

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL  
AREA TECNOLOGIA**

**APUNTES:**

# **TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES**

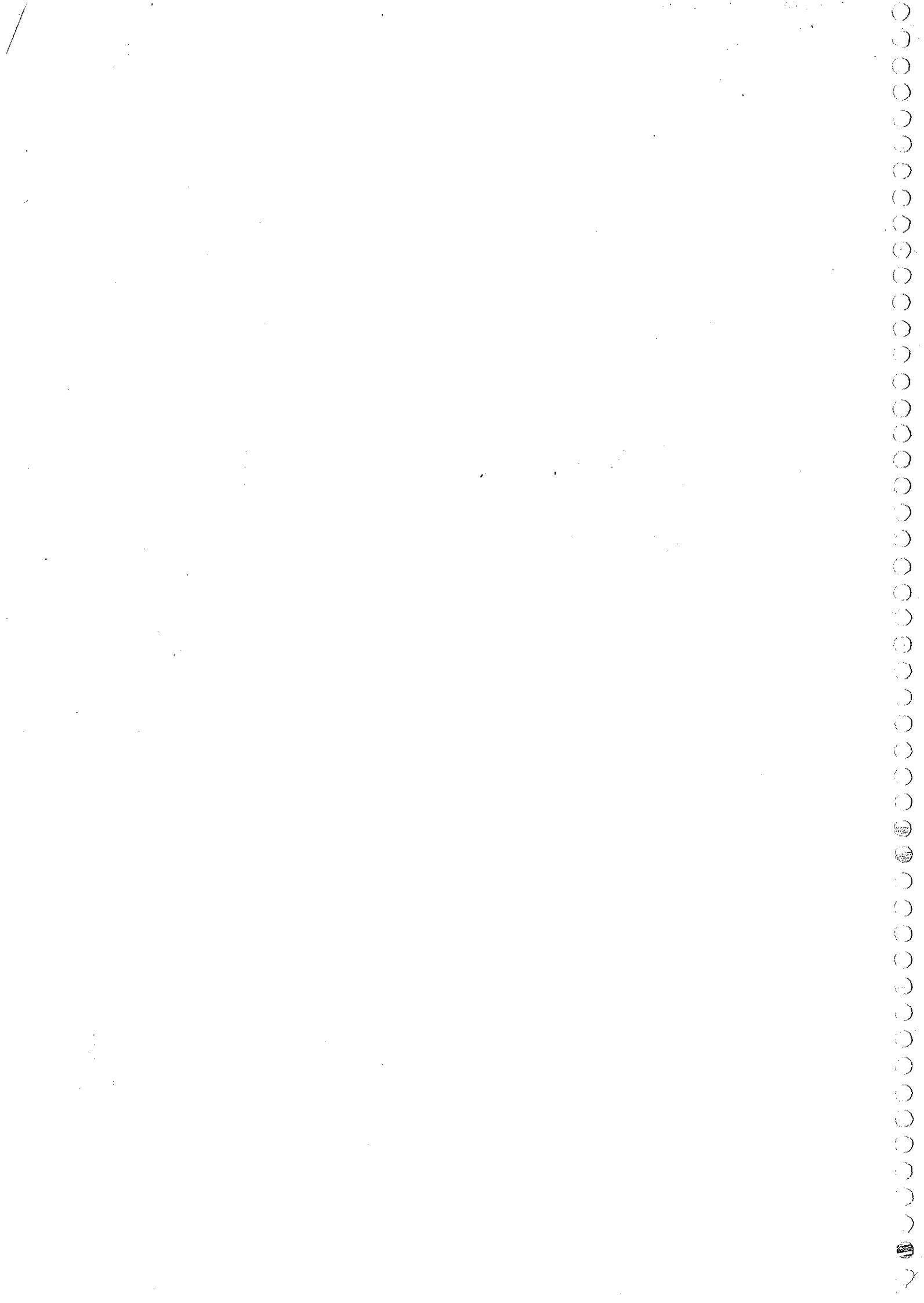
**PLAN DE ESTUDIOS:1995  
CURSO:2º IC**

**PROFESOR:**

**INGENIERO ALFREDO.R.ERCOLI**

**J.T.P**

**INGENIERO RAUL DASCANIO**



UTN-FACULTAD REGIONAL ROSARIO.

PROGRAMA DE ESTUDIO.  
TECNOLGIA DE LOS MATERIALES.  
2º AÑO INGENIERIA CIVIL.

**UNIDAD 1:**

**MATERIALES DE CONSTRUCCION-PROPIEDADES GENERALES:**

**FISICAS:** formas y dimensiones; pasos específicos; porocidad; compasidad; higroscopacidad; permeabilidad; homogeneidad.

**TERMICAS:** calor específico; dilatabilidad; transmisión del calor; reflexión del calor.

**OPTICAS:** calor; transmisión y reflexión de la luz. **ACUSTICAS:** transmisión y reflexión del sonido. **ELECTRICAS:** conductabilidad. **QUIMICAS:** composición y estabilidad química. **MECANICA:** tenacidad; elasticidad; rigidez; dureza; isotropía.

**TECNOLOGICAS:** separación; agregación; transformación.

**UNIDAD 2:**

**RACIONALIZACION DE LOS MATERIALES:**

**RACIONALIZAR:** máxima eficiencia; menor costa; menor esfuerzo.

**PENSAR:** tienes requeridos; criterios adecuados; procedimientos más convenientes.

**EFFECTOS DE CONSEGUIR:** organizar; modificar; controlar. **ESTUDIO PREVIO:** conocer los problemas; recopilación de información ; medidas correctivas. **FORMAR CONCIENCIA:** sectores involucrados; participación. **ACCION RACIONAL:** aspectos técnicos; económicos; sociales. NORMAS IRAM; NORMAS IRAM-IACC-ISO E 9000-1-2-3-4-5, NORMAS INTERNACIONALES.

**ENsayos para realizar el control de calidad de los materiales:** mecánicos; químicos; físicos. **PROBETAS PARA ENsayos de los materiales:** tracción, comprensión; torsión; corte; flexión.

**UNIDAD 3:**

**ENsayos MECANICOS DE MATERIALES:**

**TENSIONES Y DEFORMACIONES:** Resistencias simples: tracción; comprensión; corte; flexión; torsión. **ENsayo de TRACCION:** carga estática; modo y ampliación de carga; gráficos; deformaciones elásticas y plásticas. **TENSION:** normal; convencional 0.2 fluencia; admisible, media; característica . **DEFORMACIONES:** modo de elasticidad longitudinal y transversal. **COMPRENSION:** probetas, cargas; tensiones; deformaciones. **FLEXION:** probeta; esquema de carga, tensión de flexión; nódulo de elasticidad. **CORTE:** probeta, esquema de carga, tensión de corte. **TORSION:** probetas ; tensión de torsión ; modulo de elasticidad transversal. **DUREZA:** brinell; rockwell; vickers; shore. **ENsayos COMPLEMENTARIOS:** plegado, resilencia; fatiga; endurecimiento mecánico; tensiones por efectos térmicos; determinación en el tiempo; soldadura.

## UNIDAD 4:

### MATERIALES METALICOS:

METALES: minerales, preparación de minerales, procedimientos de obtención de metales; purificación. PROPIEDAD DE LOS METALES: fusibilidad; forabilidad; maleabilidad; ductilidad; tenacidad; facilidad de corte; soldabilidad; oxidabilidad. METALES FERROSOS:

HIERRO: minerales de hierro; obtención del hierro; productos de los altos hornos.

FUNDICION: propiedades; moldeos; tipos de fundiciones, formas comerciales; detector.

HIERRO DULCE:

ACERO: aceros al carbono; de aleación; complejos; inoxidables, de uso estructural.

LAMINADO: perfiles de acero laminado en caliente; perfiles de acero de chapa confortados en frío, metal desplegado, productor planos; chapas. OTROS PRODUCTOS METALICOS: caños y tubos; cables, alambres de acero; tornillería.

ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO: I común; III confortado para hormigón y torcionado en frío; IV estirado en frío para mallas; V contornado para hormigón armado y torsionado en frío; propiedades características. MALLA DE ACERO SOLDADO PARA HORMIGON ARMADO: propiedades y características. ACEROS PARA PRETENSADOS: alambres; cordones, propiedades y características.

## UNIDAD 5:

### METALES NO FERROSOS:

COBRE: atinado; elaboración; propiedades; aplicaciones.

ALEACIONES DE COBRE; BRONCE: propiedades; tipos de bronce; productos comerciales. LATON: tipos de latones; aplicaciones; formas comerciales. CINC:

propiedades; tipos de cinc; formas comerciales. ESTAÑO: propiedades; aplicaciones.

ALUMINIO: propiedades físicas; químicas y mecánicas; aleaciones; terminaciones superficiales; formas comerciales. CROMO: propiedades; aleaciones; recubrimientos.

NIQUEL: propiedades y aplicaciones.

## UNIDAD 6:

### ESTRUCTURA DE LOS MATERIALES Y ALEACIONES:

MATERIA ESTRUCTURA CRIATALINA: planos cristalográficos; deformación y rotura de los metales; clasificación de los metales por su deformación y resistencia: FRACTURA; ROTURA; EXAMEN METALOGRAFICO. MACROMECHANISMOS DE LA ROTURA POR TRACCION: rotura plástica; fibrosa; corte frágil; rotura en fundiciones; en aceros muy duros y resistentes; en aceros tenaces; en aceros dúctiles. MORFOLOGIA

MACROSCOPICA DE LA TRACTURA: zona fibrosa central; zona radial, borde de cizallamiento. MICROMECHANISMOS DE LA ROTURA: clivaje; coalescencia de microcavidades; separación intergranular.

## UNIDAD 7:

### MATERIALES ORGANICOS:

MADERA: desarrollo de la madera; clasificación; resinosas; frondosas. ESTRUCTURA DE LA MADERA: duramen; albura; corteza; anillo anual; radio modular; liber; cambio; corte transversal; corte longitudinal; corte tangencial. Apeo de los árboles: designación de la madera; secado. CONTRACCIÓN POR SECADO: longitudinal radial; tangencial. LABRA DE LA MADERA: hendimiento; escuadración; labrada con hacha; maderas de sierra. Estudio de corte. ESCUADRIAS DE LA MADERA DE SIERRA: rollizos; madera escuadrada; alfajías; tablas, tablones; tirantes; vigas; chapas. DESECACION DE LA MADERA: natural; desaviada, artificial; defectos de la madera; alteraciones de la madera: oxidación; hongos; pudrición; insectos; moluscos: animales; fuego. Conservación de la madera: PROPIEDADES FISICAS: humedad; densidad, contracción, dureza; hiedebilidad; conductibilidad; dilatación térmica; duración. PROPIEDADES MECANICAS: comprensión , tracción, flexión; choque. CLASIFICACION TECNOLOGICA DE LA MADERA. Madera de carpintería; humedad; calidad; color; grano, condiciones que debe cumplir una madera: comercialización: tipos de usos de maderas argentinas: MADERAS INDUSTRIALZADAS: terciados; compensadas; tablas aislantes; maderas duras aglomeradoras; maderas laminadas; maderas plásticas. ENSAYOS DE MADERAS: CORCHOS; CAÑAS; CUERDAS.

## UNIDAD 8:

### MATERIALES PETREOS:

PIEDRAS NATURALES: cuarzo; feldespato; mica; vermiculita; etc. CLASIFICACIÓN GEOLOGICA: eruptivas, sedimentarias; metamórficas; PROPIEDADES DE LA PIEDRAS NATURALES: resistencia mecánica, resistencia a la impermeabilidad, a la abrasión, color; textura; ausencia de defectos; uniformidad; trabajabilidad; tamaños obtenibles. TERMINACIONES SUPERFICIALES: rustica; terminación a punta, martelinada; pulida; abrillantada. CLASIFICACION TECNICAS DE LAS PIEDRAS: calcáreas; silisicas; aluminosas; Mármoles, callizas, granitos; pegmatitas; porfidos serpentina, basalto; etc, Pizarras. AGREGADOS PETREOS: composición minera lógica; tamaño y forma. GRANULAMIENTO DE AGRAGADOS: módulo de finura, módulo granulométrico; particular superfinas, tamaño máximo normal; ENSAYOS DE LABORATORIOS: propiedades físicas, AGREGADO FINO: arenas naturales; arenas de trituración. AGREGADOS GRUESOS: grava, grava partida; agregado grueso liviano.

## UNIDAD 9:

### PIEDRAS ARTIFICIALES:

MATERIALES CERAMICOS: clasificación;; materias primas; acción del calor sobre las arcillas; clasificación de las sustancias; cerámicas; esquemas de fabricación de los productos cerámicos; nomina de los principales materiales cerámicos. Materiales cerámicos

refractarios:.. AGLOMERADOR PEPTROS ARTIFICIAL: mosaicos calcáreos y graníticos; placas de revestimiento; marmol reconstruido; bloques de construcción ;ASBESTOS COMERCIALES: técnica de fabricación, Suelo cemento.

### **UNIDAD 10:**

#### **MATERIALES AGLOMERANTES:**

CLASIFICACION: aéreos e hidráulicos. AEREOS: caler aereas; apagado; rendimiento; provisión; resistencia mecánica de los cales aereas. CAL HIDRAULICA: caliza para fabricar cal hidráulica hidratada en polvo; propiedades mecánicas y ensayos. YESOS: fabricación; yesos comerciales; propiedades del yeso; usos; resistencia mecánica. COMENTO PORTLAND: fabricación; composición, propiedades del los compuestos del cemento portland; tipos de cementos portland que se fabrican en el país, usos y aplicaciones de los diferentes tipos de cemento portland descripción de los distintos tipos de cemento portland ; comportamiento del cemento portland, especificación del cemento portland ( normal).

AGUA DE AMASADO: PH, agua potable, dureza; turbiedad; temperatura.

ADITIVOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES: acelerante de tanque; plastificantes; incorporador de aire; fluidificantes; pigmentos.

### **UNIDAD 11:**

#### **AISLACIONES HIDRICAS, TERMICAS Y ACUSTICAS:**

AISLACIONES HIDRICAS: hidrófugos; impermeabilizantes; membranas; selladores.,

AISLACIONES TERMICAS: protección termica; factores cuantitativos; conductividad termica; materiles aislantes termicos. AISLACIONES ACUSTICAS; factores acústicos, infonsidad de sonido; problemas a resolver; control de ruidos; materiales aislantes; barrera aisladora de ruidos.

### **UNIDAD 12:**

#### **BETUN, ASFALTO Y ALQUITRAN:**

BETUN: clasificación: betún: origen ; composición química; componentes; propiedades.

ASFALTO: asfaltos naturales, asfaltos de petróleo; asfaltos o roca asfáltica; propiedades físicas y químicas de o asfaltos, clasificación de los asfaltos; derivados del asfalto; mastic asfáltico; aslfaltos emulsionados y diluidos; proceso para obtener emulsiones asfálticas; usos; especificaciones y ensayos, aditivos en el asfalto. ALQUITRAN: composición química; brea de hulla; propiedades de los alquitranes; mezcla de betún y alquitran, alquitran fillerizado; ensayos de alquitran. Ensayo de asfalto.

## UNIDAD 13:

### VIDRIOS:

Vidrios de silicio; vidrios de sosa; y cal; pyres; óptico. Colores para el vidrio. Elaboración del vidrio. Clasificación del vidrio: según en transparencia, según su color; según su espesor; vidrios estructurales;; vidrios decorativos, calidad del vidrio. Vidrios básicos: plano común; cristal float; planos comunes coloreados, float coloreado, vidrios catedral; pirolíticos . vidrios procesados: lunas y cristales, vidrios de seguridad, vidrios contrafuego; aislantes térmicos; aislantes acústicos. Productor de vidrio prensado. Fibras de vidrio. Vidrios tallados, grabados y opacos. Vidrio escarchado. Vidrio espejo. Propiedades del vidrio. Ensayos sobre vidrios.

## UNIDAD 14:

### MATERIALES PLASTICOS ARTIFICIALES:

CLASIFICACION: termoestables; termoplásticos; proteinas plásticas. Grupo termoestables. Grupo plástico. Grupo proteinas plásticas. Sistema de moldeo: comprección, inyección, soplado; calandrado, recubrimiento por pintado; laminado alta presión; por vacío; plásticos reforzados. Productos elaborados de plástico: poliestireno expandido; uretaro esponjoso; tubos de policloruro de vinilo; sistema termo funsión; tricapa; soga de naylon, geotextil; chapas acanaladas; laminado melaminico; tanques. Elastómeros: neopreno, hypalón. Productos elaborados. Apoyos para puentes; juntas, burletes, techados, pisos; telas engomadas . Adhesivos: forma física de los adhesivos; clasificación de los adhesivos, adhesivos sintéticos. Elección de un adhesivo, Propiedades. Tipos de adhesivos: base de caucho, neopreno, termoetables, resinas fenólicas, resinas epoxi.

## UNIDAD 15:

### PINTURAS:

CLASIFICACION: color y pigmentos; vehículo; papel que desempeñan. Pigmentos: blancos, rojos, amarillos, azules, verdes; negros; pardos; purpurinas, inertes. Propiedades de los pigmentos: color, colores absolutos, colores relativos; fundamentales, cromaticos, acromaticos; tono; gama, matiz, armonia de colores. Cualidades de los colores: Poder cubriente, finura, solidez, inocuidad. Aglutinantes vehículos: vehículo volatil, no acuoso; vehículo volatil acuoso, vehículo no volatil; disolventes, secantes, barnices, esmaltes, laca. Pinturas preparadas: a la cal, a la cola o temple, al aceite, esmaltes sintéticos, bituminosas, antióxidos; a la celulosa, barnices, lacas, ignifugas, luminosas, e poxi, impermeabilizantes. Accesorios. Propiedades físicas de la pintura.

## **UNIDAD 16:**

### **INESTABILIDAD QUIMICA DE LOS MATERIALES:**

**CORROSION DE LOS MATERIALES:** factores que actúan en los procesos de corrosión: oxidación directa, corrosión por líquidos; corrosión atmosférica; y corrosión electroquímica. Procesos de corrosión: corrosión química; corrosión biológica; y corrosión electroquímica. Corrosión localizada. Corrosión galvánica. Corrosión parásita.

#### **CLASIFICACION DE PROCESOS DE CORROSION SEGÚN SU FORMA:**

corrosión uniforme; en placas; en picado; integrangular y fisurante.

#### **PRESERVACION DE LOS ACEROS :** protección contra fuego y contra la corrosión.

#### **ACCION DEL AGUA DE MAR SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCION:**

Acción física química y biológica. Acción sobre los morteros y hormigones. Acción sobre los metales: fundición y aceros. Acción biológica: sobre maderas y piedras.

#### **CONTROL DE CORROSION:** fabricación de distintos metales y aleaciones .

Diseños anticorrosión: protección catódica. Recubrimiento del metal; recubrimientos metálicos; por esmaltado y con pintura.

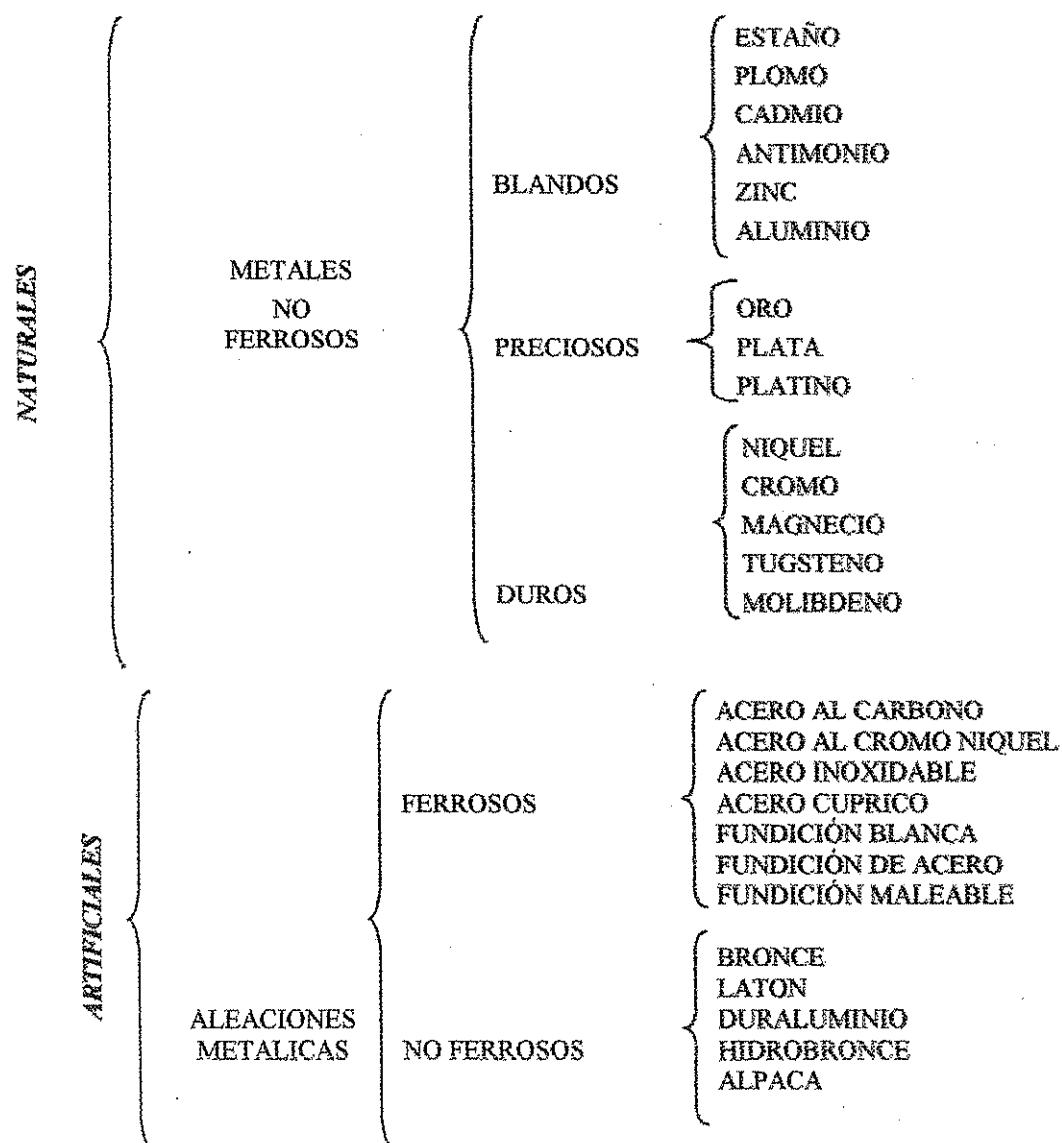
Según su procedencia se pueden clasificar en: NATURALES y ARTIFICIALES.

NATURALES: son los que se utilizan tal como se los extrae de la naturaleza, necesitando para su empleo que se les dé forma adecuada como la madera, mármoles, etc., o separarlos de otros a los que están unidos por procesos físicos o químicos como el hierro, aluminio, etc.

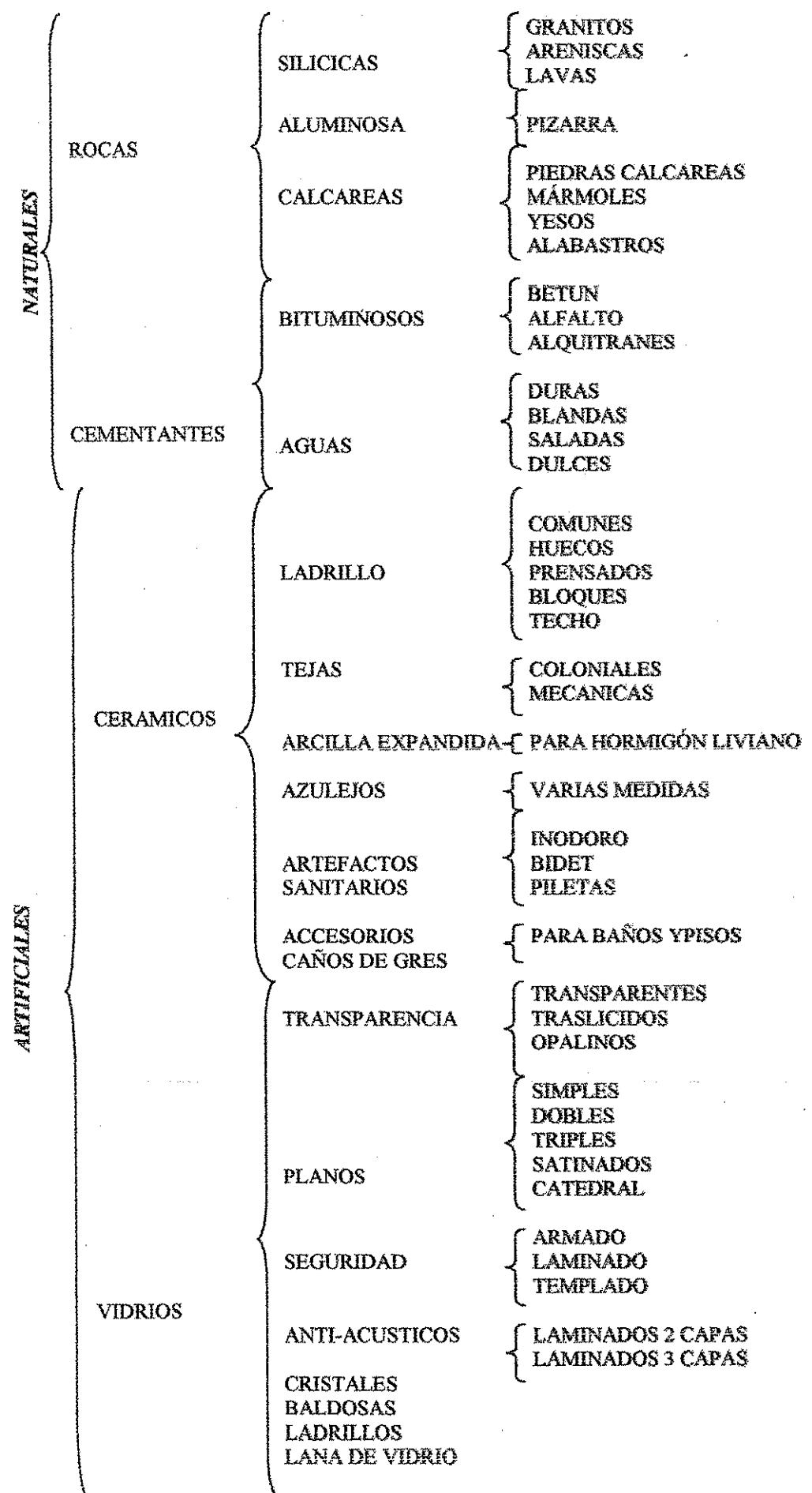
ARTIFICIALES: son aquellos que deben ser separados por aleaciones, mezclas o transformación en otros materiales.

