varios planos, no permitiendo un alto grado de plasticidad, de tal modo que los metales de este tipo (hierro, molibdeno y tungsteno), tienen gran resistencia y ductilidad media.

C.- Red hexagonal compacta o de paquete hexagonal.- La porción o célula elemental tiene la forma de un prisma hexagonal, con átomos en cada una de las caras superior e inferior y en el centro geométrico de cada uno de los prismas triangulares alternados (Fig. 18), los planos superior e inferior exhiben la forma de un grupo hexagonal, formado por un átomo rodeado de otros seis. El deslizamiento se verifica dentro de planos específicos, pero no con la libertad del empaquetamiento cúbico. Los elementos hexagonales tales como Zinc, Cadmio y Magnesio, se aproximan en plasticidad a los del tipo A.

Otras.- Existen también redes tetragonales que se diferencian de las cúbicas, en que uno de los ejes de la porción elemental se encuentra alargado o acortado con respecto de los otros dos. A este tipo pertenece el Estaño con un tipo especial y el Manganeso con redes centradas en las caras. Los metales que cristalizan con una simetría más baja que las anteriores, tales como Ortorrómbico, Monoclínico o Triclínico, no presentan planos de deslizamiento o deformación, por lo cual son relativamente frágiles y de menor aplicación.

MODIFICACIONES ALOTROPICAS.- Las formas de cristalización de un metal de estructura cristalina diferente y con diferencias marcadas en su contenido de energía, se llaman Formas alotrópicas. Entre los metales hay cuando menos 15 que existen en varias formas alotrópicas y entre los de uso común tenemos: Cromo, Cobalto, Hierro, Manganeso, Estaño, Titanio, Tungsteno y Zirconio. También se le llama a esta propiedad "Polimorfismo". Son producidas generalmente por un cambio en la temperatura, al aumentar ésta, aumenta el tamaño de la red cristalina, hasta alcanzar una temperatura llamada de transición, a la cual se presenta un arreglo atómico más estable y con menos energía total. En general la transformación es reversible y cuando el metal se enfría, ocurre una recristalización reanunciando el metal su forma original, Por ej: el hierro del tipo A.

a los 906°C se transforma en el tipo B, hasta 1.041°C, en donde otra vez cambia al tipo A, hasta llegar a los 1,530°C, o sea la temperatura de fusión. También se pueden producir cambios en la estructura aumentando la presión.

DEFORMACION.- La deformación de los materiales metálicos como elementos estructurales, bajo un determinado esfuerzo, no es permanente dentro de cierto límite; conservando el material su elasticidad; después de este límite, se manifiesta una acción llamada inelástica, la cual constituye una de las principales causas de falla del material, entendiéndose por falla la ruptura bajo un esfuerzo determinado. La falla puede ocurrir de dos maneras: si la acción inelástica se hace cero dentro de un corto tiempo después de ser aplicada la carga, la falla se produce por deslizamiento de los cristales. En el examen microscópico se observan planos de finidos de deslizamiento, que algunas veces pueden verse a simple vista, es decir, que la acción parece tomar lugar siguiendo planos definidos de debilitamiento a lo largo de los cristales individuales, más bien que entre los mismos cristales. Este fenómeno puede o no ser perjudicial, según el uso del miembro estructural que lo halla experimentado. La resistencia que oponen los cuerpos a fallar por deslizamiento se llama Resistencia Elástica y corresponde con el valor de la última fuerza. Cuando el deslizamiento no es muy grande, se puede eliminar calentando el material a determinada temperatura (Recocido). Ciertos metales (Zinc), sufren un auto-recocido, es decir, que solo con el reposo eliminan la distorsión experimentada, (sin necesidad de calentar.)

Si la acción inelástica no se anula o se hace cero, dentro de un corto tiempo después de aplicada la carga, la falla se produce por arrastre lento de planos de movimiento y al observar al microscopio se nota una rotación de los cristales, debida a la deformación plástica en sus alrededores; esta deformación se asemeja al flujo lento de un material viscoso. El peligro de este fenómeno es que puede producir, aunque lentamente, suficiente deformación para causar la falla del material, aún cuando el esfuerzo aplicado no sea tan grande como el que causa el deslizamiento, ocurre sobre todo cerca del punto de fusión del material y aumenta con el aumento de la temperatura. Algunos metales como el plomo y el estaño fallan a la temperatura ordinaria. A esta deformación se deben el alargamiento y la reducción de área de los metales dúctiles antes de fracturarse.

Se ha observado que los cristales metálicos perfectos resisten como 10 veces más carga que los metales empleados en la práctica, esta diferencia se atribuye a imperfecciones de estructura y sobre todo de composición, debido a la presencia de impurezas, algunas de las cuales forman una película sobre los sitios de continuidad del grano, eliminando las fuerzas de cohesión entre éste y los granos adyacentes; es el caso de gases como el Oxígeno, Nitrógeno y el Hidrógeno cuya presencia es por esto sumamente perjudicial, llegando a notarse aún a simple vista la microporosidad producida por ellos. Sobre todo en las piezas vaciadas.

La deformación de los materiales bajo carga puede controlarse por medios químicos o medios físicos. En el 1er caso puede ser por adición de un segundo material, (aleaciones), el segundo puede

ser, por el control de la orientación de los planos de deslizamiento y del tamaño de los cristales, esto puede hacerse por los tratamientos mecánicos y térmicos.

A L E A C I O N E S .

GENERALIDADES.- Según se vió anteriormente, una de las formas más efectivas de controlar las propiedades de los metales, la constituye sin duda la adición de otro u otros elementos en cantidad suficiente para que sus átomos, intercalados con los del elemento base modifiquen sus propiedades, haciéndolos más duros, resistentes, tenaces, etc. es decir, para formar una aleación.

DEFINICION.- Masa metálica coherente, formada por la asociación íntima de dos o más metales y a veces por metales y no metales (Hierros y Aceros). Lo anterior quiere decir que, para que dos metales formen aleación, se necesita que sus partículas adquieran cohesión entre ellas y se asocien en una forma homogénea, distribuyéndose los átomos de uno en el otro, ya sea en forma de solución de composición uniforme, o como una masa de cristales de dos o más composiciones típicas y de propiedades específicas.

OBTENCION.- En la obtención de aleaciones el proceso más común es el de la fusión de los constituyentes en hornos y vaciado en moldes, para fabricación de piezas vaciadas. En ocasiones se emplea el proceso de Difusión, que consiste en calentar por grandes períodos de tiempo y a temperaturas relativamente altas, el material sólido mezclado con el material difusible (véase cementación), el cual penetra paulativamente a través de las paredes, hacia el centro de la pieza, tal como una gota de tinta se difunde en un vaso de agua.

No debe creerse que la obtención de aleaciones es sencilla y que basta fundir los elementos en la proporción indicada, deben tenerse en cuenta varios factores; agregar fundentes para la eliminación de los óxidos e impurezas, desoxidantes para eliminar el oxígeno absorbido, desgasificantes para eliminar los gases, etc. además, tener en cuenta ciertas propiedades de los elementos para su adición; comunmente se funde 1º el metal de más alto punto de fusión y se agrega al último el más fácilmente fusible. Si el metal es fácilmente oxidable, debe fundirse en atmósfera reductora, por ej: de Nitrógeno o bien fundirlo al vacío, como por ej. el Magnesio, que se enciende fácilmente al aire. Si se van a agregar en pequeñas cantidades metales difícilmente fusibles, debe hacerse en forma de aleaciones base previamente preparadas, con un % determinado del elemento.

ESTRUCTURA.- Al verificarse la solidificación de los metales que forman una aleación, resultan un N.º variable de diferentes estructuras (fases), de acuerdo con: el grado de solubilidad mutua de los componentes, su habilidad para combinarse o formar fases intermedias, la velocidad de enfriamiento, los cambios de temperatura y la composición, de aquí que su estudio resulte bastante complicado, máxime si se trata de aleaciones con mas de dos componentes, por esta razón, en la práctica se pueden considerar la mayor parte de las aleaciones como binarias, es decir, formadas por dos compo-

mentos y estudiar practicamente la influencia de otros elementos -- sobre todo si se agregan solo en pequeñas cantidades para comunicar ciertas propiedades.

Para estudiar el comportamiento y desde luego la estructura -- resultante de las aleaciones, se construyen los diagramas de equilibrio.

SOLIDIFICACION.- Para estudiar la solidificación de metales y aleaciones, se construyen curvas de solidificación, tomando las -- temperaturas (ordenadas) contra el tiempo (abscisas), en ellas se observa, cuando se trata de un metal puro, por ej: Bismuto y Cadmio (Fig. # 26), que la temperatura se estaciona al llegar al punto de solidificación durante el tiempo que dure ésta. El cambio de sólido a líquido no siempre es inmediato, sino que en muchos metales y aleaciones se presentan estados de transición, disminuyendo la temperatura sin estacionarse, es decir, que la curva muestra solo una línea de menos inclinación, sin ser completamente horizontal. Tratándose de aleaciones (líneas, c y d de la Fig. 26) la curva de -- solidificación presenta comunmente dos o más puntos de transición -- que corresponden a la formación de las distintas fases.

Fases.- Partes sólidas, líquidas o gaseosas, físicamente homogéneas y con características propias que las diferencian del resto, por ej: si ponemos agua a calentar, al empezar a evaporarse tendremos dos fases: la fase líquida y la fase vapor, las cuales pueden existir dentro de ciertos límites de temperatura y presión (Grados de Libertad) pasados los cuales desaparecen una u otra. En las aleaciones binarias las fases pueden ser: los metales puros, soluciones de los dos componentes, tanto al estado sólido como al estado líquido y compuestos sólidos intermetálicos.

Diagramas de Equilibrio.- Si se toman varios puntos de solidificación de diferentes composiciones de una misma aleación, como ordenada y la composición como abscisa, se obtienen los llamados -- "Diagramas de Equilibrio", todo diagrama de equilibrio de aleaciones binarias consta de dos líneas principalmente, una superior, que representa el principio de la solidificación o sea la transición -- o equilibrio entre el estado líquido y el sólido, por lo cual se llama "Línea de Líquidos" y otra inferior, que indica la solidificación final o total, por lo que se le llama "Línea de Sólidos". A menudo presentan líneas verticales o con cierta inclinación entre ellas, que representan cambios de fases o formación de compuestos intermetálicos. Las áreas comprendidas entre las líneas, representan la extensión de la fase existente bajo las condiciones de concentración y temperatura limitada entre ellas. Estos diagramas son la clave o base para el estudio de las aleaciones, de ellos deducimos las proporciones más adecuadas, los tratamientos térmicos que deben seguirse, las modificaciones que pueden efectuarse, etc. La mayor parte de los diagramas son bastante complicados, pero se pueden considerar varios tipos como clásicos: 1º.- Tipo de capas, --- 2º.- Tipo de solubilidad total, 3º.- Tipo eutéctico, 4º.- Tipo de solubilidad parcial y 5º.- Tipo de combinación. Es frecuente que -- estos tipos solo existan dentro de ciertos límites de composición, cambiando de uno a otro con los cambios de la misma.

1.- TIPO DE CAPAS.- Es el tipo más simple de diagrama de equilibrio, corresponde a la mezcla de metales mutuamente insolubles, --

que no forman compuestos químicos, ni soluciones, o sea que no forman verdaderas aleaciones, por ej: el plomo y el aluminio (Fig. 24) el plomo y el oro, etc. Al observar la Fig. 24 que representa la solidificación de una mezcla de plomo y aluminio, se puede ver que la línea horizontal superior, a 659°C, indica la solidificación del aluminio, al terminar ésta, la temperatura continúa descendiendo sin ningún cambio en la masa, hasta llegar a 327°C, apareciendo otra línea horizontal indicando la solidificación del plomo y que esta es independiente de la composición. Este tipo se llama de capas, no porque los metales se solidifiquen en capas, sino debido a la aparición del diagrama, claro que tratándose de metales de gran diferencia de densidades como es el caso de los anteriores, existe la tendencia a separarse en capas, ya que el más ligero tiende a flotar en el otro, a menos que se les agite continuamente durante la solidificación; pero en otros casos en que la diferencia no es tan notable, por ej: en el plomo y el oro, la masa sólida final puede consistir de cristales de uno de ellos (oro), dispersos en el seno del otro (plomo); para facilitar la obtención de pseudoaleaciones de este tipo, es decir, para lograr la dispersión de un metal en otro, puede hacerse por medio de agitación o bien con la adición de un tercer elemento que sirva de lazo de unión entre los dos primeros.

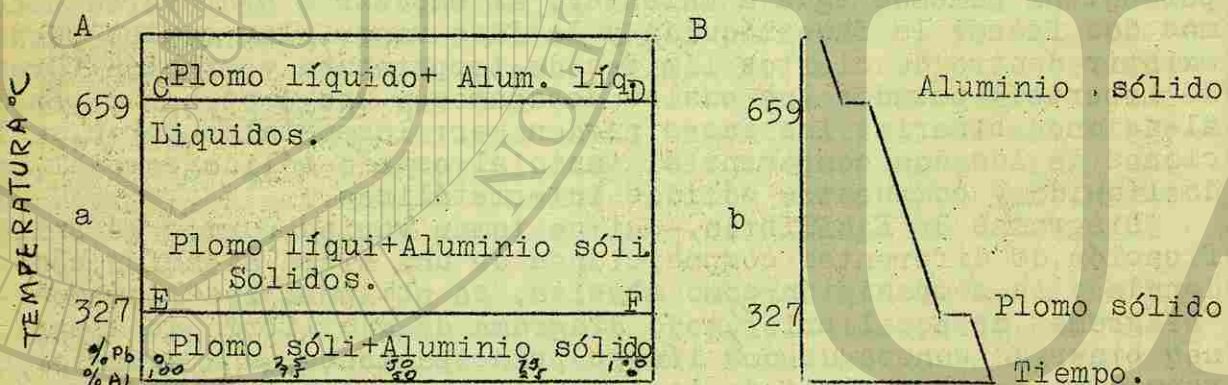


Fig. 24.- Sistema plomo-aluminio. Tipo de Capas. Una aleación de este tipo de importancia industrial se representa en la Fig. 20, corresponde a un Bronce-plomo. El estaño forma solución sólida con el cobre (fondo) la cual se comporta como si fuera un metal simple, el plomo forma una suspensión, que si está bien hecha, queda uniformemente distribuido (Fig. 20 A.) y si no, queda como en la Fig. 20 B. es decir, mal distribuido.

2.- TIPO DE SOLUCION SOLIDA TOTAL.- Estudia las aleaciones de metales mutuamente solubles en todas proporciones al estado líquido y al estado sólido. Se entiende por solución sólida una mezcla de partículas del orden molecular (soluto), en un medio dispersor (disolvente), como en las soluciones líquidas. A estas soluciones se les da el nombre de letras del alfabeto griego Alfa (α), Beta (β), Gamma (γ), etc.

En la Fig. 25 se muestra el diagrama de equilibrio de las aleaciones cobre-níquel, formado por dos líneas que parten del punto de solidificación del níquel (1,455°C), al del cobre (1,083°C), la superior, convexa, es la línea de líquidos y la inferior, cóncava, la de sólidos. Si estudiamos una aleación de composición observamos que -

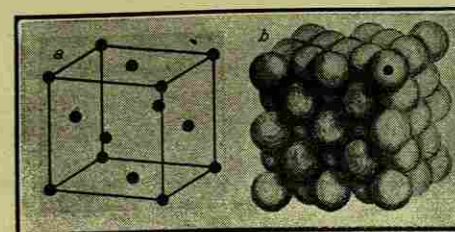


Fig. 16. Tipo A. Red Cúbica, centrada en las caras

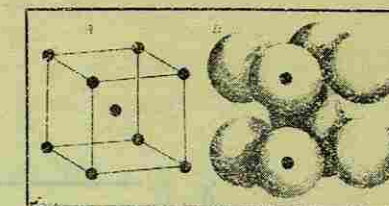


Fig. 17. Tipo B. Red Cúbica, centrada en el espacio.

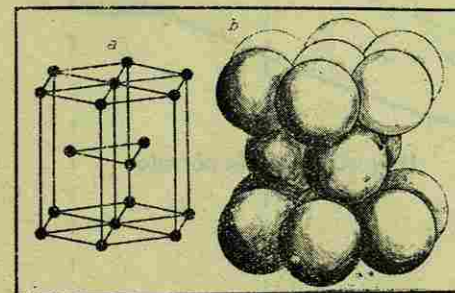


Fig. 18. Tipo C. Red Hexagonal.

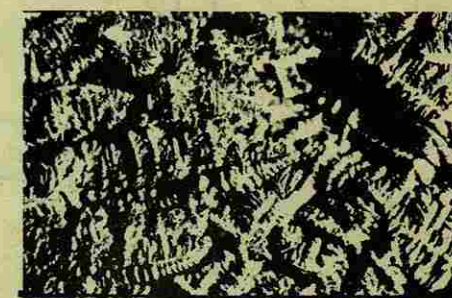


Fig. 19. Macroestructura Dendrítica de una aleación de Aluminio, solución sólida.



Fig. 20. Bronce Plomo. 100 X. A. Buena distribución. B. Mala.

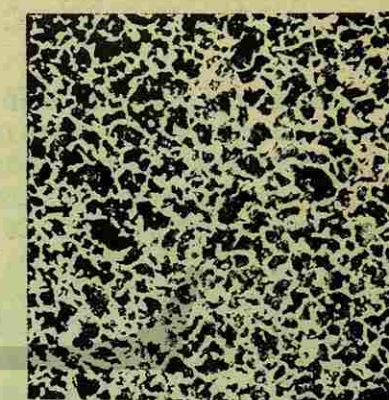


Fig. 21. Acero perlítico eutéctico con 0.83 % C. 500 X.



Fig. 22 Acero normal. Red de cementita, poca sorbita y perlita laminar, 500 X.

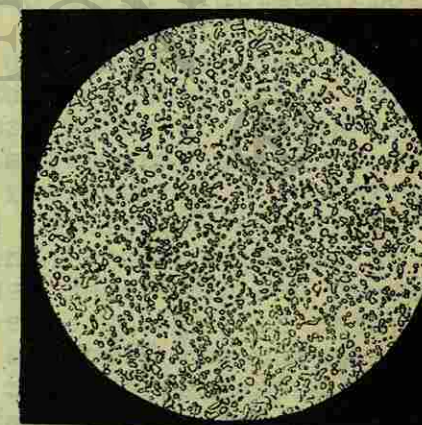
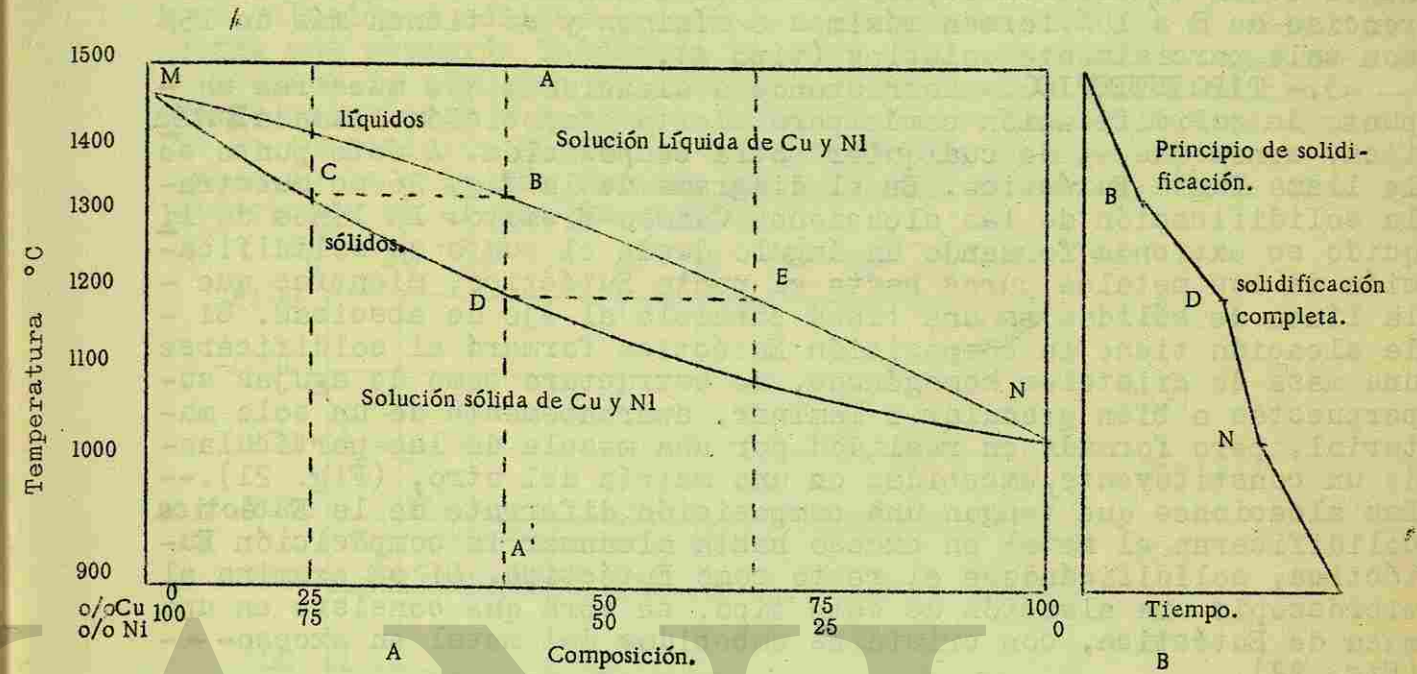


Fig. 23. El mismo, recocido a temperatura y tiempo convenientes. Cementita globular. 500 X.



la solidificación se verifica entre los dos puntos extremos C y E, formando cristales de todas las composiciones entre dichos puntos, pero si el enfriamiento es suficientemente lento (dentro del horno), los cristales se homogenizan, equilibrando su contenido de metales a la composición inicial (A), en cambio, si el enfriamiento es rápido, parte de éstas transformaciones no pueden verificarse y el sólido resultante es heterogéneo y de cristales tanto más pequeños, cuanto mayor sea la velocidad de enfriamiento, cambiando algo sus propiedades. La aleación puede homogenizarse si es necesario, por un calentamiento por encima de cierta temperatura, durante algún tiempo (recocido). Hay casos especiales en que estas aleaciones -- presentan puntos máximos o mínimos a determinada concentración, es decir, en que se juntan en un punto las líneas de líquido y sólido

Este tipo de aleaciones es muy buscado en la práctica, por la facilidad de control de sus propiedades. La conductividad eléctrica disminuye, presentando un mínimo para una composición intermedia y la resistencia a la tensión y la dureza aumentan, sobre todo para aleaciones al 50%; la dureza es siempre mayor que la de los metales constituyentes, son aleaciones relativamente suaves y dúctiles, de buena conductividad eléctrica y resistentes a la corrosión. Muestran disminución en la conductividad térmica. Los metales que forman este tipo de aleaciones pertenecen al mismo sistema cristalino, por ej: el cobre y el níquel tienen redes cúbicas centradas en las caras, de tal modo que los átomos de uno pueden reemplazar a los del otro en la red cristalina, ya sea en forma casual o de acuerdo con ciertos patrones definidos (redes ordenadas o superredes); los cuales son afectados por los cambios bruscos de temperatura, teniendo una temperatura límite para cada composición a la cual desaparece esta condición. También el tamaño de la red atómi-

ca tiene que ver con la forma del diagrama, si son iguales o con menos de 8% de diferencia, son del tipo estudiado. Si tienen diferencias de 8 a 15%, forman máximos o mínimos y si tienen más de 15% son solo parcialmente solubles (tipo 4).

3.- TIPO EUTECTICO.- Corresponde a aleaciones que muestran un punto de solidificación común para cierta composición llamada Eutéctica, menor que el de cualquier otra composición. A este punto se le llama Punto Eutéctico. En el diagrama de la Fig. 26 se muestra la solidificación de las aleaciones Cadmio-Bismuto. La línea de líquido se extiende formando un ángulo desde el punto de solidificación de los metales puros hasta el punto Eutéctico, mientras que la línea de sólidos es una línea paralela al eje de abscisas. Si la aleación tiene la composición Eutéctica formará al solidificarse una masa de cristales homogéneos, de estructura como de agujas superpuestas o bien granular o laminar, aparentemente de un solo material, pero formada en realidad por una mezcla de las partículas de un constituyente, embebidas en una matriz del otro, (Fig. 21). Las aleaciones que tengan una composición diferente de la Eutéctica solidificarán el metal en exceso hasta alcanzar la composición Eutéctica, solidificándose el resto como Eutéctica. Si se examina al microscopio una aleación de este tipo, se verá que consiste en una masa de Eutéctica, con cristales embebidos del metal en exceso (Fig. 22).

Los cristales de una aleación eutéctica son en general más pequeños que los de los constituyentes, por lo cual presentan mayor resistencia y dureza. Son ampliamente usadas en la práctica, por su bajo punto de fusión, sobre todo para soldadura, por ej: las de plomo-estaño. La adición de un tercer elemento a menudo causa una disminución mayor del punto de fusión, por la formación de una Eutéctica ternaria, usándose estas aleaciones en sistemas automáticos contra incendios. La dureza y conductividad eléctrica de las aleaciones Eutécticas son prácticamente el promedio de las de sus componentes basados en el porcentaje en peso.

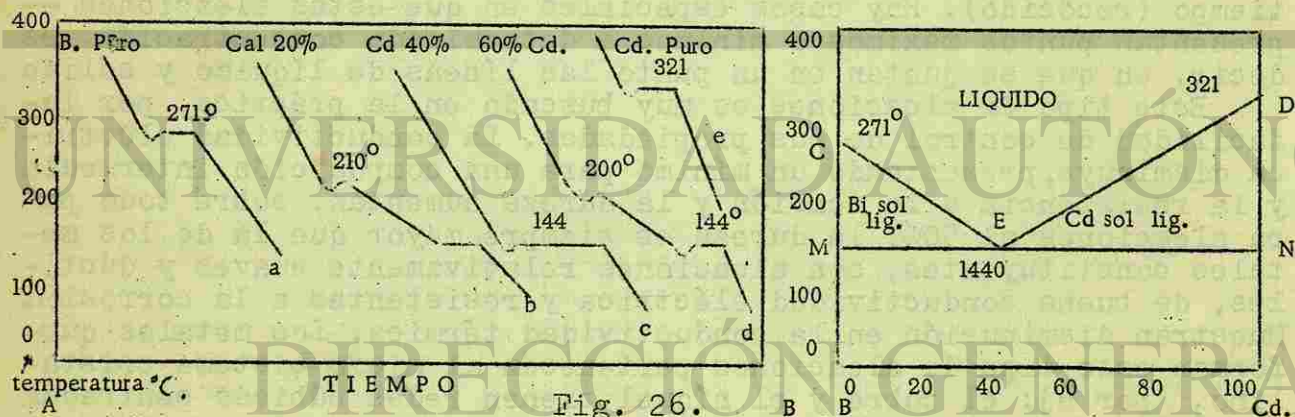
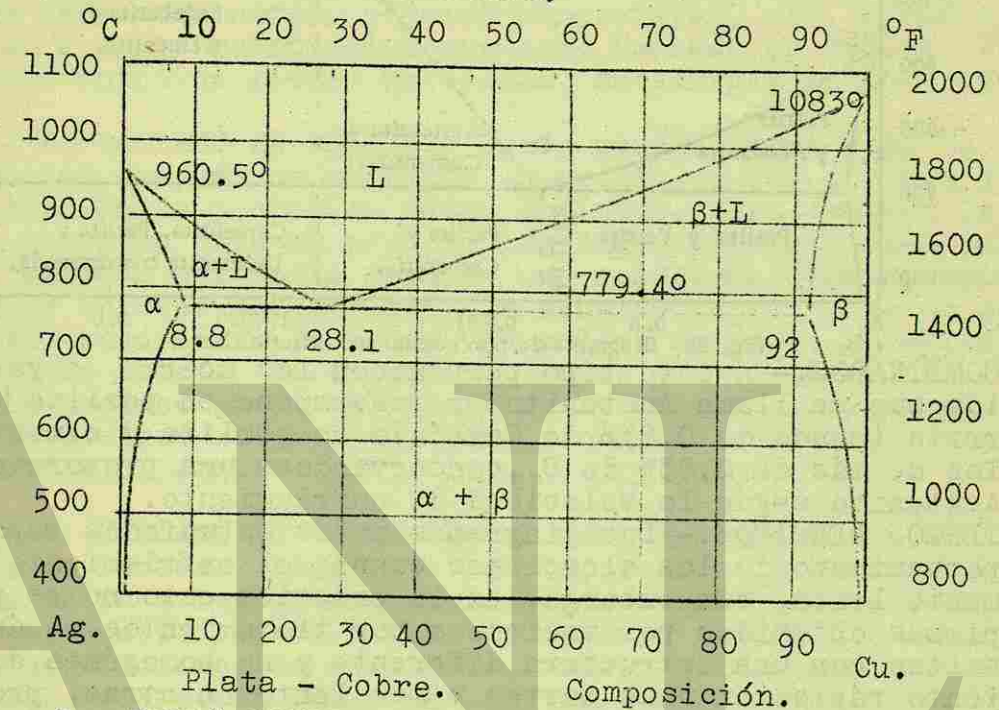


Fig. 26.

4.- TIPO DE SOLUBILIDAD PARCIAL.- Corresponde a metales que son solubles al estado líquido y solo parcialmente al estado sólido. En la figura 27 se muestra el diagrama de equilibrio plata-cobre, metales cuya solubilidad de uno en otro es más o menos la misma (8%). Muchos autores consideran este tipo dentro del Eutéctico porque en los estados intermedios de composición, fuera de los lí-

mites de solubilidad, se comporta como una Eutéctica, con la diferencia de que los componentes ya no serán los metales puros, sino las soluciones sólidas previamente formadas, así que al solidificarse una aleación Eutéctica de este tipo, constará de una masa homogénea de pequeños cristales, que al examinarse aisladamente serán soluciones α o β de un metal en otro. Las aleaciones fuera de la composición Eutéctica tendrán, además de la Eutéctica, cristales de la solución formada por el metal en exceso. Este tipo de aleaciones es el más frecuente.



5.- TIPOS COMBINADOS.- Existen combinaciones de los tres tipos precedentes; una de las más frecuentes es la mostrada en la Fig. 28, representa el equilibrio de dos componentes (A y B) que forman soluciones sólidas dentro de ciertos límites de temperatura (véase la parte superior del diagrama) pero que al bajar ésta, se comportan como si se tratara de un tipo Eutéctico, descomponiéndose la solución sólida formada en una Eutéctica llamada "Eutectoide" o en una Eutéctica y el exceso correspondiente del componente sobrante, según su composición.

Esta descomposición es tanto mayor cuanto más lento sea el enfriamiento y disminuye en cambio con el enfriamiento rápido (templado), haciéndose casi nula cuando éste es violento (agua helada) sobre todo con la adición de ciertos elementos.

Estas aleaciones por lo tanto son muy variables en sus propiedades por los cambios de estructura producidos según la velocidad de enfriamiento, de aquí que sea necesario un control exacto de su composición y el tratamiento térmico correspondiente, según la estructura deseada.

Aparte del cambio mencionado, muchas aleaciones cambian de tipo con los cambios en composición, complicándose a menudo su diagrama de equilibrio por la aparición de compuestos metálicos.

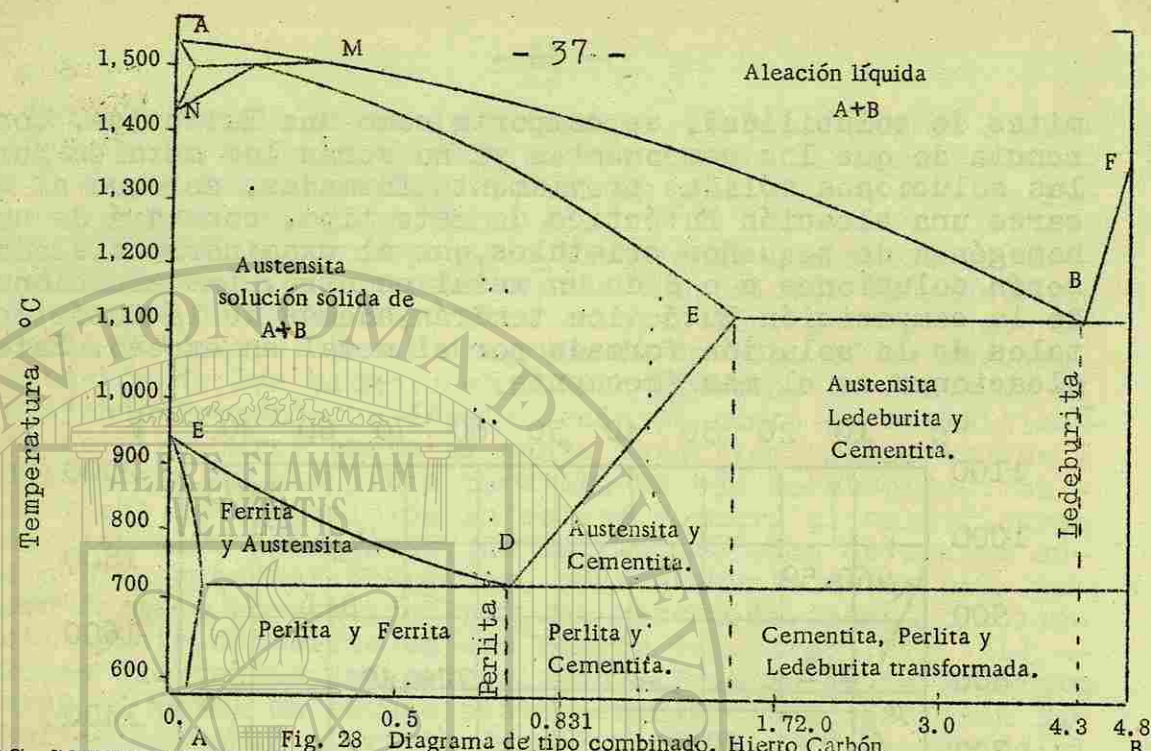


Fig. 28 Diagrama de tipo combinado. Hierro Carbón

TIPOS COMBINADOS.— A este tipo pertenecen los aceros, cuya solución sólida que se llama Austenita se descompone en perlita (Eutética) y ferrita (menos de 0.83% de Carbono) o en perlita y cementita (Fig. 22) los de más de 0.83% de C., conservándose una proporción variable de Austenita según la velocidad de enfriamiento.

TRATAMIENTOS TERMICOS.— Los diagramas antes estudiados representan el comportamiento de las aleaciones cuando el enfriamiento es suficientemente lento, sin embargo, en la práctica esto no es posible y las piezas obtenidas por vaciado o por tratamientos mecánicos en frío, resultan con una estructura diferente y no homogénea, debido al enfriamiento rápido en unas partes y más lento en otras, produciéndose por este motivo tensiones internas, sobre todo tratándose de piezas con secciones diferentes, por esta razón y tratándose de materiales ferrosos y especialmente de los aceros, las piezas obtenidas se someten a un recalentamiento lento hasta alcanzar una temperatura generalmente por encima del grado crítico, o sea de la temperatura de transición de una estructura a otra, se mantienen a dicha temperatura por un tiempo suficiente para que alcance al centro de la pieza y después, se dejan enfriar lentamente dentro del horno en cuyo caso la operación se llama Recocido (Fig. 22, 23) o se introducen rápidamente en algún medio líquido o gaseoso (Agua, Aceites, Aire, etc.) para producir un rápido enfriamiento, llamándose a esta operación Templado. así, los aceros por enfriamiento al aire forman Sorbita (Fig. 22). Estos tratamientos también se aplican a aleaciones no-ferrosas, sobre todo el recocido, aunque en menor escala. — También es frecuente calentar a temperaturas menores que el grado crítico, con el fin de producir dentro de la misma estructura una recristalización para homogenizarla (Recocido de homogenización) o para eliminar los efectos del rápido enfriamiento (Revenido) por ejemplo en el templado de los aceros. Si en cualquiera de los casos anteriores la estructura obtenida no es la que se quiere, puede volver a obtenerse para efectuar la operación nuevamente. La estructura obtenida directamente se llama Primaria y la obtenida por recalentamiento Secundaria.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Cada. 2625 MONTERREY, MEXICO

CAPITULO IV.

OBTENCION DE PRODUCTOS METALICOS COMERCIALES.

GENERALIDADES. La transformación de los metales en productos comerciales de forma definida tales como, piezas estructurales, piezas para maquinaria, objetos comerciales, etc, puede considerarse bajo 4 tipos principales que son: Vaciado en Moldes, Trabajo Mecánico, Unión de piezas Metálicas, Metalurgia en polvo y Acabado.

I. VACIADO EN MOLDES.— Puede considerarse como la operación inicial después de obtenido un metal, ya que incluye no solo la obtención de piezas de forma definida, sino también la producción de lingotes para el proceso laminado. Consiste esencialmente en el vaciado del metal fundido en moldes de forma apropiada, en donde se le deja solidificar. De acuerdo con el tipo de moldes el vaciado puede ser: En arena, En moldes de yeso, En moldes permanentes, En matriz, En moldes cubiertos y En cáscara. Este proceso puede aplicarse no solamente a los metales, sino también a otros materiales, como productos cerámicos, concreto, yeso, plásticos, etc.

A. VACIADO EN ARENA. Es el más importante de todos los procesos de vaciado, comprende la preparación de un modelo de la pieza que se va a reproducir, tomando en cuenta las contracciones del metal que se vaya a emplear y dándole el aumento necesario para las operaciones de maquinado, éste modelo, cuando sea necesario, puede hacerse en dos o más partes o ser de una sola pieza, según la forma en que vaya a moldearse; generalmente se hace de madera, pero puede ser de yeso, de fibra de vidrio o de metal (comunmente de Aluminio); se reproduce en una caja de moldear, cubriendo su superficie con arena sílica mezclada con arcilla y algún aglutinante para darle solidez y resistencia al calor, se le ponen una o varias entradas para el metal fluido y una o varias salidas apropiadas, relleno el resto de la caja con arena, que puede ser del mismo tipo, pero de menor resistencia (Tierra de relleno). — Las cajas de moldear son generalmente en dos partes, pero pueden usarse varias si es necesario y están hechas de madera o de metal; una vez reproducido el modelo, se saca, ya sea separado las dos partes o estirándolo cuando sea vertical, se alisa la superficie del molde, se pinta con alguna pintura protectora y se seca. Para el vaciado se juntan las partes, fijándolas mediante ganchos o algún otro medio (grampas) después de poner los "corazones" en aquellas partes en que se diseñen huecos en la pieza. Se le pone un recipiente en la entrada para recibir el metal, y se vacía, dejando enfriar el tiempo necesario. Una vez solidificada la pieza y suficientemente fría, se saca de la arena, se le quitan las coladas (entradas y salidas) se limpia por diversos medios y se somete a un esmerilado y frecuentemente a un recocido, para uniformar el grano y eliminar tensiones

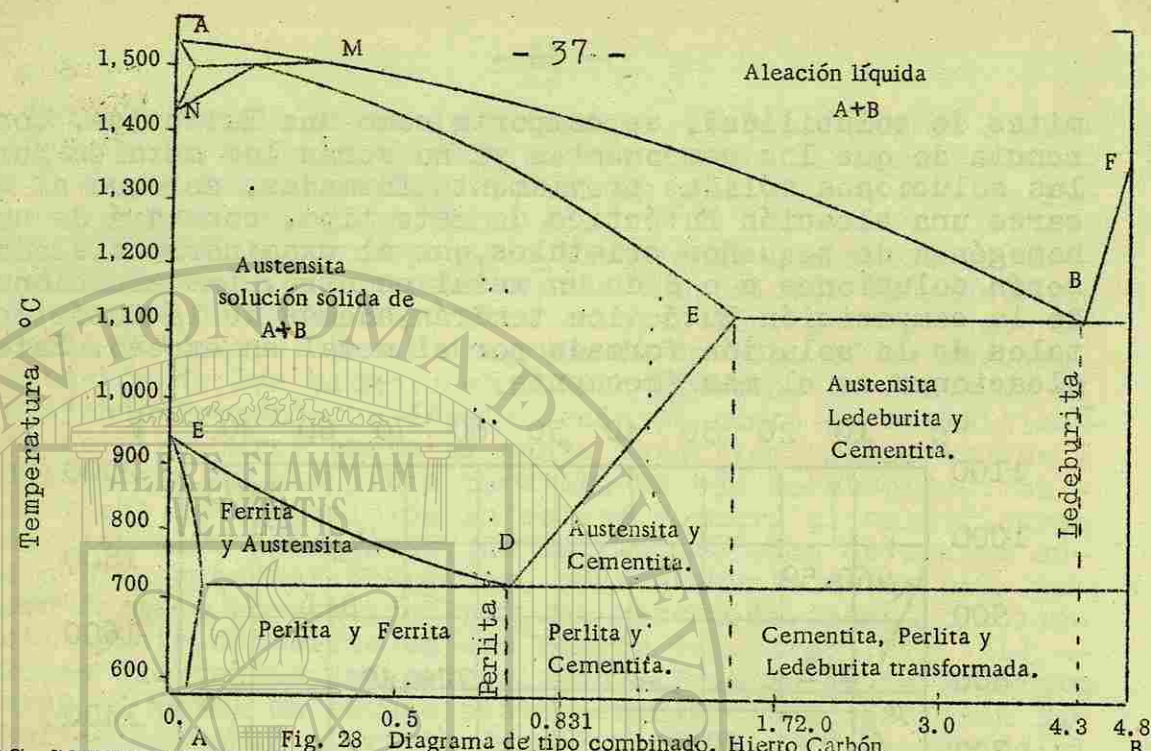


Fig. 28 Diagrama de tipo combinado. Hierro-Carbón

TIPOS COMBINADOS.— A este tipo pertenecen los aceros, cuya solución sólida que se llama Austenita se descompone en perlita (Eutética) y ferrita (menos de 0.83% de Carbono) o en perlita y cementita (Fig. 22) los de más de 0.83% de C., conservándose una proporción variable de Austenita según la velocidad de enfriamiento.

TRATAMIENTOS TERMICOS.— Los diagramas antes estudiados representan el comportamiento de las aleaciones cuando el enfriamiento es suficientemente lento, sin embargo, en la práctica esto no es posible y las piezas obtenidas por vaciado o por tratamientos mecánicos en frío, resultan con una estructura diferente y no homogénea, debido al enfriamiento rápido en unas partes y más lento en otras, produciéndose por este motivo tensiones internas, sobre todo tratándose de piezas con secciones diferentes, por esta razón y tratándose de materiales ferrosos y especialmente de los aceros, las piezas obtenidas se someten a un recalentamiento lento hasta alcanzar una temperatura generalmente por encima del grado crítico, o sea de la temperatura de transición de una estructura a otra, se mantienen a dicha temperatura por un tiempo suficiente para que alcance al centro de la pieza y después, se dejan enfriar lentamente dentro del horno en cuyo caso la operación se llama Recocido (Fig. 22, 23) o se introducen rápidamente en algún medio líquido o gaseoso (Agua, Aceites, Aire, etc.) para producir un rápido enfriamiento, llamándose a esta operación Templado. así, los aceros por enfriamiento al aire forman Sorbita (Fig. 22). Estos tratamientos también se aplican a aleaciones no-ferrosas, sobre todo el recocido, aunque en menor escala. — También es frecuente calentar a temperaturas menores que el grado crítico, con el fin de producir dentro de la misma estructura una recristalización para homogenizarla (Recocido de homogenización) o para eliminar los efectos del rápido enfriamiento (Revenido) por ejemplo en el templado de los aceros. Si en cualquiera de los casos anteriores la estructura obtenida no es la que se quiere, puede volver a obtenerse para efectuar la operación nuevamente. La estructura obtenida directamente se llama Primaria y la obtenida por recalentamiento Secundaria.

CAPITULO IV.

OBTENCION DE PRODUCTOS METALICOS COMERCIALES.

GENERALIDADES. La transformación de los metales en productos comerciales de forma definida tales como, piezas estructurales, piezas para maquinaria, objetos comerciales, etc, puede considerarse bajo 4 tipos principales que son: Vaciado en Moldes, Trabajo Mecánico, Unión de piezas Metálicas, Metalurgia en polvo y Acabado.

I. VACIADO EN MOLDES.— Puede considerarse como la operación inicial después de obtenido un metal, ya que incluye no solo la obtención de piezas de forma definida, sino también la producción de lingotes para el proceso laminado. Consiste esencialmente en el vaciado del metal fundido en moldes de forma apropiada, en donde se le deja solidificar. De acuerdo con el tipo de moldes el vaciado puede ser: En arena, En moldes de yeso, En moldes permanentes, En matriz, En moldes cubiertos y En cáscara. Este proceso puede aplicarse no solamente a los metales, sino también a otros materiales, como productos cerámicos, concreto, yeso, plásticos, etc.

A. VACIADO EN ARENA. Es el más importante de todos los procesos de vaciado, comprende la preparación de un modelo de la pieza que se va a reproducir, tomando en cuenta las contracciones del metal que se vaya a emplear y dándole el aumento necesario para las operaciones de maquinado, éste modelo, cuando sea necesario, puede hacerse en dos o más partes o ser de una sola pieza, según la forma en que vaya a moldearse; generalmente se hace de madera, pero puede ser de yeso, de fibra de vidrio o de metal (comunmente de Aluminio); se reproduce en una caja de moldear, cubriendo su superficie con arena sílica mezclada con arcilla y algún aglutinante para darle solidez y resistencia al calor, se le ponen una o varias entradas para el metal fluido y una o varias salidas apropiadas, rellenando el resto de la caja con arena, que puede ser del mismo tipo, pero de menor resistencia (Tierra de relleno). — Las cajas de moldear son generalmente en dos partes, pero pueden usarse varias si es necesario y están hechas de madera o de metal; una vez reproducido el modelo, se saca, ya sea separado las dos partes o estirándolo cuando sea vertical, se alisa la superficie del molde, se pinta con alguna pintura protectora y se seca. Para el vaciado se juntan las partes, fijándolas mediante ganchos o algún otro medio (grampas) después de poner los "corazones" en aquellas partes en que se diseñen huecos en la pieza. Se le pone un recipiente en la entrada para recibir el metal, y se vacía, dejando enfriar el tiempo necesario. Una vez solidificada la pieza y suficientemente fría, se saca de la arena, se le quitan las coladas (entradas y salidas) se limpia por diversos medios y se somete a un esmerilado y frecuentemente a un recocido, para uniformar el grano y eliminar tensiones

(piezas de hierro y acero y algunas aleaciones).

Las piezas vaciadas a menudo se someten más tarde a operaciones de maquinado para darles las dimensiones deseadas.

B. VACIADO EN MOLDES PERMANENTES. Si se requieren piezas de gran exactitud y de materiales que no pueden maquinarse por ser muy duros, puede usarse el vaciado en moldes de yeso, en moldes permanentes, etc. Si se van a obtener gran número de piezas y estas son sencillas, pueden usarse los moldes permanentes, es decir, moldes generalmente de hierro, los cuales se recubren de una pintura apropiada y que pueden usarse varias veces (en ocasiones hasta 20,000 ó más); de este tipo son los moldes empleados para la producción de lingotes (lingoteras). Una variante de éste tipo lo constituye el vaciado por centrifugación, empleado para tubos de hierro y otras formas y que se basa en la alimentación del metal fundido en un molde giratorio (150 a 300 r. p. m.), de tal modo que, por acción de la fuerza centrífuga, se llene el molde.

Otra modificación es el Vaciado Continuo, usa do para aleaciones de cobre, aluminio y aceros especiales, en la obtención de productos laminados, vaciando el metal en un recipiente abierto por arriba y con roles en el fondo, de tal modo que el metal se solidifique al pasar por los roles.

C. VACIADO EN MATRIZ. Se aplica para obtener pequeñas piezas; muchas veces de formas intrincadas, de aleaciones de zinc principalmente, a veces de otros metales ligeros, como aluminio y magnesio. Consiste en inyectar una cantidad definida de metal líquido a una presión elevada, sobre un molde metálico, dado o matriz.

D. VACIADO DE PRECISION. Se llama también de molde cubierto, se usa principalmente en joyería y modernamente en la obtención de pequeñas piezas para máquina que deban de ser de gran exactitud, o de metales imposibles de maquinar. Consiste en formar un modelo de un material fusible, tal como cera, mercurio, plástico, etc., el cual se cubre de arcilla ó yeso, dejándole una abertura, y fundiendo el material interior, queda la cavidad o molde que se rellena con metal.

C. MOLDEO EN CASCARA. Consiste en cubrir un patrón metálico con resina fenólica y arena, cociendo el conjunto en una máquina especial, obteniéndose después de quitar el modelo, dos cáscaras o reproducciones, las cuales se juntan con grampas apropiadas y se adaptan para el vaciado. Las piezas obtenidas resultan de una gran precisión y no necesitan acabado.

II. TRABAJO MECANICO. Comprende un gran número de operaciones que producen la transformación del metal en láminas, productos estructurales, varillas, barras, placas, alambrón, etc., o bien en formas definidas, mediante la acción de una fuerza externa ejercida por roles, martillos, punzones, etc. De acuerdo con la temperatura a que se aplique la fuerza pueden considerarse dos tipos: Si la temperatura es inferior a la crítica, a la cual el metal puede recristalizar, se le llama Trabajo Mecánico en frío y si es superior trabajo en caliente.

A. TRABAJO EN FRIO.- Se desarrolla comunmente a temperatura ordinaria, pero puede estar algo caliente, siempre que la temperatura no pase de la crítica. Con el trabajo en frío aumenta la resistencia del material y disminuye su plasticidad, o sea, que disminuye su ductilidad y resistencia al choque y sus límites proporcional y elástico; al mismo tiempo, aumenta la dureza, produciendo se un fenómeno que se llama "Acritud" o agriado del metal, que consiste en que los cristales del metal se alargan, produciéndose una serie de bandas paralelas, a lo largo de los planos de deslizamiento a través de los cristales, que causan una distorsión de las redes cristalinas, debido a los desplazamientos que se hacen sufrir a los átomos, separándolos de sus posiciones de equilibrio. Para eliminar los efectos producidos por el trabajo en frío, las piezas obtenidas deben someterse a un recalentamiento a temperatura variable según el metal y por un tiempo suficiente para que alcance a penetrar hasta el corazón del objeto. Se eliminan así los esfuerzos de tensión producidos y se uniforma el grano, regresando el material a sus propiedades iniciales. El trabajo en frío, se aplica a la obtención de lámina, varilla, alambre, etc, ya sea por laminado, estampado ó estirado.

B. TRABAJO EN CALIENTE.- Durante el trabajo mecánico, los granos son también deformados hasta pequeños fragmentos, pero si el proceso se interrumpe antes de que se alcance una temperatura por abajo del grado crítico, el material sufre un autorecoccido, uniformándose los cristales hasta alcanzar su simetría, aumentando la resistencia del metal, por la disminución de tamaño de los cristales, pero sin afectar la ductilidad. El tratamiento mecánico en caliente mejora las cualidades del material, haciendolo más compacto y de textura más fina y homogénea, lo que le da un notable mejoramiento en las propiedades mecánicas, ya que, además de que los cristales aumentan en número, adquieren una cierta orientación en la dirección del laminado, soldándose las pequeñas grietas y porosidades existentes y aumentando la cohesión.

Tipos de Trabajo Mecánico.- Todas las operaciones de trabajo mecánico comprenden la modificación de forma mediante una presión, la cuál puede aplicarse de dos modos: rápida o brusca mediante un martillo pilón ó pausada y progresivamente, mediante una prensa o un laminador, por lo cual resultan 4 tipos principales: Laminado, Forjado, Estirado y Extrusión ó expulsión.

a. Laminado.- Es el proceso más importante para la Ingeniería pues comprende la obtención de piezas estructurales, tales como: Vigas, rieles, ángulos, barras de diferentes formas, placas, hojas, etc, que más tarde pueden someterse a algún otro proceso.

Durante la laminación se imparten al material propiedades direccionales por alargamiento del grano, mejorando la solidez y uniformidad de su estructura. Puede hacerse en frío o en caliente; la operación consiste en pasar un lingote o tocho entre dos rodillos, reduciendo su sección transversal y aumentando su longitud por efecto de la presión aplicada. Si los rodillos giran en un solo sentido, se le llama laminador ó molino dúo o en tandem y si pueden girar en uno ú otro sentido, es decir, regresando el lingote cuantas veces sea necesario, se le llama Laminador rever-

sible; este tipo se emplea para el desbaste de lingotes de gran tamaño; para operaciones menores pueden utilizarse los laminadores "trio", es decir, un juego de tres cilindros, uno encima del otro, pasando el material primero por los dos inferiores y al regreso entre el cilindro medio y el superior. En otro tipo, llamado universal, además de los cilindros con eje horizontal, se incluyen a uno y otro lado, cilindros con eje vertical, que limitan el crecimiento lateral del material. Para formas sencillas, a menudo es suficiente con un solo laminador, pero las formas complicadas requieren la aplicación de dos ó más laminadores, a menudo con operaciones intermedias de recalentamiento, formando lo que se llama un tren de laminado. Si se llevan a cabo varias operaciones en dos ó tres laminadores, pasando y regresando el material varias veces por un mismo laminador con diferentes formas, el proceso se llama semi-contínuo y si se pasa una sola vez por cada molino, necesitándose gran número de éstos para terminar la operación, el proceso se llama contínuo. En los laminadores para lámina, se ha introducido una modificación que consiste en detener ó fijar la lámina en un rodillo y pasandola por laminadores a otro rodillo enrollador, de tal modo que además de la presión, se produzca un estiramiento, para producir un producto mas fino y de dureza mas uniforme.

b. Forjado.- Consiste en darle forma al metal presionandolo ó golpeandolo contra un molde apropiado, ya sea a mano, mediante un martillo pilón o prensas de forjado, se prefieren estas últimas, tanto por su economía y precisión, como por la más perfecta acción compresora; tiene muchas variantes, recibiendo nombres apropiados como: troquelado, matrizado, estampado, etc. Se desarrolla comunmente con el metal previamente calentado, teniendo efectos similares al laminado, aumentando la tenacidad, mejorando la naturaleza del material haciendolo más compacto y fibroso; en los hierros de pudelado, elimina las partículas de escoria aprisionadas. Por lo general, las piezas forjadas tienen una aplicación secundaria en construcción, empleandose sobre todo, para formar enlaces de barras especiales, articulaciones, flechas, piezas de unión, etc. (Tipos)

1o. Forjadura a mano o en Matriz abierta.- Se deriva del trabajo de herrería, se emplea para piezas en cantidad pequeña, de forma irregular o demasiado grandes para caber en matrices de impresión cerrada. Consiste en batir el metal entre un par de matrices planas o abiertas, con un martillo pilón de vapor ó pequeños martillos mecánicos, a veces en prensas, usando cuando sea necesario, herramientas manuales para dar algunos detalles de la forma final.

2o. Recalado.- Comprende el forjado en prensas horizontales de doble efecto, de piezas tales como: remaches, pernos, argollas, piezas en bruto para ruedas dentadas, piñones, etc. En esta operación, el metal en estado plástico, es forzado a tomar la forma de la cavidad de la matriz, por medio de presión. El molde está formado por dos matrices, una fija y otra móvil y como en el caso de la forjadura a martinete, se pueden necesitar varias operaciones o movimientos para el acabado de las piezas.

3o. Troquelado.- En este procedimiento, se da la forma al producto en barras, dejando caer varias veces un martillo ó martinete que puede pesar tanto como 2,500 Kgs, sobre el metal colocado sobre un dado con la forma del objeto; algunas veces, aparte del golpe del martillo, se aplica una presión de aire o de vapor, llaman-

doseles en este caso martinetes de caída controlada, porque el operario puede producir, según lo deseé, golpes suaves ó fuertes. Aunque esta operación se emplea para grandes piezas, también puede servir para piezas pequeñas que requieran exactitud. La deformación efectuada tiene efecto principalmente dentro de los cristales, produciendo en ellos un máximo de deformación y un mínimo de desplazamiento, es decir, que se efectúa el máximo efecto en el centro, tendiendo el metal a abombarse hacia los lados.

4o. Estampado o Matrizado.- Es la operación de forjado mediante prensas, generalmente mecánicas, a veces hidráulicas (pueden tener presión de aire o de vapor), aplicada a la obtención de piezas simétricas en gran cantidad, ya sea para automoviles, aviones, industria naval, etc; de aleaciones como: Bronces, Latones y Acero. y metales como: Aluminio, Zinc y Magnesio. Requiere el uso de una matriz especial que es sumamente costosa y el empleo de trozos de material libres de defectos, por que éstos se acentúan con la presión. Estos trozos se preparan mediante un forjado preliminar, para darle un forma aproximada al perfil final, facilitando así su entrada a la matriz. Para piezas complicadas de gran tamaño, es necesario hacer dos ó más estampados. El estampado inicial se efectúa a temperatura más alta y es seguido de un desbarbado o rebabeado, sobre todo tratandose de piezas con ángulos ó codos, por ejemplo cigüeñales. Se usa para acuñación y para acabar a medida muchas piezas forjadas a martinete y por recaladura. Estos tres últimos métodos comprenden la Forjadura en Matrices cerradas.

c. Estirado.- Se usa principalmente para la fabricación de alambres y algunas varillas y tubos, para esto se parte de un rollo de alambón de 1/4" o 1/2", el cual se introduce en una solución de ácido sulfúrico (piclado) para eliminar el óxido, después se enjuaga y se introduce en agua de cal. La operación consiste en disminuir la sección, pasando el alambre en frío a través de orificios cada vez de menor diámetro y enrollandolo en rollos en frío.

d. Extrusión.- Consiste en aplicar suficiente presión a una varilla o cercha, para obligarla a pasar a través de un orificio o dado con la forma de pieza que se quiere obtener, se obtiene así una cinta o varilla de sección constante, la cual se corta a la longitud deseada. La Extrusión se hace siempre a elevadas temperaturas, aunque algunos metales, como los aceros de bajo carbón pueden trabajarse en frío. Se emplea para la producción de gran cantidad de formas de sección constante tanto si son sólidas como huecas pero de grosor uniforme, por ej: tubos, largueros para alas de aviones, etc.

Este proceso también tiene importancia para materiales no metálicos, como productos de arcilla y plásticos.

III. UNION DE PIEZAS METALICAS.- A. SOLDADURA.- Pueden considerarse dos tipos principales o procesos de soldadura: Soldadura por presión y Soldadura por fusión.

a. Soldadura por Presión.- Se lleva a cabo calentando las partes que se van a unir, a una temperatura elevada sin llegar a

fusión, limpiar las superficies con algún fundente para eliminar el óxido y golpearlas juntas hasta lograr unir las por difusión entre las redes cristalinas de los metales de una y otra parte. Esto se lleva a cabo generalmente en una fragua, se emplea para cadenas, argollas, etc., a veces se acompaña por un punto de soldadura. Este tipo es apropiado para unir metales que no vayan a resistir esfuerzos pesados.

b. Soldadura por Fusión.- Como su nombre lo indica, consiste en depositar metales fundidos en la unión que se vaya a hacer, de tal modo de fundir tanto el metal depositado, como los bordes de las piezas que se van a unir. La soldadura por fusión comprende muchas variantes, pero las principales son: (1) Método del arco eléctrico, (2) Método de la soldadura autógena, (3) Método del arco eléctrico e hidrógeno atómico, (4) Proceso de la Termita, (5) Por resistencia, y (6) Procesos Modernos.

1. Método del Arco Eléctrico.- Consiste en formar un arco entre un electrodo (una varilla con fundente) y el metal que se va a soldar, que actúa como terminal positiva, de tal modo que el calor producido produzca la fusión del electrodo. Las máquinas empleadas pueden funcionar con corriente directa que son las más comunes o con corriente alterna. Los electrodos son de un metal o aleación apropiada para cada tipo de metal que se va a unir, a veces se agrega a los fundentes óxido de calcio o de titanio para aumentar la producción de calor. Este tipo se emplea para estructuras, tuberías, reparación de vaciados de fierro y acero, etc. Modernamente se han desarrollado sistemas de soldadura al arco con electrodo metálico consumible protegido por gas inerte (MGI) y con electrodo no consumible de tungsteno con gas inerte (T. G. I.).

2. Método de Soldadura Autógena.- Consiste en fundir una varilla de un metal apropiado, mediante la aplicación de una flama de un combustible, que puede ser: Acetileno, Hidrógeno o Gas, mezclado con Oxígeno, en un aditamento especial llamado "soplete," el calor producido disminuye del acetileno al gas, empleándose este último solo para metales no ferrosos y para cortar, o sea cuando se requiere poca temperatura; en el 1er. caso, se llama soplete oxiacetilénico, y en el 2o. soplete oxhídrico. El proceso puede ser "a tope", caldeando las dos partes que se van a unir, hasta licuarlas, soldándose mutuamente; éste proceso se emplea para partes delgadas. En partes gruesas, las partes que se van a unir se achafalan previamente en forma triangular, rellenas con el metal de una varilla, que se va presentando a medida que se calienta con el soplete.

3. Método del Hidrógeno Atómico.- Se llama así porque mediante el arco eléctrico se cambia el Hidrógeno a la forma atómica (viene en forma molecular), que al transformarse nuevamente en molecular produce un calor intenso, fundiéndose la varilla, con la ventaja de que ésta fusión se efectúa en atmósfera reductora de hidrógeno, protegiéndose el metal contra la oxidación y dando magníficas soldaduras.

4. Método de la Termita.- (vease aluminotermia).

5. Soldadura por Resistencia.- Se le llama también de alta frecuencia, porque se usa corriente de 450,000 ciclos por segundo, la cual penetra en el área que se va a soldar unas pocas centésimas de milímetro, produciendo, por la resistencia del metal, temperatura su-

ficiente para soldar. Se emplea para tubos, caños, tubos en espiral y otras piezas de forma irregular, para espesores de 0.1 a 16 mm.; puede usarse con gas inerte para soldar titanio y zirconio, tiene la ventaja de que se pueden soldar juntos metales distintos.

6. Procesos Modernos.- Soldadura por Fricción.- Consiste en transformar en energía térmica la energía mecánica de dos objetos que giran en contacto recíproco, de tal modo que el calor obtenido por el roce, une por fusión ambos objetos. Se emplea para unión de tubos, manteniendo uno fijo mientras se hace girar el otro a 12,000 r.p.m. por unos 20 seg., deteniendo la rotación y aplicando una presión de 560 Kgs/cm². Con éste proceso pueden soldarse metales diferentes, materiales plásticos y cerámicos de todos tipos y combinaciones de distintos materiales, en unos cuantos segundos.

b. Soldadura por arco de plasma.- En este tipo que es un proceso en desarrollo de la Linde, se generan temperaturas hasta de 8,000°C o más, convirtiendo en calor la energía eléctrica mediante un arco con electrodo de tungsteno que forma gas-ionizado usando Argón, el cual al contraerse genera gran cantidad de calor; a éste gas se le llama "plasma". Se emplea para revestir piezas con metales duros de alto punto de fusión, para rociar materiales refractarios, y para el corte a gran velocidad, de planchas de varios metales.

c. Soldadura Ultrasónica.- También se llama soldadura en frío, consiste en transformar la energía eléctrica de alta frecuencia en fuerza acústica, por medio de un convertidor de láminas de Níquel; la energía vibratoria clásica producida, se emplea para soldar por puntos a costura en forma semejante a la soldadura por resistencia, pero sin producirse calor lográndose mayor tenacidad y resistencia. Su uso se limita a los metales de unión difícil por medios ordinarios.

B. Unión con Remaches y Pernos.- Los remaches o roblones pueden ser de cabeza hemisférica u ordinarios y de cabeza perdida, plana u ovalada; para su aplicación se calientan al rojo en un hornito de gas y se ponen en obra remachando sobre la caña saliente introducida con unas tenazas en el agujero. Los pernos de unión constan de un tornillo con la cabeza fija, una arandela o guasa y una tuerca, no son muy efectivos, porque con las vibraciones pueden aflojarse.

IV. METALURGIA EN POLVO.- Es un proceso relativamente moderno que ha adquirido gran importancia. Consiste en producir objetos por el prensado de polvos metálicos, con posterior calentamiento, a temperatura variable según la composición del polvo y las propiedades deseadas. Los polvos pueden ser de metales (generalmente de alto punto de fusión) o de compuestos metálicos, pudiendo usarse mezclas y también incluir polvos de no metales.

Producción de los polvos.- Por descomposición de carburos metálicos gaseosos u otros gases; por electrólisis, con formación de depósitos gruesos, esponjosos o pulverulentos; por reducción de óxidos metálicos con hidrógeno u otros gases reductores; por pulverización mecánica; por atomización del metal fundido, etc.

La mayor parte son producidos por los tres primeros métodos.

Procesos.- Los polvos se mezclan en tambores giratorios o molinos de bolas, para uniformar el tamaño y el mezclado de los diferentes componentes. El polvo así obtenido se somete en moldes a la acción de una presión de 15 Tons/cm², generalmente a la temperatura ordinaria y solo algunas veces a elevada temperatura. Las piezas obtenidas se someten a un tratamiento térmico de "Sintetización" en hornos con atmósfera controlada o al vacío, con el objeto de difundir un componente en otro, de disminuir las impurezas y de la eliminación o absorción de gases. Si se quieren hacer piezas porosas se incorporan en la Mezcla sales o metales volátiles que desaparecen en éste último paso.

Propiedades.- Las piezas obtenidas son mucho más duras que las obtenidas por cualquier otro procedimiento, presentando sin embargo mayor ligereza, debido a la porosidad que presentan; ésta es la causa también de que la resistencia sea menor que la de piezas vaciadas o forjadas de la misma aleación, a pesar de lo cual, son de gran importancia en aplicaciones especiales. Se pueden obtener materiales poco porosos, semiporosos o porosos. Las piezas porosas, después de la sintetización, se introducen en aceite, pudiendo absorber hasta un 35% de su volumen y sirven para piezas que requieran lubricación.

Las piezas pueden obtenerse con dimensiones muy precisas, con una exactitud de 0.12 mm. A pesar de tener manipulación costosa (preparación de los polvos, dados, etc), la duración de las operaciones y el número de éstas, es menor que para los procesos ordinarios, requieren maquinaria menos complicada, dando piezas más baratas, sobre todo tratándose de piezas pequeñas (la economía aumenta conforme disminuye el tamaño de la pieza).

Usos.- Para herramientas de corte resistentes al desgaste, de metales de alto punto de fusión (tungsteno, molibdeno, tántalo) o de sus carburos, solos o en matriz de Cobalto o Níquel; para cojinetes, chumaceras, etc, de metales porosos conteniendo o no grafito. Para piezas de lubricación de bronce, porosas o semi-porosas; por su economía, para piezas pequeñas, tales como magnetos, contactos, partes de radio, abanicos, etc. En la obtención de formas compactas y en la producción de piezas de repuesto para maquinaria. Modernamente se emplea para la obtención de Pseudo-aleaciones, también se está empleando ya para la obtención de lámina de cobre en forma industrial.

V. OPERACIONES COMPLEMENTARIAS O DE ACABADO.- Principalmente las piezas vaciadas, pero también las soldadas, se someten a procesos de acabado. En el caso de las primeras, una vez que se han sacado del molde, se sacuden en aparatos especiales cuando son pequeñas o se les tumba la tierra adherida mediante cinceles accionados por pistolas de aire. Las piezas ya limpias se someten a operaciones de desbarbado o rebabeado, quitándoles las partes salientes ó rebabas y las coladas, si son grandes, con mazo y si son pequeñas, con las mismas pistolas antes mencionadas. A veces se cortan en cortadoras de disco y tratándose de piezas de acero, con soplete o con Arco. Las piezas chicas una vez rebabeadas se someten a un tamboreado con trozos de acero Níquel o Acero endurecido para pulirlas o se limpian con arena ó municiones a presión, para acabar de quitar toda la arena residual.

C A P I T U L O V

METALES NO FERROSOS Y SUS ALEACIONES.

GENERALIDADES.- No todos los metales son de importancia industrial sino solamente unos 30 (son 70 los conocidos) y de estos pueden considerarse tres clases: Metales de importancia primaria, Metales de importancia secundaria y Metales para aleaciones. Entre los primeros se encuentran: el Hierro, Cobre, Zinc, Plomo, Estaño, Aluminio, Magnesio y Níquel. Entre los segundos están el Bismuto, Antimonio, Cadmio, Titanio, Berilio y Tántalo y entre los elementos para aleaciones: Cromo, Cobalto, Vanadio, Tungsteno, Molibdeno y Zirconio. En la última década ha aumentado notablemente la importancia del Tántalo, Titanio, Zirconio y últimamente del Berilio. Este último en la fabricación de aviones supersónicos, aparatos espaciales, cohetes y reactores nucleares.

DEFINICION Y PROPIEDADES.- Los metales, como ya se dijo anteriormente (véase Pág. 9, Cap. II), son elementos de carácter electropositivo que se depositan en el electrodo negativo en la Electrólisis. Tienen tendencia a reaccionar con elementos negativos formando sales (Cloruros, sulfuros, carbonatos, etc.) y con el oxígeno formando óxidos comunmente básicos, que reaccionan con el agua dando bases, por lo que es raro encontrarlos en la naturaleza al estado libre (Metales Nativos), hallándose en forma de dichos compuestos. Aparte de las propiedades mencionadas, poseen color característico, obscuro al estado de fin a división y variable al estado coloidal. Su tenacidad es generalmente mayor que la de los no metales. Tienen dureza, densidad y punto de fusión variables, pero generalmente elevados.