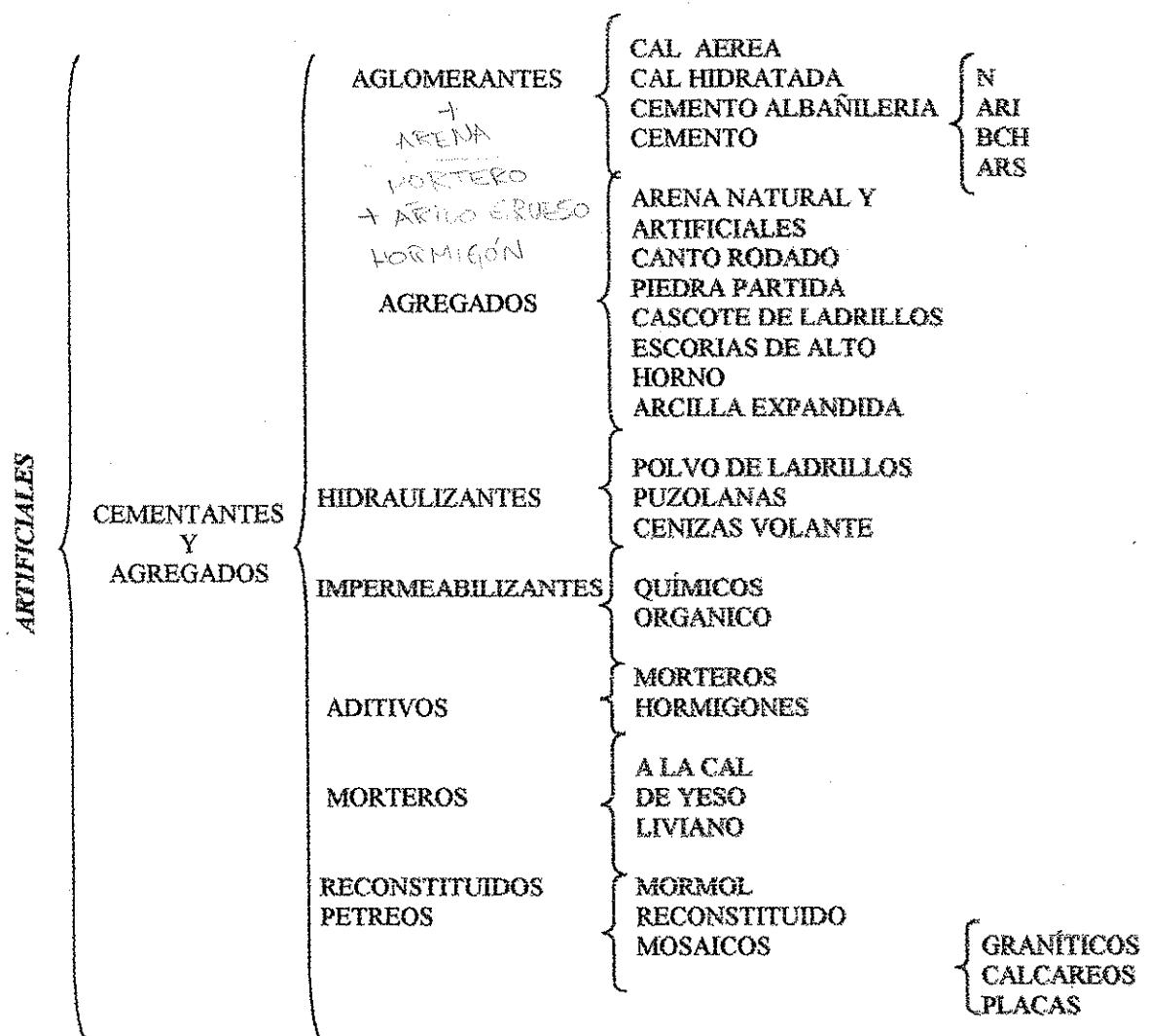
Una segunda clasificación, de acuerdo a su origen, los divide en: MINERALES, VEGETALES Y ANIMALES.

### 1) MINERALES DE ORIGEN MINERAL - METALES



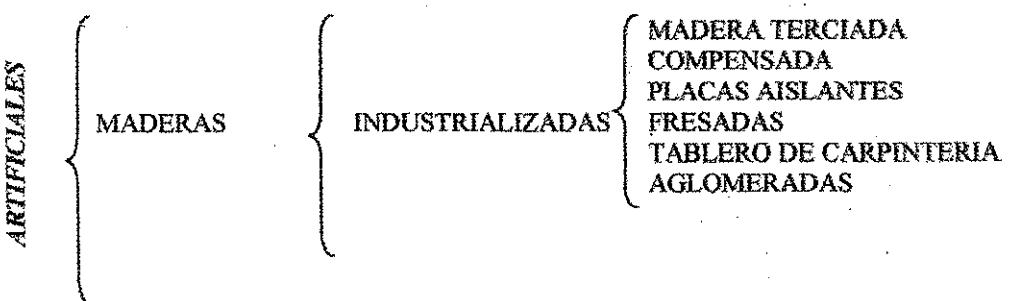
**2) MATERIALES DE ORIGEN MINERAL – ROCAS Y CEMENTANTES.**





### 3) MATERIALES DE ORIGEN VEGETAL.

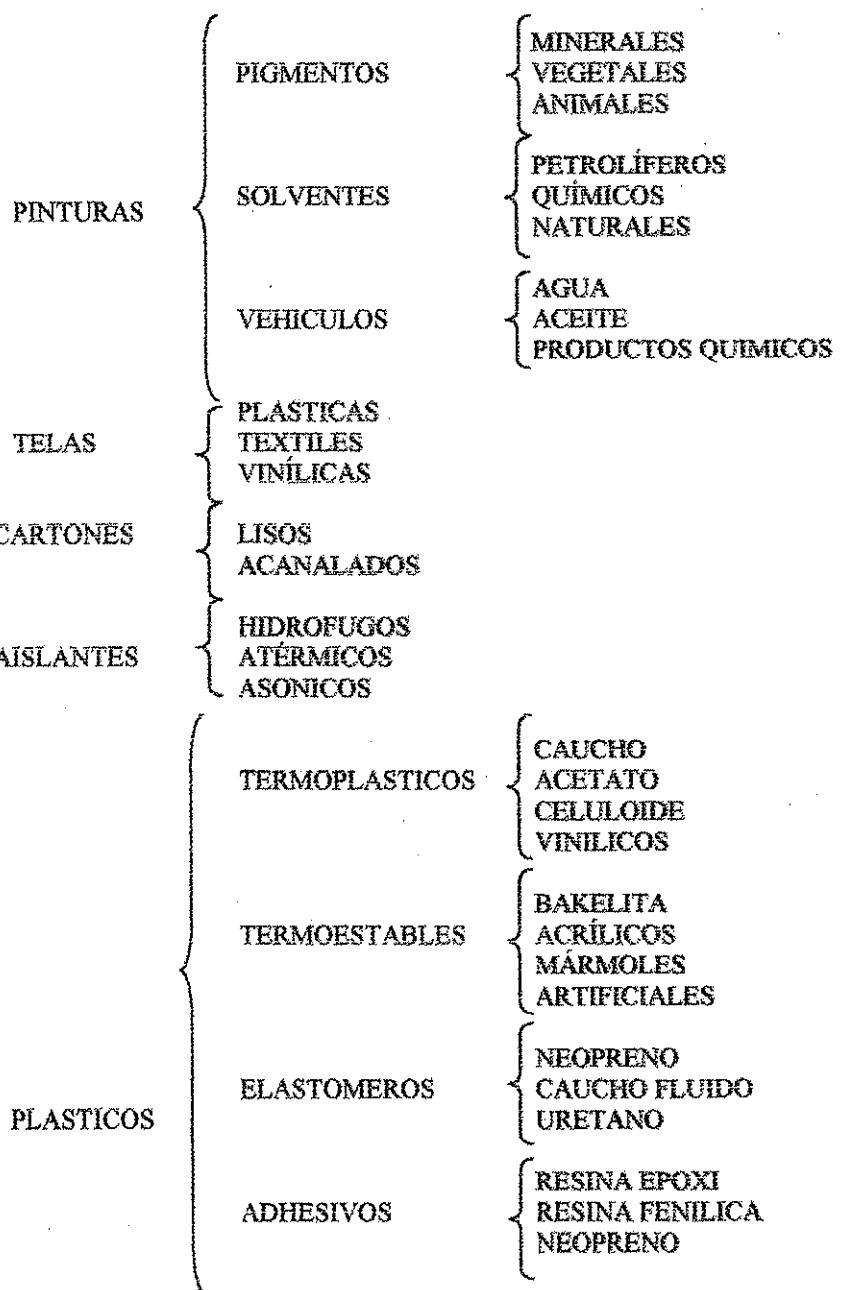




#### **4) MATERIALES DE ORIGEN ANIMAL.**

**CUEROS  
PIELES**

## 5) MATERIALES VARIOS.



## **PROPIEDADES GENERALES DE LOS MATERIALES**

Dentro de las técnicas de las construcciones se califica como *materiales de construcción* al conjunto de sustancias o materiales primas utilizada para construir con ella las estructuras. Estas sustancias pueden en ciertos casos emplearse en forma en que se encuentran en la naturaleza, sin haberlas sometido a procesos de elaboración o transformación que modifiquen sus cualidades salvo operaciones menores propias de su extracción, conformación o depuración, cuyo caso se las llama *naturales*; como por ejemplo pueden citarse la arena, los mármoles, etc., otras veces no es posible la aplicación directa de materiales, por lo que éstos deben ser tratados previamente para modificar sus propiedades, a fin de hacerlos adecuados a su destino, y entonces se los denomina *elaborados* o productos *artificiales*; como ejemplos del grupo de materiales elaborados pueden ser los metales, el cemento Portland, el vidrio, etc. En realidad no existe un límite entre ambos grupos al extremo que algunos materiales reciben calificaciones confusas.

Como criterio general de clasificación podría establecerse que son *naturales* todos aquellos materiales que no alteran sus propiedades a través de las operaciones previas que deben soportar antes de su empleo en obras y *artificiales* los que las han modificado.

El conocimiento de los materiales, implica el estudio de sus propiedades. Para el caso de la construcciones, una clasificación de las propiedades puede ser la siguiente:

- FÍSICAS
- TÉRMICAS
- ACÚSTICAS
- ÓPTICAS
- ELÉCTRICAS
- QUÍMICAS
- TECNOLÓGICAS

Las cualidades enumeradas son las que principalmente interesan al arquitecto y la clasificación es, por supuesto, arbitraria, su única finalidad es la de facilitar el ordenamiento del estudio de las mismas.

En la enunciación de una propiedad determinada va implícita muchas veces la opuesta; así por ejemplo, al mencionarse el concepto de elasticidad, como condición mecánica, se involucra el concepto de plasticidad que es el opuesto.

El estudio de las propiedades de los materiales es imprescindible para fijar el criterio que habrá de seguirse en su empleo en obra. Las tres cuestiones fundamentales a resolver son las siguientes:

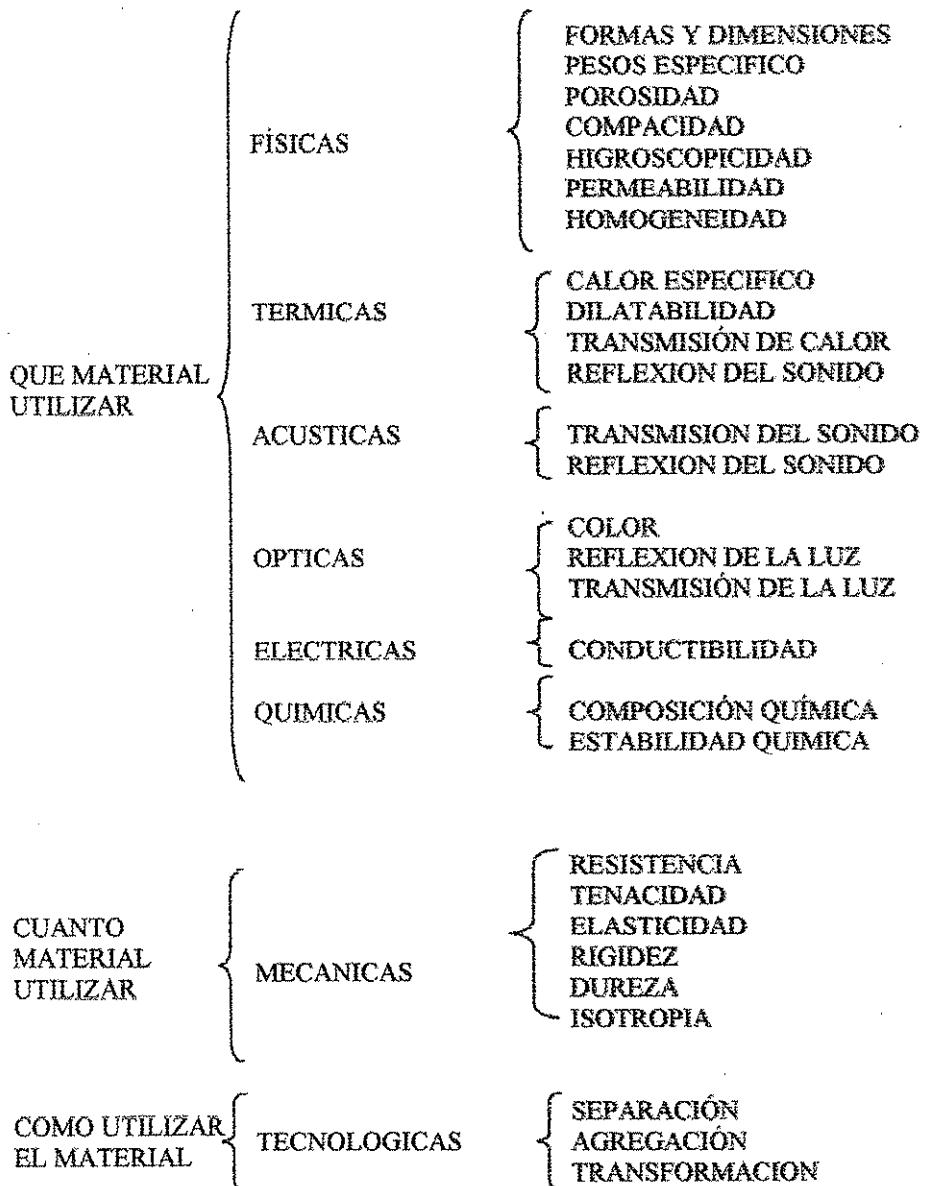
- Qué material utilizar
- Cuánto material utilizar
- Cómo utilizar el material

Sin que ello sea completamente cierto en todos sus aspectos ni valeadero en todos los casos, puede estimarse en forma aproximada, que muy frecuentemente la elección estará orientada en primer término por las propiedades físicas-químicas y afines, la determinación de la cantidad por las mecánicas y la indicación de cómo utilizarlas por las tecnológicas, pero la decisión final resultará de la consideración conjunta de todos los factores desde que mientras uno o más aspectos o propiedades puede resultar convenientes, el o los otros pueden resultar inadecuados en grado suficiente para resolver en contra del empleo de un material determinado.

A continuación definiremos o comentaremos brevemente las propiedades mencionadas en la clasificación que hemos establecido.

## USO DE LOS MATERIALES:

En obras de ingeniería civil previo estudio de sus propiedades



### 1) PROPIEDADES FÍSICAS:

**1.1 FORMAS Y DIMENSIONES:** Este aspecto abarca el conocimiento de las formas y dimensiones en que pueden obtenerse los materiales, lo que es siempre conveniente y en algunos casos fundamental para su uso.

La imposibilidad de conseguir de un tamaño determinado, ya sea por su inexistencia en la naturaleza o por resultar poco viable o imposible su extracción o fabricación, obliga a unir otras menores mediante procedimiento o dispositivos adecuados hasta obtener el tamaño deseado.

En ciertos casos deben de desarrollarse o crearse medios de unión especiales, cuyos costo puede hacer inconvenientes el empleo del material de que se trata. En otros, el conjunto resultante no mantiene la propiedades de cada elemento que lo integra y su uso habrá de considerarse con relación a las propiedades del conjunto. Puede darse asimismo el caso de que las dimensiones resulten mayores que las necesarias y se requiere efectuar las operaciones inversas, o sea las de fraccionamiento, las cuales rinden en ciertos casos elementos menores de iguales propiedades a las de origen, mientras que en otras resulten modificadas o totalmente cambiadas.

Lo dicho sobre las dimensiones puede aplicarse en mayor o menor grado a las formas, que pueden ser útiles directamente tal como las poseen los materiales, o deben ser modificadas, lo cual no siempre es posible en el grado necesario, sin alterar otras propiedades.

#### 1.2 PESO ESPECIFICO:

Entenderemos por peso específico el peso de la unidad de volumen o sea:

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

donde  $\gamma$  es el peso específico,  $P$  el peso del cuerpo y  $V$  el volumen.

Este volumen podrá ser del material compacto, sin poros o vacíos, en cuyo caso se llama *volumen real o absoluto* y su símbolo es  $V_r$ ; cuando el volumen que se considera es el de un sólido con poros o vacíos, se llama volumen aparente y se simboliza con  $V_a$ ; cuando el cuerpo esté en forma granular o pulverulenta, el volumen aparente que se considera lleva la designación de *Volumen a granel suelto o compacto*, según el grado de apretamiento, y los símbolos correspondientes son  $V_{gs}$  y  $V_{gc}$ , respectivamente; consecuentemente, el peso específico real será  $\gamma_r$ , el peso específico aparente  $\gamma_a$  y el peso específico a granel  $\gamma_{gs}$  ó  $\gamma_{gc}$ , según el caso.

El peso específico se mide en unidades compuestas que varían según sean las empleadas para medir el peso y el volumen. Así resultará:

$$\frac{t}{m^3}, \quad \frac{kg}{m^3}, \quad \frac{kg}{dm^3}, \quad \frac{kg}{cm^3}$$

Por lo tanto, en cada han de definirse las unidades utilizadas.

#### 1.3 POROSIDAD:

Cuando el volumen real del material es inferior al volumen aparente del mismo quedan dentro de la masa poros o alvéolos, cuyo volumen, para un cierto volumen aparente ( $V_a$ ), llamaremos  $E$ ; la porosidad  $P$  del material queda definida por el cociente.

$$E = V_a - V_r$$

$$P = \frac{E}{V_a} \quad (1)$$

Como el espacio  $E$  ocupado por los poros y el volumen aparente  $V_a$  se mide en la misma unidad de volumen, la porosidad  $P$  queda expresada por un número absoluto que, como es lógico, valdrá cero (0) cuando el material no tenga poros y tenderá a valer uno (1) como máximo, a medida que la porosidad aumente; este número  $P$  puede considerarse como el volumen de huecos de la unidad de volumen aparente. Si se quisiera el valor porcentual de vacíos bastaría multiplicar  $P$  por cien (100).

#### 1.4 COMPACIDAD:

Se denomina compacidad o compatibilidad o grado de densidad, representado con  $c$ , al cociente del volumen  $V_r$  con el volumen aparente  $V_a$ .

$$c = \frac{V_r}{V_a} \quad (2)$$

Siendo  $V_r$  y  $V_a$  magnitudes de igual unidad  $c$  resultará un número absoluto que valdrá uno (1) como máximo cuando  $V_r$  y  $V_a$  sean iguales o sea que el material no tenga vacíos y tenderá a valer cero (0) cuando disminuya  $V_r$  o sea cuando aumenten los vacíos.

Si tenemos presente que  $E$ , espacios vacíos, es igual a:

$$E = V_a - V_r$$

Y reemplazamos en (1) tendremos:

$$P = \frac{(V_a - V_r)}{V_a} \quad (3)$$

Sumando (2) y (3)

$$c + P = \frac{V_r}{V_a} + \frac{(V_a - V_r)}{V_a} = \frac{(V_r + V_a - V_r)}{V_a} = 1 \quad (4)$$

O sea que la suma de la porosidad más la compacidad es siempre igual a uno (1) para un material dado.

### 1.5 HIGROSCOPICIDAD:

Es la propiedad de algunos cuerpos o materiales de absorber el agua y variar su peso. Se expresa mediante un coeficiente porcentual cuyo valor está dado por la expresión:

$$\frac{(\gamma_{H+1})}{\gamma_H} \times 100$$

en la cual  $\gamma_H$  es el peso específico del cuerpo con un grado de humedad  $H$  y  $\gamma_{H+1}$  el peso específico del mismo pero con un grado de humedad + 1 entendiéndose por grado de humedad a la relación entre el peso del agua que impregna el material y el peso del material seco, relación que expresada por centesimalmente es la siguiente:

$$H = \frac{a}{P_2} \times 100$$

donde  $H$  es el grado de humedad, a el peso del agua que impregna al material y  $P_2$  el peso de dicho material seco. Esta expresión puede adoptar la forma:

$$H = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} \times 100$$

siendo  $P_1$  el peso del material húmedo. Cuando el agua llena todos los poros el valor de  $H$  será máximo y se dice entonces que corresponde al valor de SATURACIÓN o que el cuerpo está saturado; este valor máximo puede ser muy grande, como se desprende de la expresión que lo determina, si consideramos un volumen de material igual a la unidad el valor de  $a$  tiene como límite a uno (1) y el de  $P_2$  tiende a cero (0) a medida que, para un material dado, aumentan los vacíos, hecho que de lugar al crecimiento de  $a$ ; por lo tanto el límite hipotético de  $H$  sería infinito. El valor mínimo de  $H$  es lógicamente cero (0) el que se alcanza cuando el material está completamente seco, o es compacto, o sea sin poros, con lo cual no puede absorber agua y a vale cero (0).

### 1.6 PERMEABILIDAD:

Es ésta una propiedad vinculada con la porosidad pero que no debe ser confundida con ella. Debe entenderse por permeabilidad la capacidad de cierto materiales para dejarse atravesar por los líquidos. El paso del líquido a través de un cuerpo puede hacerse por capilaridad, por presión o por ambas cosas a la vez. La cantidad de líquido que penetra en el cuerpo por capilaridad mide su poder de absorción y

está vinculado con su porosidad, desde que depende de la cantidad, forma y grado de comunicación con la superficie de los poros o espacios vacíos del material, cabe inferir fácilmente que un material puede ser muy poroso pero poco absorbente, si sus poros no están comunicados con la superficie. Igual cosa ocurre con la permeabilidad.

La permeabilidad se mide por la cantidad de líquido que pasa por un cuerpo de espesor y superficie dadas en un tiempo y bajo una presión y temperatura también determinadas; para espesores, superficies y tiempos iguales, la permeabilidad aumenta con la presión y la temperatura.

### **1 . 7 HOMOGENEIDAD :**

Según que un cuerpo tenga en todos sus puntos igual estructura molecular o idénticas propiedades físicas o no, se lo califica de **homogéneo** o **heterogéneo**.

Como por ejemplo del primer tipo o sea cuerpo o materiales homogéneos podemos citar a los metales fundidos, el vidrio, etc. Son en cambio heterogéneo, la mampostería, el hormigón, etc.

## **2. PROPIEDADES TERMICAS :**

### **2. 1 CALOR ESPECIFICO :**

Se denominan **calor específico** o **capacidad calorífica** a la cantidad de calor expresada habitualmente en kilocalorías o calorías grandes, necesaria para elevar en un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de un material determinado. La caloría grande o kilocaloría es, a su vez, la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1Kg de agua, a la presión atmosférica, de 14,5° a 15,5°. El calor específico, para un mismo cuerpo o sustancia, es variable según la temperatura que se considera, pero para las necesidades de la construcción puede operarse en general con los valores medios, determinados experimentalmente.

### **2. 2 DILATABILIDAD :**

Es la propiedad de los cuerpos de modificar sus dimensiones con los cambios de temperatura.

Pueden interesar, la dilatación lineal, la dilatación superficial y la dilatación cúbica.

La dilatabilidad es variable según los límites de temperaturas que se consideran, y se expresa generalmente bajo la forma de un coeficiente porcentual.

El conocimiento de la magnitud de la dilatabilidad de los materiales en las construcciones es importante, por cuanto es necesario prever el libre juego de las estructuras al dilatarse o contraerse por las variaciones de la temperatura o los efectos que puede originar la imposibilidad de deformarse libremente o la aislación térmica necesaria tendiente a evitar la dilatación.

### **2 . 3 TRANSMISION DE CALOR :**

El calor pasa de los cuerpos más calientes a los más fríos y esa propagación del calor se hace en el interior de un cuerpo, es decir por transmisión de molécula a molécula.

### **2 . 3 . 1 CONDUCTIBILIDAD TERMICA :**

La conductibilidad térmica se determina experimentalmente y se expresa por lo común por un coeficiente que da la cantidad de calor que un cierto cuerpo de  $1m^2$  de sección y 1m de espesor es capaz de trasmisitir por cada hora transcurrida y por cada grado centígrado de diferencia de temperatura entre ambas caras.

Este coeficiente es variable según los límites de temperatura; su símbolo es  $\phi$  y su unidad es:

$$\phi = \frac{Kcal}{m.h.^{\circ}c}$$

Importa conocer la mayor o menor conductibilidad térmica de los materiales a los efectos de poder determinar en cierto casos, cuanto calor puede transmitirse a través de una estructura, una pared por ejemplo o en otros casos que espesor debe darse a tal estructura para mantener la transmisión del calor dentro de determinados valores.

### 2. 3. 2 CONVECCION :

Denominamos convección cuando la propagación del calor se realiza a través de los fluidos acompañada por un movimiento; el calor se transmite de las partes calientes a las frías a causa del movimiento del fluido caliente hacia las zonas cuya temperatura es más baja, substituyéndolas o mezclándose ambas y viceversa.

El movimiento del fluido es debido a las diferencias de temperatura, formándose entonces las corrientes convectoras.

### 2. 3. 3 RADIACION :

La transmisión por radiación se produce sin intervención de los medios materiales, es así que el calor del sol llega a la tierra. Se trata de propagaciones de radiaciones del mismo tipo que las luminosas y se denominan rayos infrarrojos.

### 2 . 4 REFLEXION DEL CALOR :

Los cuerpos pueden clasificarse según su permeabilidad al calor radiante en atérmanos o sea impermeables en mayor o menor grado de las radiaciones caloríficas y diatérmanos a los permeables a la energía calorífica, radiante, que los atraviesa sin alterar su temperatura. La energía radiante originada por una fuente de calor sufre a chocar con un cuerpo atérmano un proceso de absorción y de reflexión.

#### 2 . 4. 1 CALOR ABSORBIDO Y REFLEJADO:

La energía absorbida se transforma en calor y aumenta la temperatura del cuerpo, mientras que la parte reflejada no lo afecta, salvo el hecho de convertirlo a su vez, en un foco de radiación calorífica reflejada. La reflexión del calor se mide en fracciones del calor recibido, si llamamos  $E$  al calor recibido,  $E_r$  al reflejado y  $E_a$  al absorbido, podemos decir que:

$$E = E_r + E_a$$

$$E_r = E - E_a$$

El valor de  $E_a$  puede expresarse como un por ciento de  $E$ . Estos porcientos han sido determinados experimentalmente y se los designa con la letra  $\epsilon$  y permiten calcular  $E_a$  por cuanto:

$$E_a = \epsilon \times E$$

La unidad de calor reflejado o absorbido según el caso es la misma que se emplea para el calor recibido, o sea la kilocaloría por cada metro cuadrado por cada hora y por cada grado centígrado.

El conocimiento del poder reflejante o de absorción de calor por los diversos materiales, tiene gran importancia en la arquitectura desde que permite regular la cantidad de calor que absorberá una estructura o construcción determinada, expuesta a la radiación de una fuente de calor, el sol por ejemplo; influyendo en este aspecto el calor y la terminación superficial de los materiales. En lo que respecta al color tendremos las mayores absorciones con el negro y la mayor reflexión con el blanco y bajo el punto de vista de las terminaciones superficiales las brillosas o especiales reflejarán un elevado porcentaje del calor recibido y las opacas por el contrario tendrán un mayor valor para el calor absorbido.

### **3. PROPIEDADES ACUSTICAS :**

#### **3. 1 TRANSMISION Y REFLEXION DEL SONIDO:**

El sonido se origina por vibraciones de frecuencias relativamente bajas. Puede propagarse en el aire o a través de los cuerpos. El sonido al igual que la radiación de calor, al chocar con un cuerpo puede ser reflejado, absorbido o ambas cosas a la vez; de la fracción absorbida, una parte se disipa bajo otras formas de la energía y el resto se transmite. La determinación del poder reflejante y de la capacidad de disipar y transmitir el sonido por los materiales se efectúa con el objeto de controlar su intensidad en los distintos ambientes.

### **4. PROPIEDADES OPTICAS :**

#### **4. 1 COLOR:**

El color constituye uno de los elementos de composición arquitectónica razón por la que el estudio y conocimiento del color de los materiales, sobre todo los utilizados con finalidades decorativas, reviste especial importancia.

#### **4. 2 REFLEXION DE LA LUZ:**

Como en los casos de calor y del sonido, debemos repetir aquí que la luz es un fenómeno vibratorio pero de frecuencia y velocidad mucho mayores. La energía vibratoria al chocar con un cuerpo puede ser reflejada o absorbida; cada uno de esos fenómeno en forma parcial o total.

El estudio del poder reflejante tiene interés en algunos aspectos decorativos de la arquitectura. Pero donde adquiere verdadera importancia en el estudio luminotécnico de los ambientes y en la construcción de aparatos, artefactos o dispositivos de iluminación en superficies reflejantes, donde es necesario estudiar la forma y la cantidad de energía luminosa que es refleja.

#### **4. 3 TRANSMISION DE LA LUZ :**

Este es un aspecto mucho más importante que el anterior. De la energía luminosa que se absorbe en el cuerpo, una parte se disipa en otras formas y el resto puede pasar a través del mismo. Se estudia especialmente la cantidad de luz que pasa, como se ha modificado la composición de la luz al pasar, y por último como se difunde al ambiente, la luz que pasó.

### **5. PROPIEDADES ELECTRICAS :**

#### **5. 1 CONDUCTIBILIDAD :**

Se estudian los materiales bajo el aspecto de su mayor o menor capacidad para conducir la energía eléctrica a través de su masa, con el objeto de utilizarlos unas veces como conductores cuando su resistencia al paso de la energía es reducido, o como aisladores, cuando es muy grande.

Habitualmente se mide con preferencia la resistencia específica y ésta se expresa en obra por cada milímetro cuadrado de sección y por cada metro de longitud.

### **6. PROPIEDADES QUÍMICAS :**

#### **6. 1 COMPOSICION QUÍMICA :**

El conocimiento de la composición química tiene importancia porque la presencia o ausencia de cierto compuesto o elementos en los materiales puede definir algunas de sus características o

propiedades. Por ejemplo, algunas impurezas de los metales alteran su comportamiento bajo determinadas solicitudes.

## **6. 2 ESTABILIDAD QUÍMICA:**

Es posiblemente una propiedad más importante que la anterior. Interesa en algunos casos la resistencia que opone un cierto material al ataque de los agentes agresivos, que pudieran alterar sus propiedades, tal como la resistencia, el pulimento, el color, la duración, etc.

Otras veces lo que interesa es la inestabilidad química de cierto materiales en determinados estados, como ocurre con los aglomerantes.

## **7. PROPIEDADES MECÁNICAS:**

### **7. 1 RESISTENCIA:**

Se denomina **RESISTENCIA** de un material al mayor o menor grado de oposición que presenta a las fuerzas que tratan de deformarlo. Las moléculas de los cuerpos tienden a mantenerse unidas, en virtud de la cohesión existente entre ellas y que se opone a su separación o, en general, a la modificación de las distancias intermoleculares.

El grado de resistencia, se define para algunos tipos de solicitudes por el cociente entre la fuerza que se ejerce sobre el cuerpo y la sección transversal del mismo; en consecuencia si la carga se expresa en kilogramos y la sección en centímetro cuadrados, la unidad de la resistencia será  $\frac{kg}{cm^2}$ , del mismo modo podría tenerse.

$$\frac{t}{cm^2}, \quad \frac{Kg}{mm^2}, \quad \text{etc.}$$

### **7. 2 TENACIDAD:**

Al hacer actuar una fuerza sobre un cuerpo éste sufre deformaciones que aumentan a medida que la fuerza también aumenta. Estas deformaciones en algunos materiales pueden ser relativamente grandes con respecto a la dimensión primitiva, antes de producirse la rotura, mientras que en otros se llega a la rotura por incremento de la fuerza actuantes, con pequeña deformación. Calificaremos de **TENACIDAD** la propiedad de los materiales de admitir una deformación considerable antes de romperse. Por el contrario llamaremos **FRAGILIDAD** a la propiedad de los materiales de romperse con poca deformación.

### **7. 3 ELASTICIDAD:**

Hemos dicho que los materiales al ser sometidos a un esfuerzo sufren deformaciones. Si al suprimirse la carga que produjo la deformación ésta desaparece se dice que el cuerpo es o se ha comportado como **ELÁSTICO** pudiéndose asimismo definir como **ELASTICIDAD** la propiedad de los cuerpos deformados de recuperar su forma inicial una vez desaparecida la fuerza deformante. Para producir la deformación es necesario desarrollar un cierto trabajo, el cual es restituido cuando se deja al cuerpo que recobre su forma; puede entonces definirse la elasticidad en otra forma; o sea como la capacidad de un cuerpo deformado de devolver el trabajo de deformación.

Por oposición establecemos que plasticidad es la propiedad contraria o sea la de experimentar y mantener la deformación después de haber desaparecido la carga, sin detrimento apreciable de su cohesión.

#### 7. 4 RIGIDEZ :

Diremos que los materiales son tanto más rígidos cuanto mayores sean los esfuerzos necesarios para producir una deformación dada, o cuanto menores sean las deformaciones producidas por un esfuerzo dado.

#### 7. 5 DUREZA :

No es una propiedad fácil de definir, aunque está muy generalizado el concepto de que es la resistencia de un sólido a dejarse penetrar por otro por acción de una fuerza. Por ello siempre debe aclararse al hablar de esta propiedad bajo qué forma se ha producido la penetración, ya sea presionando una esfera de acero, o un diamante, o si se ha probado por la resistencia al rayado, etc.

#### 7. 6 ISOTROPIA :

Hemos definido la elasticidad como la propiedad que los materiales pueden tener para recuperar en mayor o menor grado su forma primitiva, luego de haber sido deformados por la acción de una fuerza. En ciertos casos la propiedad se manifiesta en igual medida cualquiera sea la dirección en que se ha producido la deformación o sea que el material presente iguales condiciones de elasticidad sea la dirección en que se lo deforma; en este caso se lo denomina **ISÓTROPO** y a la propiedad general que posee **ISOTROPIA**; pueden considerarse prácticamente como isótropos a los metales fundidos. Si las condiciones de elasticidad varían según la dirección en que se produzcan las deformaciones, los cuerpos o materiales se califican como **ANISOTROPOS** y a la propiedad general **ANISOTROPIA**; casos típicos de materiales anisotropos los constituyen las maderas que ofrecen diferencias marcadas de elasticidad según que se considere la dirección de las fibras, u otra dirección no coincidente con éstas.

### 8. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS :

#### 8. 1 SEPARACIÓN, AGREGACIÓN Y TRANSFORMACIÓN:

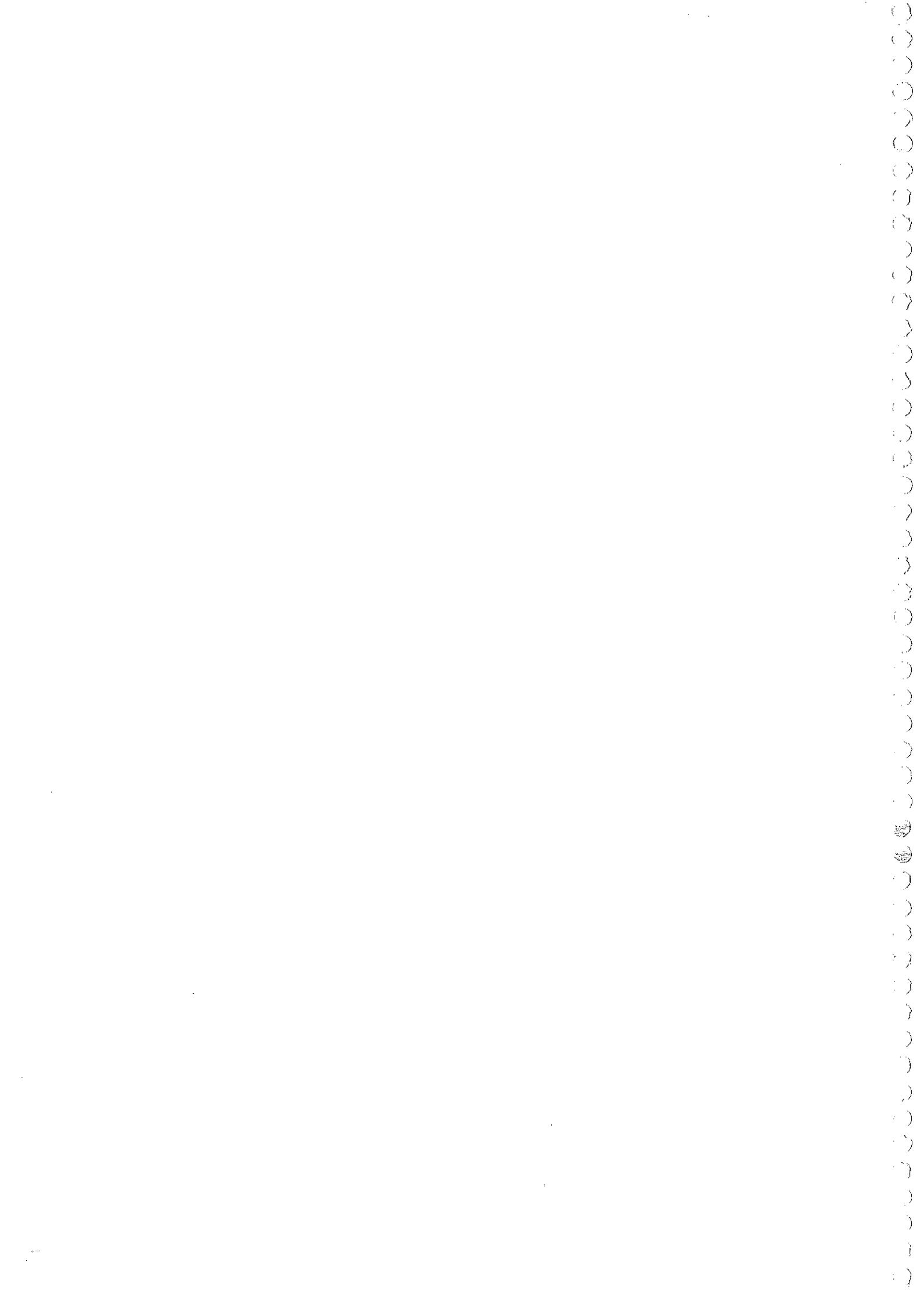
Estas propiedades, que no detallaremos en particular por su gran número, son las que permiten a los materiales recibir las formas requeridas para su empleo en construcción. Las operaciones pueden ser **DE SEPARACIÓN, DE AGREGACIÓN Y DE TRANSFORMACIÓN**. Son operaciones de **SEPARACIÓN**, las que se efectúan para dar la forma y tamaño deseado a un material, cortándolo, separándolo o dividiéndolo.

Las operaciones de **AGREGACIÓN** consisten en la unión de materiales de igual o distinta especie ya sea por medios físicos, químicos o mecánicos.

Finalmente las operaciones de **TRANSFORMACIÓN** son las que modifican la forma de un metal sin necesidad de agregados ni supresiones.

Algunas de las características fundamentales de los materiales son :

- La **maleabilidad** o posibilidad de reducir el material a láminas delgadas
- La **ductilidad** que permite a los materiales que poseen estirarse, reduciéndose a hilos
- La **plasticidad** o sea la capacidad de deformarse y retener la nueva forma permanente
- La **soldabilidad** que permite unir cierto materiales por soldadura.
- Etc.



Puede afirmarse; sin temor a equivocación que en los momentos actuales; es imprescindible la **RACIONALIZACIÓN**, lo que queda demostrado si consideramos que estamos viviendo una época que difiere fundamentalmente de las anteriores, caracterizada por los avances vertiginosos de la ciencia y sus aplicaciones.

Podríamos definir la **RACIONALIZACIÓN**; como la acción completa de la que se pueden obtener:

- ✓ **LA MÁXIMA EFICIENCIA**
- ✓ **CON MENOR ESFUERZO**
- ✓ **CON MENOR COSTO**

A estos objetivos enunciados precedentemente podremos tratar de arribar, teniendo en cuenta una secuencia de etapas que nos permitirán organizar nuestra tarea para llegar a nuestros objetivos, los que serán:

1. Pensar y/o analizar, que procedimientos o métodos nos permitirán llegar a:

- \* **Nuestros fines requeridos**
- \* **Aplicando el criterio adecuado**
- \* **Usando los procedimientos más convenientes o disponibles**

2. A los efectos de poder conseguir:

- \* **Organizar**
- \* **Modificar y/o Mejorar**
- \* **Controlar**

Para poder llegar satisfactoriamente a estos efectos no debemos olvidarnos de los siguientes pasos, tomados secuencialmente:

a) **ESTUDIO PREVIO:**

Esto nos permitirá a la parte Gerencial:

a-1) Conocer los problemas: Que serán los que darán origen a un planteo de cambio.

a-2) Recopilación de información: Que les permitirá analizar los puntos y/o procesos a corregir o cambiar; así como el reconocimiento de los procesos o puntos positivos existentes actualmente.

a-3) Determinación y conocimiento de las medidas correctivas a tomar o encerrar: De acuerdo a los ítem a-1) y a-2), conocidos los problemas y contando con la recopilación de información, se puede comenzar a proceder a diagramar las posibles medidas correctivas a aplicar.

b) **FORMAR CONCIENCIA:**

b-1) Sectores involucrados: A los efectos de poder materializar las medidas correctivas consideradas necesarias, se debe involucrar a todos los sectores de la Empresa desde los niveles Gerenciales, hasta la parte operaria.

b-2) Participación: Es conveniente que cada uno del personal perteneciente a la Empresa, note que su opinión y experiencia es escuchada, analizada y llegado el momento aplicada, metodología esta muy efectiva, ya que el personal se siente participe de las decisiones de la Empresa.

c) **ACCION RACIONAL:**

c-1) Teniendo en claro los ítem anteriores, habiéndose planteado y asumido éstos, no queda más que, como el título de este punto lo indica, proceder a la ACCIÓN, a Actuar y materializar lo detectado, sin desmedro de cualquier modificación, readaptación o correcciones que sean necesarias aplicar con el único objeto de tratar de obtener la mayor aproximación a la optimización de la Racionalización.

Dentro de este punto ( ACCION RACIONAL ), debemos contemplar diversos aspectos de los problemas a resolver y que pueden agruparse en:

- I. ASPECTOS TÉCNICOS.
- II. ASPECTOS ECONOMICOS.
- III. ASPECTOS SOCIALES.

Los 2 (dos) primeros afectan principalmente al aspecto material de la Acción. El último deberá contemplar la parte humanista.

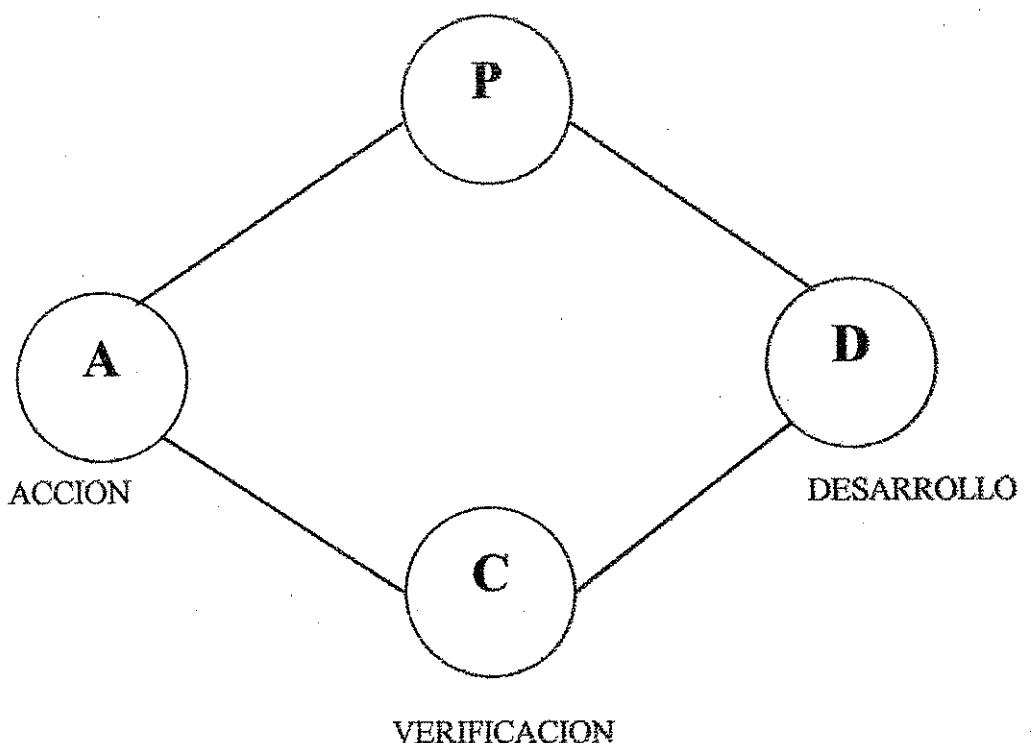
**I. ASPECTOS Y/O FINES TÉCNICOS (Referente a la parte humanística)**

- 1) Es necesario suministrar al elemento humano la preparación indispensable.
- 2) Inculcarle el espíritu de observación y análisis.
- 3) Es necesario inculcarle las ventajas de coordinar esfuerzo en la acción, para obtener una mayor eficiencia del conjunto.

En estos aspectos no podemos dejar de mencionar a modo clarificador, un proceso aceptado ampliamente en industrias japonesas, consistente en rotar el ciclo llamado "**CICLO DE DEMING**", el que está compuesto en su origen de cuatro pasos que son:

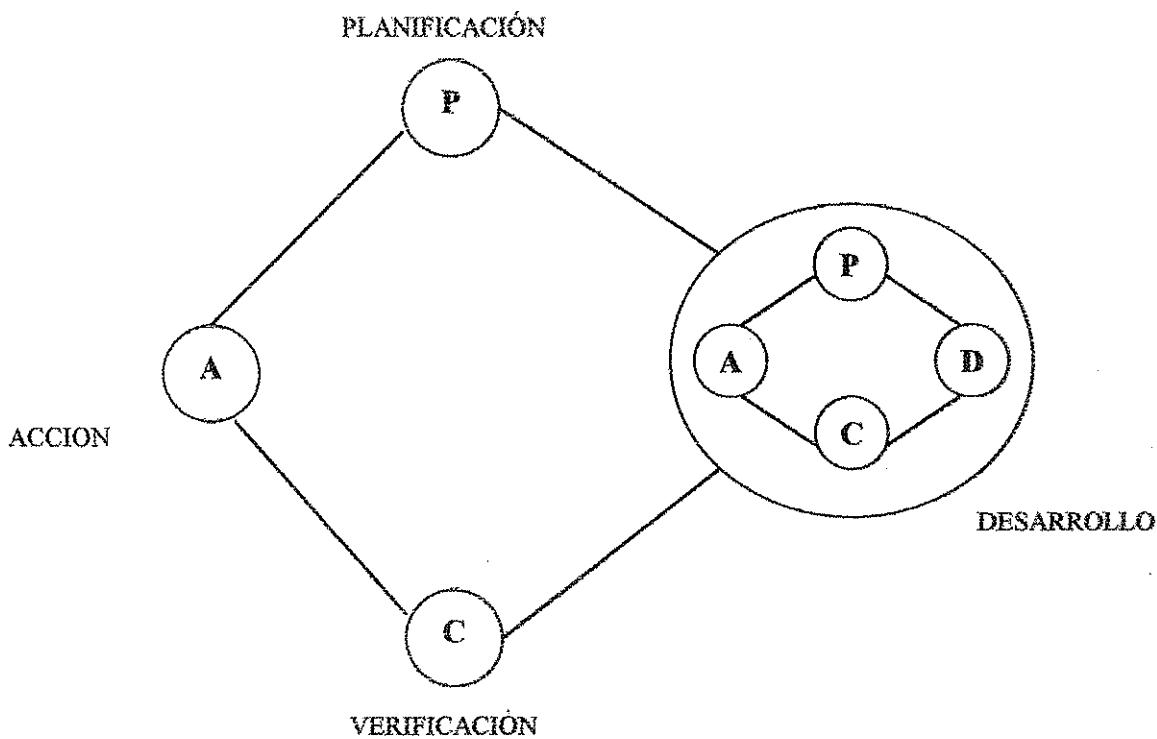
**PORCESO ACEPTADO INICIALMENTE POR LAS INDUSTRIAS JAPONESAS**

**PLANIFICACION**



**"CICLO DE DEMING."**

Asumido este argumento, se planteó la modificación o mejor dicho la ampliación del **ORIGINAL CICLO DE DEMING**, incorporando a la etapa de **REALIZACIÓN**, otro **CICLO DE DEMING**, que permite en mayor o menor medida que cada obrero pueda controlar su trabajo, permitiendo dentro de la etapa de **REALIZACIÓN**, hacer una Planificación, Realización, Verificación ( con la posible sugerencia al Encargado de algún detalle que sea conveniente cambiar o replantear a los efectos de evitar o mejorar errores, que pudieron ser pasados por alto por el Departamento de Ingeniería), Acción.



### **CICLO DE DEMING MODIFICADO**

Como consecuencia de esta modificación se da al Sector Obrero la posibilidad de asumir responsabilidades y tomar medidas correctivas, que lo hacen sentir incorporado a las decisiones, y por consiguiente parte integrante de la Empresa.

Por todo lo expuesto anteriormente tenemos que asumir que la persona deberá estar preparada para auto controlarse, debiéndose previamente al autocontrol verificar la existencia, en el Operario, de los siguientes criterios:

**□ CONOCIMIENTO DE LA TAREA QUE DEBE REALIZAR; ESTO ES QUE TENGA EN CLARO:**

1. El esquema horario de trabajo
2. Total entendimiento de las Especificaciones
3. Conciencia del Beneficio Proyectado

**□ CONOCIMIENTO DE LO QUE ESTÁ HACIENDO; VALE DECIR:**

1. Fecha de entrega
2. Conocimiento del Beneficio Real
3. Conocimiento de las exigencias de las Especificaciones

**□ MEDIOS PARA REGULAR LO QUE ESTÁ HACIENDO, EN CASO QUE NO SE LLEGUE AL OBJETIVO DESEADO, PESE A SEGUIR ESTRICTEMENTE LAS ESPECIFICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA, Y CRITERIO PROPIO.**

4

Además dentro de los **FINES TÉCNICOS**, perseguidos por la RACIONALIZACION DE MATERIALES, se determina la necesidad de:

- **TIPIFICAR:** que es hacer intercambiarlos los conjuntos o partes de estos de modo tal que este intercambio, pueda hacerse con rapidez, seguridad, con el rendimiento previsto y costos convenientes.
- **UNIFICAR:** es la acción de eliminar todos aquellos tipos de materiales, conjuntos de los mismos o elementos que los afectan y que un estudio racional demuestre que son superfluos, manteniendo solamente aquellos que no puedan o no convengan ser sustituidos.
- **NORMALIZAR:** es la especificación de los materiales, ( en normas breves, claras y completas ), los requisitos y las características de calidad; ajustes y tolerancias exigidos en los mismos, para asegurar su eficiencia, indicando también los métodos de ensayo y análisis para comprobar si dichos requisitos y caracteres se cumplen.

**RESUMIENDO:** Obtenidos estos **FINES TÉCNICOS**, será posible en base al Estudio y la Observación, lograr mejoras en "**SISTEMAS DE FABRICACIÓN, CALIDAD Y COSTOS**", que PODRÁN PAULATINAMENTE AL ALCANCE DE UN ELEVADO PORCENTAJE DEL CONSUMO, GRAN CANTIDAD DE MATERIALES, LO CUAL PERMITIRA MEJORAS ECONOMICAS AL PROVOCAR UN AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN, QUE SE REFLEJARA EN EL ASPECTO SOCIAL AL CREAR TRABAJO Y ELEVAR EL NIVEL DE VIDA.

## II. ASPECTO Y/O FINES ECONOMICOS:

Este aspecto influirá directa y favorablemente al permitir:

- 1) **RACIONALIZAR LA PRODUCCIÓN:** unificándola en lo posible, lo que es economía, pudiendo así obtener:
- 2) **CALIDADES NORMALES A COSTOS CONVENIENTES:** lo cual permitirá a su vez:
- 3) **AUMENTAR LA PRODUCCIÓN:** con la sólida base de costo convenientes y calidades indiscutibles basadas en las Normas Correctas.

Dentro del aspecto económico es imprescindible tener en cuenta:

- **LA FALTA DE NORMAS:** imposibilita establecer con exactitud la relación " CALIDAD-COSTO ", lo que trae aparejado muchas veces un sistema antieconómico, como es el de adquirir, lo más barato, que resulta lo más caro por su bajo rendimiento.  
Además esto provoca la no concurrencia del Productor honesto a las licitaciones, ya que en muchos casos, se sabe de antemano desplazado por quienes ofrecen más bajo precio, aunque también inferior calidad, gravitando esto de las cotizaciones en perjuicio del consumidor.
- **CALIDADES NORMALIZADAS:** regularán por si solas los precios, evitando así que se siga el sistema de comprar lo más barato, que en la mayoría de los casos, resulta lo más antieconómico.
- **LA FALTA DE UNIFICACIÓN:** en designaciones y normas, se traduce en falta de entendimiento mutuo, al tener que:

### - ADQUIRIR – FABRICAR – ENTREGAR – APLICAR LOS MATERIALES -

lo que trae como consecuencia, situaciones anárquicas que provocan confusiones, discusiones, además de perdidas de tiempo y por consiguiente, dinero.

- **UNIFICACIÓN NORMALIZADA:** permite el " entendimiento seguro" ( por medio de Normas ), evitando los perjuicios que produce la desorganización y falta de elementos de juicio.  
Las Normas, por tanto son necesarias, para establecer en forma precisa las designaciones y características de los materiales; permitiendo reducir la variedad innecesaria de distintos tipos de materiales, a aquellos que convengan adoptar de acuerdo a las posibilidades reales de obtener:

**LIMITACIÓN DE MATERIALES USADOS**

**ACOTAMIENTO DE CALIDADES INDESEADAS**

**ACOTAMIENTO DE PROCESOS DEFICIENTES**

**COSTO PARA EL CONSUMIDOR ACORDE A LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL**

**CALIDADES SIMILARES PERO ACEPTADAS POR NORMAS Y COSTOS VARIABLES, PERO CON UNA CALIDAD MINIMA ESTABLECIDA POR LAS NORMAS**

**RESUMIENDO:** Las normas correctas con modelos **UNIFICADOS Y DEFINIDOS**:

FOMENTARA EL CRECIMIENTO INDUSTRIAL Y POR LO TANTO LA MEJORA ECONOMICA PARA QUIENES LA APLIQUEN.

CON LA SEGURIDAD QUE ESTO DA A LA PRODUCCIÓN, Y EN BASE A ESTADÍSTICAS CORRECTAS SE PODRAN TENER ELEMENTOS DE JUICIO SEGUROS, PARA ENCARAR LA POSIBILIDAD DEL ESTUDIO DE NUEVAS PRODUCCIONES.

**III. ASPECTOS Y/O FINES SOCIALES:**

Así como asegura el cumplimiento de las leyes, estableciéndose procedimiento a seguir, deberán también fijarse aquellos que nos permitan u obliguen a cumplir el anhelo expresado.