Para su estudio los metales se consideran divididos en dos tipos: I.- Metales no ferrosos, II.- Metales ferrosos (Cap. VI). Los metales no-ferrosos cambian sus propiedades con el trabajo mecánico, siendo menos afectados por los tratamientos térmicos que los ferrosos. Algunos son más resistentes que éstos a la corrosión, porque los óxidos formados inicialmente forman una cubierta protectora, por esto los sustituyen en lugares en donde pueden ser afectados rápidamente por la corrosión y en donde se requiera ligereza buena conductividad eléctrica o térmica, mejor apariencia, etc. Tienen una resistencia y un módulo de elasticidad menores que los ferrosos.

C U A D R O II

Metal	Simb.	Densidad grs/cm ³	P. Fus. °C	Metal	Simb.	Densidad grs/cm ³	P Fus. °C
Aluminio	Al	2.76	660	Magnesio	Mg	1.75	650
Antimonio	Sb	6.76	630	Manganeso	Mn	7.43	1245
Berilio	Be	1.82	1,280	Molibdeno	Mo	10.20	2625
Bismuto	Bi	9.82	271	Níquel	Ni	8.90	1455

La mayor parte son producidos por los tres primeros métodos.

Procesos.- Los polvos se mezclan en tambores giratorios o molinos de bolas, para uniformar el tamaño y el mezclado de los diferentes componentes. El polvo así obtenido se somete en moldes a la acción de una presión de 15 Tons/cm², generalmente a la temperatura ordinaria y solo algunas veces a elevada temperatura. Las piezas obtenidas se someten a un tratamiento térmico de "Sintetización" en hornos con atmósfera controlada o al vacío, con el objeto de difundir un componente en otro, de disminuir las impurezas y de la eliminación o absorción de gases. Si se quieren hacer piezas porosas se incorporan en la Mezcla sales o metales volátiles que desaparecen en éste último paso.

Propiedades.- Las piezas obtenidas son mucho más duras que las obtenidas por cualquier otro procedimiento, presentando sin embargo mayor ligereza, debido a la porosidad que presentan; ésta es la causa también de que la resistencia sea menor que la de piezas vaciadas o forjadas de la misma aleación, a pesar de lo cual, son de gran importancia en aplicaciones especiales. Se pueden obtener materiales poco porosos, semiporosos o porosos. Las piezas porosas, después de la sintetización, se introducen en aceite, pudiendo absorber hasta un 35% de su volumen y sirven para piezas que requieran lubricación.

Las piezas pueden obtenerse con dimensiones muy precisas, con una exactitud de 0.12 mm. A pesar de tener manipulación costosa (preparación de los polvos, dados, etc), la duración de las operaciones y el número de éstas, es menor que para los procesos ordinarios, requieren maquinaria menos complicada, dando piezas más baratas, sobre todo tratándose de piezas pequeñas (la economía aumenta conforme disminuye el tamaño de la pieza).

Usos.- Para herramientas de corte resistentes al desgaste, de metales de alto punto de fusión (tungsteno, molibdeno, tántalo) o de sus carburos, solos o en matriz de Cobalto o Níquel; para cojinetes, chumaceras, etc, de metales porosos conteniendo o no grafito. Para piezas de lubricación de bronce, porosas o semi-porosas; por su economía, para piezas pequeñas, tales como magnetos, contactos, partes de radio, abanicos, etc. En la obtención de formas compactas y en la producción de piezas de repuesto para maquinaria. Modernamente se emplea para la obtención de Pseudo-aleaciones, también se está empleando ya para la obtención de lámina de cobre en forma industrial.

V. OPERACIONES COMPLEMENTARIAS O DE ACABADO.- Principalmente las piezas vaciadas, pero también las soldadas, se someten a procesos de acabado. En el caso de las primeras, una vez que se han sacado del molde, se sacuden en aparatos especiales cuando son pequeñas o se les tumba la tierra adherida mediante cinceles accionados por pistolas de aire. Las piezas ya limpias se someten a operaciones de desbarbado o rebabeado, quitándoles las partes salientes ó rebabas y las coladas, si son grandes, con mazo y si son pequeñas, con las mismas pistolas antes mencionadas. A veces se cortan en cortadoras de disco y tratándose de piezas de acero, con soplete o con Arco. Las piezas chicas una vez rebabeadas se someten a un tamboreado con trozos de acero Níquel o Acero endurecido para pulirlas o se limpian con arena ó municiones a presión, para acabar de quitar toda la arena residual.

C A P I T U L O V

METALES NO FERROSOS Y SUS ALEACIONES.

GENERALIDADES.- No todos los metales son de importancia industrial sino solamente unos 30 (son 70 los conocidos) y de estos pueden considerarse tres clases: Metales de importancia primaria, Metales de importancia secundaria y Metales para aleaciones. Entre los primeros se encuentran: el Hierro, Cobre, Zinc, Plomo, Estaño, Aluminio, Magnesio y Níquel. Entre los segundos están el Bismuto, Antimonio, Cadmio, Titanio, Berilio y Tántalo y entre los elementos para aleaciones: Cromo, Cobalto, Vanadio, Tungsteno, Molibdeno y Zirconio. En la última década ha aumentado notablemente la importancia del Tántalo, Titanio, Zirconio y últimamente del Berilio. Este último en la fabricación de aviones supersónicos, aparatos espaciales, cohetes y reactores nucleares.

DEFINICION Y PROPIEDADES.- Los metales, como ya se dijo anteriormente (véase Pág. 9, Cap. II), son elementos de carácter electropositivo que se depositan en el electrodo negativo en la Electrólisis. Tienen tendencia a reaccionar con elementos negativos formando sales (Cloruros, sulfuros, carbonatos, etc.) y con el oxígeno formando óxidos comúnmente básicos, que reaccionan con el agua dando bases, por lo que es raro encontrarlos en la naturaleza al estado libre (Metales Nativos), hallándose en forma de dichos compuestos. Aparte de las propiedades mencionadas, poseen color característico, oscuro al estado de fin a división y variable al estado coloidal. Su tenacidad es generalmente mayor que la de los no metales. Tienen dureza, densidad y punto de fusión variables, pero generalmente elevados.

Para su estudio los metales se consideran divididos en dos tipos: I.- Metales no ferrosos, II.- Metales ferrosos (Cap. VI). Los metales no-ferrosos cambian sus propiedades con el trabajo mecánico, siendo menos afectados por los tratamientos térmicos que los ferrosos. Algunos son más resistentes que éstos a la corrosión, porque los óxidos formados inicialmente forman una cubierta protectora, por esto los sustituyen en lugares en donde pueden ser afectados rápidamente por la corrosión y en donde se requiera ligereza buena conductividad eléctrica o térmica, mejor apariencia, etc. Tienen una resistencia y un módulo de elasticidad menores que los ferrosos.

C U A D R O II

Metal	Simb.	Densidad grs/cm ³	P. Fus. °C	Metal	Simb.	Densidad grs/cm ³	P Fus. °C
Aluminio	Al	2.76	660	Magnesio	Mg	1.75	650
Antimonio	Sb	6.76	630	Manganeso	Mn	7.43	1245
Berilio	Be	1.82	1,280	Molibdeno	Mo	10.20	2625
Bismuto	Bi	9.82	271	Níquel	Ni	8.90	1455

Cadmio	Cd	8.65	321	Tántalo	Ta	16.60	2,996
Cobre	Cu	8.90	1,083	Titanio	Ti	4.54	1,820
Cobalto	Co	8.90	1,495	Tungsteno	W	19.30	3,410
Cromo	Cr	7.19	1,890	Vanadio	V	6.0	1,735
Hierro	Fe	7.87	1,539	Zinc	Zn	7.33	419.46
Estaño	Sn	7.30	231.9	Zirconio	Zr	6.50	

A L U M I N I O

MINERALES.- Aunque es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza, tiene solo dos minerales aprovechables, la Bauxita y la Criolita. La Bauxita es una mezcla de hidróxido de Hierro y Aluminio, con 50%-60% de Alúmina (Al_2O_3), de color variable con el contenido de Hierro. La Criolita o fluoruro de sodio y aluminio ($3NaF \cdot AlF_3$), se emplea como solvente de la Bauxita en la metalurgia del Aluminio, pero es muy cara, por lo que se prepara mejor artificialmente.

OBTENCION.- El único método de importancia comercial es el electrolítico. Consiste en someter a electrólisis una solución de Alúmina en Criolita fundida, a la cual se agregan diversas sales con fines variados (fluoruros de calcio y aluminio y cloruro de sodio), reponiéndolas conforme se gastan en el proceso. La electrólisis se efectúa en cubas de hierro que actúan como cátodos, forradas interiormente de carbón y con ánodos de carbón suspendidos. La alúmina empleada se prepara a partir de la Bauxita, la cual se muele y se digiere en autoclaves con solución de hidróxido de sodio, formando aluminato de sodio, al cual, después de filtrado, se le añade hidróxido de Aluminio fresco, precipitándose en forma de hidróxido, el cual se filtra y se calcina, dando la alúmina. En este proceso se gastan enormes cantidades de energía eléctrica, por lo cual las plantas están colocadas en lugares donde aquella abunda, usualmente cerca de las caídas de agua o de plantas hidroeléctricas, el aluminio obtenido tiene gran pureza, hasta de 99.5%.

PROPIEDADES.- Metal blanco brillante, semejante a la plata cuando puro, pero con un ligero matiz azulado el comercial. Se distingue por su gran ligereza (2.7 grs/cc.) y su comparativamente alta resistencia, la cual varía con los tratamientos mecánicos, de 800 Kgs/cm² para el vaciado, a 1,800 o 3,500 Kgs/cm² para el laminado. Se endurece con el trabajo en frío. Otras propiedades de importancia son: su alta conductividad eléctrica y térmica, su resistencia a la corrosión atmosférica y su habilidad para alearse con otros metales, formando gran número de aleaciones útiles. La resistencia a la corrosión se debe a la formación de una capa de óxido de aluminio con el oxígeno del aire, sobre todo en caliente, que lo protege contra una mayor oxidación y contra el ataque de algunos áci-

dos y álcalis. En algunas aleaciones de aluminio se produce ésta película artificialmente, sujetando la aleación a la acción de una corriente eléctrica, esta operación se conoce con el nombre de "Anodizado", la película formada le da, no solamente protección contra sustancias corrosivas, sino que puede colorearse y pulirse, dando una bonita apariencia. Su resistencia a la corrosión disminuye con la presencia de impurezas. Funde a 658°C.; si se calienta pierde su resistencia y se disgrega al sacudirlo, transformándose en una masa pastosa granular; en piezas delgadas o en polvo, arde con llama brillante, formando óxido de Aluminio. No es atacado por el vapor de agua, pero si por el agua cargada de sales, particularmente de Hierro y con especial energía en presencia de vestigios de otros metales (Hg, Cu, Fe, etc.), por la formación de un elemento galvánico. Al aire húmedo forma hidróxido de Aluminio, sobre todo en caliente, es prácticamente inafectado por el ácido sulfúrico diluido, pero el concentrado lo disuelve fácilmente. El ácido nítrico lo afecta muy poco, tanto diluido como concentrado, en cambio se ataca fácilmente por el ácido clorhídrico, con desprendimiento de hidrógeno. Es fácilmente atacado por los álcalis. Es un energético reductor, se puede soldar con Flux de cloruro de Zinc.

USOS.- Después del hierro es uno de los metales más usados en la construcción por su gran resistencia y ligereza; aleado con pequeñas cantidades de metales se utiliza para fabricación de lámina, para techos, aviones, automoviles, aparatos químicos, etc. Modernamente para fabricación de piezas estructurales. Grandes cantidades se emplean para la fabricación de utensilios de cocina. Por su buena conductividad eléctrica y al estado puro, se emplea como sustituto del cobre, especialmente para alambres, varillas, conductores de la corriente eléctrica, etc. rotores de motores y algo en lámina para equipo eléctrico. Para la fabricación de tuberías. En soldadura para el proceso aluminotérmico de la termita; en polvo finamente dividido se usa para pinturas protectoras contra la corrosión y en litografía, para preparación de explosivos y en pirotécnia. Se está empleando para proteger el Hierro y el Acero por inmersión, después de reducir la pieza con Hidrógeno (Alplate), se emplea en gran número de aleaciones, muchas de ellas de importancia comercial. En forma de granalla se emplea como desoxidante del acero.

ALEACIONES DE ALUMINIO.- El aluminio puro es relativamente suave y débil y no es muy bien adaptado para propósitos estructurales y para piezas vaciadas, por lo cual es forzoso añadirle otros metales. Los elementos de aleación más comunes son: Cobre, Manganeso, Silicio y Magnesio, en menor proporción se usan también, el hierro, níquel, zinc, cromo y titanio. Una característica muy importante de las aleaciones de aluminio la constituye su gran ligereza, por lo cual han tenido una gran aplicación para las industrias automovilísticas y aerodinámicas. La resistencia necesaria se obtiene por la adición de cobre o zinc. Presentan además alta conductividad térmica y eléctrica y tienen apariencia agradable.

A.- Aleaciones Aluminio-Zinc.- Son las más baratas de las aleaciones ligeras. Las mejores (las más dúctiles y maleables) contienen menos de 15% de Zinc, se pueden usar contenidos hasta de 25%, para piezas que permitan cierto grado de fragilidad. Se emplean para piezas vaciadas, son fáciles de hacer y más duras y más fusibles que el Aluminio, conservando su ligereza.

B.- Aleaciones Aluminio-Cobre.- El cobre aumenta la resistencia y la dureza, pero causa una pérdida rápida de ductilidad. Se usa en proporción no mayor de 8%, para partes de autos y aviones, cajas de transmisión, lavadoras, pistones, etc. Algunas contienen algo de fierro o estaño (0.5 a 2%), este último se agrega para pistones; también suele sustituirse el cobre por algo de zinc (9 á 27% de zinc y 3 á 5% de cobre).

C.- Aleaciones Aluminio-Silicio.- Son semejantes a las anteriores, contienen de 5 á 12% de Silicio, presentan una disminución en el punto de fusión, pues forman aleaciones eutécticas, por lo cual son muy apropiadas por su fluidez para piezas vaciadas, especialmente cuando se requieren finos detalles o impresiones agudas. Tienen mayor resistencia a la tensión y a la corrosión que las de Cobre.

D.- Duraluminio.- Aleaciones de Aluminio con 3.5 a 4.5% de Cobre, con Manganeso y Silicio en proporciones de 0.5 a 1% de c/u., empleadas principalmente para piezas forjadas, sus propiedades varían con los tratamientos térmicos, se emplean para construcción de aviones y en general bajo condiciones en que se requieran piezas con la ligereza del Aluminio y la resistencia del Acero de bajo carbón.

C O B R E .

MINERALES.- Es uno de los pocos metales que pueden hallarse al estado libre o nativo, encontrándose en cantidades notables sobre todo en las rocas ígneas y en muchas sedimentarias, en Chile, Bolivia, Austria, Siberia, Montes Urales y en Estados Unidos. Puede encontrarse también al estado de óxido rojo o cuprita (Cu_2O), óxido negro o malaconita (CuO), carbonato verde o malaquita ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$), de sulfuro o calcocita (Cu_2S) y de sulfuro de cobre y fierro ($FeCuS_2$).

OBTENCION.- Los minerales de cobre tienen generalmente un porcentaje muy bajo de metal (10 á 15%), por lo cual son primero concentrados, variando los métodos seguidos con la clase de mineral. El cobre nativo se tritura y se separa por flotación, antes de fundirlo en hornos de Reverbero o Manga, para vaciarlo en ánodos y someterlo a electrolisis. Los óxidos pueden fundirse con carbón y caliza (pirometalurgia) en hornos de cuba, mezclarse con los sulfuros, o disolverse directamente con ácido sulfúrico para someterlos a electrolisis.

Los sulfuros se concentran por flotación, se tuestan en un horno de reverbero de soleras múltiples, eliminándose el arsénico y el antimonio y oxidándose las $\frac{3}{4}$ partes del Azufre. El mineral tostado se funde en hornos de Manga (mineral grueso), o de reverbero (fino), formándose la "Mata Negra" con 50% de cobre y que es una mezcla de sulfuros de hierro y de cobre.

La mata se lleva a convertidores horizontales, en donde se trata con aire en dos pasos de una hora c/u. En el primero, parte del sulfuro de cobre se transforma en óxido, el cual oxida al sulfuro de hierro, reaccionando el óxido formado, con la sílice, para dar escoria de silicato de hierro, que se elimina. En el segundo, el resto del sulfuro de cobre o "Mata Blanca" se oxida con el aire y el óxido de cobre presente, dando cobre libre, el cual, al ser vaciado y solidificarse, queda con gran cantidad de ampollas, por el escape del anhídrido sulfuroso, por lo que se le llama "cobre ampollado".

Este cobre se refina fundiendolo en hornos de reverbero, con madera verde como reductor o por el método electrolítico, en el cual, el cobre bruto, usado como ánodo, se disuelve lentamente en la solución sulfúrica de sulfato de cobre y se deposita en el cátodo de cobre puro. En las impurezas que quedan en los lodos anódicos pueden aprovecharse la plata, el oro, el platino, el bismuto, etc.

PROPIEDADES.- Metal comparativamente suave y dúctil, de átomos centrados, color rojo, densidad 8.9 y punto de fusión $1,083^\circ C$. A temperaturas cercanas a su punto de fusión se vuelve muy frágil, pulverizándose fácilmente; es muy dúctil, pudiendo estirarse en hilos de 0.03 mm. Es el mejor conductor del calor y la electricidad de los metales baratos, dependiendo su conductividad del grado de pureza, La presencia de cantidades pequeñísimas de impurezas la bajan notablemente, de aquí que se requiera el uso de Cobre electrolítico. Tiene gran resistencia a la corrosión atmosférica, al agua de mar y al ataque de gran cantidad de reactivos químicos. Al aire húmedo y en presencia del anhídrido carbónico del aire, se cubre de una capa de carbonato básico, de color verde. Su resistencia a la tensión varía notablemente según el tratamiento a que se haya sujeta; laminado en caliente tiene 500-550 Kgs/cm², con un alargamiento de 50%, mientras que tratado en frío presenta más de 1,400-Kgs/cm², con un alargamiento de 30%.

USOS.- Se emplea principalmente para propósitos eléctricos, en forma de alambre, corchas, electrodos, piezas de motores, etc, una cuarta parte en la obtención de aleaciones (bronces, latones) y una pequeña parte en lámina para techos o en tubos para condensadores, evaporadores, etc. por su gran resistencia a la corrosión y su buena conductividad térmica. Para recubrir otros metales mas oxidables (Cobrizado) ya sea solo o como base para el cromado y niquelado en la fabricación de piezas para automóviles. (15%) para te las metálicas.

A L E A C I O N E S D E C O B R E

A.- Latones.- Aleaciones Cobre-Zinc, los más valiosos contienen 60 á 90% de Cobre y 10 á 40% de Zinc; hasta 35% de Zinc, forman una solución sólida de cristales centrados en las caras; con más de 35% en caliente y 39% en frío, el diagrama de equilibrio se vuelve complejo, por lo cual estas aleaciones no se usan. Son de color generalmente amarillo, resistentes a la corrosión, dúctiles y maleables. Se emplean para lámina, alambres, tubos para condensadores y calderas y artículos vaciados (válvulas, poleas, etc.).

B.- Bronces.- Aleaciones Cobre y Estaño, con menos de 16% de este último forman una solución sólida, los más comunes en la práctica contienen de 8 á 10% de Estaño; con más de 16% presentan diagrama mas complejo que los Latones, por formación de varias soluciones sólidas y un compuesto químico, por lo cual estas aleaciones no se usan en la práctica. Su dureza y resistencia mecánica aumentan con la proporción de Estaño, en cambio, la ductilidad disminuye con un contenido del mismo mayor de 5%. A menudo se añade Zinc (2-4%) para aumentar la ductilidad, la resistencia y la fluidez. Aleado con el plomo forma metales para cojinetes y chumaceras. Los bronces tienen una enorme cantidad de aplicaciones, modificando sus propiedades con la adición de otros elementos, como: Fósforo, Manganeso, Níquel, etc, recibiendo los nombres de Bronces Fosfora-

dos, Bronce Aluminio, Bronces al Níquel, etc. Se emplean principalmente para la obtención de piezas vaciadas para maquinaria, tales como engranes, válvulas, anillos, tubos, etc. Para campanas, figuras decorativas, etc.

C.- Aleaciones Cobre-Berilio.- Han adquirido gran importancia ultimamente por la gran resistencia que le imparte el Berilio al cobre y el efecto pronunciado que tiene, aún en pequeñas cantidades, comparable al efecto del carbón en el fierro. Con solamente 2% se pueden obtener aleaciones que con un tratamiento térmico apropiado pueden desarrollar hasta 15,000 Kgs/cm² como última fuerza a la tensión. Tienen una alta resistencia mecánica y a la corrosión, no produciendo chispas al golpearlas, por lo que se usan para herramientas (martillos, cinceles, etc.). Se emplean para resortes, y para partes sujetas a esfuerzos repetidos.

D.- Aleaciones Cobre-Aluminio.- Contienen 5-10% de Aluminio, con algo de hierro, tienen alta resistencia a la corrosión, por lo cual tienen gran aplicación para hélices de barco, uniones, aparatos para ácidos, etc.

P L O M O

MINERALES.- Los principales minerales son: La Galena o Sulfuro de Plomo (PbS), la cual a menudo contiene plata en cantidad aprovechable, y la Cerusita o Carbonato de Plomo (PbCO₃).

OBTENCION.- Depende de los metales que lo acompañan y se adapta a la extracción de éstos. Si se requiere una concentración, el mineral es sometido a una flotación selectiva, separando primero en medio alcalino los sulfuros de Zinc y de Fierro. El mineral concentrado o no, se somete a tostación, generalmente a temperaturas de 450 a 700°C, y se reduce en un alto horno de crisol rectangular, mediante carbón y un fundente adecuado.

Los minerales muy ricos pueden tratarse en hornos de reverbero, oxidándolos primero parcialmente y después dejando que el sulfuro-residual reaccione con los óxidos formados, para dar un plomo impuro llamado "Bullion" el cual contiene plata y otras impurezas, por lo cual es muy duro y se somete a un proceso de "suavización", oxidándolo en un horno de reverbero para eliminar el arsénico, antimonio y cobre, que forman escoria. El plomo suavizado se somete a un tratamiento que depende de su contenido en Bismuto, si éste es alto se trata por el proceso Pattinson o de cristalización selectiva, ya que el plomo solidifica primero, o por electrólisis en solución de Fluo-silicato de plomo (Pb SiF₆). Si el bismuto es bajo, se funde con Zinc a temperaturas cercanas al punto de fusión de este último, separándose una aleación de Zinc con Plata, Oro, etc. que por su gran ligereza flota en la superficie, recobrando más tarde el Zinc por destilación en retortas pasando los humos a un condensador.

PROPIEDADES.- Es un metal blanco brillante cuando está recién cortado, pero al aire se vuelve de color grisáceo y pierde su brillo debido a la oxidación. Es el más suave y más pesado de los metales comunes, pudiendo rayarse con la uña, cuando puro. Su dureza que es de 4 Brinell, aumenta con la presencia de impurezas, sobre todo de Antimonio. Su densidad es de 11.4. Es muy maleable, pero muy poco dúctil, cuando está caliente puede transformarse por presión hidráulica en tubos, varillas y alambres.

Cuando puro tiene una resistencia a la tensión de 133 Kgs/cm², y un alargamiento de 55%. No sufre alteración en presencia del aire seco o del agua libre de aire, pero en contacto con el aire húmedo o agua con aire disuelto, sufre hidratación y luego se carbonata (capa blanquecina). En aguas duras se cubre de una capa protectora de sales insolubles, no puede emplearse con seguridad para conducir agua potable, porque sus sales solubles son venenosas. Es resistente a la acción de los álcalis y a la corrosión, cuando se calienta en contacto del aire se transforma en óxido, que puede ser Pb₂O a bajas temperaturas y PbO a temperaturas elevadas. Es aislante a las radiaciones de metales radioactivos, por lo cual se emplea en el manejo de éstos en hospitales y plantas atómicas, etc.

USOS.- El plomo se emplea para tuberías de desagüe, (plomaría) sobre todo de plantas químicas, para el recubrimiento de cables eléctricos, para los acumuladores (28%). Para fabricación de óxidos y carbonatos empleados para pinturas (21%), tales como el blanco de plomo (carbonato), el plomo rojo y el Litargirio (óxidos). Para planchas en plantas de Acido sulfúrico. Con 5% de arsénico se emplea para tipos de imprenta (con antimonio), aleado con Estaño se emplea para soldadura y para chumaceras.

ALEACIONES DE PLOMO.- El plomo, por su gran densidad, tiene poca tendencia a formar aleaciones, ya vimos la formación de sistemas de tipo de capas, sin embargo, tiene gran aplicación para metales anti-fricción, en chumaceras o cojinetes, aleado principalmente con 10 a 25% de antimonio para cojinetes bajo presión (aleación blanca), a veces con estaño; además, con 10 a 20% de estaño y 10 a 15% de antimonio para cojinetes con cargas moderadas; para cargas pesadas se sustituye el estaño por un 10% de cobre.

Otro tipo de Aleaciones de Plomo son las de baja fusibilidad, por ej: las aleaciones Plomo-Estaño, usadas para soldadura en general (2 de plomo y 1 de estaño) o para aparatos eléctricos (1 : 1). Con 50% de Bismuto, 10 a 12% de Cadmio y 13-14% de Estaño, forma aleaciones que funden a 60-70°C, para equipos automáticos contra incendio, con tapones de seguridad. Las aleaciones con 3 a 8% de Estaño y 2 a 20% de antimonio, se usan para tipos de imprenta.

E S T A Ñ O

MINERALES.- El único mineral de importancia es el óxido de estaño - Casiterita o piedra de estaño (SnO₂), existente en arenas aluviales o placeres (Estaño de Corrientes) o en depósitos primarios en forma de venas o lodos (Estaño de Venas), en unas cuantas partes, sobre todo en los Estados Malayos, algunas islas Holandesas, Inglaterra, Australia, Bolivia, China y Nigeria, los tres últimos son de venas. El mineral de depósitos aluviales es más rico y produce un metal más puro (Minerales asiáticos), esto es de importancia porque comercialmente la pureza del estaño depende de los yacimientos de que proviene.

OBTENCION.- La concentración previa del mineral es mas importante que para otros metales, por su baja proporción; los aluviales se concentran por lavados sucesivos, mientras que los de vena, que generalmente están impurificados con sulfuros, se someten después de quebrados y lavados al proceso de flotación y en muchos casos a tostación, los óxidos de cobre, bismuto y hierro se pueden eliminar

tratando el mineral tostado con soluciones diluidas de ácido sulfúrico o tostado con cloruro de sodio o carbonato de sodio. El mineral ya concentrado se lleva a hornos de Cuba ú hornos de Reverbero, reduciendo con carbón y fundentes apropiados. El estaño fundido se puede refinar por oxidación enérgica, introduciendo aire o madera verde en el baño o por métodos electrolíticos. Un método común basado en su bajo punto de fusión, es el de simple fusión o licuefacción, permitiendo que el estaño se escape del recipiente, mientras la aleación menos fusible, de las demás impurezas, permanece sin fundir. Gran cantidad de estaño puede recobrase de la escoria por métodos electrolíticos o químicos. Otra procedencia del Estaño es de la hoja de lata de desperdicio, de la fabricación de latas.

PROPIEDADES.- Se encuentra en dos formas alotrópicas, α y β , cristalizadas respectivamente en el sistema cúbico y en el tetragonal. La forma β o estaño blanco es estable por encima de los 180°C, cambiando a la forma α , o estaño gris, cuando se enfría; esta transformación es muy lenta y aumenta a temperaturas abajo de -15°C y es muy rápida a -48°C, aumentando con la presencia de material transformado (peste del estaño).

La variedad beta es el estaño común ú ordinario, llamado estaño blanco, es un metal blanco plateado, lustroso, extremadamente maleable, funde a 232°C. Es más duro, más dúctil y algo más resistente que el plomo, su resistencia y dureza (5 B) disminuyen con algo de Arsénico o Antimonio. En presencia de pequeñas cantidades de impurezas, se vuelve frágil por encima de 161°C, pudiendo convertirse en polvo a 200°C. Su ductilidad depende de la temperatura de vaciado. Su resistencia a la tensión varía de 175 á 350 Kgs/cm². Es pobre conductor del calor y la electricidad y cuando se dobla produce un sonido característico, conocido como Grito del Estaño, debido al deslizamiento de los cristales. Es sumamente resistente a la corrosión, empleándose para proteger lámina de fierro (estañado), aun que tiene la desventaja de que rompiéndose la cubierta en algún punto, se desarrolla la corrosión por debajo de la misma; también se emplea para proteger otros metales. Calentado a alta temperatura se oxida fácilmente y arriba de 1,500°C arde con llama blanca. Es atacado lentamente por los ácidos sulfúricos y clorhídrico diluidos en frío, con ácido nítrico concentrado forma nitratos insolubles, hidrizables con el agua.

USOS.- Se emplea para el estañado de lámina de Fierro (hoja de lata) y de lámina para techos. Aleado con plomo, para obtención de soldaduras, para la obtención de metal Babbitt y de bronces. Algo en hacer alambres, tubos para pastas, metal blanco, reactivos químicos y lámina de estaño. Tiende a sustituirse, por su escasez cada vez mayor.

ALEACIONES DE ESTAÑO.- La principal es el llamado metal "Babbitt" con 7% de antimonio y 4% de cobre. Son aleaciones muy costosas, empleadas para cojinetes y metales antifricción, mejores que las de plomo.

Z I N C

MINERALES.- El Zinc se halla ampliamente difundido en la naturaleza en forma de minerales, siendo el principal el Sulfuro de Zinc (ZnS) llamado también "Blenda" o sfalerita, impurificado con otros sulfú-

ros. También se encuentra en forma de carbonato (ZnCO₃) o espato de Zinc, Zincita ú óxido de Zinc (ZnO) y algunos silicatos, en Estados Unidos, Polonia, México, Australia, España, Italia y Canadá.

OBTENCION.- Se obtiene principalmente de los sulfuros, los cuales son concentrados por flotación, y después sometidos a tostación, aprovechándose el anhídrido sulfuroso desprendido para la fabricación de ácido sulfúrico. Esta operación se lleva a cabo muchas veces en los centros de consumo de dicho ácido, a menudo a grandes distancias del yacimiento. La obtención del Zinc puede hacerse por tres métodos. Por electrolisis, por pirometalurgia y por el proceso electrotérmico. El más empleado es el proceso pirometalurgico que consiste en reducir el óxido de Zinc formado en la tostación, con un exceso de carbón, principalmente en forma de antracita, calentando a 1,100°C., en retortas ú hornos de mufla, en ausencia del aire, para evitar la reacción del Zinc con el oxígeno o el anhídrido carbónico. El Zinc, que hierve a 907°C., se elimina en forma de vapor, el cual pasa a condensadores, licuándose a temperaturas mayores de 420°C. (punto de fusión), obteniéndose al principio en forma de un polvo azul que no puede licuarse y tiene que regresarse a las retortas. El Zinc líquido se solidifica en lingotes y está impurificado con Cadmio y Plomo, llamándosele "Spelter". Se purifica por cuidadosa redestilación o fundiendolo en Hornos de Reverbero, separandose las impurezas en la superficie.

En el método electrolítico, se lixivia el mineral tostado con ácido sulfúrico, sometiendolo a la solución de sulfato de Zinc a electrolisis en cubas con ánodos de carbón y cátodos de zinc o aluminio.

En el proceso electrotérmico el mineral tostado se "Sintetiza" a 1,600°C y se reduce después con Coke en hornos Eléctricos de Arco de Resistencia.

PROPIEDADES.- Metal de color gris azulado, de brillo metálico intenso recién cortado, al aire se cubre de una capa de óxido, que más tarde se transforma en carbonato básico de color blanco, perdiendo su lustre. Tiene fractura cristalina en forma de hojas hexagonales entrelazadas. Funde a 420°C, hierve a 917°C. a 160°C produce por flexión un ruido débil semejante al "grito del estaño". Es algo frágil a temperatura ordinaria, sobre todo el comercial o Spelter. Calentado a 100-150°C se hace maleable y puede laminarse o estirarse, y por encima de 200°C se vuelve quebradizo, pudiendo pulverizarse. Es un metal plástico, de aquí que la resistencia a la tensión, que es solamente de 380 Kgs/cm² para el Zinc vaciado, aumenta a 1,100 Kgs/cm² en carga paralela al laminado aplicada lentamente, cuando se lamina y recoce a 200°C. Perpendicular al laminado alcanza 1,400 Kgs/cm², reduciéndose la ductilidad. Cuando la carga es rápidamente aplicada, aumenta hasta 2,000 Kgs/cm². En su forma comercial o "spelter" contiene hasta 1.5% de impurezas, principalmente plomo, hierro y cadmio, el primero lo suaviza, pero debilita la cubierta formada en el galvanizado, los últimos lo endurecen y vuelven frágil, por lo cual son indeseables para el galvanizado. El Cadmio también tiende a causar rotura en los vaciados. A 500°C se enciende con llama amarillo verdosa, formándose una nube de Oxido de Zinc, de color blanco. Se altera con el agua que tiene CO₂ y amoníaco. En forma de polvo descompone el agua, formando hidrógeno, por lo que al aire húmedo puede encenderse espontáneamente.

El Zinc puro no es atacado por los ácidos, pero en cambio el comercial es fácilmente atacado, tanto por los ácidos, como por los álcalis. Una propiedad muy importante del Zinc es su gran fluidez. USOS.- Se emplea para el galvanizado o sea para proteger el fierro contra la corrosión. Por su gran fluidez se emplea para piezas vaciadas, sobre todo en matriz y para aleaciones (latones). Un 15% se dedica a la obtención de lámina para techos, para pilas secas, partes de lavadoras, cubiertas para mesas, etc. En forma de óxido se usa para pigmentos. En forma de cloruro para el galvanizado y para preservar la madera.

ALEACIONES DE ZINC.- Sus aleaciones con Cobre (latones) y Aluminio ya han sido mencionadas. Con 25% de estaño se usa para patrones en fundición, aunque éstas aleaciones son muy débiles. Modernamente se han desarrollado una serie de aleaciones para vaciado en matriz a presión conocidas como "Zamak" con 3.5 á 4.5 % de Aluminio, menos de 0.1 % de Mg y Fe y cobre hasta 3.5 %, se emplean mucho para formas intrincadas, como zippers y partes para auto. También se han usado mucho para piezas vaciadas en matriz, aleaciones de Zinc con cantidades variables de Cobre y Estaño.

N I Q U E L

MINERALES.- Es un metal muy escaso en la costa terrestre, se cree que abunda en el centro de la tierra, formando junto con el fierro la metalosfera o piroesfera. Se halla en forma de sulfuro de Níquel-Fierro, (3% de Níquel) en el distrito de Sudbury, en Ontario - Canadá, y en forma de silicato (7% Ni) en Nueva Caledonia en Australia. Se encuentra mezclado con el cobre.

OBTENCION.- Para extraer el Níquel de los silicatos se funde con sulfato de calcio (yeso) o pirita de fierro, para formar sulfuros. Los sulfuros se tratan como en el caso del Cobre, concentrando y tostado el mineral, la mata obtenida se somete a un convertidor para oxidar el fierro, el cual se separa en la escoria. La mata resultante, con gran contenido de cobre, se pasa a un horno de Cuba y se funde con Coke y sulfato de sodio; la masa obtenida se separa en dos capas al solidificarse, la capa superior contiene sulfuros de cobre y sodio y la inferior el sulfuro de Níquel en su totalidad. La capa superior se funde en un convertidor para obtener el Cobre amollado y la inferior, después de un tratamiento apropiado se tuesta para formar el Oxido Negro, el cual se reduce a Níquel en un horno de Reverbero con carbón. A menudo la mata del convertidor es tostada a muerte para eliminar el azufre, los óxidos resultantes se funden con carbón en un horno de Reverbero, obteniéndose aleaciones de Cobre-Níquel con algo de fierro (Metal Monel). Se purifica por oxidación en un convertidor, para eliminar el fierro por fusiones sucesivas, por electrólisis o por volatilización en forma de un compuesto orgánico, para separarlo de las otras impurezas.

PROPIEDADES Y USOS.- Es un metal plateado, brillante, capaz de alcanzar un alto lustre, es casi tan duro como el acero suave y con algo de carbón es sumamente maleable. Es menos dúctil que el acero suave, mejorando su ductilidad con la presencia de Magnesio. Es ferromagnético abajo de 360°C, funde a 1,452°C., y tiene una densidad de 8.85. Su resistencia a la tensión es de 700 Kgs/cm² cuando-

está laminado y templado, y de 1,000 Kgs/cm² en forma de alambre endurecido. Es muy resistente a la corrosión, comunicándole esta propiedad a los metales con los cuales forma aleaciones, se emplea por lo tanto para el niquelado de objetos de fierro y acero y de otros metales y para la obtención de aleaciones de fierro, acero y cobre principalmente.

ALEACIONES DE NIQUEL.- Metal Monel, Monel B o aleación Níquel cobre natural, se obtiene directamente en el Canadá de la "Mata" Níquel-Cobre, contiene 67% de níquel, 28% de cobre y algo de fierro, tiene gran resistencia a los líquidos corrosivos, se usa para equipo de piclado, calentadores, equipo para alimentos y otros aparatos donde la corrosión es intensa, con el aluminio (3 - 4%) forma el Monel K. Otro tipo es el Monel R, con algo de Azufre para facilitar el maquinado, el Monel S contiene hasta 4% de Si.

Aleaciones con Fierro y Cromo.- 65-80% Cr, se usan como aleaciones para resistencias eléctricas, resisten 1,000°C sin oxidarse (Níquel y Cromo). El metal Inconel contiene 13% de Cr, 8% de Ní y 5% Fe, se usa para temperaturas elevadas.

Aleaciones de fierro.- Con 30 á 40% de níquel (invar), se emplean para instrumentos, relojes, termostatos, etc. por su baja expansión térmica.

M A G N E S I O

MINERALES.- Es el sexto metal más abundante en la costra terrestre (2,1%). Los principales minerales son: Dolomita o carbonato doble de calcio y magnesio (Ca CO₃. Mg CO₃), Magnesita o carbonato de magnesio (Mg CO₃) y Carnalita o cloruro doble de potasio y Magnesio (KCl. MgCl₂. 6H₂O).

OBTENCION.- Se obtiene por la electrólisis del cloruro de Magnesio fundido, procedente de la purificación de la sal, (de Aguas Saladas de pozo o del mar) mezclado con cloruros de sodio y potasio para evitar su descomposición y calentado a 700°C. El proceso se desarrolla en un recipiente hermético de fierro, con ánodos de grafito, dentro de un tubo de porcelana porosa, por el cual escapa el cloro. El Magnesio se deposita en el cátodo, elevándose a la superficie por su ligereza, de donde se extrae para fundirlo al vacío y vaciarlo en moldes.

PROPIEDADES.- Es el metal más ligero usado en Ingeniería, su densidad es 1.74, que es 7/10 de la del Aluminio. Es más duro que éste (D_B = 30 vaciado, y D_B = 40, laminado). Se oxida rápidamente y en forma de polvo o cinta se enciende fácilmente al aire, dando gran cantidad de rayos ultravioleta, por lo que se usa en fotografía. En caliente es fuertemente reductor, usándose en este sentido en metalurgia. Es soluble en agua, ácidos y sales, pero no en álcalis. Al aire húmedo se cubre de una capa protectora de hidróxido. Resiste menos a la corrosión que el aluminio, sobre todo cuando es impuro. Tiene un alto coeficiente de dilatación térmica y alta conductividad, enfriándose rápidamente. Funde a 651°C. Puede ser soldado con técnicas especiales, es fácil de trabajar y alcanzar un alto brillo. Tiene una resistencia semejante a la del aluminio (920-Kgs/cm²), por lo cual lo sustituye en construcciones ligeras, tiene más baja ductilidad que el Aluminio.

USOS.- Se emplea mucho en aleaciones con otros metales, para cons-

trucciones ligeras (aviones, etc.), aleado con manganeso (2%) es resistente a la corrosión. En forma de polvo y mezclado con agentes oxidantes se emplea en fotografía (flash), en pirotécnica y en el proceso de la termita.

ALEACIONES DE MAGNESIO.- Aleaciones ligeras, de propiedades mecánicas inferiores a las aleaciones de aluminio, resistentes a la corrosión. Su densidad varía de 1.76 a 1.86, presentan problemas de moldeo en frío y en caliente, sobre todo éste último debe hacerse a baja velocidad de deformación, en prensas hidráulicas. No deben moldearse en frío, sino calentadas a 225°C o más. Están formadas por cristales de paquete hexagonal, que no permiten un cambio rápido de forma, tal como el producido por martinetes. Contienen un máximo de 10% de otros elementos, sobre todo Aluminio (4 a 8%). Algunas hasta 3% de Zinc y de 0.2 a 0.3% de Manganeso, el cual mejora la resistencia contra la corrosión. La aleación forjada de más alta resistencia contiene 8½% Al. 0.5% Zn y 0.15% Mn.

La adición de Aluminio disminuye la conductividad térmica, formando aleaciones conocidas como metales Dow; con 8.5% y 0.4% de Zn se emplean para vaciados en arena y para trabajos de prensa. Con 9% de una solución sólida (δ), de mayor resistencia y ductilidad que el Magnesio, con 9 a 11% de Al produce aleaciones para vaciados que requieren gran fluidez (vaciado en matriz a presión). Mas de 12% de Al produce fragilidad para ciertos usos, aunque aumenta la resistencia. Algunas aleaciones de Magnesio son mejoradas por tratamientos térmicos.

T I T A N I O

MINERALES.- Es un elemento relativamente abundante, ocupa el noveno lugar. Se halla en forma de óxido (rutilo), Titanato de hierro (Ilmenita) y óxido ferroso-férrico o Magnetita, en Florida y Virginia en Estados Unidos, La India, Ontario, Canada, etc.

OBTENCION.- Se obtiene por el método Kroll que consiste en calentar el cloruro de Titanio con magnesio en atmósfera inerte, en un recipiente de hierro. El Titanio resultante queda en forma esponjosa, puede ser purificado, calentandolo al vacío en atmósfera inerte, con yodo. El tetrayoduro formado se disocia con un filamento caliente, depositandose el titanio con 99% de pureza. Si no se quiere puro se funde la esponja. El cloruro se prepara tratando el mineral con ácido clorhídrico.

PROPIEDADES.- Metal de gran ligereza, densidad 4.54, P. de fusión 1,723°C. Tiene gran resistencia a la corrosión por oxígeno, agua de mar (cloruros) y álcalis diluidos y una resistencia a la tensión variable de 4,500 a 7,700 Kgs/cm² para hojas y placas y de 10,000 Kgs/cm² para alambre, cuando ambos están recozidos, también varía considerablemente para pequeñas diferencias en su proceso de manufactura, con un alargamiento de 25%. En aleaciones tratadas térmicamente sus propiedades mecánicas son comparables a las del acero. Tiene gran afinidad para absorber gases a temperaturas altas (300°C o más), sobre todo hidrógeno, oxígeno y Nitrógeno, disminuyendo su ductilidad.

USOS.- Hasta hace poco se usaba solo como desoxidante para el acero, pero modernamente se ha comprobado que tiene excelentes propiedades para estabilizar el carbón en los aceros austeníticos y en los aceros al cromo, para evitar el rápido endurecimiento con el enfriamiento al aire, estas aplicaciones se están extendiendo a otras aleaciones de acero, en proporción de más de 0.025%. Su principal uso actualmente es en la construcción de aviones, para las alas y fuselaje, se usa también para la industria química.

C A P I T U L O VI

MATERIALES FERROSOS.

GENERALIDADES.- El hierro presenta la notable propiedad de alearse con el carbón formando varias aleaciones cuyas propiedades cambian notablemente para pequeñas diferencias de composición. Se consideran en la práctica dos grupos importantes de aleaciones ferrosas según su constitución, llamadas impropriadamente metales ferrosos: I.- Hierro vaciado o colado y II.- Hierros maleables. Ambos son obtenidos a partir del hierro impuro o hierro bruto de fundición, que resulta de la reducción de sus minerales y del cual trataremos a continuación.

HIERRO BRUTO DE FUNDICION.

MINERALES.- El mineral de hierro de mayor importancia es la Hematita Roja u Oligisto (Fe₂O₃), óxido férrico anhídrico de color café o rojo, le siguen: Las Hematitas pardas o limonitas, óxidos hidratados de color amarillo, con diferentes grados de hidratación. La Magnetita u óxido ferroso férrico (Fe₃O₄), de color gris negro, fuertemente magnético, por lo que se le llama piedra imán, de elevado punto de fusión, por contener óxido de titanio. La Siderita o Carbonato y las Piritas ó sulfuros, estos últimos de importancia casi nula. Otro mineral de importancia en Norte América es la tacaquita, una cuarcita con 20 a 30 % de Hierro.

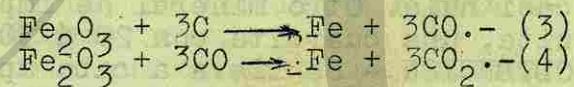
OBTENCION.- Se lleva a cabo aplicando el proceso pirometalúrgico en un Alto Horno, o sea por la reducción de sus óxidos con el carbón de Coke, en presencia de caliza como fundente.

Descripción del Alto Horno.- Es un horno de Cuba de 20 a 30 mts. de altura, formado por dos conos truncados unidos por su base mayor (Fig. 29), está construido de lámina de palastro y revestido interiormente de ladrillo refractario, tiene una capacidad promedio de 700 toneladas diarias; los de mayor capacidad producen hasta 1,600 toneladas al día. Consta de cuatro partes a saber: **El crisol (C)**, cilindro de palastro o acero vaciado, revestido por cerca de 90 cms. de refractario provisto de dos orificios para la salida de la escoria y del fierro fundido. **La obra** o zona de fusión (F), en donde se insertan de 8 a 16 toberas de cobre (T) de dobles paredes, enfriadas por agua y formadas por varias secciones cónicas, cuyo diámetro va aumentando hasta conectar a un gran tubo que rodea al horno como un anillo y el cual conduce el aire necesario para la operación. En esta zona el calentamiento es sumamente intenso, por lo cual está hecha de 60 a 90 cms. de ladrillo refractario recubierto exteriormente por una serie de chaquetas (CH) de dobles paredes, por las que circula agua de enfriamiento, para proteger el refractario de su rápida destrucción. **El Vientre (V)**, la zona de mayor diámetro, donde los materiales alcanzan su máxima dilatación antes de empezar a fundirse y finalmente, **El Etalaje o Cuba (E)**, parte superior del horno, sostenida por 8 a 12 columnas (S), con 20 a 22 Mts. de altura y terminando en el Tragadero, boca o --

cargadero, provisto de dos campanas cónicas (B) que funcionan alternadamente, para no permitir que los gases se escapen mientras se carga. Los gases salen por dos orificios situados a los lados del horno, a tubos que se juntan en un conducto común para llevarlos a un sistema de tratamiento, para quitarles los materiales en suspensión y utilizarlos como combustibles en las estufas o calderas, por su gran contenido de CO (20%).

Operación.- Para iniciar la operación se llena el horno con leña y carbón de Coke, los cuales se queman para el secado del horno, al empezar a bajar se van a gregando capas alternadas de mineral (60%), Coke (25%) y Caliza (15%) (fundente), mediante unos carros de

carga que se mueven alternadamente por carriles situados en un plano inclinado operado mecánicamente. El horno se mantiene lleno y la operación es continua, introduciendo cerca del fondo aire precalentado a 500 - 600°C en estufas apropiadas y comprimido a una presión de 1 Kg/cm². La carga descendiendo lentamente, produciéndose primeramente un secado y un precalentamiento con los gases de salida y al ir bajando reaccionan los óxidos con el monóxido de carbono (CO) de los gases y algo con el carbón, dando hierro libre.



El fierro obtenido queda en forma esponjosa, licuándose al llegar a la zona de fusión, y pasando al crisol, disolviendo a su paso varias impurezas: azufre, manganeso, fósforo, silicio y carbón. Mientras tanto, la ganga se combina con la cal para formar la escoria (2) y después de 10 á 15 horas de iniciado el soplo puede hacerse la primera eliminación de ésta, continuando después cada 2 horas. La Escoria se lleva por canales a tinajas de fondo cónico, transportándola a un patio en donde se vacía para dar una masa obscura que se usa quebrada como material de relleno. En ocasiones se lleva a pilas, en donde se pone en contacto con una lluvia de agua a presión para provocar su rápido enfriamiento, formándose así un producto granulado de color blanque-

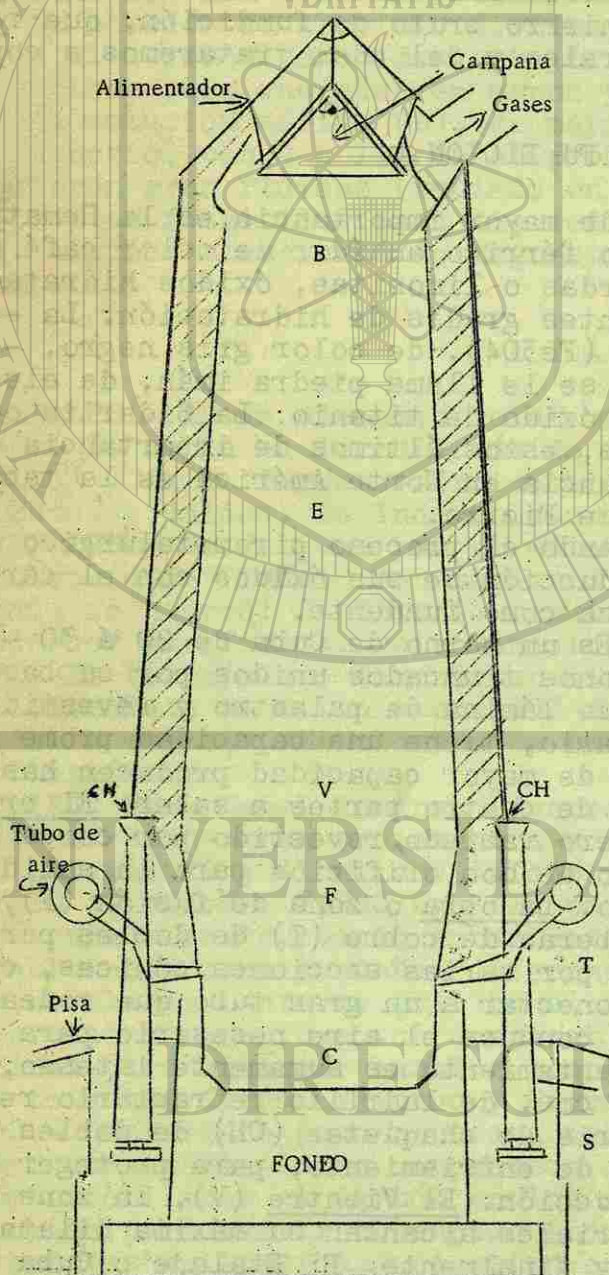


Fig. # 29 ALTO HORNO....

ciño ó grisáceo, que se emplea para la fabricación del cemento ó de ladrillos de escoria. A las 20 ó 30 horas de iniciado el soplo, se hace la primera picada del hierro y después cada 4 ó 5 horas, para lo cual se quita el tapón de arcilla y de tierra que cierra el orificio y después se funde el tapón interior de fierro mediante tubos con oxígeno. El líquido restante se vacía en tinajas cónicas para su transporte, ya sea a un mezclador, a los hornos de aceración o bien para ser vaciado en lingoteras o moldes, montados en una cadena sin fin y recubiertos con lechada de cal, para producir lingotes sólidos de 35 á 50 Kgs.

PROPIEDADES Y USOS.- El Hierro bruto de fundición se llama también Arrabio o lingote de la fusión al estado sólido. Es un hierro impuro que contiene de 2.5 á 4.5 % de carbón, 1 á 5 % de silicio, 0.1 a 1 % de Fósforo, 0.04 a 1 % de Azúfre y 0.2 a 1.5 % de Manganeso. Según su aplicación y el contenido de impurezas, recibe distintos nombres, como; De Bajo y De Alto fósforo, De bajo y De alto silicio Hierro de grado Bessemer, Lingote o Hierro básico, etc., Sus propiedades varían con su composición, siendo en general semejantes a las del hierro vaciado. Se usa como materia prima para la obtención de los demás tipos de hierro y ocasionalmente para vaciado directo de piezas, sobre todo lingoteras para vaciado de acero, en forma de hierro de fundición gris.

I.- HIERROS VACIADOS

OBTENCION.- Se obtienen por la refusión del hierro bruto de fundición para reducir la cantidad de impurezas, y producir un producto más uniforme, controlando el contenido de las mismas dentro de ciertos límites, según el producto deseado. Para abaratar el hierro se le mezclan diversos porcentajes de chatarra y desperdicios de la fundición, agregando si es necesario los elementos que se crea conveniente en forma de ferro-aleaciones, por ej: Silicio, Fósforo, Manganeso, Cromo, Níquel, etc. Para esta refusión hay dos tipos de hornos de uso general: El Horno de Cúpula o Cubilote (Fig. 30) empleado para la obtención del hierro de fundición gris y el horno de Reverbero o de aire, empleado para grados especiales de hierro gris y para la obtención del hierro de fundición blanca. En algunos casos se emplean para la obtención de grados especiales hornos de Hogar abierto como los usados en el acero. Un proceso reciente es el llamado DUPLEX, que consiste en un tratamiento preliminar en el horno de cúpula, efectuándose el resto en un horno eléctrico, dando así un fierro de calidad superior, pudiéndose sobrecalentar el material para mejorar sus características de vaciado y de composición.

Descripción del Horno de Cubilote.- (Fig. 30).- Consiste en un cilindro de palastro (P), revestido interiormente de ladrillo refractario (L) y provisto en la parte inferior de una cámara anular (C) para la introducción del aire, mediante unos aditamentos de fierro vaciado ó Toberas (T), insertados en la pared del horno. El crisol queda entre la abertura de éstas y el piso del horno, el cual está formado por una puerta de dos hojas (B) sostenidas por unas barras; sobre las que se coloca una capa de arena de moldear de unos 10 ó 15 cms. de grueso, con un ligero declive hacia el ori-

ficio de salida del fierro (F), el cual fluye por un canal al exterior; unos 7 cms. abajo de las toberas y en la parte opuesta de aquel, se halla el orificio desangrado de la escoria (E). Se carga por una puerta (H), situada a mediados de su altura. Funciona como el alto horno, pero a menor presión. Su tamaño es muy variable, pero comunmente tiene alrededor de 1.80 Mts. de diámetro y 6 Mts. de altura, con una capacidad de 20 toneladas/hr. Es de operación intermitente, tumbando las barras que sostienen el piso al terminar el vaciado.

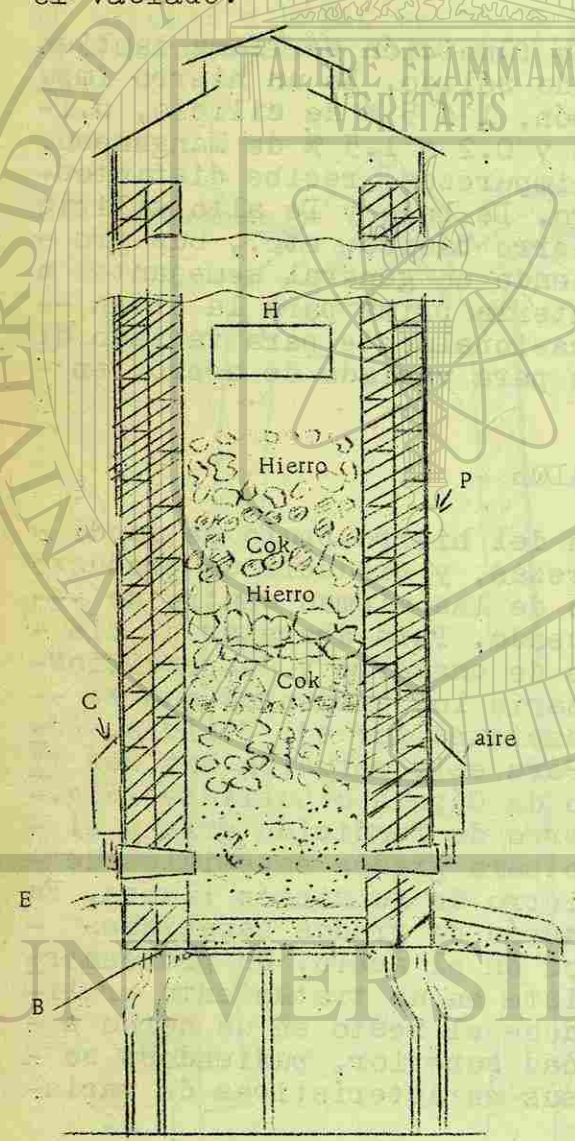


Fig # 30 Horno Cubilote.

Operación.- Consiste en cargar el horno con una cantidad inicial de leña y carbón para formar una cama y una vez encendida ésta ir agregando cargas alternadas de fierro en la forma calculada y carbón Coke con cierta cantidad de fundentes, sobre todo piedra caliza y espatoflour; después de cierto tiempo para precalentarse, se inicia el soplo, empezando a fundir en 10 minutos, una vez lleno el crisol o vaso, se pica para sacar el fierro.

Horno de Aire.- Es un tipo de horno de reverbero, con capacidad de 5 á 40 toneladas, la carga consiste también de fierro bruto y chatarra, la cual se coloca sobre una cama de arena sílice en el fondo del crisol y si es necesario, se añade caliza como fundente; la escoria formada flota sobre el metal fundido, protegiéndolo contra la oxidación y evitando la absorción de azufre del combustible. Da un control más efectivo que el horno cúpula, con la ventaja de poder regularse la temperatura; tiene la desventaja de necesitar doble cantidad de combustible y ser de construcción más costosa.

PROPIEDADES.- Los Hierros vaciados se consideran técnicamente como "Hierros de Fundición" ó aleaciones eutécticas de fierro con 2.2% á 5% de carbón. Sus propiedades

de estos tipos fundamentales pueden existir otras formas o variedades, de las cuales las de mayor importancia son los hierros de Fundición Maleable y los hierros Dúctiles o Nodulares, los primeros obtenidos de la Fundición Blanca y los segundos de la Gris. En general la formación de grafito aumenta con el contenido de carbón y Silicio y la de Cementita con la disminución de éstos, con el aumento de azufre y de Manganeso en exceso sobre las cantidades que se combinan entre sí (MnS) y con el enfriamiento rápido, por lo cual su formación se provoca a menudo colocando en los vaciados formas especiales de fierro o acero llamados Templaderas, para obtener dureza en esa sección, sobre todo si hay formación de Fundición Blanca; la dureza aumenta con la proporción de cementita. Son frágiles, aumentando su fragilidad con la dureza. Su punto de fusión aumenta de 1,075°C á 1,275°C con la disminución del contenido de carbón. La presencia de fósforo aumenta su fluidez, la cual tiene importancia para la fabricación de piezas delgadas, también aumenta la formación del grafito cuando el Silicio es alto, pero cuando es bajo, la disminuye. Para una mejor explicación de las propiedades y usos, veremos a continuación los diversos tipos.

A.- FUNDICION GRIS.- Contiene usualmente de 2.75 a 3.25% de carbón, una gran proporción en forma de grafito, lo que le da fractura gris o negruzca, con puntos brillantes de cristales de fierro. Está formado por placas irregulares de grafito, generalmente alargadas y curvas, en matriz de Ferrita o Cementita. Se emplea para piezas vaciadas, por su fácil fusión y por expansionarse durante el enfriamiento relleno fácilmente los contornos del molde. Por su tamaño de grano pueden considerarse variedades de grano fino, formadas por cristales muy pequeños con escamas de grafito y de grano grueso, de color obscuro y de cristales grandes. Sus propiedades mecánicas dependen de la cantidad, composición y estructura de la matriz y del tamaño, forma y distribución de las partículas de grafito, pudiendo estos factores ser controlados por la composición, la velocidad de enfriamiento y el tratamiento térmico. Su dureza varía de 150 á 270 Brinell. La resistencia a la tensión de 1,350 á 3,850 Kgs/cm². Resistencia a la compresión de 4,500 á 11,000 Kgs/cm². Resistencia al corte de 1,900 á 4,000 Kgs/cm². Su peso específico disminuye con el contenido de carbón, por la tendencia del grafito de ocupar mayor volumen, varía de 6.8 á 7.2 Kgs/cm³. La tenacidad y la resistencia al impacto son mayores en las variedades de grano fino. A menudo las piezas vaciadas se someten a recocido para eliminar los esfuerzos internos y uniformar el grano ó para mejorar sus propiedades de maquinado.

B.- FUNDICION BLANCA.- Contiene prácticamente todo el carbón (2 á 2.5%) en forma combinada, como carburo de fierro (Fe₃C) o Cementita, lo cual le da su fractura metálica característica de color blanco. Se produce a baja concentración de silicio (menos de 1%) y alta velocidad de enfriamiento, tiene un punto de fusión menor que la gris, presenta menor fluidez al estado líquido y se contrae casi dos veces más. Su densidad es mayor, 7.6 Kgs/cm³. Tiene poca importancia en Ingeniería por su dureza y fragilidad y porque es prácticamente intrabajable, utilizándose solamente como producto intermedio para la obtención de los hierros de fundición Maleable.

C.- FUNDICION ATRUCHADA.- Se llama también Moteada o Matizada,-- representa un estado intermedio de las variedades anteriores, tanto en su aspecto como en sus propiedades, con el grafito solo parcialmente separado (partes oscuras) y una masa blanquecina de carburo de hierro, dependiendo sus propiedades de la proporción de éste. Se forma en composiciones intermedias y en las zonas interiores de piezas sometidas a templado superficial.

D.- HIERROS DE FUNDICION MALEABLE.- Son hierros obtenidos por la maleabilización del hierro de fundición blanca, que consiste en un recocido de las piezas empaquetadas en cajas de fierro vaciado, para transformar la cementita en grafito de una forma especial de gránulos redondeados o nódulos finamente dispersos que le comunican propiedades especiales. Según el tratamiento térmico pueden producirse dos tipos: el ferrítico y el perlítico. La operación se lleva a cabo calentando las piezas por 5 a 6 días a 350°C en condiciones no oxidantes. Cuando los vaciados son enfriados lentamente se obtienen los tipos ferríticos. Modificando la maleabilización y el recocido de tal modo que quede algo de cementita sin transformar se obtienen los hierros maleables perlíticos, en ellos la cementita queda en forma esférica y finamente distribuida. Los hierros de fundición maleable combinan la dureza del hierro de fundición con la maleabilidad y la ductilidad de los aceros de bajo y medio carbón, a los cuales se asemejan. Tienen gran uniformidad de estructura, gran resistencia a la fatiga y al impacto y gran tenacidad, pero son fácilmente maquinables. En su forma normal presentan una resistencia a la compresión mayor que la del fierro gris, pudiendo llegar a --- 18,000 Kgs/cm². Su dureza es de 130 Brinell y su resistencia a la tensión es de 4,000 Kgs/cm², con un alargamiento del 18%. Las variedades perlíticas tienen una resistencia a la tensión de 4,200 Kgs/cm² a 6,300 Kgs/cm², con un alargamiento que disminuye de 10 a 2% y una dureza Brinell de 163 a 285. Se utilizan en la manufactura de artículos o formas demasiado complicadas para un forjado económico, que tengan propiedades de resistencia y tenacidad que no puedan obtenerse con la fundición gris. También para partes de maquinaria, implementos de agricultura, válvulas y conexiones, partes para ferrocarril y automóviles, cigueñales, cajas de engranes, etc.

D.- HIERROS DUCTILES.- Son variedades del hierro de fundición gris semejantes a los anteriores, sólo que la maleabilización se ha producido por la adición de pequeñas cantidades de Magnesio, Cerio o varias aleaciones, a hierros de fundición gris libres de azufre y fósforo, eliminando el largo proceso de maleabilización. Se llaman también Hierros Nodulares.

II.- HIERROS MALEABLES.

GENERALIDADES.- Son hierros que provienen de la refinación del hierro bruto de fundición. Disminuyendo su contenido de carbón hasta un porcentaje menor de 1.7, se obtienen los Aceros y si la disminución es casi total se obtienen los Hierros Dulces, con menos de 0.06 % de C. Si el % de carbón es de 1.7 a 2.2 se obtienen Semiaceros, estos son en realidad hierros de fundición, con un porcentaje elevado de acero. Se caracterizan por tener maleabilidad directa, cuando

menos dentro de ciertos límites de temperatura. No confundir con los hierros de fundición maleable, cuya maleabilidad es provocada.

A.- HIERROS DULCES

GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre los hierros cuyo contenido de carbón varía de 0.04 a 0.06% y con un contenido de impurezas casi nulo, por lo cual tienen un punto de fusión muy elevado y son muy suaves o dulces, no endureciéndose ni por el enfriamiento rápido y presentando una resistencia a la tensión menor de 45 Kgs/mm². Cuando se obtienen por los mismos métodos de fusión que los aceros se llaman Hierros de Lingote y cuando se obtienen al estado sólido con forjado posterior, se llaman Hierros de Pudelado o Hierros Batidos o Forjados. Pueden comprender además los Hierros de Crisol y el Hierro Esponja.

1.- HIERRO DULCE DE LINGOTE.- Es el más importante, sus propiedades corresponden aproximadamente a las del hierro puro. Presenta cuatro formas alotrópicas durante su enfriamiento (Fig. 28). A altas temperaturas existe la forma delta (δ), que no es de importancia. Arriba de 910°C la forma gama (γ) que corresponde a la máxima solubilidad del carbón (0.06%), no magnética y con cristales en el centro de las caras. De los 910°C hasta 770°C existe la forma beta (β) que no tiene importancia, llamándosele también hierro paramagnético. Finalmente, abajo de los 770°C existe la forma alfa (α) hasta la temperatura ordinaria. En esta forma, que es la normal, corresponde al Tipo B, con átomos en el centro del cubo, de aquí su ductilidad. Es magnético y buen conductor de la electricidad, mejorando estas propiedades con la pureza y variando sensiblemente con la temperatura. Puede considerarse como una solución de carbón en hierro puro llamada Ferrita. Es suave, dúctil, de baja relación elástica, alto punto de fusión de 1,535°C. Resistencia a la tensión de 2,800 Kgs/cm² a 3,300 Kgs/cm² (28 a 33 Kgs/mm²), con un alargamiento de 40% en 5 cms; Densidad 7.874, Dureza, 82 a 100 Brinell, 39 a 55 Rockwell B. Es más resistente a la corrosión que los aceros de bajo carbón, sin embargo, es fácilmente atacado por los ácidos diluidos, para protegerlo contra la corrosión se somete a Galvanizado o Estañado.

2.- HIERRO DE PUDELADO O FORJADO.- La A. S. T. M. lo define -- "como material ferroso, formado por el agregado de una masa solidificada de partículas pastosas de hierro metálico altamente refinado, con el cual, sin subsecuente fusión, se ha incorporado una pequeña y uniformemente distribuida cantidad de escoria". Como se ve el hierro de Pudelado es un hierro dulce con un pequeño contenido de escoria en forma de silicato de fierro (0.6 a 3%), a la cual debe probablemente su mayor resistencia a la corrosión. Esta se halla distribuida en fibras microscópicas orientadas paralelamente a la dirección del laminado y formando bandas que se pueden poner de manifiesto atacando al hierro con ácidos diluidos. Después de obtenido se somete a un forjado o laminado para convertirlo en las formas requeridas, variando algo sus propiedades con la duración y la naturaleza del mismo, sobre todo las propiedades direccionales, -- así, la última fuerza a la tensión es 20 a 60% más alta en la di-

rección del laminado, que en sentido perpendicular. Si éste se ha desarrollado hasta la temperatura crítica, se reduce el tamaño del grano y se aumenta la ductilidad y la tenacidad, pero si se continúa por abajo de dicha temperatura (en frío), disminuye la ductilidad. La resistencia a la compresión varía de 2,130 Kgs/cm² a 5,000 Kgs/cm² y la resistencia al corte es de 5,000 Kgs/cm². Tiene una dureza Rockwell-B de 55 y una densidad de 7.7. Es fácilmente maquinable y fácil de soldar, por actuar la escoria como fundente. Como puede verse, es de mayor resistencia y menor ductilidad que el hierro dulce, considerándose por esto que la escoria forma con el hierro una aleación de solubilidad total.

OBTENCION.- Se obtiene por dos procesos, el de Pudelado y el de Astón-Byer.

a).- PROCESO DE PUDELADO.- Es un proceso practicamente abandonado. Consistía en tratar el hierro bruto de fundición de alto silicio y bajo fósforo y azufre, en Hornos de Reverbero (Fig. 3) de 1,500 Kgs. por día, con óxido de fierro y escoria de una operación anterior, produciéndose primero la oxidación del silicio y manganeso para formar la escoria y después la del carbón, cuya eliminación daba por resultado un aumento de la temperatura de fusión y como la del horno no aumentaba, el fierro empezaba a solidificarse hasta formar grandes bolas de pudelado que se sacaban para forjarlas en una prensa, en donde se eliminaba el exceso de escoria antes de llevarlas al laminado.

b).- PROCESO ASTONE.- Es el proceso moderno, produce un hierro de mejor calidad y en mayores cantidades. Consiste en vaciar el hierro fundido lo más puro posible obtenido en un convertidor Bessemer (Pág. 31), sobre escoria de silicato de fierro (preparada por la fusión en hornos de Reverbero de óxido de fierro y arena sílice) en recipientes mezcladores. El hierro añadido, por la reducción súbita de temperatura al mezclarse con la escoria más fría, desprende con gran violencia los gases absorbidos, desmenuzándose en pequeñas partículas en forma de glóbulos recubiertos de escoria los cuales se sedimentan en el fondo de la olla en una masa esponjosa, que se golpea para extraer la escoria sobrante y se lamina.

USOS.- Actualmente el hierro de pudelado tiene poca importancia comercial, habiendo sido sustituido por el acero de bajo carbono, constituye solo un 2% de la producción total, empleándose por sus buenas propiedades de soldado y su resistencia a la corrosión para tubos soldados, lámina para techos, cadenas, áncoras, etc. y como base para la obtención de aceros cementados y para trabajos ornamentales, también se usa en partes para automóviles y locomotoras.

3.- HIERRO DE CRISOL.- Es un hierro obtenido fundiendo en un crisol chatarra de acero y de hierro forjado, con hierro bruto de fundición, en contacto directo con el fuego de carbón de leña ó de Coke. El carbón en el hierro se oxida con un soplo de aire en un lado del crisol. El hierro obtenido se usa para propósitos en donde se deseé alta resistencia a la corrosión.

4.- HIERRO ESPONJA.- Se produce directamente del mineral de hierro, usando un pequeño horno de soplo o un horno eléctrico. La carga consiste en mineral de alto grado, óxido de hierro y algún material carbonáceo, suministrando justamente la cantidad de aire apropiada para oxidar el carbón sin oxidar el fierro. También puede

de hacerse por reducción directa del mineral con Hidrógeno y Monóxido de carbono en reactores especiales. Se llama así porque el hierro no alcanza a fundir, sino que queda en forma esponjosa, se emplea como materia prima para la producción de aceros de alto grado.

B.- ACEROS .

GENERALIDADES.- Son aleaciones de hierro-carbón conteniendo de 0.08 a 1.8% de éste último. De propiedades intermedias entre los hierros dulces y los de fundición. Son maleables cuando menos dentro de ciertos límites de temperatura y capaces de obtenerse por vaciado a partir de una masa inicialmente maleable o de endurecerse por súbito enfriamiento, o de las dos cosas.

OBTENCION.- Los procesos de aceración comprenden tres tipos a saber: 1o.- Carburización del hierro dulce, 2o.- Refinación del hierro bruto de fundición, 3o.- Proceso Electrotérmico. En el primer grupo se encuentran dos métodos que presentan poco interés práctico, el proceso de cementación y el de Crisol. En el segundo grupo el proceso Acido, el Básico y el Duplex. El tonelaje mayor de Acero estructural (90%) es producido por el proceso Básico de hogar abierto, usándose el electrotérmico, el de crisol y el de Cementación, para producir pequeñas cantidades de aceros de alto carbono o aceros de aleación, tales como: Acero Cromo, Acero Manganeso, Acero Níquel, etc., generalmente para piezas vaciadas, sobre todo el electrotérmico, por su mayor facilidad de control.

1.- CARBURIZACION DEL HIERRO DULCE.

A.- PROCESO DE CEMENTACION.- Se basa en que los Hierros dulces o Forjados y los Aceros de bajo carbono absorben carbono a la temperatura del rojo brillante para transformarse en aceros de alto carbono, por lo tanto, consiste en calentar las piezas prefabricadas de hierro dulce, con algún material carbonáceo: carbón de madera, grafito, cianuro o ferrocianuro de potasio, metano y otros gases, a la temperatura del rojo brillante. La cantidad de carbono absorbido depende de la temperatura, del tiempo de tratamiento, y del espesor de las piezas. Se emplea para fabricación de herramientas, con carburización superficial seguida de un templado para endurecer la superficie, conservando el corazón blando. En algunas partes de Europa se emplea para obtención de ejes, engranes, cojinetes, etc.

B.- PROCESO DEL CRISOL.- Solo tiene importancia histórica (1,740), consiste en fundir mezclas de hierro dulce con carbono en polvo y otras aleaciones deseadas, sobre todo ferro manganeso, en crisoles de arcilla o de grafito, con capacidad de 50 Kgs. Al fundir la carga, el hierro disuelve carbono, formando un producto uniforme que se vacía en moldes después de desoxidar. Se obtienen aceros muy puros, pero a un alto costo, por lo cual solo puede usarse para aleaciones especiales.

2.- PROCESOS POR REFINACION.

GENERALIDADES.- Consisten en la refinación (eliminación de las impurezas) del hierro bruto de fundición, ya sea solo o con la adi-

ción de chatarra, ajustando el por ciento de carbón e impurezas al valor deseado. La operación puede ser Básica o Ácida según la naturaleza de la carga. La presencia de una gran cantidad de fósforo le da a la carga un carácter ácido, lográndose su eliminación con la adición de fundentes básicos, sobre todo caliza (Proceso Básico). Estos procesos pueden llevarse a cabo en tres tipos de hornos: Convertidores, en hornos de hogar abierto y en hornos eléctricos. Además de los procesos Ácido y Básico se aplica una combinación de los dos llamado proceso Duplex y dos procesos Triplex que se han desarrollado modernamente. El acero obtenido en cualquiera de estos procesos se vacía en ollas provistas de un orificio en la parte inferior, obturado por una barra (espina) recubierta con manguitos de arcilla refractaria y con un tapón de grafito en el fondo, la cual se mueve mediante una palanca exterior, levantándose para dejar salir el acero y tapando el orificio al bajar. Antes de vaciar el acero en ollas se hace un análisis de carbón y manganeso para ajustarse a los límites, agregándolos a la olla al tiempo de vaciar; el manganeso actúa al mismo tiempo como desoxidante, agregándose también con este fin ferro silicio; para recarburizar se agrega carbón de Coke pulverizado o aleaciones de Manganeso de alto carbón. También pueden agregarse a la olla ciertos elementos de aleación cuando sea necesario, sobre todo en el horno eléctrico. Terminado el vaciado del horno, se transporta la olla para el vaciado en lingoteras (moldes permanentes rectangulares de fierro vaciado) para obtener lingotes para laminado o bien en moldes de arena para producir piezas, principalmente del Horno eléctrico. Antes de describir estos procesos es conveniente tener una idea de los tipos de hornos empleados, por lo cual se describirán a continuación.

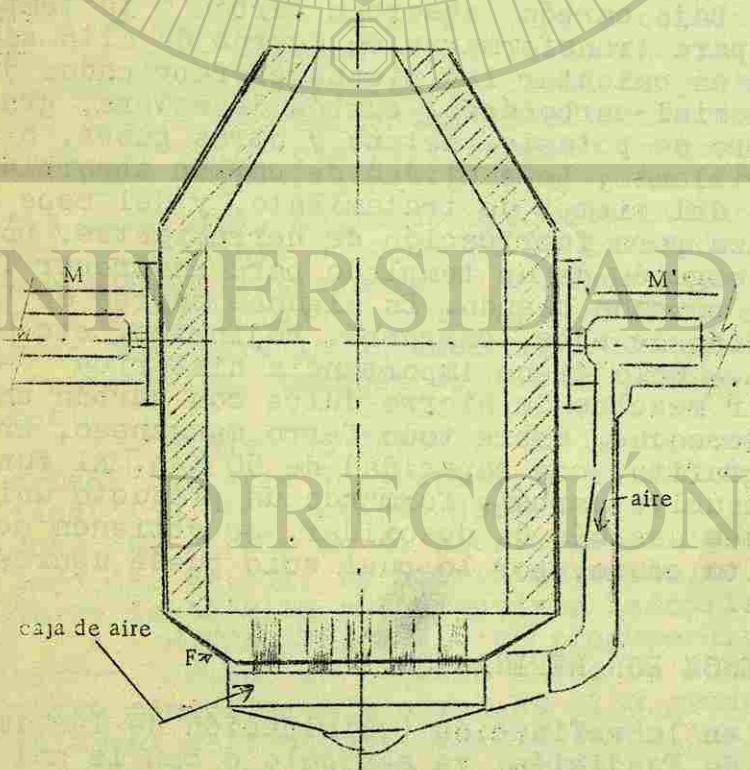


Fig. # 31 . Convertidor Bessemer ...

CONVERTIDORES.- El convertidor más conocido es el Bessemer, descubierto por Sir Henry Bessemer (1855) usado para el proceso ácido, para el básico se usa en Inglaterra el convertidor Thómas, de mayor tamaño que el anterior para la misma capacidad. El convertidor Bessemer es un recipiente de forma de pera (Fig. 31) colocado sobre unos muñones (M) que le permiten girar alrededor, uno de estos es hueco (M'), para permitir el paso de una corriente de aire que se inyecta al convertidor a través de una serie de orificios en unos cilindros de arcilla refractaria llamados toberas (T), éstas van colocadas en un fondo removible (F) y empacadas alrededor

con mortero refractario. Cada convertidor tiene varios de éstos -- fondos para estarlos reparando, ya que duran solamente de 25 á 30-- sopladas, mientras las paredes, menos afectadas, duran hasta 800 -- sopladas. El tamaño promedio del convertidor es de 2 1/2 mts. de diámetro por 4 1/2 de alto, con capacidad de 15 tons. Para operarlo se pone horizontal, recibiendo el fierro fundido en una curva que tiene en su parte superior, se va levantando lentamente mientras se va introduciendo el aire por las toberas (Soplo), hasta llegar al máximo cuando el convertidor está vertical.

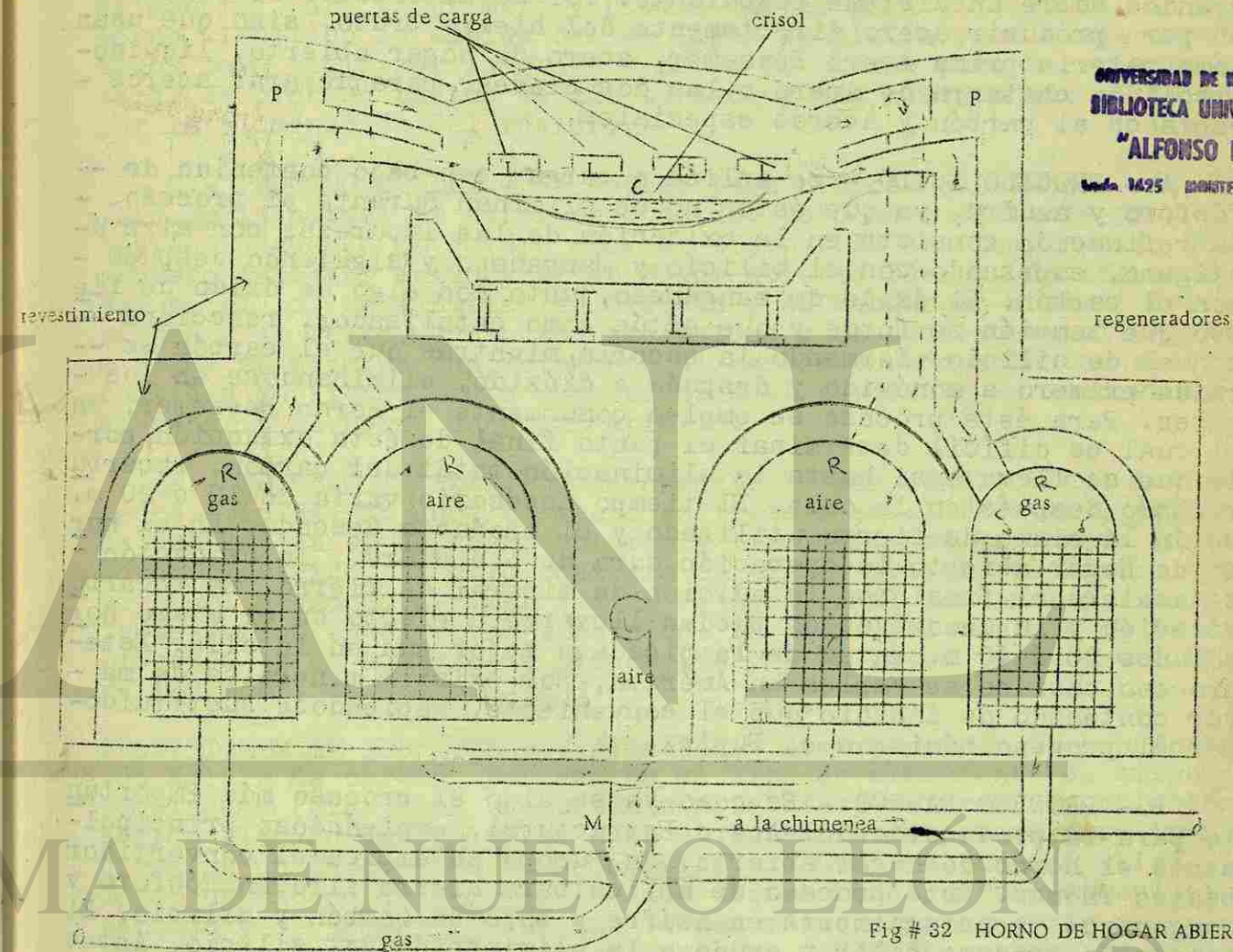


Fig # 32 HORNO DE HOGAR ABIERTO.

HORNO DE HOGAR ABIERTO.- (Fig. 32). Se conoce también como horno -- Siemens-Martin, en honor de sus descubridores, los hermanos Siemens que adaptaron su principio regenerativo del calor a un horno de Reverbero. Martín introdujo la modificación de diluir el hierro bruto de fundición con chatarra o desperdicios de acero y refinarlo con mineral de fierro. Varía en capacidad de 50 á 250 Tons. Es un horno de Reverbero de tipo rectangular, construido de ladrillo refractario, rodeado de ángulos y tirantes de acero, con un crisol (C) en el centro y dos cabezales en los lados (P) que comunican abajo con una cámara de escoria y con dos cámaras regenerativas (R) que pueden comunicar con una chimenea o directamente al aire por un sistema de compuertas (M). Tiene además varias puertas de carga

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
"ALFONSO REYES"
Vols. 1425 MONTEDECEY, 1977

en el frente (L) y dos orificios de salida para el acero y la Escoria en la parte posterior. Se carga mediante unos cajones o con chas, movidos por una máquina especial.

HORNOS ELECTRICOS.- Se pueden usar dos tipos generales, los del tipo de arco de resistencia, (Heroult y Lectromelt) y los Hornos de Inducción (véase Cap. II), sobre todo los primeros, con capacidad desde 1 hasta 100 Tons., generalmente trifásicos, con tres electrodos ajustables; los chicos giran sobre muñones y cremalleras y los grandes sobre un sistema basculante. Por su alto costo no se emplean para producir acero directamente del hierro bruto, sino que usan como materia prima Acero Bessemer, acero de hogar abierto, líquido o sólido, chatarra de Acero o las dos clases, para preparar aceros vaciados al carbón y aceros especiales.

A.- PROCESO ACIDO.- Se aplica a cargas con bajo contenido de fósforo y azufre, ya que éstos no se eliminan durante el proceso. La refinación consiste en la oxidación de las impurezas con aire u oxígeno, empezando con el Silicio y Manganeseo y siguiendo después con el carbón. El óxido de manganeseo, junto con algo de óxido de hierro que también se forma y que actúa como catalizador, reacciona con el de silicio formando la escoria, mientras que el carbón se oxida primero a monóxido y después a dióxido, eliminándose en los gases. Para éste proceso se emplea comunmente el Horno Bessemer, en el cual es difícil determinar el punto final de ésta oxidación, por lo que se lleva casi hasta la eliminación total del carbón, recarburizando después en la olla. El tiempo necesario varía de 10 á 20 m. según la clase de hierro utilizado y el producto deseado. En el horno de Hogar abierto la operación dura de 6 á 8 Hrs., la oxidación se acelera al final con la adición de mineral de hierro. La recarburización y la desoxidación pueden llevarse a efecto en el mismo horno, unos 20 á 40 m. antes de la picada o mejor aún en la olla. Este proceso casi no se emplea en América, por existir minerales de mayor contenido de fósforo que el conveniente, habiéndose sustituido por el proceso básico o el Duplex.

B.- PROCESO BASICO.- Es como ya se dijo el proceso más importante para la producción del Acero Estructural, empleándose principalmente el horno de hogar abierto. En Europa se emplea el convertidor básico Thomas. Este proceso se aplica para hierro alto en Fósforo y Manganeseo, ocasionalmente en Azufre y bajo en Carbón y Silicio. El manganeseo produce calor y ayuda a la eliminación del silicio. Antes de cada carga se cubren el crisol y las paredes del horno con una capa de piedra caliza, parchando si es necesario, con material básico. Los crisoles de los hornos de hogar abierto, eléctrico y Thomas están hechos de material refractario básico de Magnesita o Cromita-Magnesita. La primera parte del proceso es análoga al anterior, eliminándose primero el Silicio rápidamente por oxidación con aire, en el convertidor llamado Thomas y solo parcial y lentamente el Manganeseo, desprendiendo gran cantidad de calor y formando escorias como en el tipo anterior. La oxidación en los otros hornos se mejora con la adición de mineral de hierro. Después de esto, el fósforo presente se oxida a pentóxido y se combina con la cal que resulta de la caliza, formando fosfato de calcio reversible, que pasa a la escoria, elimi-

nándose al mismo tiempo la mitad del Azufre, por combinarse con el Manganeseo.



La escoria formada es sumamente básica y viscosa (Escoria Negra), eliminándose para evitar que el fósforo se vuelva a disolver y formando una nueva escoria (Escoria Blanca), regulando la oxidación del carbón de acuerdo con el porcentaje de fósforo, con adiciones de mineral para el primero y piedra caliza para el segundo; en el Horno eléctrico se emplea cal en lugar de piedra y se añade espato Fluor para fluidizar la grasa y polvo de carbón para hacerla reducida. El proceso básico es más tardado y más costoso que el ácido, por la eliminación del fósforo.

C.- PROCESO DUPLEX.- Se emplea para hierros que tengan más fósforo de lo normal en el proceso ácido, pero no suficiente para el básico, o cuando se quiere ahorrar tiempo. Es una combinación del proceso Bessemer ácido y el de Hogar abierto básico, de tal modo que en el lo. se eliminan el Silicio y el Manganeseo y parte del carbón y el resto, junto con el fósforo y el azufre, en el segundo; a veces se elimina completamente el carbón y se mezcla con nueva cantidad de hierro bruto para bajarle el porciento de impurezas, al pasarlo al horno de hogar abierto.

D.- PROCESO TRIPLEX.- Modernamente se han desarrollado dos procesos triplex. En uno, el acero es tratado en el Bessemer, refinado después en el de hogar abierto y finalmente es terminado en el Horno Eléctrico. El otro consiste en tratar primero el hierro bruto en el Horno Cúpula, se reduce después en el Bessemer y finalmente se refina en el horno eléctrico. La principal ventaja de éstos procesos es el aumento de producción por la mayor rapidez del Horno Bessemer.

PROPIEDADES DE LOS ACEROS.- Aleaciones hierro-carbón, variando de .06 á 1.7% de carbón, pertenecen al tipo de aleaciones de tipos combinados (Fig. 28), presentan a altas temperaturas una solución sólida llamada Austenita, la cual al bajar la temperatura se transforma en un Eutectoide llamado Perlita a 0.83% de carbón (Fig. 21) dando un exceso de Ferrita los que tienen menos carbón de este porcentaje y de Cementita los que tienen más. La mayor parte de los aceros estructurales contienen menos de 0.83% de carbón, es decir, son aceros hipo-eutectoides. Cuando el enfriamiento no es lento se verifican una serie de cambios que hacen variar notablemente sus propiedades debido a las distintas estructuras formadas. Si el enfriamiento pudiera ser inmediato, se formaría Austenita pura, pero esto no es posible en la práctica más que para aceros de alto níquel y sobre todo de alto Manganeseo (Aceros Austeníticos, 11 á 14% Mn). Según la velocidad de enfriamiento y su composición, la Austenita puede transformarse en varias proporciones en los componentes anteriores (Ferrita, Perlita y Cementita), sobre todo para los aceros de alto carbón, dando diversas estructuras con propiedades características por medio del "Templado" (Pág. 37) y de una operación adicional llamada "Revenido" y que consiste en someter las piezas a un recalentamiento, con el objeto de eliminar los es-

fuerzas producidos por el enfriamiento rápido y homogenizar la estructura obtenida. El enfriamiento en agua helada produce "Martensita", en aceite se forma la llamada "Troosita", y al aire (Normalización) o por el enfriamiento lento en el horno se forma "Sorbita". La dureza de estas estructuras disminuye desde la Austenita, que es sumamente dura, hasta la Sorbita que es suave y dúctil, esta última es la estructura típica de los productos estructurales (rieles, vigas, canales, etc.). La perlita sometida a un recocido (Pág. 37) a temperaturas cercanas al grado crítico (Esferización) se transforma en Cementita Globular o esferoidal, dando un acero que tiene excelentes propiedades de maquinado. Todos estos cambios experimentales dependen fundamentalmente del contenido de carbón, siendo casi nulos cuando éste es bajo y aumentando cuando éste aumenta. Cuando no contienen elementos de aleación, los aceros se llaman "Aceros al Carbón", y contienen generalmente de 0.30 - 0.90 % de Manganeso, de 0.15 - 0.30% de Silicio y un máximo de 0.04% de Azufre y Fósforo, pueden dividirse en: Aceros de Bajo Carbón ó aceros dulces, de 0.06 á 0.20% C; Aceros de carbón medio ó semiduros, de 0.20 á 0.50% C y Aceros de alto carbón o Duros, de 0.50 á 1.5%.- También los que contienen 0.83% se llaman Eutectoides o Perlíticos. Según su aplicación pueden ser: Aceros para Estructuras (más de 0.30% de carbón), Acero para maquinaria (0.20 á 0.50% C.), Acero para resorte y herramientas (de 0.45 á 1.0% C. á veces hasta 1.20- y 1.40% de C). Aceros vaciados, que pueden ser de los 3 tipos, etc. Cuando los aceros contienen otros elementos en cantidad suficiente para considerarse de aleación se llaman "Aceros de Aleación" y pueden ser también de Aleación Baja, media, semi elevada y elevada. Reciben el nombre de él ó los elementos que predominan, por. ej. Acero Cromo, Acero cromo-níquel, Acero Manganeso, etc. También pueden recibir nombres especiales según su uso ó sus propiedades, por ej. Acero Inoxidable, Acero para herramientas de alta velocidad, etc.

Las propiedades de los Aceros al carbón son también afectadas por los tratamientos mecánicos y por el tamaño del grano, siendo mejores las variedades de grano fino, por lo que las piezas vaciadas se someten a un recocido para uniformar el grano y hacerlo más fino, sirviendo además éste para eliminar los esfuerzos internos.

En general la dureza de los aceros aumenta con el % de carbón y con la velocidad de enfriamiento, de 100 Brinell (0.12 C) á 271 (0.7% C), disminuyendo por el contrario la ductilidad y el alargamiento, de 40 á 15%.

Presentan una resistencia a la compresión mayor que la del fierro-gris, pudiendo llegar a 13,000 Kgs./cm². La resistencia a la tensión aumenta de 3,600 Kgs./cm² para los aceros dulces á 8,500 Kgs/cm² para los aceros Eutectoides. Sus propiedades magnéticas disminuyen con el aumento de carbón, siendo mayores en los aceros dulces de 0.10% C., afectándose también por los cambios de temperatura, pudiendo decirse de una manera aproximada que aumenta hasta los 200° C y disminuye a la temperatura crítica, acentuándose estos cambios con el aumento del carbón.

Son fuertemente afectados por la corrosión, por lo cual deben protegerse con pinturas anticorrosivas.

C A P I T U L O VII

(PIEDRAS DE CONSTRUCCION Y ROCAS DISGREGADAS.)

(GENERALIDADES.- Se comprenden con este nombre todos los materiales sólidos (rocas) que existiendo en la naturaleza puedan intervenir directamente en la construcción, las primeras como piedras de tamaño regular que permita usarlas como bloques en construcción de edificios, puentes, presas, etc., y las segundas como material para fabricación de concreto o relleno de caminos, ya sea en forma natural (Piedra Bola, Grava y Arenas) o como Piedras Trituradas artificialmente.)

COMPOSICION.- Ambos productos provienen de las rocas naturales, es tán formadas por uno o varios compuestos llamados Minerales, los cuales poseen propiedades características que les comunican y que les diferencian entre sí, permitiendo su reconocimiento, principalmente cuando están cristalizados. Cuando su identificación es difícil, puede hacerse por medio de una lente o de un microscopio llamado petrográfico, examinando capas delgadas de la roca, ya sea con luz ordinaria o con luz polarizada, con la cual presentan colores bastante vivos, a menudo característicos. Estos exámenes sirven para identificar el color, el sistema cristalino, etc. de los minerales y muchas veces son complementados con pruebas hechas para determinar la dureza, fractura, estructura, color del polvo, etc., tanto de los minerales individuales como de la roca que los contiene. También puede probarse su comportamiento con determinado reactivo, por ej: Las calizas son atacadas por los ácidos, produciendo efervescencia. El reconocimiento de los minerales y su proporción permite identificar la clase de roca que los contiene, lo cual es de gran importancia en Ingeniería, por esta razón los estudiaremos a continuación.

(PRINCIPALES CONSTITUYENTES MINERALES DE LAS ROCAS.)

SILICE.- Principal constituyente de las rocas ácidas y de gran número de areniscas, generalmente se halla cristalizado como Cuarzo o Cristal de Roca. Es insoluble en los ácidos, solo lo ataca el Fluorhídrico, de aquí que sea resistente a la intemperie. Es de gran dureza (7), de p.e - 2.6. Se halla en grandes masas o vetas (cuarcitas). Las rocas que la contienen en gran cantidad se llaman rocas silíceas. Es generalmente de color blanco o ligeramente amarillento.

SILICATOS DE ALUMINIO.- Entre los silicatos de aluminio complejos, los de mayor importancia son:

FELDESPATOS.- Constituyentes de las rocas ígneas de gran dureza (6)

fuerzas producidos por el enfriamiento rápido y homogenizar la estructura obtenida. El enfriamiento en agua helada produce "Martensita", en aceite se forma la llamada "Troosita", y al aire (Normalización) o por el enfriamiento lento en el horno se forma "Sorbita". La dureza de estas estructuras disminuye desde la Austenita, que es sumamente dura, hasta la Sorbita que es suave y dúctil, esta última es la estructura típica de los productos estructurales (rieles, vigas, canales, etc.). La perlita sometida a un recocido (Pág. 37) a temperaturas cercanas al grado crítico (Esferización) se transforma en Cementita Globular o esferoidal, dando un acero que tiene excelentes propiedades de maquinado. Todos estos cambios experimentales dependen fundamentalmente del contenido de carbón, siendo casi nulos cuando éste es bajo y aumentando cuando éste aumenta. Cuando no contienen elementos de aleación, los aceros se llaman "Aceros al Carbón", y contienen generalmente de 0.30 - 0.90 % de Manganeso, de 0.15 - 0.30% de Silicio y un máximo de 0.04% de Azufre y Fósforo, pueden dividirse en: Aceros de Bajo Carbón ó aceros dulces, de 0.06 á 0.20% C; Aceros de carbón medio ó semiduros, de 0.20 á 0.50% C y Aceros de alto carbón o Duros, de 0.50 á 1.5%.- También los que contienen 0.83% se llaman Eutectoides o Perlíticos. Según su aplicación pueden ser: Aceros para Estructuras (más de 0.30% de carbón), Acero para maquinaria (0.20 á 0.50% C.), Acero para resorte y herramientas (de 0.45 á 1.0% C. á veces hasta 1.20- y 1.40% de C). Aceros vaciados, que pueden ser de los 3 tipos, etc. Cuando los aceros contienen otros elementos en cantidad suficiente para considerarse de aleación se llaman "Aceros de Aleación" y pueden ser también de Aleación Baja, media, semi elevada y elevada. Reciben el nombre de él ó los elementos que predominan, por. ej. Acero Cromo, Acero cromo-níquel, Acero Manganeso, etc. También pueden recibir nombres especiales según su uso ó sus propiedades, por ej. Acero Inoxidable, Acero para herramientas de alta velocidad, etc.

Las propiedades de los Aceros al carbón son también afectadas por los tratamientos mecánicos y por el tamaño del grano, siendo mejores las variedades de grano fino, por lo que las piezas vaciadas se someten a un recocido para uniformar el grano y hacerlo más fino, sirviendo además éste para eliminar los esfuerzos internos.

En general la dureza de los aceros aumenta con el % de carbón y con la velocidad de enfriamiento, de 100 Brinell (0.12 C) á 271 (0.7% C), disminuyendo por el contrario la ductilidad y el alargamiento, de 40 á 15%.

Presentan una resistencia a la compresión mayor que la del fierro-gris, pudiendo llegar a 13,000 Kgs./cm². La resistencia a la tensión aumenta de 3,600 Kgs./cm² para los aceros dulces á 8,500 Kgs/cm² para los aceros Eutectoides. Sus propiedades magnéticas disminuyen con el aumento de carbón, siendo mayores en los aceros dulces de 0.10% C., afectándose también por los cambios de temperatura, pudiendo decirse de una manera aproximada que aumenta hasta los 200° C y disminuye a la temperatura crítica, acentuándose estos cambios con el aumento del carbón.

Son fuertemente afectados por la corrosión, por lo cual deben protegerse con pinturas anticorrosivas.

C A P I T U L O VII

(PIEDRAS DE CONSTRUCCION Y ROCAS DISGREGADAS.)

(GENERALIDADES.- Se comprenden con este nombre todos los materiales sólidos (rocas) que existiendo en la naturaleza puedan intervenir directamente en la construcción, las primeras como piedras de tamaño regular que permita usarlas como bloques en construcción de edificios, puentes, presas, etc., y las segundas como material para fabricación de concreto o relleno de caminos, ya sea en forma natural (Piedra Bola, Grava y Arenas) o como Piedras Trituradas artificialmente.)

COMPOSICION.- Ambos productos provienen de las rocas naturales, es tán formadas por uno o varios compuestos llamados Minerales, los cuales poseen propiedades características que les comunican y que les diferencian entre sí, permitiendo su reconocimiento, principalmente cuando están cristalizados. Cuando su identificación es difícil, puede hacerse por medio de una lente o de un microscopio llamado petrográfico, examinando capas delgadas de la roca, ya sea con luz ordinaria o con luz polarizada, con la cual presentan colores bastante vivos, a menudo característicos. Estos exámenes sirven para identificar el color, el sistema cristalino, etc. de los minerales y muchas veces son complementados con pruebas hechas para determinar la dureza, fractura, estructura, color del polvo, etc., tanto de los minerales individuales como de la roca que los contiene. También puede probarse su comportamiento con determinado reactivo, por ej: Las calizas son atacadas por los ácidos, produciendo efervescencia. El reconocimiento de los minerales y su proporción permite identificar la clase de roca que los contiene, lo cual es de gran importancia en Ingeniería, por esta razón los estudiaremos a continuación.

(PRINCIPALES CONSTITUYENTES MINERALES DE LAS ROCAS.)

SILICE.- Principal constituyente de las rocas ácidas y de gran número de areniscas, generalmente se halla cristalizado como Cuarzo o Cristal de Roca. Es insoluble en los ácidos, solo lo ataca el Fluorhídrico, de aquí que sea resistente a la intemperie. Es de gran dureza (7), de p.e - 2.6. Se halla en grandes masas o vetas (cuarcitas). Las rocas que la contienen en gran cantidad se llaman rocas silíceas. Es generalmente de color blanco o ligeramente amarillento.

SILICATOS DE ALUMINIO.- Entre los silicatos de aluminio complejos, los de mayor importancia son:

FELDESPATOS.- Constituyentes de las rocas ígneas de gran dureza (6)

p.e - 2.62 - 2.75, de estructura hojosa o laminar y fractura de - brillo nacarado; se presentan en cristales tabulares o planos. -- Son fácilmente atacados por el agua cargada de anhídrido carbónico, descomponiéndose en caolín, sílice y carbonatos solubles, proceso llamado "Caolinización". Los principales son: Ortoclasa o feldespato potásico, de fractura (cruce) en dos direcciones en ángulo recto, de color rosado a rojo, componente de las rocas ígneas ácidas, junto con micas y cuarzo. La Plagioclasa o feldespato sódico, de cruce casi a 90°, componente de las rocas ígneas básicas, junto con compuestos ferro-magnesianos y la Anortita o feldespato cálcico.

FELDESPATOIDES.-- o falsos feldespatos, solubles en ácido clorhídrico, de color blanco agrisado, fractura concoidea y hendibles - con dificultad (Nefelina, sodalita, etc.).

MICAS.-- Silicatos dobles de aluminio y potasio, con Hidrógeno - (Muscovita) o con fierro y magnesio (Biotita), muy suaves, fácilmente exfoliables en láminas, la Biotita es fácilmente atacada, - por alteración forman Vermiculita. La 1ª es de colores claros, -- mientras que la 2ª es negra, parda o verde oscura. Son componentes de las rocas ígneas, pudiendo hallarse la Biotita en las metamórficas y la Muscovita en las sedimentarias.

CAOLINITA.-- Silicato de Aluminio hidratado, producto de la desintegración de los feldespatos, componente de las Arcillas junto -- con la Montmorillonita y otros semejantes. La presencia de ellas en las rocas para construcción es perjudicial porque se hinchan - con el agua, desintegrándose la roca. Presenta olor a tierra moja da cuando se humedece.

SILICATOS FERROMAGNESIANOS.-- Silicatos complejos de fierro y magnesio, de carácter neutro, pesados (p.e. 2.9 a 3.3), en general - de color oscuro, sobre todo los que contienen alúmina, como: los Anfiboles (Hornblenda), de color verde oscuro a negro y los Piroxenos (Augita), semejantes a los anteriores. Los que no contienen alúmina son más claros y no tan complejos, son silicatos hidratados con Magnesio y Fierro, a éstos pertenecen: El Olivino, de color verde a pardo, granular, componente de algunas rocas básicas y a veces de ciertas metamórficas, se intemperizando serpentinizándose. Las Cloritas, de textura escamosa, verdosas, parecidas a las micas, de las cuales provienen (Biotita), son blandas y ligeras. La Glauconita, silicato hidratado de Al, Fe y K con algo de Ca y Mg forma granos verde oscuro o claro verdoso en las areniscas verdes.

TALCO.-- Silicato hidratado de Magnesio con algo de fierro y aluminio, muy blando, untuoso al tacto, se raya con la uña.

CALCITA.-- Carbonato de Calcio, a menudo cristalizado, incoloro, - blanco o amarillento, constituyente de las calizas y los mármoles. Efervesce con los ácidos diluidos desprendiendo anhídrido carbónico (CO₂), se ataca fácilmente por el agua cargada de CO₂, por lo cual es indeseable su presencia en muchas rocas, sobre todo en las areniscas, en las que actúa como material cementante.

COMPUESTOS DE FIERRO.-- Se encuentran como impurezas en muchas rocas, coloreándolas de amarillo o pardo, su presencia es indeseable, sobre todo en forma de piritas o sulfuros, por su fácil oxidación.

CLASIFICACION DE LAS ROCAS

- A.- Según su origen geológico las rocas se dividen en:
- I.- ROCAS IGNEAS.-- Formadas por la solidificación de una masa fundida.
 - II.- ROCAS SEDIMENTARIAS.-- Formadas por la acumulación de sedimentos.
 - III.- ROCAS METAMORFICAS.-- De la metamorfosis de las anteriores.
 - IV.- PRODUCTOS DE DISGREGACION.-- Componentes de los suelos.
- B.- Según el carácter estructural de las grandes masas se dividen en: ESTRATIFICADAS, en forma de estratos o capas (Rocas Sedimentarias) y No ESTRATIFICADAS.
- C.- Por su composición química se dividen en: SIMPLES.-- Las formadas por un solo mineral (Calizas, etc.) y COMPUESTAS.-- Las formadas por varios.
- D.- Según su grado de compactación en: ROCAS COMPACTAS o AGLOMERADAS y en ROCAS SUELTAS o DISGREGADAS.

I.- ROCAS IGNEAS

GENERALIDADES.-- La solidificación del magma pudo haberse desarrollado a profundidades desconocidas bajo la superficie terrestre, constituyendo las rocas PLUTONICAS (de Plutón Dios del fuego) o INTRUSIVAS, de carácter comúnmente cristalino, por su lenta solidificación o bien en la superficie, correspondiendo a las rocas ERUPTIVAS, -- VOLCANICAS o EXTRUSIVAS, de carácter generalmente amorfo, por su rápida solidificación, pudiendo tener apariencia vítrea. Algunos incluyen también las FILONIANAS o HIPOABISALES, que han solidificado en filones o diques cerca de la superficie, considerándose de carácter intermedio entre las dos anteriores. Es decir son rocas hipocristalinas, con cristales y algo de masa amorfa, pueden considerarse comprendidas dentro de las primeras. En una u otra forma son rocas formadas por silicatos complejos, cuarzo, compuestos ferro magnesianos, micas, etc. pudiendo dividirse según su composición en: ACIDAS, las que tienen de 60%-80% de Sílice, se caracterizan por su color claro. INTERMEDIAS.-- Si tienen de 40 a 60% de Sílice y BASICAS si es menor de 40% y ha sido sustituido por compuestos ferromagnesianos.

A.- ROCAS INTRUSIVAS

GENERALIDADES.-- Son como ya se dijo las que se han solidificado en el interior de la tierra, a partir de magmas que han penetrado en otras rocas formando intrusiones que varían desde pequeños trozos hasta masas de varios miles de kilómetros. Pueden presentarse en forma de Lacólitos, lentes entre rocas. Batolitos, masas enormes que alcanzan profundidades desconocidas y Mantos o Diques, intrusiones entre los estratos o grietas, los primeros horizontales y los segundos verticales. Muchas rocas intrusivas tienen tendencia a romperse más fácilmente en dos direcciones: Una que es la más fácil llamada Hendedura (vertical u horizontal), otra que le sigue llamada Grano y una dirección en la cual son difíciles de romperse llamada Lado Duro, esta propiedad es de importancia para su extrac-

ción. Se hallan en lugares en donde se presentan plegamientos o fracturas, es frecuente encontrarlas al exterior en forma de láminas transversales en las laderas de los cerros. Según su cristalización, pueden ser: Granitoideas o de cristales irregulares, Porfídicas, con cristales de gran tamaño en pasta fina y Pegmatítica de estructura gruesa, irregular, con cristales desde muy pequeños a muy grandes, a veces dando formas ramificadas o dibujos caprichosos.

PRINCIPALES TIPOS.- GRANITOS.- Rocas cristalinas de cristales irregulares, producto de la solidificación no interrumpida, están formados por feldespato, Ortoclasa y cuarzo como constituyentes primarios, teniendo la mica negra o Biotita como principal constituyente secundario. Algunos contienen Moscovita o Mica Blanca y otros las dos (Granito de dos Micas), pueden contener otros minerales, como hornablenda, etc., recibiendo la roca el nombre del mineral que contiene, así, el anterior se llamaría Hornbléndico. Son rocas muy ácidas, por su gran contenido de cuarzo, pueden tener más de 60% de Sílice. Se presentan en forma de Batolitos, facilitándose su extracción por la existencia de Diaclasas, que los dividen en bloques paralelepípedicos que por efecto de las acciones atmosféricas se caolinizan y se convierten en bolas dispuestas unas encima de otras, típicas del paisaje granítico. Los granitos de textura gruesa se intemperizan más rápidamente que los de textura fina, por lo cual se prefieren estos últimos para construcción. Son rocas compactas, de gran dureza y tenacidad, resistentes a la abrasión; a la compresión resisten 1,500 Kgs/cm², su densidad aproximada es de 2.60 y tienen 80% de absorción, con porosidad de 0.6. Su color varía del gris al rojo, a menudo presenta manchas redondeadas de color oscuro y textura más fina llamadas gabarras o nudos, debidas a la Biotita o Augita; a veces presentan vetas de distinto color. Cuando contiene grandes cristales de feldespato se asemeja a los porfidos y se llama granito porfiroide o glandular. Es frecuente encontrar junto con los granitos rocas de estructura pegmatítica o pegmatitas graníticas, de composición semejante, alojadas en Diques o Vetas de tamaño variable, algunas contienen grandes masas de feldespatos o micas que se explotan comercialmente. Algunas zonas contienen gemas. También, asociadas con el granito, en los frentes marginales de sus intrusiones, se encuentran las Sienitas y las Dioritas. En la práctica se consideran todas estas rocas como granitos, por su estructura granitoide.

Los granitos se emplean como piedra de cantera y como material de ornamentación, por su fácil pulido y el brillo tan intenso que adquieren, para monumentos, escalinatas, columnas, etc., o bien como material de relleno para cimientos o en empedrado o adoquinado y en construcción de caminos. En nuestro país se encuentran en poca escala en los estados de la costa del pacífico, Guerrero, Colima, Sonora y Baja California, además en Michoacán y Oaxaca.

SIENTAS.- Rocas con gran contenido de Feldespato ortoclasa (80 a 85%), con poco o nada de cuarzo, algo de Biotita y hornablenda, se hallan a veces en diques o masas irregulares de propiedades semejantes al granito; son de poca utilidad comercial por su rareza. Son de color verde oscuro, gris negruzco o rojo agrisado.

DIORITAS.- Rocas granuladas formadas por plagioclasa (+ de 50%), con hornablenda y Biotita. Pueden encontrarse en grandes masas intrusivas, a veces en diques o vetas. Son de color gris a negro, mas pesadas que los granitos y más difíciles de explotar por la falta de grietas, por lo cual solo se usan como material triturado y como piedra ornamental.

GABROS.- Contienen menos feldespatos que los anteriores y más minerales Ferromagnesianos (oscuros), sobre todo Augita (más de 50%). (Se usan como piedra ornamental, presentan manchas blancas y verdes. Son las más densas de las intrusivas (2.83 a 3.2) se confunden con las dioritas, que son más oscuras. En nuestro país, además de existir en los estados del pacífico, hay una variedad verde oscura en Jalisco.

B.- ROCAS VOLCANICAS O EXTRUSIVAS

GENERALIDADES.- Son el producto de la solidificación de las lavas volcánicas, en su mayor parte de textura fina, densa o vítrea, son básicas, de color oscuro, mientras que las de color más claro son más ácidas y más duras. Las lavas líquidas, de acuerdo con su fluidez, pueden solidificarse en grandes masas más o menos compactas, a menudo en forma escalonada, llamándose a estas rocas TRAPAS que quiere decir escalones, por la apariencia de la roca en la cantera (Basaltos y Diabasas). La lava que continúa escurriendo en la superficie se solidifica en forma de una masa espumosa que contiene gran cantidad de poros debido al escape de los gases, llamándosele por esto escoria. A veces, durante el enfriamiento, se forma una estructura de grietas regulares llamada estructura columnar (Basalto). La mayoría de los escurrimientos volcánicos, sobre todo los ácidos, presentan muchas grietas bastante próximas unas de otras rompiéndose la roca en fragmentos angulares pequeños.

PRINCIPALES TIPOS.- PIEDRA POMEZ.- Roca ácida de composición semejante a la del granito, se llama también pumita, es espumosa, de color blanco, gris o amarillento, de brillo sedoso recién cortada, formada por finas agujas entrecortadas que le dan estructura celular, a menudo con grandes cavernas, por lo cual presenta gran ligereza, usándose junto con los basaltos celulares o escoriformes para fabricar bloques de peso ligero, muy útiles como aislantes al calor y al sonido, que son además de gran resistencia mecánica y resistencia al fuego y la humedad. También se emplea para esmerilar. En nuestro país se encuentra en Coahuila, Colima, Hidalgo-Puebla, Nayarit, etc.

TRAQUITAS Y ANDESITAS.- Rocas de estructura Sacaroides o granitoide, compuestas de feldespato potásico (Traquita) o sódico (Andesita) con hornablenda, mica o augita, en forma de fenocristales, en un magma poroso, áspero y de color claro. Las de grano fino son más resistentes. Son de color variable según sus componentes, a menudo grisáceas, amarillentas o rojizas las traquitas y de color pardo, gris o negro las andesitas. (Se adhieren bien a los morteros, por lo que las resistentes se prestan bien para la construcción, en México la variedad principal de este tipo se llama Chiluca y es una roca dura, de color gris, difícil de labrar.

BASALTOS.- Rocas básicas de grano fino, compactas y pesadas (p.e. - 2.8 á 3.3), de gran dureza, se hallan en grandes masas o columnas. Están formadas por Augita y plagioclasa, junto con olivino y minerales de hierro, son de color gris obscuro, casi negro. (No se emplean mucho para construcción por su corte irregular, se usan para pavimentos, agregados de concreto, etc.) En nuestro país abundan en las regiones volcánicas, sobre todo en el pedregal de San Angel y en la región del Parícutín, como basaltos olivínicos. En forma triturada la de gran tamaño se llama Piedra Braza y la de pequeño tamaño Teyolote. La forma espumosa se llama Piedra Chi na la de color gris y una variedad de color rojo obscuro se llama Tezontle, se emplean mucho para ornamentación en forma de placas cuadradas.

II.- ROCAS SEDIMENTARIAS

GENERALIDADES.- Rocas formadas por la consolidación de sedimentos o sean restos de rocas preexistentes arrancados por los agentes exteriores y depositados en diversos lugares, casi siempre en capas superpuestas llamadas "Estratos", consolidados más tarde por la influencia de la presión y temperatura.

DIVISION.- Según su origen y composición se dividen en: Eólicas, transportadas por el viento, Detríticas, de residuos diversos o "Detritus", Orgánicas, de depósitos orgánicos, de sedimentación química, y Carbones (no interesan). Las Detríticas se dividen en Areniscas y Conglomerados. Las Orgánicas en: Calizas, Coralígenas Numulíticas y Cretas.

ARENISCAS.- Están formadas principalmente por granos de arena unidos a presión o con algún material cementante, variando sus propiedades con el carácter y cantidad de éste y con el tamaño de los granos. Su densidad varía de 2 á 2.7 y su resistencia de 350 a 1,400 Kgs/cm², las comerciales tienen menos de 1,000 Kgs/cm². Su porosidad es de 2 á 15% en las variedades comerciales, considerándoseles como las más porosas y permables de las rocas consolidadas, esta característica es importante en algunos trabajos de Ingeniería Sanitaria y abastecimiento de aguas y en la construcción de mercados. Según el material cementante pueden ser: Cuarzitas (silíceas), Arcillosas (arcilla), Ferruginosas (óxidos de hierro) Calizas (calcáreo), Margas (arcillo-calcáreo). Su color varía de acuerdo con los materiales presentes, influyendo sobre todos los compuestos de fierro. Las silíceas o cuarzosas son de color blanco o gris, muy duras y resistentes a la abrasión, se emplean en losas para pisos y como piedras de afilar. Las calcáreas se reconocen por su efervescencia con los ácidos, son de color amarillento o gris verdoso, a veces blanco rojizo. Las arcillosas se reconocen por el olor de la arcilla cuando se mojan, no son adecuadas para la construcción por el hinchamiento de la arcilla al humedecerse.

Las Areniscas duras y resistentes, constituyen un excelente material de construcción en trabajos de ornamentación para Catedrales etc., sobre todo las cuarzíferas, usándose muchas veces con el nombre de PIEDRA DE CANTERA y dándoles el nombre del lugar de donde provienen (San Luis, Durango, etc.), ciertas variedades arci-

llosas pulverulentas suelen usarse para la construcción en forma de "Sillares" (Nuevo León, Coahuila, etc.)

CONGLOMERADOS.- Rocas formadas por la unión de fragmentos de rocas con un material cementante. Si los fragmentos son redondeados se llaman por algunos "Pudingas" y si son angulosos "Brechas". El material cementante varía como en las areniscas. Si los fragmentos pertenecen a un tipo definido de roca adquieren el nombre de ésta, llamándoseles Pudingas o Brechas Graníticas, Basálticas, Pumíticas Marmóreas, etc. Los compactos se emplean en la construcción y algunos en ornamentación, sobre todo los de color agradable, susceptibles de pulimento (Marmóreos).

CALIZAS.- Rocas estratificadas formadas en su mayor parte por calcita, se supone que provienen de los depósitos de los residuos del metabolismo de organismos animales del mar ó de agua dulce. Son compactas, poco duras, bastante tenaces, pueden contener cantidades variables de otros compuestos como; óxidos de hierro, carbonato de magnesio, etc., si éste último se encuentra en proporción mas o menos igual a la del carbonato de calcio las rocas se conocen con el nombre de "Dolomitas". El color y la textura de las Calizas es muy variable, pudiendo ser desde blanco grisáceo hasta negro, según las impurezas. Las más comunes son las pardas, las grises y las negras de estructura compacta, ya que son fáciles de trabajar y resistentes. Las variedades pulverulentas como las cretas, margas, etc., no son de importancia. Se atacan fácilmente por el ácido clorhídrico y otros ácidos agentes atmosféricos por lo que no son muy durables. Su p.e. es 2.6, tienen baja absorción (0.3%) y porosidad (0.5%) y gran resistencia a la compresión, 2,500 Kgs/cm² a menudo contiene calcita cristalizada.

Se utilizan como piedras de construcción en algunos lugares, pero su aplicación principal es para la fabricación de cemento, cal, etc. Son sumamente abundantes, en Nuevo León sobre todo constituyen el material clásico de construcción, ya sea en forma de bloques ó como piedra triturada de diversos tamaños, empleada para cimientos, pavimentos, concreto, etc.

ROCAS SEDIMENTARIAS QUIMICAS.- Rocas formadas por la sedimentación química de substancias disueltas en el agua, sobre todo carbonato de calcio y sílice, las de mayor importancia son las calcáreas y de éstas las cristalizadas, provenientes de las grutas y cavernas, tanto de las bóvedas y pisos como de las Estalactitas, y estalagmitas. Son generalmente formaciones cristalinas translúcidas, de dureza y resistencia variables con el tamaño del grano y su composición y con el grado de unión de los estratos. Su color varía de acuerdo con las impurezas, siendo blancas cuando puras, o amarillentas (compuestas de hierro), se les llama también Alabastros Calizas, presentan a veces estratos bien marcados, con vetas de color rojizo o blanco lechoso. Cuando son de suficiente compacidad se emplean para ornamentación con el nombre de "Mármol Onix" pueden considerarse también como rocas metamórficas. Los principales productores son: México, Argelia é Italia. Las provenientes de depósitos de manantiales pueden ser los travertinos y las tobas calizas, los primeros compactos, de aspecto poroso, de color amarillento, lechoso y susceptibles de adquirir pulimento, por lo cual se les llama también Mármoles Travertinos, las segundas porosas y esponjosas.

Las silíceas se encuentran asociadas con las anteriores, ya sea en forma de nódulos o en capas separadas. Son rocas duras, densas y algo quebradizas, de fractura concoidea o esquirlosa, vítrea, resistentes al desgaste y a la intemperización por lo que se emplean como gravas o para agregado del concreto. Entre ellas se hallan el Horsteno, el Jaspe y el Pedernal.

TOBAS VOLCANICAS.- Formadas por la cementación de cenizas volcánicas de composición variable, recibiendo los nombres del material que predomine, así pueden ser; Pumíticas, Porfídicas, Traquíticas, etc. También pueden ser granulares o compactas. Son generalmente de color claro, resistentes a la meteorización, sobre todo las Diabásicas (gris verdosas). En México son de importancia; una Pumítica llamada "Tepetate" por su ligereza y fácil labrado se halla en Hidalgo, Querétaro y Veracruz y en el Pedregal de San Angel. Las Riólíticas de Guanajuato (Loceros) empleadas en forma de sillares. A las Traquíticas pertenecen las Puzolanas, empleadas para una variedad de cementos hidráulicos.

III.- ROCAS METAMORFICAS

GENERALIDADES.- Son rocas que provienen de la metamorfosis o transformación de las rocas ígneas o sedimentarias por la acción de elevadas temperaturas y presiones, ya sea por invasiones ígneas (Metamorfismo de contacto) o por movimientos de tierra o deformación plástica (Metamorfismo Dinámico). A menudo se encuentran rodeando los depósitos de rocas ígneas, participando del carácter cristalino de las plutónicas y de la formación de estratos de las sedimentarias, por lo cual se les llama también Estratocristalinas. Las de metamorfismo dinámico a menudo presentan foliación, o sea arreglo en láminas o agujas (pizarra).

MARMOLES.- Rocas cristalinas formadas por la metamorfosis de calizas o dolomitas, su estructura varía ampliamente según su grado de cristalización, pudiendo ser: altamente cristalinos y subcristalinos o de estructura cristalina poco notable. Su color varía de blanco hasta negro, pasando por rojo, amarillo, café, etc., algunos presentan bandas de diferentes colores, con manchas de tamaño muy diverso, los más apreciados son los homogéneos de un solo color. Se hallan por lo general en masas irregulares, a menudo en terrenos de transición, rodeando a las rocas ígneas. Presentan cierta sonoridad. Su empleo varía según su aspecto y propiedades, clasificándose en Mármoles Estatuarios y Mármoles para construcción. Los primeros deben ser de color uniforme, translúcidos y fáciles de labrar. Los de construcción son todos aquellos susceptibles de adquirir pulimento. En la práctica se incluyen muchas rocas que tienen esta última característica y que no son mármoles realmente, por ej: el mármol ónix los travertinos y muchos conglomerados marmóreos, también se incluyen las lumaquelas, de color obscuro y reflejos nacarados, formadas por desperdicios de conchas cementadas con calizas. Entre los mármoles son famosos; el mármol blanco de Carrara, en Italia, el de la Isla de Paros en Grecia, de color blanco lechoso, el amarillo de Siena, el negro de Bélgica y España, etc. En nuestro país existen gran cantidad de mármoles, aunque muchos de

ellos poco explotados y sobre todo la mayoría de menor calidad que los Europeos, son de importancia el mármol gris y negro de Orizaba y Nuevo León, el blanco de Jalisco y Nogales Veracruz y el llamado "Tecalli" de Puebla.

SERPENTINAS.- Se consideran como silicatos hidratados de Magnesio-proviene de la descomposición del Olivino, con el cual se encuentran mezcladas, junto con Augita o Hornblenda.

Tienen una estructura compacta, coloreada en verde más o menos obscuro, amarillo o pardo, a veces con manchas o vetas de estructura maciza o pizarrosa. Son muy blandas, untuosas al tacto, fáciles de trabajar y de cortarse con una navaja, susceptibles de adquirir hermoso pulimento. Se encuentran en grandes masas compactas de fractura escamosa, o en delgadas tiras con estructura fibrosa (criosotilo), en Michoacán, Puebla, Tamaulipas, etc.

PIZARRAS.- Rocas procedentes de depósitos de antiguos mares, por metamorfosis dinámica de las arcillas, algunas provienen de rocas ígneas. Presentan una formación hojosa característica, debido a las fuertes presiones a que fueron formadas, rompiéndose fácilmente en una sola dirección (Clivaje) y en capas delgadas, lo que es muy apreciado en la construcción. Varían en color, desde el rojo y el verde (con cloritas), hasta el negro. Son generalmente compactas, pesadas y de gran dureza. Están formadas por cuarzo y mica como constituyentes principales, en cristales microscópicos, provenientes de la recristalización. Tienen baja porosidad, módulo de ruptura relativamente alto y son resistentes a la intemperización y al desgaste mecánico. (Son susceptibles de adquirir pulimento, se emplean para propósitos decorativos, para pisos, escalinatas, cubiertas de mesas, placas para tableros eléctricos, etc.)

IV.- ROCAS DISGREGADAS.

CLASIFICACION Y DESCRIPCION.- Por su origen pueden clasificarse en Residuales cuando están cerca de las rocas de que proceden y en sedimentarias, cuando se depositan en otro lugar, y quedan sin consolidarse. Según su tamaño se dividen en: Bloques erráticos, cantos rodados, gravas y arenas. Los primeros no tienen aplicación ya que son bloques de gran tamaño. Los cantos rodados son comunmente redondeados, se emplean para cimientos, relleno, etc. Pueden considerarse también las Arcillas (Cap. siguiente) y las tierras vegetales, mezcla de las anteriores y de materia orgánica (Humus), útil como relleno y como aislante para techos.

GRAVAS.- Fragmentos redondeados de diámetro no mayor de 5 cms. (Cascajo), se usa para la fabricación de concreto, base de carreteras, etc. El más pequeño recibe en algunos países el nombre de Gravel. Tanto la piedra bola como el cascajo se han sustituido en muchas partes por material triturado artificialmente, de bordes angulares.

ARENAS.- Material de 0.25 a 2 mm. de diferentes formas, redondeadas, angulares y subangulares. Según su tamaño pueden ser gruesas (1 a 2 mm), Medianas (0.25 a 0.5 mm) y Finas (0.1 a 0.25 mm). Se emplean para fabricación de morteros, concretos, etc. Según su composición y origen pueden ser: Calcáreas ó Dolomíticas de color blanco a gris, blandas y terrosas, a menudo con restos de animales

cuarzo y otros minerales, son de poca importancia. Ferruginosas, - con óxidos de fierro que les dan color amarillo o rojizo. Glauconíticas y Olivínicas.- De color verdoso refractarias. Volcánicas, de granos gruesos (Lapilli) o finos (ceniza volcánica). Arena de Dunas.- Arenas movibles de desierto formadas por los vientos. Arenas de playa y de río, en su mayor parte silíceas, con algo de partículas calcáreas (conchas), varían en coloración desde el blanco amarillento o pardo, hasta el azulado. Arenas silíceas o cuarzosas.- Son las más importantes, de color blanco o crema, formadas por cuarzo, cuando son puras se emplean como material refractario.

PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS.- Varían notablemente de acuerdo con su composición y su formación, por ésta razón no puede tomarse un valor definido, considerándose en la práctica valores promedio con un 15 á 35% de factor de seguridad. La mayoría presentan planos estructurales (de estratificación o de esquistosidad) que dan lugar a diferencias en los valores obtenidos según la orientación que se tome. En general puede decirse que las propiedades de las rocas ígneas varían con su composición y con la velocidad de enfriamiento, las de las calizas con su formación; las de los mármoles por su cristalización y tamaño de los cristales, las de las areniscas con el material cementante, etc. La resistencia a la compresión de las rocas cristalinas es mucho mayor y en algunas llega hasta 4,200 Kgs./cm² (Granitos). En muchos casos es de importancia la resistencia a la abrasión o al desgaste, sobre todo al ser usadas para pisos y pavimentos, tanto las compactas como las disgregadas, siendo más resistentes las cuarzosas ó silíceas.

RESISTENCIA AL FUEGO.- Prácticamente todas las rocas se perjudican al ser calentadas a altas temperaturas, sobre todo si al mismo tiempo se enfrían rápidamente con agua, por los efectos de la expansión y contracción no uniforme de sus constituyentes. Los granitos por esta razón son poco resistentes, sobre todo los de grano grueso y el Gneiss por su estructura en bandas. Las calizas se descomponen arriba de los 600°C., a bajas temperaturas son las más resistentes. Las areniscas las siguen en resistencia sobre todo las cuarcíferas y calcáreas las cuales son más resistentes que las ferruginosas y arcillosas.

POROSIDAD Y PERMEABILIDAD. Las piedras porosas que poseen suficiente resistencia son muy buenas como materiales de construcción por su baja conductibilidad térmica, actuando como aislantes. Las areniscas son las más porosas (2 - 15%) y permeables, variando la permeabilidad con la disposición de los poros.

ABSORCION.- Depende de la porosidad, siendo mayor cuando los poros son grandes y rectos que cuando son pequeños o tortuosos. La absorción de las rocas ígneas y metamórficas rara vez excede de 2%. Las areniscas absorben 10 veces más y las calizas aún más que éstas.

DURABILIDAD.- Representa la resistencia de la piedra a fallar por acción de las fuerzas destructivas a que se le puede sujetar. La presencia de planos de sedimentación o de cristalización, etc., permiten la introducción de las fuerzas de desintegración, por lo que es muy importante examinar las piedras antes de su utilización, rechazando las que muestren signos de meteorización o de agrietamiento. Las de grano grueso son más afectadas por los cambios de temperatura que las de grano fino y las menos porosas son menos afectadas por la congelación.

C A P I T U L O VIII.

ARCILLAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE ARCILLA.

1.- (ARCILLAS.

(GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre materiales naturales componentes del suelo formados por partículas de un diámetro menor de 0.005 mm. que provienen comunmente de la desintegración de las rocas ígneas (Feldespatos y Feldespatoides) o de rocas conteniendo minerales Arcillosos, de los cuales el principal es el silicato aluminico hidratado o Caolinita.)

CLASIFICACION.- A.- Desde el punto de vista de su formación y la forma como se presentan se clasifican en: Residuales, Sedimentarias, Glaciáricas, Loésicas, Esquistosas y Pizarras. Las Residuales o primarias son aquellas que se localizan en depósitos cerca a la roca de la cual provienen; constituyen los llamados propiamente minerales arcillosos, teniendo gran dureza, comprenden los Caolines, las Bentonitas, y las Illitas. Las Sedimentarias o Secundarias como puede deducirse son las formadas por la sedimentación de fragmentos de roca y minerales finamente divididos arrastrados por las aguas además de los minerales arcillosos contienen otros minerales como feldespatos, arena sílice o cuarzo, calizas, óxidos de fierro, etc, que se consideran como impurezas aunque en realidad le imparten propiedades características, se dividen en: Lacustrinas, Marinas, Estuarinas y de Aluvión.- Las primeras dos son las de mayor importancia, sobre todo las marinas formadas en depósitos de antiguos mares, a veces de extensión considerable y profundidades variables, hasta de 10 mts. o más. Las Lacustrinas y Estuarinas se hallan en capas de extensión limitada y poca profundidad. Las Glaciáricas no tienen importancia por contener cantidades apreciables de rocas de tamaños muy diversos. Las Loésicas formadas por acción del viento forman a veces grandes depósitos de arcilla muy fina. Las Esquistosas o pizarrosas se presentan como rocas compactas que provienen de la consolidación de arcillas sedimentarias. Las Pizarras no son en realidad arcillas (vease Pag.80)

B.- De acuerdo con el contenido y con el tipo de impurezas que contienen se clasifican en: Grasas, las arcillas puras con pocas impurezas, Magras, las que contienen más de 30% de impurezas. Calcáreas, las que contienen carbonato de calcio ó caliza en proporción no muy elevada. Margosas, las que contienen mucha Caliza. Silíceas o cuarzosas las que contienen arena sílice o cuarzo, Refractarias. Las marinas ó Lacustrinas con menos de 8 % de impurezas y alto punto de fusión.

C.- Los minerales arcillosos se clasifican en: Illitas, minerales complejos del tipo de la Mica muscovita comunes en las arci --

cuarzo y otros minerales, son de poca importancia. Ferruginosas, - con óxidos de fierro que les dan color amarillo o rojizo. Glauconíticas y Olivínicas.- De color verdoso refractarias. Volcánicas, de granos gruesos (Lapilli) o finos (ceniza volcánica). Arena de Dunas.- Arenas movibles de desierto formadas por los vientos. Arenas de playa y de río, en su mayor parte silíceas, con algo de partículas calcáreas (conchas), varían en coloración desde el blanco amarillento o pardo, hasta el azulado. Arenas silíceas o cuarzosas.- Son las más importantes, de color blanco o crema, formadas por cuarzo, cuando son puras se emplean como material refractario.

PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS.- Varían notablemente de acuerdo con su composición y su formación, por ésta razón no puede tomarse un valor definido, considerándose en la práctica valores promedio con un 15 á 35% de factor de seguridad. La mayoría presentan planos estructurales (de estratificación o de esquistosidad) - que dan lugar a diferencias en los valores obtenidos según la orientación que se tome. En general puede decirse que las propiedades de las rocas ígneas varían con su composición y con la velocidad de enfriamiento, las de las calizas con su formación; las de los mármoles por su cristalización y tamaño de los cristales, las de las areniscas con el material cementante, etc. La resistencia a la compresión de las rocas cristalinas es mucho mayor y en algunas llega hasta 4,200 Kgs./cm² (Granitos). En muchos casos es de importancia la resistencia a la abrasión o al desgaste, sobre todo al ser usadas para pisos y pavimentos, tanto las compactas como las disgregadas, siendo más resistentes las cuarzosas ó silíceas.

RESISTENCIA AL FUEGO.- Prácticamente todas las rocas se perjudican al ser calentadas a altas temperaturas, sobre todo si al mismo tiempo se enfrían rápidamente con agua, por los efectos de la expansión y contracción no uniforme de sus constituyentes. Los granitos por esta razón son poco resistentes, sobre todo los de grano grueso y el Gneiss por su estructura en bandas. Las calizas se descomponen arriba de los 600°C., a bajas temperaturas son las más resistentes. Las areniscas las siguen en resistencia sobre todo las cuarcíferas y calcáreas las cuales son más resistentes que las ferruginosas y arcillosas.

POROSIDAD Y PERMEABILIDAD. Las piedras porosas que poseen suficiente resistencia son muy buenas como materiales de construcción por su baja conductibilidad térmica, actuando como aislantes. Las areniscas son las más porosas (2 - 15%) y permeables, variando la permeabilidad con la disposición de los poros.

ABSORCION.- Depende de la porosidad, siendo mayor cuando los poros son grandes y rectos que cuando son pequeños o tortuosos. La absorción de las rocas ígneas y metamórficas rara vez excede de 2%. Las areniscas absorben 10 veces más y las calizas aún más que éstas.

DURABILIDAD.- Representa la resistencia de la piedra a fallar por acción de las fuerzas destructivas a que se le puede sujetar. La presencia de planos de sedimentación o de cristalización, etc., permiten la introducción de las fuerzas de desintegración, por lo que es muy importante examinar las piedras antes de su utilización, rechazando las que muestren signos de meteorización o de agrietamiento. Las de grano grueso son más afectadas por los cambios de temperatura que las de grano fino y las menos porosas son menos afectadas por la congelación.

C A P I T U L O VIII.

ARCILLAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE ARCILLA.

1.- (ARCILLAS.

(GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre materiales naturales componentes del suelo formados por partículas de un diámetro menor de 0.005 mm. que provienen comunmente de la desintegración de las rocas ígneas (Feldespatos y Feldespatoides) o de rocas conteniendo minerales Arcillosos, de los cuales el principal es el silicato aluminico hidratado o Caolinita.

CLASIFICACION.- A.- Desde el punto de vista de su formación y la forma como se presentan se clasifican en: Residuales, Sedimentarias, Glaciáricas, Loésicas, Esquistosas y Pizarras. Las Residuales o primarias son aquellas que se localizan en depósitos cerca a la roca de la cual provienen; constituyen los llamados propiamente minerales arcillosos, teniendo gran dureza, comprenden los Caolines, las Bentonitas, y las Illitas. Las Sedimentarias o Secundarias como puede deducirse son las formadas por la sedimentación de fragmentos de roca y minerales finamente divididos arrastrados por las aguas además de los minerales arcillosos contienen otros minerales como feldespatos, arena sílice o cuarzo, calizas, óxidos de fierro, etc, que se consideran como impurezas aunque en realidad le imparten propiedades características, se dividen en: Lacustrinas, Marinas, Estuarinas y de Aluvión.- Las primeras dos son las de mayor importancia, sobre todo las marinas formadas en depósitos de antiguos mares, a veces de extensión considerable y profundidades variables, hasta de 10 mts. o más. Las Lacustrinas y Estuarinas se hallan en capas de extensión limitada y poca profundidad. Las Glaciáricas no tienen importancia por contener cantidades apreciables de rocas de tamaños muy diversos. Las Loésicas formadas por acción del viento forman a veces grandes depósitos de arcilla muy fina. Las Esquistosas o pizarrosas se presentan como rocas compactas que provienen de la consolidación de arcillas sedimentarias. Las Pizarras no son en realidad arcillas (vease Pag.80)

B.- De acuerdo con el contenido y con el tipo de impurezas que contienen se clasifican en: Grasas, las arcillas puras con pocas impurezas, Magras, las que contienen más de 30% de impurezas. Calcáreas, las que contienen carbonato de calcio ó caliza en proporción no muy elevada. Margosas, las que contienen mucha Caliza. Silíceas o cuarzosas las que contienen arena sílice o cuarzo, Refractarias. Las marinas ó Lacustrinas con menos de 8 % de impurezas y alto punto de fusión.

C.- Los minerales arcillosos se clasifican en: Illitas, minerales complejos del tipo de la Mica muscovita comunes en las arci --

llas marinas (Arcillas refractarias) y en las pizarras. Montmorillonitas, Silicatos aluminicos hidratados componentes de las arcillas plásticas sedimentarias y de muchos suelos y Caolinitas, silicatos aluminicos abundantes en las arcillas marinas, aunque menos que las Illitas y sobre todo en las arcillas residuales.

PROPIEDADES.- Varían notablemente de acuerdo con su composición, es decir, con el por ciento y clase de minerales que contienen. En general predominan las propiedades coloidales de silicato aluminico hidratado ó monmorillonita. Absorben gran cantidad de agua, hasta 70 %, esparciendo un olor terroso muy peculiar de tierra mojada y ciertos gases de difícil eliminación, aún por calentamiento al rojo. Algunas pueden absorber grasas. En suspensión acuosa se coagulan con adición de sales, ácidos, etc. Añadiendo electrólitos básicos permanecen en forma de "Sol" (solución coloidal). Presentan el fenómeno de la Electroforésis (Coagulación con corriente eléctrica) y la propiedad de intercambiar bases, es decir, que llevan cationes que pueden ser sustituidos por otros de ciertas sustancias con las cuales se pongan en contacto.