No basta diagnosticar el mal; es necesario; también tratar de eliminarlo.

Esto es lo que en materiales y sus aplicaciones se realiza con las Normas, que orientan a la producción, al consumo y en general a todos los intereses afectados por estos asuntos, a proceder honestamente, vale decir en pocas palabras:

**" LAS RACIONALIZACION DE MATERIALES Y SUS APLICACIONES, POR MEDIO DE NORMAS CORRECTAS, NO SOLO FAVORECEN A QUIENES ACTUAN CON HONRADEZ, SINO QUE OBLIGA A PROCEDER HONESTAMENTE A QUIENES, FALTANDO DICHAS NORMAS, SE SIRVEN DEL ENGAÑO PARA BENEFICIARSE EN SUS TRANSACCIONES "**

La obtención de un fin social tan relevante, cual es el de provocar la " honestidad de procedimiento ", evitando así la corrupción entre quienes deban actuar en estos asuntos, es de tal importancia, que obvia cualquier comentario al respecto.

- Las normas asciuran consumo a la Producción, pues estableciendo tipos definidos y unificados, estos podrán ser almacenados en previsión de pedidos excepcionales o cuando esto sea antieconómico, podrá prepararse la organización del trabajo acelerado.  
Así el personal, en general se estabiliza en su tarea y al abandonarla con frecuencia, puede especializarse, pero también con el beneficio económico para él, que percibe sus haberes regularmente y la influencia que esto origina en su tranquilidad física y moral, produciendo un mejoramiento de su eficiencia.
  
- Al técnico, le da los elementos necesarios ( Normas, estudio y asesoramiento ), para poder actuar con aplomo y autoridad respaldado por dichos elementos, además le permite realizar más fácil y rápidamente tareas rutinarias, dejándole tiempo y estado de ánimo conveniente para mejorar lo hecho o investigar para innovar, todo lo cual contribuye a la formación de su personalidad; pudiendo así ser considerado socialmente como corresponde.

- Las Normas, estableciendo características bien definidas de calidad, evitan el engaño de quienes, deshonestamente, quieren sorprender con precios o propagandas que no están de acuerdo con la calidad de los material.

**CONCRETANDO:** La racionalización compelle a la honestidad de procedimientos a quienes no lo hacen espontániamente.

## **NORMAS IRAM – IACC – ISO E 9000 -**

### **INTRODUCCIÓN:**

Los Organismos Industriales y Comerciales, suministran productos destinados a satisfacer las necesidades y requisitos de los clientes.

Debido a la gran competencia desatada a nivel mundial, ha llevado a que los clientes aumenten las exigencias y que sus expectativas sean cada vez mayores en lo referente a la **CALIDAD**.

Para que los Organismos sean competitivos y puedan mantener un buen desempeño económico, deben necesariamente emplear Sistemas cada vez más efectivos y eficientes. El uso de estos Sistemas, deben conducir a un mejoramiento continuo de la Calidad y a una Creciente Satisfacción de los Clientes, como así también de los sectores involucrados, tales como:

### **EMPLEADOS – PROPIETARIOS – SUBCONTRATISTAS**

Frecuentemente los requisitos de los Clientes, están adecuados a “**ESPECIFICACIONES**”, pero si hubiera deficiencias en el Sistema Organizativo que proveen y sostiene el producto las Especificaciones por si solas, no podrían garantizar que los requisitos de éstos fueran adecuadamente satisfechos.

Estas exigencias impuestas por el mercado han dado origen al desarrollo de **NORMAS DE SISTEMAS DE CALIDAD Y DE GUIAS**, que complementan los requisitos según sus especificaciones técnicas.

Las Normas de la Familia de las IRAM – IACC – ISO E 9000 están destinadas a proporcionar un marco genérico de Normas de **SISTEMAS DE CALIDAD**, aplicables a un amplio espectro de sectores industriales y económicos.

Estas Normas describen los elementos que los sistemas de calidad deberían contener, pero no como los implementa un organismo específico.

No es el propósito de estas Normas, imponer la Uniformidad de los **SISTEMAS DE CALIDAD**.

El diseño y la implementación de un Sistema de Calidad, debe necesariamente estar influenciado por los objetivos; productos; procesos particulares de cada Organismo y por sus prácticas específicas.

Antes de continuar avanzando en el desarrollo del tema, será conveniente dar algunas definiciones de distintos conceptos utilizados hasta el momento, y a utilizar en futuros temas, a los efectos de unificar interpretaciones, siendo los más usados los siguientes:

#### **> SISTEMAS DE CALIDAD:**

Se entiende por tal a la Organización, las Responsabilidades, los Procedimientos, los Procesos y los Recursos Necesarios para implementar la **GESTION DE CALIDAD**.

#### **> GESTION DE CALIDAD:**

Conjunto de actividades de la función empresaria que determina la Política de la Calidad, los Objetivos y la Responsabilidad; implementándolas por medios tales como la **PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD; EL CONTROL DE LA CALIDAD; EL**

**ASEGURAMIENTOS DE LA CALIDAD Y EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD;** en el marco del Sistema de Calidad.

➤ **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD:**

Se denomina así al conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas aplicadas en el marco del Sistema de Calidad; que se ha demostrado que son necesarias para dar confianza cierta de que una Entidad satisfacerá los requisitos para la Calidad.

El Aseguramiento de la Calidad puede referirse tanto a Objetivos Internos como a Objetivos Externos.

➤ **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD INTERNO:**

Dentro del seno de un Organismo; el Aseguramiento de la Calidad sirve para dar confianza a la Dirección.

➤ **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EXTERNO:**

En situaciones contractuales, el Aseguramiento de la Calidad sirve para dar confianza a los Clientes.

➤ **MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD:**

Son las acciones diagramadas y emprendidas en todo el Organismo con el fin de incrementar la Efectividad y la Eficiencia de las actividades y de los procesos para brindar beneficios adicionales al Organismo y a sus Clientes.

### **NORMAS IRAM - IACC - ISO 9000**

#### **NORMAS PARA LA GESTIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

##### **PARTE 1: GUIA PARA SU SELECCIÓN Y USO**

Es conveniente que todo Organismo, que esté pensando en el Desarrollo y la Implementación de un Sistema de Calidad tome como referencia esta Norma.

##### **PARTE 2: GUIA PARA LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS IRAM-IACC-ISO E 9001, E 9002 Y E 9003**

Esta parte de la Norma proporciona la guía sobre la implementación de los párrafos de las Normas de Aseguramiento de la Calidad y resulta sumamente útil durante la implementación inicial.

##### **PARTE 3: GUIA PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMA IRAM-IACC-ISO E 9001 AL DESARROLLO, EL SUMINISTRO Y EL MANTENIMIENTO DEL SOPORTE LÓGICO (SOFTWARE)**

Comenzamos primeramente por tratar de esclarecer que se entiende por Soporte Lógico ( SOFTWARE ), siendo estos los elementos destinados a mejorar o facilitar una actividad como por ejemplo: Programas de Computación, Procedimientos, Informaciones, Datos y Registros.

El Soporte Lógico no se desgasta y por consiguiente, las Actividades de la Calidad durante la fase de Diseño son de principalísima importancia para la Calidad Final del Producto.

##### **PARTE 4: GUIA PARA LA GESTIÓN DE PROGRAMAS DE SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO**

- \* Es conveniente recurrir a estas Normas cuando el Proveedor necesite Asegurar la Seguridad de Funcionamiento ( Confiabilidad, Mantención y Disponibilidad ) del Producto.
- \* La creciente confianza de la Sociedad en Servicios tales como el Transporte, el Suministro Eléctrico, las Telecomunicaciones, lleva a requisitos y expectativas del Cliente superiores con respecto a la Calidad del Servicio.
- \* La Seguridad de Funcionamiento de los productos, utilizados para tales Servicios, es un factor de máxima contribución a la Calidad de Servicio.
- \* Como se ha mencionado en el primer ítem, esta Norma es aplicable cuando se quieran cubrir los aspectos esenciales de un amplio programa de Seguridad de Funcionamiento, para la PLANIFICACIÓN, ORGANIZACIÓN, DIRECCIÓN Y CONTROL de los recursos para producir productos que serán CONFIABLES, MANTENIBLES y DISPONIBLES.

## NORMAS IRAM - IACC - ISO E 9001

### SISTEMA DE CALIDAD – MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL DISEÑO, DESARROLLO, PRODUCCIÓN Y SERVICIO DE POST-VENTA

- \* Es conveniente la utilización de la presente Norma cuando sea necesario demostrar la Capacidad del Proveedor, tanto para CONTROLAR LOS PROCESOS DE DISEÑO como para PRODUCIR PRODUCTOS CONFORMES.
- \* Los requisitos especificados tienen por objeto principal la satisfacción del Cliente mediante la PREVENCIÓN DE NO CONFORMIDADES, en todas las etapas, desde el DISEÑO, hasta el SERVICIO DE POST-VENTA.

## NORMAS IRAM - IACC - ISO E 9002

### SISTEMAS DE CALIDAD – MODELO PARA AL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN, INSTALACIÓN Y EL SERVICIO POST- VENTA

- \* Es conveniente seleccionar y usar esta Norma para demostrar la Capacidad del Proveedor para CONTROLAR LOS PROCESOS, durante las etapas de PRODUCCIÓN, INSTALACIÓN y SERVICIO POST-VENTA.

## NORMAS IRAM - IACC- ISO E 9003

### SISTEMAS DE CALIDAD – MODELO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA INSPECCION, Y ENSAYO FINAL

- \* Se utiliza esta Norma, cuando el Proveedor debe ASEGURAR la conformidad de los REQUISITOS ESPECIFICADOS, únicamente en la INSPECCION y ENSAYO FINAL.

## NORMAS IRAM - IACC – ISO E 9004

### GESTION DE CALIDAD Y ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CALIDAD

#### PARTE 1:

Esta Norma es la que se ocupa de la GESTION DE CALIDAD, de cualquier producto y se aplica a todas las categorías genéricas de productos y a todos los Sectores Industriales y Económicos.

Utilizando esta Norma el Proveedor podría determinar, de acuerdo a su situación específica, el grado de aplicación de cada elemento del SISTEMA DE CALIDAD, y los METODOS Y TECNOLOGIAS ESPECIFICAS, que le conviene aplicar.

Para que un Organismo satisfaga sus objetivos, es conveniente que se asegure que todos los factores técnicos, administrativos y humanos; que afecten la Calidad de sus Productos; estarán bajo control.

#### PARTE 2: GUIA PARA SERVICIOS

- \* Es conveniente que todo Organismo que presta Servicios, o cuyos productos incluyen una componente de Servicios, tome como referencia esta Norma.
- \* La característica de un Servicio, puede diferir con la de otros productos, y puede incluir aspectos tales como: EL PERSONAL, EL TIEMPO DE ESPERA, EL TIEMPO DE ENTREGA, LA HIGIENE, LA CREDIBILIDAD, Y LA COMUNICACIÓN PROPORCIONADA DIRECTAMENTE AL CLIENTE FINAL.
- \* La evaluación del Cliente; muchas veces subjetiva, es la medida fundamental de la calidad de un Servicio.

Uno de los tantos ejemplos que podríamos mencionar es el de la Compañía TAKENAKA KOMUTEN ( Industria de Ingeniería Civil ), la que comenzó con el Control de Calidad en toda la Compañía hace varios años. En una primera etapa lo que les preocupaba era reducir los defectos de los edificios que construían, tales como, grietas sin importancia estructural, pero que se manifestaban al poco tiempo en mamposterías, filtraciones de agua, etc. En poco tiempo tuvieron éxito.

Luego comenzaron a pensar en la satisfacción del cliente, prepararon una lista de control y visitaron los Hospitales que habían construido, encontrándose que los pacientes deseaban un medio ambiente más silencioso, que las enfermeras tenían problemas con las comodidades del hospital, que la mantención de los acondicionadores de aire era un grave problema cada verano.

Esta información fue analizada rápidamente por el Departamento de Diseño, mejorando y controlando rápidamente dichas imperfecciones.

Como resultado los pedidos de construcción de hospitales y asilos para ancianos a la Compañía están aumentando.

### **PARTE 3: GUIA PARA MATERIALES PROCESADOS**

- \* Es conveniente que los Organismos cuyos productos, terminados o semielaborados, son el resultado de transformaciones y que su composición es sólida, líquida, gaseosa o sus combinaciones, tomen como referencia esta Norma.
- \* Es común que dichos productos sean entregados a granel, siendo por su naturaleza, los materiales procesados de esta manera, mas difíciles para su verificación en puntos importantes del Proceso de Producción. Este factor incrementa la importancia del uso del Muestreo Estadístico, de los Procedimientos de Evaluación y su aplicación a los Controles en Procesos y a las Especificaciones del Producto Final.

### **PARTE 4: GUIA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD**

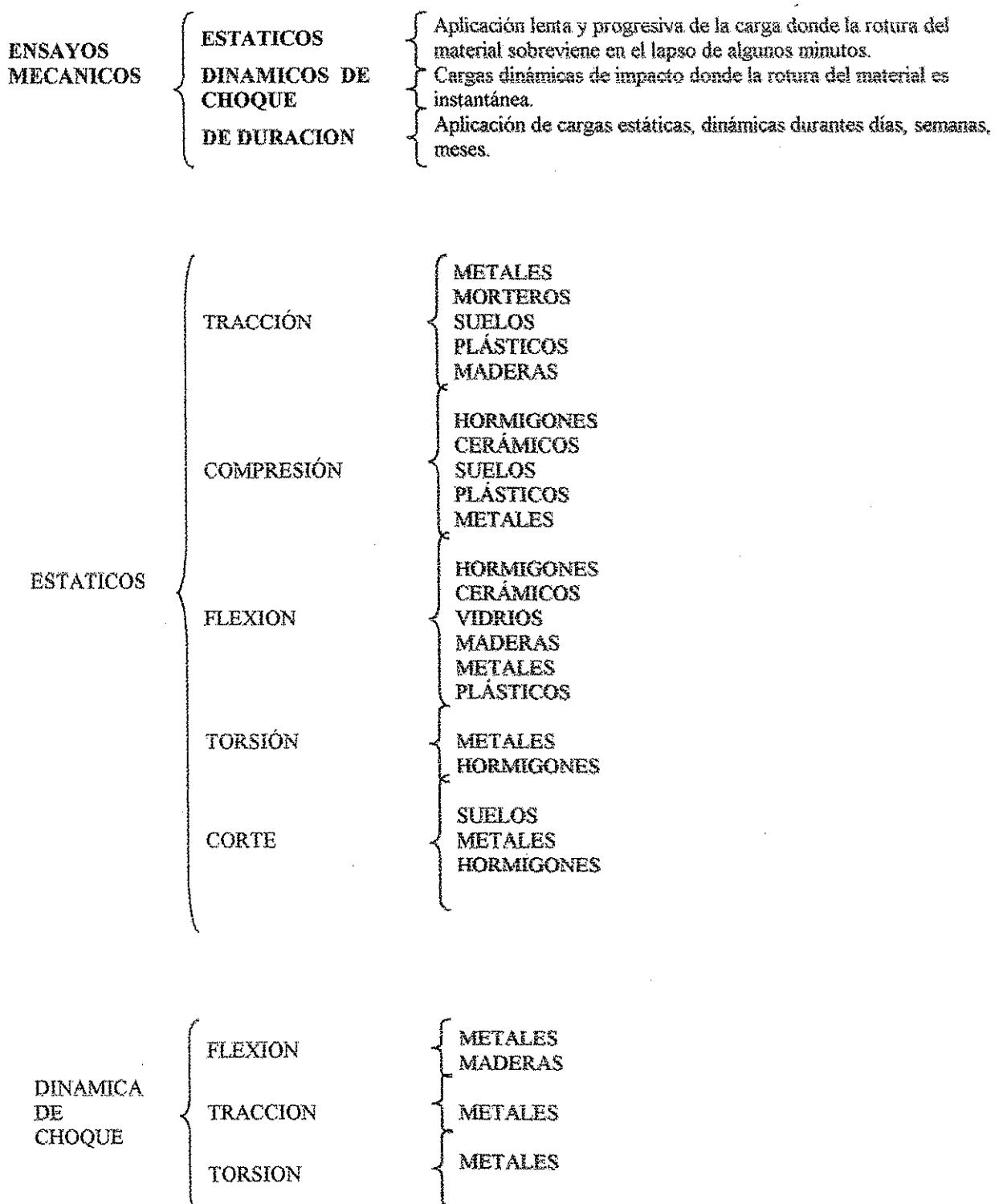
- \* Es conveniente que todo Organismo que desee mejorar su efectividad, tome como referencia esta Norma, así como el que crea conveniente esforzarse por la SATISFACCIÓN DEL CLIENTE y por el MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA CALIDA, sean objetivos permanentes de la Dirección de todas las funciones y en todos los Niveles del Organismo.

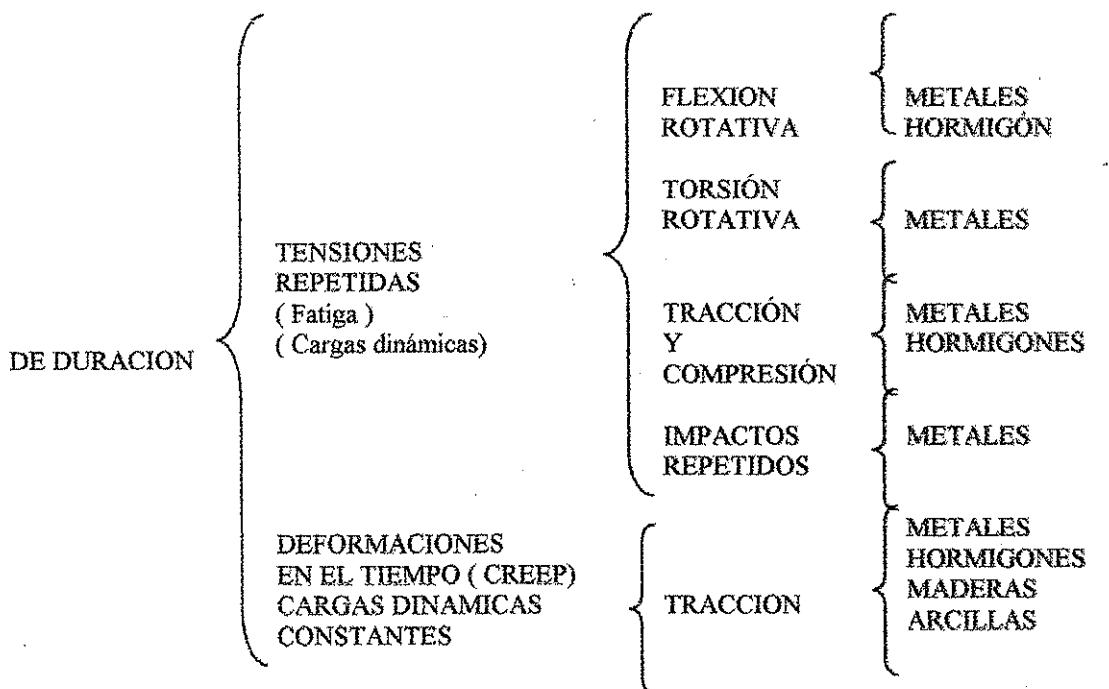
NORMAS INTERNACIONALES:

<u>PAÍS</u>	<u>ENTIDAD</u>
Argentina	Instituto Argentino de Racionalización de Materiales "I.R.A.M."
Australia	Standard Association of Australia
Austria	Oesterreichischer Normenausschuss
Bélgica	Association Belge de Standardization
Canadá	Canadian Engineering Standards Association
China	Chinese National Standards Committee
Checoslovaquia	Ceskoslovenka Normalisacni Stalecnost
Dinamarca	Dansk Standardiseringsrad Industribygningen
EE.UU	American Standards Associations "A.S.A"
Gran Bretaña	British Standards Institution
Finlandia	Finland Standardiseingskommission
Francia	Association Francaise de Normalisation
Alemania	Deutscher Normenausschuss
Grecia	Comité Hellenique de Normalisation
Hungría	Magyar Ipari Szabvanyosító Bizottság
Italia	Ente Nazionale per l' Unificazione nell' Industria
Japón	Japanese Engineering Standards Committee
Nueva Zelanda	New Zealand Standards Institution
Noruega	Norges Standardiserings-Forbund
Polonia	Polski Komitet Normalizacyjny
Rumania	Comm. Roumaine de Normalisation
España	Comisión Permanente de Ensayo de Mat. y de Tipificación Ind.
Suecia	Sveriges Standardiserings-Komission
Suiza	Bureau des Normes du V.S.M.
Rusia	International Standardization Bureau of USSR
Uruguay	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas "UNIT"

## ENsayos de MATERIALES

### 1- ENSAYOS MECÁNICOS:





## 2- ENSAYOS FISICOS DE MATERIALES:

AGREGADOS GRUESO Y FINOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>GRANULOMETRIA</li> <li>HUMEDAD</li> <li>POROSIDAD</li> <li>DESGASTE</li> <li>PESO ESPECIFICO</li> </ul>
AGLOMERANTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>PRINCIPIO Y FINAL DE FRAGUE</li> <li>FINURA</li> <li>CONSTANCIA DE VOLUMEN</li> <li>SUPERFICIE ESPECIFICA</li> </ul>
CERÁMICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>ABSORCIÓN DE AGUA</li> <li>RESISTENCIA A TEMPERATURAS</li> <li>RESISTENCIA A QUÍMICO</li> <li>RESISTENCIA AGENTES QUÍMICO</li> <li>PERMEABILIDAD</li> <li>POROSIDAD</li> <li>PESO ESPECIFICO</li> </ul>
BETUNES	<ul style="list-style-type: none"> <li>PENETRACIÓN</li> <li>DENSIDAD REAL</li> <li>DUCTILIDAD</li> <li>PUNTO DE INFLAMACIÓN</li> </ul>
VIDROS	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRANS - MISIÓN DE LUZ</li> <li>FACTOR SOLAR</li> <li>COEFICIENTE DE SOMBRA</li> <li>TRANSMISIÓN ACÚSTICA</li> <li>IMPACTO</li> </ul>

MADERAS	HUMEDAD RETRACCIÓN E INCHAMIENTO PESO ESPECIFICO REAL Y APARENTE
PINTURAS	PODER CUBRIENTE FINURA SOLIDEZ INOCUIDAD
MATERIALES AISLANTE	IMPERMEABILIDAD HIGROSCOPICIDAD CONDUCTIBILIDAD TERMICA TRANSMISIÓN DEL CALOR REFLECCIÓN DE CALOR REFLECCIÓN DEL SONIDO ABSORCIÓN DEL SONIDO

### 2.-ENSAYOS QUÍMICOS DE MATERIALES:

QUÍMICOS	COMPSICION QUÍMICA	AGLOMERANTES PLÁSTICOS BETUNES METALES Y ALEACIONES SUELOS Y ROCAS
	ESTABILIDAD QUÍMICA	METALES PLÁSTICOS AGLOMERANTES ROCAS

### PROBETAS

Las probetas para ensayos de materiales están determinadas un sus formas y dimensiones por las normas respectivas.

Para el caso de ensayos a tracción de metales las probetas pueden ser industriales o calibradas; las primeras se presentan en barras o perfiles de secciones más o menos constantes y sirven exclusivamente para ensayos de verificación; en cambio, las calibradas, se emplea en experiencias más rigurosas y adoptan formas perfectamente cilíndricas o prismáticas, con extremos ensanchados, no solo facilitar su sujeción en la maquina de ensayo, sino que para asegurar la rotura dentro del largo calibrado de menor sección, en el cual se marcan los denominados puntos fijos o de referencia a una distancia inicial preestablecida  $L_0$ .

Un factor que influye en los valores de ensayo es la forma de transición entre la parte calibrada y las cabezas, no solo porque puede provocar una concentración de tensiones, por cambio brusco de sección, sino que el aumento de sección sirve de freno a la contracción transversal que se genera en el estiramiento, por esta causa la longitud calibrada es mayor que la correspondiente a los puntos fijos.

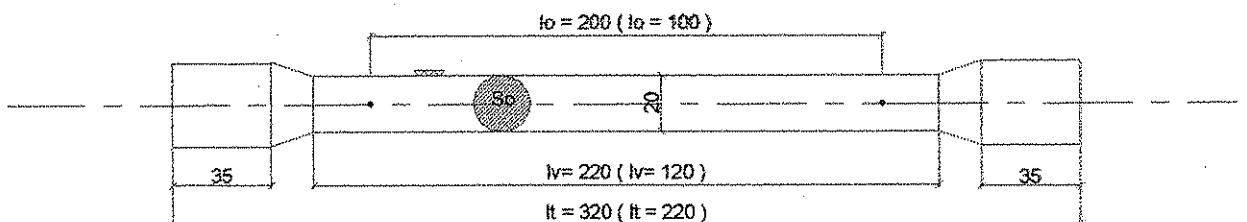
Las probetas cortas resultan mas económicas y se emplean cuando solo interesa conocer la resistencia del material. Las figuras indican las probetas mas utilizadas de acuerdo a las distintas normas y materiales.

## PROBETAS PARA ENSAYOS MECÁNICOS:

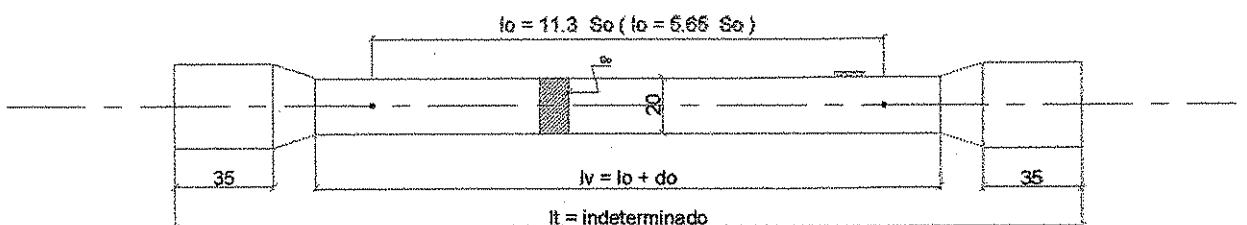
### I - TRACCIÓN:

IRAM 102

- a) Normalizadas mecanizadas para materiales ferrosos y no ferrosos.



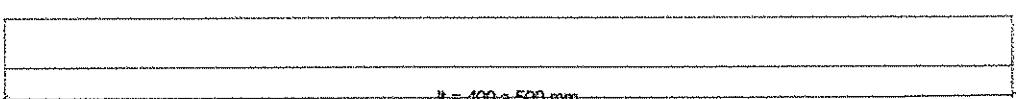
( ) Probetas cortas



$d_o = \text{Diámetro superficie equivalente}$

- b) Industriales:

Trozo de barra del material a ensayar.