Entre sus propiedades más importantes está la plasticidad, o sea la propiedad de deformarse sin sufrir rupturas cuando se han a masado con determinada proporción de agua, variable con el tipo de arcilla y con el grado de Fineza. Algunas arcillas (caoliníticas) solo desarrollan su plasticidad cuando están en estado de fina división, por lo que se les llama No-Plásticas, en cambio, las arcillas Montmorilloníticas comunes en los suelos son sumamente plásticas cuando están puras, disminuyendo esta propiedad cuando se hayan impurificadas con arena, tierra, etc, llamandoseles también Arcillas Blásticas. Al mezclarse con el agua aumentan su volumen proporcionalmente a la cantidad añadida.

La plasticidad se pierde temporalmente durante el secado y totalmente por calentamiento a temperaturas elevadas (cocción), convirtiéndose en una masa anhidra, inatacable por el agua. Al secarse la masa arcillosa se reduce su volumen, es decir, se contrae hasta un 12 ó 15 %, por lo que tiende a agrietarse o alabearse, sobre todo tratándose de arcillas grasas. En la fabricación de productos la contracción debe controlarse por la adición de arena (Enmagrecimiento), material quemado, etc. para dar un 5 á 6 % a la cocción.- Si se añade demasiada arena la arcilla pierde su poder de trabazón o de cohesión, disminuyendo la plasticidad y permitiendo las reventadas. Al mismo tiempo que se contrae, la arcilla se va endureciendo por el secado, perdiendo su condición primitiva y dando un producto graso al tacto y que toma un lustre craso al rayarlo con la uña o pulimentarlo cuando procede de arcillas plásticas y que se pulveriza al aplastarlo entre los dedos cuando es de naturaleza caolinítica o poco plástico.

El color de las arcillas cuando están puras como el Caolín y la Bentonita, es blanco o ligeramente amarillento, permaneciendo blancas después de quemadas. Cuando hay impurezas presentes el color de la arcilla y el del producto quemado varían de acuerdo con su naturaleza. Cuando contienen óxidos de fierro pueden tener color amarillento o rojizo. Y dan colores café, negro o verde cuando se produce la vitrificación. Cuando contienen exceso de caliza sobre el por ciento de fierro dan color gris al quemarse. Cuando con-

tienen materias carbonosas (mezcladas con tierra) pueden colorearse de azul, gris, negro ó violáceo, según la proporción de carbón, bastando un 3 % para dar color negro; al quemarse dan color blanco o rojizo. Las arcillas con exceso de cal, pero sin óxidos de fierro, dan color blanco y pueden causar defectos en el producto. Las arcillas calcáreas comunes, de color generalmente moreno, amarillo o gris, dan al quemarse color amarillo o crema y verdoso al estado viscoso. La presencia de óxido de manganeso les dá un color pardo-chocolate.

El punto de fusión de la arcilla pura es de 1,780°C y con impurezas baja hasta 1,580°C, aun que en realidad no tienen un verdadero punto de fusión, sino que tienen un período de suavización que se extiende por un grado considerable de tiempo y temperatura, pasando por los siguientes períodos: Al empezar la suavización se llama Vitrificación Incipiente, produciéndose cierta adherencia en las partículas de arcilla, pero no la suficiente para cerrar los poros, en la mayor parte de las arcillas se desarrolla a temperaturas entre 800°C y 1,200°C., aunque en algunas puede empezar a temperaturas tan bajas como 450°C. Cuando se cierran los poros se alcanza la máxima contracción, produciéndose la llamada Vitrificación Completa y finalmente, a temperaturas más elevadas (1,500-1,800°C), la arcilla empieza a fundirse, perdiendo la forma y convirtiéndose en una masa viscosa de silicato aluminico o Mullita la cual al enfriarse adquiere fractura Vidriosa, por lo que se llama a esto Vitrificación Vítreo o Viscosa. Ciertas impurezas actúan como fundentes facilitando la suavización, sobre todo los álcalis, los óxidos de fierro, calcio y magnesio y la arena sílice al estado de fina división, cuando están en cantidades excesivas, cuando alcanzan alrededor de 6% permiten una vitrificación superficial, haciéndose la pieza impermeable. Las arcillas calcáreas tienen una diferencia muy corta entre la vitrificación y la fusión, por lo cual no son apropiadas para productos vitrificados.

II.- PRODUCTOS DE ARCILLA.

GENERALIDADES.- Constituyen una de las más importantes clases de materiales estructurales, por su apariencia, resistencia y durabilidad, por las diferentes formas que pueden darseles y por los diferentes tipos de arcillas que pueden utilizarse, además de otros materiales como Feldespatos, Cuarzo, etc.

Se consideran divididos en dos tipos esenciales: A.- Adobes o materiales crudos y B.- Materiales cocidos, que se dividen a su vez en: 1.- Productos de una sola Cocción y 2.- Productos de Doble Cocción. Al grupo 1 corresponden la mayor parte de los ladrillos, terracotas, tejas, losetas y tubos y a los del grupo 2 los azulejos, mosaicos cocidos y productos sanitarios, estos últimos no siempre se obtienen por doble cocción, pero se ha creído más conveniente, aunque solo sea por razones de distribución, separarlos en esta forma.

A.- MATERIALES NO COCIDOS. ADOBES.- GENERALIDADES.- Constituyen uno de los materiales de construcción más rudimentarios y antiguos. Se emplean mucho en lugares donde escasea la piedra natural-

y abunda la arcilla apropiada, generalmente en lugares secos. Esta arcilla es de color grisáceo, debido a la presencia de carbón, -- contiene cierto porcentaje de arena y caliza y aún materias orgánicas. Se forma de manera semejante al Loess y se le llama también Adobe, algunas veces se emplea mezclada con arena o materiales como zacate, aserrín, etc. para darle menor contracción y más resistencia. El material ideal consta de 70 % de arena y 30 % de arcilla.

FABRICACION. - La época más apropiada para la fabricación es la que sigue a las lluvias. Se fabrican en dimensiones generalmente de 10 X 30 X 40 cms., en una serie de cajones sin fondo (gavetas), en dimensiones tanto mayores que las indicadas, cuanto mayor sea su contracción. Una vez mezclado el material y adicionada la cantidad de agua necesaria para comunicarle la plasticidad, se coloca dentro del molde y se va apisonando para que quede lo más apretada posible. Para el molde se emplean tres gavetas, de tal modo que -- cuando se llene la tercera, quede lista la primera para ser sacada del molde. Después de dejar secar los adobes hasta el día siguiente, se colocan en trincheras de dos metros de alto y uno de ancho, con espacio suficiente para la circulación del aire y se dejan de 15 a 20 días ó más para su consolidación.

PROPIEDADES. - El adobe es un material de escasa resistencia -- que se disgrega de una manera lenta pero continua, sometido a la acción de la intemperie. Modernamente se fabrican adobes con arcilla arena y asfalto, se fijan con morteros de cemento, se rellenan con asfalto y se recubren finalmente con pintura de aceite o plomo. El adobe es un buen aislante del calor y la electricidad, es un material a prueba de fuego y ataque de termitas, gusanos, etc., abundante y barato. A veces se revisten los adobes ordinarios con mortero de cal o de cemento, para darles mejor apariencia y más resistencia. Una variedad que se utiliza en algunos países recibe el nombre de "Tapial", se fabrica en el lugar donde se va a construir empleando moldes semejantes a los del concreto, a veces se les aumenta la resistencia introduciéndole una armazón rudimentaria de alambre, formando entonces lo que se llama Tapial armado. Tanto el tapial como los adobes deben protegerse lo más posible de la acción del agua.

B.- MATERIALES COCIDOS. - 1.- DE COCCION SIMPLE.- GENERALIDADES. Comprenden los materiales comunes de arcilla tales como ladrillos, tejas, tubos, etc. obtenidos por un sólo calentamiento o cocción. -- Para su fabricación se emplean arcillas del tipo plástico o de alfa magros, pero que no sean demasiado grasas, prefiriéndose arcillas -- Magras o arenosas que no contengan exceso de caliza y de sales solubles.

FABRICACION. - Las operaciones que comprenden la fabricación -- son: a.- Preparación de la arcilla, b.- Preparación de la pasta o amasado c.- Moldeo d.- Desección, e.- Cocción, f.- Enfriamiento, -- g.- Vidriado.

Los detalles referentes a preparación de la arcilla ó materias primas, desección y cocción, se aplican por igual a todos los productos cocidos, los demás puntos varían ligeramente al tratarse de productos de doble cocción.

a.- PREPARACION DE LA ARCILLA.- Casi siempre la extracción es-

a cielo abierto en los depósitos mayores de arcilla. Las pizarras duras adyacentes a vetas de carbón son generalmente minadas. Algunas arcillas requieren considerable preparación y otras no. Generalmente la arcilla se transporta a depósitos de almacenamiento en donde se tiene hasta que vaya a ser usada, dejándola a veces expuesta al aire por un período de tiempo más o menos largo para mejorar sus cualidades (Putrefacción). En muchos casos la arcilla se -- transporta directamente a la fábrica. En el siguiente paso la arcilla se lleva a un granulador o desintegrador o bien a una quebradora de cono si tiene grandes piedras, pasando después si es necesario a un molino, generalmente chileno o de martillos, para su pulverización. Si está húmeda se seca previamente.

b.- PREPARACION DE LA PASTA.- Una vez reducido el material a polvo fino se pasa a unos mezcladores, que son depósitos generalmente de corte semicircular o paraboloide, alargados y provistos de un gusano mezclador o un juego de paletas; en ellos se bate la arcilla con la cantidad calculada de agua hasta obtener una pasta uniforme. Para pasta suave generalmente se emplean depósitos cilíndricos con paletas. Para pasta seca se usan los molinos chilenos, -- pasando directamente al moldeo el polvo obtenido.

c.- MOLDEO.- Pueden emplearse diferentes métodos, variando la forma de aplicación de acuerdo con las características de la arcilla y la clase de materiales que vayan a obtenerse. Tres son los tipos esenciales: De Pasta suave, de pasta semi-dura o rígida y de pasta seca.

1.- Proceso de pasta suave. - La arcilla o mezcla de materiales arcillosos se trata con suficiente agua para formar una pasta de consistencia suave, que se introduce en moldes de madera o de hierro, recubiertos con arena para evitar que se pegue. El moldeo puede hacerse a mano o mecánico. Este proceso tiene la ventaja de que puede usarse con una variedad mayor de arcillas que cualquier otro método, permitiendo la fabricación de productos muy uniformes. Se emplea solo para formas especiales, ya que es más costoso que el -- proceso de pasta rígida.

2.- Proceso de pasta rígida. - Se emplea una mezcla mucho más rígida, que contiene menos agua que la anterior, se aplica bien a mezclas arcillosas de plasticidad media, para la fabricación de -- casi todos los productos estructurales de arcilla. La pasta del -- mezclador es forzada a través de una pieza llamada "Dado", que tiene la forma transversal del material que se desea fabricar, produciendo una tira continua que se corta a la longitud requerida con un bastidor que lleva uno o varios alambres acerados, ya sea a mano o mediante un cortador mecánico. Para piezas especiales se llevan trozos a moldes de madera para moldeo a mano, golpeando la arcilla hasta llenar el molde, cortando el sobrante y alisando la superficie. La pieza se separa por expulsión o por vaciado. Modernamente se adapta a la máquina de moldeo un aparato de vacío, provisto de unas aspás en donde se aplica un vacío de 15 a 29" con el objeto de extraer el aire de la pasta y disminuir la porosidad del -- producto y por lo tanto la contracción y las pérdidas por secado. Este aparato se coloca antes de su paso por el dado. Los ladrillos -- obtenidos por estos dos procesos son usualmente reprensados poco -- después de moldeados, estampando a veces algún diseño sobre la su-

perficie. Con esta operación se vuelven más densos y fuertes y más resistentes a la intemperización.

3.- Proceso seco.- La arcilla pulverizada con sólo 6 á 7 % de humedad se pasa a unas tolvas, de donde es alimentada a unos moldes de acero por medio de unos cargadores, se aplica una presión de 40 á 100 Kgs./cm². y se levanta el fondo de los moldes para expulsar las piezas. Se emplea para piezas especiales, azulejos, etc. - Produce piezas más densas y resistentes, dando mejor acabado, ya que se marcan muy bien los contornos. Permite el uso de materiales no-plásticos.

d.- SECADO.- Después del moldeo los productos obtenidos son secados al aire o en secadores artificiales. En algunas fábricas, los secadores abiertos al aire, están provistos de techos bajos que pueden estar abiertos con tiempo apropiado o cerrados para calentar con vapor en tiempo malo. En los secadores artificiales el material es secado a temperatura de 120°C por medio de vapor de deshecho, gases de combustión de los hornos, de un hogar al final del secador ó por aire caliente, tardando la operación de uno á 3 días según el material, la temperatura y la clase de secador. Pueden ser de tipo intermitente y de túnel ó continuos, éstos últimos están unidos a los hornos de túnel, por lo que son más económicos.

e.- QUEMADO.- Abajo de 700°C se elimina el agua que queda retenida en los poros de 700°C a 900°C se produce la oxidación de la materia orgánica, azufre, etc. y finalmente se produce la vitrificación incipiente a temperaturas que varían de 900°C á 1,200°C --- (Ladrillos y Tejas) o aún más, según el tipo de arcilla y el acabado final que se quiera, solamente en algunos casos se eleva la temperatura hasta vitrificación viscosa. La operación se desarrolla en Hornos que varían de acuerdo con el material y otros factores. Regulándose la velocidad de calentamiento de acuerdo con la clase de material fabricado y la materia prima utilizada. No debe ser muy rápido, porque el material puede agrietarse, ni demasiado lento, porque entonces se puede formar una escoria en la superficie, sobre todo si la arcilla contiene álcalis ó en caso de usarse combustible con mucho azufre. El proceso de cocción se chequea por medio de termocoples para indicar la temperatura o vigilando el comportamiento de una serie de conos de arcilla colocados entre el material. Estos conos o pirámides, llamados de "Sege", funden a diferentes temperaturas, indicando lo que sucede dentro del horno y de una manera aproximada la temperatura.

f.- ENFRIAMIENTO.- Terminada la cocción, el material se somete a un proceso de enfriamiento antes de sacarlo del horno, porque un descenso demasiado brusco en la temperatura lo rompería o agrietaría. En los hornos continuos se expone al paso del aire que se va a usar en la combustión, enfriándose mientras éste se precalienta. Algunos ladrillos para pavimento requieren varios días de enfriamiento.

g.- VIDRIADO.- Muchos productos de arcilla se someten a un vidriado con el objeto de mejorar su apariencia, al mismo tiempo que se aumenta su impermeabilidad. Para esto se añaden óxidos de plomo, compuestos de vidrio o sal común (método muy antiguo) antes de quemarlos o al final del quemado. Los productos se depositan sobre la superficie, formando una película vítrea indestructible é impermeable que no se rompe ni agrieta con los cambios de temperatura, por

tener la misma contracción y expansión del producto. Esta película es mucho más delgada que la del esmaltado (Productos de doble cocción), más elástica y por lo tanto menos frágil.

TIPOS DE HORNOS EMPLEADOS EN LA COCCION.

GENERALIDADES.- Existe gran variedad de tipos, en general en todos ellos el calor es suministrado por gases calientes procedentes de un hogar separado o de un hogar interior, para combustibles sólidos o por medio de quemadores instalados en las paredes del horno. Pueden ser de dos tipos: Intermitentes y Continuos.

A.- HORNOS INTERMITENTES.- Son hornos de una sola cámara, en ellos la operación se desarrolla como su nombre lo indica de una manera intermitente, es decir, que se trabaja una sola carga hasta su terminación y se descargan para volverlos a cargar nuevamente, se dividen en hornos de tiro hacia abajo y de tiro hacia arriba, en los primeros los gases calientes circulan de abajo á arriba, son generalmente rectangulares, tienen la desventaja de que los productos inferiores pueden deformarse, por su mayor calentamiento y por el peso de las piezas que están arriba de ellos; comprenden los hornos provisionales ú hormigueros, usados para ladrillos ó tabiques que son acomodados de tal modo que ellos mismos forman el horno, cubriéndose el conjunto generalmente con tierra; en estos hornos solo los ladrillos intermedios quedan bien cocidos, ya que los inferiores quedan sobre quemados (ladrillos de arco) y los superiores crudos (ladrillos salmón). Los tipos hechos de paredes permanentes presentan menor pérdida de calor y mayor porcentaje de ladrillo de primera.

En los hornos de tiro hacia bajo los gases calientes circulan de arriba á abajo, siendo conducidos a una chimenea que puede servir para varios hornos; tienen una distribución y regulación del calor más uniforme y una menor pérdida de producto, debido a que el material que más se calienta y por lo tanto que se vuelve más suave, se halla en la parte superior. Pueden ser rectangulares ó circulares, éstos últimos son los más usados (Fig. 33). Son hornos de gran capacidad, con quemadores distribuidos alrededor y dirigidos hacia la bóveda esférica, de donde penetran a través de los ladrillos, a ranuras situadas en el piso que los conducen a la chimenea. Generalmente requieren de 6 á 9 días para cargarse, y otro tanto para descargarse.

B.- HORNOS CONTINUOS.- Son aquellos que producen material constantemente, por estar formados de varias cámaras que constituyen un conjunto cerrado, generalmente de forma oval ó abierto en forma de túnel. Todos los hornos continuos requieren un fuerte tiro, ya sea con una chimenea grande o mejor con tiro inducido, que es más constante y uniforme y dá mejor aprovechamiento del calor.

a.- Horno anular de Hoffman.- (Fig. 35). Cada cámara está provista de un quemador, de una puerta hacia el exterior que se cierra con ladrillos y se destruye en la descarga, de un conducto que conduce los gases a una chimenea por un conducto central y de dos comunicaciones: con la cámara anterior y con la siguiente. Las cámaras son cargadas, quemadas y descargadas de tal modo, que mientras unas están cargándose, las siguientes están sucesivamente en: precalentamiento, cocción, enfriamiento y descarga, volviendo a re

petirse el ciclo hasta completar el total de cámaras en operación o bien de dos en dos o de tres en tres, pudiendo hacerse varias combinaciones. Comúnmente los ladrillos se precalientan con los gases de deshecho y se enfrían con el aire que va a servir para la combustión, ahorrándose de este modo de 60 a 70% de combustible. No se ha extendido mucho su uso en América, por tener el defecto de escorificar los ladrillos, debido a los gases sulfurosos del combustible que se condensan sobre la superficie fría del ladrillo, para evitarlo debe de calentarse la cámara por algún medio.

b.- Hornos de Túnel.- Hornos Rectangulares, generalmente provistos de un ensanchamiento en la parte media o Zona de cocción, la parte anterior actúa como Precalentador y la posterior como Enfriador. El material se introduce en una serie de carros que se mueven lentamente a lo largo del horno hasta alcanzar la parte media en donde se someten a cocción, continuando luego por un tramo suficiente para enfriarse, hasta salir finalmente al otro extremo del túnel. El control de temperatura es excelente y el producto resulta uniformemente quemado. (Fig. 34). Esta clase de hornos son muy apropiados para materiales refractarios y productos de doble cocción, para estos últimos se usan hornos provistos de Mufla en la zona de cocción, para evitar contaminación con los gases.

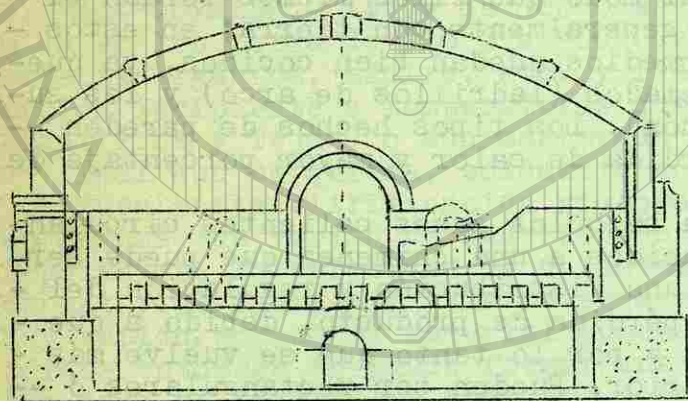


Fig. 33. Horno Circular

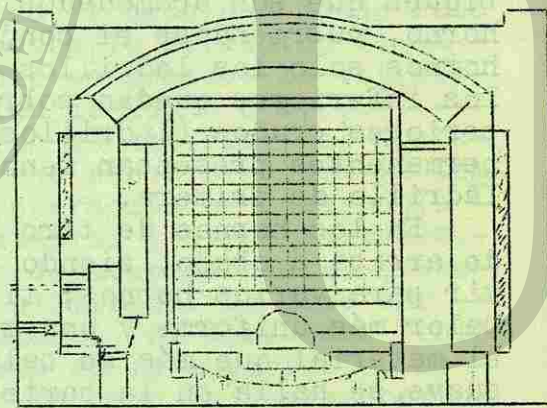


Fig. 34. Horno de Túnel

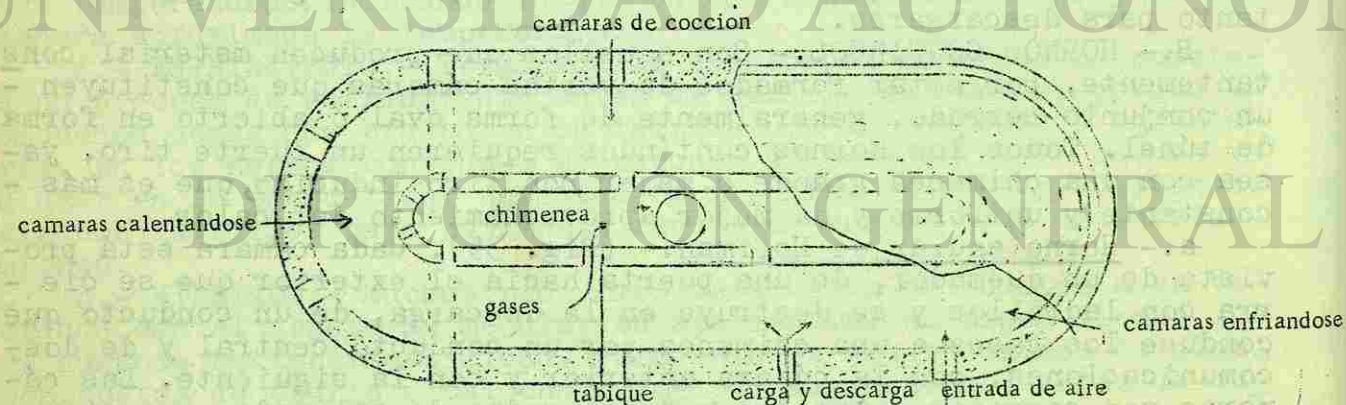


Fig. 35. Horno Anular de Hoffman

PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS DE ARCILLA.

COLOR DEL MATERIAL COCIDO.- Durante la cocción, los compuestos de arcilla sufren transformaciones que pueden algunas veces cambiar totalmente su color. Este cambio depende de la relación entre los óxidos de hierro y la alúmina y cal. Las arcillas de color rojizo o blanco lo conservan, también se obtienen éstos colores al quemar arcillas amarillas, grises, negras o verdosas. Las que tienen exceso de alúmina y cal (Rel: 15:1) tienden a dar productos blancos. Las arcillas calcáreas, frecuentemente de un color moreno, amarillo o gris (relación 10:1 ó menos) dan al principio color rojizo, que se vuelve crema o amarillo a medida que se acerca a la vitrificación y finalmente color verdoso al acercarse al estado viscoso. Las amarillas, pardas o rojas que contienen compuestos de fierro y muy poca caliza, dan productos de color rojo. El color varía también con la temperatura de quemado y con la atmósfera del horno. El quemado a bajas temperaturas no alcanza a producir el color normal, dando productos de color débil, mientras que las altas temperaturas producen color obscuro (sobrequemado).

DURABILIDAD.- Aunque no es una verdadera propiedad, la durabilidad es una de las características de mayor interés para el Ingeniero, depende de la porosidad de la absorción y naturalmente de la composición química y del grado de quemado, que tienen influencia en ellas. Los productos vitrificados tienen la menor absorción y por lo tanto mayor durabilidad, mientras que los materiales de bajo quemado, que son más porosos, tienen la más alta absorción y por lo tanto menor durabilidad. Son atacados por los mismos agentes que las rocas, aunque son menos atacados por el fuego y presentan mayor durabilidad que éstas. El grado de quemado puede apreciarse por el color. El agua absorbida por un material puede congelarse sufriendo una expansión que puede causar roturas o desintegración sea de una sola vez o por su acción combinada con la descongelación. También es perjudicial la porosidad en ciertos usos en que pueden absorberse sustancias químicas, por ejemplo en los tubos para drenaje.

Para ciertos usos, otro factor que regula la durabilidad es la resistencia al desgaste o abrasión, por ejemplo en ladrillos para pavimentos y algunos refractarios.

La absorción varía mucho para los distintos materiales, pero en general el % de agua absorbida por inmersión en agua durante 48 horas ó hirviendo con agua por 5 horas es de : 0.6 a 2% para los ladrillos prensados o para fachadas, de 1 a 3% en ladrillos para pavimentos, y para materiales comunes sin vidrear y productos de terracota varía de 10 a 15%. La durabilidad disminuye por la presencia de ciertos defectos (Laminaciones, rajaduras, etc.).

RESISTENCIA MECANICA.- Depende principalmente de la composición química, del grado de quemado y desde luego de la porosidad. Según muchos autores, la principal indicación de la calidad del ladrillo la da la resistencia a la flexión, la cual incluye el comportamiento del material bajo tensión y compresión por medio del módulo de ruptura. La resistencia de una pared de ladrillo es solo una fracción de la que tiene el material en sí, debido al efecto de debilitamiento del mortero, por esta razón, la resistencia a la

compresión sólo sirve como base de comparación entre los diversos productos, varía según se tomen los ladrillos de canto o de llano, pero en general es alrededor de 280 Kgs./cm². para el ladrillo de construcción y bloques de terracota, de 560 para el ladrillo prensado, de 700 para el ladrillo de pavimento y de 200 para la terracota arquitectónica.

El módulo de ruptura de los ladrillos comunes y de los bloques de terracota varía de 35 á 70 Kgs./cm² y de 40 á 80 Kgs./cm² para los ladrillos de pavimentos.

La dureza de los productos de arcilla aumenta con el grado de quemado y depende también del material usado. En general, a vitrificación incipiente, no deben ser rayados por la navaja, mostrando dureza de 6 á 7.

DEFECTOS.- Los productos de arcilla pueden presentar varios defectos tales como, eflorescencias, reventadas, distorsión de forma etc., que disminuyen su resistencia y su importancia comercial por su mala apariencia. Estos defectos pueden ser debidos a la composición química inapropiada de la arcilla, por la presencia de ciertas impurezas perjudiciales, al mezclado o moldeo mal efectuado, o bien al secado y quemado impropio. La presencia de trozos de cal mayores de 3 mm. que no fueron hidratados durante la fabricación, producen ampollas. El aire aprisionado en forma de burbujas cerca de la superficie, se expande durante el calentamiento, produciendo también ampollas. Algunas veces, por el mezclado incompleto o el moldeo inapropiado, quedan bolsas de aire en el interior de las piezas. También pueden producirse laminaciones, que son deslizamientos entre las secciones delgadas y las gruesas, por diferencias en la velocidad de extrusión entre unas y otras, se manifiestan también como reventadas en los bloques huecos de construcción (barro blocks), crean en las piezas planos de debilitamiento, indeseables en muchos tipos de construcción, sobre todo en regiones frías, ya que bajan la resistencia a la congelación.

Las rajaduras o reventadas se deben a secado inapropiado o enfriamiento demasiado brusco, además de ser perjudiciales para la resistencia, permiten la penetración de las fuerzas de desintegración, disminuyendo la durabilidad, así por ejemplo, las reventadas no deben tolerarse en la superficie interior de los tubos y en la exterior no deben de ser mayores de 1/8" del diámetro del tubo.

Cuando el material está apropiadamente quemado y sin rajaduras debe emitir un sonido metálico cuando se le golpea.

El quemado mal efectuado puede producir materiales sobrequemados o de arco, de gran dureza, pero generalmente deformados, por lo que resultan inapropiados para partes visibles, o bien los materiales crudos o poco cocidos resultan suaves y poco resistentes.

A menudo aparece en los productos almacenados o en las paredes de ladrillo, una capa blancuzca llamada Eflorescencia, que consiste principalmente de sulfatos de magnesio, sodio o potasio y a veces de calcio, hierro y aluminio, que afloran a la superficie con la humedad y se cristalizan al secarse, produciendo un efecto desintegrador sobre el material, además, muchas de estas sales son higroscópicas, absorbiendo humedad de la atmósfera y humedeciendo las paredes y el producto. Estas sales pueden provenir de la materia pri-

ma, del agua empleada para el amasado o de la oxidación de ciertos compuestos durante la cocción. Para evitar este defecto deberán usarse materias primas y aguas libres de estas impurezas, lavar las arcillas o agregar soluciones de Sales de Bario para hacerlas insolubles, o una vez producidas, secar bien la pared, remover la costra y aplicar cubiertas protectoras a prueba de agua.

TIPOS DE PRODUCTOS DE ARCILLA.

(CLASIFICACION.- Pueden clasificarse atendiendo a diferentes bases: Según su forma y aplicación pueden ser: A.- Ladrillos, B.- Terracotas, C.- Bloques huecos ó Barroblocks, D.- Tubos, E.- Tejas y además formas especiales).

Según el método de moldeo pueden ser: De pasta suave, De pasta rígida, Prensados en seco y Reprensados.

Según la materia prima empleada, pueden ser: De arcilla refractaria o de Caolín, como los ladrillos refractarios (Cap. XI), las terracotas, las porcelanas y los azulejos. De arcillas pizarrosas, como los ladrillos de pavimento y algunos bloques huecos y De arcilla común o superficial, tales como ladrillos, tejas, barroblocks, etc.

Según el grado de quemado pueden ser: Sobrequemados o de arco, de gran dureza, generalmente combados, inapropiados para ser usados en partes visibles, sirven para cimientos y rellenos. De quemado suave, poco resistentes por no haber sido suficientemente quemados, los ladrillos de arcilla de este tipo se conocen como Ladrillos Salmón y pueden usarse para relleno. De quemado rojo o bien quemados, materiales normales de color rojizo o rojo encendido, apropiados para ladrillos, barroblocks y ciertos tipos de tejas y losetas. Vitrificados, materiales que han sido cocidos mezclando a la arcilla óxidos de hierro, Magnesio, Calcio, etc., para darles Fusión vítrea a la temperatura de quemado, dando una superficie dura é impermeable, son apropiados para tubos de drenaje y ladrillos para pavimentos.

Se describirán los tipos de acuerdo con la primera clasificación, que se considera la de mayor importancia, ya que puede incluir las otras denominaciones.

A.- **LADRILLOS.**- Bloques de arcilla común superficial (Rojos) o de arcilla pizarrosa (Amarillos), obtenidos por el proceso de pasta rígida a temperaturas de 900°C a 1,200°C., pueden ser:

a.- Ladrillo ordinario.- Es de forma Paralelepípedica, fabricado sin ningún intento de regular el color, la textura o la forma, a menudo con manchas o partes brillantes, debido a un exceso de calentamiento. Aunque sus dimensiones varían en los diferentes países, en nuestro país se han adoptado las dimensiones de 20 X 9½ X 6 cms, con un peso de 1.8 Kgs. densidad de 1.440 á 1.600. Comprende dos variedades principales: El Ladrillo rojo, cocido a alta temperatura, compacto, de superficie semilisa y gran resistencia y el Ladrillo amarillo, de resistencia menor, de color amarillento, mucho más poroso que el anterior. Es frecuente también que se les clasifique por grados, cada uno con determinadas características, según la A.S.T.M. en grados A, B y C, con resistencia a la compre-

sión mínima de: 3,500, 2,000 y 1,000 Kgs/cm², respectivamente, correspondientes a los grados H (duro), M (medio), S (suave). Esta clasificación se aplica a los ladrillos sólidos, huecos y comunes.

b.- Ladrillos Prensados.- Son fabricados prensando en un molde ladrillos hechos con arcilla de alto grado, después del secado y antes del quemado, con objeto de mejorar la apariencia, haciendo los más apropiados para fachadas.

c.- Tabiques.- Formas planas como placas, de tamaño diverso y más de 4 cms. de espesor, empleadas para tabiques, paredes, etc., de composición semejante al ladrillo, pero de quemado más suave. Son productos típicos en muchas partes de nuestro país, generalmente cocidos en hornos provisionales o rudimentarios.

d.- Ladrillo fino para exteriores.- También se les llama ladrillos para fachadas, tienen una cara decorada con figuras especiales, esmaltada o vidriada.

Los Vidriados se cubren en uno de sus lados con una cubierta de Arcilla, Caolín y Feldespato con algún colorante y se les aplica después una cubierta transparente, como vidrio.

Los ladrillos Esmaltados son hechos de arcillas especiales con teniendo arcilla refractaria o caolín, pudiendo aplicarse el esmalte a la forma sin quemar o al ladrillo terminado. Son más costosos y difíciles de obtener que los anteriores, pero son más durables. Ambos son apropiados para acabado interior o exterior, sobre todo en hospitales, baños, etc.

e.- Ladrillos para Pavimentos o Baldosas.- Son productos de arcilla pizarrosa poco impurificada (5 a 7%) con fundentes, por lo cual tienen bajo grado de vitrificación. Fabricados por el proceso de pasta rígida, comúnmente prensados, en tamaños de 10 a 20 cms. con grosor variable de 6.3, 7.6 y 9 cms. Se queman a temperaturas de 900°C a 1,100°C durante 7 a 10 días y se enfrían lentamente, de preferencia en un período de varios días. (Se emplean para pisos, azoteas y revestimiento de tabiques. Los de poco espesor reciben el nombre de Losetas, estas pueden ser lisas o rayadas.)

B.- TERRACOTA ARQUITECTONICA.- Formas especialmente moldeadas para propósitos de arquitectura, para cornisas, arcos, cordones, filetes, marcos, etc. Pueden usarse para trabajos en relieve, teniendo formas muy variables, de acuerdo con el arquitecto y con el tipo de arquitectura. Se fabrican con caolín y arcillas pizarrosas que den textura fina, que sean plásticas y resistentes, de poco encogimiento y libres de sales solubles. Son moldeadas a mano y a menudo esculpidas o talladas. Antes de quemarlas se barnizan para vidriarlas, del mismo modo que los ladrillos vidriados, se queman cuidadosamente a 1,100°C-1,300°C. También se fabrican bloques de terracota porosa mezclando en la preparación aserrín o paja, de tal modo que al ser eliminados estos por la cocción, dejan gran cantidad de poros, dando materiales muy ligeros, de propiedades aislantes, apropiados para tabiques, marquesinas, miradores, etc. siendo fabricados de varias formas ordinarias y decorativas, siendo fáciles de cortar. Se usan para propósitos estructurales, por lo que no llevan ninguna cubierta vidriada.

C.- BLOQUES HUECOS DE CONSTRUCCION.- Materiales hechos de Arcilla-

Terracota, por extrusión a través de un dado, se caracterizan por la presencia de gran número de huecos o celdas separadas con tabiques de grosor variable, con el objeto de disminuir su peso, facilitar su colocación y darles formas especiales para construcciones diversas. (Reciben otros nombres como: Ladrillos huecos o tubulares Terracota de construcción, Bloques de cerámica, etc. En nuestro país se llama Barro-blocks a los tipos comunes.)

Se fabrican en formas y tamaños muy diversos, con espacio de huecos variables, a menudo de 45 a 55%, la pared exterior es comúnmente de 2 cms. y los tabiques interiores de 1.5 cms.

D.- TUBOS.- Productos fabricados por el proceso de pasta rígida y a veces de pasta seca, moldeados en prensas verticales de doble cilindro, el tubo hueco obtenido se corta con alambre a la longitud deseada, se seca y se quema, algunas veces junto con los ladrillos, en hornos de tiro hacia abajo. Las formas especiales pueden obtenerse moldeadas a mano, a veces se vidrean con sal a 1,000°C. o se esmaltan. Pueden ser de dos tipos:

1.- Tubos de desagüe.- Se fabrican con arcilla impura de quemado rojo, con cierta porosidad para permitir el paso del agua, de diámetros variables de 10 a 90 cms., con grueso de 1.3 a 7 cms. y longitudes de 50, 64 y 76 cms. (Se emplean para drenaje de suelos, sobre todo agrícolas, para evitar concentración excesiva de agua. Se colocan con juntas a "Tope", sin ninguna unión, para permitir el paso del agua a su interior. Se les llama también "Drenes".

2.- Tubos de Albañal o de alcantarilla.- Se fabrican de mezcla de arcilla refractaria esquistosa con arcilla plástica, no deben ser porosos, ni absorbentes; la máxima absorción permisible es de 8%. Se obtienen por quemado a 1,050°C - 1,300°C, es decir, antes de la vitrificación incipiente. Se vidrean agregando sal durante el quemado. Muestran una sección recta llamada "Espiga o Canilla" y un extremo en forma de copa o campana llamada "Manguito" y el cual sirve para la unión con el tubo siguiente, rellenando el espacio hueco con un material poroso cuando se emplean para desagüe, o con mortero de cemento (1:1) para transporte de aguas negras o conducción de agua. (Se fabrican de diámetros variables de 10 a 105 cms. y de longitudes de los trozos rectos de 60, 75 y 90 cms., de acuerdo con el diámetro y formas especiales para conexiones diversas, tales como, reducciones, tubos en T, tubos en Y, tubos curvos, bloques de alcantarilla en forma de arco de círculo, etc.)

E.- TEJAS.- Productos de estructura y composición semejante a los ladrillos, pero fabricados con arcillas más plásticas, susceptibles de quemarse o secarse sin torcerse, rajarse o resquebrajarse. El secado y quemado deben ser más lentos. El quemado se verifica en hornos de tiro hacia abajo, para hacerlos más compactos. Pueden emplearse para techos, paredes huecas, construcciones ornamentales, etc., Las empleadas para techos deben ser de sonido casi metálico, sin grietas, impermeables, compactas, bien moldeadas y resistentes (deben resistir el peso de un hombre sin romperse). Recién obtenidas no son impermeables, pero después de un tiempo si lo son, por la obstrucción de los poros con sustancias arrastradas por el agua de lluvia. Algunas veces se impermeabilizan vidriando o esmaltando

su superficie, sobre todo las empleadas para ornamentación. Pueden ser de formas muy diversas, según los usos o estilos, así las hay: Planas, Lomudas, Arabes, Españolas, Alemanas, Misión, etc. Las más empleadas son las dos primeras.

2.- MATERIALES COCIDOS DE DOBLE COCCION

GENERALIDADES.- Comprenden materiales especiales fabricados de mezclas de arcillas refractarias, caolín, feldespatos, pizarras y materiales calcinados en polvo para disminuir el encogimiento (Azulejos), o de caolín, feldespato y cuarzo molido (Productos sanitarios), los cuales se recubren con un barniz transparente conseguido por una segunda cocción (esmaltado). Las arcillas empleadas deben ser bajas en fierro (0.1%); a veces la operación se hace en un sólo quemado, necesitando un control perfecto del esmalte y quemado a una temperatura alta.

CLASIFICACION.- Los productos de este tipo de interés en Ingeniería, son: Las Porcelanas y el Gres cerámico. Algunos incluyen este último dentro de las porcelanas, cuando es fino y de quemado blanco. Un tercer tipo que es la Loza solo tiene aplicación en cerámica pura, comprende las Faenzas y las Mayólicas. Las Porcelanas se fabrican con mezclas de caolín puro, feldespatos y arena cuarzo; estos últimos para darles consistencia, se dividen en dos tipos: Las Blandas y las Duras. Las primeras se obtienen agregando álcalis a la pasta, principalmente fosfato tricálcico, son de menor resistencia mecánica y térmica y solo se utilizan para objetos de adorno, vajillas, etc., se llaman también porcelanas de Pasta Tierna. Las Porcelanas Duras o Verdaderas se decoran con colores vitrificables o esmaltes que se adhieren a la pasta por fusión.

El Gres se fabrica con mezclas de arena Sílice y arcilla figulina, especie de arcilla calcárea parecida a la marga, que contiene arena sílice y óxido de hierro que le comunica color rojizo al ser quemado, por lo que a menudo se le agrega óxido de cobalto para dar un color blanco y producir la variedad fina o Cerámica blanca, parecida a las porcelanas.

FABRICACION.- Las materias primas se someten generalmente a un proceso de desintegración húmeda, moliéndolas a polvo fino y agitando con gran cantidad de agua, la suspensión obtenida se filtra en filtros rotatorios o filtros prensa. Las tortas obtenidas son amasadas en una máquina y se someten a moldeo, principalmente por prensado en seco (azulejos, mosaicos cocidos, pequeños artículos, tubos aislantes, etc.), también pueden moldearse por el proceso de pasta rígida; en ocasiones se dejan secar, se pulverizan y se prensan en seco (Azulejos), otras veces se emplean las ruedas de alfarero (Loza). Para productos Sanitarios tales como, Lavabos inodoros, fregaderos, etc. se usa el proceso de pasta líquida, vaciando en moldes de yeso de París hechos de modelos de arcilla. La pasta recibe el nombre de "Barbotina".

Los materiales obtenidos por cualquiera de los métodos anteriores se secan y queman en hornos de Túnel, a temperaturas que varían de 1,270°C a 1,400°C según el artículo, las piezas obtenidas (Bizcochos) se cubren con una pasta especial llamada "Frita", hecha de arcilla fina, con feldespato, cuarzo, caolín, fundentes (15% de Bórax o ácido bórico) y un opacante, por ejemplo, óxidos metálicos

de estaño, antimonio, zinc o plomo, junto con materias colorantes. Estas mezclas, que deben de tener un punto de fusión más bajo que el del Bizcocho, se aplican sobre éste en la parte que se quiere esmaltar, en una capa fina, ya sea por pintado o por inmersión, se someten a una segunda cocción a una temperatura que depende del producto y del barniz aplicado y que varía de 700°C a 1,000°C., Se mantienen a esta temperatura por un tiempo variable, se enfrían lentamente, se secan y se retocan. El calor obtenido debe ser uniforme, para producir un buen esmaltado que no tenga agrietamientos, manchas, vejigas u otros defectos. A veces el coloreado y decorado se hace en un tercer quemado, empleando sustancias como: -- Oxido de cobalto (azul), Oxido de cromo (verde), y de manganeso para totalidades oscuras o violetas.

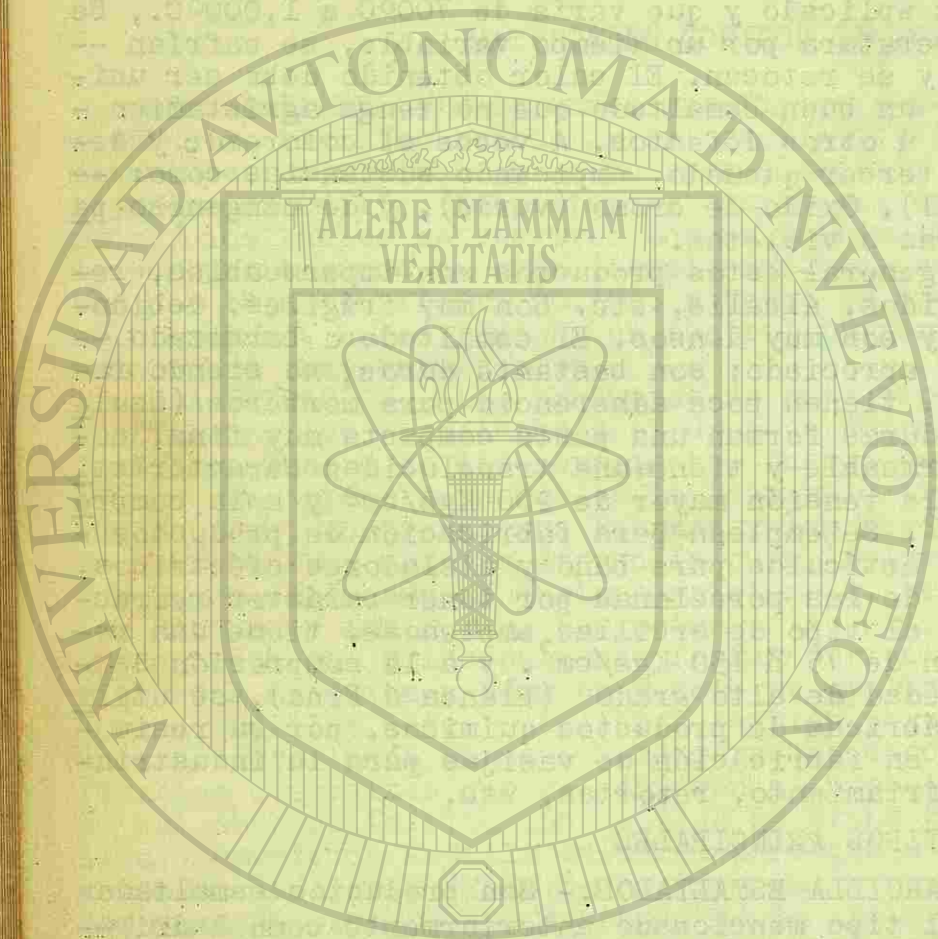
PROPIEDADES.- En general estos productos son impermeables, resistentes al agua, ácidos, álcalis, etc. Son muy frágiles, debido a su gran compacidad y son muy densos. El esmaltado o barnizado les da un aspecto muy apreciado; son bastante duros, no siendo rayados ni por el acero, tienen poca adherencia para morteros (azulejos). Las porcelanas duras forman una pasta compacta muy fina, no porosa, blanca e impermeable y tienen una translucidez característica. Su resistencia a la tensión mayor de 200 Kgs/cm² y a la compresión de 1,400 Kgs./cm². Se emplean para fabricación de productos sanitarios, azulejos, artículos para baño y aisladores eléctricos. El gres se diferencia de las porcelanas por tener carácter refractario al calor, debido al tipo de arcillas empleadas, tiene una resistencia a la tensión de 75 a 150 Kgs/cm². y a la compresión de 1,360 Kgs/cm² la variedad de alto grado (Blanca ó Fina), se utiliza para cañerías de fábricas de productos químicos, por su resistencia a los ácidos y en fabricación de vajillas para la industria química, torres de enfriamiento, retortas, etc.

TIPOS PRINCIPALES

A.- PRODUCTOS DE ARCILLA ESMALTADOS.- Son productos esmaltados para construcción, del tipo mencionado anteriormente como ladrillos finos para exteriores, pueden hacerse también en forma de Losetas (Fachaleta), usándose en sustitución de los azulejos, para decoración exterior, baños, tabiques, etc.

B.- AZULEJOS.- Se fabrican por prensado en seco. (Se emplean para revestimiento de paredes, sobre todo para baños, su tamaño es variable, generalmente de 15 X 15 cms. o de 11 ó 12 X 12 cms. Del mismo material se fabrican formas especiales con el nombre de guardaniones para paredes (esquinas, cornisas, cenefas, zoclos, cortineros etc), y artículos para baño, tales como: jaboneras, toallas, etc.)

C.- PRODUCTOS SANITARIOS.- Comprenden dos tipos: Los producidos por materiales esmaltados de materiales arcillosos y los producidos por el esmaltado de artículos hechos de fierro vaciado de acero. Los primeros están fabricados con la variedad blanca del Gres Cerámico, pueden obtenerse por el uso de las ruedas de alfarero, por prensado o por vaciado. En ocasiones el artículo se hace en secciones que se unen con una pasta cerámica de arcilla suave. Los segundos, como ya se dijo, son fabricados de fierro o acero vaciados y más tarde esmaltados.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE

CAPITULO IX.

MADERAS DE CONSTRUCCION

GENERALIDADES.— La madera ha sido sin lugar a duda de los primeros materiales usados por el hombre para la construcción y por lo tanto para propósitos de Ingeniería y constituye aún hoy uno de los más usados a pesar de que en algunas ocasiones su combustibilidad y putrefacción limitaron su empleo. Modernamente el desarrollo de métodos de preservación adecuados, de adhesivos más eficaces y de métodos más perfeccionados le permiten seguir siendo de los materiales más empleados, debido a la facilidad para darle forma, a su innegable belleza, su ligereza y otras muchas propiedades ventajosas.

DEFINICION Y CONSTITUCION.— Se da el nombre de madera a la parte infracortical del tronco y ramas de los árboles y a veces de las raíces. Está formada por un tejido más o menos compacto llamado tejido leñoso, constituido por fibras de celulosa (60%) cementadas con Lignina (28%), además de pequeñas cantidades (12%) de otras materias como: resinas, gomoresinas, materias colorantes, sustancias minerales, etc. cuyas proporciones varían de acuerdo con el tipo de árboles y de su crecimiento.

TIPOS DE ARBOLES.

GENERALIDADES.— Existen más de doscientas clases de árboles que producen madera comercial de muy diferentes propiedades, desde maderas propias para todos los usos, hasta maderas de aplicaciones especiales, como la de Balsa, la de Ebano, etc. Los árboles pueden ser cortados económicamente para madera solo después de los 50 años teniendo muchos de los que se cortan actualmente hasta 600 años de existencia.

CRECIMIENTO Y CLASIFICACION.— Como todos los organismos vivos, los árboles crecen por la formación de células en las regiones que muestran vida activa, en unos se distribuyen éstas en todo el tejido de la planta, diciéndose que tienen crecimiento interno por lo que se les llama Endógenos y en otros a partir de una capa relativamente delgada colocada directamente debajo de la corteza, por lo que se les llama Exógenos. Los primeros no tienen importancia para Ingeniería puesto que no producen Madera Normal o propiamente dicha, en ellos predomina el crecimiento longitudinal y tienen los vasos que conducen la savia distribuidos en manojos dispersos en el tejido total, a ellos pertenecen las palmeras, la yuca y el bambú; comunes en las regiones tropicales. No producen verdadera madera y aunque se emplean para construcción y usos rudimentarios, en estos lugares su importancia es únicamente local. Los segundos forman la verdadera madera, crecen proporcionalmente en altura y en diámetro y tienen vasos en cada anillo anual que forman. Agrupan

practicamente todas las clases de maderas comerciales, por lo que nos referiremos en lo sucesivo unicamente a ellos.

De acuerdo con ciertas peculiaridades de su crecimiento y estructura se dividen en árboles de Madera suave y en árboles de Madera dura. Los primeros corresponden a las Coníferas, que producen la madera de mayor importancia en Ingeniería. Estos árboles tienen hojas en forma de aguja, generalmente perennes (siempre verdes), son de fácil explotación, ya que cubren grandes áreas con unas cuantas especies. Se desarrollan sobre todo en Zonas Templadas y comprenden unas 500 especies. Tienen comunmente un tronco continuo con pocas ramas, dando madera casi siempre suave. Su corteza es escamosa y rugosa (en los árboles maduros), exudando a menudo resina, sobre todo en ciertas variedades. Las ramas nacen solamente de yemas terminales, una enfrente de otra, a uno y otro lado del tronco y las semillas nacen en conos. A estos pertenecen los pinos, los abetos, los cipreses, etc.

Los árboles de madera dura, son llamados también de hoja ancha producen madera casi siempre dura, su hoja es generalmente caduca, comprenden gran número de especies, unas 100,000, lo que dificulta su explotación. Tienen corteza lisa ó algo arrugada, a veces escamosa en los árboles viejos, no exudando resina como en los anteriores. Las ramas nacen a menudo de yemas en casi cualquier parte de la corteza y las semillas están encerradas en una fruta pulposa ó en forma de nueces, a ellos pertenecen: Roble, Olmo, Nogal, Ebano, Castaño, etc.

CRECIMIENTO EXOGENO DE LA MADERA.- Los árboles Exógenos están formados del centro a la periferia por una Médula central de color negro, gris ó café, generalmente de pequeño diámetro que no aumenta después del primer año. Alrededor de ella se forman una serie de anillos concéntricos de crecimiento anual, mayor en primavera que en verano, lo que permite identificarlos por la diferente estructura de la madera formada. En los árboles maduros se observan dos zonas: La zona alrededor de la médula, llamada "Durámen ó Madera de Corazón", formada por madera que ha terminado sus funciones y la Zona exterior, más clara y ligera llamada "Albura o Madera de Savia". Finalmente, la porción exterior del árbol o periferia está formada por un material de estructura muy compleja y variable llamada "Corteza". La de algunas especies tiene importancia comercial algunas por su valor medicinal, otras por el tanino que contienen se usan en curtiduría, otras suministran fibras y telas y otras el corcho (Alcornoque).

El crecimiento de un árbol exógeno comienza por una capa muy blanda situada debajo de la corteza, en cuya cara externa existe una fina película o capa generatriz llamada "Liber o Floema", debajo de la cual se forma cada año un nuevo anillo de "Madera ó Xilema". Al mismo tiempo, se forman en su parte superior tejidos que producen un alargamiento en longitud y dan origen a las ramas. Cuando el árbol es joven los anillos centrales continúan desarrollando sus funciones y acumulando madera, pero al pasar los años y formarse nuevos anillos, dejan de funcionar fisiológicamente, muriendo sus células; por lo que la madera que constituyen, llamada como ya se dijo de corazón, se le llama también Madera muerta.

El espesor de los anillos anuales es sumamente variable, no sólo

lo en las distintas especies, sino también en una misma especie según las condiciones de crecimiento. Los anillos interiores que corresponden al crecimiento de los árboles jóvenes pueden ser hasta de 1/2" o más, mientras que en los exteriores su grosor disminuye, sobre todo en los árboles viejos, de crecimiento mínimo, pudiendo ser tan pequeño como 1/200". En los árboles de hoja caduca la anchura de los anillos indica una buena calidad de la madera, porque se debe a un elevado crecimiento de la madera de verano, de naturaleza más dura. En cambio en las coníferas el crecimiento es mayor en la primavera.

También el color de los anillos va cambiando con la edad, siendo más oscuros entre más años pasan.

② ESTRUCTURA DE LA MADERA.- Muchas propiedades de la madera dependen de su estructura, por lo cual es necesario hablar de ella aunque sea en forma somera. Puede considerarse a la madera formada por dos grupos principales: Las Células y los Vasos, sustituyéndose estos en las coníferas por los conductos de resina. Las células elementales pueden constituir de acuerdo con su funcionamiento y características, 3 grupos básicos a saber: Las Traqueidas, Las Fibras de madera y el Parenquima. Las Traqueidas, son células poligonales, a veces rectangulares, pequeñas y de poca importancia en las maderas duras, pero de gran tamaño en las coníferas, sirviendo para la conducción de savia y para dar resistencia al árbol.

El Parenquima es un tejido de células de celulosa, de membrana muy fina, que sirven para almacenar alimentos en el otoño, se colocan una sobre otra en líneas verticales o en manojos, constituyendo los "Rayos medulares". Estos rayos atraviezan el árbol desde la periferia hasta el centro, tienen el papel de distribuir el agua y el alimento entre la corteza y las capas interiores, al mismo tiempo que mantienen unidos los anillos anuales. Varían en tamaño según los árboles, son poco visibles en las coníferas, en los que se mezclan con traqueidas y son más notables en los árboles de madera dura, alcanzando en algunos (Roble) grandes dimensiones y comunicando a la madera figuras muy bellas en ciertos cortes ("Aguas de la Madera"). Las fibras de madera son fibras delgadas de células muertas, formadas por lignina y que constituyen el tejido fibroso. Se hallan más o menos en el centro de los anillos anuales en las maderas duras.

Las células formadas en la primavera, cuando el crecimiento es más rápido, son de paredes más delgadas que las de verano, representando éstas solamente el 10% del área total y están adaptadas para la conducción de savia. La de verano, de crecimiento más lento, tienen paredes más gruesas que ocupan a veces hasta un 90 % de la sección total. Son más densas y oscuras y están adaptadas para asegurar la resistencia del árbol, conduciendo poca savia.

Los "Vasos" se forman por la fusión de cierto número de células en forma de grandes tubos abiertos que se extienden a lo largo del árbol, algunas veces son suficientemente grandes para ser notados a simple vista en la madera terminada. Pueden transportar savia elaborada (Vasos lactíferos), constituyen los "Poros" de las maderas, pudiendo éstas dividirse de acuerdo con el número y colocación de los mismos en Porosas, De poros difusos y no-porosas. Estas últimas son principalmente las Coníferas, las cuales tienen en

lugar de vasos espacios tubulares entre las células llamados Conductos de Resina y los cuales no poseen verdaderas paredes como los vasos.

FIGURA Y GRANO DE LA MADERA.- El término "Grano" representa la distribución y dirección de las células y fibras de la madera cortada, o sea la dirección en la cual la madera se parte más fácilmente. La "Figura" depende en parte del grano, pero principalmente de las condiciones de crecimiento o sea del grosor de las paredes y de la ausencia o presencia de poros, así como del corte. Si hay bastantes diferencias en color y textura entre las células de primavera y las de verano, pueden producirse figuras de gran belleza, sobre todo cuando hay algunas distorsiones debidas al nacimiento o presencia de ramas.

Los árboles de rápido crecimiento producen madera de grano más ancho o grueso que las de crecimiento lento, que producen grano fino o cerrado. Cuando los elementos de la madera (células y fibras) son rectos y corren paralelos a los lados de la pieza, la madera se llama "de hilo o de grano recto". Cuando por el contrario no corren paralelos al eje de la pieza, la madera se llama de "grano transversal", pudiendo adquirir diferentes denominaciones según la inclinación; tales como: Diagonal, Espiral, Ondulante, Entrelazado etc. La dirección del grano puede notarse a veces a simple vista, y otras siguiendo la dirección de las hendiduras conductoras de resina o anillos anuales, dejando caer una gota de tinta que se esparce siguiendo dichas líneas. Las características del grano tienen importancia en el trabajo de la madera, cepillado, cortado, etc. y además tienen influencia en las propiedades mecánicas.

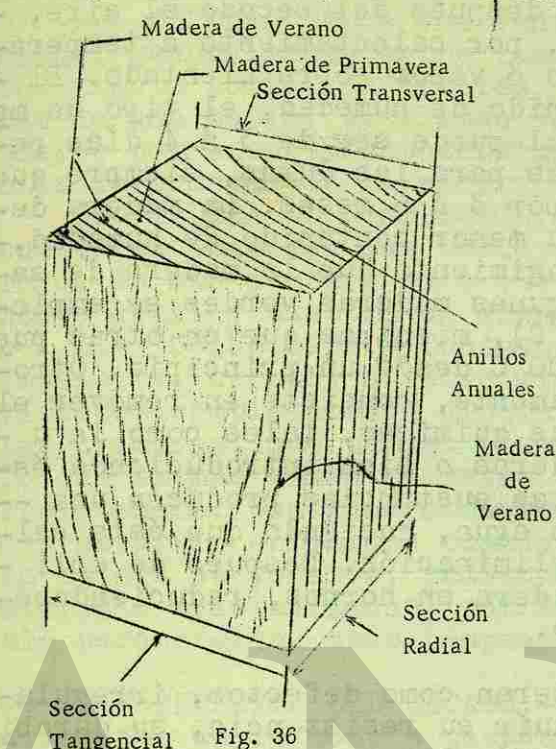
PRODUCCION DE MADERA DE CONSTRUCCION.- La producción de la madera de construcción comprende tres pasos esenciales: a.- Obtención de los troncos o trozas, b.- Corte de los troncos a formas comerciales (tablas, tablonés, barrotes, etc.). c.- Secado de la madera.

a.- El corte de los árboles puede desarrollarse total o parcialmente. En los grandes árboles se corta primeramente la copa y después el resto, procediendo luego a la separación y eliminación de las ramas. El corte se verifica perpendicularmente al eje del árbol y se le llama "corte transversal" o de "testa", un corte de este tipo presenta los anillos del árbol y muestra la diferencia entre la albura y el duramen. Se desarrolla generalmente al terminar el invierno o sea cuando es mínima la cantidad de savia, además de que en tiempo de invierno las actividades microbianas disminuyen y el secado de la madera recién cortada no es muy intenso, evitando que ésta se raje.

b.- Los troncos se llevan al aserradero, en donde se cortan para obtener formas comerciales, según su diámetro y dimensiones. Pueden verificarse dos tipos de cortes principales:

1.- El corte Longitudinal o Diametral (Fig. 36).- Es aproximadamente perpendicular a los anillos anuales y paralelo al eje del árbol. Incluye la dimensión total de la sección transversal y permite apreciar el hilo de la madera; la madera de este tipo se le llama de corazón, también se le llama de "grano plano" en las suaves

ves y de "corte plano" en las duras. Los rayos medulares aparecen en forma de manchas separadas o vetas especulares, que en ciertos casos son muy finas y poco visibles (coníferas).



2.- Corte Tangencial.- Es un corte verificado según una tangente o cuerda a uno de los anillos, puede ser aproximadamente radial y paralelo a los rayos medulares, a los cuales puede incluir en sentido transversal, según su distancia al centro, presentando una serie de figuras caprichosas, por la irregularidad de los anillos, que se llaman "aguas de la madera," sobre todo en la región central del (Corte) y cuya presencia se busca para madera de ornamentación. La madera se llama madera de hilo, también de Canto en las suaves y de Un Cuarto en las duras.

Comunmente estos cortes no son verificados en su totalidad en las formas indicadas, por lo cual se acostumbra tomar como base para su clasificación, la inclinación del corte con los anillos anuales llamándose de Corazón cuando el ángulo es de 45° a 90° y Madera al hilo cuando varía de 0° a 45°. En las maderas duras se llaman Cortes bastardos los que tienen de 30° a 60°. Tratándose de barrotes de sección cuadrada como el representado en la Fig. 36, se incluyen los dos tipos de cortes.

C.- SECADO.- Los troncos que llegan al aserradero tienen un gran contenido de humedad (33 - 37%) por lo cual se necesita secar los antes del corte. Para esto pueden ser ó no desbastados (eliminada la corteza) apilandolos al aire y dejandolos en esta condición hasta que haya un equilibrio de la humedad el cual depende de la temperatura y humedad del aire. En ciertas partes se acostumbra voltear los troncos sobre el suelo y dejar que escurra la savia. El mismo método de apilado puede aplicarse a la madera recién cortada, la cual en condiciones ordinarias puede tener hasta un 35% de humedad.

La pérdida de humedad va acompañada de un encogimiento, por lo cual el secado debe de ser suficientemente lento para evitar torces, duras, agrietamientos, etc., pero no demasiado, porque puede presentarse la putrefacción. Este método se llama "Curado o Zasonado". La madera de las Coníferas se seca más rápidamente, necesitándose dos veranos en los trozos grandes y uno en los chicos.

El secado al aire es menos costoso, pero deteriora más la madera que el secado en hornos, se usa ampliamente para madera estructural de gran tamaño (durmientes). La madera apropiadamente secada al aire puede contener de 6 a 24% de humedad, según la localidad.

Para un secado más efectivo y controlado, se coloca la madera en secadores adecuados, generalmente después del secado al aire, para reducir la humedad hasta 6 ú 8%, por calentamiento a temperaturas de 70°C á 85°C, con aire húmedo ó vapor sobrecalentado. El período de secado varía con el contenido de humedad, el tipo de madera, el grueso, etc., pero en general puede ser de 3 á 4 días para las maderas suaves y de 6 á 10 días para las duras, siempre que se hayan curado previamente al aire por 3 á 6 meses. La madera de corazón de los árboles viejos, por su menor contenido de humedad, se seca más pronto y tiene menor encogimiento que la madera de savia y por lo tanto menos cambios. Algunas maderas verdes se empiezan a secar a temperaturas bajas (50°C), mientras que en otras pueden usarse temperaturas mayores de 100°C desde un principio. Otro método que se está extendiendo rápidamente, consiste en remover el exceso de humedad aplicando sustancias químicas, tales como la urea, ya sea en el exterior de las maderas o bien introduciendo éstas en una solución del producto. Estas sustancias producen una disminución de la tensión de vapor de agua, haciendo que ésta salga de la superficie, facilitándose su eliminación. Después de aplicar las sustancias se introduce la madera en hornos, reduciéndose considerablemente el tiempo de secado.

DEFECTOS DE LA MADERA.- Se consideran como defectos, irregularidades de la misma que puedan disminuir su resistencia, su durabilidad, la hagan impropia para determinado uso o perjudiquen su presentación. Desde el punto de vista estructural pueden considerarse 1.- Defectos naturales, 2.- Defectos del secado, 3.- Defectos debido a mala preservación y 4.- Defectos de corte.

⑤ 1.- **DEFECTOS NATURALES.**- Pueden ser: A.- Nudos, B.- Venteaduras, C.- Inclusiones.

a.- **NUDOS.**- Se deben a la presencia de las ramas en el tronco del árbol, ya sea vivas o muertas y a la consiguiente distorsión del grano, abundan sobre todo en la madera de corazón (coníferas). La discontinuidad producida por los nudos tiene un mayor efecto en la resistencia a la tensión de la sección, que en la resistencia a la compresión. Su influencia depende también de su tamaño y su cantidad. Los nudos que corresponden a ramas muertas y que fueron rodeados por los anillos anuales, constituyen lo que se llama nudo "encajado o encerrado", de gran dureza y fácil de desprenderse cuando ocurre algún encogimiento. Si la madera contiene la parte que fué rodeada mientras estaba viva, los anillos del árbol se presentan cruzados con los de las ramas y el nudo se llama "entremezclado", presentando una mayor distorsión del grano que los anteriores. Por su forma se clasifican los nudos en ovales, redondos o alargados, a veces se presentan como vetas transversales. Por su tamaño pueden ser: chicos, con menos de 2½ cms, medianos, de 2½ á 4 cms. y grandes, de más de 4 cms.

Los nudos son generalmente más duros que el resto de la madera y en algunos casos (coníferas), sirven de núcleos de concentración de resina, haciéndose inapropiados para absorber la pintura. Provo- can una distribución no uniforme de la presión en la superficie de contacto, pudiendo ser causa también de torceduras o roturas duran-

te el secado.

b.- **VENTEADURAS.**- Una Venteadura es una grieta a lo largo del grano, generalmente entre los anillos anuales, debido a la acción del viento sobre los árboles. Cuando se extienden entre las dos caras de una tabla, se llaman Venteaduras Transversales. Pueden ocasionarse por encogimiento desigual durante el secado, o por los cambios de humedad de la madera expuesta al aire.

C.- **MADERA DE COMPRESION.**- Crecimiento anormal, con anillos anuales excéntricos que incluyen un alto porcentaje de madera de verano. Es más densa y dura que la madera normal, pero es relativamente débil y muestra un gran encogimiento.

D.- **INCLUSIONES.**- Concentraciones de resina (Coníferas), gomas (mezquite, cerezo) o sales minerales, las cuales presentan características completamente distintas a las de la madera, sobre todo las primeras, que pueden presentarse en forma de puntos pequeños o lo que es más común en vetas a lo largo del grano, disminuyendo la resistencia. Son generalmente blandas, no aceptan la pintura y pueden escurrir en verano cuando son de resinas o gomas. Aumentan en la madera de corazón, pudiendo encontrarse en forma de depósitos amorfos o cristalizados, por lo que a menudo la hacen inaprovechable para ciertos usos (empaque de alimentos, etc.).

50 → 2.- **DEFECTOS DEL SECADO.**- En el secado al aire las partes más expuestas de la madera pierden su humedad más rápidamente, provocando una mayor contracción y por lo tanto una torcedura, si la tensión originada por esta contracción es muy grande, la madera se raja, produciéndose una serie de hendiduras que pueden ser temporales o permanentes; las primeras se cierran al secarse el otro lado de la madera, es decir al terminar el secado. Las permanentes continúan, reduciendo considerablemente su valor, se presentan generalmente transversales al grano, es decir, a través de los anillos anuales y radialmente en los troncos. También la presencia de los rayos medulares causa efectos de tensión y compresión, pudiendo provocar roturas o agrietamientos. Estos esfuerzos en los troncos durmientes y vigas causan curvaturas en las superficies planas o roturas hacia el centro del tronco.

100 → 3.- **DEFECTOS DEBIDOS A LA MALA PRESERVACION.**- (Véase más adelante, Putrefacción de la madera).

150 → 4.- **DEFECTOS DE CORTE.** a). **Grano Transversal.** Grano no paralelo con el eje de la pieza, no puede ser diagonal o espiral, disminuye la última fuerza a la compresión, la tenacidad y la elasticidad. Puede ser debido a crecimiento inadecuado.

b.- **Presencia de Corteza.**- Las piezas cortadas muy cerca de la superficie, pueden presentar en sus orillas corteza residual que al caerse deja una depresión con marcas irregulares.

c.- **Espesor Insuficiente.**- Al cortar un tablón puede ser que no alcance en todas sus partes el espesor tomado, por lo cual presenta depresiones de menor grueso.

d.- **Grano Astillado.**- Cuando se ha cepillado o cortado en contra del hilo y se presentan astillas.

5.- TORCEDURAS, ALABEAMIENTOS, etc.- Debido a los cambios de humedad de la madera expuesta al aire, se originan tensiones por la contracción y expansión, que dan por resultado torceduras, combaduras, alabeamientos, etc., é inclusiones, roturas o grietas. Esta acción depende también de la forma como se haya efectuado el corte.

PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA.

GENERALIDADES.- La madera puede considerarse como un material anisotrópico, ya que tiene diferentes propiedades según la dirección en que se considere, debido a diferencias de estructura y falta de homogeneidad, esto varía más si se trata de maderas de distinta procedencia o de especies distintas. También la presencia de ciertos defectos tiene gran influencia en las propiedades, dando distintos valores de acuerdo con el tamaño de las piezas.

Color.- Varía de unas maderas a otras y en las distintas partes de un mismo árbol. Se debe esencialmente a compuestos químicos producidos generalmente por el árbol, que se han impregnado en la madera. Esta es incolora recién formada, coloreándose a medida que aumenta su edad, por esto la Albura es generalmente más clara que el Duramen. En algunas especies existe entre ambas un marcado contraste (cedro, olmo, alerce, etc.) sobre todo en los árboles viejos. El color aumenta durante el secado, por concentración y también por inmersión en el agua, debido a la disolución de las sustancias no colorantes. La madera que ha sido atacada por hongos pierde su brillantez característica. El color es un factor muy importante en ciertas maderas de aplicación ornamental, por ej. el cerezo, nogal, cedro, etc.

Olor.- Se debe, como el color, a la presencia de ciertos compuestos químicos, disminuye por la exposición al aire, pero puede conocerse practicando una incisión profunda en la madera. El Duramen es generalmente de un olor más fuerte que la Albura. El olor de la madera es de gran importancia en ciertas aplicaciones, por ej: en la construcción de barricas para añejar vinos (Roble). Ciertas maderas de olor penetrante, por ej: las resinosas, son inapropiadas para cajas en que se maneje alimentos, ya que pueden comunicarse su olor y perjudicarlos.

Peso específico.- Varía para las diferentes especies, siendo generalmente alrededor de 1.6 (densidad absoluta). Presentan un peso específico aparente menor que el del agua, debido a la presencia de aire en las células y en los poros (0.7 - 0.8). La cantidad de aire varía con el tamaño de las células y con el grueso de las paredes o sea con la proporción de madera de primavera y de verano y de Albura y Duramen. La madera de corazón es más pesada por su mayor compacidad; aunque en algunas maderas, sobre todo en las coníferas, la madera de savia puede ser de mayor peso, por su gran contenido de humedad cuando está recién cortada, así, la densidad aparente puede ser de 0.6 (abeto, pinabete), 0.7 (pino común), 0.8 (pino amarillo) y aún 0.9 (roble), o más. Algunas maderas tienen una densidad tan baja como 0.11 (Balsa) y otras tan alta como 1.290 (madera de hierro). El peso específico de la madera es un factor muy importante en muchos de los usos estructurales, ya que, según pruebas desarrolladas, la resistencia mecánica depende directamen-

te de él, siempre que la humedad no tenga una variación muy marcada. En general, para un tipo de madera dado, debe preferirse la más densa a la más ligera.

Humedad.- La proporción de agua de la madera verde varía de 26% (alerce) á 34% (olmo) y aún 37% (abeto común o pinabete), 42% (chopo) y 45% (abeto rojo). Secada al aire puede contener de 10% á 15% menos. En la madera seca la humedad depende de la atmósfera, ya que absorbe o cede agua hasta llegar al punto de saturación, que ordinariamente varía de 20 á 30%. Abajo de este punto cualquier cambio de humedad produce un cambio de volumen proporcional, siendo éste mucho mayor a lo largo de los anillos anuales que a través de ellos.

Encogimiento.- Varía según la dirección del hilo, el longitudinal es casi despreciable (0.1%), el tangencial es el mayor (10 á 20%) y el radial o transversal es alrededor del 60% del anterior (4.5 á 6%). La contracción normal es en el haya de 8%, en el roble 7.6% y en el pino solo 4.5%. El encogimiento volumétrico es aproximadamente 1.6% del tangencial. Se ha demostrado que el encogimiento depende del peso específico (P) (Forest Product Laboratory) así: encogimiento en volumen = 28 P, encogimiento radial = 9.5 P, encogimiento tangencial = 17 P.

Expansión.- Fisicamente la madera es un gel higroscópico, que se hincha al absorber agua y se contrae al desecarse. El coeficiente de expansión o hinchamiento guarda cierta relación con el de la contracción, pero es generalmente mayor (haya, olmo, pino, abeto) y con frecuencia igual (encino, pinabete, alerce). Puede tomarse como 0.2% en sentido longitudinal y 7% en sentido transversal. Debe prevenirse con medidas adecuadas de construcción, o con la aplicación de ciertas sustancias, para evitar los efectos perjudiciales.

Dureza.- La dureza es en general una función del peso específico, aunque varía con las condiciones de crecimiento y las variaciones climáticas, y naturalmente con el tipo de madera.

Durabilidad.- La durabilidad o resistencia a la acción del tiempo, depende del tipo y de las condiciones de humedad y sequedad a que esté expuesta; resiste bien cuando está totalmente sumergida en agua o cuando no hay cambios de humedad. La Durabilidad de la madera enterrada depende de las condiciones del suelo, resisten también en suelos arcillosos pero se destruyen pronto en terrenos arenosos o calizos. Entre las maderas más durables, aún en las peores condiciones, se encuentran: Cedro, Castaño, Ciprés, Algarrobo, Sequoia, Sándalo rojo, Nogal, etc. Entre las de durabilidad intermedia: Abeto Douglas, Roble Blanco y Pino Amarillo. De durabilidad baja: Abeto Goma, Alerce, Pino, Abeto no seleccionado y Alerce negro. Muy poco durables, Fresno comercial, Haya, Abedul, Pinabete, Alamo y Roble rojo. Entre las casi no durables en condiciones adversas: Tilo, Alamo Americano, Alamo Temblón, Abeto Blanco comercial y Sauce Negro.

PROPIEDADES MECANICAS.- Varían como ya se dijo según la dirección que se considere y según la especie de que se trate. Dependen también de su peso específico, del contenido de humedad, de la presencia de defectos y su localización, también de la velocidad de aplicación de la carga y de su duración. La madera es comúnmente u-

sada de tal modo, que el esfuerzo mayor que tenga que resistir sea paralelo al grano, y deben de considerarse factores de seguridad de 10 á 20% sobre la resistencia de muestras pequeñas, secas y limpias de defectos. En general, la resistencia a la tensión es casi el doble de la de compresión, y es mayor a lo largo del grano que a través de él (como 10 á 20 veces), no es de importancia porque las maderas en construcción nunca están sujetas a esfuerzos de tensión puros, ya que comprenden esfuerzos de cizaya a lo largo del grano y de compresión a través del mismo. La resistencia a la cizaya a lo largo del grano es mucho menor que a través del mismo y menor que la de tensión y compresión, lo cual debe de tenerse en cuenta al calcular la resistencia de una viga, ya que la falla puede producirse por corte horizontal. La baja resistencia a lo largo del grano, evita el uso de la madera para miembros de estructura sometidos a esfuerzos de tensión, pero es un buen material para compresión y es raramente usada para miembros sujetos a esfuerzos de cizaya o torsión. Puede usarse para miembros estructurales y partes de máquina sujetos a choque, tales como, durmientes, postes, etc., debido a su mayor capacidad para resistencia elástica que el acero y que el fierro vaciado, por el mayor volumen equivalente necesario para resistir esfuerzos semejantes (10 á 12 veces mayor) a los de éstos. La absorción de agua suaviza y debilita la madera, especialmente en compresión. También, sujeta a cargas estáticas continuadas, puede fallar a esfuerzos mucho más bajos que los determinados en el laboratorio, así, el módulo de ruptura puede ser hasta un 40 á 50% menor. +

④ GRADOS Y TAMAÑOS DE LA MADERA COMERCIAL.

GRADOS DE MADERA.- Debido a la amplia variación en la calidad de la madera, se han adoptado varias reglas que ayudan al consumidor a seleccionar el tipo mejor adaptado para su uso.

Estas reglas se han establecido sobre la base del número y tamaño de los defectos presentes.

Según las reglas adoptadas por la N. L. A. (NATIONAL HARDWOOD-LUMBER ASSOCIATION), el grado de una pieza se determina por el porcentaje de la misma que puede ser cortado en piezas Standard más pequeñas, las cuales son claras por un lado y sonoras. Los grados son: Primero, Segundo, Selecto, No. 1, No. 2, Común No. 3 A. Común No. 3B. etc. Los de primera calidad o grado deben de tener 91.6% de la superficie aprovechable para ser cortada en piezas Standard más pequeñas. Los de segunda 83.3%, mientras que los de 3B Común, sólo 25%.

La clasificación de las maderas suaves no está bien estandarizada, pero generalmente se dividen en tres tipos los cuales se describen a continuación:

MADERAS PARA CONSTRUCCION EN GENERAL.- Incluye materiales de menos de 5" de grueso y se gradúan sobre la base de la pieza completa, incluyen: Grado A, Selecto B, Selecto C, Selecto D, tablas (menos de 2" de grueso), de grados 1, 2, 3, 4, 5 y maderas de dimensión (de 2" á 5") grados 1, 2 y 3.

El grado A indica material libre de defectos. El B permite pocos y pequeños defectos, los grados C y D son apropiados para trabajos en donde la madera se va a pintar.

El grado No. 1 incluye madera sonora, con un número limitado -

de defectos, el No. 2 permite mayores defectos, son apropiados para uso general, sin permitir pérdidas. Los tres siguientes grados 3, 4 y 5, permiten pérdida, disminuyendo progresivamente su calidad.

MADERA ESTRUCTURAL.- Incluye vigas y tablonés (de menos de 5" de grueso), viguetas (5" X 8" o más) y postes (6" X 6").

MADERA DE EBANISTERIA.- Es madera usada para propósitos especiales, tales como: Puertas, ventanas, gabinetes, etc., sus grados se seleccionan como números: 1, 2 y 3.

⑦ PRINCIPALES MADERAS DURAS.

ENCINO.- Se le llama también Roble, comprende dos variedades muy semejantes entre sí; la Blanca y la Roja. Son de Madera dura, compacta, pesada (.76 - .99), tenaz, poco alterable, se conserva bien en todas condiciones. Tiene un olor peculiar, a veces algo penetrante. Es susceptible de ser labrada con facilidad, pero es muy resistente a la penetración y se raja con facilidad, sobre todo durante el secado, debido a su gran encogimiento. Presenta grano bastante fino, con fibra tortuosa, a veces entrelazada, las secciones al hilo presentan espejuelos (Rayitas) de brillo claro, adquiere bello pulimento. Su color es amarillento o pardo (blanca) o rojizo (roja), más intenso con la edad. La variedad roja es más suave, débil y porosa que la blanca. Es sumamente apreciada para fabricación de muebles, implementos de agricultura, toneles, acabados interiores, etc. Para construcción general resulta demasiado cara.

NOGAL.- Madera compacta, dura, elástica y pesada (.63 - .68). Su color varía hasta el pardo claro o rojo amarillento, con albura blanco-agrisada. Su fibra es corta, veteada, tortuosa y ligeramente entrelazada, muestra gran encogimiento durante el secado y tiene baja resistencia a la putrefacción. Pertenece a las maderas finas, es muy apreciada por su gran pulimento, para la fabricación de muebles, acabado interior, partes de vehículos y culatas de rifle.

Hay una variedad llamada de Nogal americano, que es la más dura tenaz y pesada de las maderas de Norteamérica, difícil de trabajar, se encoge y se parte durante el secado, es atacada por los insectos y poco durable. Se emplea en la fabricación de muebles, vagones, implementos de agricultura, etc. Los árboles abundan en el sur de E. U. A. y en el norte y centro de México.

FRESNO.- Madera de duramen parduzco y albura clara; dura, tenaz, muy elástica, con vetas longitudinales. Adquiere hermoso pulimento, por lo que se emplea para muebles, vagones, implementos de agricultura, trabajos de torno, etc. Hay una variedad negra, más suave, ligera y fácil de trabajar, pero quebradiza y de calidad inferior, se emplea para fabricar barricas y para acabado interior.

ALAMO.- Madera blanca, porosa, ligera, de textura fina, resistente al agua, pero de escaso valor. Se le llama también madera de Pople. Es de grano recto y uniforme y fácil de trabajar. La madera del álamo negro y del ciprés alamo son semejantes, pero algo más pesada la de éste último. Se emplean para trabajos corrientes de carpintería, cajas de embalaje, armazones de muebles, etc. Las de álamo temblón, álamo blanco y de Chopo son más resistentes y se emplean para muebles y trabajos de talla, el blanco se emplea para -

rejillas.

OLMO.- Se le llama también de Alamo Negro; madera dura, lisa, compacta y tenaz, difícil de trabajar, de largas fibras con anillos anuales bien manifiestos (aguas), resistente al agua y al aire, de duramen pardo rojizo y albura amarillo claro. Se usa en sustitución del roble para fabricación de muebles y vehículos, por su bello color, y para decorados interiores, culatas de fusiles, etc.

ARCE.- Comprende varias especies, las principales son: Arce rojo o Arce mayor y el Arce Negro. El primero comprende el arce azucarero, de madera finamente vetada, de grano característico, salpicada de manchas, generalmente en forma de ojos, que le dan el nombre de ojo de pájaro. Se llama también madera de Maple, es tenaz, dura, resistente y poco durable, susceptible de gran pulimento, por lo que se emplea para revestimiento de muebles é instrumentos musicales. La de Arce mayor es más compacta, de textura menos fina, de menor resistencia y dureza y fácil de trabajar, por lo que se presta para trabajos de torno.

ALISO.- Madera amarillo rojizo pálido, blanda y ligera, de textura poco fina, fácil de trabajar, muy resistente al agua, por lo que se emplea para trabajos de cimentación y obras hidráulicas. En ebanistería se emplea como sustituto de la Caoba.

ABEDUL.- Madera blanca, aceitosa, ligera y muy blanda, de grano apretado y resistente, de poca duración y poco valor, abundante en Europa. Puede emplearse para trabajos ordinarios de carpintería, pero generalmente se emplea como combustible.

CAOBA.- Abunda en México, América Central y del Sur. En la República Dominicana se le llama a una variedad Mahogany. La madera es espléndida, muy dura y durable, de hermoso color oscuro y grano atractivo y muy fino. Adquiere un magnífico acabado y pulimento por lo que se emplea para muebles y novedades. Es muy resistente al comején, por lo que se usa para puertas, marcos, decoración de interiores, etc.

HAYA.- Madera de color blanco sucio (montaña) o rojizo con vetas claras (llanura). Presenta anillos manifiestos de grano vetado, algo ondulado, es muy durable y compacta, elástica y flexible, pero resiste mal los cambios de humedad y es atacada por la carcoma. Se conserva bien en seco o sumergida en agua, por lo que se emplea en obras hidráulicas y marítimas, también para muebles curvados, aros, remos, áperos de labranza, etc.

EBANO.- Comprende gran número de variedades, distinguiéndose la negra, la blanca, y la verde. La primera es una madera compacta dura y pesada, de sabor picante, calentada da olor a vainilla, color pardo negruzco o negro. Adquiere un lustre muy apreciado, pero es muy cara y escasa, por lo cual es poco usada, se emplea para instrumentos musicales, acabado interior y ebanistería. La variedad blanca, abunda en la India. La verde o ébano americano tiene color verde parduzco.

BALSA.- Madera común en regiones tropicales, sobre todo en Brasil, considerada como la más ligera que se conoce, debido a su gran porosidad, sobre todo la de árboles jóvenes, pues la de los árboles mayores de 5 años es compacta y pesada. Su densidad es de 0.08 á 0.11 (la mitad de la del corcho). Es fácil de trabajar, se puede cortar fácilmente, es susceptible de comprimirse por presión y adquirir pulimento. Los indios la emplean para construir sus embarcaciones. En la industria se emplea en toda clase de construc-

ciones ligeras, en la fabricación de cajas de embalaje para piezas delicadas (absorbe los golpes, el agua, etc. y evita que aquellos sufran daños), para cimentación de maquinaria, etc.

PRIMAVERA.- Se llama también palo blanco, por su madera de color blanco cremoso o amarillo pajizo, casi uniforme, de poros pequeños y visibles, de distribución semejante a la de la Caoba, de anillos estrechos, grano recto, a veces entre mezclado, dando figuras atractivas, también presenta variaciones de color con bandas rosadas o cafés. Madera moderadamente dura, comparable a la caoba en ciertos aspectos, no se parte al secado, no es resistente a la putrefacción, es ligera (.43 á .55). Se emplea como sustituto de la Caoba para acabados interiores, muebles, etc.

3) PRINCIPALES MADERAS SUAVES.

PINO.- Madera muy resinosa, suave, fácil de trabajar, ligera, con anillos anuales bien marcados, debido al color rojizo de la madera de verano. Presenta color blanco amarillento, es olorosa y resistente a la humedad, es la más empleada en las construcciones, fabricación de cajas, rejillas, puertas, ventanas y trabajos de carpintería. Presenta gran cantidad de nudos, por la formación de ramas que mueren pronto, en la parte baja del tronco. Tiene gran número de variedades, entre las cuales se encuentran: Pino del Canadá y Pino Amarillo, de maderas compactas, pesadas, resinosa y resistentes al desgaste. Pino marítimo, Pinabete o Negral, común en Europa, de madera elástica, bastante rica en resina y resistente a la humedad, se emplea en obras hidráulicas. Pino piñonero o Doncel, que abunda en las montañas del norte de nuestro país, madera ligera, blanca, con vetado oscuro, poco consistente y resinosa. Pino-Ayacahuite, Ocote amarillo o Pino real, de madera de muy buena calidad, resistente y durable, empleada para muebles, fabricación de modelos, etc.

ABETO.- Tiene varias variedades: Abeto Rojo, de madera rojiza, brillante, Abeto Blanco, de madera blanco amarillenta y Abeto Común, de madera no muy resistente y gran blancura. Oyamel, especie de abeto mexicano de madera resinosa. La madera presenta amplias variaciones en calidad, pero en general es durable, fuerte, algo difícil de trabajar, pero una de las más apropiadas para propósitos estructurales (Abeto Douglas), no es muy dura, es fácil de partir, poco permeable al agua y poco resistente a los cambios de humedad. Presenta anillos bien marcados, pero con rayos medulares poco visibles. Posee fibras largas y grano fino, se emplea en fabricación de muebles, instrumentos musicales y en construcción general.

CEDRO.- Comprende un gran número de variedades, pero las más comunes son la roja y la blanca. La madera es muy ligera, suave, débil y frágil, de color blanco rosado o café rojizo, de olor agradable, muy resistente a la putrefacción. Presenta grano fino, con una serie de rayitas características. Se emplea mucho en la construcción, ebanistería y para decorado interior, por ser fácil de labrar y susceptible de adquirir hermoso pulimento. También se emplea para la fabricación de madera contrachapada, sobre todo en las capas exteriores.

MADERAS ARTIFICIALES.

A.- MADERA CONTRACHAPADA (Triplay).- Está formada por un núme-

ro impar de chapas o láminas de madera unidas entre sí con algún adhesivo, la más común es la formada por tres chapas, una más gruesa en medio, la cual se llama en nuestro país Triplay, extendiéndose este nombre a todas las demás, mencionándose únicamente el grueso.

Obtención.- Las maderas usadas para las chapas pueden ser del mismo tipo las intermedias y las exteriores o de tipos distintos, una madera muy empleada es la de Cedro. Para su uso se cortan a partir del tronco en una tira continua de espesor uniforme, de la cual se obtienen chapas de diversos tamaños que se cubren con un adhesivo apropiado y se colocan en capas alternadas, de tal modo que las fibras de una sean perpendiculares a las de la otra. Y sometidas a presión de 15 Kgs/cm², se calientan para secarlas hasta que se endurece. A veces se requiere una larga "cura" a baja temperatura y otras un corto tiempo a alta temperatura.

Propiedades.- Varían con la clase de maderas y de adhesivos, el No. de chapas, el grueso y la dirección del grano, etc. Muestran resistencia igual en ambas direcciones, por el cruzamiento de las fibras, por lo cual tienen menor tendencia a afectarse con los cambios de humedad. También se encogen menos que la madera, no se rajan o parten tan fácilmente cuando se clavan o se cortan y poseen mejor resistencia al corte, si se evita el alabeado. Cuando son de varias capas presentan una gran resistencia y tenacidad.

Usos.- Su empleo ha aumentado considerablemente en los últimos años, por sus excepcionales cualidades, se utilizan para la construcción de tabiques, paneles, muebles, vehículos y millares de artículos, desde cajas para embalaje hasta aeroplanos. Con la madera contrachapada moderna, con adhesivos de plástico, se fabrican lanchas, muebles, cajas de vagones, arcos prefabricados, etc.

B.- MADERA DE DESPERDICIOS.- Modernamente gran parte de los desperdicios de madera, residuos de aserraderos, ebanisterías, fábricas de muebles, etc., se convierten en pulpa con vapor de agua, ya sea solos (Hidrolizados) o mezclándolos con resinas fenólicas o de urea como aglomerantes (5 a 37%), o bien con lignina, procurando orientar las partículas en un solo sentido (para dar a la madera una estructura isotrópica) y sometiéndolos a presiones en caliente entre 7 y 70 Kgs./cm², según el grado de dureza y resistencia a la humedad deseadas. El producto es de densidad semejante a la de la madera y tiene gran resistencia a la humedad. Su textura depende del tamaño de las partículas.

C.- MADERA DENSIFICADA.- Material formado por la compresión a gran presión de chapas de madera impregnadas de resina, de tal modo que se reduzca su volumen a la mitad o menos. Dan un producto de gran densidad, estabilidad dimensional y dureza y de una extraordinaria resistencia mecánica. La adición de resina sella la madera contra la absorción de agua y aumenta por lo tanto su resistencia al cambio dimensional, pero disminuye la tenacidad. Se emplea para placas de separación para moldes de fundición o refractarios, pisos para gimnasios, cubiertas marinas, peldaños de escaleras, mandriles para troquelado, troqueles, punzonadoras, hélices de aviones y en general para productos sometidos a desgaste o abrasión.

D.- MADERAS IMPREGNADAS.- Son como las anteriores, pero sin comprimir, se impregnan con resina de fenol-formol o furfural-formol, a veces de urea, metilurea o lignina. Pueden fabricarse por simple inmersión o por impregnación a presión. Son resistentes a

la humedad y aumentan la resistencia al encogimiento o torceduras y la durabilidad.

E.- MADERA COMPRIMIDA.- Se obtiene por presión en caliente a 20 Kgs./cm², sirviendo la lignina como cementante, la que se hace plástica a elevadas temperaturas. Por la compresión aumenta en un 50% la resistencia.

F.- MADERA ESTABILIZADA.- Madera que ha sido sujeta a tratamientos químicos para aumentar la resistencia a la putrefacción, al fuego, a los cambios de volumen o a la abrasión. ← FIN

CAUSAS DE DESTRUCCION Y PRESERVACION DE LA MADERA

GENERALIDADES.- La madera, debido a su composición orgánica, es susceptible de ser atacada por: A.- Putrefacción, B.- Insectos, C.- Moluscos y Crustáceos y D.- Por el fuego, lo cual causa anualmente enormes pérdidas en todo el mundo, por lo que se hace necesario conocer las causas de estos ataques y combatirlas, para lograr su conservación.

A.- PUTREFACCION.- Se llama así al ataque de la madera por microorganismos, hongos, bacterias y actinomicetos. Este ataque es acompañado por la decoloración de las partes infectadas y por un cambio de la textura, volviéndose la madera "fofa" o insonora y perdiendo su resistencia y peso, de acuerdo con el grado y tipo de ataque experimentado. Este ataque se produce en maderas expuestas a cambios de humedad, sobre todo en partes húmedas, la madera seca y la sumergida en agua no son atacadas.

BACTERIAS.- Vegetales microscópicos, la mayor parte unicelulares, atacan la celulosa pero no son de gran interés. Producen puntos rojos, anaranjados o amarillos.

HONGOS.- Vegetales que se reproducen por "esporas" las cuales pueden ser transportadas fácilmente por el viento y germinar en condiciones apropiadas, produciendo sustancias llamadas "Enzimas" que descomponen la celulosa o la lignina o ambas y algunas las hemicelulosas y otros productos, no solamente de la madera, sino también del papel, telas, etc. Pueden ser: Macroscópicos (de gran tamaño) o Microscópicos; Parásitos (viven sobre madera viva) o Saprotíficos (viven sobre madera muerta). Entre las diferentes variedades de hongos parásitos se encuentran los Basidiomicetos u hongos carnosos, que comprenden muchos de los hongos superiores y algunos microscópicos, son los verdaderos destructores de la madera, pudiendo atacar solamente la Celulosa (pudrición café o húmeda) o la Lignina, (pudrición blanca o seca).

Pudrición húmeda.- Se llama también pudrición café o roja, se manifiesta en los árboles apeados, cuando se dejan mucho tiempo sin descortezar. Entre los hongos que la producen están: El Merulius Lacrimans, el Pomes Roseus, de cuerpo rosado, cubierto con pequeños poros redondeados y el Trametes Serialis, de superficie blanca, cubierta de pequeños poros, ambos viven en atmósferas húmedas, los Lenzites, en forma de placas semicirculares pegadas a la madera en gran cantidad, el Coniphora Cerebella (Moho de las bodegas), ataca la madera previamente enferma por otros hongos, formando una masa gris blanquecina, que por último se transforma en una costra algodonosa, el Polyporus Caporarius (Moho esponjoso), se desarrolla en la madera atacada por el anterior, dando una masa ne-

gruzca facilmente desmenuzable. Entre los Polyporus está también la "Yesca", que forma cornisas en los árboles. La madera atacada por este tipo de pudrición puede usarse en lugares secos y ventilados, -- siempre que no esté muy avanzada la pudrición.

La Pudrición Seca o Blanca transforma la madera con menos de 10 % de humedad, en una masa blanca o de color claro, disgregable o húmifera. Entre los hongos que la producen están: el Fomes Pini, el Polysticus Versicolor, y el Polyporus Juniperinus. Los hongos Saprofíticos producen el enmohecimiento, atacando principalmente los carbohidratos y almidones y ciertas hemicelulosas, especialmente si la madera está parcialmente podrida, aunque también atacan la celulosa, se desarrollan en la obscuridad y partes mal ventiladas, comprenden algunos Ascomicetos (penicillum) y Ficomietos (hongos comunes). Algunos ascomicetos son macroscópicos, por ejemplo, los llamados Pezizas, que tienen forma de plato o de copa, de color anaranjado y que viven sobre el tronco de los árboles viejos o caídos. Algunos hongos que producen decoloración atacan solamente los rayos medulares, dando a la madera una apariencia azul, no afectan la resistencia, -- excepto la tenacidad.

PRESERVACION CONTRA LOS HONGOS. -- Lo mejor sería eliminar las condiciones propicias para su desarrollo, pero si esto no es posible, es necesario recurrir a la aplicación de sustancias protectoras de las cuales pueden considerarse tres tipos: a. -- Aceites Tóxicos, -- relativamente insolubles en agua, principalmente Materiales Bituminosos, Creosota o Alquitran de madera, productos de color café oscuro o negro, de alta toxicidad, fáciles de aplicar y de bajo costo, son los preservativos comunes, tienen el inconveniente de su olor desagradable, de no poder pintarse y de disminuir la resistencia al fuego, sobre todo recién aplicados. b. -- Salas solubles al agua. -- Sólo son convenientes para lugares secos y madera que no se va a mojar, entre ellas se encuentran: el Cloruro de Zinc que es el más usado, ya sea sólo o mezclado con Dicromato de Potasio (18-20%), el Fluoruro de sodio, usado para madera estructural; El Arsénico, empleado para postes y pilotes; el Sulfato de Cobre, que tiende a corroer el acero, por lo que requiere equipo especial para su aplicación y el Cloruro de mercurio usado contra el enmohecimiento. c. -- Substancias insolubles en agua, disueltas en solventes volátiles, -- son productos poco utilizados, a pesar de ser fáciles de aplicar, incoloros, inodoros é insípidos, entre ellos se encuentran: El Penta o Tetracloro fenol y varios Derivados halogenados del benceno, como el Hexacloro benceno, el Diclorobenceno, el D.D.T. etc. disueltos en solventes tales como nafta, gasolina, petróleo, bencina, etc.

Una vez atacada la madera, pueden combatirse los hongos tratando con aire caliente a 100°C. o eliminando las partes afectadas por raspado, incluyendo las juntas de los muros, lavando con ácido clorhídrico o fénico diluido o pintandolas con Isol y productos semejantes, recubriendo las partes afectadas con algún mortero o madera seca impregnada o protegida.

Métodos de Aplicación. -- El método más simple es el de pintado, -- por ejemplo con Creosota, pero no es muy efectivo, por lo cual se aplica mejor el proceso de Inmersión en el preservativo a temperaturas de 100-110°C. por unos cuantos minutos o por varias horas, con enfriamiento en el mismo baño. Adquiere una penetración de 1/10 y éste método se emplea mucho para impregnar con creosata durmientes, postes, pilotes, etc. Cuando se requiere una penetración más profun-

da, se emplean los procesos llamados de Presión, que consisten en forzar el preservativo al interior de la madera mediante presión, -- en lugar de permitirle que penetre por simple absorción como en -- los anteriores, pueden ser de Impregnación Total ó Parcial. El primero consiste en colocar la madera en unos cilindros de acero a -- prueba de aire y aplicar el vacío, para eliminar de la misma la mayor cantidad de aire posible, en seguida se llena el cilindro con el preservativo, evitando la penetración del aire y se aplica una presión de 6 á 12 Kgs/cm². hasta lograr la penetración de la cantidad deseada, haciendo a continuación un vacío para eliminar el exceso de preservativo. Un pie³ de madera requiere 10 Kgs. de creosota para uso en agua salada y de 5 á 8 para usos ordinarios. Para el mismo grado de protección basta con menor cantidad de cloruro de Zinc (1/4 Kgs. de solución al 2.5%). El proceso de impregnación parcial es similar al anterior, excepto que no se aplica el vacío inicial y por lo tanto no se elimina el aire contenido en la madera, consumiendo una menor cantidad de preservativo y lograndose una penetración más profunda, así por ej., de creosota, se requieren comunmente de 3 á 6 Kgs./pie³ solamente.

B. -- ATAQUE DE LOS INSECTOS. -- Las larvas de gran número de insectos viven en la madera de los árboles y algunas en la madera apeada, atacando preferentemente la albura, especialmente nocivas -- son las larvas de la Carcoma y de las Termitas. -- a. -- Carcomas. -- Se llaman también barrenadores son coleópteros de pequeño tamaño, de color café, negro ó rojizo, los cuales depositan sus huevos en la superficie de la madera, para convertirse en larvas, las cuales -- forman conductos ramificados en el interior de los árboles, vigas, muebles, etc. transformando la madera en un polvo amarillo o café rojizo y después de un período de crecimiento, se alojan en una cavidad y duermen (Ninfas ó Gusanos) mientras les salen patas y alas. Se multiplican con gran rapidez y son sumamente voraces, por lo cual son muy perjudiciales. Atacan también a la madera viva y a -- los árboles caídos, pero no son activas si estos están húmedos.

b. -- Termitas. -- Insectos arquípteros, parecidos a las hormigas -- en apariencia general y sistema de vida, por lo cual se les llama también Hormigas Blancas, viven en colonias o en galerías construídas en el suelo o en la madera, entre las primeras, llamadas también "termitas subterráneas", son notables las africanas (Thermes Bellicosus) por el gran desarrollo que alcanzan sus colonias, construídas de lodo o arcilla, a veces de varios metros de altura y -- así mismo por el polimorfismo de los integrantes de las colonias. Entre las segundas existe un tipo de Termita común en las regiones tropicales, conocida con el nombre de "Comején", abunda mucho en -- nuestro medio, (Veracruz, Nuevo León, Oaxaca, Morelos, etc.) atacando los postes, muebles, árboles, puertas, etc., recubre sus perforaciones con arcilla o polvo de madera o corteza amasado con saliva, formando una serie de cápsulas sobre la madera; a veces construyen sus nidos en el suelo, alcanzando hasta 40 cms. de altura. -- Le llaman también Palonita de San Juan, porque sale a fines de Junio (Día de San Juan). Las Termitas producen un daño considerable en la madera, ya que son sumamente voraces, perforandola en todas direcciones y destruyéndola sin dejar evidencia de su presencia. -- El primer aviso de su ataque se manifiesta a fines de verano, cuando un enjambre de Termitas jóvenes aladas, salen de la madera infectada, pierden sus alas al poco tiempo y mueren en cantidad, pe-

ro las pocas que pueden sobrevivir son suficientes para la propagación de nuevas colonias. Destruyen también el papel, telas, pieles, etc.

C.- ATAQUE DE MOLUSCOS Y CRUSTACEOS.- Algunos animales de esta clase son capaces de atacar la madera, sobre todo la celulosa, al parecer por una especie de "Simbiosis" con bacterias que viven en su intestino. Entre los Moluscos se hallan: el Teredo (Teredo Navalis), el Xylotrya y el Bankia de apariencia y modo de vida similar, de forma alargada, por lo que se les llama frecuentemente "Gusanos de barco", también se les llama "Broma, Taraza o Termitas de mar." Causan estragos considerables en los puertos, puentes, barcos y en general en cualquier estructura de madera a lo largo de las costas. Perforan la madera mediante una especie de cabeza en forma de concha, rellena de cientos de agudos dientes, la cual está dotada de un movimiento rotatorio y al mismo tiempo exudan una sustancia transparente que endurece las paredes. La mayor parte perforan únicamente la madera, pero una de las especies, la Pholada, perfora hasta las rocas. El Martensia es un lamelibranquio muy activo en el Golfo de México y muy dañino. Entre los Crustáceos, el Limnoria o piojo de mar es el más peligroso, crece al tamaño de un grano de arroz y penetra rápidamente en la madera por medio de agudas quijadas, a razón de 1.5 cms. por año, son particularmente activos en aguas saladas claras, sobre todo en el Golfo de México y en la costa norte del Pacífico, atacando los pilotes al nivel de la baja marea. El Sphaeroma es parecido a éste, pero es más grande y menos dañino, a veces se encuentra en aguas dulces.

Preservación.- Impregnación con sustancias repelentes de insectos venenosos, tales como: Creosota (principal), Cloruro de Zinc, -- Bicloruro de Mercurio, etc. Para combatir los insectos se emplean el Verde de París, el Fluosilicatoide sodio, el D.D.T. y otros derivados clorados del Benceno (B.H.C.) disueltos como ya se vio, en varios disolventes. Para las termitas y otros insectos se cubre la madera con bases de concreto, ladrillo, mortero de cemento o madera tratada, se completa la protección poniendo láminas de fierro que se proyectan 5 cms. horizontalmente y luego bajen a 45° y placas circulares de 7 cms. alrededor de los tubos.

Para los moluscos y crustáceos pueden recubrirse los pilotes con concreto, tubos de fierro o pinturas viscosas especiales que pueden o no contener materias venenosas y estar o no recubiertas con tela y pintadas nuevamente, también es útil el creosotado, el tratamiento con sulfato de cobre o el revestimiento de la superficie con clavos de cabeza ancha.

D.- ACCION DEL FUEGO.- La madera es susceptible de ser destruída por el fuego, convirtiéndose en anhídrido carbónico, agua y ceniza. Si se quema en ausencia de aire, desprende las sustancias Bituminosas que la acompañan, junto con algunos productos de descomposición que se aprovechan industrialmente. Cuando está húmeda es dos veces más resistente que al estado seco. La podrida seca se quema rápidamente. Generalmente la madera estructural se quema lentamente a temperaturas de 250°C y rápidamente a los 350°C. La temperatura de ignición es de gran importancia, aunque puede variar ampliamente sin afectar el peligro de fuego, puede considerarse como un mínimo de 275°C. La combustión total depende de muchos factores. Para dificultar la inflamación de la madera puede cubrirse superficialmente o impregnarla con soluciones de silicato de sodio y carbonato de calcio, arcilla ó cloruro de zinc o con soluciones saturadas de otros sales.

C A P I T U L O X.

PLASTICOS.

GENERALIDADES.- Materiales orgánicos, la mayor parte sintéticos -- que pueden ser transformados por vaciado o moldeo, en cualquier forma deseada y que pueden ser endurecidos para conservarla. Existen en el mercado un gran número de plásticos, con una amplia variación en propiedades que les permiten una gran gama de aplicaciones. Los productos hechos de plásticos pueden ser obtenidos por vaciado, moldeo a presión, inyección, extrusión o laminado. Son valiosos como materiales aislantes y compiten ventajosamente con otros materiales para la fabricación de pequeños artículos moldeados y a pesar de ser de desarrollo relativamente moderno han alcanzado en poco tiempo una preponderancia notable, sustituyendo a otros materiales en la fabricación de gran cantidad de artículos de todas clases, por lo cual podría decirse con certeza que estamos en la Era de los Plásticos.

COMPOSICION.- De acuerdo con su estructura molecular se consideran como hidrocarburos formados por grandes cadenas que tienen como base un grupo fundamental tal como "etileno o glucosa". La unión de estos grupos puede ocurrir en una forma natural como en la Celulosa, o puede desarrollarse artificialmente por un tratamiento químico controlado, pudiendo ser por la pérdida de agua o de otras sustancias, dando productos llamados de "Condensación" (glucosa), o bien por pérdida de una doble ligadura de los compuestos no saturados (Etileno), operación que se llama de "Polimerización". Cuando las moléculas que se polimerizan son de compuestos diferentes, se forman productos llamados "Copolímeros".

Los productos comerciales pueden estar fabricados totalmente de una resina dada o bien contener además materiales de relleno o productos inertes que les impartan dureza, resistencia y en general propiedades especiales; entre ellos se encuentran: La Harina de Madera, para artículos de uso general; el Grafito, para comunicar resistencia a los ácidos; el Asbesto y la Mica, para dar propiedades aislantes a la electricidad; el Sulfato de Bario, para resistencia química é impenetrabilidad a los rayos x; la Sílica y la Tierra diatomácea, etc.- También se les añaden sustancias colorantes, generalmente orgánicas y resistentes a los ácidos y a los álcalis y finalmente solventes adecuados llamados sustancias plastificantes, añadidas a veces para disminuir la viscosidad, facilitar el moldeo, aumentar la resistencia al impacto haciéndolos menos frágiles y mejorar la elasticidad y tenacidad, entre éstos se encuentran: sulfonamidas, glicolatos, trifenilfosfatos, dibutilftalatos, etc.

DIVISION.- Comprenden dos grupos generales: Los Termoplásticos y los Termoestables. Los primeros son aquellos que se reblandecen por el calor, pudiendo deformarse fácilmente, endureciéndose más

propiedades deseadas. El proceso de Transferencia es semejante al de inyección, pero más lento, por emplearse para resinas Termoeestables, que requieren mayor tiempo de curado. La inyección de la resina es por transferencia directa de la cámara al molde, sin el empleo de boquillas. Otros métodos son el de Extrusión, semejante al descrito para los metales y el de Soplo para la manufactura de artículos huecos, aplicando al molde aire o vapor para forzar dos hojas suavizadas de material termoplástico contra las paredes.

PLASTICOS TERMOESTABLES.

DERIVADOS DEL FENOL Y FORMALDEHIDO.- Tanto el Fenol como el Formol o Formaldehido se sintetizan fácilmente con muchos materiales o entre sí, para dar varios productos, de los cuales los más comunes son los de Fenol-Formol, los de Urea-Formol y los de Fenol-Furfural. Modernamente se están mezclando con hule sintético para darles mayor resistencia. Entre ellos tenemos:

a.- **RESINA FENOL-FORMOL.**- Se obtiene calentando una mezcla de Fenol y Formol, dando un producto en forma de un resinoide pesado que tiene gran aplicación para obtener un grupo de plásticos, de los cuales destacan las Bakelitas. Para obtener artículos moldeados se mezcla con un material de relleno, un colorante y un lubricante, para obtener las propiedades deseadas y se aplica a la mezcla una presión de 70 á 500 Kgs./cm², a temperaturas de 135°C. Para grandes piezas o piezas decorativas, la resina líquida se vacía en moldes de plomo, en hornos especiales (Fenólicos vaciados). Como material de relleno se emplea comunmente harina de madera. Sus propiedades varían con la composición química de la resina base y con el tipo de relleno y su proporción. Las resinas fenólicas puras son transparentes como el vidrio, de gran dureza y resistencia dieléctrica; resistentes al calor (150-168°C), al agua y al ataque químico, siendo algo afectadas por los ácidos diluïdos. Muestran gran ligereza y lustre. Las de color ámbar son translúcidas a los rayos X. Resisten de 40 á 60 Kgs/cm² a la tensión y de 2,000 a 2,200 Kgs./cm², a la compresión. Se emplean para alumbrado por su gran transparencia (plásticos vaciados) y para productos aislantes al calor y la electricidad. La resina base disuelta en alcohol, puede usarse como barniz para papel o tela. Modernamente se emplea para el moldeo en cáscara, para el vaciado de piezas metálicas.

Entre los productos comerciales de uso general se encuentran: Bakelitas, Hexosita, Resinox, Durex, etc. y entre los vaciados: Opalón, Catalín, Gemstone, etc.

b.- **PLASTICOS DE UREA-FORMOL Y MELAMINA-FORMOL.**- Proviene de resinas obtenidas por la reacción de la Urea o Tio-urea con el formol. Se obtienen por moldeo a presión de 170-200 Kgs./cm², a temperaturas de 135-150°C. Forman productos transparentes, de color más claro que los fenólicos, de buenas propiedades eléctricas y mecánicas que varían de acuerdo con el material de relleno, de 340 á 480 Kgs./cm² a la tensión y de 1,600 á 2,400 Kgs./cm² a la compresión. Son inodoros é insípidos, químicamente resistentes al agua, ácidos y bases débiles. Son algo atacados por los álcalis fuertes y mucho por los ácidos fuertes. Se descomponen por el calor, por lo cual sólo pueden usarse a temperaturas abajo de 120°C. A esta

tarde por enfriamiento, esta operación puede repetirse cuantas veces sea necesario, debido a un tipo especial de unión considerado de tipo mecánico, ya que están formados por cadenas lineales mantenidas unidas por ligaduras sencillas que tienen gran flexibilidad. Comprende: la goma laca, resinas acrílicas, fluorocarbónicas, vinílicas, celulósicas, estirenos, etilenos, y una poliamida llamada Nylon. Estos plásticos son muy versátiles, pudiendo transformarse en objetos sólidos, películas flexibles, fibras textiles o bien emplearse en forma líquida para películas protectoras.

Los plásticos Termoeestables son aquellos que al ser calentados para darles forma, desarrollan un tipo de unión química más complejo, que no les permite volver a reblandecerse una vez que se han endurecido por enfriamiento. Comprende: plásticos fenólicos, de urea, de melamina, alquídicos, resinas poliéster y plásticos ahulados.

PROPIEDADES.- En general los productos obtenidos presentan las propiedades de la resina base, modificadas por la presencia de los materiales de relleno y plastificantes. Son ligeros, variando en densidad de 1.06 (del poliestireno) á 1.3 (los Fenólicos) y aún más.- Son fáciles de moldear, de baja conductividad térmica y eléctrica y gran resistencia a los agentes químicos, algunos se colorean fácilmente, lo que les permite emplearse para uso decorativo, otros son completamente transparentes y tienen elevado índice de refracción, por lo que se emplean en sustitución del vidrio, etc.

FABRICACION DE PRODUCTOS COMERCIALES.- La conversión de las resinas base en artículos útiles, puede hacerse de varias maneras, siendo el proceso más usado el de "Moldeo", del cual existen varios métodos, que comprenden casi siempre el uso de las resinas en forma de polvo. También puede considerarse el proceso de "Vaciado".

A.- **PROCESO DE VACIADO.**- Consiste en vaciar en moldes la resina previamente disuelta en solventes apropiados (alcohol, éter, acetona, etc.), endureciéndola después por calentamiento o por acción catalítica. Se emplea para pequeñas piezas o pequeñas cantidades de piezas que no justifiquen el gasto de un equipo de moldeo.

B.- **PROCESOS DE MOLDEO.**- Los principales métodos son: Inyección, Compresión y De transferencia. En el moldeo de Inyección, el calentamiento se efectúa en una cámara separada y cuando la masa está suficientemente plástica, se fuerza a través de una boquilla para llenar la cavidad del molde. Este tipo se aplica para piezas pequeñas de resinas termoplásticas principalmente, las cuales conservan su fluidez por mucho tiempo, por lo cual debe enfriarse el molde antes de sacar la pieza, para evitar distorsiones. La temperatura de la cámara no pasa de 200°C y la presión puede ser hasta de 1,700 Kgs/cm². En el método de Compresión se usan varios tipos de moldeo según la forma del objeto, el más simple es el tipo llamado "Instántaneo", en el cual la presión necesaria se aplica mediante una prensa hidráulica. Se usa para grandes piezas de los dos tipos de resinas, sobre todo de las termoeestables, la temperatura varía de 120-350°C y la presión entre 70 y 400 Kgs./cm², aunque algunas necesitan presiones más altas (Poliestireno). Requiere una manipulación muy precisa, de acuerdo con el tipo de resina y las

temperatura y por calentamiento prolongado se vuelven frágiles y opacos, perdiendo su estabilidad al calor. Pueden partirse por los cambios de humedad, sobre todo en partes mal diseñadas. Se usan para artículos eléctricos, aparatos de alumbrado y cubiertas de reflectores, por su baja absorción de la luz y del calor radiante. Entre las resinas comerciales se hallan: Beetle, Plaskon, Uroformita, Urac, Melurac, Melmac, etc.

c.- PLASTICOS DE FENOL-FURFURAL.- Tienen gran fluidez, manteniendola por mucho tiempo, por lo cual se emplean para la obtención de formas difíciles, por el proceso de Inyección. Son poco usuales, por su rápido endurecimiento al ser calentados arriba de 160°C. En general tienen las mismas aplicaciones generales que los dos anteriores. Se emplean para placas de distribuidor, magnetos, termostatos, gabinetes de radio, etc.

2.- PLASTICOS TERMOPLASTICOS.

A.- PLASTICOS ACRILICOS.- La principal resina Acrílica es el Metacrilato de metílico, que deriva del polietileno. La resina es la más ligera de los polvos de moldeo, se presentan también en gránulos de color claro, translúcidos u opacos o en forma de líquidos semipegajosos. Por su ligereza y resistencia son de importancia en aviación. Tienen gran habilidad para entubar la luz. Resisten al agua y a los reactivos químicos, excepto a los solventes orgánicos. Se pueden cortar, maquinarse y ensamblar por cementación. Se emplean como substitutos del vidrio, para ventanas, lentes y prismas, para tubos de luz, rectos o curvados y para hojas curvas, en aviones, automóviles, etc. Entre las resinas comerciales se hallan: Cristalita, Lucita y Plexiglas.

B.- PLASTICOS VINILICOS.- Derivados del grupo etileno o vinílico, con la inclusión de un átomo de cloro o un grupo de acetato, para dar el cloruro o el acetato de polivinilo, o de ambos para dar un copolímero. Los plásticos de cloruro son de alta resistencia y elasticidad, semejantes al hule, al cual sustituyen en recubrimiento de alambres, mangueras, etc., con la ventaja de tener mayor duración, por su resistencia a la oxidación. Los de Acetato son útiles como adhesivos de gran cantidad de materiales metálicos y no metálicos, algunos productos modificados se emplean para ligazones resistentes al impacto. Los copolímeros varían en propiedades según la relación de cloro a acetato, pero en general se distinguen por su extraordinaria resistencia química. Se usan como lacas para hojas de metal y para muchas formas moldeadas y para hojas flexibles de todos colores empleadas en sustitución del Vidrio. En el comercio se venden la Vinilita y el Vinyón, este último es un filamento textil producido de un grupo especial. Otro plástico de gran importancia es el Cloruro de Vinilideno o Sarán, derivado del Tricloreto, el cual puede transformarse en fibras de gran resistencia, inertes a los agentes químicos y atmosféricos y puede teñirse a fondo. Se emplea en la Industria para tuberías, asientos de válvulas, partes de filtros, etc. Otras formas comerciales son: Lumite y Velón.

C.- PLASTICOS DE POLIESTIRENO, POLIETILENO Y POLIAMIDAS.- Resinas aprovechables en gran variedad de colores, resistentes al agua y a los agentes químicos, de baja densidad, tenaces, duras y transparentes, aislantes a la electricidad. Las de poliestireno provienen de la polimerización del Estireno, obtenido de reacciones sucesivas entre el Benceno y el Etileno, por lo cual poseen grupos fenílicos, de aquí que se aplique a algunos miembros el nombre de Baquelitas, como en los Fenólicos. Se usan sin adición de plastificantes o materiales de relleno. Tienen la menor absorción para el agua de todos los plásticos y gran estabilidad dimensional. Son de resistencia intermedia entre los otros dos, se emplean por su alto índice de refracción para partes de instrumentos indicadores, para alumbrado indirecto y para radio y televisión. Las resinas comerciales son: Loalín, Lustrún y Styron. Los de Polietileno son los plásticos más simples (Polimerización del etileno), sus propiedades son alteradas por irradiación, convirtiéndose al parecer en un producto estable que aguanta grandes temperaturas, por lo cual se emplea para material de laboratorio y para cinta engomada. Las Poliamidas tienen una gran resistencia mecánica (750 Kgs/cm²) y a la temperatura, pudiendo usarse a temperaturas hasta de 150°C, a éstas pertenece el Nylon, que es uno de los productos más populares, empleado como un material textil.

D.- FLUOROCARBONICOS.- Productos del tetra fluoroetileno, particularmente aprovechables por su alta resistencia al ataque químico, para revestimiento de tanques.

E.- DERIVADOS DE LA CELULOSA.- Productos obtenidos por reemplazamiento de los grupos oxhidrilo de la celulosa, por radicales Nitro, Acetato y otros. Son transparentes, resistentes a los ácidos y álcalis débiles, tienen alta absorción del agua, por lo cual no deben hervirse ni sumergirse en ella y son resistentes al choque y a la intemperie. Entre ellos se encuentran: El Nitrato de Celulosa o piroxilina, obtenida tratando el algodón con una mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico. Tratando la pasta lavada con el alcanfor, se obtiene el Celuloide. Este tiene una resistencia de 270 - 680 Kgs./cm², es tenaz, resistente al desgaste, soluble en acetona dando un producto usado para cementar, es bastante inflamable, por lo que no puede usarse arriba de 90°C, se ataca por la luz, volviendo se frágil y se descompone por los ácidos y álcalis. El Acetato de Celulosa, se obtiene tratando algodón con ácido y anhídrido acético; a este tipo pertenece el Celofán, material transparente y translúcido u opaco según el relleno, resiste de 540-680 Kgs./cm², de gran tenacidad y estable a la luz, propiedades que lo hacen apropiado para su uso en vidrios de seguridad. No puede usarse satisfactoriamente arriba de 80°C., a pesar de no ser tan inflamable como el nitrato de celulosa, pero si es apropiado para usarse en película de cine. Además de los anteriores es de importancia la Etilcelulosa, que es un éter etílico de la celulosa, químicamente estable, resistente a los ácidos y álcalis diluidos, al agua y al calor, tenaz aún a bajas temperaturas, ligero y poco afectado por la luz, aunque es muy inflamable. Los plásticos producidos por ella pueden hacerse resistentes con adición de plastificantes adecuados,

tienen buenas propiedades aislantes, baja absorción y fuerte poder adhesivo, se emplean para moldear piezas con metales insertados - que sean resistentes al choque y a los cambios de humedad.

PRODUCTOS COMERCIALES DERIVADOS.

PLASTICOS LAMINADOS.- Productos obtenidos por la unión a elevadas temperaturas y presión de 100-150 Kgs/cm², de varias láminas de papel, telas, madera, otros plásticos, etc. con un adhesivo apropiado entre ellas o por impregnación previa.

Como adhesivos se emplean resinas termoestables, principalmente las Fenólicas, las de Melamina-Urea, las de poliestireno, disueltas en solventes apropiados; a veces se emplean también resinas Termoplásticas, por lo cual varían mucho sus propiedades, las cuales se ven afectadas además por la temperatura y el tiempo empleado en el curado. Los de base tejido, tienen buenas propiedades mecánicas, y son resistentes al impacto. Los de papel son apropiados para artículos y aparatos eléctricos y tienen poca resistencia mecánica. También pueden usarse papel o telas de asbesto o de vidrio como base, para dar resistencia a los productos químicos.

Los productos de materiales laminados pueden ser: **Moldeados o Macerados.** Los primeros se obtienen moldeando la pieza a partir de la lámina y curandola al calor y presión, mientras que los segundos se obtienen de papel o tejido impregnado reducido a pequeñas piezas, moldeado y curado, teniendo menor resistencia mecánica. El producto terminado puede cubrirse con una capa de plástico, según la cual puede dar la impresión de papel tapiz, género de dibujos, madera, metal, etc., algunos incluyen una capa de metal para hacerlos más resistentes al calor. Las formas ordinarias resisten una temperatura máxima de 110°C a 120°C. Se emplean en fabricación de envases, cubiertas para mostradores y mesas, canales de desagüe, paredes livianas, pisos, lámparas, tapetes, etc., y para gran número de productos moldeados que antes se hacían de otros materiales. Los productos comerciales son: Formica, Aqualita, Celerón, Insurok Syntano, Textolita, Lamitex, Mycarta, etc.

HOJAS DE REVESTIMIENTO.- Son hojas hechas de plástico, por lo que se llaman también **enchapados plásticos**, se venden en el comercio con una cubierta protectora de papel que se quita al remojarla en agua, pegando la hoja a la superficie que se trata de enchapar, por medio de un cemento de secado lento. Se emplean para recubrir superficies de madera, metal, vidrio, etc. en muebles viejos o nuevos, decoración de puertas, pianos, marcos de ventana, paredes, etc. En la Industria se aplican a la madera entrechapada, para dar una superficie laminada dura, prensandolas en caliente, dando así un producto útil y económico para moldes de hormigón, que puede usarse varias veces, dando un vaciado completamente liso. También se usan para cubiertas de balsas y yates, plataformas de instalaciones y equipos industriales, etc.

RESINAS NO MOLDEABLES.- Muchas resinas del tipo anterior son usadas para pinturas, lacas y barnices. Otras como el Rayón, el Nylon etc, son fibras textiles, otras como el Celofán y el polietileno para papel de envoltura, bolsas, etc. También hay una amplia variedad de gomas y adhesivos. Resinas de celulosa se emplean para películas fotográficas, etc.

CAPITULO XI.

MATERIALES REFRACTARIOS.

GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre, materiales que pueden resistir altas temperaturas sin suavización, ruptura o cambio de volumen, así como la acción de los gases y escorias que se forman durante los diferentes procesos metalúrgicos, teniendo en general baja conductividad térmica.* Pueden emplearse en forma de ladrillos, placas, bloques o formas especiales, o bien como materiales sueltos o pastas, para construcciones que deban resistir temperaturas elevadas o además la acción de gases calientes o escorias (hornos, crisoles, estufas, calderas, etc.), empleándose por este motivo en gran número de Industrias, tales como: Fundiciones, Fábricas de cemento, Fábricas de productos químicos, etc.) Aunque inicialmente se empleaban solamente productos de Arcilla refractaria ó Sílice, actualmente se emplean gran número de materiales de mejores propiedades, para poder satisfacer las necesidades de la industria moderna, de materiales de mayor poder refractario, para soportar temperaturas cada vez más elevadas.

CLASIFICACION.- De acuerdo con las sustancias que los forman pueden clasificarse en: De Arcilla Refractaria (Refractarios comunes) De Sílica, De Magnesita, De Dolomita, De Cromita, De Forsterita, De Alta Alúmina, De Alúmina Fundida, De Mullita, De Corindón y De Materiales Especiales. Por el carácter químico de los principales óxidos y compuestos que contienen, pueden clasificarse en: Ácidos, Básicos y Neutros. Entre los ácidos los únicos típicos son los de Sílice, pueden incluirse también los comunes. Entre los neutros están los de Cromita, pudiendo incluirse los de Alta Alúmina, los de Carbón y Grafito y los de Carburo de silicio. Los materiales de alta alúmina pueden considerarse como anfóteros (ácidos ó básicos) - (Pág. 126). Entre los básicos se consideran aquellos que contienen Magnesita, Cromita, Forsterita, Dolomita o mezclas de estos materiales. Según su obtención pueden dividirse en: Quemados y Químicamente ligados o Cementados. Según los productos comerciales o la forma de presentarse pueden considerarse: Productos refractarios compactos, Materiales sueltos y Cementos o Pastas. También pueden presentarse como Materiales porosos y aislantes. Los materiales compactos pueden ser: Ladrillos de varios tipos y formas de acuerdo con su aplicación, (Ordinarios, Cuña, Canto, Jamba, Salmer, etc) Tejas, Bloques, Placas y Formas especiales. Los materiales sueltos y los cementos pueden clasificarse según su aplicación en: Morteros y en Materiales para revestimientos monolíticos.

OBTENCION.- Aunque los métodos de obtención varían con el tipo de materiales, puede decirse a grandes rasgos que se requiere en primer lugar la preparación de las materias primas que van a utilizarse (obtención, extracción, purificación, etc.), sometiendo después a un quebrado y molido para la obtención de mezclas con partículas de granulación adecuada, incluyendo para algunos refractarios (de Arcilla), material previamente calcinado, también de cierta granulación, para disminuir el encogimiento y en otros, sustancias

tienen buenas propiedades aislantes, baja absorción y fuerte poder adhesivo, se emplean para moldear piezas con metales insertados - que sean resistentes al choque y a los cambios de humedad.

PRODUCTOS COMERCIALES DERIVADOS.

PLASTICOS LAMINADOS.- Productos obtenidos por la unión a elevadas temperaturas y presión de 100-150 Kgs/cm², de varias láminas de papel, telas, madera, otros plásticos, etc. con un adhesivo apropiado entre ellas o por impregnación previa.

Como adhesivos se emplean resinas termoestables, principalmente las Fenólicas, las de Melamina-Urea, las de poliestireno, disueltas en solventes apropiados; a veces se emplean también resinas Termoplásticas, por lo cual varían mucho sus propiedades, las cuales se ven afectadas además por la temperatura y el tiempo empleado en el curado. Los de base tejido, tienen buenas propiedades mecánicas, y son resistentes al impacto. Los de papel son apropiados para artículos y aparatos eléctricos y tienen poca resistencia mecánica. También pueden usarse papel o telas de asbesto o de vidrio como base, para dar resistencia a los productos químicos.

Los productos de materiales laminados pueden ser: **Moldeados o Macerados.** Los primeros se obtienen moldeando la pieza a partir de la lámina y curandola al calor y presión, mientras que los segundos se obtienen de papel o tejido impregnado reducido a pequeñas piezas, moldeado y curado, teniendo menor resistencia mecánica. El producto terminado puede cubrirse con una capa de plástico, según la cual puede dar la impresión de papel tapiz, género de dibujos, madera, metal, etc., algunos incluyen una capa de metal para hacerlos más resistentes al calor. Las formas ordinarias resisten una temperatura máxima de 110°C a 120°C. Se emplean en fabricación de envases, cubiertas para mostradores y mesas, canales de desagüe, paredes livianas, pisos, lámparas, tapetes, etc., y para gran número de productos moldeados que antes se hacían de otros materiales. Los productos comerciales son: Formica, Aqualita, Celerón, Insurok Syntano, Textolita, Lamitex, Mycarta, etc.

HOJAS DE REVESTIMIENTO.- Son hojas hechas de plástico, por lo que se llaman también **enchapados plásticos**, se venden en el comercio con una cubierta protectora de papel que se quita al remojarla en agua, pegando la hoja a la superficie que se trata de enchapar, por medio de un cemento de secado lento. Se emplean para recubrir superficies de madera, metal, vidrio, etc. en muebles viejos o nuevos, decoración de puertas, pianos, marcos de ventana, paredes, etc. En la Industria se aplican a la madera entrechapada, para dar una superficie laminada dura, prensandolas en caliente, dando así un producto útil y económico para moldes de hormigón, que puede usarse varias veces, dando un vaciado completamente liso. También se usan para cubiertas de balsas y yates, plataformas de instalaciones y equipos industriales, etc.

RESINAS NO MOLDEABLES.- Muchas resinas del tipo anterior son usadas para pinturas, lacas y barnices. Otras como el Rayón, el Nylon etc, son fibras textiles, otras como el Celofán y el polietileno para papel de envoltura, bolsas, etc. También hay una amplia variedad de gomas y adhesivos. Resinas de celulosa se emplean para películas fotográficas, etc.

CAPITULO XI.

MATERIALES REFRACTARIOS.

GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre, materiales que pueden resistir altas temperaturas sin suavización, ruptura o cambio de volumen, así como la acción de los gases y escorias que se forman durante los diferentes procesos metalúrgicos, teniendo en general baja conductividad térmica.* Pueden emplearse en forma de ladrillos, placas, bloques o formas especiales, o bien como materiales sueltos o pastas, para construcciones que deban resistir temperaturas elevadas o además la acción de gases calientes o escorias (hornos, crisoles, estufas, calderas, etc.), empleándose por este motivo en gran número de Industrias, tales como: Fundiciones, Fábricas de cemento, Fábricas de productos químicos, etc.) Aunque inicialmente se empleaban solamente productos de Arcilla refractaria ó Sílice, actualmente se emplean gran número de materiales de mejores propiedades, para poder satisfacer las necesidades de la industria moderna, de materiales de mayor poder refractario, para soportar temperaturas cada vez más elevadas.

CLASIFICACION.- De acuerdo con las sustancias que los forman pueden clasificarse en: De Arcilla Refractaria (Refractarios comunes) De Sílica, De Magnesita, De Dolomita, De Cromita, De Forsterita, De Alta Alúmina, De Alúmina Fundida, De Mullita, De Corindón y De Materiales Especiales. Por el carácter químico de los principales óxidos y compuestos que contienen, pueden clasificarse en: Ácidos, Básicos y Neutros. Entre los ácidos los únicos típicos son los de Sílice, pueden incluirse también los comunes. Entre los neutros están los de Cromita, pudiendo incluirse los de Alta Alúmina, los de Carbón y Grafito y los de Carburo de silicio. Los materiales de alta alúmina pueden considerarse como anfóteros (ácidos ó básicos) - (Pág. 126). Entre los básicos se consideran aquellos que contienen Magnesita, Cromita, Forsterita, Dolomita o mezclas de estos materiales. Según su obtención pueden dividirse en: Quemados y Químicamente ligados o Cementados. Según los productos comerciales o la forma de presentarse pueden considerarse: Productos refractarios compactos, Materiales sueltos y Cementos o Pastas. También pueden presentarse como Materiales porosos y aislantes. Los materiales compactos pueden ser: Ladrillos de varios tipos y formas de acuerdo con su aplicación, (Ordinarios, Cuña, Canto, Jamba, Salmer, etc) Tejas, Bloques, Placas y Formas especiales. Los materiales sueltos y los cementos pueden clasificarse según su aplicación en: Morteros y en Materiales para revestimientos monolíticos.

OBTENCION.- Aunque los métodos de obtención varían con el tipo de materiales, puede decirse a grandes rasgos que se requiere en primer lugar la preparación de las materias primas que van a utilizarse (obtención, extracción, purificación, etc.), sometiendo después a un quebrado y molido para la obtención de mezclas con partículas de granulación adecuada, incluyendo para algunos refractarios (de Arcilla), material previamente calcinado, también de cierta granulación, para disminuir el encogimiento y en otros, sustancias

que sirvan para aglutinar físicamente (refractarios de sílice y básicos) o que formen una ligazón química (refractarios químicamente ligados). Las formas obtenidas se someten a secado y calcinación posterior cuando se trata de Refractarios Quemados; o se dejan en recer al aire cuando se trata de Refractarios químicamente ligados.

Durante el quemado, las partículas finas forman una ligazón ce rámica entre ellas, que les imparte resistencia mecánica. En los ti pos en que se agregan sustancias para el moldeo inicial, se forma una ligazón por sinterización de unos granos con otros. En otros ca sos, se forma cierta cantidad de líquido que aumenta durante el qu quemado y que al enfriarse sirve como medio para la formación y cre cimiento de cristales entre mezclados que constituyen la liga zón (Alúmina Fundida).

PROPIEDADES Y USOS. - Punto de suavización. - Se expresa por el va lor del cono pirométrico de Seger (Pág. 87), que toca al mismo ti tiempo que el del material, una placa de prueba en la que se han pu puesto varios conos Standar, con uno o más del material que se va a probar, cada cono equivale a un grado determinado de temperatu ras, por ejemplo el No. 15 equivale a 1,430°C (muy bajo) y el No. 42 a 2,015°C (muy alto).

Resistencia a la corrosión. - Indica la resistencia del refrac ta rio a la acción química del medio, principalmente de la escoria y de los gases de combustión, depende de la composición química y de la porosidad del refractario. Generalmente, tratándose de hornos pa ra fundir metales, la zona del crisol debe de ser de la misma rea ción que la escoria, escogiéndose el resto de acuerdo con las nece sidades y condiciones de trabajo. En caso de usar dos refractarios de carácter distinto, deben de separarse con una o dos hileras de ma terial neutro, para evitar que reaccionen entre sí.

Deformación bajo carga en caliente. - Propiedad de gran signifi ca do, su valor se determina en el laboratorio, reemplazando las co ndiciones a que va a sujetarse en la práctica. Indica la tenaci dad de un material con respecto a otro, para soportar los esfuer zos de compresión originados por la expansión del material adyacen te y por el peso de los que se encuentran encima de él.

Resistencia a la abrasión. - Es proporcional a la de compresión, y está a su vez depende, junto con el módulo de ruptura, de la den sidad, porosidad y temperatura de quemado del refractario.

Contracción y Expansión. - El % de cambio lineal cuando una mu muestra se sujeta a un calentamiento y enfriamiento controlados, no s dá una medida de la Contracción y Expansión experimentada por el refractario, indicando en los materiales quemados el grado de co ccción a que fueron obtenidos.

Despostillamiento térmico. - Indica el comportamiento del re fr actario bajo los cambios bruscos de temperatura. Se determina su je tando una muestra a dichos cambios (choque térmico), como el % de pérdida por separación de fragmentos. Depende de la contracción y expansión del material, y de su granulometría, disminuyendo cu ando se usa cierta proporción de grano grueso, el cual le dá mayor ma rgen de movimientos internos.

La aplicación de un refractario de acuerdo con los datos ante rio res, depende por lo tanto, no únicamente de su habilidad para so portar determinada temperatura, sino de las condiciones de trabajo, de biendo hacerse un balance económico algunas veces, para escoger

el tipo adecuado para la aplicación que se desea.

REFRACTARIOS DE ARCILLA. - Materiales hechos con mezclas de arci ll as refractarias (Pág. 82) plásticas o suaves, con arcillas no plásticas o duras (Caolines, material calcinado, etc.). Se les lla ma también Refractarios Comunes o Silico-Aluminosos, por contener silice y alúmina. Su poder refractario aumenta con la proporción de alúmina y disminuye con el por ciento de fundentes (óxidos de calcio, fierro y magnesio).

CLASIFICACION. - De acuerdo con la dirección general de normas de nuestro país, se reconocen 5 variedades: Calidad Moderada, Cali dad Intermedia, Alta Calidad, Calidad Superior y Semisílica. Esta cla sificación se hace de acuerdo con los conos pirométricos, que son respectivamente de: 15, 29, 31½ y 33, como mínimo, equivalen tes a temperaturas de suavización de: 1,430°C, 1,660°C, 1,700°C, 1,743°C y 1,640°C, con un contenido de sílice de: 56.5 á 50.2 % de alúmina de 36.5 á 44.4 % y de fierro de 4.35 á 1.4 %, el de semisí lica tiene 75 % de SiO₂ (72-78 %), 18 á 25 % de alúmina y bajo con tenido de álcalis.

FABRICACION. - La mayor parte de las formas normales son fabri ca das por prensado, para lo cual las arcillas se mezclan con mate rial calcinado, estando ambos con granulación adecuada, con el obje to de disminuir el encogimiento y se baten con agua para formar una pasta, a la cual se le dá forma después de pasarla por una cáma ra de vacío, ya sea por extrusión o por prensado a alta presión, se secan al aire y se queman en hornos de túnel o en hornos inter mit tentes de tiro hacia abajo. Las condiciones de quemado dependen del tipo de materiales utilizados. A menudo se les dá un repren sado después de un secado parcial.

PROPIEDADES Y USOS. - Los distintos tipos varían sus propieda des entre amplios límites, su peso específico varía de 2.55 á 2.75 con 10 á 25% de porosidad. Resisten bien los cambios bruscos de temperatura, por lo que se emplean en hornos de trabajo intermiten te. Los de baja calidad y los de calidad intermedia no tienen muy buenas propiedades, por lo que se emplean como material calcinado granular para agregar a las mezclas y en forma compacta sólo para temperaturas moderadas. Los de alta calidad tienen relativamen te baja expansión térmica y pobre resistencia a la desintegración y corrosión de escorias ácidas y baja resistencia a las básicas. Los de calidad superior tienen baja expansión y buena resistencia a la desintegración y capacidad de carga. Son los de mayor refrac ta bilidad y estabilidad de volumen. Resisten mal a las escorias ácidas y moderadamente a las básicas. Los de semisílica tienen exce lente estabilidad de volumen, moderada expansión y buena resisten cia a temperaturas elevadas sin vitrificarse o desintegrarse y a la corrosión por humos y escorias alcalinas.