El  $d_o$  se determina con la siguiente fórmula

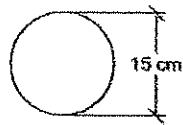
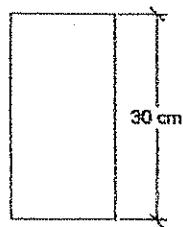
$$S_o \times l_t (g) \times P_e \left( \frac{g}{cm^3} \right) = P(g)$$

2 - TORSIÓN:

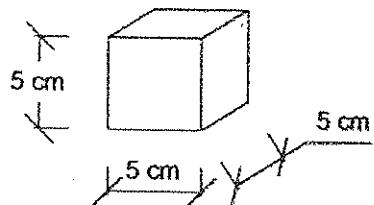
Probeta estándar A. S. T. M. A260 - 47

3 - COMPRESIÓN:

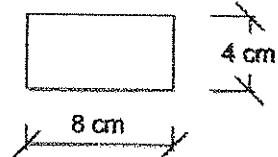
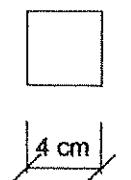
## 3.1) Hormigón



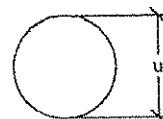
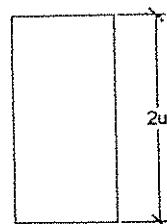
## 3.3) Maderas



## 3.2) Morteros

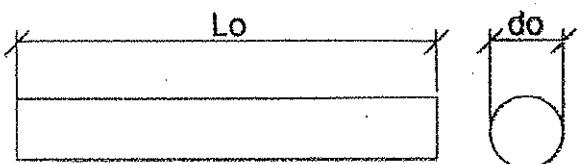


## 3.4) Maderas

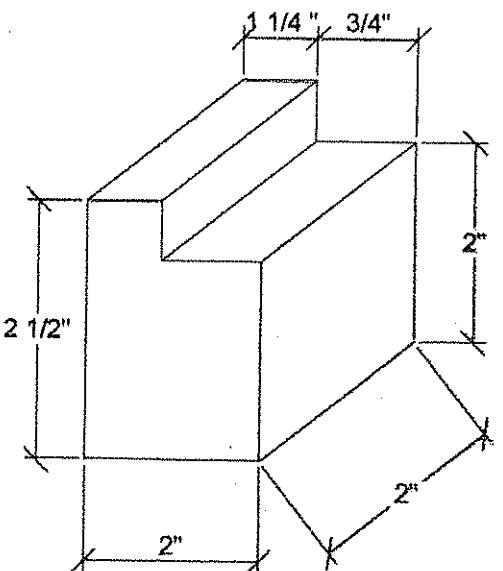


4 - CORTE:

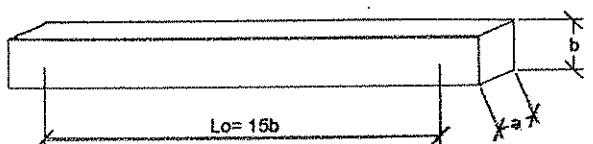
## 4.1) Metales



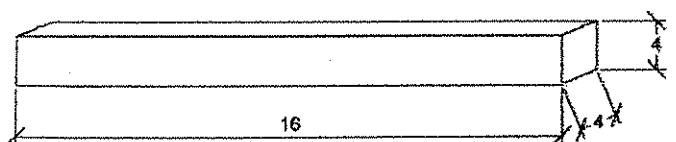
## 4.2) Maderas

5 - FLEXION:

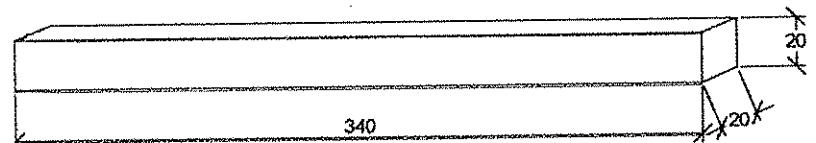
## 5.1) Metales



## 5.2) Morteros



## 5.3) Maderas



## UNIDAD III - ENSAYOS DE MATERIALES

### 1- Tensiones y Deformaciones de los Materiales:

**1.1- Deformaciones:** a los efectos del estudio del comportamiento de los cuerpos bajo la acción de las fuerzas que sobre ellos actúan, podemos suponerlos compuestos de moléculas, cuyas posiciones relativas dentro de los cuerpos en cuestión, se mantienen en virtud de la existencia de ciertas fuerzas interiores, que podemos llamar fuerzas moleculares, que se oponen a todo cambio de su posición, conservando de ese modo la forma de los sólidos. Cuando sobre un cuerpo se hace actuar una fuerza exterior, esta tendrá a modificar las posiciones relativas de las moléculas, a la cual se opondrán las fuerzas internas, que tratan de conservar las distancias intermoleculares existentes.

Las fuerzas interiores varían con la modificación de las distancias, o sea con la deformación del cuerpo y crecen a medida que la deformación aumenta, hasta que equilibran la fuerza exterior, con la cual la deformación deja de crecer; si la fuerza exterior excede ciertos valores, propios de cada material, las fuerzas interiores no podrán equilibrarlas, las distancias intermoleculares continúan creciendo y se harán demasiado grandes, en cuyo caso dejarán de actuar las fuerzas intermoleculares, desaparecerá la cohesión y el cuerpo se romperá.

**1.2- Resistencia del Material:** Las fuerzas exteriores que actúan sobre los cuerpos, provocan en los mismos ciertas deformaciones y hacen nacer en su interior fuerzas interiores que las equilibran, siempre y cuando tales fuerzas exteriores no sobrepasen determinados valores cuya magnitud queda definida por el tipo de material y la forma que se hace actuar la fuerza. Las construcciones se hacen para soportar las cargas que sobre ellos actúan, es de gran importancia determinar para los materiales a ser usados en estructuras resistentes, los valores máximos que pueden resistir sin romperse, o sea la *resistencia del material*. El valor que se asigna a la resistencia del material para dimensionar estructuras, es en general muy inferior al que produce la rotura, a fin de mantener las deformaciones debajo de ciertos límites.

**1.3- Elasticidad:** Toda fuerza que actúa sobre un cuerpo modifica sus distancias moleculares o sea que lo deforma. Esto es válido cualquiera sea la magnitud de la fuerza y aunque la deformación no sea aparente, cuando haya una fuerza actuando habrá una deformación, siendo la posibilidad de su apreciación una cuestión de presión del instrumento usado.

Ciertos cuerpos tienen la propiedad de recuperar la forma primitiva, una vez que ha desaparecido la fuerza que lo deformó; hemos llamado a esta propiedad, *elasticidad*. En realidad no existen cuerpos ni materiales que sean perfectamente elásticos, o sea que pierdan totalmente la deformación adquirida, al cesar de actuar la fuerza, pues aún aquellas producidas por fuerzas reducidas no desaparecen del todo, quedando una cierta parte que se denomina *deformación permanente*.

A las deformaciones que desaparecen al cesar de actuar la fuerza que las produjo las llamaremos *deformaciones elásticas*.

En general, la utilización de los materiales resistentes en las construcciones se realizan en condiciones tales que las cargas o fuerzas que sobre los mismos actúan no superen las condiciones establecidas para que actúen como elásticos, y lo que es más aun se conservan dentro de cierta medida por debajo de los límites establecidos, dejando un determinado margen de seguridad para circunstancias imprevistas.

### 2- Esfuerzo Específico – Tensión:

Si sobre una cierta área AF de un cuerpo (fig. 1.1) actúa una fuerza AP, podemos expresar que el esfuerzo promedio a que esta sometida el área AF, estará dado por:

$$p = \frac{AP}{AF}$$

Cuando la fuerza AP actúa, se la puede considerar haciéndolo con igual intensidad en toda el área AF y el esfuerzo promedio por unidad de superficie dado por la expresión anterior se denomina *Esfuerzo Específico-Tensión*.

**2.1- Unidades para Tensiones:** La fuerza AP puede tener una dirección o ángulo  $\alpha$  cualquiera con respecto al plano (fig. 1.1) que contiene el elemento superficial AF. Cuando la dirección de AP es normal al plano de AF (ángulo de  $90^\circ$ ) (fig. 1.2) las tensiones que se desarrollan se denominan *tensiones normales* y se las identifican con la letra T.

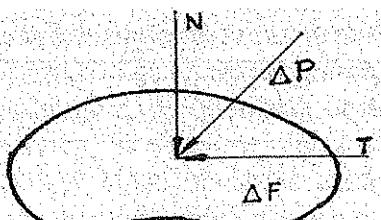
**2.2- Tensión Tangencial:** Si la fuerza AP actúa en el mismo plano que contiene a AF (fig. 1.3) las tensiones se llaman tensiones Tangenciales, caracterizadas por la letra  $\zeta$ .

**2.3- Fuerza Inclinada:** Si la fuerza actuante no es normal a AF ni coplanar con ella, siempre es posible descomponerla en otras dos, que realicen sobre el cuerpo una acción equivalente. Por lo tanto, si elegimos como direcciones de las fuerzas, que reemplazarán a la primitiva, dos que sean respectivamente paralelas (T) y normal (N) a AF, éstas nos darán a su vez una tensión normal T y una tensión tangencial  $\zeta$ . Podemos entonces establecer que la tensión P originada por AP en AF puede siempre ser descompuesta en una tensión normal y una tensión tangencial: cuando la dirección de AP coincide con N, la tensión  $\zeta$  valdrá cero y P será igual a T y cuando AP coincida con T, la tensión que se anulará será T y AP valdrá  $\zeta$ .

**2.4- Unidades para Tensiones:** La unidad en que se miden las tensiones resultan de las empleadas para medir las fuerzas y las áreas. Así pueden ser:

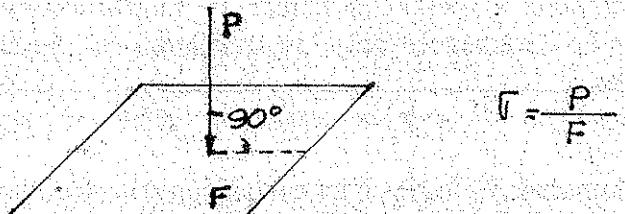
$$\frac{\text{kilogramo}}{\text{cent. cuadrado}} = \frac{\text{kg.}}{\text{cm}^2}; \quad \frac{\text{kilogramo}}{\text{milim. cuad.}} = \frac{\text{kg.}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\text{newton}}{\text{milim. cuadr.}} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \quad \text{MPa (Mega Pascal)}$$



ESFUERZO ESPECIFICO - TENSION

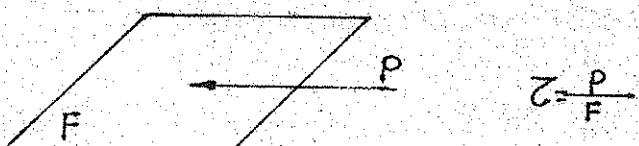
FIG. 1.1



$$\tau = \frac{P}{F}$$

TENSIONES NORMALES

FIG. 1.2



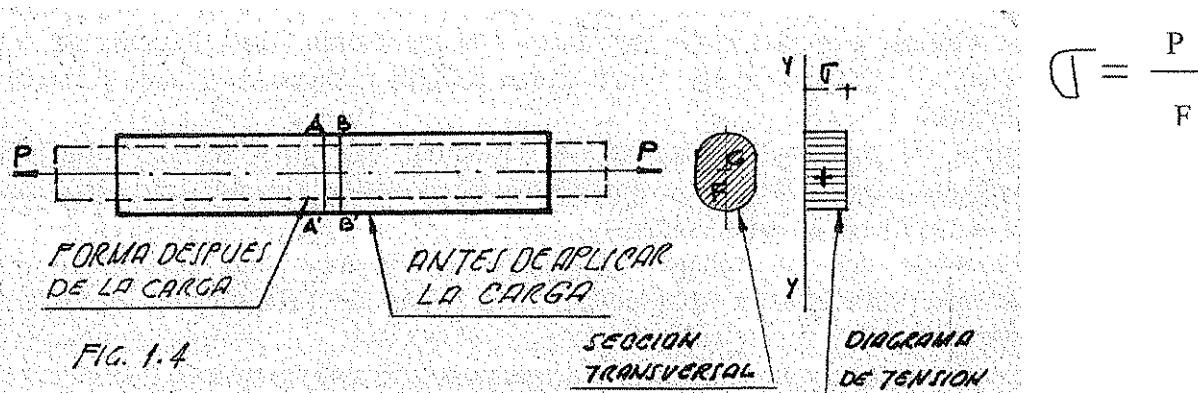
$$\zeta = \frac{P}{F}$$

TENSIONES TANGENCIALES

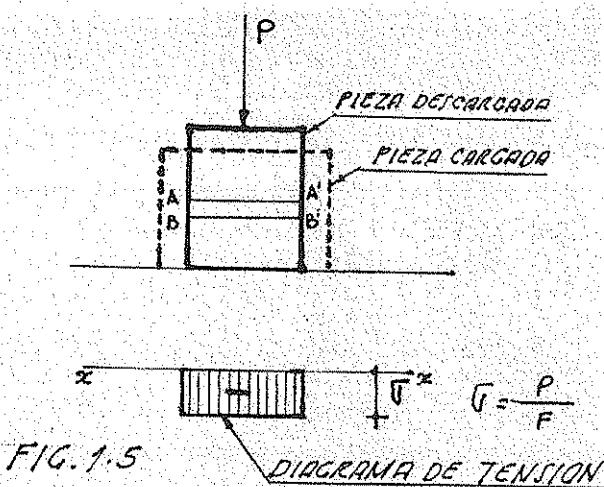
FIG. 1.3.

### 3- Casos de Resistencia Simple:

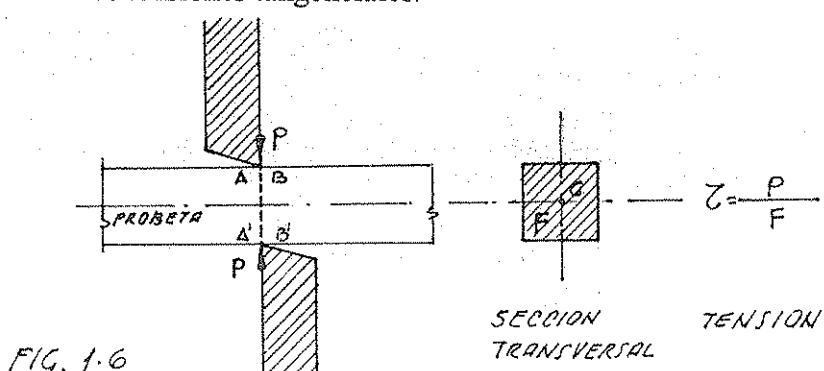
**3.1- Tracción:** Si consideramos una pieza de eje geométrico recto, que está sometida a las fuerzas  $P$ , aplicadas en los extremos, siendo sus direcciones opuestas y cuya dirección tiende a separar dos secciones ideales tales como  $AA'$  y  $BB'$  se produce un trabajo de tracción (fig. 1.4), las fuerzas son normales a las secciones y se reparten uniformemente sobre el área  $F$ , originando las tensiones normales. La resistencia del elemento depende solamente del material con que esta construido y de la magnitud de la sección transversal, pero no de la forma de la misma.



**3.2- Compresión:** Si por el contrario, la fuerza tiende a aproximar las secciones que se consideran (fig. 1.5), el trabajo es de compresión. También aquí las tensiones son normales.



**3.3- Corte:** En otro caso la fuerza, en lugar de acercar o separar las secciones ideales tales como la  $AA'$  y  $BB'$  (fig. 1.6) tiende a hacerlas resbalar, una con respecto a la otra, el caso se denomina de trabajo de corte; como la fuerza actúa en el mismo plano de la sección, tendremos tensiones tangenciales.

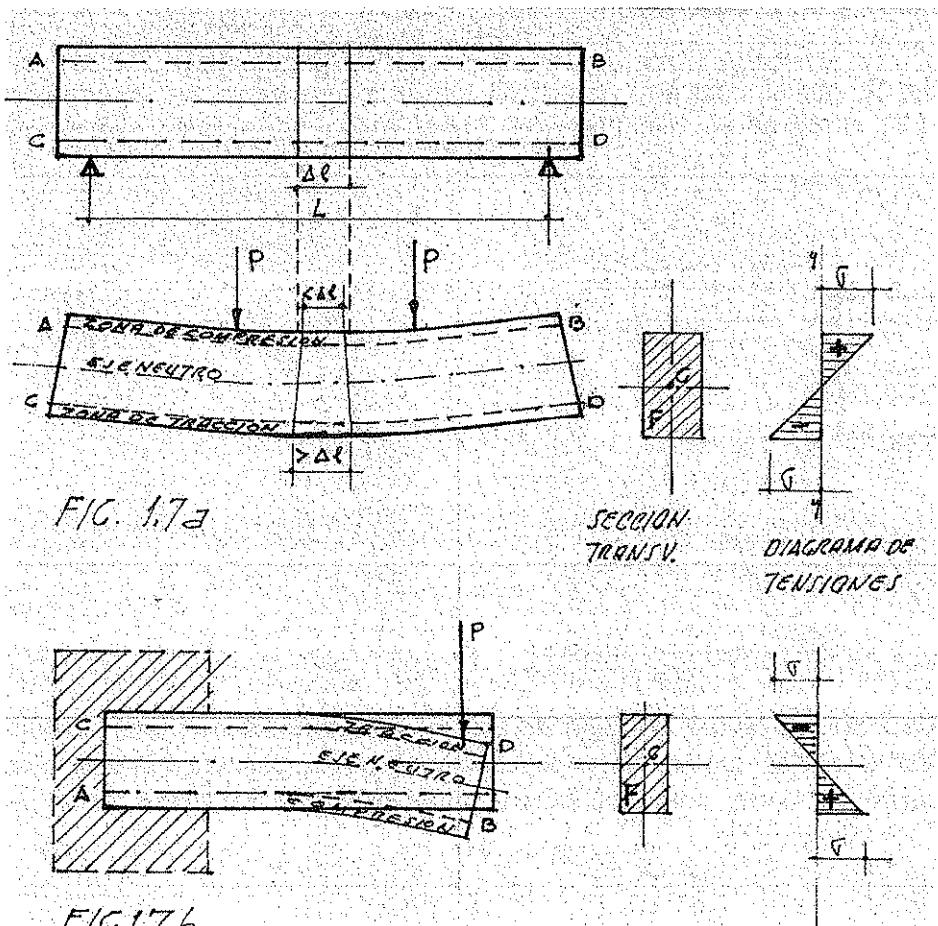


**3.4- Flexión.** Supongamos ahora una pieza de eje recto (fig. 1.7) a y b, estando descargada. Al actuar las cargas la pieza se curva, originando un trabajo de flexión.

Al curvarse la pieza las fibras ideales situadas del lado de la concavidad, que presenta esta nueva forma, se acortan, lo cual indica que están siendo comprimidas (fibra A-B), las del lado opuesto, o sea las de la parte convexa, se alargan, señalando que están soportando tracciones (fibra C-D). Las fibra que sufren las máximas tracciones son las extremas que corresponden a la cara convexa y cóncava respectivamente. A medida que las fibras van correspondiendo a capas más alejadas de las caras cóncavas o convexas las tensiones van disminuyendo de valor hasta anularse. Las fibras cuya tensión es nula se denominan **Fibras Neutras**, y el plano en que están situadas, **Plano Neutral**. El valor de las tensiones que sufren las fibras situadas entre las caras exteriores y el eje neutro, varia linealmente, en forma proporcional a su distancia al eje, siendo nulas, cuando su distancia es nula y máximas para las más alejadas.

El diagrama de tensiones asume en consecuencia, la forma de dos triángulos, uno correspondiente a los esfuerzos de tracción (lado cóncavo) y el otro correspondiente a los esfuerzos de compresión (lado convexo).

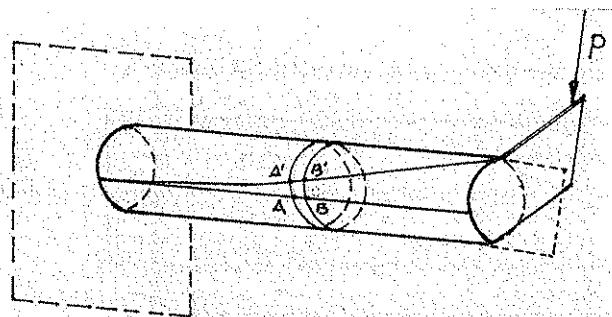
Simultáneamente con el trabajo de Flexión se produce otro tipo denominado de **resbalamiento**, cuyo estudio corresponde a los cursos de Estabilidad y que nosotros no consideraremos.



**3.5- Torsión:** En el caso de la fig. 1.8, la fuerza P hará deformar la pieza haciendo que los puntos tales como los A y B pasan a ocupar posiciones tales como A' y B'. Para ello es necesario que las secciones transversales paralelas que contienen los puntos A y B, se desplacen una con respecto a la otra conservando el paralelismo.

El trabajo que se efectúa en este caso se denomina de **torsión**.

Las secciones ideales próximas paralelas tienden a desplazarse una con respecto a la otra sin cambiar de distancia, lo cual implica que la fuerza deformante debe actuar en el mismo plano de las secciones consideradas o sea que las tensiones producidas serán tangenciales. En la tensión existen, en el cuerpo indicado, trabajos de flexión y resbalamiento que no se consideran.



FIC. 8

Los cinco casos de trabajos detallados, a saber: tracción, compresión, corte, flexión y torsión, constituyen los casos de *resistencia simple*. Dentro de un mismo cuerpo o estructura pueden ocurrir simultáneamente dos o más de ellos con lo cual se estará en presencia de casos de resistencia compuesta, como los ya indicados que sucedían en los ejemplares de las figuras 1.7 y 1.8.

En el estudio de los diversos materiales de construcción nos referiremos en todos los casos posibles a normas argentinas que prepara el IRAM.

## ENSAYO DE TRACCIÓN ESTÁTICA EN LOS METALES

Un cuerpo se encuentra sometido a un esfuerzo de tracción simple cuando sobre sus secciones transversales se le aplican cargas normales uniformemente repartidas y de modo de tender a producir un alargamiento. (Fig. 1)

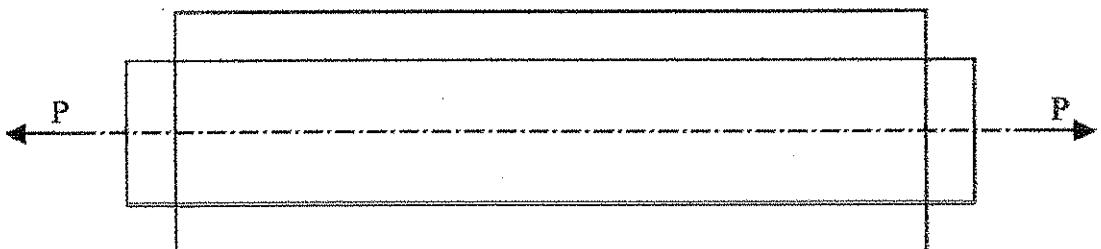


Fig. N° 01

**CARGA ESTÁTICA:** Las cargas estáticas, como su nombre lo indica, son aquellas que actúan sobre un cuerpo en forma estable y constante o bien desde el punto de vista de los ensayos corrientes, las que se aplican en forma lenta y progresiva.

Para determinar la carga en un ensayo a tracción de un acero se emplean maquinas de ensayos universales, de distintos tamaños de acuerdo al valor de carga máxima que puede transmitir y que permiten realizar ensayos de tracción, compresión, flexión, corte y dureza.

Estas maquinas de ensayos tienen como parte principal una prensa hidráulica formada por un cilindro y un embolo, el que arrastra en su movimiento a dos columnas que son solidarias con una masa móvil y que tiene como guías a otras dos columnas.

Para la tracción se utiliza la mesa móvil y la fija que esta en el basamento de la maquina, contando ambas con las mordazas para sujetar la probeta.

Para compresión se emplea la mesa móvil, ya mencionada y la fija superior, en las que se colocan los platos o los accesorios para ensayos a flexión.

La maquina de ensayos cuenta con accesorias para la realización de cada trabajo como por ejemplo banco para ensayos a flexión, mordazas para probetas sin cabeza, mordazas para probetas normalizadas, dispositivos con asiento esférico que evita y posible fexionamiento en el material durante el ensayo, penetradores para dureza Brinnell, dispositivo para ensayos a corte y plegado, todos normalizados.

El registro de carga puede realizarse por medio mecánicos que registran la carga por medio de una aguja y por sistema electrónico con registrador digital.

La elección de las escalas de ensayo para los distintos trabajos se realiza moviendo el contrapeso, o por medio de un dial cuando el sistema de escala es electrónico.

La velocidad de carga se da generalmente en la llave de carga.

Las maquinas de ensayos deben ser sometidas en forma periódica a la comprobación de su funcionamiento, el que se realiza utilizando dinamómetros de mercurio, aros de calibración o el método de las pesas.

### MODO Y TIEMPO DE APLICACIÓN:

La carga debe aplicarse de tal manera que el esfuerzo resulte uniformemente distribuido sobre la sección transversal del material, condición esta que se cumple por el asiento esférico del sistema de sujeción de la maquina.

Tratándose de ensayos estáticos el incremento de carga se efectúa en forma muy lenta, para evitar los efectos de las fuerzas de inercia velocidad que de fija según las normas y materiales, adoptándose generalmente una velocidad de  $0,1 \text{ Kg} / \text{mm}^2$  y por segundo aproximadamente hasta alcanzar el límite de fluencia, a partir del cual puede llevarse como máximo a  $50 \text{ Kg} / \text{mm}^2$  por minuto.

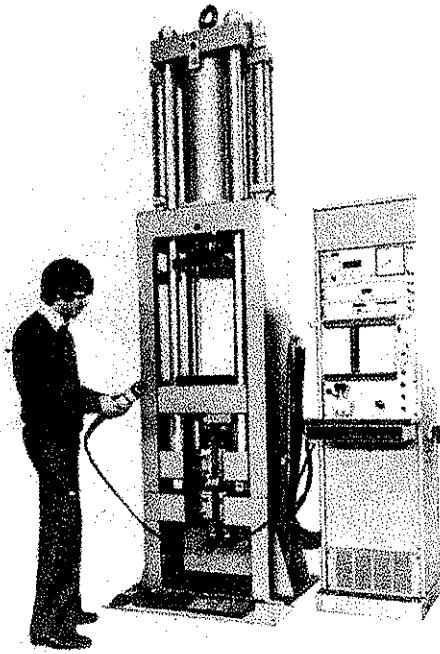


Fig. N° 02

GRAFICOS:

El caso más típico y en base al cual se analizan otros diagramas nos lo presenta el grafico de un acero dulce indicado en la figura N° 03, en donde el eje de las ordenadas corresponde a la carga y el de las abscisas a las deformaciones longitudinales.