REFRACTARIOS DE SILICE. - Materiales ácidos fabricados con varieda des de gran pureza de Cuarzita (Ganister), con más de 97% de sílice o cuarzo, la cual, convertida en polvo de tamaño apropiado, se mezcla con 2 á 3 % de lechada de cal o de algún otro aglutinante, como mieles de la fabricación de azúcar, melaza, licor sulfítico de las fábricas de papel o dextrina y se moldea generalmente en prensas de presión, en prensas de gravedad ó de impacto y las for

mas especiales a mano se secan apropiadamente y se queman en hornos continuos, a menudo de túnel. La temperatura de quemado debe ser suficiente para convertir el cuarzo en Tridimita y Cristobalita, que son las formas cristalográficas estables a temperaturas elevadas, - la primera a $1,470^{\circ}\text{C}$ y la segunda a temperaturas superiores. Se consideran dos variedades: La Convencional o Normal, con más de 0.5% de alúmina, titanio y óxidos alcalinos y el Silica Especial, con menos de 0.5% de los mismos. Para el Silica especial, el cono pirométrico varía de 31 a 32 ($1,680-1,700^{\circ}\text{C}$), el p.e. de 2.32 a 2.38 y la porosidad de 20 a 24. Para el convencional, el cono pirométrico varía de 27 a 29 ($1,635-1,665^{\circ}\text{C}$), el p.e. 2.30 a 2.36 y la porosidad de 22 a 28. Soportan grandes cargas a temperaturas elevadas, pero tienen alta expansión térmica, por lo cual se colocan en los hornos con amplias separaciones. Sufren gran despostillamiento térmico, -- por lo que no sirven para trabajos intermitentes, a menos que se usen a temperaturas menores de 650°C . Son resistentes a la acción de humos y polvos básicos, por lo que se emplean mucho para bóvedas de hornos de hogar abierto y eléctricos.

REFRACTARIOS BASICOS.- Se comprenden con este nombre, productos en los cuales predominan el Oxido de magnesio de quemado muerto, la Dolomita, también de quemado muerto, el Oxido de cromo ó la Forsterita. Según su composición, pueden denominarse como sigue: De Periclasa, - De Magnesita, De Cromita, De Cromo-Magnesita, De Magnesita-Cromita y de Forsterita. De acuerdo con la forma de obtención, se consideran tres tipos: Los Materiales Quemados, los Químicamente cementados o Aglutinados y los Ladrillos Encasquillados.

MATERIAS PRIMAS.- MAGNESITA.- Oxido de Magnesio de quemado muerto, debe su nombre a que se obtenía de la magnesita natural o carbonato de magnesio, aunque actualmente es producida en gran cantidad del Hidróxido de magnesio del agua de mar y del mineral natural llamado Brucita (Hidróxido de Magnesio cristalizado). Estos materiales, sometidos a temperaturas de $1,400^{\circ}\text{C}$ - $2,000^{\circ}\text{C}$, se transforman en cristales de un mineral llamado "Periclasa", que es la forma cristalina de la magnesia. Sus minerales son escasos, por lo que es un material caro, que solo se usa cuando es necesario. Tiene una densidad de 3.40 - 3.60 y una porosidad de 14 a 24, según las impurezas y la temperatura de quemado.

CROMITA.- Oxido de cromo y fierro, con 68% del primero cuando está pura y en su forma comercial con 50% o menos. Sus minerales contienen de 14 a 20% de MgO , de 12 a 20% de FeO y de 31 a 45% de Cr_2O_3 . Es un material de color obscuro, casi negro, con puntos brillantes y muy pesado (3.8 a 4.10), con un punto de fusión mayor de $1,930^{\circ}\text{C}$.

DOLOMITA DE QUEMADO MUERTO.- Proviene de la calcinación a $1,650^{\circ}\text{C}$ de la Dolomita o carbonato doble de calcio y magnesio, con adición de 4 a 12% de óxido de fierro, puede emplearse mezclada con magnesita para formas especiales, pero comunmente se emplea en forma suelta o mezclada con alquitrán u otro aglutinante para parchar los hornos de hogar abierto.

FORSTERITA.- Producto fabricado por quemado del mineral llamado Olivino y Magnesia de quemado muerto. Es un silicato de magnesio ($2\text{MgO}.\text{SiO}_2$), de p.e.- 3.30 a 3.40 , de gran estabilidad de volumen y resistencia a temperaturas elevadas. Su punto de fusión es de $1,900^{\circ}\text{C}$ cuando pura.

OBTENCION.- Las formas quemadas se obtienen mezclando con agua materiales de granulación adecuada, con adición de una pequeña cantidad de dextrina, moldeando la mezcla en prensas a una alta presión, secando en secadores de túnel y quemando a elevada temperatura. Para las formas químicamente cementadas se añade una pequeña cantidad de Oxido de Cromo y aglutinantes tales como: Cementos de Oxidocloruro (Pág. 138), cloruro de Magnesio o alquitrán, omitiendo el quemado. También pueden emplearse algunos aglomerantes orgánicos y resinas sintéticas. Los encasquillados pueden hacerse de Magnesita quemada o sin quemar, encerrándolos en cubiertas de lámina de acero suave, por tres o cuatro de sus lados. Al ponerse en servicio la lámina se funde, combinándose con el óxido de Magnesio y formando una ligazón estrecha, que es prácticamente de estructura monolítica. Se aplica de preferencia a materiales de Magnesita-Cromita.

PROPIEDADES Y USOS.- En general son resistentes al ataque químico de las escorias básicas y de los óxidos. Tienen un punto de fusión extremadamente alto ($1,835^{\circ}\text{C}$), así como alta expansión y conductividad térmica, esta última especialmente cuando predomina la Magnesita, aumentándose con la cubierta metálica en los ladrillos encasquillados. Los de Magnesita pura son materiales de color café, oscureciéndose al mezclarlos con Cromita y adquiriendo gran estabilidad de volumen a alta temperatura y la propiedad de resistir cargas en caliente, que no tiene la magnesita pura. Si predomina la Cromita (Cromo-Magnesita), se obtienen productos de quemado más duro y de mayor resistencia mecánica y capacidad de carga. Los de Cromita pura (p.e. 3.80 a 4.10), pueden usarse como un material neutro. Los químicamente ligados tienen mayor resistencia a la desintegración o agrietamiento que los quemados, pero son de menor resistencia mecánica y capacidad de carga.

REFRACTARIOS DE ALTA ALUMINA.- Materiales conteniendo más de 45% de Alúmina. Los más comunes contienen de 45 a 70 %, en clases de 45, 50, 60 y 70 %. Los de 71.8% se llaman de Mullita o Silicato de Aluminio ($3\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$). Los de 80, 85 y 90% se obtienen con mezclas de Mullita y Corindón. La variación permisible en el contenido de alúmina es de más o menos $2\frac{1}{2}\%$. Los de más de 99% de Al_2O_3 , son los de Corindón.

OBTENCION.- Se fabrican a partir de minerales de alta alúmina, tales como: Bauxita (óxido aluminico-férrico), Corindón, (óxido de Aluminio cristalizado, muy puro), Diasporo (óxido de aluminio hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3.\text{H}_2\text{O}$)), Arcillas Diasporo (Arcillas Refractarias con nódulos de Diasporo), Cianita y Sillimanita (silicatos de aluminio) y el Caolín bauxítico. Generalmente, estos minerales se mezclan en proporciones variables, entre sí y con arcillas plásticas o duras, o bien con Mullita sintética, obtenida por fusión de mezclas de alúmina y sílice. En algunos casos se les añade alúmina calcinada o fundida, sobre todo a las mezclas de más alta alúmina, para darles ciertas propiedades. El Diasporo y la Bauxita tienen un alto encojimiento, por lo cual deben someterse a una calcinación previa, antes de usarse. Las mezclas obtenidas se baten con agua y se moldean a presión, secando los productos y quemándolos a temperaturas variables con la proporción de alúmina.

PROPIEDADES Y USOS.- Tienen alta refractabilidad, aumentando

con el porcentaje de alúmina. Presentan puntos de fusión desde como 36 hasta como 42 ($1,800^{\circ}\text{C}$ a $2,015^{\circ}\text{C}$). Resistencia a la desintegración térmica y a la acción de escorias no-férreas, así como a la abrasión, al impacto y a la deformación bajo carga. Se consideran como materiales neutros, pero son atacados por escorias ácidas y por escorias fuertemente básicas, es decir, que tienen comportamiento anfótero. Sin embargo, resisten bien a la mayor parte de las escorias básicas. Su peso específico varía con el porcentaje de alúmina, de 2.75 (50%) a 3.45 (90%). Los de menos de 80% de Al_2O_3 , son de baja expansión térmica que aumenta con el porcentaje y alta resistencia mecánica. Los de Mullita, tienen como 38 ($1,850^{\circ}\text{C}$), gran estabilidad de volumen y gran resistencia a la corrosión a altas temperaturas, siendo superiores en propiedades a los de la clase 70 (70% de Al_2O_3). Los de Corindón, tienen como 42 ($2,015^{\circ}\text{C}$), excepcional estabilidad de volumen a altas temperaturas y resistencia a la corrosión de escorias básicas.

Se emplean en general para hornos operados a altas temperaturas, en la obtención de aceros (Bóvedas de hornos eléctricos), cementos, vidrio, etc. y en partes especialmente vulnerables de los hornos.

REFRACTARIOS ESPECIALES.- Son productos de menor importancia, sobre todo por su elevado costo, por lo que están poco difundidos, empleándose sólo para aplicaciones especiales. Entre las materias primas utilizadas pueden considerarse un gran número de óxidos metálicos: El de Torio ó Toria, de punto de fusión arriba de $2,800^{\circ}\text{C}$ el de Zirconia o Zircona, de punto de fusión de $2,700^{\circ}\text{C}$ y el de Berilio, que funde alrededor de $2,450^{\circ}\text{C}$. Otras son: El Silicato de Zirconio, que funde a $2,500^{\circ}\text{C}$; el Carbón, especialmente en forma de grafito, de punto de fusión por encima de $3,500^{\circ}\text{C}$ y el Carburo de Silicio, que se disocia alrededor de los $2,240^{\circ}\text{C}$.

REFRACTARIOS FUNDIDOS.- Refractarios obtenidos por vaciado en moldes de materiales fundidos en los cuales predomina la alúmina, por lo que se pueden llamar también de Alúmina Fundida. Pueden contener Sílice, Zircona o Cromita. Son materiales cristalinos, densos y compactos. Se usan principalmente en los hornos de vidrio, por su resistencia a la corrosión y a la erosión del vidrio fundido, polvos y humos y por su gran estabilidad química y su impermeabilidad.

REFRACTARIOS DE ZIRCONA.- La Zircona se halla en la naturaleza en varias formas, principalmente como Zirconita, Zircón o Silicato de Zirconio (ZrSiO_4). Para su empleo se reduce con coque a alta temperatura, en presencia de virutas de hierro, para eliminar la sílice en forma de ferrosilicato. Se estabiliza con óxidos de Calcio (5%), Itrio, Escandio o Magnesio, tratando la mezcla por 40 hrs, en hornos eléctricos especiales, se deja enfriar, se tritura y se separa magnéticamente el fierro sobrante. El óxido de Zircona obtenido o Zircona se transforma por moldeo en productos comerciales, ya sea por prensado en prensas de impacto, por vaciado o por apisonado con remo de aire. Resiste temperaturas muy elevadas ($2,400^{\circ}\text{C}$). Tiene conductividad térmica baja y sin embargo a temperaturas elevadas se transforma en un buen conductor. Su gran densidad (4.38) y su baja porosidad (15-30), le permiten resistir la penetración de los vidrios fundidos y escorias. Se emplea para fondos de tanques para vidrio y partes de los hornos, hornos para silicato de sodio y metafosfatos, boquillas, accesorios para hor-

nos eléctricos, etc.

REFRACTARIOS DE CARBURO DE SILICIO.- Se fabrican sinterizando en el horno eléctrico una mezcla de arena sílice y coque, a temperaturas de $1,780$ a $2,200^{\circ}\text{C}$., con agentes adhesivos. Dan productos oscuros, muy duros, resistentes y densos (3.17) con 18 a 23% de porosidad. Son de excepcional conductividad térmica, de gran absorción del calor y emisividad, y de baja expansión. Son resistentes a la abrasión a altas temperaturas y a los cambios bruscos de temperatura. Son de carácter neutro, por lo que resisten bien el ataque de las escorias ácidas y básicas. Se emplean para muflas, crisoles, retortas, accesorios para hornos, para piezas resistentes a la abrasión y para manejo de ácidos en caliente.

MORTEROS Y MATERIALES PARA REVESTIMIENTOS MONOLITICOS.

A.- MORTEROS.- Mezclas apropiadas de refractarios finamente molidos, empleadas para colocar en obra las formas compactas o para sellar las paredes de los hornos y evitar la penetración de la escoria. Pueden ser de dos tipos, según su aplicación: a.- De Endurecimiento al calor y b.- De Endurecimiento al aire. Prácticamente cada tipo de material refractario tiene un mortero de composición y propiedades semejantes, sin embargo, algunos morteros pueden servir para otros refractarios, siempre que tengan expansión y contracción semejantes, algunos pueden reaccionar superficialmente con el material para formar una fuerte ligazón cerámica.

a.- **MORTEROS QUE SE ENDURECEN POR EL CALOR.**- Consisten de materiales finamente molidos o de refractarios calcinados, ya sea solos o mezclados entre sí. Se caracterizan porque forman una fuerte unión cerámica a temperaturas de 990°C a $1,370^{\circ}\text{C}$, según su composición. Se suministran en forma seca y para usarlos se mezclan con suficiente cantidad de agua para dar la consistencia deseada. Suministran flexibilidad para la contracción y expansión de los ladrillos y para compensar la elevada expansión térmica de ciertos tipos (Silica). Se aplican cuando se requieren uniones con un mínimo de encogimiento y que no es necesario que sean muy fuertes, también se aplican para grandes fluctuaciones de temperatura.

b.- **MORTEROS DE ENDURECIMIENTO AL AIRE.**- Mezclas semejantes a las anteriores, pero a las cuales se han añadido aglomerantes químicos, tales como silicato de sodio para los de arcilla, dextrina para los básicos, etc. Algunos se venden en forma de pasta, listos para usarse y otros en forma seca, a los cuales debe añadirse agua y mezclarlos antes de usarlos. Al secarse se endurecen y desarrollan una fuerte ligazón, lo cual los diferencia de los anteriores. Son recomendables para aquellos usos en que se requiere una fuerte unión para amplios grados de temperaturas y para condiciones severas.

B.- MATERIALES PARA REVESTIMIENTOS MONOLITICOS.- Son mezclas especiales de materiales refractarios en forma de gránulos secos o de pastas plásticas, apropiadas para facilitar las reparaciones rápidas de los hornos, ya sea en frío o en caliente o para formar una masa sin juntas (revestimiento monolítico) sobre una área o volumen determinado. Pueden tener un amplio grado de variación en composición y propiedades físicas y químicas. Sustituyen en ciertas a

plicaciones a los refractarios compactos, con mejoramiento en las propiedades, ya que producen mejor aislamiento, más compacidad y mejor resistencia a la desintegración y al choque térmico. Pueden suministrarse como: Refractarios plásticos, Materiales apisonables Mezclas para pistolas de aire y Refractarios Vaciables. Las formas secas contienen substancias que desarrollan poder adhesivo al mezclarse con agua antes de usarlas, mientras que las plásticas pueden aplicarse directamente tal como vienen, desarrollando una ligazón cerámica a altas temperaturas.

PLASTICOS REFRACTARIOS.- Mezclas de materiales calcinados quebrados y arcillas plásticas en forma de pasta, con 6-10% de agua. Se colocan en obra por medio de un pisón de madera o un remo de aire. Se emplean varios grados que corresponden a los diversos tipos de refractarios comunes, materiales de alta alúmina, solos o con grafito, y aún materiales básicos, en formas de endurecimiento en caliente o al aire. Son apropiados para reparaciones de emergencia y para revestimientos monolíticos de los hornos de recocido y de forja, para calderas, estufas, cámaras de regeneración, quemadores etc.

MATERIALES APISONABLES.- Mezclas de varias composiciones que incluyen casi todos los tipos de refractarios, cuidadosamente graduadas en partículas de diferentes tamaños, con materiales añadidos para hacerlas manejables y suministrar adhesividad. La mayor parte se proporcionan secas, pero algunas vienen en forma de pasta con 4 % de agua. Se colocan en obra en la misma forma que las anteriores. Las mezclas a base de Cromita, se emplean para condiciones severas de erosión, en paredes de hogares, puertas, calderas, etc. Las Silíceas, se usan para parchar los hornos. Las de Carburo de silicio, para alta transferencia de calor y resistencia a la escoria. Las básicas, para fondos de los crisoles de los hornos y aún crisoles completos. Las de Zircón, para manejo de vidrio fundido.

MEZCLAS PARA PISTOLAS DE AIRE.- Son de tipo semejante a las anteriores, pero de granulación más fina, apropiada para ser lanzadas a alta velocidad y presión por medio de pistolas de aire y formar un revestimiento monolítico denso y uniforme. Pueden ser de fraguado al aire, hidráulico o en caliente, de Sílice, para hornos de cubilote, de Arcillas refractarias, de Alta Alúmina, de Magnesita y de Cromita.

REFRACTARIOS VACIABLES.- Mezclas de partículas granulares y polvo, con substancias de fraguado hidráulico. Se venden en forma seca y se aplican de la misma manera que el concreto, por lo que se les llama también Concretos Refractarios, es decir, por vaciado. Para bóvedas, paredes, puertas, crisoles y obtención de formas complicadas. La mayoría tienen una base de Arcilla refractaria, Cromita, Cromo-Magnesita o Alta Alúmina. Muestran poco encogimiento y bajo coeficiente de expansión térmica y resisten a la desintegración y a la abrasión. No deben emplearse para espesores menores de 40 mm. A veces se mezclan con algo de óxido de cromo o de hierro, para hacerlos resistentes a la escoria en reparaciones en caliente.

La clasificación anterior indica la forma más común en que las mezclas son utilizadas, pero no excluye la posibilidad de usar otros métodos, lo cual es frecuente. También muchos Materiales granulares pueden aplicarse en seco para reparación de los crisoles de los hornos, etc., sobre todo en la industria del hierro y el acero.

C A P I T U L O XII

MATERIALES CEMENTANTES.

GENERALIDADES.- (Ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos compacto, adhiriéndose fuertemente a las superficies pétreas con las cuales se ponen en contacto, generalmente por intermedio del agua (fraguado) y otros por polimerización. Tales sustancias se conocen con el nombre de "Materiales Cementantes" y tienen gran importancia para la unión de materiales pétreos naturales o artificiales, para fabricación de partes moldeadas o en construcción general.)

CLASIFICACION.- Según su constitución se dividen en: Orgánicos e Inorgánicos. Los primeros comprenden únicamente los Materiales Bituminosos, que se endurecen por polimerización. Los segundos, según la transformación experimentada durante el endurecimiento, se pueden clasificar en: Simples y Complejos. Simples son aquellos producidos por la acción del calor sobre ciertas materias primas, con el desprendimiento de un gas o líquido que se reabsorbe al fraguar; comprenden los Yesos y los Materiales de Cal y Magnesia. Los Complejos, por el contrario, forman en el fraguado materiales diferentes de los iniciales, dando en presencia del agua una serie de reacciones químicas, acompañadas de fenómenos de cristalización en el seno de la masa (Fraguado), por lo cual se les llama también Cementos Hidráulicos.

En este capítulo se estudiarán únicamente los dos primeros, es decir: Materiales Bituminosos (I) y los Materiales Simples (II). Los Cementos Hidráulicos (III) se tratarán en un segundo capítulo, se incluye además un tercer capítulo con el nombre de Morteros y Concretos.

I.- MATERIALES BITUMINOSOS.

GENERALIDADES.- Son materiales derivados de la destilación de ciertos petróleos (asfálticos) o de carbones bituminosos y madera (alquitranes). Están formados por hidrocarburos de elevado peso molecular, junto con materiales resinosos y aceitosos que actúan como solventes; contienen además impurezas minerales y orgánicas, carbón, etc. Deben sus propiedades a un compuesto soluble en sulfuro de carbono conocido con el nombre de "Bitúmen o Betún".

DIVISION.- Comprende dos tipos: Alquitranes y Asfaltos.

A.- ALQUITRANES.- Productos resultantes de la destilación seca de carbones bituminosos (2-4%), sobre todo de la hulla, en la obtención del coque. También se obtienen en la producción del gas de agua y gas del alumbrado.

Sus propiedades varían según su origen, pero en general son líquidos viscosos, densos (p.e. 1-13), de color oscuro, casi negro, por la presencia de partículas de carbón en suspensión. Presentan olor penetrante característico, sabor amargo, reacción alcalina y contienen gran número de sustancias de aplicación industrial, por lo

plicaciones a los refractarios compactos, con mejoramiento en las propiedades, ya que producen mejor aislamiento, más compacidad y mejor resistencia a la desintegración y al choque térmico. Pueden suministrarse como: Refractarios plásticos, Materiales apisonables Mezclas para pistolas de aire y Refractarios Vaciables. Las formas secas contienen substancias que desarrollan poder adhesivo al mezclarse con agua antes de usarlas, mientras que las plásticas pueden aplicarse directamente tal como vienen, desarrollando una ligazón cerámica a altas temperaturas.

PLASTICOS REFRACTARIOS.- Mezclas de materiales calcinados quebrados y arcillas plásticas en forma de pasta, con 6-10% de agua.- Se colocan en obra por medio de un pisón de madera o un remo de aire. Se emplean varios grados que corresponden a los diversos tipos de refractarios comunes, materiales de alta alúmina, solos o con grafito, y aún materiales básicos, en formas de endurecimiento en caliente o al aire. Son apropiados para reparaciones de emergencia y para revestimientos monolíticos de los hornos de recocido y de forja, para calderas, estufas, cámaras de regeneración, quemadores etc.

MATERIALES APISONABLES.- Mezclas de varias composiciones que incluyen casi todos los tipos de refractarios, cuidadosamente graduadas en partículas de diferentes tamaños, con materiales añadidos para hacerlas manejables y suministrar adhesividad. La mayor parte se proporcionan secas, pero algunas vienen en forma de pasta con 4 % de agua. Se colocan en obra en la misma forma que las anteriores. Las mezclas a base de Cromita, se emplean para condiciones severas de erosión, en paredes de hogares, puertas, calderas, etc. Las Silíceas, se usan para parchar los hornos. Las de Carburo de silicio, para alta transferencia de calor y resistencia a la escoria. Las básicas, para fondos de los crisoles de los hornos y aún crisoles completos. Las de Zircón, para manejo de vidrio fundido.

MEZCLAS PARA PISTOLAS DE AIRE.- Son de tipo semejante a las anteriores, pero de granulación más fina, apropiada para ser lanzadas a alta velocidad y presión por medio de pistolas de aire y formar un revestimiento monolítico denso y uniforme. Pueden ser de fraguado al aire, hidráulico o en caliente, de Sílice, para hornos de cubilote, de Arcillas refractarias, de Alta Alúmina, de Magnesita y de Cromita.

REFRACTARIOS VACIABLES.- Mezclas de partículas granulares y polvo, con substancias de fraguado hidráulico. Se venden en forma seca y se aplican de la misma manera que el concreto, por lo que se les llama también Concretos Refractarios, es decir, por vaciado. Para bóvedas, paredes, puertas, crisoles y obtención de formas complicadas. La mayoría tienen una base de Arcilla refractaria, Cromita, Cromo-Magnesita o Alta Alúmina. Muestran poco encogimiento y bajo coeficiente de expansión térmica y resisten a la desintegración y a la abrasión. No deben emplearse para espesores menores de 40 mm. A veces se mezclan con algo de óxido de cromo o de hierro, para hacerlos resistentes a la escoria en reparaciones en caliente.

La clasificación anterior indica la forma más común en que las mezclas son utilizadas, pero no excluye la posibilidad de usar otros métodos, lo cual es frecuente. También muchos Materiales granulares pueden aplicarse en seco para reparación de los crisoles de los hornos, etc., sobre todo en la industria del hierro y el acero.

C A P I T U L O XII

MATERIALES CEMENTANTES.

GENERALIDADES.- (Ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos compacto, adhiriéndose fuertemente a las superficies pétreas con las cuales se ponen en contacto, generalmente por intermedio del agua (fraguado) y otros por polimerización. Tales sustancias se conocen con el nombre de "Materiales Cementantes" y tienen gran importancia para la unión de materiales pétreos naturales o artificiales, para fabricación de partes moldeadas o en construcción general.)

CLASIFICACION.- Según su constitución se dividen en: Orgánicos e Inorgánicos. Los primeros comprenden únicamente los Materiales Bituminosos, que se endurecen por polimerización. Los segundos, según la transformación experimentada durante el endurecimiento, se pueden clasificar en: Simples y Complejos. Simples son aquellos producidos por la acción del calor sobre ciertas materias primas, con el desprendimiento de un gas o líquido que se reabsorbe al fraguar; comprenden los Yesos y los Materiales de Cal y Magnesia. Los Complejos, por el contrario, forman en el fraguado materiales diferentes de los iniciales, dando en presencia del agua una serie de reacciones químicas, acompañadas de fenómenos de cristalización en el seno de la masa (Fraguado), por lo cual se les llama también Cementos Hidráulicos.

En este capítulo se estudiarán únicamente los dos primeros, es decir: Materiales Bituminosos (I) y los Materiales Simples (II). Los Cementos Hidráulicos (III) se tratarán en un segundo capítulo, se incluye además un tercer capítulo con el nombre de Morteros y Concretos.

I.- MATERIALES BITUMINOSOS.

GENERALIDADES.- Son materiales derivados de la destilación de ciertos petróleos (asfálticos) o de carbones bituminosos y madera (alquitranes). Están formados por hidrocarburos de elevado peso molecular, junto con materiales resinosos y aceitosos que actúan como solventes; contienen además impurezas minerales y orgánicas, carbón, etc. Deben sus propiedades a un compuesto soluble en sulfuro de carbono conocido con el nombre de "Bitúmen o Betún".

DIVISION.- Comprende dos tipos: Alquitranes y Asfaltos.

A.- ALQUITRANES.- Productos resultantes de la destilación seca de carbones bituminosos (2-4%), sobre todo de la hulla, en la obtención del coque. También se obtienen en la producción del gas de agua y gas del alumbrado.

Sus propiedades varían según su origen, pero en general son líquidos viscosos, densos (p.e. 1-13), de color oscuro, casi negro, por la presencia de partículas de carbón en suspensión. Presentan olor penetrante característico, sabor amargo, reacción alcalina y contienen gran número de sustancias de aplicación industrial, por lo

cual se someten de preferencia a destilación fraccionada total o parcial, para separar los componentes de valor. La fracción residual constituye la llamada "Brea de hulla o Alquitrán Industrial" que es el que realmente se utiliza en Ingeniería, junto con el asfalto, para impermeabilizar materiales, para tratamientos superficiales, en mezclas para caminos, pinturas protectoras, etc. Tiene un 78 - 88% de Betún, p.e. - 1.09 - 1.14, comprende 14 tipos diferentes de acuerdo con sus propiedades.

B.- ASFALTOS.- Son materiales coloidales formados por un grupo de hidrocarburos (asfaltanos), mezclados con resinas polimerizadas que actúan como estabilizadoras. Son de color negro o café oscuro, resistentes, elásticos e impermeables (repelentes al agua). En su forma normal son sólidos duros, brillantes, de fractura concóidea. Se suavizan por el calentamiento, dando un material adherente de gran poder cubriente y de endurecimiento al aire. El punto de suavización varía con su composición, siendo mayor para los asfaltos oxidados (véase adelante). El calentamiento debe efectuarse cuidadosamente, ya que si no es suficiente se enfría rápidamente y no tiene adhesividad y si se calienta demasiado se perjudican sus propiedades (se quema), pudiendo llegar a encenderse al empezar su volatilización. El punto de inflamación sirve para identificar los diferentes tipos. Expuesto a la intemperie sufre un proceso de oxidación paulatina, hasta oxidarse totalmente, volviéndose quebradizo. Por tener que calentarse para aplicarlo, el asfalto Normal se llama también Asfalto Caliente, tiene varias desventajas, aparte de necesitar equipo para calentarlo, el control necesario, etc. Puede escurrir por el calor del sol, se rompe por enfriamiento a baja temperatura. Se ampolla y rompe expuesto a los elementos y se carboniza por oxidación, solo puede aplicarse en superficies secas y no puede ser regado. Según su origen pueden ser: Naturales o de Mina y Artificiales.

ASFALTOS NATURALES.- Se hallan ampliamente distribuidos en todos los países en donde existen yacimientos petrolíferos, algunos se hallan en grandes depósitos, por ejem; en los lagos de Trinidad en las Indias del Este y Bermudas en Venezuela, otros se encuentran en rocas areniscas o calizas (a menudo presentan vetas) como un material duro y frágil. Son de composición variable, teniendo generalmente gran cantidad de impurezas, por lo que se les refina por deshidratación y sedimentación; para eliminar el agua y las sustancias minerales se les agrega algún material de relleno y algo de destilados de petróleo, para hacerlos manejables, llamándoseles Asfaltos rellenos, son apropiados para pavimentos.

ASFALTOS ARTIFICIALES.- Residuos de la destilación de los petróleos de base asfáltica o semiasfáltica, (algunos dejan como residuo parafinas, por lo que se llaman petróleos parafínicos). El tipo de asfalto obtenido depende de la temperatura, del tipo de petróleo y del tiempo de calentamiento,

Constituyen la mayor cantidad de los asfaltos comerciales. Presentan varias formas modificadas conocidas bajo el nombre de Asfaltos Modificados, entre ellos: los Asfaltos de Craking, que resultan como residuo de la operación llamada de Craking o rompimiento de las grandes moléculas, aplicada a los residuos de petróleo para aumentar el rendimiento en gasolina. Son de carácter heterogéneo, susceptibles a los cambios de temperatura y poco apreciados, por no tener buenas propiedades. Los Asfal-

tos oxidados, compuestos muy pesados y de mayor peso molecular que los ordinarios, de los cuales se obtienen por polimerización, mediante una oxidación con aire a temperaturas de 205° - 260° C. La aplicación continuada del aire produce una oxidación progresiva, disminuyendo el poder de penetración y la ductilidad y aumentando el punto de suavización. Son menos susceptibles a los cambios de temperatura, por lo cual son apropiados para usarlos en climas cálidos. Cuando los asfaltos son demasiado sólidos, se mezclan en caliente con productos más líquidos, para obtener un producto de viscosidad media, que se pueda manejar fácilmente, de este modo resultan Los Asfaltos fluidizados o Cementos de asfalto, apropiados para usarlos en pavimentación.

C.- PREPARADOS BITUMINOSOS.- Comprenden soluciones y emulsiones de asfalto, o alquitranes, producidas para ciertas aplicaciones y para manejarlos industrialmente en forma líquida, evitándose la necesidad de tener que calentarlos para aplicarlos y aumentando la penetración. Soluciones.- Se obtienen añadiendo destilados de petróleo (gas, gasoil, etc.) a los productos sólidos, para disolverlos y formar productos semejantes a las soluciones originales, por lo cual se llaman Asfaltos y Alquitrán Regresados. Presentan la desventaja de ser más inflamables, por lo cual deben manejarse con mucho cuidado, además poseen un fuerte olor, conservando las desventajas de los asfaltos comunes. Se emplean para tratamientos superficiales, mezclas para caminos etc. Los de alquitrán se usan para endurecimiento rápido a baja temperatura. También se usan para preparación de plásticos y pinturas de asfalto, variando el tipo de solventes y empleando diferentes materiales de relleno. Para cubiertas protectoras, impermeabilizantes, etc. También se preparan productos regresados de alquitrán, para aplicaciones en que se requiere enfriamiento rápido a bajas temperaturas.

Emulsiones.- Productos que tienden a eliminar las desventajas de los anteriores, reteniendo las propiedades químicas del asfalto, se obtienen dispersando mezclas de asfalto y agua, bajo la acción de una fuerte velocidad y en presencia de agentes emulsificantes.- Según la proporción de éstos, pueden resultar productos de consistencia y viscosidad variables, según la aplicación requerida. Pueden ser de dos tipos: Emulsiones en que el aceite se dispersa en el agua, llamadas de Aceite en agua y Emulsiones de agua en aceite. Las primeras son las más comunes en la industria, se producen con agentes emulsificantes que se mojan más por el agua que por el aceite, por ej., el oleato de sodio, el jabón, etc. Se emplean para pavimentos, para cartón, papel o tela, para el curado del concreto, para cubrir tuberías y metales, evitando la corrosión, etc. Comprende dos tipos: Lábiles, inestables de rápido rompimiento y Estables o de lento rompimiento. Las primeras producen películas de gran resistencia, se conocen como Emulsiones para caminos, conservan las desventajas del asfalto, por su rápido rompimiento. Las Emulsiones estables se conocen como Emulsiones Industriales de asfalto o de tipo de arcilla, por emplearse arcillas o algún otro coloide mineral para emulsificar; al secarse dan una película reforzada, libre de las desventajas inherentes al asfalto. Permiten el uso de asfaltos y alquitranes suaves que no pueden usarse en la forma normal.- Se aplican en la industria para gran número de usos, reparación de techos, impermeabilizaciones, cubiertas anticorrosivas, etc.

PRODUCTOS COMERCIALES.

MEZCLAS PARA PAVIMENTOS.- Pueden ser de tipo de hojas o de tipo de concreto. Las primeras contienen 10 á 13% de asfalto o alquitran de hulla, 10 á 20% de caliza pulverizada o algún otro relleno mineral y el resto de arena fina malla 10. se usan en las ciudades. Se obtienen por extrusión de una mezcla de asfalto, material fibroso y un agregado mineral, a una presión suficiente para expulsar el aire atrapado y formar una masa densa. En una variedad se embeben a presión en la superficie partículas de un agregado grueso de malla 4. El concreto asfáltico o de alquitran comprende mezclas de agregados finos, solos o con agregados gruesos, en las cuáles las partículas están uniformemente cubiertas con asfalto o alquitran, pudiendo o no llevar relleno mineral. Pueden obtenerse en plantas mezcladoras intermitentes o continuas.

Ocasionalmente se emplean mezclas aplicables en frío, consistentes de asfalto duro pulverizado, un fluidizante y agregado mineral, arena y a veces piedra quebrada. Estas mezclas tienen la particularidad de que, cuando se comprimen, el disolvente actúa sobre el asfalto, formando un cemento que une las partículas para formar una masa compacta. Para tratamiento superficial se emplean mezclas de alquitran y asfalto, ordinarios y regresados, emulsiones, etc. con piedra quebrada.

IMPERMEABILIZANTES.- Mezclas de asfaltos o alquitranes con asbesto, vermiculita, etc. y disolventes adecuados (Aceites minerales y vegetales), para darles la consistencia necesaria. Si la pasta es suficientemente sólida y plástica, se le llama cemento plástico y se usa para rellenar ranuras de paredes, techos, etc. Para esta aplicación son extensamente usados los asfaltos oxidados, por ser menos afectados por los cambios de temperatura.

PAPEL RUBEROIDE.- Es un fieltro impregnado con asfalto suave, con partículas gruesas de arena o cuarzo, a veces de talco o mica pulverizados, distribuidas en la superficie y de una cubierta endurecida de asfalto oxidado, por ambos lados, que le da consistencia como de hule, de donde viene su nombre. El producto impregnado puede durar de 1 a 5 años según su calidad, pero su duración puede ser mucho mayor reimpregnandolos periódicamente. Da buena protección contra la lluvia, es durable, flexible, relativamente barato y de gran resistencia. Se vende en forma de lámina, en rollos flexibles. También se venden hojas de asbesto o de fieltro saturadas con materiales bituminosos, sin cubrir o cubiertas con asfalto duro y material mineral triturado; para techos, construcciones a prueba de agua, etc.

TELAS Y CARTON ASFALTADO o ALQUITRANADO.- Se venden en el comercio láminas de cartón corrugado impregnadas de asfalto o alquitran, simples o dobles, para techados improvisados o de poca duración, por que se deterioran fácilmente. A menudo las dobles vienen unidas con un adhesivo a base de silicato de sodio, siendo más durables que las sencillas. También se vende papel, telas, y tela de vidrio impregnados con asfalto o alquitran, para proteger contra la humedad las máquinas, estructuras, mercancía, etc.

II.- MATERIALES CEMENTANTES SIMPLES.

GENERALIDADES.- Comprenden dos tipos fundamentales que son: A.- Yesos y B.- Materiales de Cal y Magnesia.

A.- YESOS PLASTICOS.

GENERALIDADES.- Se conocen con este nombre todos aquellos materiales que pueden usarse en estado plástico, de poder cementante, obtenidos de la deshidratación parcial o total del yeso natural o sulfato de calcio dihidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) con o sin la adición de sustancias para modificar su fraguado y propiedades. Los principales minerales son: El Alabastro, que es un yeso bastante puro, blanco, de textura y grano fino, se llama variedad compacta. La Se lenita o variedad cristalizada, semitransparente. Hay una variedad de forma parecida a la mica, pero de hojas inelásticas y semitransparentes. También se halla como un yeso terroso o Gipsita y como Arenas Yesosas en algunos lugares, con 50% o más de impurezas.

OBTENCION Y DENOMINACION DE YESOS COMERCIALES.- Comprende la deshidratación del yeso natural, para la cual el mineral quebrado o molido se somete a un calentamiento, con el objeto de eliminar parcial o totalmente el agua de cristalización. La deshidratación empieza a los 110°C, notandose una especie de ebullición, debida al desprendimiento violento de vapor, hasta llegar a 130-150°C, permaneciendo estable la masa a esta temperatura (primera sedimentación), transformándose la mayor parte del mineral en semihidratado y resultando los Yesos para Estuco. Si continúa el calentamiento hasta los 190°C, se observa una segunda ebullición, más violenta que la primera y cuando la masa se aquieta o segunda sedimentación, se ha transformado todo en semihidratado ($2CaSO_4 \cdot H_2O$), obteniéndose el Yeso de París, Yeso Mate o Yeso Rápido. Si además de yeso hay otros materiales como arcilla o cal presentes en la materia prima o se añaden durante la calcinación, el producto obtenido se llama Yeso para Paredes, Yeso Patentado o Yeso Cemento. Si el calentamiento continúa hasta los 205°C, se obtiene el Yeso Anhidro, debido a la deshidratación completa. Si el calentamiento se prolonga demasiado por encima de 205°C, o si se calienta a temperaturas elevadas, el yeso pierde así su propiedad de fraguar en un plazo definido, obteniéndose el llamado Yeso de Horno, que puede ser de dos clases: el obtenido hasta temperaturas de 500 y 800°C, el cual se llama Yeso Inerte y el obtenido a temperaturas de 850°C a 1,020°C que se llama Yeso Lento. El 1º se llama también yeso de quemado muerto o yeso pasado, y solo con ciertos aceleradores o catalizadores puede hidratarse, mientras que el yeso lento, necesita de 25 a 50 hrs. para fraguar.

La deshidratación del yeso puede efectuarse en grandes pailas que se colocan en estufas en las que se logre un cuidadoso control del calor; siendo éste el proceso más barato y de uso más común, o bien en hornos de cuba, para capacidades de 7 á 10 tons. o en hornos rotatorios para capacidades aún mayores, éstos últimos producen yeso de menor tamaño y casi siempre anhidro. El material que cae por la parte inferior del horno se almacena en un tanque, en el cual se completa la calcinación con el calor almacenado en el yeso. Los yesos obtenidos en cualquiera de las formas descritas, se someten a un molido fino antes de envasarlos y comúnmente se mezclan con sustancias apropiadas para darles determinadas características de fraguado, resistencia al calor, dureza, etc. Algunas mezclas vuelven a calcinarse, con el objeto de que el yeso reaccione químicamente.

PROPIEDADES Y USOS.- Dependen de la materia prima utilizada, de la temperatura de calcinación, del grado de deshidratación producido, de la fineza y finalmente de las sustancias agregadas. En general son polvos de color más o menos blanco o ligeramente amarillento, que tienen la propiedad de fraguar formando un sólido suave que se raya con la uña, de aspecto agradable, por lo que se emplean para construcción y en la escultura. La pasta formada con la cantidad apropiada de agua es bastante plástica, pudiendo moldearse a la forma deseada. Su plasticidad varía con la cantidad de agua añadida. El tiempo de fraguado aumenta con la temperatura de calcinación, desde 5 m. para los Yesos de Fraguado Rápido, hasta 20 a 50 horas para los Yesos Lentos, en cambio, disminuye con el grado de fineza y con el aumento de pureza, pudiendo llegar a solo 2 m., para ciertas variedades de yesos muy puros y finamente molidos (yesos dentales). La presencia de ciertas impurezas, tales como arcillas, etc. o la adición de determinadas sustancias de tipo coloidal, disminuyen la velocidad de hidratación y el endurecimiento. Entre dichas sustancias se encuentran: Harinas, gomas, gelatinas, sangre, etc. Efecto parecido producen algunas sustancias cristalizadas, tales como el bórax, y los ácidos tartárico, cítrico o acético. Algunas sales pueden acelerar el fraguado, volviendo el yeso más duro y resistente, por ej: Alumbre, Sulfatos de sodio y Potasio, Sal, etc.

La resistencia de los yesos varía con el tiempo, en general aumenta en los primeros días, llega al máximo en unas cuantas semanas y disminuye después lentamente. Aumenta con la disminución en la velocidad de fraguado, al igual que la dureza, siendo más suaves los de fraguado rápido o de bajo quemado y más duros y resistentes los de fraguado lento, obtenidos a altas temperaturas. La adición de ciertos materiales como talco, asbesto, caolín, etc., lo vuelven resistente a las altas temperaturas, obteniéndose yesos refractarios, que se usan entre otras aplicaciones para moldes de piezas para vaciado. Al hidrolizarse el yeso, muestra cierto carácter ácido, por lo que, usado en contacto con metal, lo corroe, manchándose de amarillo o café. Para estos usos conviene mezclarlo con cemento o cal para neutralizarlo. Para su uso como mortero y para estuco, se mezcla con arena y cal.

CLASIFICACION.- Los diferentes tipos de yesos mencionados pueden agruparse en dos tipos principales: A.- Yesos Incompletamente deshidratados ó Calcinados y B.- Yesos Anhidros, los cuales a su vez, comprenden una variedad pura y otra conteniendo ciertas impurezas, naturales o artificiales. Los primeros comprenden el Yeso de París y el Yeso Cemento y los segundos el Yeso para pisos y los Yesos para acabados duros.

DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS.- a.- YESO DE PARIS. Se llama así porque en París existen los más importantes yacimientos de yeso, se llama también yeso rápido, se obtiene a temperaturas menores de 190°C; es un yeso puro, semihidratado, molido a una fineza de 80 a 90 % en malla 100. (Fragua rápidamente, endureciéndose en (5-15 m.), por lo que se usa muy poco como mortero, usándose principalmente para vaciados, por su rápido fraguado y por su gran contracción y expansión. Tiene una variedad llamada "Yeso para Estuco" que se obtiene deteniendo la deshidratación a los 155-175°C, es también yeso puro, pero no está tan finamente molido.

b.- YESOS CEMENTOS.- Mezclas del anterior con sustancias retardadoras del fraguado, algunos contienen una pequeña cantidad de caballos (1 a 3 Kgs. por ton.) para aumentar su resistencia y cohesividad, algunos emplean fibras de henequén o cáñamo. (Se usa con el nombre de Estuco para cubrir paredes) mezclado con cierta cantidad de cal (10 a 15%), fibra y arena (2 o 3 partes). A menudo se le aumenta la plasticidad con adición de arcillas. El tiempo de fraguado varía de 20 a 40 m. Hay una variedad llamada Yeso de fibra de madera, que contiene unos 10 a 20 Kgs. por tonelada de fibra de madera de tilo (sin manchas), en lugar de arena, para darle ligereza y aislamiento al calor y al sonido.

c.- YESO PARA PISOS.- Yeso anhidro de fraguado muy lento, por lo cual debe molerse más fino que el de París. Se obtiene por calcinación del yeso puro a temperaturas pasando de los 205°C, al endurecer desarrolla una gran resistencia mecánica y una gran dureza, por lo que es muy resistente a la abrasión, lo que le permite emplearse para pisos, solo que deben de protegerse contra la humedad mientras fraguan.

d.- YESOS PARA ACABADOS DUROS.- Mezclas del anterior con ciertas sales, como Bórax, alumbre, sulfatos de sodio o potasio etc., para aumentar su velocidad de hidratación, para lo cual, después de un quemado preliminar a alta temperatura, se introduce el producto calcinado en una solución de la sal escogida y se vuelve a quemar. Entre éstos se encuentran: El cemento Keene con 1% de alumbre, que fragua en 20 m. a 6 horas y presenta a los 7 días una resistencia de 3 Kgs/cm². El cemento Mack con 0.4% de sulfato de sodio, que es un yeso pesado, de gran durabilidad y el cemento Parián, con sulfato de Potasio.

e.- PRODUCTOS COMERCIALES.- Se venden en el comercio gran número de figuras de yeso huecas o macizas para efectos decorativos, pero de importancia en construcción pueden considerarse placas ligeras de diversos nombres, fabricadas de mezclas de yeso con no más de 15% de aserrín, desperdicios de turba, fibra de yute y de coco, pelos, cerdas, etc. Algunas de estas tienen excelentes propiedades aislantes, térmicas y acústicas, son ligeras, fáciles de colocar y recubrir, pero se agrietan con facilidad y no resisten los cambios de humedad, se manchan fácilmente y no son muy durables. Hay una variedad de placas de yeso recubiertas en la superficie con papel firmemente adherido y papel de aluminio, resistentes al fuego. También se fabrican bloques huecos de 5 a 7 cms. de grueso, empleados para paredes aislantes al calor. Se pueden aserrar. Pueden fabricarse por vaciado en moldes, o por extrusión. Para construcciones temporales, tabiques para exhibición, etc., se aplica el yeso sobre algunas fibras para reforzarlo y hacerlo tenaz, a menudo se le añade cemento, glicerina o dextrina.

II.- B.- MATERIALES DE CAL Y MAGNESIA.

GENERALIDADES Y DIVISION.- Se conocen con este nombre los productos que resultan de la calcinación de Calizas, Dolomitas (Pag. 78) o Magnesitas. Las propiedades y aplicación de los productos obtenidos dependen del contenido de óxidos de calcio y magnesio que a su vez dependen de la proporción de Carbonato de calcio o Caliza y de carbonato de Magnesio o Magnesita. Los ricos en Oxido de Calcio --

(CaO) ó Cal tienen propiedades cementantes y se conocen con el nombre de *Cales*. Mientras que aquellos en que predomina el Oxido de Magnesio (MgO), se dividen en dos tipos; Magnesia Calcinada de propiedades cementantes y Magnesia de Quemado muerto, de propiedades refractarias.

A.- CALES.- Según su contenido en Oxido de Calcio pueden ser: Cales Grasas o Cáusticas, con más de 90% de CaO+MgO y no más de 3% de CO₂, también se llaman Cales selectas o seleccionadas. Cales Ordinarias o comunes, con 85 a 90% de CaO+MgO y menos de 5% de CO₂ y Cales Magras ó impuras con menos de 85%, estas últimas no son muy convenientes para la construcción. Según la proporción relativa de óxidos de calcio y magnesio pueden ser: Cálcicas con menos de 20% de MgO y Dolomíticas con más de 25% de MgO. Según la forma de presentarse en el comercio pueden ser: Cal Anhidra o Cal Viva, cuando está tal como se obtiene de los hornos, es decir, sin haber absorbido agua y Cal Hidratada ó Apagada, la que se ha tratado con cierta cantidad de agua, para convertirla en Hidróxido de Calcio (Ca (OH) 2). Según su aplicación pueden dividirse en: Cales para agricultura, Cales para uso en la Industria química, Cales para construcción y Cales para acabado.

OBTENCION.- Se obtienen por calcinación de Calizas (Pág. 78) a temperaturas de 800 á 900°C, descomponiéndose los carbonatos en los óxidos correspondientes y desprendiendo anhídrido carbónico (Pág. 12). Si la temperatura de quemado excede de los 1,000°C, la Cal obtenida puede sobrequemarse parcial o totalmente, perdiendo sus propiedades de fraguado, especialmente si contiene mucha Magnesita. Para la calcinación se emplean Hornos de Cuba (Pág. 21), de capacidad variable de 8 á 100 Tons., con alimentación mezclada, hogares separados o quemadores, dependiendo su diseño del tipo de caliza. Pueden ser intermitentes o continuos. El material calcinado se resque en el enfriador de la parte inferior, de donde se saca al mercedo, si se va a vender en piedra (Cal en Piedra) o puede someterse a pulverizado y cribado para su hidratación o su venta como cal en polvo. Modernamente se emplean los hornos rotatorios (Pág. 20), de capacidad mayor de 100 Tons. por día, trabajando continuamente. Los gases calientes circulan en contra corriente con la carga, la cual una vez calcinada, se pasa a un enfriador que puede ser fijo o rotatorio. Tienen la desventaja de que la caliza debe ser previamente quebrada antes de su introducción al horno, por lo que la cal obtenida es de pequeño tamaño y solo es aceptable para cal en polvo o para la obtención de la cal hidratada. Para la obtención de la Cal Hidratada, se somete la cal viva a un quebrado preliminar, seguido o no de un molido para facilitar la hidratación, y se lleva a hidratadores intermitentes o continuos, mezclándola con un exceso de agua y pasándola después a cribas vibratorias para separar las impurezas, (véase Cemento La Farge) a veces se muele tal como sale.

PROPIEDADES.- Varían de acuerdo con su composición química y con la temperatura de calcinación, en general puede considerarse como un producto desleznable o pulverizable, fácilmente hidratable con el agua, desprendiendo gran cantidad de calor y aumentado su volumen de 2.5 a 3 veces. El calor producido y el agua necesaria disminuyen con la proporción de óxido de magnesio y aumentan con el

contenido de óxido de calcio. En la práctica es importante conocer el tipo de cal antes de hidratarla, para esto se toma una pequeña muestra y se le añade agua, anotando el tiempo para que empiece a requebrajarse, si es menos de 5 m. es de hidratación rápida, de 5 a 30 m. es de velocidad media y si tarda más es lenta. Si la cal es del primer tipo, debe añadirse sobre una cantidad de agua suficiente para cubrirla, agitandola cuando se escape vapor y añadiendo agua para detener dicho escape, si es de velocidad media se cubre con agua a la mitad y se agita al producirse vapor, añadiendo pequeñas cantidades de agua para enfriar; si es de baja velocidad se adiciona agua bastante para que quede suficientemente humedecida y se deja en reposo, reemplazando de vez en cuando el agua evaporada. La velocidad de hidratación aumenta con la fineza, porosidad y proporción de óxido de calcio y disminuye con la temperatura de quemado. La cal sobrequemada es químicamente inerte, es decir, que no es susceptible de hidratación en un tiempo razonable. Sin embargo, después de un tiempo, puede sufrir hidratación, causando reventadas o ampollas al usarse en paredes, por eso, cuando la cal va a usarse para pinturas debe dejarse en agua por 5 o más días. La obtenida a temperaturas bajas resulta porosa y suave, con volumen casi igual al original y poca densidad, por el contrario, la obtenida a altas temperaturas, resulta más compacta y más densa llamándosele Cal Dura. Químicamente la cal es un material básico o alcalino, es decir, que puede ser atacada por los vapores ácidos, expuesta al aire en forma de hidrato, se ataca por el anhídrido carbónico del aire (CO₂), formando carbonato de calcio, propiedad a la que debe su endurecimiento. Debe tenerse cuidado en su manejo, porque ataca la materia orgánica, produciendo quemaduras en la piel. Es algo soluble en el agua, formando con ella una pasta de carácter plástico y con un exceso de la misma, una suspensión llamada lechada de cal, usada para pintar. Las Cales Magnesianas y la Cal Hidratada producen morteros de mejor plasticidad y más fáciles de trabajar, mientras que las altas en calcio producen morteros que tienen tendencia a hacerse pegajosos y se trabajan mal. La cal muestra un gran encogimiento al fraguar y endurecerse, por lo cual debe agregarse de 2 á 4 partes de arena para su uso como mortero, de acuerdo con el tipo de cal. La cantidad necesaria para preparar un mortero sin que éste pierda su plasticidad, se llama capacidad para aceptar arena, siendo menor en la cal hidratada. Con el contenido de óxido de calcio, aumenta el volumen de pasta obtenida, de una consistencia definida.

USOS.- (Se usa en construcción para morteros, para enlucidos, para pintar, etc.) Modernamente se tiende a la distribución y empleo de cal hidratada en lugar de cal viva, debido a la poca eficacia de los métodos de hidratación en la práctica y al poco control que se tiene. Se emplea también para la industria química, para agricultura, como neutralizante, etc.

PRODUCTOS COMERCIALES.- (La cal se vende en el comercio en forma granulada, en piedra, pulverizada o en morteros preparados de cal y arena, también se distribuye y quizá en mayor escala, como cal hidratada. En algunas partes se fabrican ladrillos de cal y arena, y ladrillos flotantes de piedra pómez.) Los primeros se obtienen por prensado de mezclas de arena con 8 á 10% de cal, molidas en seco y batidas con agua para obtener una masa plástica. Los ladrillos obtenidos se endurecen sometiendo a la acción del va-

por por 6 á 10 horas a una presión de 10 a 15 atmósferas. Son productos ligeros, blanco grisáceos, a veces se hacen impermeables mezclándolos con productos bituminosos. Se emplean para obras marítimas. (Los ladrillos flotantes) pueden obtenerse moldeando en forma semejante o a mano mezclas de cal, arena y piedra pómez pulverizadas, se dejan fraguar y secar al aire por dos ó tres meses. Son de baja densidad, refractarios, aislantes al calor y al sonido, pueden aserrarse o clavarse como la madera, se fabrican también en forma de placas. Se usan para tabiques ligeros, revestimiento de muros, etc.)

B.- PRODUCTOS DE MAGNESIA.- La Magnesia se obtiene de la calcinación de la Magnesita o Carbonato de Magnesio, en hornos semejantes a los empleados para la cal. Si la temperatura no excede a la de calcinación, que es de 700-800°C, se obtiene la Magnesia Calcinada, de propiedades cementantes, mientras que si la temperatura se eleva a 1,400°C-2,000°C, se obtiene la Magnesia Quemada o de quemado-muerto, perdiendo sus propiedades aglomerantes. Modernamente se obtiene como producto secundario de la industria de las sales potásicas. Tiene también propiedades aislantes.

MAGNESIA CALCINADA.- Polvo blanco voluminoso (p.e. 3-3.2), de reacción menos alcalina que la cal y como ésta casi insoluble en el agua. Mezclada con agua forma una pasta que se endurece al cabo de doce horas, adquiriendo la dureza del cemento Portland. Se usa para comunicar a la magnesia de quemado muerto propiedades aglomerantes y para la obtención del Oxidocloruro de Magnesio.

MATERIALES DE OXICLORURO.- Productos obtenidos a partir del cemento de Oxidocloruro de Magnesio o Cemento Sorel, resultante de la reacción entre la Magnesia calcinada y el Cloruro de magnesio en solución saturada (20-22° Bé), con la adición en ocasiones de Sulfato de Magnesio, que forma oxisulfato. El cemento obtenido tiene la propiedad de aceptar gran cantidad de materiales de relleno, tales como arena, aserrín, harina de madera, polvo de corcho, asbesto, etc., conservando sus propiedades cementantes y dando productos de gran dureza, resistentes al agua y a la abrasión y susceptibles de adquirir bello pulimento. Mezclado con silicato de sodio da cementos a prueba de ácidos. (Se emplea para estuco y trabajos interiores, para obtención de piedras de esmeril, para proteger los pisos de concreto contra la abrasión, para pisos de hospitales y edificios públicos) etc. Pueden usarse por aplicación directa o en forma de placas vaciadas o prensadas, de las cuales hay gran variedad en el comercio con nombres diversos, siendo las principales las Xilitas, hechas con harina de madera, fáciles de labrar y pulir, dando aspecto de mármol. Casi todas son refractarias, aislantes al calor y al sonido, y resistentes a la humedad y al desgaste.

CEMENTOS HIDRAULICOS.

GENERALIDADES.- (Comprenden una serie de productos de composición algo variable y constitución compleja no muy bien conocida, que tienen la facultad de solidificarse y endurecerse bajo el agua (Fraguado), propiedad que se conoce como "Hidraulicidad", por la que algunos tienen gran importancia en construcciones hidráulicas. (En general se usan en construcciones comunes, por su gran resistencia a la intemperie y mecánica. Los más importantes son: Cementos Portland, Portland de escorias y Cemento de Escorias, de menor importancia son los Naturales, los de Alúmina y los Puzolánicos. Todos éstos tipos tienen dos variedades, la Normal y otra con Aire atrapado. De importancia secundaria son las Cales Hidráulicas y el Cemento Lafarge.)

COMPOSICION Y CONSTITUCION.- Aunque la composición es muy variable, todos constan de 3 óxidos principales a saber: Oxido de Calcio (CaO) ó Cal, Oxido de Silicio (SiO₂) ó Sílice y Oxido de Aluminio ó de Alúmina (Al₂O₃). Además pueden contener: óxido de fierro (Fe₂O₃), óxido de magnesio y algunos sulfato de calcio. En los análisis de composición el fierro se incluye como Fe₂O₃, junto con la Alúmina en un término llamado R₂O₃, la magnesia junto con la cal, y el sulfato como SO₃. Estos óxidos componentes se agrupan formando compuestos diversos que se supone sean principalmente: Silicatos Dicálcico (2 CaO. SiO₂) y Tricálcico (3 CaO. SiO₂) y Aluminato tricálcico (3 CaO. Al₂O₃), además el fierro puede existir en forma de ferrito-aluminato tetracálcico en ciertos cementos (4 CaO. Al₂O₃. Fe₂O₃), algunos tienen cal libre o sulfoaluminatos. (En el cuadro adjunto puede verse la composición aproximada de los diferentes tipos.

T I P O S D E C E M E N T O .

Componentes.	Cal Hidráulica.	Natural.	De Escoria.	Portland.	Portland de Escoria.	De Alúmina.
CaO+MgO %	75-85	46-48	45-55	64-70	61-66	36-47
R ₂ O ₃ %	2-8	9-16	9-18	8-13	9-15	39-53
SiO ₂ %	11-16	23-29	30-40	19-22	22-27	7-17

MANUFACTURA.- Se fabrican por quemado de mezclas adecuadas de materiales calcáreos, arcillosos, arcillo-calcáreos o bien mezclando cal viva con cenizas volcánicas ó escoria. La cocción puede desarrollarse en hornos de cuba o rotatorios y puede ser: hasta calcinación (Natural), hasta reblandecimiento o un principio de fusión (Portland) o hasta fusión completa (De Alúmina). También pueden emplearse mezclas de componentes previamente fabricados, por ej: el Cemento Portland Escoria emplea un componente reblandecido (Portland) y otro fundido (Escoria). Durante la cocción se pierde el agua de hidrata-

por por 6 á 10 horas a una presión de 10 a 15 atmósferas. Son productos ligeros, blanco grisáceos, a veces se hacen impermeables mezclándolos con productos bituminosos. Se emplean para obras marítimas. (Los ladrillos flotantes) pueden obtenerse moldeando en forma semejante o a mano mezclas de cal, arena y piedra pómez pulverizadas, se dejan fraguar y secar al aire por dos ó tres meses. Son de baja densidad, refractarios, aislantes al calor y al sonido, pueden aserrarse o clavarse como la madera, se fabrican también en forma de placas. Se usan para tabiques ligeros, revestimiento de muros, etc.)

B.- PRODUCTOS DE MAGNESIA.- La Magnesia se obtiene de la calcinación de la Magnesita o Carbonato de Magnesio, en hornos semejantes a los empleados para la cal. Si la temperatura no excede a la de calcinación, que es de 700-800°C, se obtiene la Magnesia Calcinada, de propiedades cementantes, mientras que si la temperatura se eleva a 1,400°C-2,000°C, se obtiene la Magnesia Quemada o de quemado-muerto, perdiendo sus propiedades aglomerantes. Modernamente se obtiene como producto secundario de la industria de las sales potásicas. Tiene también propiedades aislantes.

MAGNESIA CALCINADA.- Polvo blanco voluminoso (p.e. 3-3.2), de reacción menos alcalina que la cal y como ésta casi insoluble en el agua. Mezclada con agua forma una pasta que se endurece al cabo de doce horas, adquiriendo la dureza del cemento Portland. Se usa para comunicar a la magnesia de quemado muerto propiedades aglomerantes y para la obtención del Oxiclорuro de Magnesio.

MATERIALES DE OXICLORURO.- Productos obtenidos a partir del cemento de Oxiclорuro de Magnesio o Cemento Sorel, resultante de la reacción entre la Magnesia calcinada y el Cloruro de magnesio en solución saturada (20-22° Bé), con la adición en ocasiones de Sulfato de Magnesio, que forma oxisulfato. El cemento obtenido tiene la propiedad de aceptar gran cantidad de materiales de relleno, tales como arena, aserrín, harina de madera, polvo de corcho, asbesto, etc., conservando sus propiedades cementantes y dando productos de gran dureza, resistentes al agua y a la abrasión y susceptibles de adquirir bello pulimento. Mezclado con silicato de sodio da cementos a prueba de ácidos. (Se emplea para estuco y trabajos interiores, para obtención de piedras de esmeril, para proteger los pisos de concreto contra la abrasión, para pisos de hospitales y edificios públicos) etc. Pueden usarse por aplicación directa o en forma de placas vaciadas o prensadas, de las cuales hay gran variedad en el comercio con nombres diversos, siendo las principales las Xilitas, hechas con harina de madera, fáciles de labrar y pulir, dando aspecto de mármol. Casi todas son refractarias, aislantes al calor y al sonido, y resistentes a la humedad y al desgaste.

CEMENTOS HIDRAULICOS.

GENERALIDADES.- (Comprenden una serie de productos de composición algo variable y constitución compleja no muy bien conocida, que tienen la facultad de solidificarse y endurecerse bajo el agua (Fraguado), propiedad que se conoce como "Hidraulicidad", por la que algunos tienen gran importancia en construcciones hidráulicas. (En general se usan en construcciones comunes, por su gran resistencia a la intemperie y mecánica. Los más importantes son: Cementos Portland, Portland de escorias y Cemento de Escorias, de menor importancia son los Naturales, los de Alúmina y los Puzolánicos. Todos éstos tipos tienen dos variedades, la Normal y otra con Aire atrapado. De importancia secundaria son las Cales Hidráulicas y el Cemento Lafarge.)

COMPOSICION Y CONSTITUCION.- Aunque la composición es muy variable, todos constan de 3 óxidos principales a saber: Oxido de Calcio (CaO) ó Cal, Oxido de Silicio (SiO₂) ó Sílice y Oxido de Aluminio ó de Alúmina (Al₂O₃). Además pueden contener: óxido de fierro (Fe₂O₃), óxido de magnesio y algunos sulfato de calcio. En los análisis de composición el fierro se incluye como Fe₂O₃, junto con la Alúmina en un término llamado R₂O₃, la magnesia junto con la cal, y el sulfato como SO₃. Estos óxidos componentes se agrupan formando compuestos diversos que se supone sean principalmente: Silicatos Dicálcico (2 CaO. SiO₂) y Tricálcico (3 CaO. SiO₂) y Aluminato tricálcico (3 CaO. Al₂O₃), además el fierro puede existir en forma de ferrito-aluminato tetracálcico en ciertos cementos (4 CaO. Al₂O₃. Fe₂O₃), algunos tienen cal libre o sulfoaluminatos. (En el cuadro adjunto puede verse la composición aproximada de los diferentes tipos.

T I P O S D E C E M E N T O .

Componentes.	Cal Hidráulica.	Natural.	De Escoria.	Portland.	Portland de Escoria.	De Alúmina.
CaO+MgO %	75-85	46-48	45-55	64-70	61-66	36-47
R ₂ O ₃ %	2-8	9-16	9-18	8-13	9-15	39-53
SiO ₂ %	11-16	23-29	30-40	19-22	22-27	7-17

MANUFACTURA.- Se fabrican por quemado de mezclas adecuadas de materiales calcáreos, arcillosos, arcillo-calcáreos o bien mezclando cal viva con cenizas volcánicas ó escoria. La cocción puede desarrollarse en hornos de cuba o rotatorios y puede ser: hasta calcinación (Natural), hasta reblandecimiento o un principio de fusión (Portland) o hasta fusión completa (De Alúmina). También pueden emplearse mezclas de componentes previamente fabricados, por ej: el Cemento Portland Escoria emplea un componente reblandecido (Portland) y otro fundido (Escoria). Durante la cocción se pierde el agua de hidrata-

ción o de cristalización, junto con el agua de absorción residual, los carbonatos se disocian a una temperatura de 800°C. (MgCO₃) ó 900°C. (CaCO₃), desprendiendo anhídrido carbónico y dando los óxidos correspondientes (CaO y MgO). A 1,000°C la arcilla se descompone formando aluminatos, ferritos de aluminio hidratados y con algo de silicatos dicálcicos y tricálcicos. Cuando la temperatura se prolonga a 1,200°C-1,300°C, se forma el silicato tricálcico, empezando a los 1,260°C. Los componentes son previamente molidos en molinos de bolas, con o sin trituración previa en quebradoras de quijada o de cono. El producto obtenido de la cocción ó Clinker se somete a un proceso de aereación y después a un molido final, con o sin la adición de otros componentes (Sulfato de Calcio), finalmente se enfría y se envasa. Cuando se trata de mezclas, la manufactura consiste simplemente en el molido de las materias primas a la fineza requerida y el mezclado en las proporciones adecuadas. Las variedades con aire atrapado se fabrican mezclándole al cemento -- agentes apropiados que permitan la introducción de aire (durante el mezclado) en el concreto preparado. La cantidad de aire introducido no debe ser menor de 15%, ni mayor de 21%. La A. S. T. M. permite el empleo de los siguientes productos: Resina Vinsol, Darex AEA, N-Tair y Airalón. La primera consiste de la fracción de alquitrán de pino insoluble en petróleo, se neutraliza con Sosa cáustica para convertirlo en resinato de sodio, antes de la adición. El N-Tair es también un resinato de sodio de la Brea obtenida de trozos de madera de pino tratados con Nafta. El Darex AEA, es una sal trietanolamina de un Hidrocarburo Sulfonado. El Airalón es una mezcla de ácidos grasos y aromáticos, derivados del proceso de manufactura del papel y neutralizados para hacer jabones solubles en agua.

PROPIEDADES.- Dependen de la proporción relativa en que se encuentran los tres constituyentes principales. (cuadro No. 4). La propiedad más importante es el Fraguado o endurecimiento debido a la hidratación paulatina de los componentes anhidros, desprendiendo cierta cantidad de calor. El tiempo de fraguado varía según la composición, el grado de calcinación, la fineza, la cantidad de agua y la temperatura. La velocidad de fraguado puede controlarse en un cemento dado, por la adición de sustancias retardadoras o aceleradoras. En la práctica se consideran dos pasos: El Fraguado inicial y el Fraguado final, determinados por la resistencia a la penetración de una aguja en los aparatos de Vicat y de Gilmore. Después del fraguado final continúa el endurecimiento, aumentando poco a poco la resistencia y presentando máximos a las 24 horas (Aluminatos cálcicos), a los 7 días (Silicatos tricálcicos) y a los 28 días. El Silicato dicálcico se hidroliza muy lentamente y solo tiene influencia en la resistencia y dureza del cemento después de los 30 días, hasta un año. Cada tipo de cemento requiere una cierta proporción de agua para producir una pasta de Consistencia Normal, es decir, que se pueda manejar sin agrietarse. El calor desprendido en el fraguado es de gran importancia, porque controla la expansión de los morteros y concretos. La resistencia a la tensión se determina preparando unas briquetas en forma de 8, con una mezcla de una parte de cemento y 3 de arena sílice de cierta granulación y la cantidad de agua necesaria. Para la resistencia a la compresión se preparan cubos de 2" con 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena. La resistencia a la compresión aumenta con el tiempo, debiendo probarse a las 24 hrs., a los 7 días y a los 28 días. La fi-

... se expresa comúnmente por el % de cemento que pasa por malla 200, puede expresarse también en función de la superficie específica en cm²/gr. de cemento. La resistencia a la compresión aumenta con el grado de fineza, de tal modo que cementos de baja resistencia, como los de escoria natural, etc., deberán molerse a una mayor fineza. La gravedad específica es de gran importancia para el diseño y control de las mezclas de concreto. Otra propiedad de importancia es la llamada resistencia al sulfato, usada sobre todo para el cemento Portland, que consiste en medir la expansión de barras de mortero conteniendo 7% de SO₃ por peso, de una parte de cemento y 2.75 partes de arena, en un término de 15 días, tiene importancia en el comportamiento del material a la intemperie.

TIPOS DE CEMENTOS HIDRAULICOS.

A.- CAL HIDRAULICA.- Se obtiene por la calcinación de calizas arcillosas que contienen suficiente sílice para dar al producto la capacidad de endurecerse bajo el agua, es decir, que formen en parte los constituyentes de los cementos. Al mismo tiempo debe de tener suficiente cal libre para que frague por la adición de agua. Tiene un bajo contenido de alúmina y un fraguado lento, el inicial en más de 2 hrs. y el final en casi 48 hrs. Su resistencia es de 12 Kgs/cm² en 7 días y más de 24 Kgs/cm² en 28 días. Fineza de 90% mínimo en malla 200. (Se usa algunas veces en arquitectura para una segunda capa de estuco y para morteros y concretos, sobre todo en Francia y Sur de Europa. Se asemeja en propiedades al cemento natural.