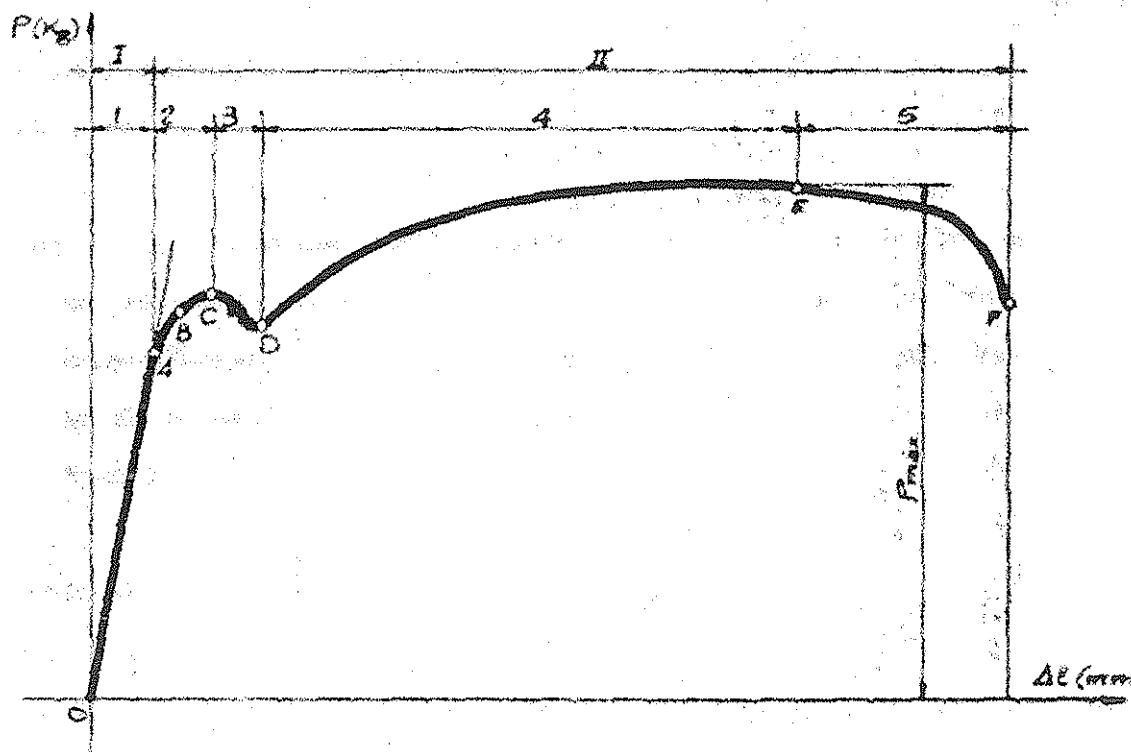


Fig. N° 03

A = Límite de proporcionalidad elástico

B = Límite de elasticidad práctico

C = Límite inicial de fluencia

D = Límite final de fluencia

E = Carga máxima

F = Rotura de la probeta

I) Periodo elástico

1 - zona elástica

II) Periodo plástico

2 - zona de alargamientos permanentes admitidos o convencionales

3 - zona de fluencia

4 - zona de alargamiento homogéneo en toda la probeta

5 - zona de estricción

En la grafica el comienzo desde el punto O hasta el A, esta representado por una recta, que nos pone de manifiesto la proporcionalidad entre alargamientos y cargas. Además dentro de este periodo los aceros presentan la particularidad de que la barra retoma su longitud inicial al cesar la aplicación de la carga por lo que en este caso recibe el nombre de periodo de proporcionalidad o teóricamente elástico.

El tramo curvo AB se confunde con la recta inicial y el punto B se obtiene la máxima tensión hasta la cual el alargamiento permanente es tan pequeño que puede confundirse prácticamente con el elástico.

Como el límite de elasticidad práctico B es de difícil determinación, se puede adaptar como tal, al inicial de fluencia, que será entonces el límite elástico aparente.

Pasando B, las deformaciones crecen más rápidamente hasta llegar al punto C, que es característico de los aceros dulces, a partir del cual aquellos se incrementan sin aumento de carga, la que experimenta oscilaciones o pequeños avances y retrocesos, hasta alcanzar el punto D. A este periodo se lo llama de fluencia, pues el material fluye o cede sin que aumente la tensión, siendo C y D los puntos inicial y final de fluencia respectivamente.

Más allá del punto final de fluencia D, las cargas vuelven a incrementarse y los alargamientos se hacen más notables o sea que entra en el periodo de grandes deformaciones las que son uniformes en toda la probeta hasta llegar al punto E, que nos indica la carga máxima y a partir de la cual la deformación se localiza en una determinada longitud del material provocando un estrechamiento de la sección que lo lleva a la rotura. Al periodo EF se lo denomina de estricción.

#### DEFORMACIONES ELÁSTICAS Y PLÁSTICAS

Del diagrama de los metales, es posible no sólo determinar el valor de las cargas y deformaciones al límite elástico, aceptando el criterio de su coincidencia con el de proporcionalidad, sino que también las deformaciones permanentes para cualquier punto del mismo.

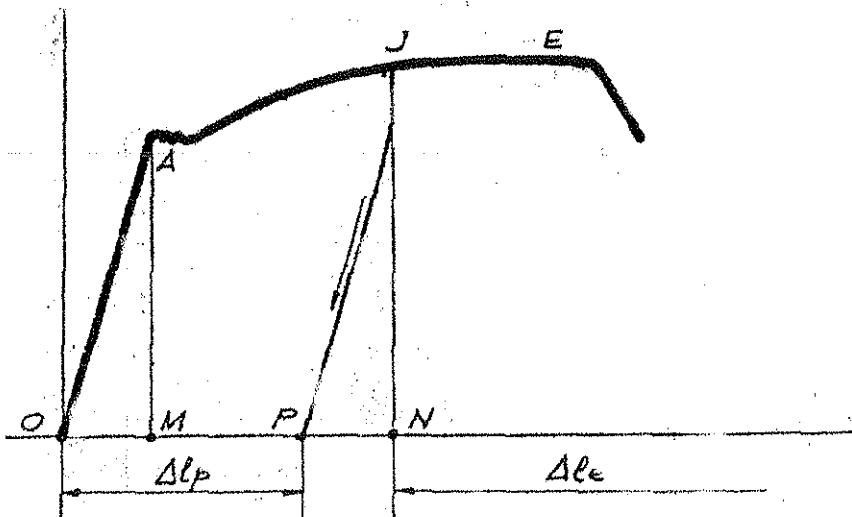


Fig. N° 04

Así por ejemplo, en el gráfico de un acero dulce de la figura 4, el alargamiento al límite elástico está dado por el segmento OM, medido en la escala correspondiente al eje de los mismos y la deformación total de un punto como el S, comprendido entre A y E, esta representado por ON. En la deformación total, debemos tener en cuenta que la misma incluye la elasticidad del material, dado que conserva su propiedad de recuperación aún en el período plástico, lo que se pone de manifiesto si se suprime totalmente la carga al llegar al punto J, pues el diagrama se cierra por la línea JP, que es aproximadamente paralela a la correspondiente al período elástico (PN=ON).

$$\text{DEFORMACIÓN TOTAL} = \text{Deformación permanente} + \text{Deformación elástica.}$$

$$\text{Alt} = \text{Alp} + \text{Ale}$$

Es conveniente aclarar, que en los diagramas obtenidos directamente de la máquina de ensayos sin auxilio de extensómetros, la deformación elástica determinada en forma similar al caso indicado en la fig. 4 no es real, aunque se utilice escala natural, dado que en el valor está incluida la deformación y resbalamiento de moradazas.

### TENSIONES NORMALES:

La tensión normal es:

$$\text{TENSIÓN NORMAL} = \frac{\text{Esfuerzo normal}}{\text{Sección}} = \frac{T}{S}$$

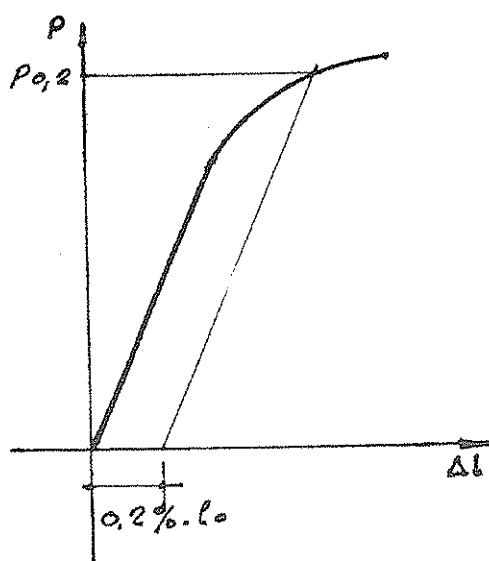
**Esfuerzo Normal.** Si suponemos que las cargas aplicadas son perpendiculares a la sección transversal y se reparten uniformemente (igual intensidad en todos los puntos), y el esfuerzo total sobre la sección es igual a la resultante de las fuerzas interiores que actúan sobre la misma, el esfuerzo total será normal.

**Sección:** La sección es la sección inicial de la probeta.

**Esfuerzos Normales.** Del gráfico de ensayos a tracción, se pueden determinar los valores de la carga máxima y de fluencia que corresponden respectivamente al esfuerzo de rotura y de fluencia de la probeta ensayada.

### ESFUERZO LÍMITE CONVENCIONAL 0,2:

Como el período de fluencia en los aceros va desapareciendo a medida que aumenta la resistencia de los mismos o no se registra en aquellos endurecidos por deformación o tratamiento térmico (temple), se considera como límite de fluencia al **Límite de Extensión o Límite 0,2**, denominado también **Límite Convencional de Elasticidad**, que no es más que la **carga** para la cual el alargamiento es el 0,2% de la distancia inicial entre puntos fijos y su valor numérico se obtiene tomando a partir del origen de coordenadas el 0,2% de **l<sub>0</sub>** y levantando desde el mismo una paralela al período proporcional hasta cortar la curva. A este valor se lo denomina esfuerzo **P 0,2**.



Además del método gráfico descripto para hallar el P<sub>0,2</sub> la NORMA IRAM 755 establece otros dos métodos: el de la Descargas Repetidas y el de la Descarga Unica

**DESCARGAS REPETIDAS:** dispuesta la probeta ; se carga a razón de 1Kg/mm cuadrado como máximo por segundo, hasta aproximadamente el 90% de la carga estimulada para el límite convencional de fluencia, manteniendo dicha carga hasta que el extensómetro no acuse más deformación en 10 segundos , como mínimo. Luego se descarga hasta llegar a la carga nula y se lee la deformación. El método se repite en etapas, aumentando la carga, hasta que la deformación permanentemente alcance el 0,2% de la longitud de la prueba. La carga que origina esta deformación será la carga convencional P<sub>0,2</sub>.

**DESCARGA UNICA:** dispuestas de la probeta se carga a razón de 1Kg/mm cuadrado como máximo por segundo, hasta que el extensómetro acuse la deformación previamente calculada, manteniendo la carga por lo menos 10 segundos. Luego se descarga y se verifica la deformación.

La carga que origina la deformación permanente del 0,2%, de la longitud de ensayo, divida por la sección de la probeta, determina el límite Convencional de Fluenci.

#### Determinaciones a Efectuar en un Ensayo de Tracción:

De los gráficos de ensayo se determinan los valores del esfuerzo máximo(Pr) de fluencia (P<sub>f</sub>)y el que corresponde al límite convencional 0,2 ( P<sub>0,2</sub>) que permiten calcular la **resistencia estática, la tensión de fluencia, la tensión al límite convencional 0,2** respectivamente

Resistencia Estatica a la Tracción ( tensión de Rotura).

$$1.1 \frac{Tr}{So} = \frac{Pr}{S_o}$$

en:  $\frac{kg}{cm^2}$  ;  $\frac{kg}{mm^2}$  ;  $\frac{N}{mm^2}$  y MPa

### 1.2.2) TENSIÓN DE FLUENCIA:

$$\sigma_{ef} = \frac{P_f}{S_0} \quad \frac{Kg.}{cm^2}, \quad MPa, \quad \frac{N}{mm^2}, \quad \frac{Kg.}{mm^2}$$

### 1.1.3) TENSIÓN AL LIMITE CONVENCIONAL 0.2:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{S_0} \quad \frac{Kg.}{cm^2}, \quad MPa, \quad \frac{N}{mm^2}, \quad \frac{Kg.}{mm^2}$$

### 1.1.4) TENSIÓN MEDIA:

Es la tensión que se obtiene sumando las tensiones obtenidas en un determinado número de ensayos, dividido el numero de ensayos ( n ).

$$\bar{\sigma}_{em} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \dots + \sigma_n}{n} \quad \frac{Kg.}{cm^2}, \quad MPa, \quad \frac{N}{mm^2}, \quad \frac{Kg.}{mm^2}$$

### 1.1.5) TENSIÓN DE TRABAJO O ADMISIBLE:

La tensión de trabajo se determina dividiendo la tensión en la fluencia o rotura por un número llamado *COEFICIENTE DE SEGURIDAD*. La elección del coeficiente de seguridad se basa en el buen juicio y experiencia del proyectista. En los reglamentos de la construcción se especifican coeficientes de seguridad.

$$\sigma_{eadm} = \frac{\sigma_{ef}}{\eta} \quad O \quad \frac{\sigma_{e max}}{\eta} \quad O \quad \frac{\sigma_{0,2}}{\eta} \quad \frac{Kg.}{cm^2}, \quad MPa, \quad \frac{N}{mm^2}, \quad \frac{Kg.}{mm^2}$$

\*  $\eta$  ( eta )= coeficiente de seguridad.

### 1.1.6) TENSIÓN CARACTERÍSTICA:

Es el valor correspondiente a la probabilidad de que el 95% de los resultados obtenidos en los ensayos para determinar el límite de fluencia, real o convencional, por tracción, supera el  $\sigma_{ek}$ .

Su determinación, para el caso que el número da ensayos menor uno sea mayor de 30. Se realiza mediante la expresión:

$$\sigma_{ek} = \sigma_{em} (1 - k\delta)$$

\*  $\sigma_{em}$  = media aritmética de los límites de fluencia determinadas mediante los ensayos realizados y  $\delta$  es el coeficiente de variación de los límites de fluencias determinadas.

- $k$  = coeficiente que corresponde al número de ensayos menos uno. Si el número de ensayos menos uno es igual a 30,  $k = 1,65$ .
- Para número de ensayos menos uno igual a 30 y  $\delta = 0.10$

$$\bar{\sigma}_{ek} = \sigma_{em} (1 - 1,65\delta) \leq 0,835\sigma_{em}$$

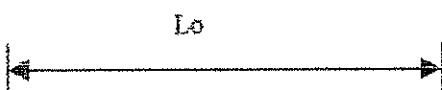
## 2) DEFORMACIONES:

El efecto de la aplicación de una carga creciente sobre un cuerpo es el de tender a producir una deformación y rotura, fenómeno que nos permite determinar su capacidad de deformabilidad y resistencia, propiedades generalmente básicas para la selección del material.

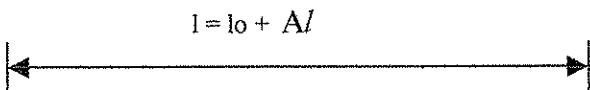
### 2.1) DEFORMACIONES LONGITUDINALES:

Si a una barra recta de sección transversal constante le aplicamos una carga de tracción o compresión, experimenta a medida que esta aumenta, un alargamiento o acortamiento ( $\Delta l$ ), cuya magnitud depende de la naturaleza y dimensiones del material.

Para considerar el número representativo de la deformación, sin necesidad de tener presente a qué distancia inicial corresponde, el mismo se indica por unidad de longitud, obteniéndose la **DEFORMACIÓN UNITARIA O ESPECIFICA ( $\varepsilon$ )**, dado por la expresión:



\*  $l_0$  = longitud inicial



\*  $l$  = longitud final

#### 2.1.1) Deformación longitudinal unitaria específica.

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

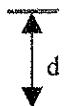
#### 2.1.2) Alargamiento unitario ( $\varepsilon_u$ ).

$$\varepsilon_u = \varepsilon \times 100$$

## 2.2) DEFORMACIÓN TRANSVERSAL:



\*  $d_0$  = diámetro inicial



\*  $d$  = diámetro final

#### 2.2.1) Deformación transversal unitaria específica ( $\varepsilon_q$ )

$$\varepsilon_q = \frac{d_0 - d}{d_0} = \frac{\Delta d}{d_0}$$

#### 2.2.2) Contracción diametral

$$\varepsilon_{qd} = \varepsilon_q \times 100$$

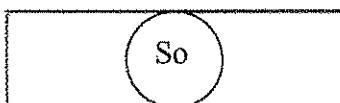
### 2.2.3) Relación entre deformación longitudinal y transversal.

$$\mu = \frac{\epsilon_0}{\epsilon}$$

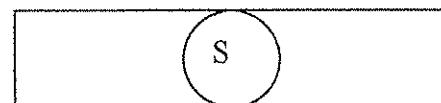
\*  $\mu$  (mu) = coeficiente de Poisson

2.2.4) Estricción, una vez producida la carga máxima se produce el estrangulamiento en una zona determinada de la probeta. Esta restricción hace que se llegue a la rotura cuando la carga es inferior a la máxima aplicada, diferencia que se acrecienta con la tenacidad del material.

La restricción será, entonces, la disminución relativa porcentual de la sección transversal a la rotura ( $\Psi$ )



$S_o$  = sección inicial



$S$  = sección final

$\Psi$  = restricción

$$\Psi (\%) = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100$$

## 3) RELACION TENSION DEFORMACIÓN

### 3.1) MODELO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL (E):

El módulo de elasticidad representa un índice de rigidez o capacidad de deformación del material, se determina en base a la ley de proporcionalidad, con la relación entre la tensión unitaria y la deformación unitaria, luego :

$$E = \frac{\text{Tensión unitaria}}{\text{Deformación unitaria}}$$

$$E = \frac{\frac{P}{S_o}}{\frac{L - L_o}{L_o}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Como la deformación unitaria  $\epsilon$  es un número abstracto es evidente que E tiene las mismas unidades que la tensión unitaria.

### 3.2) MODULO DE ELASTICIDAD TRANSVERSAL (G):

La determinación del módulo de elasticidad transversal se efectúa por valores comprendidos dentro del periodo elástico del material, con la fórmula:

$$G = \frac{(M_t \times L)}{(\varphi' \times I_p)}$$

- \*  $M_t$  = Momento tordente
- \*  $L$  = Longitud de la probeta
- \*  $\varphi^r$  = Ángulo tordente en grados
- \*  $I_p$  = Momento de inercia polar

Para el valor de  $G$  se adoptará, como en el caso del módulo de elasticidad longitudinal, el promedio de varios valores tomados dentro del periodo elástico del material. Así vez el módulo de elasticidad transversal es posible relacionarlo con el longitudinal mediante la siguiente expresión:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

- \*  $E$  = Módulo elasticidad longitudinal
- \*  $\mu$  = Coeficiente de Poisson

Para  $\mu = 0,3$  resulta  $G = 0,385 \times E$

#### 4) COMPRESIÓN

La compresión es el fenómeno opuesto a la tracción, mientras en ésta las deformaciones son alargamientos, en aquella son acortamientos y las tensiones tienen un sentido contrarias.

En el estudio de la compresión se deben considerar dos casos:

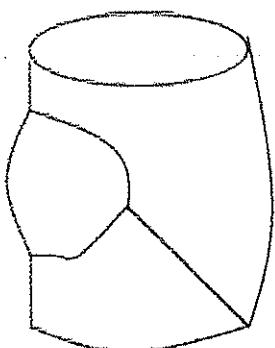
- 1 ) piezas cortas en las cuales la longitud no es muy grande respecto a las dimensiones de la sección transversal
- 2 ) piezas largas cuya longitud es considerablemente superior.

En las piezas cortas la compresión provoca simplemente acortamiento. En las largas, el esfuerzo, al comprimir la pieza produce un fenómeno de flexión lateral, llamado **PANDEO**.

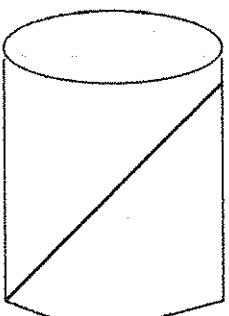
##### 4.1) PROBETAS:

Las normas indican el empleo de probetas cilíndricas de 20 o 30 mm de diámetro a igual altura, para ensayos comunes de metales y doble o triple altura para ensayos más rigurosos.

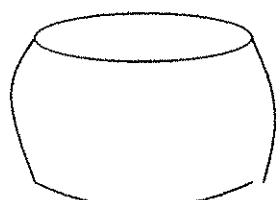
##### 4.2) FORMA DE ROTURA DE PROBETAS METALICAS:



FUNDACIÓN



LATON



ACERO DULCE

#### 4.3) ESFUERZO DE COMPRESIÓN:

Determinaciones en ensayos de compresión de materiales:

##### a) Cargas.

- a.1)  $P_{máx}$  = cargas máxima de compresión
- a.2)  $P_p$  = carga en el límite de proporcionalidad
- a.3)  $P_f$  = carga en el límite de aplastamiento ( Fluencia en Tracción )

##### b) Tensiones

- b.1) Resistencia estática a la compresión

$$\sigma_{EC} = \frac{P_{máx}}{S_0} \quad * S_0 = \text{Sección inicial}$$

- b.2) Tensión límite de proporcionalidad

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S_0}$$

- b.3) Tensión límite de aplastamiento

$$\sigma_f = \frac{P_f}{S_0}$$

##### c) Deformaciones de acortamiento

$L_0$  = Longitud inicial

$L$  = Longitud final

- c.1)  $\delta$  = acortamiento a la rotura

$$\delta (\%) = \frac{(L_0 - L)}{L_0} \times 100$$

- c.2) Recalcadura o ensanchamiento transversal

$S_0$  = Sección inicial

$S$  = Sección final

$\psi$  = Recalcaduras

$$\psi (\%) = \frac{(S - S_0)}{S_0} \times 100$$

#### 5) FLEXION

El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplica sobre un cuerpo pares de fuerzas perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoques un giro de las secciones transversales con respecto a las inmediatas.

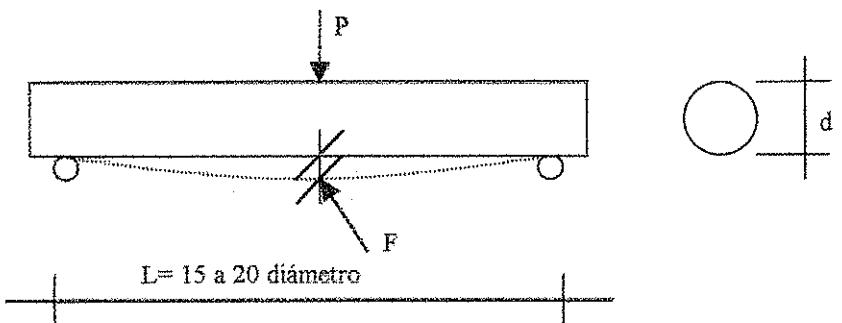
Por comodidad para realizar el ensayo de los distintos materiales bajo la acción de este esfuerzos, se emplea a las mismas comportándose como vigas simplemente apoyadas, una carga concentrada en el punto medio, que se denomina FLEXION PRACTICA U ORDINARIA.

##### 5.1) PROBETAS

Dimensiones : varian de acuerdo si son probetas en bruto o mecanizadas. La luz entre apoyos para probetas en bruto es de aproximadamente 15 diámetro y para probetas mecanizadas 20 diámetro.

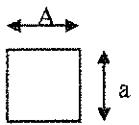
### 5.2) ESFUERZO DE FLEXION

#### 5.2.1) ESKEMA DE CARGA:

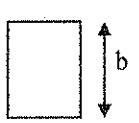


#### 5.2.2) MODULO RESISTENTE:

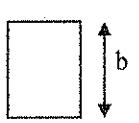
$$\text{- Circulo : } W_{xx} = \frac{\pi \times d^3}{32}$$



$$\text{- Cuadrado : } W_{xx} = \frac{a^3}{6}$$



$$\text{- Rectángulo : } W_{xx} = \frac{a \times b^2}{6}$$



#### 5.2.3) MOMENTO FLECTOR MÁXIMO (Mf máx.)

$$M_f \text{ max} = \frac{P \times l}{4}$$

#### 5.2.4) TENSIÓN DE FLEXION (σ)

$$\sigma_{FLEXION} = \frac{M_{max} (\text{Kg cm})}{W_{xx} (\text{cm}^3)} = \frac{\frac{P \times l}{4}}{W_{xx}} = \frac{P \times l}{4 \times W_{xx}} (\text{Kg/cm}^2)$$

#### 5.2.5) MODULO DE ELASTICIDAD (E)

$$E = \frac{1}{48} \times \frac{P \times l^3}{J \times f} (\text{Kg/cm}^2)$$

- $l$  = luz entre apoyo
- $P$  = carga total
- $f$  = flecha deformación punto medio de la probeta.
- $J$  = momento de inercia de la sección

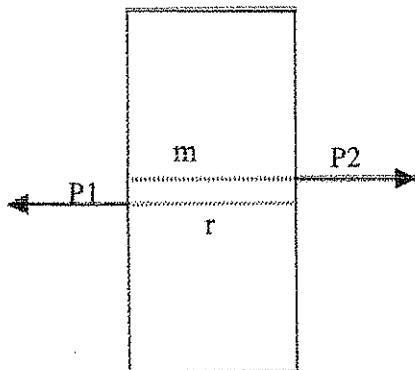
$$\text{- Circulo : } J_{xx} = \frac{\pi \times d^4}{64}$$

$$\text{- Cuadrado : } J_{xx} = \frac{a^4}{12}$$

$$\text{- Rectángulo : } J_{xx} = \frac{a \times b^3}{12}$$

## 6) CORTE:

En un sólido prismático tenemos dos secciones infinitamente próximas  $m$  y  $r$  y aplicamos en los centros de gravedad de cada una las fuerzas  $P_1$  y  $P_2$  de sentido contrario y contenidas en sus planos. Por la acción de estas fuerzas tangenciales las secciones  $m$  y  $r$  deslizaran una con respecto a la otra tendiendo a tonelar las fibras comprendidas entre ambas.



El sólido, sometido a un esfuerzo de cortadura, trabaja a corte simple puesto que no pudiendo desarrollarse más que tensiones tangenciales, su estado de tensión es lineal.

### 6.1) Esfuerzos de corte :

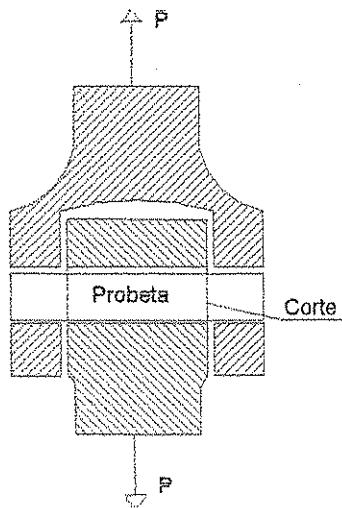
$\tau_c$  = Tensión de corte

$$\tau_c = \frac{P_{\max}}{2 \times S_o}$$

$P_{\max}$  = Carga de corte

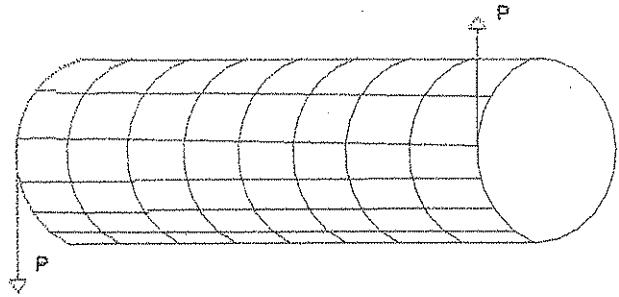
$S_o$  = Sección inicial

$2 S_o$  = Corte doble



## 7) TORSIÓN:

El esfuerzo de torsión simple es el que se obtiene al hacer actuar en forma normal al eje longitudinal de la pieza, pares o fuerzas de igual magnitud y sentido contrario que producen el giro de las secciones en sus planos.

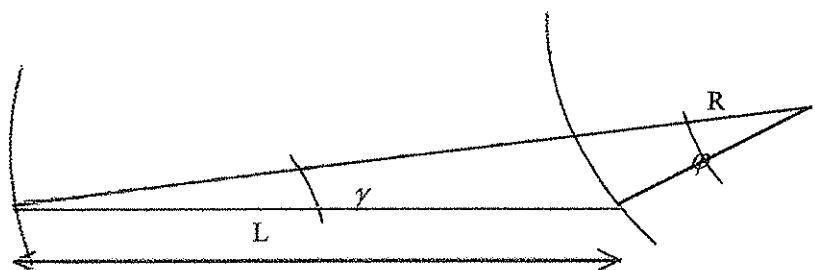


### 7.1) Maquina de ensayos:

Maquinas especiales para este ensayo previstas de medidoras de ángulo de tensión, que reciben el nombre de goniómetros o elinómetros.

**PROBETAS:** las probetas para los ensayos de torsión deberán ser cilíndricas, pudiendo construirse con extremos ensanchados para facilitar el amarre en las mordazas de la maquina de ensayo.

### 7.2) Esfuerzo de Torsión:



#### 7.2.1) Tensión de torsión :

$$\tau_R = \frac{M_t}{W_p}$$

- Mt= Momento de Torsión

- Wp = Modulo Resistente Polar

$$Wp = \frac{\pi \times D^3}{16}$$

#### 7.2.2) Modulo de Elasticidad Transversal :

$$G = \frac{Mt \times R}{\gamma \times J_p}$$

- R = Radio

-  $\gamma$  = Angulo de Torsión

-  $J_p$  = Momento de Inercia Polar  $\longrightarrow J_p = \frac{\pi \times D^4}{32}$

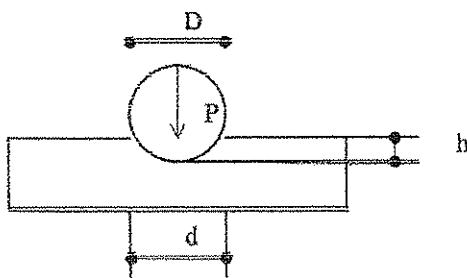
### 8) DUREZA:

La dureza puede definirse, de acuerdo a los métodos para su obtención, como la mayor o menor resistencia que un cuerpo opone a ser rayado o penetrado por otro, o bien será la mayor o menor dureza de un cuerpo respecto de otro tomado como elemento de comparación.

La determinación de dureza de un material, no dará una idea muy aproximada de la resistencia a tracción, desgaste y también del posible mecanizado del mismo.

#### 8.1) Dureza Brinell:

La dureza BRINELL consiste en comprimir sobre la superficie del material a ensayar una bolilla de acero muy duro durante cierto tiempo ( $t$ ), produciendo una impresión, que por resultar el cálculo de la porción de esfera que penetra, corresponderá a un casquete esférico.



-  $H_B$  = Dureza Brinell

$$H_B = \frac{P}{S}$$

$$S = (\pi \times D \times h) \longrightarrow \text{Superficie Casquete Esférico}$$

P = Carga Aplicada

$$H_B = \frac{P}{(\pi \times D \times h)}$$

Para indicar las características del ensayo se colocará como subíndice de la letra  $H_B$ , símbolo de dureza BRINELL, el diámetro de la bolilla empleada, la carga aplicada y el tiempo de aplicación. Ejemplo:

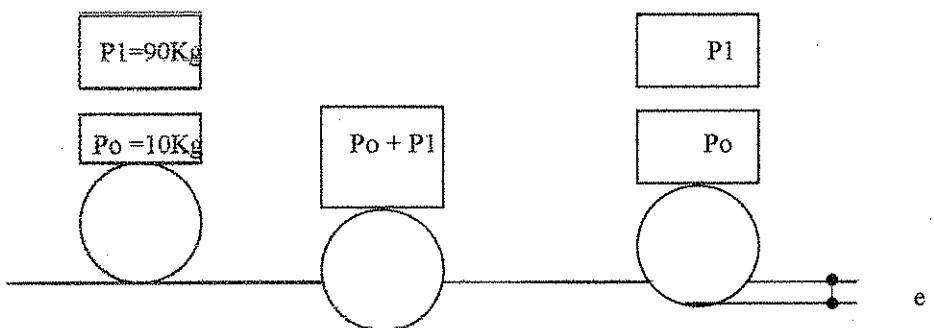
$$H_B \ 10 / 300 / 30 \quad \left\{ \begin{array}{l} H_B = \text{Dureza Brinell} \\ 10 = \text{Diámetro de la bolilla} \\ 3000 = \text{Carga aplicada} \\ 30 \text{segundo} = \text{Tiempo de aplicación de la carga} \end{array} \right.$$

La norma establece distintos diámetros de bolillas a utilizar y con diversas cargas y tiempos de aplicación de carga, por lo tanto antes de iniciar un ensayo es necesario consultar las normas.

#### 8.3) Dureza Rockwell:

Este método consiste en determinar la dureza en función de la profundidad de penetración, la aplicación de carga no es continua debido a que actúan dos cargas diferentes: una inicial  $P_0$  que es constante y otra adicional cuyo valor variara con el penetrador utilizado.

La dureza ROCKWELL se lee directamente sobre el dial indicador de la maquina de ensayos.



- $e$  = Diferencia entre 1<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> posición.

$$H_r = E - e$$

-  $H_r$  = Dureza Rockwell

-  $E$  = Escala total del dial indicador

-  $e$  = penetración

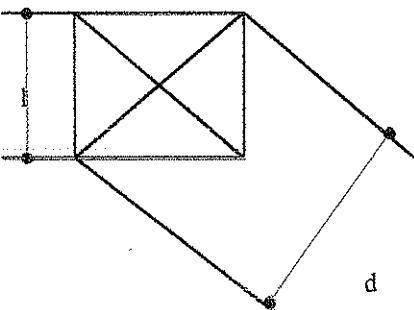
Para la determinación de la dureza Rockwell se emplean dos escalas la roja y la negra, tres penetradores dos a bolillas de 1/8 y 1/16 respectivamente y uno cono de diamante, además de emplean cargas adicionales diversas, lo que brinde nueve escalas de ensayos.

Antes de iniciar el ensayo consultar la normas.

### 8.3) Dureza Vickers :

Es semejante a la BRINELL, pues se calcula dividiendo la carga aplicada por la superficie de la huella producida, la diferencia esta en la carga que es pequeña y el penetrador que es una punta de diamante en forma de pirámide.

$$H_v = \frac{P}{\text{Sup. Im presión}} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$



-  $H_v$  = Dureza Vickers

-  $P$  = Carga

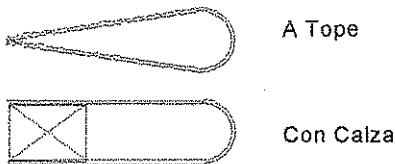
-  $d$  = Diagonal de la impresión

### 8.4) Dureza Shore :

Se determina rebote del percusor al chocar contra la probeta.

## 9) PLEGADO :

Este ensayo consiste en doblar una probeta en frío, de forma tal que los dos extremos se pongan en contacto o que las caras exteriores de las probetas quedan a un número determinado de espesores o diámetros. No deberán apreciarse grietas.



## 10) RISILIENCIA ( Resistencia al Choque )

Se define como la cantidad de trabajo necesaria para producir en un solo choque la rotura de la probeta entallada. Es pues, la inversa de la fragilidad y se expresa en  $Kgm/cm^2$  de la sección de la probeta.

$$K = \frac{A_0}{S}$$

K = valor de la risiliencia

$A_0$  = trabajo expresado en Kgm.

S = sección de la probeta, deducida entalladura.

La rotura se hace en cm el péndulo de CHARPY y se usan probetas de 160 x 30 x 30 mm, con entalladura de 15 mm.

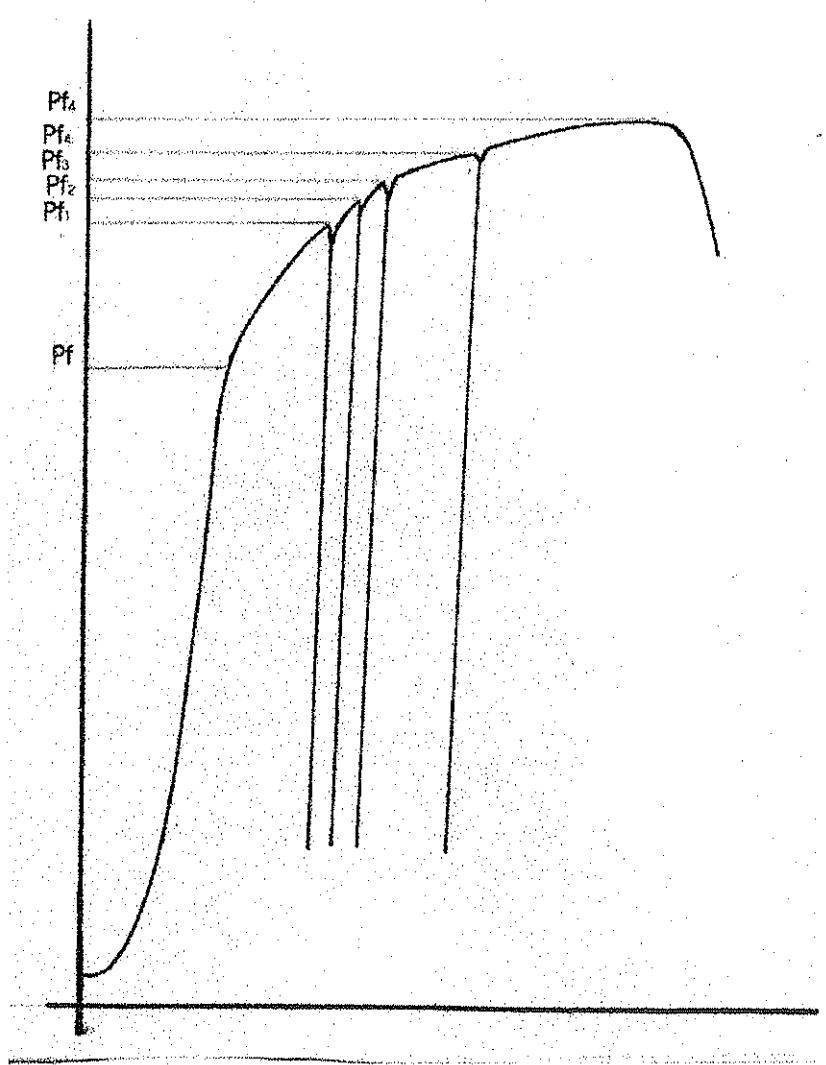
## 11) FATIGA :

Se practica para determinar la resistencia de las piezas sometidas a esfuerzos alternados repetidos, pues se ha podido comprobar que se rompe bruscamente sin deformación, alargamiento si estricción.

Los ensayos de fatiga se hacen sometiendo la pieza a una serie de revoluciones, estando sujeta por un extremo y cargado por el otro hasta que se produce la rotura, apreciándose por un contador de revoluciones el número de inversiones de esfuerzos o revoluciones que determinan la fractura. La carga que produce la rotura al cabo de 5 a 10 millones de inversiones se denomina resistencia o límite de fatiga.

## 12) ENDURECIMIENTO MECANICO:

Todo proceso mecánico que provoque una deformación plástica en un metal ( laminado, trefilado, reforzado, etc. ) produce su endurecimiento, a que se denomina DEFORMACIÓN o MECANICO.

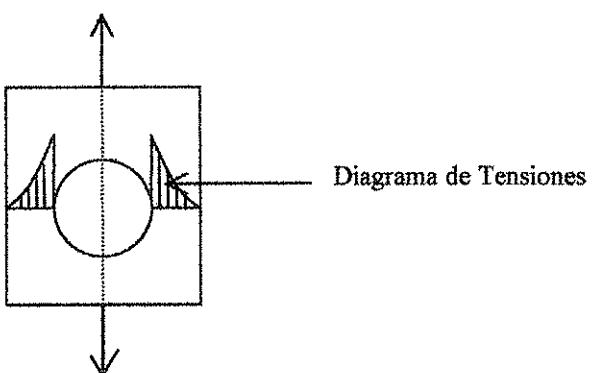


Si se ensaya un acero y la carga, para valores comprendidos en la zona de deformaciones permanentes, es inmediata a la descarga, se observa que la curva de ensayo se reencuentra, después de una pequeña oscilación de fluencia y prosigue en forma continua al llegar al valor en el cual había sido suspendida.

El diagrama obtenido en estas condiciones muestra no solo un aumento en el valor de la fluencia, sino que también una disminución en la carga al límite de proporcionalidad.

### 13) CONCENTRACIÓN DE TENSIONES :

Las formulas que se emplean en el cálculo de las tensiones para el caso de cargas axiales uniformemente distribuidas, en piezas metálicas rectas y secciones constantes, no pueden ser utilizadas directamente cuando el material presenta orificios, cambios bruscos de sección o discontinuidad en sus contorno, debido a que se generan grandes incrementos del esfuerzo o CONCENTRACIÓN DE TENSIONES en determinadas zonas que puedan provocar grietas o fisuras de rotura.



coeficiente de forma.

La rotura se produce de adentro hacia afuera.  
Para el dimensionamiento debe utilizarse un

#### 14) TENSIONES POR EFECTOS TÉRMICOS:

Sobre los efectos que tienen lugar en los cuerpos por la acción de cargas o fuerzas exteriores que le son aplicadas, debemos agregar un estado tensional o esfuerzo que puede ser provocado por efectos térmicos por la variación de longitud que experimenta al variar su temperatura.

$$\sigma = (\alpha \times \Delta t \times E)$$

- $\sigma$  = Tensión de Variación de Temperatura
- $\alpha$  = Coeficiente de Dilatación
- $\Delta t$  = Variación de Temperatura
- E = Módulo de Elasticidad

#### 15) DEFORMACIÓN EN EL TIEMPO :

Al proceso físico de alargamiento lento y progresivo se le denomina de DEFORMACIONES EN EL TIEMPO, FLUENCIA LENTA o mas generalmente como EFECTO CREEP.

El CREEP puede ser rápido o lento a cualquier temperatura y disminuye con la tensión, pudiendo no llegar a la rotura del material pero sin causar inconvenientes en los mecanismos.

El método de ensayo consiste en someter a una o mas probetas de medidas normalizadas a cargas fijas de tracción y a diferentes temperaturas y observar en forma periódica el alargamiento que experimentan.

#### 16) SOLDADURA:

Una probeta rota previamente se suelda y luego se ensaya a tracción o plegado.

En la tracción debe romper en el material base y en el plegado no debe presentar fisuras.

#### 17) TRATAMIENTO TERMICOS:

a) RECOCIDO: se calienta el metal a temperaturas interiores a la critica, se deja enfriar lentamente. El material resultante es blando y dúctil.

b) TEMPLADO: Mejora notablemente las propiedades mecánicas del metal, aumenta su límite de elasticidad, su resistencia a tracción y su dureza.



## UNIDAD IV - MATERIALES METALICOS

### 1- Metales:

Los materiales más usados en la construcción son el hierro, plomo, cinc, cobre, estaño y aluminio.

La metalurgia trata de las operaciones mecánicas y químicas necesarias para la extracción de los metales de los minerales y el estudio de las propiedades de los metales con relación a sus aplicaciones, como densidad, dureza, elasticidad, tonacidad, conductividad, etc.

**1.1- Minerales.** Los metales raramente se encuentran nativos en la naturaleza en cantidad suficiente para poder ser empleados industrialmente, hallándose combinados químicamente con otros cuerpos de composición muy variadas, formando la **mena**, a la que acompañan sustancias de naturaleza férrea, llamada **ganga**, y el conjunto de la mena y la ganga es lo que constituye el mineral.

Para obtener un metal hay que efectuar con los minerales una serie de operaciones que consisten en separar la mena de la ganga y después aislar el metal. Al conjunto de estas operaciones se llama metalurgia y cuando se trata de obtener exclusivamente el hierro siderurgia.

**1.2- Preparación de los Minerales.** Hay que someter a los minerales a una serie de operaciones cuya finalidad es separar la ganga o sustancia férreas que les acompañan, en instalaciones denominadas **lavaderos de mineral** y son las siguientes:

1.2.a- Trituración: Extraído el mineral se fragmenta en diversos tamaños mediante machacados de mandíbulas, quebrantadoras, molinos, etc.

1.2.b- Lavado: Consiste en poner el material en suspensión en el agua en movimiento, con lo cual se depositan o son arrastrados, según sus densidades, empleando cajas, mesas y cribas de sacudidas.

1.2.c- Separación: Por el magnetismo, atracciones eléctricas y flotación.

1.2.d- Calcinación: Se práctica para aumentar la porosidad, desecar, eliminar algún elemento nocivo volátil y verificar una oxidación previa para su mejor extracción.

**1.3- Fundentes:** Son los cuerpos añadidos a los minerales para que se combinen con las gangas y cenizas de los combustibles, dando compuestos fácilmente fusibles, llamados **escorias**, pues de no añadirse, se combinarián con las gangas, perdiéndose gran parte del metal.

**1.4- Procedimientos de Obtención de Metales:** Los procedimientos generales son:

1.4.a- Reducción de los óxidos por carbón.

1.4.b- Tostación de los sulfuros.

1.4.c- Disociación por el calor.

1.4.d- Por sustitución mediante aluminotermia.

1.4.e- Por electrolisis.

**1.5- Purificación o Afino:** Los metales obtenidos por primera vez están impurificados por otros cuerpos, los cuales se separan por:

1.5.a- Licuación: Por tener distinto punto de fusión.

1.5.b- Oxidación: Oxidación de las impurezas a gran temperatura.

1.5.c- Electrolisis: colocando como ánodo el material impuro, y como cátodo, una placa del mismo material puro, quedando las impurezas disueltas en el electrolito o precipitando en forma de tangos oxiódicos.

**1.6- reductores y Combustibles:** Generalmente se utiliza el carbón de madera o vegetal, el coque y el gas.

**1.7- Propiedades de los Metales.**

Los metales corrientemente empleados en construcción reúnen una serie de propiedades generales que vamos a indicar, y a la vez su determinación.

Para poder ser empleados industrialmente deben ser, además de fácil obtención, el darles formas más apropiadas, según su empleo, y el de alcanzar ciertas resistencias.

La forma se comunica a los metales fundiéndolos colando en moldes, donde solidifica y enfria según su mayor o menor **fusibilidad**, por medios mecánicos a elevada temperatura, según su **forjabilidad**, en frío, según su **maleabilidad**, y, finalmente, por separación y acoplamiento, según las propiedades de fácil **corte y soldadura**.

Las otras propiedades de los metales, como el color, dureza, térmicas, eléctricas, químicas, etc., se describirán en el estudio de las propiedades de cada metal.

1.7.a- Fusibilidad: La facilidad de poder emplear este procedimiento es tanto mayor cuanto más bajo sea su punto de fusión y cuanto más pequeños sean el calor específico y el calor de fusión. El metal en estado líquido debe tener cierta fluidez, para que penetre en los huecos más pequeños. Interesa mucho conocer la contracción de volumen para que no queden espacios vacíos o *rechupados*, y también que no desprendan gases del metal que se solidifica, pues proyecta trozos fuera del molde, dejando huecos y desgarros denominados *venteaduras*.

Se determinan numéricamente el punto de fusión, calor específico, contracción, por medidas de temperatura y longitudes con aparatos apropiados, la fluidez puede apreciarse colando el metal en un canal en forma de espiral y observando hasta qué longitud llega a llenar el molde.

1.7.b- Forjabilidad: Es la capacidad para poder soportar un metal en estado sólido, en caliente, una variación de su forma por acciones mecánicas de martillos, laminadoras y prensa, sin pérdida de la cohesión. Depende de la dureza, límite elástico, conductividad para el calor, etc., no conociéndose medida para apreciarla, haciéndose pruebas de forja empíricas, que consisten en reducir a una torta, valiéndose de la forja, una pieza de prueba colada en un molde apropiado, no debiendo agrietarse en los bordes. Cuando no se puede forjar en caliente o en frío, se dice que es frágil o quebradizo en caliente o en frío, siendo debido a la presencia de impurezas.

En el acero la forjabilidad y maleabilidad dependen de la composición química, siendo los de pequeño tanto por ciento de carbono y poco aleados los que mejor se pueden deformar, ofreciendo poca resistencia y siendo el valor límite para la forja 1,7 por 100 de carbono.

Elevados tantos por ciento de azufre y oxígeno hace que el acero sea quebradizo al rojo. La modificación de la forma se hace paulatinamente para transformar la textura, y a temperaturas inferiores a 900° se necesita aumentar la fuerza deformante.

1.7.c- Maleabilidad: Es la propiedad de los metales de poder modificar su forma a la temperatura ordinaria por acciones mecánicas de martillado, estirado y laminado. La diferencia que existe entre la forjabilidad y la maleabilidad es que en la primera se puede modificar la forma hasta donde se quiera, mientras la temperatura de la pieza no descienda más que lo necesario para ello, y en la segunda queda limitada en una fase determinada por la pérdida de la maleabilidad, volviéndose duro u quebradizo (agrio), y es necesario devolverle, mediante un recocido, la maleabilidad primitiva. Se ensaya la maleabilidad mediante pruebas análogas a las de forjabilidad. La prueba de embutir se hace produciendo con un martillo una abolladura en una chapa, y no deben presentarse grietas. En el hierro, cuando es quebradizo en frío se atribuye a excesivo tanto por ciento de fósforo.

1.7.d- Ductilidad: Es la propiedad de poderse alargar un cuerpo en la dirección de su longitud, convirtiéndola en alambre o hilos. Depende de la tenacidad, siendo necesario tenga un límite aparente de elasticidad bajo y sean resistentes y medianamente blandos.

El estirado del metal, pasando por los orificios de una hilera, se hace en frío, porque la resistencia disminuye generalmente con la temperatura. El metal estirado en hilera se endurece y vuelve frágil (agrio), debiendo ser recocido y desoxidado por decapado o inmersión en un ácido.

Los metales más dúctiles son los preciosos: oro, plata, platino, siguiendo en orden de ductilidad el aluminio, hierro, cobre, cinc, estaño y plomo.

1.7.e- Tenacidad: Es la resistencia a la rotura por tracción que tienen los cuerpos, debido a la cohesión de las moléculas que los integran, expresándose en kilogramos por milímetro cuadrado. La aumentan los tratamientos mecánicos de martillado, laminado y trefilado y ciertas proporciones de otros cuerpos o impurezas, como el carbono en el hierro para convertirlo en acero; en cambio, otros la disminuyen, como el azufre. La elevación de temperatura disminuye la tenacidad.

Se aprecia en el ensayo de la tenacidad o resistencia a la tracción, la elasticidad y el alargamiento.

1.7 f- Facilidad de corte: Es la propiedad de poderse separar en pedazos con herramientas cortantes. Los metales que no posean esta propiedad, al cortarlos se desprenden trozos irregulares. Los metales muy duros, en general no se prestan al corte, y los muy blandos, como el plomo, se adhieren al filo de la herramienta (empastan) impidiendo la formación de un corte liso.

1.7 g- Soldabilidad: o propiedad de poderse unir por presión dos metales hasta formar un trozo único. Esta unión sólo puede hacerse a elevada temperatura, presentando la dificultad de poderse formar, al calentar los trozos a unir, una capa de óxido que impida el contacto.

Se evita empleando substancias como el bórax (polvos de soldar), que esparcidos por las piezas antes de la soldadura, forman una escoria muy líquida que disuelve los óxidos y escapa al aproximar los trozos a soldar.

La soldadura se puede hacer al rojo mediante el martillo o forja, y por fusión, mediante el soplete (autógena), electricidad y aluminotermia.

1.7 h- Oxidabilidad: Por la acción del oxígeno del aire se oxidan todos los metales menos los nobles (oro, plata, platino), recubriendose de una capa de óxido o de carbono, y si es impermeable, le protege al resto del metal, como el cinc, aluminio, plomo, cobre, etc., pero si es permeable la capa de óxido, como en el hierro, se forma la herrumbre u orín, penetrando hasta el interior, destruyendo con el tiempo todo el metal. Se evita aleándolos con otro metal o recubriendo con pinturas u otros metales.

## METALES FERROSOS

### 2- Hierro:

Industrialmente se designa con este nombre, no al elemento químico de símbolo Fe, sino a las aleaciones de hierro con otros elementos que le acompañan, en forma de impurezas, en su obtención o añadidos expresamente para modificar sus propiedades, como el carbono, sílice, manganeso, fósforo, azufre, etc. Estas aleaciones se denominan fundición, hierro dulce y acero.

#### 2.1- Minerales de hierro

2.1.a- Oxido Ferroso Ferrico: Contiene del 45 al 70 % de hierro y como impurezas, azufre y fósforo.

2.1.b- OxidoFerrico Anhidro: Contiene del 40 al 65 % de hierro y cantidades reducidas de fósforo y azufre.

2.1.c- OxidoFerrico Hidratado: El contenido de hierro oscila del 30 al 45 % y algo de fósforo.

**2.1.d- Carbonato Ferroso:** Suele contener hasta un 40 % de hierro, le acompañan el manganeso, cromo y arcilla.

**2.1.e- Pirita de Hierro:** No se emplea directamente para la obtención del hierro por sus pequeño contenido de hierro.

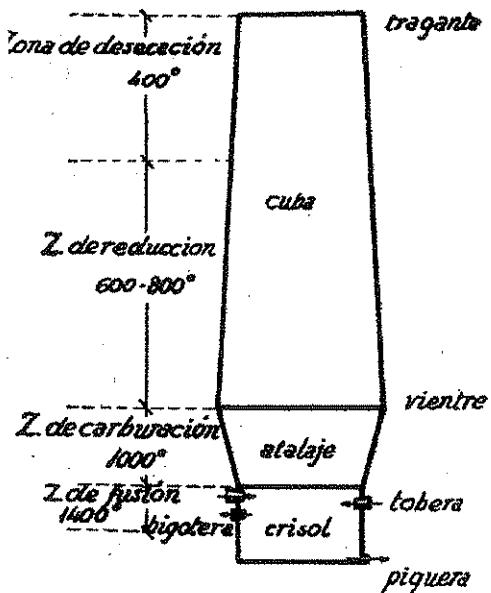
**2.2- Fundentes:** Cuando la ganga del mineral es ácida se agrega fundente básico, como el carbonato de calcio y si es básica, el fundente debe ser ácido, como arcilla y arenisca.

**2.3- Combustibles:** En los altos hornos de emplea generalmente coque metalúrgico. Se emplea también carbón de madera y donde se dispone de energía eléctrica abundante, la electricidad en altos hornos eléctricos.

**2.4- Obtención del Hierro:** El hierro puede ser obtenido en estado sólido por el procedimiento de forjas, o en estado líquido en los altos hornos.

**2.4.a- Forjas:** Por este procedimiento se obtiene hierro dulce o forjable y también acero, pero solo aplicable a minerales muy ricos, por ser de escaso rendimiento.

**2.4.b- Altos Hornos:** Tienen un perfil de dos troncos de cono adosados por sus bases mayores, recibiendo el nombre de cuba, el superior y estalajes, el inferior, el cual se prolonga en forma de cilindro, llamado crisol, y en cuya unión están las toberas, debajo de las toberas hay un orificio, llamado bigotera, para sangrar las escorias y en el fondo del crisol, otro, para dar salida al hierro líquido y se denomina piquera.



**2.5- Productos de los Altos Hornos:** Se obtienen los siguientes productos, por orden de importancia: 1º arrabio o lingote de primera fusión, 2º escorias y 3º gases.

**2.5.a- Arrabio o lingote de primera fusión:** El hierro, tal como se obtiene en los altos hornos, contienen 10 % de impurezas, que le comunican malas propiedades para ser usados en construcción. Contiene hasta un 4 % de carbono y otros cuerpos que le acompañan son el silicio, manganeso, fósforo y azufre.

**2.5.b- Escoria de Altos Hornos:** La naturaleza de las escorias depende de la del mineral, pudiendo ser ácida o básica, según predomine la sílice o la cal, y su coloración varía desde un gris claro al negro, pasando por el verde y el azul.

La composición química de las escorias es un monosilicato de cal y aluminio, con óxido de hierro y magnesio.

**2.5.c- Gases:** Se recogen en el tragante y están compuestos por óxido de carbono, nitrógeno, anhídrido carbónico, hidrógeno y metano. Una vez depurados, son aprovechados, por tener una potencia calorífica de 800 kcal/m<sup>3</sup>.

### **3- Fundición:**

No puede emplearse directamente el arrabio o fundición de primera fusión para el moldeo de piezas, por contener impurezas, verificándose una segunda fusión en cubilotes para mejorar su calidad, darle mayor homogeneidad y disminuir el contenido de carbono. Al producto obtenido de esta segunda fusión se lo denomina FUNDICIÓN que es una aleación de hierro con una proporción del 2 a 4.5 % de carbono y que se caracteriza por adquirir su forma directamente en la colada.