B.- CEMENTO LAFARGE.- Cemento obtenido por la pulverización fina de las partículas gruesas que quedan como residuo en la hidratación de la cal, residuo formado por 58 á 60% de cal, 26 á 30% de Sílice, 2.6 á 4.5% de Alúmina y otras impurezas. Su densidad es de 2.6 (más bajo que cualquier cemento), fraguado inicial de 4 horas y final de 10 horas, es decir, que fragua lentamente, fineza 95 á 99.4% en malla 100. Su mortero 1:2 presenta un 60% de la resistencia del de cemento Portland. Se emplea para trabajos de Estuco y en colocación de mármoles y otras piedras ornamentales que podrían ser manchadas por el cemento Portland ordinario.

C.- CEMENTO NATURAL.- Se obtiene por calcinación y pulverización fina de calizas arcillosas naturales conteniendo de 13 á 35% de arcilla y de composición sumamente variable, pudiendo dar un cemento con 1 á 20% de MgO, 2 á 20% de alúmina y 1 á 19% de óxido de fierro. Se consideran dos tipos, el normal o tipo N y el de aire atrapado ó tipo NA. La cocción se efectúa a 1,300°C, generalmente en hornos verticales de alimentación mezclada, semejantes a los de cal; pero pueden hacerse en hornos rotatorios. El clinker obtenido debe ser finamente molido, para que un 85% pase en malla 200, con un mínimo de superficie específica de 5,500 cm²/gr. Presentan gran variación en propiedades por la gran variedad de materias primas que pueden ser usadas. En general su color es amarillo o café, su densidad 2.8 á 3, su resistencia a la tensión es solo la mitad de la del Portland y la de compresión 1/3 (34 Kgs/cm² en 7 días y 68 en 28 días), fragua más rápidamente que aquel y desprende menor cantidad de calor. El tiempo de fraguado no debe ser menor de 30 m y no mayor de 6 hrs. El tipo NA tiene propiedades semejantes, se le agrega 2% de cloruro de cal-

cio para compensar la pérdida en resistencia por el aire presente. Ambos se usan mezclados con un 75% de cemento Portland, en la preparación de concretos y morteros, sobre todo para tubos de albañal, edificios y varios tipos de construcción de albañilería.)

D.- CEMENTOS PUZOLANICOS.- Se conocen con este nombre mezclas obtenidas por pulverización fina de 2 á 4 partes de cenizas volcánicas y arena sílice, con una parte de cal hidratada, sin subsecuente calcinación. Constituyen los cementos más viejos conocidos, habiendo sido inventados por los romanos, por lo que se les llama también Cementos Romanos. En la actualidad son poco usados como tales, empleándose en su lugar mezclas de cemento Portland con Materiales Pozolánicos finamente pulverizados o bien moliendo juntos clinker de cemento Portland y puzolanas. La cantidad de puzolanas varía de 15 á 50% en peso del producto terminado. También se fabrica una variedad con aire atrapado.

E.- CEMENTOS DE ESCORIA.- Se consideran con este nombre materiales obtenidos por la mezcla de cal hidratada con un 60% como mínimo (60-75%) de escoria de alto horno finamente molida, obtenida por enfriamiento brusco de la escoria fundida al ponerse en contacto con agua. Al molerse puede añadirse algo de yeso o ciertas sustancias en muy pequeñas cantidades para facilitar el molido. Se consideran también dos tipos: el Normal y el que contiene aire. El cemento de escorias es un polvo de color lila, de gran fineza, al aplicarse en morteros cambia á azul verdoso o blanco en la superficie, debido a la oxidación de los sulfuros, la cual es muy perjudicial, tendiendo a producir desintegración, por lo cual es preferible no emplearlo en superficies expuestas al aire continuamente. Se distingue de los cementos Naturales y Portland por su menor densidad (2.7 á 2.85). Recién fabricado fragua casi en el mismo tiempo que el Portland normal o sea el inicial no menor de 45 m. y el final no mayor de 10 horas, sin embargo, cuando es viejo, puede aumentar el tiempo de fraguado hasta 24 hrs. Requiere de 2 á 4% menos agua que el Portland, para consistencia normal. La resistencia a la compresión es de 40 Kgs/cm² para el normal y de 35 para el de aire atrapado, en 7 días, aumentando a 105 y 70 Kgs/cm² respectivamente en 28 días. Se aplica únicamente para construcciones de poca importancia, prefiriéndose mezclarlo con cantidades variables de cemento Portland de 35 á 75% ó moliendo la escoria junto con el Clinker de Portland de varios tipos, formando los llamados Cementos -- Portland-Escoria, designándose el nombre de la variedad de Portland utilizada o bien recibiendo nombres comerciales tales como: Cemento Eisen (Inglaterra y Alemania), Cemento Ferro Portland y Cemento Atlante (Monterrey), etc. Estos cementos son más fácilmente pulverizables que el Portland, variando su fineza de 2,800 á 3,500 cm²/gr. Su resistencia a la compresión varía con el tipo, para el normal es de 150 Kgs/cm² en 7 días y 245 Kgs/cm² en 28 días. Su calor de hidratación es de 70 cal/gr. en 7 días y de 80 en 28 días. Producen concretos más plásticos que el Portland, se segregan más rápidamente y son más impermeables, por lo que se emplean para obras con grandes masas de concreto, sobre todo para estructuras hidráulicas y obras marítimas, por ej: en la construcción de presas.)

F.- CEMENTO PORTLAND. Según la A.S.T.M., se considera como cemento Portland el producto obtenido por la pulverización fina del "Clinker" resultante de la calcinación a fusión incipiente de mezclas adecuadas de materiales arcillosos y calizas, sin adiciones subsecuentes a la calcinación, excepto agua y yeso, a menos que las adiciones no excedan de 1%. No debe contener mas de 5% de Oxido de Magnesio y no más de 2% de SO₃ (sulfatos). Contiene de 62 á 65% de cal, 19 á 25% de Sílice, 4 á 7% de Alúmina, 2 á 4% de fierro, algo de sulfatos, -- álcalis, agua y anhídrido carbónico. Como constituyentes tiene silicatos di, y tricálcicos (C₂S y C₃S), aluminato tricálcico (C₃A), y aluminato ferrito tetracálcico (C₄AF), principalmente.

OBTENCION.- Se obtiene a partir de mezclas de materiales calcáreos (Pág. 78) con arcillas (Pág. 83) y algo de mineral de fierro para la preparación de Clinker, y yeso para la corrección final. Puede obtenerse por dos procesos: El proceso seco, de gran aplicación en nuestro país y el proceso húmedo, que ha sustituido en muchos países al anterior.

Proceso Seco.- Los materiales se someten a un quebrado preliminar en quebradoras de quijada, de disco o de cono, se criban en cribas rotatorias, separando el material mayor de 2½" para quebrarlo en quebradoras más chicas de cono o de martillo, juntandolo con el anterior y pasandolo a tolvas para su distribución de acuerdo con su composición, de aquí se lleva a secadores rotatorios, almacenando el material secado en Silos, de donde se lleva a molinos de martillo para reducirlo a un 90-95% en malla 20, de aquí se pasan ambos materiales (calcáreos y arcillosos) a un molino de bolas llamado de materias primas, mezclandolos según su composición por medio de aparatos distribuidores. En estos molinos se muele a una fineza de 80 á 90% en malla 100, enviando el producto obtenido a tanques de almacenamiento, de donde se lleva al quemado en hornos rotatorios, inclinados de 7 á 15° con la horizontal, de 25 á 150 mts. de largo y de 2 á 3½ mts. de diámetro, en ellos el material baja en contracorriente con los gases calientes provenientes de un hogar situado en la parte anterior, tardando de 1 á 2 hrs. Mientras giran a 45-60 r.p.m. y producen de 200 á 400 tons. de clinker por día. Los materiales se sintetizan en el horno formando bolas de clinker de diferentes tamaños, pasando después a un enfriador, fijo o rotatorio. El clinker obtenido se lleva al exterior para ser sometido a un proceso de aereación, para lo cual se apila en grandes montones y se mezcla constantemente, con el objeto de neutralizar la cal libre, al combinarse con la humedad y el CO₂ del aire. Después de un período de aereación variable, el clinker se somete a un molido preliminar a una fineza de 80 á 90% en malla 200, de donde se pasa por medio de unos alimentadores a molinos de bolas para ser mezclado con 2 á 3% de yeso y molido a 93-95% en malla 200, pasándose a silos de almacenamiento, en donde se conserva por unas pocas semanas para la hidratación y carbonatación de la cal libre, con el objeto de reducir la cantidad de calor que desprenderá durante el fraguado. Después de esto se conduce a balanzas automáticas para ser empacado en bol-sas de papel de varias capas, con cierre automático.

Proceso Húmedo.- Las materias primas son generalmente margas, arcillas y calizas, las cuales se someten a quebrado ó molido y si es necesario (margas) a un lavado y clasificado, se mezclan en la proporción requerida y se muelen en conjunto, resultando con un contenido de humedad de 30 á 50%. Se traslada la mezcla a tanques de almacenamiento, corrigiendo su composición con la adición de nuevas mezclas-

y finalmente se bombean a hornos rotatorios de mayor tamaño que los usados en el proceso seco, en donde se obtiene el Clinker. De aquí en adelante se procede como en el proceso seco.

PROPIEDADES.- El cemento Portland es un polvo muy fino, cuyo color varía de gris verdoso a gris café. Su nombre proviene de que los materiales usados en su preparación (1824), tenían composición semejante a las calizas de Portland Inglaterra. Su densidad es mayor que la de los otros cementos 3.1 á 3.2 y su densidad aparente varía de 1,600 á 1,800 cms²/gr., fragua mas lentamente que el cemento natural y más rápido que el puzolánico. El fraguado inicial no debe de ser menor de 45m. en el aparato de Vicat o de 1 hora en el de Gilmore y el fraguado final debe obtenerse dentro de 10 horas, alcanzando las máximas resistencias a las 48 hrs. y a los 28 días. Sus propiedades varían con la composición y proporción de los constituyentes, con el grado de molido, etc. Requiere de 20 á 28 partes de agua para dar una pasta de consistencia normal. Durante la hidratación desprende gran cantidad de calor, dilatándose mucho, por lo cual puede producir vaciados porosos o partirse al contraerse por el enfriamiento, de aquí que para cierto tipo de construcción se se sustituya por una variedad llamada de Bajo calor (véase C). El cemento Portland normal es afectado por las sales disueltas, especialmente sulfatos, los cuales cristalizan de su solución, en los poros del cemento, provocando su desintegración. La resistencia a la tensión del mortero 1:3, debe ser igual o mayor de 19 Kgs/cm² en 24 horas y de 25 Kgs/cm² en 28 días. La resistencia a la compresión de morteros Standard de 2", varía notablemente con la fineza, pero para un cemento de 1,700 á 1,800 cms/gramo es de 280 á 300 Kgs/cm² en 28 días.

USOS.- Constituye el material estructural más usado después del acero. Se emplea en casi cualquier tipo de construcción, adaptando se sus propiedades de acuerdo con las condiciones requeridas. Como concreto se aplica para vaciado de techos, paredes, pavimentos, puentes, túneles, conductos, etc., ya sea solo o reforzado con acero. Mezclado con arena y cal forma los morteros, para colocación de ladrillos, piedras, etc. En forma de clinker se emplea para mezclarlo con otros materiales, entre ellos puzolanas, cemento natural, arena sílice inerte, escoria ó cal.)

G.- VARIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND.- a.- Cemento Portland Blanco.- Para ciertas aplicaciones especiales tales como pisos, estuco para paredes, objetos moldeados y en general trabajos ornamentales, se fabrica un cemento conocido como cemento Portland Blanco, empleando materias primas de bajo contenido de fierro (1% de Fe₂O₃) y libres de sulfuro de fierro. Su temperatura de quemado es superior a la del ordinario y resulta más costoso, por la selección necesaria de las materias primas.

b.- Portland de alta resistencia.- (Se obtiene de mezclas altas en cal, las cuales se queman dos veces y se muelen finamente 2 ó 3 veces. Tiene una proporción mayor de silicato tricálcico que el ordinario, de aquí que el endurecimiento sea más rápido, produciendo morteros y concretos de mayor resistencia, sobre todo en los primeros tres días (2 á 3½ veces la del normal), pero disminuyendo la proporción con el tiempo. (Se usa solo cuando se requiere alta resistencia en uno o dos días, porque su costo es 40 á 50% mayor que el ordinario.)

c.- Portland de bajo calor.- (Como su nombre lo indica es una variedad que tiene un bajo calor de hidratación, debido a la disminución del % de silicato y aluminato tricálcicos, es decir, de la proporción de Cal. Produce una masa mas compacta é impermeable, evitando los agrietamientos o rajaduras, presenta la desventaja de la lenta hidratación del silicato dicálcico (C₂S) y por lo tanto de tardar mucho tiempo en endurecerse, por lo cual no es apropiado para trabajos ordinarios de construcción; en cambio, para grandes obras permite fácilmente la expansión y la contracción y aumenta la facilidad de trabajo y la resistencia, por lo cual se usa para construcción de presas.)

d.- Cemento Portland con aire atrapado.- Tanto el cemento Portland como cada una de sus variedades pueden fabricarse con aire atrapado en la forma ya indicada anteriormente, moliendo el clinker junto con alguno de los productos mencionados (Pág. 140)

H.- CEMENTOS DE ALUMINA.- Se llaman también Cementos Fundidos, por estar fabricados por la fusión en el horno eléctrico de una mezcla de Bauxita (Pág. 125) y caliza. El producto obtenido es sometido a quebrado y pulverización. Se emplean mucho en Europa; en América se conocen con el nombre de cementos de Luminita, también se les llama Cementos Eléctricos, y Cementos Resistentes al Sulfato. Son más finos y de fraguado inicial más lento que el Portland, por la ausencia de silicato tricálcico, pero en cambio se endurecen más pronto, alcanzando una gran resistencia en 24 horas y en 48 horas una semejante a la que adquiere el Portland en 28 días y todavía después continúa aumentando, aunque más lentamente, hasta llegar al doble. Desprenden gran cantidad de calor. Su principal característica es una gran resistencia a la congelación y a la cristalización de las sales solubles (sobre todo del sulfato), resistiendo la acción del agua de mar. Sus morteros en atmósfera seca se contraen tanto como los de Portland, pero en atmósferas húmedas sufren mayor expansión. (Se emplean para obras marítimas, por su resistencia a la acción desintegrante del agua de mar, aún cuando su costo es mayor que el del Portland (3 á 4 veces), además se emplean para obras en que se requiere rapidez de trabajo, ahorrándose en las formas.)

PRODUCTOS COMERCIALES.- a.- LADRILLOS DE ESCORIA.- (Pueden ser de dos tipos: de escoria hidráulica o de escoria fundida, los primeros aprovechan las propiedades de fraguado de las escorias granuladas de altos hornos, mezclando 5 á 6 volúmenes con uno de lechada de cal, es decir, formando un cemento de escorias, el producto fragua en 6 á 8 días, formando silicatos cálcicos. Puede aumentarse la resistencia pulverizando parte de la escoria. Los ladrillos se prensan mecánicamente y se maduran al aire, se sientan en obra con morteros de escoria, cal y arena. Son de color grisáceo, algo refractarios, se emplean para edificios. Sometiendo la escoria durante la solidificación a la acción del aire comprimido, se obtiene un producto esponjoso, análogo a la piedra pómez, que se puede aglomerar con cemento, dando ladrillos flotantes o porosos. Los de escoria fundida se obtienen por el vaciado directo de ésta en moldes, sobre todo cuando es ácida, recubriéndolos en su superficie con una fina capa de arena o de ceniza para permitir un enfriamiento lento, o se introducen en enfriadores. A veces se moldean en forma de una tira larga que luego se corta. Para disminuir su fragilidad se mezclan las escorias en hornos rotato-

rios con arcilla, ceniza, arena, etc. Los ladrillos obtenidos son tenaces, poco quebradizos, poco durables, de gran resistencia a la abrasión. Se emplean para consolidación de aceras, adoquinados, -- construcciones ligeras, etc.

b.- **MATERIALES DE CEMENTO AMIANTO.**- Eternita, Asbestolita, Uralita, etc. Son pizarras artificiales fabricadas con fibras de amianto empastadas con cemento, por lo que suele llamarseles de fibrocemento. Los componentes se mezclan en seco y se someten a presión de 10 á 12 atmósferas, en presencia de vapor de agua, dejando luego fraguar al aire libre ó en secadores especiales. (En la fabricación de tinacos, tubos de drenaje, etc., se emplea generalmente la centrifugación a alta velocidad de una pasta aguada, la cual entra por el centro de los moldes y sale casi seca de ellos. Los productos de fibrocemento no son inflamables, son malos conductores del calor, la acción directa de la llama a temperaturas superiores a 2000°C provoca su rajamiento y algunas veces su rompimiento violento. Tienen la ventaja de poder perforarse y cortarse casi como la madera, poniéndose en obra mediante clavos, tornillos o cementos, ya que la mezcla agarra perfectamente sobre ellos.) La Uralita es susceptible de un bello pulimento y se emplea para la construcción de placas labradas. Los tubos de drenaje se revisten interiormente de betún de asfalto, para hacerlos impermeables é inatacables.

c.- **MOSAICOS DE CEMENTO.**- Se fabrican moldeando a presión mezclas de arena y cemento. Para esto se emplean moldes de acero -- ajustables con tornillos de mano, que circundan una pieza con la forma del mosaico (cuadrado, octogonal, etc.). En esta pieza se coloca una capa de pasta viscosa; para los mosaicos de varios colores o dibujos se usa otra pieza con claros, dentro de los cuales se -- van a colocar las distintas pinturas, se uniforma la pintura o pinturas y se dejan un momento en reposo, después de lo cual se quita la placa adicional y se añade una mezcla seca de arenas y cemento de poco espesor y finalmente una capa más gruesa de arena y cemento húmedos, se ajusta el conjunto al molde de una prensa hidráulica y se aplica una presión de 60 á 80 tons. Se saca el mosaico y se coloca verticalmente en cajas con tabiques separados, hasta que seque la pintura. Para evitar que se peguen se trata el molde con una mezcla de petróleo y aceite de linaza, los mosaicos ya secos se llevan a pilas de fraguado, en donde se sumergen en agua y se dejan por 24 á 48 hrs., tiempo suficiente para el fraguado y endurecimiento del cemento. La pintura usada se prepara con una mezcla de óxidos metálicos con polvos de mármol y arena fina, para aumentar su viscosidad. Las dimensiones varían, generalmente son de más de 5mm. de grueso y tamaños de 10 X 10, 20 X 20, 30 X 30 y 40 X 40 cms. (Se usan para el revestimiento de pisos y a veces de paredes.

d.- **LOZAS ARTIFICIALES.**- En la práctica moderna se ha hecho muy común la preparación de lozas artificiales de tamaños y formas diversas, empleadas para sustituir a las naturales y que se preparan por vaciado en moldes, de mezclas de los materiales mas diversos, con algún producto cementante para dar imitación al granito, mármol, etc. para lo cual puede mezclarse arena con cemento, un agregado grueso (mármol quebrado, mármol ónix, etc.) y un colorante. Estas lozas artificiales se emplean para revestimiento de paredes, escalinatas, mesas, etc.

C A P I T U L O XIV.

MORTEROS Y CONCRETOS

A.- MORTEROS.-

GENERALIDADES.- Se entiende con este nombre, mezclas de materiales cementantes con material inerte fino, menor de 1/4", que puede ser arena, escoria, etc. Algunos contienen algo de material grueso. -- Sirven para poner en obra los materiales de arcilla y rocas naturales o artificiales. Los más comunes son mezclas apropiadas de cemento ó cal con arena o de los tres con el agua, batidas hasta con consistencia plástica y homogénea. La arena evita la contracción excesiva, aumentando la porosidad. El cemento actúa como aglomerante y la cal aumenta la adhesividad y la plasticidad, retardando el tiempo de fraguado. Los agregados finos y gruesos deben de tener cierta granulación. El cemento usado es comúnmente el Portland, pero -- pueden usarse el de Escorias y el Portland-Escoria, los demás cementos generalmente no se usan. Los Morteros tienen una estrecha -- relación con los concretos, de los cuales se diferencian porque estos últimos contienen material inerte grueso (Piedra quebrada, grava, escoria, etc.) en mayor proporción, no contienen cal y contienen mayor proporción de cemento, coincidiendo en muchas de sus propiedades y características, así como en su preparación. Aunque en -- esencia el nombre de Morteros y Concretos se refiere a productos -- derivados de los materiales cementantes hidráulicos, algunos plásticos de arcilla y otros pueden dar productos de tipo semejante -- (véase Morteros Refractarios Pág. 127).

PREPARACION.- Pueden obtenerse a mano, mezclando con azadón y pala, sobre todo para pequeños trabajos, pero lo más conveniente es prepararlos en mezcladores mecánicos, en donde se batien los ingredientes por un mínimo de 2 m. Pueden aplicarse a mano o por medios mecánicos, con una máquina llamada "cañón" que trabaja con aire comprimido, sobre todo para morteros de cemento, dando un producto de gran compacidad y eliminándose el agua sobrante. Los ingredientes -- se miden en recipientes de volumen conocido, el cemento se agrega -- por sacos de 50 Kgs. con peso específico comúnmente de 3 á 3.15, a veces se añaden en peso. La cantidad de agua necesaria depende de la resistencia y consistencia buscadas, varía con la proporción de cal y agregada en exceso afecta la resistencia. En general equivale a 90%, 35% y 17% de los pesos de cal, cemento y arena respectivamente.

CLASIFICACION.- De acuerdo con el contenido de cal, arena y cemento se clasifican en: Morteros de Cal, cuando contienen poco o nada de cemento, comúnmente contienen de 2 1/2 á 3 partes de arena por una de cal. Morteros de Cemento, contienen 1 á 2 partes de arena y a veces cal en contenido no mayor de 15% en volumen. Morteros de Cal y Cemento, contienen 5 á 6 partes de arena, una parte de cal y -- otra de cemento.

rios con arcilla, ceniza, arena, etc. Los ladrillos obtenidos son tenaces, poco quebradizos, poco durables, de gran resistencia a la abrasión. Se emplean para consolidación de aceras, adoquinados, -- construcciones ligeras, etc.

b.- **MATERIALES DE CEMENTO AMIANTO.**- Eternita, Asbestolita, Uralita, etc. Son pizarras artificiales fabricadas con fibras de amianto empastadas con cemento, por lo que suele llamarseles de fibrocemento. Los componentes se mezclan en seco y se someten a presión de 10 á 12 atmósferas, en presencia de vapor de agua, dejando luego fraguar al aire libre ó en secadores especiales. (En la fabricación de tinacos, tubos de drenaje, etc., se emplea generalmente la centrifugación a alta velocidad de una pasta aguada, la cual entra por el centro de los moldes y sale casi seca de ellos. Los productos de fibrocemento no son inflamables, son malos conductores del calor, la acción directa de la llama a temperaturas superiores a 2000°C provoca su rajamiento y algunas veces su rompimiento violento. Tienen la ventaja de poder perforarse y cortarse casi como la madera, poniéndose en obra mediante clavos, tornillos o cementos, ya que la mezcla agarra perfectamente sobre ellos.) La Uralita es susceptible de un bello pulimento y se emplea para la construcción de placas labradas. Los tubos de drenaje se revisten interiormente de betún de asfalto, para hacerlos impermeables é inatacables.

c.- **MOSAICOS DE CEMENTO.**- Se fabrican moldeando a presión mezclas de arena y cemento. Para esto se emplean moldes de acero -- ajustables con tornillos de mano, que circundan una pieza con la forma del mosaico (cuadrado, octogonal, etc.). En esta pieza se coloca una capa de pasta viscosa; para los mosaicos de varios colores o dibujos se usa otra pieza con claros, dentro de los cuales se -- van a colocar las distintas pinturas, se uniforma la pintura o pinturas y se dejan un momento en reposo, después de lo cual se quita la placa adicional y se añade una mezcla seca de arenas y cemento de poco espesor y finalmente una capa más gruesa de arena y cemento húmedos, se ajusta el conjunto al molde de una prensa hidráulica y se aplica una presión de 60 á 80 tons. Se saca el mosaico y se coloca verticalmente en cajas con tabiques separados, hasta que seque la pintura. Para evitar que se peguen se trata el molde con una mezcla de petróleo y aceite de linaza, los mosaicos ya secos se llevan a pilas de fraguado, en donde se sumergen en agua y se dejan por 24 á 48 hrs., tiempo suficiente para el fraguado y endurecimiento del cemento. La pintura usada se prepara con una mezcla de óxidos metálicos con polvos de mármol y arena fina, para aumentar su viscosidad. Las dimensiones varían, generalmente son de más de 5mm. de grueso y tamaños de 10 X 10, 20 X 20, 30 X 30 y 40 X 40 cms. (Se usan para el revestimiento de pisos y a veces de paredes.)

d.- **LOZAS ARTIFICIALES.**- En la práctica moderna se ha hecho muy común la preparación de lozas artificiales de tamaños y formas diversas, empleadas para sustituir a las naturales y que se preparan por vaciado en moldes, de mezclas de los materiales mas diversos, con algún producto cementante para dar imitación al granito, mármol, etc. para lo cual puede mezclarse arena con cemento, un agregado grueso (mármol quebrado, mármol ónix, etc.) y un colorante. Estas lozas artificiales se emplean para revestimiento de paredes, escalinatas, mesas, etc.

C A P I T U L O XIV.

MORTEROS Y CONCRETOS

A.- MORTEROS.-

GENERALIDADES.- Se entiende con este nombre, mezclas de materiales cementantes con material inerte fino, menor de 1/4", que puede ser arena, escoria, etc. Algunos contienen algo de material grueso. -- Sirven para poner en obra los materiales de arcilla y rocas naturales o artificiales. Los más comunes son mezclas apropiadas de cemento ó cal con arena o de los tres con el agua, batidas hasta con consistencia plástica y homogénea. La arena evita la contracción excesiva, aumentando la porosidad. El cemento actúa como aglomerante y la cal aumenta la adhesividad y la plasticidad, retardando el tiempo de fraguado. Los agregados finos y gruesos deben de tener cierta granulación. El cemento usado es comúnmente el Portland, pero -- pueden usarse el de Escorias y el Portland-Escoria, los demás cementos generalmente no se usan. Los Morteros tienen una estrecha -- relación con los concretos, de los cuales se diferencian porque estos últimos contienen material inerte grueso (Piedra quebrada, grava, escoria, etc.) en mayor proporción, no contienen cal y contienen mayor proporción de cemento, coincidiendo en muchas de sus propiedades y características, así como en su preparación. Aunque en -- esencia el nombre de Morteros y Concretos se refiere a productos -- derivados de los materiales cementantes hidráulicos, algunos plásticos de arcilla y otros pueden dar productos de tipo semejante -- (véase Morteros Refractarios Pág. 127).

PREPARACION.- Pueden obtenerse a mano, mezclando con azadón y pala, sobre todo para pequeños trabajos, pero lo más conveniente es prepararlos en mezcladores mecánicos, en donde se batien los ingredientes por un mínimo de 2 m. Pueden aplicarse a mano o por medios mecánicos, con una máquina llamada "cañón" que trabaja con aire comprimido, sobre todo para morteros de cemento, dando un producto de gran compacidad y eliminándose el agua sobrante. Los ingredientes -- se miden en recipientes de volumen conocido, el cemento se agrega -- por sacos de 50 Kgs. con peso específico comúnmente de 3 á 3.15, a veces se añaden en peso. La cantidad de agua necesaria depende de la resistencia y consistencia buscadas, varía con la proporción de cal y agregada en exceso afecta la resistencia. En general equivale a 90%, 35% y 17% de los pesos de cal, cemento y arena respectivamente.

CLASIFICACION.- De acuerdo con el contenido de cal, arena y cemento se clasifican en: Morteros de Cal, cuando contienen poco o nada de cemento, comúnmente contienen de 2 1/2 á 3 partes de arena por una de cal. Morteros de Cemento, contienen 1 á 2 partes de arena y a -- veces cal en contenido no mayor de 15% en volumen. Morteros de Cal y Cemento, contienen 5 á 6 partes de arena, una parte de cal y -- otra de cemento.

PROPIEDADES.- Las propiedades mas importantes en un mortero son la adhesividad y la plasticidad, la primera aumenta con el contenido de cal, al mismo tiempo que disminuye la coherencia característica del cemento. La plasticidad aumenta con el % de cal y con la fineza del cemento, por aumentar la superficie expuesta a la hidratación y facilitar más el recubrimiento de los granos de arena, en cambio disminuye con el aumento de la proporción de ésta. El cemento les comunica su propiedad de fraguado, mientras que la cal lo retarda. Otra propiedad importante es el encogimiento o contracción, aumenta con la adición de cal y cemento (menos con este último) y disminuye con la adición de arena, la cual solo puede añadirse hasta cierto límite, porque en cantidad excesiva disminuye demasiado la resistencia del mortero y le hace perder su plasticidad y adhesividad, disminuyendo su resistencia. No deben tener tampoco exceso de cal, porque como ya se vió, disminuye la resistencia y el tiempo de fraguado y aumenta excesivamente la plasticidad y el encogimiento. Los morteros de cal son los únicos que pueden prepararse en grandes cantidades y almacenarse sin que sufran deterioro, aumentando mucho la porosidad. La fineza de la arena afecta también las propiedades del mortero ya que mezclando arenas de diferente granulación disminuye la porosidad.

USOS.- Varían con la proporción de los componentes. En general, los morteros de cal se usan para trabajos generales de albañilería enjarrado, etc., sobre todo en lugares expuestos y húmedos. Los morteros de cal y cemento con 6 partes de arena se usan para paredes exteriores, los que tienen solamente tres partes de arena se usan cuando se requiere gran resistencia. Los morteros de cemento con 1 a 2 partes de arena se usan para aceras, pisos, etc.)

B.- CONCRETO

GENERALIDADES.- Se considera como Concreto ú Hormigón, una mezcla de material grueso, con suficiente cantidad de material fino para llenar los espacios vacíos (Materiales Inertes), apropiada cantidad de algún material cementante y agua, para formar una pasta susceptible de endurecerse con buena resistencia. En algunos casos se agregan determinadas sustancias para incluir aire ó para otros fines, que se conocen técnicamente con el nombre de "admixtura", pero que podrían llamarse mejor materiales adicionales. Cuando se requiere gran resistencia se refuerza con acero.

MATERIAS PRIMAS.- El cemento utilizado es comúnmente el Portland, pero pueden usarse en ciertos casos otros tipos de cemento y aún materiales bituminosos, compuestos refractarios ó yesos, en cuyo caso se especificará el material base. El material Inerte ó Agregado, está constituido por una mezcla de material fino con determinada proporción de material grueso. Se clasifican como agregados finos, partículas menores de 6 mm. y comprenden: arena, escoria pulverizada, etc. y como agregado grueso las partículas mayores, que pueden ser: piedra quebrada (caliza, granito, basalto, diorita, cuarcita, etc.), gravas naturales (cascajo), escoria, etc. La arena debe tener una composición granulométrica adecuada, más bien gruesa que fina, no más de 50% de malla 30 y no más de 10% de malla 100. No debe de contener mucha materia orgánica (7.1 %), ni un

exceso de arcilla y limo mayor de 3% (removido por decantación). El agregado grueso debe igualmente estar bien proporcionado y libre de materia orgánica, arcilla, etc. Pueden usarse: piedra redonda ó cúbica (grava natural) o roca quebrada angular. La primera produce un concreto más compacto y requiere menor cantidad de cemento para la misma trabajabilidad, mientras que la segunda necesita mas mezclado, pero tiene una mayor adhesividad, por la superficie rugosa que presenta. La mas común de este tipo es la caliza.

RELACION DE LOS COMPONENTES.- (El factor de más importancia en determinar las propiedades del concreto es la proporción o relación en que deban intervenir los materiales para un trabajo particular, de tal modo que se obtenga la máxima resistencia al menor costo posible, se debe tender sobre todo a disminuir sin perjuicio la cantidad de cemento empleado.) También es necesario escoger el tipo de material más adecuado para un uso particular, por ej: para resistencia al fuego debe tener material no combustible de alto calor específico (escoria); el concreto expuesto a la congelación debe contener la mínima cantidad de agua y un cemento de fraguado rápido, etc. De gran importancia también es la cantidad de agua necesaria, la cual debe ser la mínima posible para una manipulación conveniente, con objeto de mejorar la resistencia, durabilidad y otras propiedades, depende del tamaño máximo del agregado, de la forma de las partículas y de su granulometría y también de la proporción de aire incluido. Se calcula sobre la cantidad de cemento en volumen o en peso, aumenta con la disminución de éste y es directamente proporcional a la relación entre el volumen total y el volumen del cemento. Aproximadamente un saco de 50 Kgs. de éste, requiere de 10 á 12 Lts. de agua, para hidratación completa y desarrollo de las reacciones químicas, pero para producir la fluidez necesaria requiere de 25 á 35 Lts. También puede establecerse de acuerdo con el grado de exposición del concreto cuando no se va a sujetar a grandes esfuerzos. Para concreto que se va a usar en condiciones extremas, en climas severos o expuestos al agua de mar, se usan de 22 á 24 Lts. por saco, para climas severos pero que no va a estar el concreto en contacto continuo con el agua, se usan de 24 á 30 Lts. por saco. Para concretos protegidos de la intemperie depende de la resistencia y trabajabilidad deseada. Si la cantidad de agua fijada afecta la resistencia, debe disminuirse hasta lograr una proporción adecuada.

Para calcular la proporción de los componentes se emplean diferentes sistemas, basados en propiedades particulares, es común sin embargo, fijar una relación arbitraria basándose en el trabajo requerido, materia prima disponible, etc. y luego modificarla de acuerdo con el trabajo y las propiedades buscadas. En la práctica, aparte de obtener una resistencia dada, se busca que el concreto tenga una fluidez adecuada para el trabajo a que se destina, aparte de que si la mezcla es demasiado fluida (húmeda) tiende a sedimentarse el material grueso (segregación del concreto) y si es muy espesa no llena la forma completamente y deja muchos huecos. Para conocer si la consistencia es apropiada se usa la prueba de revenimiento, que consiste en llenar de concreto un molde Standard de forma de cono truncado, compactándolo en 3 partes por medio de una varilla de 5/8" con cabeza redonda; al acabar de llenarlo, se retira el molde, y se deja que el cono de concreto se aplaste, midien-

do el descenso, éste debe ser en general de 7.5 á 15 cms. dependiendo de los usos, por ej: para concreto reforzado debe ser de 10 á 20 cms; y para secciones compactas en grandes masas puede ser de 2 á 10 cms. solamente, los concretos con menos descenso deberán aplicarse mediante un vibrador, si se usan vibradores de alta frecuencia pueden aplicarse concretos con 1/3 menos de revenimiento que cuando no se usan. La granulacion de los agregados debe ser tal que exista la menor cantidad posible de vacíos, es decir, que las partículas mas pequeñas se empaquen entre las grandes, dejando solamente espacio entre ellas para formar una película de cemento que las una para dar una masa fuertemente coherente.

En general la proporción de agregado grueso con respecto al fi no varía de 1:2 á 1:3, procurando que quede un 10 á 12% de vacíos. Dentro de los límites económicos, debe usarse el tamaño máximo permisible de agregado para dar la resistencia necesaria, con lo cual se logrará una disminución de los requisitos de agua y cemento. Se han desarrollado muchos métodos para calcular la proporción de los materiales inertes, entre ellos el de los pesos específicos, para el cual se determina por medio de una gráfica de peso específico -- contra proporción, la proporción que corresponde al mayor peso específico al estado seco. Otro método es el de los volúmenes arbitrarios, en el cual los volúmenes relativos de cemento, agregado fino y agregado grueso, se seleccionan arbitrariamente o de acuerdo con la práctica y se añade bastante agua para producir la trabajabilidad deseada, por ej: la mezcla 1:2:4 usada para pisos, columnas, etc; significa 1 parte de cemento, 2 de agregado fino y 4 de agregado grueso. Este método no dá resultados reales, se usa solo para pequeños trabajos.

PREPARACION DEL CONCRETO. -- Conocidas las proporciones se calcula la cantidad necesaria de materiales para un volumen dado de concreto, considerando que el volumen total no es igual a la suma de los volúmenes agregados, sino a la suma de los volúmenes absolutos o efectivos más el volumen de los vacíos y menos el volumen de agua que pueda elevarse a la superficie antes del fraguado final, estas correcciones equivalen a menos de 3% del volumen total. Los volúmenes efectivos de los materiales se calculan dividiendo la densidad aparente por el peso específico. Para el cemento es de 0.49 M³, para el agregado fino de 0.635 M³, para el grueso de 0.605 M³ y para el agua de 1. Considerando un peso específico de 3.1 para el cemento y de 2.65 para los agregados y la densidad aparente de 1.52 para el cemento, de 1.68 para el agregado fino y de 1.6 para el grueso. El cemento puede calcularse por sacos de 50 Kgs. ó .01587 M³. Los agregados pueden calcularse también por volumen, pero se prefiere moderadamente hacerlo por peso. El agua puede ser agregada por volumen o por peso, corrigiendo la cantidad por la diferencia del contenido de agua del agregado, con la humedad de saturación. El mezclado puede hacerse a mano, pero es mas frecuente hacerlo en un mezclador o revolvedora por 1 a 5 m., hasta que todas las partículas de agregado estén cubiertas con pasta y la masa tenga una apariencia uniforme. En general los mezcladores consisten en una cámara rotatoria de forma variable, provista o no de rebordes interiores. Pueden ser intermitentes o continuos. En la práctica las grandes masas de concreto se preparan en una planta central y se distribuyen en camiones provistos de una revolvedora ó de agitadores para evitar la segregación.

VACIADO DEL CONCRETO. -- El vaciado por gravedad requiere una mezcla movible muy húmeda, disminuyendo la densidad y resistencia del producto. La mezcla de consistencia seca se debe poner en capas no mayores de 20 cms. y no debe dejarse caer de gran altura. La mezcla húmeda se coloca en capas delgadas según su consistencia y el ancho de la sección transversal. El concreto vaciado puede distribuirse con azadones o palas y picarse en todas sus partes. Para grandes vaciados se usan vibradores eléctricos o neumáticos, de gran importancia en la consolidación en paredes, columnas y otros (internos) o de pavimentos, vaciados, productos moldeados, etc. (externos). A veces se usa también el método de comunicar vibración a las formas, por ejemplo en unidades prevaciadas (bloques, ladrillos, tubos, etc). Los vibradores son más efectivos en las mezclas secas con trozos menores de 5 cms., reducen la cantidad de arena necesaria a un 25 ó 28% del agregado total, dan mayor dureza, y compacidad y mejoran su efectividad, sobre todo en formas intrincadas y secciones reforzadas. La mayor parte de los vibradores se mueven de 3,500 á 7,000 vibraciones por minuto, con un desplazamiento de 0.07 cms. á 0.23 cms., la frecuencia depende de la consistencia del concreto, siendo mayor para las mezclas mas espesas. El tiempo de duración depende del concreto y del tipo de estructura, pero usualmente es alrededor de 3 m. por M² de capa.

Cuando se va a depositar concreto bajo agua se usa un aparato llamado "Tremie", el cual consiste en un tubo largo de madera o metal de longitud ajustable, suficiente para que sobresalga del agua al colocarse verticalmente, tiene un alimentador en la parte superior y una válvula en la inferior, se llena de concreto, se abre la válvula inferior y se eleva, moviéndose sobre el área a cubrir.

CURADO DEL CONCRETO. -- Consiste en mantener el concreto (después de vaciado) suficientemente húmedo y caliente para evitar el rápido secado y permitir una lenta hidratación. Esto es de gran importancia porque la resistencia potencial del concreto solo puede desarrollarse bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, de otro modo, la resistencia disminuye notablemente mas pronto o mas tarde, dando concretos malos, aún cuando estén bien proporcionados y hallan sido bien vaciados. El curado debe durar de una á dos semanas. Las mezclas ricas son menos afectadas que las pobres y requieren menos tiempo. El método usual consiste en el regado con agua 2 ó 3 veces al día cuando no hay sol, o cubriendo con tierra húmedecida, paja, aserrín, etc. En un principio y después del fraguado inicial puede cubrirse con costales húmedos y más tarde con tierra, arena o paja, húmedecida una vez al día. En las regiones áridas se ha hallado apropiado para retener el agua, cubrir con dos capas de asfalto o alquitrán regresado, una hora después de terminado el vaciado, en ocasiones sirve también una aplicación superficial de cloruro de calcio (1Kg/M²), el cual, por su higroscopicidad y delicuescencia absorbe agua del aire, manteniendo la humedad suficiente; antes de aplicarlo se cubre la superficie por un período no menor de 12 Hrs., con mantas empapadas de agua; también se usa mezclado con el concreto (Curado Integral), en proporción de 1 Kg. por saco de cemento, en mezclas para caminos, en este caso actúa como acelerador del endurecimiento, llevando al mínimo los cambios de humedad y aumentando la resistencia al desgaste y la durabilidad.

Para proteger el concreto de la congelación durante el endurecimiento, lo principal es mantenerlo caliente, lo cual puede efectuarse cubriéndolo con aserrín o viruta de madera. Para edificios se pueden usar estufas o cubrir la superficie con papel algo separado y calentarla con tubos de vapor, sobre todo en las primeras 24 horas este calentamiento no debe ser muy elevado porque puede ser perjudicial.

PROPIEDADES. - Varían notablemente con el tipo de materias primas utilizadas, con la proporción de las mismas, tamaño del agregado, condiciones de trabajo, obtención, etc. y sobre todo con la relación agua-cemento, la cual fija la resistencia a la compresión, que varía generalmente de 70 a 126 Kgs/cm² en 3 días y de 200 a 300 Kgs/cm² en 28 días para una de las mezclas más comunes que es la 1:2:4. Las resistencias a la tensión, a la flexión y al corte varían del mismo modo que la de compresión y son respectivamente 1/10, 1/8, 1/4 y 1/2 a 4/5 de ésta. El concreto no es perfectamente elástico para cualquier grado de carga, no teniendo prácticamente límite elástico definido, ya que disminuye éste cuando aumenta la carga. Sus propiedades elásticas varían con la riqueza de la mezcla, con la intensidad del esfuerzo, y con la edad. Cuando se sujeta a flexión exhibe fatiga. Su consistencia debe ser apropiada para vaciarlo en moldes fácilmente, dando una masa uniforme y no porosa. La adhesión entre las superficies de diferentes vaciados es muy pobre, por lo que es necesario humedecerlas y a veces picarlas para facilitarlas, lo mismo debe hacerse para el acabado o enjarrado. Está sujeto a cambios de volumen (contracción o expansión) debido al proceso químico de fraguado y endurecimiento y a la variación de humedad, temperatura, etc. Estos cambios dependen de la riqueza de la mezcla y de la pérdida o absorción de humedad. Es afectado por gases, vapores o líquidos que puedan penetrar en su superficie, sobre todo si son de carácter ácido. La principal causa de deterioro del concreto es la desecación o sea la pérdida de humedad, la cual causa la contracción del concreto y su rompimiento o agrietamiento, sobre todo en las mezclas ricas. El peso específico del concreto es de gran importancia y depende del carácter del agregado, si éste está bien graduado para disminuir el espacio de vacíos, alcanza 2.46 Kgs/cm³, pero usualmente es de 2.15 Kgs/cm³ y en el concreto con aire atrapado es menor. Es especialmente resistente al fuego, ya que es incombustible y tiene baja conductividad calorífica, por lo que es superior en éste aspecto a otros materiales. Tiene un coeficiente de expansión semejante al acero.

CONCRETOS ESPECIALES.

CONCRETO REFORZADO. - Para vaciados sujetos a esfuerzos de tensión es necesario reforzar el concreto con varillas de acero para que éste resista dichos esfuerzos, mientras que el concreto absorbe los de compresión. La adhesividad del concreto al acero depende de la riqueza de la mezcla y de la superficie de éste, por eso debe usarse de preferencia varilla corrugada, cuando se requiere alta resistencia se usa un alambrado apropiado. (Se emplea para vigas, bases de maquinaria, losas para techos, etc. También las columnas y algunas veces las vigas contienen varillas para ayudar a resistir los esfuerzos de compresión. El concreto reforzado es más resistente al

fuego y evita la formación de grandes grietas, cuando llega a fallar.

CONCRETOS PRE Y POST-ESFORZADOS. - Son concretos fabricados con varillas sometidas a esfuerzos de tensión, en el 1^{er} caso antes de colocarlas y en el segundo después del fraguado inicial. Esto ayuda a evitar las roturas y aumenta la resistencia, ya que el concreto sometido toma de ellas los esfuerzos de tensión para balancear el esfuerzo de compresión experimentado.

CONCRETO SOMETIDO AL VACIO. - Sometiendo el concreto recién vaciado a un vacío parcial, se elimina gran cantidad del agua en exceso, dejando espacios vacíos llenos de aire al consolidarse, de éste modo se endurece rápidamente y las formas pueden retirarse después del tratamiento. Se ha empleado en construcciones, pavimentos, pisos, techos, etc.

CONCRETO CON AIRE ATRAPADO. - Concreto fabricado con cementos con cierto contenido de aire atrapado (Pág. 130) o bien por adición de las sustancias que producen dicha cualidad. El aire atrapado produce aumento en la durabilidad, en la resistencia a la congelación y al deterioro superficial, mejorando la resistencia al sulfato y reduciendo la resistencia y la densidad, mejorando las propiedades de trabajo. El contenido de aire no debe pasar de 6% cuando el volumen del mortero es de 1/2 a 3/5 del volumen total. Se usa principalmente en pavimentos, aeropuertos, carreteras y calles desde 1938, modernamente se emplea cada vez más en puentes, edificios, presas y otras estructuras, en las que una pequeña disminución en resistencia no afecta, debido al alto coeficiente de seguridad.

CONCRETOS IMPERMEABLES. - La permeabilidad del concreto depende de muchos factores, entre los cuales tiene importancia decisiva el curado y la preparación de las mezclas, también depende de la porosidad, sobre todo de la continuidad y tamaño de los poros, de su número y distribución y de la clase de agregado. La permeabilidad puede disminuirse con el uso de compuestos a prueba de agua, los cuales pueden formar parte del concreto (integrales) o simplemente recubrirlo.

a. - **Compuestos Integrales.** - Se llaman también materiales de relleno y pueden ser Inertes o Activos: Los Inertes no tienen acción química sobre el cemento y pueden ser: Arena fina, arcilla, tierra de infusorios ó cal hidratada, sirven para rellenar los vacíos, se añaden durante el mezclado, en proporción de un 10 a 20% del cemento, reduciendo la permeabilidad, tienen poco efecto en la resistencia en mezclas ricas. Los Activos forman compuestos insolubles en presencia del agua con ciertos componentes del cemento. Se mezclan con éste en un 2%, y afectan menos que los anteriores.

b. - **Cubiertas exteriores.** - Comprende varias clases, desde soluciones acuosas de sales inorgánicas, como silicato de sodio, fluosilicatos ó fluoruros de zinc, magnesio ó aluminio, sulfato de zinc, etc. hasta emulsiones de asfalto o cubiertas de parafina fundida o disuelta en petróleo, además de sustancias aplicadas en combinación para casos especiales, entre ellas; sulfato de sodio, cloruro de bario, jabón, alumbre, etc. También pueden usarse capas de papel o tela con cubierta de alquitrán o asfalto. Todos estos compuestos forman cubiertas llamadas transparentes, pueden usarse también cubiertas opacas, tales como pinturas de aceite, después de

una aplicación previa de sulfato de zinc ó pinturas a base de caseína para evitar la destrucción del aceite por la cal libre. Para proteger el concreto contra la corrosión, sobre todo del agua de mar, se hace tan compacto é impermeable como sea posible y se cubre de una capa de mortero rico, preparado con agua con cloruro de Bario, el cual forma sulfatos insolubles con el agua de mar, cerrando los poros.)

CONCRETOS AISLANTES.- Se obtienen agregando al concreto materiales ligeros, tales como perlita o vermiculita, las cuales dan concretos de 240 á 800 Kgs/M³, con conductividad térmica de 0.45 á 1.50 ó bien de materiales como escoria de alto horno, arcilla diatomita, piedra pómez, ceniza volcánica, etc., que producen concretos pesando de 720 á 1,440 Kgs/M³; con conductividad térmica de 1.05 á 3.00.

PRODUCTOS DE CONCRETO.- Se fabrican por vaciado del concreto en moldes, con o sin presión, comprenden gran variedad de formas y aplicaciones, entre los más comunes tenemos los bloques ó blocks, los tubos y los postes. Las mezclas empleadas varían de unos productos a otros, de acuerdo con la resistencia. En general, se usa la relación 1:2:4 para productos de gran dureza y durabilidad, la 1: 2 1/2 :4 para bloques y la 1:2:3 para postes y placas. Para productos de paredes delgadas se usa solamente material fino, en relación 1:2 1/2 y 1:3. Estos productos no deben contener mucha humedad, se vacían en moldes y se consolidan por medio de máquinas hidráulicas, bajo fuertes presiones, a veces se mezclan con agua de cal para hacerlos más densos é impermeables, comúnmente no se colorean, pero a veces se añaden colorantes.

BLOQUES. Son generalmente de caras rectangulares, de dimensiones variables y con gran número de huecos, los más comunes tienen 36X20X45 cms; con tres huecos uniformemente distribuidos, otros tienen la mitad de grueso (10 cms,) y se emplean para tabiques o paredes delgadas. A veces se emplean formas especiales en T., en L., en U. etc. Se emplean para tabiques aislantes; también se fabrican bloques para exteriores con alguna forma o grabado definido.)

TUBOS.- (El tamaño máximo del agregado varía con el diámetro del tubo, de 1/4" en adelante.) La proporción de cemento y arena debe ser 1:5 en volumen. Pueden fabricarse a mano ó mecánicamente, en el primer caso se usan moldes dobles. En el 2do., el molde interior se sustituye por un émbolo giratorio que se mueve a lo largo del molde; normalmente se emplea también el proceso centrífugo ó sea la rotación del molde a gran velocidad, de tal manera que la mezcla se adhiere a las paredes. Para tubos de gran diámetro se refuerza con varillas que quedan atrapadas por la mezcla.)

POSTES.- Para obtención de un pequeño número se emplean moldes de madera de diversas formas, pero en gran escala se emplea el método centrífugo. (Los usados para el alumbrado son de tipo cónico, no deben ser muy porosos, disminuyendo 2 cms., por cada metro de largo, también se fabrican con barras de refuerzo, en número menor hacia la punta, también se fabrican postes para vallas ó cercas prefabricadas, provistos de ranuras para insertar en ellas placas de concreto, también prefabricadas.)

MATERIALES AISLANTES

GENERALIDADES.- Se dá el nombre de materiales aislantes a aquellos que retardan la transferencia del calor ó evitan la conducción de la electricidad ó del sonido. En realidad todos los cuerpos son -- parcialmente conductores y el que se les considere como tales ó como aislantes depende de su aplicación particular. Muchos materiales aislantes al calor son también aislantes a la electricidad y -- aún al sonido.

I.- MATERIALES AISLANTES AL CALOR.

FORMAS DE TRANSMISION DEL CALOR.- Para entender el funcionamiento de estos materiales es necesario conocer las formas de transmisión del calor que son tres: Conducción, Convección y Radiación, cada una de éstas suministra una pérdida de calor () que en conjunto puede ser considerable y decisiva en la operación desarrollada y -- que depende de varios factores como son: Diferencia de temperatura de las superficies en contacto (t_2-t_1), extensión ó área de éstas (A) y de un factor mas ó menos constante (K). La pérdida de calor (q) se expresa en B. T. U./hr ó en Cal/hr; equivale al calor transmitido en la unidad de tiempo a través de una superficie dada.

a.- **Convección.**- Transmisión de calor por mezcla de diferentes porciones de un líquido ó gas, en ella: $q = K A (t_2-t_1)$. El valor de K depende de la densidad, calor específico, viscosidad y -- otras características del fluido y varía con las diferencias de temperatura de las dos superficies.

b.- **Conducción.**- Transferencia de calor a través de las moléculas de un cuerpo, depende del espesor del material (L), en ella: $q = \frac{K'A}{L} (t_2 - t_1)$; siendo A el área de la sección transversal -- considerada.

K'- El coeficiente de conductibilidad térmica en B.T.U/hr/pie/°F. K' varía con el estado físico de la sustancia, ya que los gases -- son mas pobres conductores que los líquidos ó sólidos.

c.- **Radiación.**- Transferencia de calor por movimiento de ondas a través del espacio, en ella: $q = 0.172 \times 10^{-8} A (t_1^4 - t_2^4) E$ -- siendo E el coeficiente de emisividad que depende de la naturaleza física y química de las superficies en contacto. Es alto en las -- superficies no metálicas, bajo en los metales pulimentados y aumenta con la temperatura y con el grado de rugosidad "t1" es la temperatura de la superficie emisora y "t2" la temperatura de la superficie -- recibidora.

PROPIEDADES.- Son en su mayor parte productos de baja conductividad, baja densidad aparente y gran porosidad, es decir, que están provistos de un gran número de huecos en los cuales almacenan aire, el -- cual por su baja conductividad (K= 0.00005) es uno de los mejores aislantes, de este modo el calor de un horno, estufa, etc., es retenido por el material aislante, evitando que se pierda ó viceversa, en su aplicación en edificios y refrigeración evitan que el calor -- exterior entre al interior, para lo cual en muchos casos su superficie puede cubrirse con láminas metálicas (aluminio) que son de --

una aplicación previa de sulfato de zinc ó pinturas a base de caseína para evitar la destrucción del aceite por la cal libre. Para proteger el concreto contra la corrosión, sobre todo del agua de mar, se hace tan compacto é impermeable como sea posible y se cubre de una capa de mortero rico, preparado con agua con cloruro de Bario, el cual forma sulfatos insolubles con el agua de mar, cerrando los poros.)

CONCRETOS AISLANTES.- Se obtienen agregando al concreto materiales ligeros, tales como perlita o vermiculita, las cuales dan concretos de 240 á 800 Kgs/M³, con conductividad térmica de 0.45 á 1.50 ó bien de materiales como escoria de alto horno, arcilla diatomita, piedra pómez, ceniza volcánica, etc., que producen concretos pesando de 720 á 1,440 Kgs/M³; con conductividad térmica de 1.05 á 3.00.

PRODUCTOS DE CONCRETO.- Se fabrican por vaciado del concreto en moldes, con o sin presión, comprenden gran variedad de formas y aplicaciones, entre los más comunes tenemos los bloques ó blocks, los tubos y los postes. Las mezclas empleadas varían de unos productos a otros, de acuerdo con la resistencia. En general, se usa la relación 1:2:4 para productos de gran dureza y durabilidad, la 1: 2 1/2 :4 para bloques y la 1:2:3 para postes y placas. Para productos de paredes delgadas se usa solamente material fino, en relación 1:2 1/2 y 1:3. Estos productos no deben contener mucha humedad, se vacían en moldes y se consolidan por medio de máquinas hidráulicas, bajo fuertes presiones, a veces se mezclan con agua de cal para hacerlos más densos é impermeables, comúnmente no se colorean, pero a veces se añaden colorantes.

BLOQUES. Son generalmente de caras rectangulares, de dimensiones variables y con gran número de huecos, los más comunes tienen 36X20X45 cms; con tres huecos uniformemente distribuidos, otros tienen la mitad de grueso (10 cms,) y se emplean para tabiques o paredes delgadas. A veces se emplean formas especiales en T., en L., en U. etc. Se emplean para tabiques aislantes; también se fabrican bloques para exteriores con alguna forma o grabado definido.)

TUBOS.- (El tamaño máximo del agregado varía con el diámetro del tubo, de 1/4" en adelante.) La proporción de cemento y arena debe ser 1:5 en volumen. Pueden fabricarse a mano ó mecánicamente, en el primer caso se usan moldes dobles. En el 2do., el molde interior se sustituye por un émbolo giratorio que se mueve a lo largo del molde; normalmente se emplea también el proceso centrífugo ó sea la rotación del molde a gran velocidad, de tal manera que la mezcla se adhiere a las paredes. Para tubos de gran diámetro se refuerza con varillas que quedan atrapadas por la mezcla.)

POSTES.- Para obtención de un pequeño número se emplean moldes de madera de diversas formas, pero en gran escala se emplea el método centrífugo. (Los usados para el alumbrado son de tipo cónico, no deben ser muy porosos, disminuyendo 2 cms., por cada metro de largo, también se fabrican con barras de refuerzo, en número menor hacia la punta, también se fabrican postes para vallas ó cercas prefabricadas, provistos de ranuras para insertar en ellas placas de concreto, también prefabricadas.)

C A P I T U L O XV

MATERIALES AISLANTES

GENERALIDADES.- Se dá el nombre de materiales aislantes a aquellos que retardan la transferencia del calor ó evitan la conducción de la electricidad ó del sonido. En realidad todos los cuerpos son -- parcialmente conductores y el que se les considere como tales ó como aislantes depende de su aplicación particular. Muchos materiales aislantes al calor son también aislantes a la electricidad y -- aún al sonido.

I.- MATERIALES AISLANTES AL CALOR.

FORMAS DE TRANSMISION DEL CALOR.- Para entender el funcionamiento de estos materiales es necesario conocer las formas de transmisión del calor que son tres: Conducción, Convección y Radiación, cada una de éstas suministra una pérdida de calor () que en conjunto puede ser considerable y decisiva en la operación desarrollada y -- que depende de varios factores como son: Diferencia de temperatura de las superficies en contacto (t_2-t_1), extensión ó área de éstas (A) y de un factor mas ó menos constante (K). La pérdida de calor (q) se expresa en B. T. U./hr ó en Cal/hr; equivale al calor transmitido en la unidad de tiempo a través de una superficie dada.

a.- **Convección.**- Transmisión de calor por mezcla de diferentes porciones de un líquido ó gas, en ella: $q = K A (t_2-t_1)$. El valor de K depende de la densidad, calor específico, viscosidad y -- otras características del fluido y varía con las diferencias de temperatura de las dos superficies.

b.- **Conducción.**- Transferencia de calor a través de las moléculas de un cuerpo, depende del espesor del material (L), en ella: $q = \frac{K'A}{L} (t_2 - t_1)$ siendo A el área de la sección transversal -- considerada.

K'- El coeficiente de conductibilidad térmica en B.T.U/hr/pie/°F. K' varía con el estado físico de la sustancia, ya que los gases -- son mas pobres conductores que los líquidos ó sólidos.

c.- **Radiación.**- Transferencia de calor por movimiento de ondas a través del espacio, en ella: $q = 0.172 \times 10^{-8} A (t_1^4 - t_2^4) E$ -- siendo E el coeficiente de emisividad que depende de la naturaleza física y química de las superficies en contacto. Es alto en las -- superficies no metálicas, bajo en los metales pulimentados y aumenta con la temperatura y con el grado de rugosidad "t1" es la temperatura de la superficie emisora y "t2" la temperatura de la superficie -- recibidora.

PROPIEDADES.- Son en su mayor parte productos de baja conductividad, baja densidad aparente y gran porosidad, es decir, que están provistos de un gran número de huecos en los cuales almacenan aire, el -- cual por su baja conductividad (K= 0.00005) es uno de los mejores aislantes, de este modo el calor de un horno, estufa, etc., es retenido por el material aislante, evitando que se pierda ó viceversa, en su aplicación en edificios y refrigeración evitan que el calor -- exterior entre al interior, para lo cual en muchos casos su superficie puede cubrirse con láminas metálicas (aluminio) que son de --

baja emisividad. Una característica importante de los materiales aislantes es su estabilidad térmica, indicada por la máxima temperatura que pueden soportar sin descomponerse y la que naturalmente limita su empleo, por ej. la mayor parte de los materiales orgánicos solo resisten hasta 100°C. Otros factores que deben considerarse al aplicarlos son su facilidad para colocarse, su costo, su resistencia mecánica y finalmente su resistencia a la intemperie y a los cambios de humedad.

PREPARACION.- Se prefiere su empleo en forma compacta (ladrillos, bloques, placas, etc.) pero muchos se distribuyen en forma de polvo o como material suelto para prepararse al ir a usarlo, algunos vienen con un adhesivo apropiado y a otros se les mezcla agua con silicato de sodio u otro aglutinante, para formar pastas que se aplican a la superficie que se quiere cubrir, generalmente sobre telas de alambre o rejillas de madera para darles consistencia, otros se aplican como si se tratara de un mortero y otros por vaciado. Una vez seca la superficie pueden cubrirse con algún cemento o material bituminoso para sellarlos. Para obtener los aislantes en formas rígidas se pulverizan y se mezclan con algún combustible finamente dividido, como por ej. aserrín, se les da forma con algún aglutinante y se queman, el material combustible se quema dando un cuerpo poroso. Otros se preparan por compresión y sinterización de las partículas a alta temperatura.

USOS.- Se emplean como ya se dijo para evitar pérdidas de calor, en estufas, tuberías de vapor, calderas, evaporadores, tanques de almacenamiento, torres de destilación, etc. Para evitar la penetración del calor exterior (equipo de refrigeración), para proteger los materiales contra el calentamiento excesivo y en ciertos casos para evitar la condensación de la humedad exterior (en techos de fábricas textiles y de papel, tuberías de agua fría, etc.), en este caso se aplican sobre superficies cubiertas de asfalto y se recubren con capas no porosas de lona impregnada, pinturas impermeables, etc.

CLASIFICACION.- Según su naturaleza se dividen en: Orgánicos e Inorgánicos. Según su aplicación en: Aislantes de baja temperatura, Aislantes para temperaturas moderadas y Aislantes para altas temperaturas. Se estudiarán de acuerdo con la primera clasificación, haciendo las consideraciones referentes a la temperatura.

A.- AISLANTES ORGANICOS.

GENERALIDADES.- Comprenden materiales de aplicación condicionada ya que por su carácter orgánico están sujetos al ataque de la putrefacción, sobre todo en lugares donde haya cambios frecuentes de humedad. Generalmente se aplican como aislantes de baja temperatura (menos de 100°C), ya que se descomponen por el calor, pueden emplearse para temperaturas mayores mezclados con alguna sustancia o material que los haga resistentes al calor. Se distinguen por su baja densidad aparente. Los de mayor importancia son el corcho y algunos plásticos.

CORCHO.- Material aislante no solo al calor sino también al sonido. Proviene de la corteza de los alcornoques o encinas corcheras, de color amarillo pajizo o amarillo verdoso, la cual se deseca al aire libre amontonada en pilas y más tarde se procesa y se corta o se

pulveriza para convertirla en láminas, bloques, ladrillos, etc., ya sea por simple compresión, o bien mezclada con aglutinantes especiales y cementos arcillosos (Corcho blanco), o con brea o materiales bituminosos (corcho negro). Tiene una densidad de 0.215 a 0.240 en lámina, su densidad aparente es de 0.16 y su conductividad térmica (K) es de 0.25 a 30°C. No debe usarse para temperaturas por encima de 38°C, sin embargo, mezclado con otras sustancias, como cementos arcillosos, etc., puede resistir temperaturas hasta de 360°C. No es resistente a la putrefacción, por lo cual se trata con preservativos adecuados (véase preservación de madera) o se mezcla con alquitrán y brea. Sus productos son susceptibles de cortarse, clavarse, aserrarse, etc., pero en general no tienen gran resistencia mecánica. Se utilizan mucho en instalaciones frigoríficas, secadores, etc. A veces se emplean como aislantes al sonido. Entre ellos se encuentran: el Linóleum, que consiste en un tejido de yute o ixtle, sobre el cual se extiende una capa de corcho molido y aceite de linaza, al secarse se obtiene un material susceptible de ser estampado y decorado y que adquiere los colores fácilmente, se usa principalmente como tapete para pisos. Pueden entrar en putrefacción si hay humedad y si el piso es de madera permiten la putrefacción de ésta. Otro producto es la Expansita que es un aislamiento de corcho hecho esponjoso por la acción del calor.

PLASTICOS.- Gran número de plásticos en forma de Resinas (Cap. XVI) se pueden emplear como cubiertas protectoras aislantes. Modernamente se están usando plásticos en forma de esponjas, es decir, con gran número de celdillas, fabricados comúnmente de polietileno. Son sumamente ligeras, resistentes a la humedad, a la intemperie, etc., entre ellas se encuentran la Insulfoam (p.e- 0.005), Polycell, etc.

OTROS.- La pulpa de madera, o de celulosa, el papel, el cartón, fibras, algodón, etc., pueden servir como materiales aislantes cuando se prensan para darles resistencia y consistencia, presentan estructura celular y densidad variable según el grado de compresión; a menudo se tratan con resinas para unir las capas y darles ciertas características. Son también aislantes al sonido. Un tipo especial de papel parecido al pergamino se produce tratando el papel con una solución concentrada y caliente de cloruro de zinc, hidrolizándose la celulosa y gelatinizándose, en esta condición se prensan varias hojas juntas, se lava con agua y se seca dando un producto duro e insoluble llamado "fibra vulcanizada".

B.- AISLANTES INORGANICOS.

GENERALIDADES.- Son más resistentes a la temperatura que los orgánicos y presentan una gran variedad de aplicaciones y propiedades. Pueden usarse como materiales de relleno entre paredes, en forma granulada o fibrosa, como productos moldeados mezclados con materiales adherentes o cementantes o en forma de polvos. Los principales son: - Asbesto, Vermiculita, Tierra Diatomácea, Magnesita, Lana mineral, - Fibra de vidrio, Aluminio y Productos Refractarios.

ASBESTO O AMIANTO.- Se conocen con este nombre un grupo de compuestos ferro magnesianos (Pág. 73) de tipo fibroso, resistentes a las temperaturas elevadas y de baja conductividad térmica y eléctrica. Existen 6 variedades, de las cuales las de mayor importancia son el-

Crisotilo, silicato hidratado de magnesio que forma por deshidratación el Olivino y la Crocidolita que es un anfíbolo de fibras mas fuertes que el anterior.

Constituyen materiales aislantes de gran importancia, por las diferentes formas en que pueden suministrarse y su facilidad para mezclarse con diversos productos. Presentan un carácter fibroso notable que les permite trabajarse en formas diversas, para gran número de aplicaciones. Su densidad aparente (d) y conductividad (K), varían según la forma en que se presentan de: $d = 0.47$ á 0.7 o más y K de 0.04 á 0.135 . Su peso específico varía de 2.5 (crisotilo) á 3.2 Kgs/dm³ (las demás formas). Se emplean para temperaturas no mayores de 3500°C , en forma de pequeñas fibras o pulverizados, ya sea solos o mezclados con otros materiales (arcilla, yeso, cemento, silicato de sodio, etc.), para llenar juntas o moldearse con agua y fijarse sobre rejillas con tela metálica (solos) o como morteros (mezclas). Mezclados con asfalto forman cementos y productos impermeables. A veces se emplean recubriendo a materiales mas resistentes a la temperatura, en forma de láminas, bloques, etc. En forma de fibras pueden usarse para cartón de asbesto, asbesto prensado y hueco o asbesto cel, semejante al cartón corrugado, de gran ligereza por su gran contenido de huecos, empleado para revestir tuberías de aire caliente, pudiendo forrarse o pintarse con algún otro material. También se emplean para fabricación de telas para tejidos a prueba de fuego, solos ó mezclados con fibras de rayón o algodón para desarrollar propiedades especiales. También para cuerdas y bloques de fibra entretrejida, de gran flexibilidad y ligereza, y láminas de espesor variable y usos diversos.

VERMICULITA.- Mineral micáceo, es un silicato hidratado de composición indefinida, se expande en hornos de fusión, calentando a $1,100^{\circ}\text{C}$, actúa como un aislante refractario, resiste hasta $1,350^{\circ}\text{C}$ sin llegar a fundirse. Es esponjoso y de una densidad aparente de 0.225 por su gran porosidad, presenta laminillas de aspecto brillante, semejantes a la mica, pero de color grisáceo. Por su porosidad absorbe los golpes, siendo por esto bastante resistente. Resiste a los ácidos y dá materiales a prueba de fuego, de roedores, gusanos, etc. Se aplica como material para empaques y en forma de placas con algún adhesivo, por ejemplo silicato de sodio, etc.

TIERRA DIATOMACEA.- Tierra formada por multitud de caparazones de algas microscópicas llamadas Diatomeas, de formas muy diversas y compuestas principalmente de gránulos de sílice (diátomos) hidratada (80 á 90%), con algo de silicatos de aluminio, calcio y hierro y materias orgánicas. Se le llama también "Diatomita", y adquiere distintos nombres según su tratamiento o el lugar de donde proviene, siendo su calidad tan variable que es necesario tener mucho cuidado en la selección del yacimiento. En la práctica adquiere nombres comerciales tales como: Diatomex, Dicalita, Celita, etc. Posee una densidad aparente muy baja, pero no tanto como la de otros materiales, variando con el grado de división; al estado natural y seca es de 0.4 á 0.6 , ($K' = 0.51$ á 0.81). En polvo es de 0.2 á 0.35 . En polvo fino 0.12 ($K' = 0.04$). Su porosidad es de 88% por término medio. Por su naturaleza sílicea tiene un alto punto de fusión ($1,590^{\circ}\text{C}$). Pulverizada ó en forma granular soporta temperaturas directas arriba de 900°C sin encogimiento. Cuando se ha calcinado soporta temperaturas mayores ($1,150^{\circ}\text{C}$) y presenta poder aislante al sonido, empleándose generalmente granulada de malla 3 (100%) a malla 8 (60%), de preferencia

como relleno entre 2 paredes para temperaturas superiores a 7000°C , permite una distribución uniforme del calor y le comunica al refractario poder absorbente del mismo, permitiendo un control mas exacto de la temperatura.

La tierra Diatomácea tiene un sinúmero de aplicaciones, según la forma en que se encuentre, desde material de relleno en pinturas, hasta material refractario. Como aislante se emplea en evaporadores, calderas, tuberías de vapor, refrigeración, acondicionamiento de aire, etc. en forma de placas, lozas y ladrillos aislantes o semirefractarios, ya sea cruda o cocida. Con cemento Portland o de Alúmina, en proporción de 4:1 forma cementos aislantes para puertas de hornos, calderas, etc., en menor proporción mejora notablemente las cualidades del cemento y del concreto. Mezclada con asfalto en proporción variable se emplea para pavimentos, techos, etc., mejorando la estabilidad y la resistencia. Mezclada con yeso se usa en el acabado (estuco), protegiendo las habitaciones contra los cambios bruscos de temperatura y contra el sonido.

MAGNESITA.- Magnesia de quemado muerto (Pág. 138) se emplea mezclada con un 15% de Asbesto (fibra o polvo) y un adhesivo, en forma de un producto llamado Magnesita de 85%. Es un material coherente, de gran resistencia y magnífico carácter aislante, de poco peso, 0.25 Kgs/cm³. Su conductividad térmica (K') varía de 0.38 (50°C) á 0.65 (342°C), no debe emplearse para temperaturas menores de la primera ni mayores de la 2da. Para altas temperaturas puede usarse sobre una cubierta previa de algún material mas resistente a la temperatura. En su aplicación se acostumbra proteger su superficie con una cubierta de asbesto o de asfalto cemento. Se adapta bien para líneas de alta y baja presión, con solo cambiar el grueso del revestimiento, se suministra en forma de bloques de espesor variable o en formas especiales; para tuberías se vende en segmentos de una (Standard) o dos capas (doble Standard) revestidos de tela y con flejes de latón. También se emplea para partes de recubrimiento plástico, el cual, mezclado con agua se emplea para partes de recubrimiento difícil, tales como codos, empaques, juntas de secciones moldeadas, etc.

ESCORIA DE ALTO HORNO.- Este tipo de material se está empleando modernamente en gran escala para fabricación de concretos ligeros-aislantes al calor, también puede usarse en sus dos tipos es decir- enfriada al aire o al agua. Tiene gran porosidad y baja densidad aparente. En forma de cemento se emplea mezclada con asbesto y algún cementante para pequeños recubrimientos.

LANA MINERAL.- Se llama también lana de escoria o de roca, está formada por silicatos inorgánicos producidos soplando fibras minerales (calizas, lavas basálticas, etc.) o escorias de plomo, hierro u otros metales a través de boquillas especiales. La mas común proviene de la escoria de plomo, poco frágil, por contener 30 á 50% de óxido de calcio y magnesio, mientras que las de los otros metales presentan gran fragilidad. No debe ser muy quebradiza, ni difícil de instalar y mantener. Su conductividad (K') varía según su densidad, de 0.19 á 0.33 . Resiste temperaturas hasta de 537°C , a veces hasta 950°C . Sus propiedades son semejantes a las de la fibra de vidrio. Se emplea en forma de productos huecos, bloques para altas temperaturas, cementos plásticos o fibras granuladas. Los productos huecos están formados por telas metálicas entre las cuales se coloca la lana mineral cuidadosamente empaquetada, se fabri-

can en formas y tamaños diversos, de grueso variable con la temperatura, hasta 20 cms., se emplean para equipos industriales, tales como: cambiadores de calor, carros tanque, etc. Para cubiertas de tubos debe emplearse fibra larga seleccionada, se fabrica en secciones de 60 cms. o mas para tubos de gran diámetro (hasta 75 cms.) de espesor variable con la temperatura.

FIBRA DE VIDRIO.- Se llama también lana de vidrio, es un material semejante a la lana mineral, formado por multitud de fibras delgadísimas (.0006 cms. de diámetro) de vidrio, de gran resistencia a la tensión (17,500 Kgs/cm²) y flexibilidad. Se obtiene haciendo pasar vidrio fundido libre de impurezas, a través de boquillas especiales, desintegrandolo por medio de vapor a presión, variando el diámetro y longitud de las fibras con la temperatura y viscosidad del vidrio, el tamaño de los orificios y la presión del vapor. La fibra así obtenida es la ordinaria o común, llamada "Lana Vítrea", está formada por finas hebras entrelazadas, de gran blancura y baja densidad aparente, no comprimida pesa .000024 grs/cm³, siendo 100 veces mas ligera que el estado sólido. Tiene una baja conductividad térmica y eléctrica. No absorbe la humedad, por carecer de estructura intercelular, no se pudre ni se oxida, no se altera con los álcalis y ácidos y es completamente incombustible, resistiendo temperaturas desde muy por debajo de cero hasta 540°C, sin sufrir ningún cambio. Mezclada con resinas plásticas puede moldearse para obtener distintos productos, tales como: bloques, ladrillos, placas, etc. Se emplea para toda clase de aislamientos térmicos, eléctricos y acústicos, por la gran cantidad de aire que contiene y la extensa superficie absorbente de las fibras. Instalada sobre otros materiales el coeficiente de reducción del ruido llega hasta 0.95, según el espesor, densidad y métodos de instalación. Puede ser tratada con aglutinantes resinosos, comprimida al espesor que se desee y calentada, dando láminas flexibles, rígidas o semirígidas, en forma de rollos, planchas, etc. variando su densidad con el diámetro de las fibras y el grado de compresión. Las placas obtenidas con ciertos adhesivos son susceptibles de adherirse a aparatos de acondicionamiento de aire, etc. En forma cilíndrica se emplea para recubrimiento de tuberías, evitando la corrosión electrolítica en tuberías sepultadas. Además se fabrican mas de 4,000 formas diversas de productos para centenares de aplicaciones.

ALUMINIO.- Modernamente se está usando mucho la lámina de aluminio en varias formas, delgada como papel, en capas de varias hojas separadas por aire, etc. Es un material ligero y de baja capacidad calorífica y emisividad, siendo inerte a los agentes atmosféricos, además, por su gran pulimento disminuye las pérdidas por radiación. Se emplea como aislante para techos y en refrigeración. También se usa en forma de pintura para tanques de almacenamiento, productos aislantes, sobre todo de asbesto cemento, etc.

PRODUCTOS REFRACTARIOS.- Materiales porosos de sustancias refractarias (Cap. XI) apropiados para aplicarlos a hornos y estufas de muchos tipos, con objeto de ahorrar combustible, tiempo, espacio o mejorar las condiciones de trabajo. A menudo sustituyen con ventaja a los productos densos. Pueden usarse en forma de polvo mezclados con otros aislantes, como asbesto y algún aglutinante, para revestimientos monolíticos. Como sólidos porosos se fabrican mezclando al material refractario aserrín de madera o alguna otra sustancia combustible.

II.- MATERIALES AISLANTES A LA ELECTRICIDAD.

GENERALIDADES.- Un material aislante a la electricidad debe tener baja conductancia, en ciertos casos una constante dieléctrica apropiada y en otros baja pérdida dieléctrica, además, debe mostrar resistencia a la interrupción, debe de ser estable é inerte y sobre todo repelente al agua y no higroscópico. En ciertas aplicaciones debe resistir temperaturas elevadas, a veces debe de ser rígido y a veces flexible, etc. Para entender mejor sus características se definirán algunas de ellas a continuación.

Conductancia.- Representa la conductividad eléctrica de 1 cc. de material. Se mide en "mho" (unidad recíproca del ohmio) que es la unidad de resistencia.

Dieléctrico.- Medio que se opone a la descarga de la corriente eléctrica de un conductor á otro.

Constante Dieléctrica (K).- La relación entre la capacidad de un condensador usando la sustancia dada (Cs) como dieléctrico y la obtenida usando el aire (Ca), que se toma como unidad.

Pérdida Dieléctrica (Pk).- Es la pérdida de energía en el dieléctrico cuando se somete a un campo alterno.

Resistencia a la interrupción (R) o al voltaje.- Menor voltaje necesario para perforar un espesor dado del aislante, en voltios/cm o kilovoltios/mm. No es proporcional al espesor, a menos que se tomen precauciones especiales.

1.- AISLANTES GASEOSOS Y LIQUIDOS.

Los gaseosos comprenden los gases comunes, tales como aire, nitrógeno, helio, argón, etc., son de baja conductancia, constante dieléctrica cercana a la unidad y pérdida dieléctrica despreciable, $R = 30,000$ volts/cm., menor que la mayor parte de los sólidos y líquidos. Se emplean para conductores que deban estar separados, por ejemplo; siempre que se requiera una descarga eléctrica (focos, etc.).

Los aislantes líquidos se emplean cuando los conductores están muy juntos, en reostatos, transformadores, interruptores, etc; para la impregnación de tela, papel embobinado y en general para sellar materiales porosos (resinas sintéticas no inflamables). La resistencia a la descarga eléctrica se aumenta con adición de ciertos compuestos aromáticos como el difenilo. Modernamente se usan algunos compuestos aromáticos clorinados y mas modernamente aún resinas líquidas de Silicones (Pág. 164) líquidos incoloros, no tóxicos, de viscosidad ampliamente variable, el mas usado es el tipo dimetilo, estables al aire a menos de 150°C, se usan como fluidos para transformadores, para impregnar bobinas, armaduras, telas de vidrio flexibles, etc.

2.- AISLANTES SOLIDOS.

Son los más importantes y mas usados, existe un gran número de ellos. Pudiendo dividirse por su obtención en Naturales y Sintéticos y por su naturaleza en: Inorgánicos y Orgánicos. Entre los Inorgánicos se encuentran: Mica, Porcelana, Cuarzo, Lana Mineral, Fibra de vidrio y otros. Y entre los Orgánicos: Parafina, Hule, Ambar, Guatapercha, Goma Laca, Resinas Sintéticas y Silicones.

A.- AISLANTES INORGANICOS.

Mica.- Silicato hidratado de Magnesio natural (Pág. 69) caracterizado por su fractura en laminillas muy brillantes y frágiles, por lo cual solo puede emplearse con una ligazón adecuada. Tiene gran número de variedades, pero no todas son apropiadas como aislantes. Se extrae en grandes trozos que son partidos y desbastados para dar hojas delgadas y flexibles. Tiene gran resistencia a la interrupción. Resiste bien el calor hasta 600°C pero a mayor temperatura se disgrega lentamente, suavizándose a $1,200^{\circ}\text{C}$. Hojas de mica artificiales pueden obtenerse mezclando las hojitas de mica con algún adhesivo, principalmente goma laca y modernamente con algunas resinas plásticas, prensando la mezcla en hojas bajo calor y presión.

Constituye el único aislante para generadores de alta tensión, en forma de un producto llamado "Termalastic" (1951), ligada con una resina de baja viscosidad que en presencia de un catalizador forma al calentarse una sustancia permanentemente rígida, sin vacíos ni poros. Esta resina comunica a la mica gran resistencia mecánica y térmica. El producto es fácilmente aplicable en forma de cinta, impregnado con la misma resina y recubriendo al final con fibra de vidrio. Da un aislamiento de propiedades físicas excepcionales. La mica constituye uno de los materiales aislantes sólidos más ampliamente usados, se emplea para productos en forma de hojas, cintas o tubos, adquiriendo varios nombres. En forma de hojas se usa para mirillas de los hornos y estufas y en ciertos tipos de lámparas. Por su propiedad de poder obtenerse en láminas muy delgadas se usa mucho para aislamiento en espacios limitados, por ej: entre segmentos de armadura de motores dinamo.

PORCELANA (Pág. 95).- Solo tienen importancia las porcelanas duras, obtenidas como ya se vio a temperaturas mayores de $1,770^{\circ}\text{C}$, se emplean para gran número de usos, en equipo eléctrico, aisladores, tapones, apagadores, etc. Una porcelana dura especial del tipo usado para equipo de laboratorio, baja en feldespato, no porosa, obtenida a $1,465^{\circ}\text{C}$, se usa para bujías por su alta resistencia dieléctrica, mecánica y al choque térmico, para resistencias de hornos calentados, etc; aunque en estos casos se prefieren porcelanas menos vitreas, hechas de periclase (MgO) que son más resistentes al choque térmico.

VIDRIO Y CUARZO FUNDIDO.- Excelentes aislantes, inertes a la humedad, obtenidos a alta temperatura. (para el Vidrio véase Cap. XVI). En ausencia del agua el cuarzo fundido es uno de los mejores aislantes conocidos, pero tiene la desventaja de absorber agua en su superficie, aumentando su conductancia, por lo cual al ser usado requiere colocar en su vecindad un agente secante o cubrirlo con una delgada capa de ceresina. Resiste a los agentes químicos y no sufre expansión o contracción. Se emplea cuando se necesita un aislamiento extremadamente bueno.

LANA MINERAL.- (Pág. 159) Producto de características semejantes al cuarzo, empleado sobre todo mezclado con mica, asbesto, etc.

FIBRA DE VIDRIO.- (Pág. 159) Se emplea en varias formas, tales como: cintas tejidas, trencillas, cordones y telas impregnadas de barniz o resinas; en motores eléctricos, cables y alambres, placas de separación de baterías, etc. Moldeada con plásticos forma láminas de propiedades variables y múltiples aplicaciones.

OTROS.- Asbesto, mármol, pizarras, talco, etc. Su característica principal es su incombustibilidad y su tendencia a absorber la humedad, lo cual disminuye su resistencia eléctrica. El talco (Pág. 70) forma a $1,100^{\circ}\text{C}$ un producto llamado Isolantita que es sumamente duro, por lo cual no se puede trabajar y las formas deberán moldearse previamente. Los mármoles y pizarras se usan para tableros eléctricos. Pulverizados se emplean como relleno de ciertas resinas o en mezclas cementadas, sustituyendo a la porcelana, para apagadores, interruptores, etc. No son de importancia.

B.- AISLAMIENTOS ORGANICOS.

AMBAR.- Resina natural petrificada, poco abundante y por lo mismo muy cara, por lo cual se emplea muy poco, solamente para aparatos muy sensibles a pesar de sus excelentes características aislantes. (Le sigue al cuarzo).

PARAFINA.- Residuo de la destilación de petróleos parafínicos, es un excelente aislante, químicamente inerte y resistente al agua por lo que se emplea para recubrir otros productos aislantes que absorben humedad, tales como, madera, papel, cuarzo, etc. La variedad de alto punto de fusión se llama Ceresina u Ozoquerita y es mejor aislante que la parafina ordinaria. No tienen gran aplicación por su gran fragilidad y fácil reblandecimiento.

HULE (véase Cap. XVI).- Producto elástico obtenido de la savia de ciertos árboles, no es muy buen aislante, pero es resistente a la humedad cuando está vulcanizado (hule suave). Se emplea en el recubrimiento de alambre, para la impregnación de cintas aislantes y en pinturas aislantes. El hule duro se emplea como cualquier otro aislante sólido, para contactos, enchufes, etc., tiene la desventaja de no poder usarse para temperaturas superiores a 100°C , por su combustibilidad. Se afecta con la intemperie, reseca y endureciéndose y rajándose con el tiempo, por lo cual ha sido sustituido en muchas aplicaciones por materiales plásticos. Además del hule natural hay gran cantidad de hules sintéticos más o menos semejantes que se usan naturalmente en lugar de aquel, modernamente se ha desarrollado un producto de silicone (véase adelante) de propiedades parecidas al hule por lo que se le llama Hule de Silicone.

GUTAPERCHA.- Se obtiene como el caucho de la savia de ciertos árboles tropicales. Es semejante al hule en sus propiedades, pero es mejor aislante, tiene alta resistencia dieléctrica, se puede moldear fácilmente a temperatura y presión, es plástico, pero no elástico como el hule. Se emplea en su forma natural para aislamiento de cables submarinos.

GOMA LACA o SHELLAC.- Resina natural, (vea Cap. XVI), de propiedades muy variables. Disuelta en alcohol se emplea como barniz, para la impregnación de madera, cintas, etc. Se emplea como adhesivo para la mica. Se tiende a sustituir por resinas sintéticas vinílicas, para los anillos de los colectores. Se suaviza a 150°C y puede usarse como agente de unión.

RESINAS SINTETICAS.- Gran número de resinas sintéticas orgánicas se usan al estado sólido o como líquidos de impregnación o de cementación para pinturas aislantes. Contienen rara vez más de dos

ingredientes, aunque algunas tienen tres o más, generalmente provenientes de materias primas abundantes. Son tan variadas estas resinas en sus propiedades que puede decirse que existe una para cada aplicación en particular (véase Cap. X). Entre ellas son de gran utilidad, las Bakelitas, el nitrato de celulosa (Piroxilinas), las resinas del Estireno Vinilita, Lucita, Plaskón, etc.

COMPUESTOS DE SILICONE.- Productos semiorgánicos, similares a los hidrocarburos, pero con radicales de (SiO_2) óxido de silicio en lugar de carbón, como éstos pueden formar grandes cadenas por polimerización y tener cadenas laterales para formar un gran número de compuestos, en forma de líquidos (Pág. 161), grasas, resinas, gomas, hules y sólidos similares a los plásticos. Tienen una gran estabilidad que se manifiesta en los líquidos por un coeficiente de viscosidad más bajo que el de los productos de petróleo, a cualquier temperatura, y en los sólidos por el poco cambio en propiedades, desde temperaturas abajo de $0^{\circ}C$. -- hasta cerca de $260^{\circ}C$ para algunos tipos. Además su estabilidad puede aumentarse con ciertos materiales de relleno, principalmente con: Lana de vidrio, sílice sintética, asbestos y mica. Con estas mezclas se obtienen productos en forma de láminas curadas bajo presión a altas temperaturas, las cuales se usan para moldeo de piezas, fabricación de partes eléctricas, etc.

Poseen una elevada resistencia dieléctrica, comparable a la de otras resinas, pero sus propiedades mecánicas son inferiores a las de otras resinas, pues presentan mayor fragilidad, menor resistencia a la abrasión y mayor tendencia a agrietarse. Se han probado también como materiales de liga para mica, amianto, etc. sobre todo para la mica, en sustitución de las resinas orgánicas, obteniéndose mayor duración y resistencia a la temperatura. Los llamados hules de silicone son empleados en diversas formas moldeadas o Silastic o mezclados con ciertos materiales inertes, para aislamiento de alambres de llegada recubiertos al final de resina de silicone. Para llenar vacíos alrededor de la entrada de los conmutadores y en las armaduras de los motores de c. d. Aplicados como cubierta de telas de vidrio, se emplean para aislar en pilas de bajo voltaje, en motores de alta velocidad en sustitución de los aislantes de mica y también como sustitutos del hule ordinario en el recubrimiento de alambre y para sellos herméticos, no adhiriéndose al equipo a ninguna temperatura.

C A P I T U L O XVI

MATERIALES VARIOS.

I.- HULE

HULE NATURAL.- Proviene de la savia de ciertos árboles tropicales, principalmente del género Heveas, y otras plantas (Guayule) la cual es extraída por cortes apropiados, en forma de un líquido lechoso llamado látex, el cual contiene 30-45% de moléculas de hule (C5 H8) en forma de glóbulos microscópicos, agua y productos resinosos. Este líquido se somete a evaporaciones, dando un producto sólido impurificado con resinas y otras sustancias, por lo que se prefiere mejor separarlo por coagulación con ácidos, principalmente fórmico ó acético. El producto obtenido por cualquiera de los dos métodos anteriores, se lava en un molino y se lamina en hojas delgadas, las cuales se desaguan, se secan y se someten a la acción del humo para obtener unas bolas de hule crudo ó caucho, listas para convertirse en hule común o hule vulcanizado o curado, para lo cual se mezcla el caucho con 7 á 10 % de azufre y se calienta a $140-175^{\circ}C$; el producto obtenido se moldea a presión de 25 Kgs/cm² para el hule suave y de 125 Kgs/cm² para el hule duro. Es frecuente agregarle ciertas sustancias para cambiar la velocidad de vulcanización o alterar sus propiedades, entre ellos: aceleradores, antioxidantes, plastificantes, agentes colorantes, reforzadores y materiales de relleno.

PROPIEDADES.- Dependen de su grado de vulcanización o (% de Azufre), que es lo que le dá su elasticidad típica, su resistencia a ciertos solventes que atacan al hule crudo y menor sensibilidad a los cambios de temperatura, en cambio, si tiene mucho azufre) se vuelve frágil y duro. También dependen de los materiales agregados, sobre todo de su carácter, de su fineza y de su proporción. El hule suave tiene gran capacidad de deformación y de absorción de cargas, lo que lo hace muy útil para absorber choques. El hule es atacado por el aire y la luz, volviéndose duro y frágil. Es soluble en benceno, éter de petróleo, bisulfuro de carbono, etc. empleándose algunas de sus soluciones como adhesivos. Tiene baja conductividad eléctrica en estado natural, por lo que se emplea como material aislante para cubrir cables, paneles de instrumentos, enchufes, etc.

HULES SINTETICOS.- Existen varios materiales sintéticos que tienen propiedades semejantes al hule, entre ellos destacan: El Neopreno, el Buna-N, el Tiokol, el GR-S, etc.

NEOPRENO.- Fue el primero de los hules sintéticos, es un copolímero del cloropreno, tiene buena resistencia a los agentes exteriores, puede vulcanizarse sin azufre, pero no puede curarse

ingredientes, aunque algunas tienen tres o más, generalmente provenientes de materias primas abundantes. Son tan variadas estas resinas en sus propiedades que puede decirse que existe una para cada aplicación en particular (véase Cap. X). Entre ellas son de gran utilidad, las Bakelitas, el nitrato de celulosa (Piroxilinas), las resinas del Estireno Vinilita, Lucita, Plaskón, etc.

COMPUESTOS DE SILICONE.- Productos semiorgánicos, similares a los hidrocarburos, pero con radicales de (SiO_2) óxido de silicio en lugar de carbón, como éstos pueden formar grandes cadenas por polimerización y tener cadenas laterales para formar un gran número de compuestos, en forma de líquidos (Pág. 161), grasas, resinas, gomas, hules y sólidos similares a los plásticos. Tienen una gran estabilidad que se manifiesta en los líquidos por un coeficiente de viscosidad más bajo que el de los productos de petróleo, a cualquier temperatura, y en los sólidos por el poco cambio en propiedades, desde temperaturas abajo de $0^{\circ}C$. -- hasta cerca de $260^{\circ}C$ para algunos tipos. Además su estabilidad puede aumentarse con ciertos materiales de relleno, principalmente con: Lana de vidrio, sílice sintética, asbestos y mica. Con estas mezclas se obtienen productos en forma de láminas curadas bajo presión a altas temperaturas, las cuales se usan para moldeo de piezas, fabricación de partes eléctricas, etc.

Poseen una elevada resistencia dieléctrica, comparable a la de otras resinas, pero sus propiedades mecánicas son inferiores a las de otras resinas, pues presentan mayor fragilidad, menor resistencia a la abrasión y mayor tendencia a agrietarse. Se han probado también como materiales de liga para mica, amianto, etc. sobre todo para la mica, en sustitución de las resinas orgánicas, obteniéndose mayor duración y resistencia a la temperatura. Los llamados hules de silicone son empleados en diversas formas moldeadas o Silastic o mezclados con ciertos materiales inertes, para aislamiento de alambres de llegada recubiertos al final de resina de silicone. Para llenar vacíos alrededor de la entrada de los conmutadores y en las armaduras de los motores de c. d. Aplicados como cubierta de telas de vidrio, se emplean para aislar en pilas de bajo voltaje, en motores de alta velocidad en sustitución de los aislantes de mica y también como sustitutos del hule ordinario en el recubrimiento de alambre y para sellos herméticos, no adhiriéndose al equipo a ninguna temperatura.

C A P I T U L O XVI

MATERIALES VARIOS.

I.- HULE

HULE NATURAL.- Proviene de la savia de ciertos árboles tropicales, principalmente del género Heveas, y otras plantas (Guayule) la cual es extraída por cortes apropiados, en forma de un líquido lechoso llamado látex, el cual contiene 30-45% de moléculas de hule (C5 H8) en forma de glóbulos microscópicos, agua y productos resinosos. Este líquido se somete a evaporaciones, dando un producto sólido impurificado con resinas y otras sustancias, por lo que se prefiere mejor separarlo por coagulación con ácidos, principalmente fórmico ó acético. El producto obtenido por cualquiera de los dos métodos anteriores, se lava en un molino y se lamina en hojas delgadas, las cuales se desaguan, se secan y se someten a la acción del humo para obtener unas bolas de hule crudo ó caucho, listas para convertirse en hule común o hule vulcanizado o curado, para lo cual se mezcla el caucho con 7 á 10 % de azufre y se calienta a $140-175^{\circ}C$; el producto obtenido se moldea a presión de 25 Kgs/cm² para el hule suave y de 125 Kgs/cm² para el hule duro. Es frecuente agregarle ciertas sustancias para cambiar la velocidad de vulcanización o alterar sus propiedades, entre ellos: aceleradores, antioxidantes, plastificantes, agentes colorantes, reforzadores y materiales de relleno.

PROPIEDADES.- Dependen de su grado de vulcanización o (% de Azufre), que es lo que le dá su elasticidad típica, su resistencia a ciertos solventes que atacan al hule crudo y menor sensibilidad a los cambios de temperatura, en cambio, si tiene mucho azufre) se vuelve frágil y duro. También dependen de los materiales agregados, sobre todo de su carácter, de su fineza y de su proporción. El hule suave tiene gran capacidad de deformación y de absorción de cargas, lo que lo hace muy útil para absorber choques. El hule es atacado por el aire y la luz, volviéndose duro y frágil. Es soluble en benceno, éter de petróleo, bisulfuro de carbono, etc. empleándose algunas de sus soluciones como adhesivos. Tiene baja conductividad eléctrica en estado natural, por lo que se emplea como material aislante para cubrir cables, paneles de instrumentos, enchufes, etc.

HULES SINTÉTICOS.- Existen varios materiales sintéticos que tienen propiedades semejantes al hule, entre ellos destacan: El Neopreno, el Buna-N, el Tiokol, el GR-S, etc.

NEOPRENO.- Fue el primero de los hules sintéticos, es un copolímero del cloropreno, tiene buena resistencia a los agentes exteriores, puede vulcanizarse sin azufre, pero no puede curarse

para producir hule duro. Se usa para mangueras, empaques, y en aplicaciones en que se requiere resistencia al aceite.

BUNA-N y GR-S.- Constituyen los hules sintéticos más parecidos al hule natural, pueden vulcanizarse y curarse para producir hule duro. El BUNA-N, es un copolímero del Butadieno y el Acronitrilo, tiene alta resistencia al petróleo, se usa para mangueras de gas y aceite y para revestimiento de tanques que se necesite proteger contra el ataque químico. El GR-S es un copolímero del Butadieno y el Estireno puede polimerizarse a baja temperatura (Hule frío), aumentando su resistencia mecánica y a la abrasión. Se usa ampliamente para neumáticos de automóviles.

TIKOL.- Es un polisulfuro de alta resistencia al deterioro, pero de pobre resistencia mecánica. Se usa para empaques, revestimiento de tanques, mangueras para aceite, etc.

II.- VIDRIO

GENERALIDADES.- El nombre de material vidrioso se aplica a todas aquellas sustancias que solidifican sin cristalización y que tienen apariencia de vidrio. Mezclas de este tipo obtenidas por fusión de arena sílice con óxidos de sodio, potasio, calcio, etc., se conocen con el nombre de Vidrios.

OBTENCION.- La mezcla de los óxidos, incluyendo o no pedacera de vidrio, se calienta en un horno de reverbero a temperatura de 1,500°C, hasta lograr fundirlo se conserva a dicha temperatura por algún tiempo para permitir el escape de los gases, agregando a menudo ciertas sales para facilitar y disminuir la viscosidad, sobre todo sal común. Una vez libre de gases se vacía en moldes, se prensa, se sopla o se lamina. El producto obtenido se lleva comunmente a un recocido para eliminar los esfuerzos internos, o bien se somete en algunos casos a un templado, enfriándolo rápidamente a partir de una temperatura de 540°C, ya sea en el aire o en baño de aceite caliente, aumentando su resistencia en un 400%.

PROPIEDADES.- Material amorfo de apariencia especial, sus propiedades varían con la composición. A temperaturas elevadas se hace dúctil, conservando su fluidez al enfriarse, dando tiempo para poderlo moldear. Puede ser transparente o translúcido, incoloro ó coloreado. Es un material frágil y quebradizo, con excepción los de Borosilicato no resiste el choque térmico. Tiene gran estabilidad química y resistencia al ataque de los ácidos, aunque es lentamente atacado por el agua, sobre todo cuando aumenta la proporción de óxido de sodio, perdiendo su resistencia a los ácidos. Su peso específico varía de 2.23 para los de Boro a 2.85- y 3.05 para los de plomo. Tienen la propiedad muy importante de transmitir la luz, los que transmiten más fácilmente los rayos de más corta longitud de onda tienen aplicación en terapéutica y fotografía.

TIPOS DE VIDRIOS.- VIDRIO ORDINARIO.- Se llama también sódico cálcico (73% SiO₂, 22% Na₂O, 5% CaO) se obtiene por la fusión de arena sílice con carbonato, nitrato o sulfato de sodio y caliza. Se suaviza a 700°C. Se emplea para ventanas, placas y botellas. VIDRIO PYREX.- Se obtiene sustituyendo el carbonato de sodio por Bórax o ácido bórico. Es más estable física y químicamente, se suaviza a 755-915°C.

Es el tipo más conocido de los vidrios llamados de Borosilicato, contiene 81% de SiO₂, 11% de ácido bórico y 4% de carbonato de sodio. Tiene un coeficiente de expansión térmica tres veces menor que el anterior, lo cual le permite usarse para cambios súbitos de temperatura sin que se rompa. VIDRIOS DE PLOMO.- Se obtienen sustituyendo la cal por óxido de plomo (12%). Constituyen el vidrio de ventana (cristal) y el vidrio para placas, también se usan para ciertos vidrios ópticos y para vidrios ornamentales. VIDRIO FLINT.- Se obtiene sustituyendo en el anterior el óxido de sodio por el óxido de potasio (8%) y añadiendo óxido de zinc (8%) y óxido de Bario (13%). Se suaviza a 630°C, se usa para loza y como vidrio óptico.

PRODUCTOS DE VIDRIO.- FIBRA DE VIDRIO.- (Véase Pág. 159). BLOQUES HUECOS.- Se fabrican en dos mitades que se unen después por un calentamiento suficiente para que se adhieran las esquinas, soldándose juntos por medio de una película de un metal especial a 750°C o usando una soldadura especial que une las partes a solo 200°C. Se usan para mejorar el alumbrado.

VIDRIOS DE SEGURIDAD.- Pueden ser de fibra o laminados, los primeros contienen un alambrado que mantiene juntos los fragmentos de vidrio en caso de ruptura. Los laminados consisten de una hoja delgada de plástico transparente entre dos hojas de vidrio, de tal modo que al romperse ésta, los fragmentos quedan unidos por la membrana de plástico. Se usan sobre todo para vehículos.

III.- GOMAS Y ADHESIVOS.

GENERALIDADES.- Se agrupan bajo este nombre, materiales que sirven para pegar o unir entre sí materiales de origen diverso, sobre todo madera (colas animales, aceites de pescado y gomas de caseína), pape y cartón (almidones y dextrinas). Entre los de mayor importancia se consideran las colas animales, los adhesivos de caseína, el silicato de sodio y las resinas plásticas. También se usan soluciones de hule, goma laca ó asfalto, en bencina o nafta, para pape, madera y vidrio, además se usan cementos de hule, para hule, metales y plásticos.

COLAS ANIMALES.- Pueden ser de cuero, de músculos o cartílagos, de huesos y de pescado. Para su extracción, éstos productos se someten a un proceso variable; los cueros y músculos se lavan y tratan con cal, se lavan y acidifican; los huesos se pulverizan, se tratan con ácido clorhídrico para eliminar los fosfatos y separar el Colágeno; los huesos de pescado no necesitan más que un lavado. Los productos obtenidos se hidrolizan con vapor de agua a presión para obtener la cola, ya sea en forma sólida sometiendo a secado la masa obtenida o bien en forma líquida, agregando en caliente reactivos que destruyan su capacidad de gelatinización. Para su uso la cola sólida se disuelve en agua al baño María. Es uno de los adhesivos más antiguos, empleado sobre todo para la madera, es atacada por el agua, por lo que tiende a sustituirse por otros adhesivos, sobre todo por adhesivos de caseína (Resistol). Puede hacerse resistente al agua con adición de pequeñas cantidades de formol, tanino, alumbre y otras sustancias.

ADHESIVOS DE CASEINA.- La caseína en un subproducto de la industria de la leche, se obtiene coagulando la leche descremada con un ácido o por la acción de bacterias o enzimas. El coágulo obtenido se

lava, se prensa y se seca. Es un polvo blanco, insoluble en agua, alcohol y la mayor parte de los solventes orgánicos cuando es ácida, pero puede dispersarse en soluciones acuosas alcalinas, con hidróxido de sodio, amonio o calcio ó con sales de sodio o potasio de un ácido débil. La goma de caseína ordinaria es reversible, es decir, puede regresar a su condición agregándole agua, sobre todo caliente. Si se quiere hacer resistente al agua o irreversible se trata con solución saturada de hidróxido de calcio. La desventaja de este tipo es su poca vida de trabajo, es decir, que se prepara al usarse y dura poco tiempo (unas cuantas horas).

SILICATO DE SODIO.- Es una dispersión coloidal de silicato de sodio y anhídrido silícico en agua para dar una graduación de 40-42° Bé en la forma ordinaria. Se usa en la obtención de cajas y recipientes de cartón, para pegar etiquetas, etc. No es resistente al agua, algunas veces se le añaden sólidos inertes (asbesto, sulfato de bario, talco, etc.) para compensar su encogimiento al solidificarse. También se usa para cementos refractarios.

GOMAS DE RESINAS PLÁSTICAS. (véase Cap. X).- Son soluciones de resinas plásticas en solventes apropiados, entre ellas se encuentran las de fenol formaldehído, las resinas alquídicas y las piroxilinas, disueltas en acetona, benzol, etc. Tienen gran aplicación como adhesivos estructurales, empleándose para unir materiales muy diversos, tales como; madera, vidrio, metales, etc.

IV.- CUBIERTAS PROTECTORAS.

GENERALIDADES.- La mayor parte de los materiales estructurales comunes tienden a ser atacados por los agentes que los rodean; aire, agua, electrólitos, congelación y descongelación, putrefacción, etc. por lo cual es necesario protegerlos superficialmente con películas de materiales resistentes a dichos ataques. Cualquiera que sea la sustancia que se vaya a aplicar, la superficie deberá estar perfectamente seca y limpia para que pueda adherirse fácilmente, además, una cubierta protectora efectiva deberá ser resistente a la abrasión y al ataque químico, impermeable al aire, al agua y otros fluidos, suficiente mente elástica para adaptarse a la expansión y contracción del material y tener fuerte poder adherente. Según su composición, las cubiertas protectoras pueden dividirse en: Inorgánicas y Orgánicas. Las primeras son más efectivas y de mayor duración, pero requieren generalmente procesos más complejos para su aplicación, comprenden: Cubiertas metálicas, óxidos naturales y esmaltes vitreos. Las orgánicas son las de mayor importancia en la práctica, pudiendo aplicarse fácilmente con brocha, por atomización o por inmersión, formando una cubierta delgada de 0.002 a 0.007 cms; comprenden: Materiales Bituminosos- (Pág. 129), pinturas, barnices, esmaltes y lacas.

A.- CUBIERTAS METÁLICAS.- Tienen por objeto proteger metales fácilmente oxidables o corroides con metales de mayor resistencia, dándose al mismo tiempo mejor apariencia. El método más comúnmente empleado es el electrolítico o electroplastia. Los metales más empleados son el Zinc (galvanizado), el Estaño (estañado), el Cromo (cromado), el Níquel, el Plomo y el Aluminio, también pueden recubrirse por inmersión durante un tiempo apropiado en un baño del metal o aleación fundidos, éste método se emplea principalmente para cubrir con metales y aleaciones de bajo punto de fusión (Estañado, Galvanizado, etc). Otros métodos consisten en atomizar el metal fundido y depositarlo en la superficie que se va a cubrir, generalmente empleando pistolas de aire,

tiene la ventaja de poder aplicarse en el lugar que se requiere, evitando las deformaciones, forma depósitos más malos que los aplicados por otros métodos. Algunos metales como el aluminio, el zinc, etc; pueden aplicarse en forma de pinturas.

B.- OXIDOS METÁLICOS.- La mayor parte de los metales resistentes a la corrosión deben su propiedad a la formación de una capa de óxido que los protege, por ej: Aluminio, Cobre, etc., esto puede hacerse artificialmente para algunos metales, sobre todo para el aluminio y sus aleaciones, usándolos como ánodos en electrólitos apropiados que producen oxígeno al pasar la corriente (Anodizado), el óxido formado es poroso y puede absorber colorantes. Algunos óxidos como el de fierro y de plomo se emplean para pinturas anticorrosivas.

C.- ESMALTES DE PORCELANA O VITREOS. Son cubiertas aplicadas a materiales metálicos, principalmente ferrosos (hierro vaciado y acero), que consisten de una cubierta vidriosa obtenida por la fusión a 625° - 760°C por 10 a 15 m, de mezclas finamente pulverizadas de Cuarzo y feldespato con bórax, estatoflour, carbonato y nitrato de sodio, criolita y nitargirio. Pueden aplicarse en forma húmeda mezcladas con un 15% de arcilla, un opacante y colorante, con óxido de cobalto para provocar adherencia. También se aplican en forma seca- espolvoreados sobre la superficie caliente a la cual se le ha dado una cubierta húmeda. El esmalte resiste a todas las sustancias, excepto a los álcalis fuertes y al ácido fluorhídrico. Es muy frágil, por lo cual los artículos esmaltados deben manejarse con cuidado. Se emplea para equipo químico, farmacéutico, alimenticio, artículos plásticos, etc.

D.- PINTURAS.- Dispersiones de Pigmentos en aceites secantes, principalmente aceite de linaza con adición de adelgazadores cuando se hace necesario, de tal modo que al ser aplicadas a una superficie, forman al secarse una cubierta adherente. En la práctica se da este nombre también, a dispersiones de pigmentos en otros vehículos diferentes al aceite y en general, para distinguirlas se menciona el nombre del vehículo ó de la sustancia base: Pintura al aceite, pintura de agua, pintura de caseína, de hule, plásticas, etc. El método de obtención y las propiedades varían con el tipo de pintura, adaptándose su composición para usos muy diversos, desde las pinturas de aceite ordinarias, hasta pinturas anticorrosivas, a prueba de fuego, etc. Los pigmentos son sólidos finamente pulverizados, usados para opacar o comunicar: color (Pigmentos Coloreados) o bien para dar resistencia, poder cubriente, etc., a la película formada (Pigmentos de Cuerpo). Los Pigmentos coloreados son generalmente óxidos (de fierro, de cobre, de mercurio, etc), sales (sulfuros, cromatos, carbonatos, etc.) ó metales o aleaciones finamente pulverizados (Aluminio, Zinc, Bronces, Latones, etc). Entre los pigmentos de cuerpo se encuentran: Carbonato de Plomo, Sulfatos de Plomo y Bario, Sulfuro de Zinc, Oxidos de Titanio, Zinc ó Fierro, Litopone (ZnS + BaSO₄), algunos evitan la corrosión de los metales ferrosos, por lo que se emplean en pinturas anticorrosivas Litopone (2nst+BaSO₄), algunos evitan la corrosión de los metales ferrosos, se añaden además sustancias reforzadoras (pigmentos extensores), sulfato de Bario, Arcilla, Yeso, etc., los aceites pueden ser: de Linaza, de thung (nuez de la India), de Soya, de Castos y de Pescado. Los adelgazadores pueden ser: Solventes o solamente Diluyentes, los más importantes son la Trementina o Aguarrás de olor penetrante, derivados del petróleo y de la hulla, etc.

E.- BARNICES.- Son soluciones casi homogéneas de resinas en un vehículo apropiado, las cuales al secarse forman una película trans

parente o translúcida, cuyas propiedades dependen de la clase de resina y vehículo utilizados. En general conservan el aspecto natural de la madera o superficie en que se aplican, son mas duros y mas impermeables que las pinturas, pero no están protegidos contra la luz, ni tienen poder cubriente, igualmente no contienen pigmentos, por lo que si se quiere la superficie coloreada debe aplicarse una mancha previamente. Pueden ser dos tipos principales: De Aceite y Volátiles, aunque puede considerarse un tercer tipo llamado "Japón". Los Barnices de aceite se obtienen fundiendo resinas y añadiendo aceite de linaza caliente, se deja cocer un poco hasta que adquiere las propiedades deseadas, añadiendo adelgazador (aguarrás) si es necesario. Se clasifican de acuerdo con su color y su resistencia al desgaste y al lustre y según su contenido de resinas. Tienen el inconveniente de ser atacados por el agua, volviéndose blancos, por lo que para hacerlos resistentes se sustituye el aceite de linaza por el aceite de Tung. Los barnices Volátiles como su nombre lo indica, comprenden soluciones de resinas naturales o sintéticas en solventes volátiles, tales como: Alcohol Benzól, Toluol, etc. La resina mas utilizada es la goma laca, obtenida por la fusión con agua caliente de las costras formadas por ciertos insectos sobre una variedad de árbol de la India. Es la mejor resina para barnices Volátiles, por su dureza y elasticidad, se aplica disuelta en alcohol y forma cubiertas de baja permeabilidad y adherencia, de color amarillento o café. Otras resinas naturales son: Elemí, Mastic, Kauri, Sandarac y Dammar, las cuales añaden tenacidad a la película por tener acción plastificante, se emplean disueltas en varios solventes y mezcladas con resinas fósiles como el Ambar. Otras son los Copales, de gran variedad de colores, solubilidad y dureza. Modernamente se emplean resinas plásticas para barnices resistentes al calor y a los agentes químicos (Resinas Fenólicas). Los Barnices Japón que contienen poco o nada de resina pueden ser secantes, coloreados o negros. Los secantes son soluciones de jabones metálicos en aceites secantes con adelgazador, se emplean solo como un medio para añadir catalizador a los aceites secantes, barnices y pinturas. Los coloreados contienen pigmentos dispersados, dan un acabado duro. Los negros contienen asfalto o alquitrán.

F.-ESMALTES.-Mezclas semejantes a las pinturas, pero de mayor poder cubriente, hechos por la dispersión de ciertos pigmentos en barnices o aceites secantes pesados. Algunos se aplican sobre metal y se calientan a altas temperaturas, llamandoseles Esmaltes a fuego o cocidos, se emplean principalmente para muebles.

G.- LACAS.- Son similares en apariencia a los barnices, pero de composición muy diversa. Se consideran dos tipos: Lacas de Derivados de Celulosa o Barnices de Piroxilina y Lacas Esmaltes. Las primeras se obtienen principalmente del nitrato de celulosa (Piroxilina) con alguna resina y un solvente apropiado (Acetato de Butilo), Son lacas de secado rápido, de viscosidad variable y de gran velocidad de aplicación, usadas para acabado exterior en automóviles, aviones, etc. La laca de ésteres de celulosa disueltos en alcohol se conoce con el nombre de Colodión. Las lacas Esmaltes, son lacas claras, conteniendo pigmentos para cubrir con una película permanente, firme y coloreada, de bajo costo. El pigmento se mezcla en un molino de bolas con aceite de castor, algún solvente barato y éster de celulosa de alta viscosidad. Tienen poca adherencia y flexibilidad y algo de dureza. Se usan para juguetería y artículos de poca duración.

INDICE

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
- A -			
Abedul (Madera de).....	108	Alumino-Termia.....	14
Abeto (Madera de).....	109	Ambar.....	163
Absorción de Radiaciones.....	6	Amianto.....	157
Acabado de Piezas Metálicas... 45		Andesitas.....	76
Aceites de pescado.....	167	Anodizado.....	48 168
Aceros.....	66	Anfiboles.....	97
Aceros de Aleación.....	71	Arce (Madera de).....	108
Aceros al Carbón.....	71	Arcillas.....	82
Acetato de Celulosa.....	119	Arcillas Refractarias.....	82
Acrílicos (Plásticos).....	118	Arco Eléctrico.....	43
Acritud.....	40	Arenas.....	80
Adelgazadores.....	169	Areniscas.....	77
Adhesivos.....	167	Arrabio.....	60
Adhesivos de Caseína.....	167	Asfaltos.....	130
Adhesivos de Resinas Plásticas	168	Asbesto.....	157
Aislantes al calor.....	155	Ataque de la madera.....	113
Orgánicos.....	156	Austenita.....	37 70
Inorgánicos.....	157	Azulejos.....	96
Aislantes a la electricidad... 161		- B -	
Gaseosos y Líquidos.....	161	Babbitt.....	53
Orgánicos.....	163	Bacterias.....	
Inorgánicos.....	162	Bakelitas.....	117
Sólidos.....	161	Baldosas.....	93
Aislantes de Silicone.....	164	Balsa (Madera de).....	108
Airalón.....	140	Barbotina.....	95
Alabastro.....	133	Barnices.....	193
Albura.....	98	Barrenadores.....	113
Alamo (Madera de).....	107	Barro Block.....	93
Aleaciones.....	30	Batolitos.....	74
de Aluminio.....	48	Basaltos.....	77
de Cobre.....	50	Bauxita.....	47 125
de Plomo.....	52	Bentonita.....	83
de Zinc.....	55	Bitumen.....	129
de Estaño.....	53	Biotita.....	73 75
de Magnesio.....	57	Biscocho.....	96
de Níquel.....	56	Bloques de Concreto.....	154
de Capas.....	31	Bloques huecos de arcilla.....	93
de Solución sólida total	30	Brea de Hulla.....	130
de Solubilidad parcial....	35	Briquetas de Carbón.....	16
de Tipos combinados.....	36	Bronces.....	16
Eutécticas.....	35	Buna N.....	165
No Ferrosas.....	46	Butano.....	16
Alquitranes.....	129	- C -	
Alquitrán Industrial.....	130	Cal Anhidra.....	136
Almidones.....	167	Cal Hidratada.....	136
Alotriomórficos (cristales)... 25		Cal Hidráulica.....	141
Alto Horno.....	59	Cales.....	176
Alúmina Fundida.....	126	Cal Dura.....	137
Aluminio.....	47		
Aluminio (Lámina de).....	160		

parente o translúcida, cuyas propiedades dependen de la clase de resina y vehículo utilizados. En general conservan el aspecto natural de la madera o superficie en que se aplican, son mas duros y mas impermeables que las pinturas, pero no están protegidos contra la luz, ni tienen poder cubriente, igualmente no contienen pigmentos, por lo que si se quiere la superficie coloreada debe aplicarse una mancha previamente. Pueden ser dos tipos principales: De Aceite y Volátiles, aunque puede considerarse un tercer tipo llamado "Japón". Los Barnices de aceite se obtienen fundiendo resinas y añadiendo aceite de linaza caliente, se deja cocer un poco hasta que adquiere las propiedades deseadas, añadiendo adelgazador (aguarrás) si es necesario. Se clasifican de acuerdo con su color y su resistencia al desgaste y al lustre y según su contenido de resinas. Tienen el inconveniente de ser atacados por el agua, volviéndose blancos, por lo que para hacerlos resistentes se sustituye el aceite de linaza por el aceite de Tung. Los barnices Volátiles como su nombre lo indica, comprenden soluciones de resinas naturales o sintéticas en solventes volátiles, tales como: Alcohol Benzól, Toluol, etc. La resina mas utilizada es la goma laca, obtenida por la fusión con agua caliente de las costras formadas por ciertos insectos sobre una variedad de árbol de la India. Es la mejor resina para barnices Volátiles, por su dureza y elasticidad, se aplica disuelta en alcohol y forma cubiertas de baja permeabilidad y adherencia, de color amarillento o café. Otras resinas naturales son: Elemí, Mastic, Kauri, Sandarac y Dammar, las cuales añaden tenacidad a la película por tener acción plastificante, se emplean disueltas en varios solventes y mezcladas con resinas fósiles como el Ambar. Otras son los Copales, de gran variedad de colores, solubilidad y dureza. Modernamente se emplean resinas plásticas para barnices resistentes al calor y a los agentes químicos (Resinas Fenólicas). Los Barnices Japón que contienen poco o nada de resina pueden ser secantes, coloreados o negros. Los secantes son soluciones de jabones metálicos en aceites secantes con adelgazador, se emplean solo como un medio para añadir catalizador a los aceites secantes, barnices y pinturas. Los coloreados contienen pigmentos dispersados, dan un acabado duro. Los negros contienen asfalto o alquitrán.

F.-ESMALTES.-Mezclas semejantes a las pinturas, pero de mayor poder cubriente, hechos por la dispersión de ciertos pigmentos en barnices o aceites secantes pesados. Algunos se aplican sobre metal y se calientan a altas temperaturas, llamandoseles Esmaltes a fuego o cocidos, se emplean principalmente para muebles.

G.- LACAS.- Son similares en apariencia a los barnices, pero de composición muy diversa. Se consideran dos tipos: Lacas de Derivados de Celulosa o Barnices de Piroxilina y Lacas Esmaltes. Las primeras se obtienen principalmente del nitrato de celulosa (Piroxilina) con alguna resina y un solvente apropiado (Acetato de Butilo), Son lacas de secado rápido, de viscosidad variable y de gran velocidad de aplicación, usadas para acabado exterior en automóviles, aviones, etc. La laca de ésteres de celulosa disueltos en alcohol se conoce con el nombre de Colodión. Las lacas Esmaltes, son lacas claras, conteniendo pigmentos para cubrir con una película permanente, firme y coloreada, de bajo costo. El pigmento se mezcla en un molino de bolas con aceite de castor, algún solvente barato y éster de celulosa de alta viscosidad. Tienen poca adherencia y flexibilidad y algo de dureza. Se usan para juguetería y artículos de poca duración.

INDICE

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
- A -			
Abedul (Madera de).....	108	Alumino-Termia.....	14
Abeto (Madera de).....	109	Ambar.....	163
Absorción de Radiaciones.....	6	Amianto.....	157
Acabado de Piezas Metálicas...	45	Andesitas.....	76
Aceites de pescado.....	167	Anodizado.....	48 168
Aceros.....	66	Anfiboles.....	97
Aceros de Aleación.....	71	Arce (Madera de).....	108
Aceros al Carbón.....	71	Arcillas.....	82
Acetato de Celulosa.....	119	Arcillas Refractarias.....	82
Acrílicos (Plásticos).....	118	Arco Eléctrico.....	43
Acritud.....	40	Arenas.....	80
Adelgazadores.....	169	Areniscas.....	77
Adhesivos.....	167	Arrabio.....	60
Adhesivos de Caseína.....	167	Asfaltos.....	130
Adhesivos de Resinas Plásticas	168	Asbesto.....	157
Aislantes al calor.....	155	Ataque de la madera.....	113
Orgánicos.....	156	Austenita.....	37 70
Inorgánicos.....	157	Azulejos.....	96
Aislantes a la electricidad... 161		- B -	
Gaseosos y Líquidos.....	161	Babbitt.....	53
Orgánicos.....	163	Bacterias.....	
Inorgánicos.....	162	Bakelitas.....	117
Sólidos.....	161	Baldosas.....	93
Aislantes de Silicone.....	164	Balsa (Madera de).....	108
Airalón.....	140	Barbotina.....	95
Alabastro.....	133	Barnices.....	193
Albura.....	98	Barrenadores.....	113
Alamo (Madera de).....	107	Barro Block.....	93
Aleaciones.....	30	Batolitos.....	74
de Aluminio.....	48	Basaltos.....	77
de Cobre.....	50	Bauxita.....	47 125
de Plomo.....	52	Bentonita.....	83
de Zinc.....	55	Bitumen.....	129
de Estaño.....	53	Biotita.....	73 75
de Magnesio.....	57	Biscocho.....	96
de Níquel.....	56	Bloques de Concreto.....	154
de Capas.....	31	Bloques huecos de arcilla.....	93
de Solución sólida total	30	Brea de Hulla.....	130
de Solubilidad parcial....	35	Briquetas de Carbón.....	16
de Tipos combinados.....	36	Bronces.....	16
Eutécticas.....	35	Buna N.....	165
No Ferrosas.....	46	Butano.....	16
Alquitranes.....	129	- C -	
Alquitrán Industrial.....	130	Cal Anhidra.....	136
Almidones.....	167	Cal Hidratada.....	136
Alotriomórficos (cristales)...	25	Cal Hidráulica.....	141
Alto Horno.....	59	Cales.....	176
Alúmina Fundida.....	126	Cal Dura.....	137
Aluminio.....	47		
Aluminio (Lámina de).....	160		

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Calcinación.....	12	Concretos Refractarios.....	128
Calcinación de las calizas.....	136	Concretos Impermeables.....	157
Calcita.....	73	Condensación (Productos de)..	115
Calizas.....	78	Conducción del calor.....	155
Calor Específico.....	5	Conductividad térmica.....	5 155
Caoba (Madera de).....	108	Conglomerados.....	78
Caolines.....	83	Coníferas.....	109
Caolinita.....	73	Constante Dieléctrica.....	161
Caolinización.....	73	Constitución del acero.....	70
Cañón.....	147	Constitución del hierro dulce	64
Capacidad eléctrica.....	176	Constitución de los hierros -	
Carburización del Hierro.....	66	de fundición.....	62
Carbones.....	15	Constituyentes minerales de -	
Carcomas.....	113	las rocas.....	72
Cartón Asfaltado.....	132	Convección.....	155
Causas de destrucción de la Ma-		Convertidores.....	67
dera.....	111	Constante Dieléctrica.....	162
Cedro (Madera de).....	109	Colas Animales.....	167
Cementación.....	66	Copales.....	170
Cementita.....	70	Copolímeros.....	115
Cemento de Aluminio.....	145	Corcho.....	156
Cemento de Escorias.....	142	Corindón.....	125
Cemento Keene.....	115	Corte de la madera.....	100
Cemento Lafarge.....	141	Creosota.....	112
Cemento Natural.....	141	Criolita.....	47
* Cemento Mack.....	115	Cristalización.....	25
Cemento Parián.....	115	Cromado.....	168
* Cemento Portland.....	143	Cromita.....	124
Cemento Portland (Variedades de)	145	Crustáceos.....	114
Cemento Sorel.....	138	Cuarcita.....	23
Cementos de Asfalto.....	131	Cuarzo.....	72 123
Cementos Hidráulicos.....	139	Cuarzo fundido.....	162
Centrifugación.....	39	Cubiertas protectoras.....	168
Celofán.....	119	Cubilote.....	60
Celulosa.....	119	Curado de la madera.....	101
Celuloide.....	119	Curado del Concreto.....	151
Cloritas.....	73	Curvas de Solidificación.....	31
Clinker.....	141 143		
Cobre.....	49	- D -	
Cocción de los Ladrillos.....	88	Darex AEA.....	140
Coeficiente de Emisividad.....	155	Defectos de la madera.....	102
Cohesión.....	4	Defectos de productos de arci	
Coke.....	16	lla.....	91
Combustibles.....	14	Deformación de materiales me-	
Combustibilidad de la madera.....	114	tálicos.....	29
Comején.....	113	Dendritas.....	25
Compuestos de fierro.....	73	Derivados de la Celulosa	
Compuestos de Silicone.....	164	(Plásticos).....	119
Conductancia específica.....	6 161	Deshidratación del Yeso.....	133
* Concreto.....	148	Dextrina.....	167
Concreto con aire atrapado.....	153	Dieléctrico.....	161
Concretos aislantes.....	154	Diabasas.....	76
Concretos Especiales.....	152		

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Diaclasas.....	75	Figura de la madera.....	100
Diagramas de equilibrio.....	31	Flotación.....	11
Diagrama Hierro-Carbón.....	37	Fluorocarbónicos (Plásticos)..	73
Diasporo.....	125	Forjado.....	41
Diatomita.....	158	Formas Alotrópicas.....	28
Difusión.....	30	Formas de transmisión del ca-	
Dioritas.....	76	lor.....	155
Diques.....	74	Forsterita.....	124
Dolomitas.....	78 124	Fresno (Madera de).....	107
Ductilidad.....	8	Frita.....	95
Durabilidad de los Materiales.	6	Fragilidad.....	8
Duraluminio.....	49	Fraguado.....	129 140
Durámen.....	98	Fraguados inicial y final.....	140
Dureza.....	8	Fundentes.....	13
- E -			
Ebano (Madera de).....	108	Fundición Atruchada.....	63
Elasticidad.....	7	Fundición Blanca.....	62
Electrometalurgia.....	13	Fundición Gris.....	62
Electrólisis.....	13	Fungicidas.....	112
- G -			
Elementos.....	9	Galvanizado.....	64 168
Emulsiones de Asfalto.....	131	Gabros.....	76
Enchapados plásticos.....	120	Ganga.....	10
Encino (Madera de).....	107	Gases.....	15
Encogimiento de la Madera.....	105	Gas Natural.....	15
Enmohecimiento.....	112	Gipsita.....	133
Escoria de Alto Horno.....	159	Glanconita.....	73
Esmaltes.....	170	Goma Laca.....	163 170
Esfonja de plástico.....	157	Gomas y Adhesivos.....	167
Estampado.....	42	Gomas de Resinas Plásticas....	168
Estañado.....	64 108	GRS. (Hule).....	165
Estaño.....	52	Grados y tamaños de la madera-	
Estirado.....	42	comercial.....	106
Estructura de Aleaciones.....	30	Granitos.....	75
Estructura de la Madera.....	99	Gravas.....	80
Estructura de los Materiales..	3	Grano de la madera.....	100
Estuco (yesos para).....	133 135	Gres Cerámico.....	95
Etil Celulosa.....	119	Gutapercha.....	163
- H -			
Eutética.....	35	Haya (Madera de).....	108
Eutectoide.....	36	Hidraulicidad.....	129
Expansita.....	157	Hidrometalurgia.....	13
Extrusión.....	42	Hierro bruto de fundición.....	58
Extrusivas (Rocas).....	74	Hierro Esponja.....	65
- F -			
Fases.....	31	Hierros de Crisol.....	65
Feldespatoideas.....	73	Hierros de Fundición.....	61
Feldespatos.....	72	Hierros de Fundición Maleable.	63
Ferrita.....	64 70	Hierros de Pudelado.....	64
Fibra de Vidrio.....	160 162	Hierros Dúctiles.....	63
Fibra vulcanizada.....	157	Hierros Dulces.....	64
Fibras de madera.....	99	Hierros Maleables.....	63

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Hierros Vaciados.....	60	Loza.....	95
Hilo de la Madera.....	100	Lozãs artificiales.....	146
Hojas de Revestimiento plástico.....	120	Losetas.....	93
Hongos.....	111		
Hormigón.....	148		
Horno anular de Hoffman.....	88	- M -	
Horno Bessemer.....	67	Madera Densificada.....	110
Hornos.....	17	Madera de Desperdicios.....	110
Hornos de Crisol.....	20	Madera de Compresión.....	103
Hornos de Cuba.....	21	Madera Contrachapada.....	109
Hornos de Cubiloté.....	60	Madera Estructural.....	107
Hornos de Hogar abierto.....	69	Madera de Ebanistería.....	107
Hornos de Mufla.....	20	Maderas Artificiales.....	109
Hornos de Reverbero.....	18	Maderas de Construcción.....	97
Hornos de Túnel.....	89	Maderas Duras.....	107
Hornos Eléctricos.....	21	Maderas Suaves.....	107
Hornos para productos de arcilla.....	88	Maderas Impregnadas.....	110
Hornos Rotatorios.....	18	Magnesia Calcinada.....	138
Hornos Siemens-Martin.....	69	Magnesia de Quemado Muerto.....	159
Hule.....	163	Magnesita.....	124-135
Hules Sintéticos.....	165	Magnesio.....	56
Hules de Silicone.....	164	Magnetita.....	58
Hulla.....	16	Maleabilidad.....	8
		Maleabilización.....	63
		Mantos.....	74
- I -		Manufactura de Cementos.....	139
Illitas.....	82	Manejo de concreto.....	151
Impermeabilizantes.....	132	Mármol Onix.....	78
Impregnación de la madera.....	113	Mármoles.....	79
Inclusiones en la madera.....	103	Martensita.....	71
Inyección (proceso de).....	118	Materiales y sus propiedades.....	18
Isolantita.....	163	Materiales Aislantes.....	155
Isótopos (sólidos).....	5	Materiales Apisonables.....	128
		Materiales Bituminosos.....	129
- L -		Materiales Cementantes.....	129
Lacas.....	170	Materiales Cementantes.....	146
Lacas-Esmaltes.....	170	Materiales de Arcilla de doble --	
Lacolitos.....	74	cocción.....	95
Ladrillos.....	92	Materiales de Arcilla de cocción-	
Ladrillos de cal y arena.....	137	simple.....	85
Ladrillos de escoria.....	145	Materiales de Cal y Magnesita.....	135
Ladrillos Encasquillados.....	125	Materiales de Cemento y Amianto.....	146
Ladrillos Flotantes.....	138	Materiales de Oxidloruro.....	138
Ladrillos Vitrificados.....	92	Materiales Ferrosos.....	58
Laminado.....	40	Materiales para revestimientos --	
Lana Mineral.....	159	monolíticos.....	127
Lana Vítrea.....	159	Materiales Refractarios.....	121
Látex.....	165	Materiales Varios.....	165
Latones.....	50	Matrizado.....	42
Leña.....	15	Mena.....	10
Límite Elástico.....	7	Metales.....	9
Linoleum.....	157	Metales no ferrosos.....	46
Litoponé.....	169	Metalografía.....	25
		Metalurgia Extractiva.....	9
		Metalurgia en polvo.....	44

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Mezclas.....	9	Olmo (Madera de).....	108
Mezclas para pavimentos.....	132	Operaciones Metalúrgicas.....	10
Mica.....	162	Oxidos Metálicos.....	169
Micas.....	73		
Micasitas.....	78	- P -	
Microestructura.....	27	Papel Ruberoide.....	132
Microscopio metalográfico.....	27	Parafina.....	163
Mina.....	10	Parenquima de la Madera.....	99
Mineral.....	10	Peso Específico.....	4
Minerales.....	72	Periclasa.....	124
Minerales Arcillosos.....	82	Pérdida Dieléctrica.....	161
Minerales Ferromagnesianos.....	69	Perlita.....	70
Minerales de Hierro.....	58	Piedra Pómez.....	76
Minerales de Yeso.....	133	Piedras de Construcción.....	72
Minerales de los Metales.....		Pigmentos.....	169
(véase el metal).....		Pino (Madera de).....	109
Módulo de Elasticidad.....	7	Pinturas.....	169
Moldeo de Productos de Arcilla.....	86	Pirometalurgia.....	13
Moldeo de Materiales Plásticos.....	182	Piroxenos.....	73
Moldeo de Productos Refracta--		Piroxilina.....	119
rios.....	100	Pizarras.....	80
Moldeo en Cáscara.....	39	Plasticidad.....	7
Molinos.....	11	Plasticidad de las arcillas.....	83
Moluscos.....	114	Plásticos.....	115
Montmorillonita.....	83	Plásticos Acrílicos.....	118
Morteros.....	147	Plásticos de Fenol-Furfural.....	118
Morteros Refractarios.....	127	Plásticos de Urea Formol.....	117
Mosaicos de cemento.....	146	Plásticos Laminados.....	120
Mosaicos cocidos.....	96	Plásticos Refractarios.....	128
Mullita.....	125	Plásticos Termoestables.....	117
		Plásticos Termoplásticos.....	118
- N -		Plásticos Vinílicos.....	118
N - Tair.....	140	Plastificantes.....	169
Neopreno.....	165	Plomo.....	51
Níquel.....	55	Poder Calorífico.....	15
Nogal (Madera de).....	107	Poliestireno.....	119
Nudos.....	102	Polimerización.....	115
Nylón.....	119	Polimorfismo.....	28
		Porcelanas.....	95
- O -		Poliámidas.....	119
Obtención de Aceros.....	66	Preparados Bituminosos.....	131
Obtención de Aleaciones.....	30	Preparación de Morteros.....	147
Obtención de Cemento Portland.....	143	Preparación del Concreto.....	150
Obtención del Hierro Bruto de-		Procesos Metalúrgicos.....	13
fundición.....	58	Preservación contra el fuego.....	114
Obtención de Productos Metáli-		Preservación contra los Hongos.....	112
cos comerciales.....	38	Preservación contra Moluscos-	
Obtención de Productos Refracta-		y Crustáceos.....	114
tarios.....	121	Primavera (Madera de).....	109
Obtención de Hierros de Pudela		Principales Maderas duras.....	107
do.....	64	Principales Maderas suaves.....	109
Obtención de Yesos Comerciales	133	Productos Bituminosos.....	132
Olivinos.....	73	Productos de Arcilla.....	84
		Productos de Asbesto-cemento.....	146

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Productos de Arcilla Esmaltados	96	Revestimiento Monolítico.....	127
Productos de Cal y Arena.....	137	Revenido.....	70
Productos de Cemento.....	145	Revolvedoras de concreto.....	150
Productos de Concreto.....	154	Rocas Disgregadas.....	72 80
Productos de Magnesita.....	138	Rocas Igneas ó Intrusivas...	74
Productos de Plástico.....	120	Rocas Metamórficas.....	79
Productos de Yeso.....	135	Rocas Sedimentarias.....	77
Productos Metálicos comerciales	38	Rocas Volcánicas ó Extrusivas	76
Productos Refractarios.....	160		
Productos Sanitarios.....	96	- S -	
Proceso Duplex.....	70	Sarán.....	118
Proceso Electrotérmico (acero)...	66	Secado de la Madera.....	101
Proceso Triplex.....	70	Secado de Productos de arcilla.....	87
Procesos por Refinación (acero)	66	Selenita.....	115 133
Procesos Metalúrgicos.....	12	Separación Magnética.....	11
Punto de Fusión.....	5	Separación por Gravedad.....	12
Punto Eutéctico.....	35	Serpentinas.....	80
Putrefacción de la madera.....	111	Shellac.....	163
Puzolanas.....	142	Sienitas.....	75
- Q -		Silicato de Sodio.....	118
Quebradoras.....	11	Silicatos de Aluminio.....	72
- R -		Sílice.....	72
Radiación.....	155	Silicones.....	164 170
Radiaciones.....	6	Silicatos ferro-magnesianos.	73
Rayos Medulares.....	99	Sillimanita.....	125
Recalado.....	41	Sistemas Cristalinos.....	26
Recocido.....	37	Sobrefusión.....	5
Recuperadores.....	18	Solidificación.....	5
Redes Cristalinas.....	28	Solidificación de metales...	31
Reductores.....	13	Soldadura.....	42
Refractarios.....	121	Soluciones de asfalto.....	131
Refractarios Básicos.....	124	Sorbita.....	71
Refractarios de Arcilla.....	123	- T -	
Refractarios de Sílice.....	123	Tabiques.....	93
Refractarios de Alta alúmina.	125	Taonita.....	58
Refractarios de Carburo-de Sili	127	Talco.....	73
cio.....	127	Tapial armado.....	85
Refractarios de Mullita.....	125	Tejas.....	94
Refractarios de Zircona.....	126	Templado.....	37
Refractarios Especiales.....	126	Templado de los aceros.....	70
Refractarios Fundidos.....	126	Telas asfaltadas.....	132
Regeneradores.....	18	Tenacidad.....	8
Resina Vinsol.....	140	Teredo.....	114
Resina Fenol-Formol.....	117	Termalastic.....	162
Resinas Naturales.....	170	Termita.....	14 43
Resinas No-Moldeables.....	120	Termitas.....	113
Resinas Sintéticas (aislantes).	163	Termoplásticos (plásticos)..	118
Resistencia a la Interrupción..	160	Termoestables (plásticos)..	117
Resistencias Mecánicas.....	7	Terracota Arquitectónica....	93
Remachado.....	44	Tierra Diatomácea.....	158

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Tiokol.....	166	Variedades del Cemento Port-	
Tipos de Árboles.....	97	land.....	144
Tipos de Hornos.....	18	Vasos de la Madera.....	99
Tipos de Prod. de arcillas.....	92	Vehículos para Barnices.....	169
Tipos de Cementos (cuadro).....	139	Venteaduras de la Madera....	103
Tipos de Cementos Hidráulicos..	141	Vermiculita.....	158
Tipos de Yesos.....	134	Vena.....	10
Tiro.....	18	Vidriado.....	87
Titanio.....	57	Vidrio.....	166
Tobas volcánicas.....	79	Vidrio Flint.....	167
Tostación.....	12	Vidrio Ordinario.....	166
Trabajo Mecánico.....	39	Vidrio Pyrex.....	166
Traqueidas.....	99	Vidrios de Plomo.....	167
Traquitas.....	76	Vidrios de Seguridad.....	167
Trapas.....	76	Vinílicos (plásticos).....	118
Transmisión del calor.....	155	Vitrificación.....	84
Tratamientos Térmicos.....	37	Vulcanización.....	165
Trementina.....	169	- X -	
Troquelado.....	41	Xilolitas.....	138
Troostita.....	71	- Y -	
Tubos Aislantes.....	97	Yacimiento.....	10
Tubos de Arcilla.....	94	Yesos Plásticos.....	133
Tubos de Concreto.....	154	Yesos Refractarios.....	134
- U -		- Z -	
Unión de piezas metálicas.....	42	Zinc.....	53
Unión con remaches y pernos....	44	Zircón.....	126
- V -		Zircona Estabilizada.....	126
Vaciado de piezas.....	38		
Vaciado del concreto.....	151		

BIBLIOTECA AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DE BIBLIOTECAS

Monterrey, Nuevo León.
Agosto de 1963.