**3.1- Propiedades de la Fundición:** Las más características son: el servir para moldeo, para llenar perfectamente los moldes, dilatándose ligeramente al solidificarse; su resistencia a la compresión, su fragilidad y su mayor o menor dureza, según sea gris o blanca. La fragilidad puede ser evitada haciendo la fundición maleable.

Las fundiciones sometidas a desgaste pueden ser endurecidas, en ciertos puntos, por ejemplo, la llanta de una rueda, cilindros de laminadoras, haciendo que se enfrie rápidamente la superficie exterior, empleando moldes metálicos y el resto de arena, con lo cual se consigue una fundición templada, superficialmente, permaneciendo blando y tenaz el resto de la pieza.

**3.2- Moldeo de la Fundición:** Es un Procedimiento de elaboración de los metales en estado líquido, colando en moldes, en donde se solidifican y enfrian.

#### **3.3- Tipos de Fundiciones:**

**3.3.a- Fundición Gris:** El carbono en la fundición gris varía del 2.5 al 4 %. La resistencia tracción varía entre 15 y 40 kg/mm<sup>2</sup>; su dureza está comprendida entre 150 y 275 unidades Brinell, ambas características aumentan cuanto mayor es la cantidad de camentita (carbono combinados) Se distingue, fácilmente por su color gris, pasando la mano por la superficie se ensucia, no estable pero se mecaniza con facilidad y se utiliza en la confección de válvulas, bombas, máquinas, etc.

**3.3.b- Fundición Blanca:** Se distingue fácilmente por ser este el color de superficie de fractura y por su gran dureza y fragilidad. Contiene el 3 % de carbono, alcanza una dureza de 500 a 600 unidades Brinell, lo que impide sea mecanizada con herramientas de corte. Se emplea cuando se requiere resistencia al desgaste.

**3.3.c- Fundición Maleable:** Se obtiene por recocido de la fundición blanca, es medianamente maleable, tiene propiedades intermedias entre la fundición y el acero. Se mecaniza con facilidad.

**3.3.d- Fundición de Acero:** Es de propiedades similares al acero, permite tratamientos térmicos y se puede soldar con mayor facilidad que otra fundición.

**3.4- Formas comerciales de la Fundición:** Los materiales de uso más corriente, en obras de ingeniería, son los tubos, columnas, bolardos de amarre para embarcaciones.

**3.4.a- Tubos:** Los tubos de fundición se moldean en forma vertical, sobre todo los destinados a canalizaciones de agua y gas. Modernamente se fabrican tubos de fundición moldeados por centrifugación, caracterizados por tener una estructura homogénea compacta, de grano fino, que les comunica mayores resistencias.

Los tubos de fundición de uso más frecuente en canalizaciones de agua potable y gas se hacen rectos, de 3 a 4 m de longitud y diámetros desde 40 a 1200 mm.

Se fabrican, además, de fundición piezas especiales, como codos, curvas, reducciones, manguitos, etc.

**3.4.b- Columnas:** Las columnas de fundición, empleadas como elementos resistentes, han dejado de usarse.

**3.4.c- Bolardos de Amarre:** Se utilizan en obras de atraque para embarcaciones, sus formas y tamaños varían de acuerdo a la solicitud del amarre.

#### **3.5- Defectos de Fundición:**

3.5.a- Soplados: Son las pequeñas oquedades producidas por las burbujas de los gases.  
3.5.b- Grietas: Son las rajas debidas a las tensiones desiguales producidas durante el enfriamiento.

3.5.c- Manchas: La diferencia de coloración producidas por impurezas forman la forma redondeada, y si es alargada se denominan vetas.

3.5.d- Escamas: Laminillas delgadas producidas en la superficie y que se desprenden al golpear el material.

#### **4- Hierro Dulce:**

Se llama así a los productos ferrosos que tienen la propiedad de poder ser martillados y forjados al rojo, soldándose por forja, y no se templan. Su contenido en carbono oscila de 0.05 al 0.1. Funde a temperatura mayor de 1500 °C y es poco tenaz.

#### **5- Aceros:**

Son aquellos productos ferrosos cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0.05 y 1.7. Se endurece por temple al formarse carbono de hierro. El acero templado tiene la propiedad de que calentado de nuevo y dejado enfriar lentamente (recocido), la dureza disminuye, según sea la temperatura alcanzada en el caldeo (revenido). El acero funde entre 1400 y 1500 °C, pudiéndose moldear más fácilmente que el hierro. Se fabrican aceros que se pueden soldar y forjar, y para clasificarlos hay que indicar, además de su porcentaje de carbono, sus resistencias, admitiéndose como aceros los productos ferrosos que alcanzan una resistencia mínima de 40 kg/cm<sup>2</sup> a la tracción, llamándose hierros dulces a los demás.

##### **5.1- Clasificación de Aceros:**

- Los aceros se clasifican según se obtengan en estado sólidos o en estado líquido. Al primer grupo pertenecen los procedimientos de obtención llamados directos, y al segundo, los indirectos o afino.
- Por su composición química se clasifican en aceros ordinarios, al carbono y especiales.

Los aceros especiales tienen en su composición algunos de los siguientes metales: cromo, níquel, cobre, vanadio, molibdeno, dándoles propiedades de dureza, resistencias mecánicas, a la oxidación, etc.

##### **5.2- Afino de los Aceros:**

El afino de los aceros se puede realizar por distintos procedimientos:

- Convertidores Bessemer y Thomas.
- Martín-Simens.
- Aceros al crisol.
- Horno eléctrico.
- De cementación

##### **5.3- Colada:**

El acero fundido, cualquiera haya sido su procedimiento de obtención, se vierte en unos moldes llamados lingoteras, para que se solidifiquen. La operación se hace mediante los calderos de colada, provistos de un orificio en el fondo que se obtura con un vástago, permitiendo llenar las lingoteras por arriba o por abajo en colada por surtidor.

##### **5.4- Características del Acero:**

Cuando aumenta el tenor de carbono, disminuye la tenacidad y consecuentemente la trabajabilidad y se incrementa la resistencia.

El acero liso de construcción tiene de 0.15 a 0.20 % de carbono, dando un material que siendo suficientemente tenaz ofrece una buena resistencia a los esfuerzos mecánicos, es forjable y de baja resistencia a la corrosión.

5.4.b- Acero Moldeado: Acero colado que vertido en moldes, produce piezas de forma definitiva.

5.4.b- Acero Forjado: Cuando la forma se da por acción de moldes; en frio o en caliente, mediante el martillo, prensa, martinetes, etc.

5.4.c- Laminado: Cuando la forma se obtiene haciendo pasar los trozos de acero en caliente entre rodillos que van modificando la forma del mismo.

5.4.d- Trefilado: Cuando la forma se le da haciendo pasar una barra de acero a través de un orificio de diámetro menor que el de la barra para reducir su sección o bien para adquirir las formas del orificio.

### **5.5- Aceros al Carbono:**

Por ser el acero la aleación (hierro-carbono) más común y generalizada en la fabricación de distintos órganos de máquinas y poseer al mismo tiempo, de acuerdo a la proporción de sus elementos componentes, las más variadas características fisicomecánicas, trataremos en especial los puntos más sobresalientes, con el objeto de completar el conocimiento de este tipo de materiales.

En siderurgia se conoce como acero a toda aleación de hierro-carbono cuyo porcentaje, en peso del último, alcance un máximo de 1.7 %. En cantidades mayores se encuentra la fundición blanca (hipo eutectónica) hasta 4.3 % C, y la fundición gris (hiper eutectónica) hasta el 6.67 % C.

El hierro elemento químico blando y maleable, de peso atómico 55.85, bi y tri valente, que cristaliza según el sistema cúbico centrado, a la temperatura ambiente, se combina con el carbono para dar verdaderos compuestos químicos de características definidas.

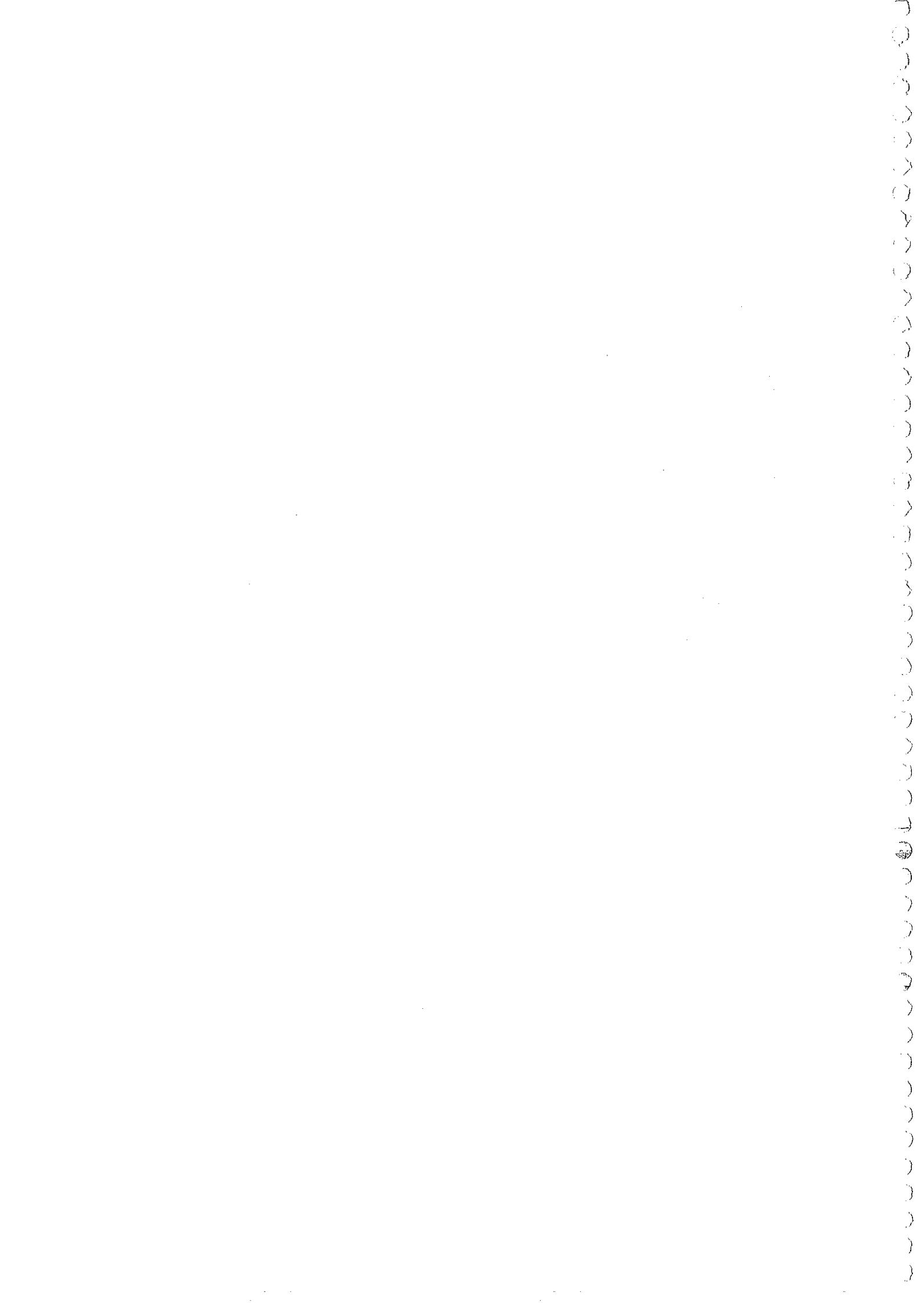
5.5.a- Ferrita: El primero de ellos que podemos distinguir, a temperatura ambiente es la Ferrita correspondiente a una aleación de 0.008 % de C, que es una aleación que se presenta como un material poco resistente ( $\text{Tr}= 30 \text{ kg/mm}^2$ ), blando, muy dúctil y que puede contener impurezas como el fósforo; y que cuando alcanza valores de aproximadamente el 0.02 % de C, se torna quebradizo, perdiendo su ductilidad, pero al mismo tiempo mejora su comportamiento ante los agentes corrosivos.

5.5.b- Perlitas: Al ir aumentando el porcentaje de carbono, mayor a 0.1 %, comienza a aparecer en la estructura del acero una nueva configuración, que se conoce como Perlita o Mezcla Eutectica, la que significa que se constituye en proporciones definidas y que contiene, en este caso un 0.86 % de C. Es decir entonces, que un acero, con dicho porcentaje de carbono, es Perlítico.

5.5.c- Ferrito – Perlita: Todo acero con un porcentaje de carbono menor al 0.86 % (hipoeutectónico) tendrá una estructura Ferritoperlítica, predominando una u otra, según el mayor o menor porcentaje del mismo.

5.5.d- Cementita: Si el tenor de carbono aumenta (mayor 0.86 %) comienza a destacarse el carburo de hierro o Cementita, cuyo contenido de carbono es de 6.67 % y resulta un material duro y frágil.

Un acero delimitado en la zona 0.86 a 1.7 % de C (hipereutectónico), presentará granos de Perlita, separados por la Cementita, de modo tal que su distribución complete el porcentaje de carbono que caracterizan al acero que forman.



## CLASIFICACION DE ACEROS

( Según su composición Química)

### **1) Aceros al Carbono:**

Ese el acero que consiste esencialmente en una aleación de hierro y carbono y otros elementos considerados como fundamentales porque su porcentaje es menor que el mínimo fijado para los aceros de aleación. Según el porcentaje de carbono se consideran tres clases:

- A) ACERO HIPOEUTECTOIDE
- B) ACERO EUTECTOIDE
- C) ACERO HIPEREUTECTOIDE

#### **A) ACERO HIPOEUTECTOIDE:**

Ese el acero al carbono que contiene menos de 0,80 % de carbono. Dentro de esta denominación se incluyen los siguientes tipos:

- Acero extradulce, cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,05 y 0,12 exclusive.
- Acero dulce, cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,12 y 0,25 exclusive.
- Acero semidulce, cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,25 y 0,40 exclusive.
- Acero semiduro, cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,40 y 0,60 exclusive.
- Acero duro, cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,60 y 0,70 exclusive.
- Acero muy duro, cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,70 y 0,80 exclusive.

#### **B) ACERO EUTECTOIDE:**

Ese el acero al carbono cuyo porcentaje de carbono está comprendido entre 0,80 y 0,85.

#### **C) ACERO HIPEREUTECTOIDE:**

Ese el acero al carbono cuyo porcentaje mínimo de carbono es mayor de 0,85 y el porcentaje máximo teórico es 1,70.

**2) Aceros de aleación:**

Comprende al conjunto de aceros que además del carbono poseen uno o más elementos capaces de dotarlos de propiedades distintas que las de los aceros al carbono. Dentro de esta denominación se incluyen las siguientes clases:

1. ACEROS TERNARIOS
2. ACEROS CUATERNARIOS
3. ACEROS COMPLEJOS

**2.1) Aceros ternarios:**

Es el conjunto de acero que tienen un solo elemento de aleación.

**2.1.1) Acero al Cobre:**

Es el acero en que el elemento de aleación es el cobre en cantidad mayor al 0,20 %.

**2.1.2) Acero al Manganeso:**

Es el acero ternario en que el elemento de aleación es el manganeso, distinguiéndose según el porcentaje de este elemento dos tipos:

1. de bajo manganeso que contiene entre 1 % y 7% de manganeso
2. al manganeso propiamente dicho, que contiene más de 7 % de manganeso.

**2.1.3) Acero al Silicio:**

Es el acero ternario en que el elemento de aleación, es el silicio con un mínimo de 0,40 %.

**2.1.4) Acero al Níquel:**

Es el acero ternario en que el elemento de aleación es el níquel con un mínimo de 0,50 %.

**2.1.5) Acero al Cromo:**

Es el acero ternario en que el elemento de aleación es el cromo con un mínimo de 0,50 %.

**2.1.6) Acero al Molibdeno:**

Es el acero ternario en que el elemento de aleación es el molibdeno con un mínimo de 0,10 %.

### **2.1.7) Acero al Vanadio:**

Es el acero ternario en que el elemento de aleación es el vanadio con un mínimo de 0,05 %.

### **2.1.8) Acero al Tungsteno:**

Es acero ternario en que el elemento de aleación es el tungsteno con un mínimo de 1 %.

## **2.2) Aceros Cuaternarios:**

Es el conjunto de aceros que tienen dos elementos de aleación. Los más representativos son:

**2.2.1) Aceros al Cromo Níquel**

**2.2.2) Aceros al Cromo Vanadio**

**2.2.3) Aceros al Cromo Molibdeno**

**2.2.4) Aceros al Cromo Silicio**

**2.2.5) Aceros al Silicio Manganese**

## **2.3) Aceros Complejos:**

Es el conjunto de aceros que tiene más de dos elementos de aleación. Los más representativos son:

- a) Aceros para construcciones de alta resistencia a la corrosión por ejemplo: al níquel cromo molibdeno.
- b) Aceros resistentes al calor y a la corrosión: aceros inoxidables, por ejemplo: al cromo níquel tungsteno.
- c) Aceros de baja aleación para herramientas, por ejemplo: al níquel cromo molibdeno.
- d) Aceros de aleación para altas velocidades, por ejemplo: al tungsteno cobalto cromo.

#### **4) Aceros Inoxidables:**

Tomando en cuenta los factores que producen las corrosiones se estudiaran los porcentajes de los elementos de aleación (cromo, níquel, molibdeno, etc.) que corresponde para contrarrestar los efectos de los mismos, y de acuerdo a su composición se lo clasifica en tres grupos llamados FERRITICOS, MARTENSISTICOS y AUSTENITICOS.

##### **4.1 Acero Inoxidable Ferrítico:**

Con contenidos del 25 al 30 % de cromo tienen un excelente comportamiento a la oxidación a altas temperaturas, no admiten tratamiento térmico, son de baja resistencia mecánica, son blandos y relativamente frágiles, se los utiliza en la fabricación de piezas decorativas.

#### 4.2 Acero Inoxidable Martensistico:

Admiten el tratamiento térmico, resisten sin oxidarse temperaturas hasta 750 °C.

Son utilizados en la fabricación de cuchillos, elementos quirúrgicos y herramientas de dentistas.

#### 4.3 Acero Inoxidable Austentico:

Son los aceros al cromo y níquel mas resistentes a la corrosión atmosférica y a determinados ácidos, son antimagnéticos, no admiten temple, ni revenido, ni recocido y tienen superior resistencia mecánica a elevado temperatura, comparado con otros grupos.

El acero inoxidables mas típico de esto grupo es el conocido comúnmente por el 18 – 8 que quiero decir 18 % cromo y 8 % níquel.

Alcanza una dureza de 235 unidades BRINELL.

#### 5) Acero de Uso Estructural:

Los aceros a emplear en la construcción de estructuras resistentes deben cumplir con la Disposición CIRSOC 301 mediante la cual se garantiza lo referente a los valores mínimos o característicos de las siguientes propiedades mecánicas: tensión en el límite de fluencia  $\sigma_F$ , resistencia a la rotura por tracción  $\sigma_r$ , alargamiento de rotura  $\varepsilon_r$ , modulo de elasticidad longitudinal, transversal y resiliencia y su composición química de y sus aptitudes tecnológicas de plegado sin producción de fisuras y de soldabilidad .

Los aceros a emplear en estructuras remachadas y atornilladas serán de la nominación F-20, F-22, F-24, F-26, F-30, F-36 y cumplirán con las disposiciones contenidas en las normas IRAM- IAS U 500-503.

A los efectos de la realización de los cálculos serán empleados los valores de las constantes mecánicas que se asientan en la tabla 1.

Tabla 1. Constantes Mecánicas.

Tipo de acero	Tensión al límite de fluencia $\sigma_F (N/mm^2)$	Resistencia a la tracción mínima $\sigma_r (N/mm^2)$	Alargamiento de rotura mínimo $(L_0 = 5,65 \sqrt{S_0})$ $\varepsilon_r (\%)$	Doblado a 180° sobre calza
F-20	200	330	28	$e \leq 5$ 1e $5 > e \leq 8$ 2e
F-22	220	370	28	2e
F-24	240	420	25	2,5e
F-26	260	470	24	3e
F-30	300	500	22	3e
F-36	360	520	22	3e

Nota: Los valores mínimos de tensión en el límite de fluencia para espesores superiores a 30mm deben ser disminuidos en  $20 \frac{N}{mm^2}$  ( $200 \text{ Kgf}/cm^2$ ).

- Modulo de elasticidad longitudinal  $E = 210000 \text{ N}/mm^2$  ( $2100000 \text{ Kgf}/cm^2$ )
- Modulo de elasticidad transversal  $G = 81000 \text{ N}/mm^2$  ( $810000 \text{ Kgf}/cm^2$ )
- Coeficiente de Poisson en periodo elástico lineal  $\nu = 0,296$
- Coeficiente de Poisson en periodo plástico  $\nu = 0,5$
- Coeficiente de dilatación térmicas  $\alpha_a = 12 \times 10^{-6} \frac{\text{cm}}{\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$
- Peso específico  $\gamma_a = 78,5 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$  ( $7850 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$ )

Las estructuras realizadas con aceros importados se ajustarán a lo establecido en el presente Reglamento y para ello deberán ser equiparados según los valores de sus constantes mecánicas con los tipos de acero de la tabla 1.

#### Composición química

#### De colada

Designación de la chapa	C máx. (%)	C equivalente =	Si máx. (%)	P máx. (%)	S máx. (%)
		$= \left[ C (\%) + \frac{Mn (\%)}{6} \right] \text{ máx. (\%)}$			
		$c < 5 \quad 5 < c < 8$			
F-00	0,18	0,30	0,35	—	0,050
F-22	0,21	0,38	0,35	0,030	0,035
F-24	0,21	0,38	0,35	0,030	0,035
F-30	0,21	0,45	0,35	0,030	0,035
F-36	0,22	0,50	0,55	0,030	0,035

#### **6) Ensayo de Doblado con Soldadura:**

1. Para el ensayo de doblado con soldadura, la probeta ( ver figura A.1) de espesor  $t$  del producto está provista en el centro de una ranura longitudinal de longitud  $6t$ , semirredondo con un radio de 4 mm. En producto con alma saliente, nervios y similares, han de trabajarse antes de la soldadura las partes que sobresalen al plano de la probeta, en este caso la ranura longitudinal se coloca en la cara no trabajada.

La ranura se llena de soldaduras en una sola capa a aproximadamente 20° C con el electrodo a usar, el cordón no se trabaja. Despues de la soldadura la probeta no debe sufrir otra modificación. En el doblado se coloca la probeta de modo que el cordón de soldadura este en la tracción ( ver figura A.2).

2. Los productos laminados en el ensayo de doblado con soldadura deben presentar rotura con deformación plástica ( y no una rotura frágil ). El Angulo de doblado alcanzado en el cordón de soldadura en la primera fisura ha de anotarse en el certificado de ensayo. El ensayo ha de prolongarse hasta la rotura y como mínimo hasta que se alcance en ángulo de doblado de 90°.

El resultado será considerado positivo cuando se alcanza un plegado de 180° sin producir en la soldadura y zona vecinas ( distancia menor que 20 mm a ambos lados de la soldadura ) fisuras de longitud mayor que 3 mm.

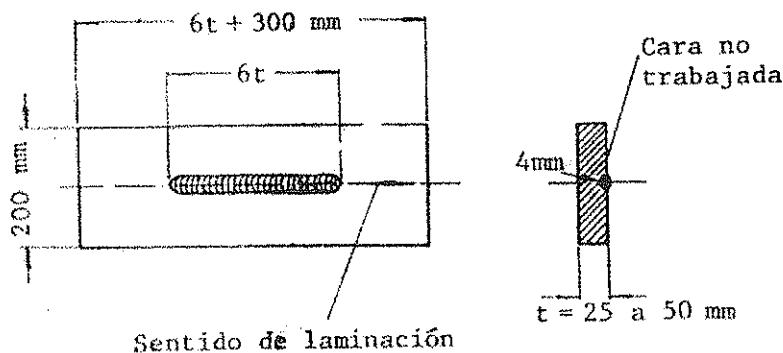


Figura A.1

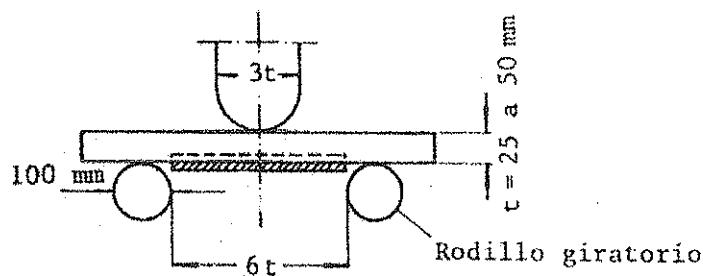


Figura A.2

### **7) Laminado:**

La mayor parte del acero que se utiliza en construcciones es laminado, sistema que consiste en hacer pasar el metal entre dos rollos resistentes con movimiento giratorio. El laminado puede hacerse en frío o caliente, corrientemente se hace en caliente porque haciéndolo en frío se obliga al material a adoptar una deformación que altera sus condiciones mecánicas. Los materiales laminados en frío se endurecen, aumenta su resistencia en el límite de fluidez pero su deformabilidad, sintetizando: el laminado en frío les quita tenacidad.

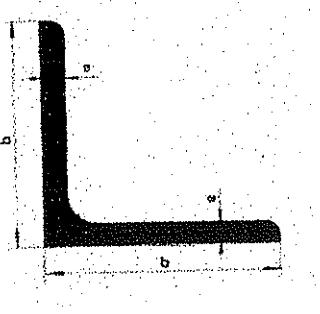
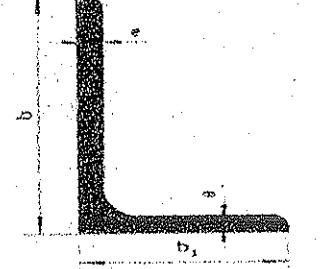
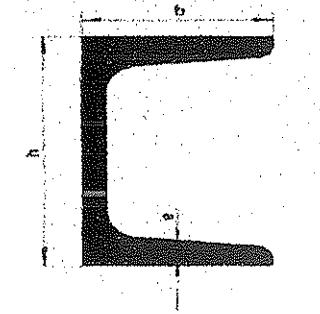
Por pasadas sucesivas de un lingote a través de dos rollos se va deformando, se va alargando y va tomando las transversales deseadas. Si los rollos en lugar de ser lisos tienen talladuras de formas convenientes obtendremos elementos de acero de diversas formas.

La cantidad de pasadas es función elemento a obtener, un perfil normal PNN. necesita de 14 a 16 pasadas desde luego que siempre se trata de que las pasadas sean lo más rápidas posibles, para evitar que el material se enfrie, lo que traería como consecuencia inmediata un mayor gasto en combustible para conseguir un nuevo reblandecimiento. En las laminadoras los rollos pueden estar agrupados de a tres o en pares. Después de cada pasada puede trasladarse el material o bien invertir la rotación de los rollos en sentido contrario. Estas máquinas tienen que tener una gran inercia y no convienen frenar su movimiento siendo lo más lógico, la instalación de un nuevo laminador a continuación del primero; empleándose muchas veces en la producción de chapas series de roles puestos uno a continuación de otro que van afinando los elementos que pasan, se denominan tren de laminadoras y son de gran producción en proceso continuo.

Los productos laminados se pueden dividir en distintas variedades según su sección transversal así tenemos de sección: cuadrada, circular hexagonal, etc., también I, H, U, ..... por último tenemos las chapas o formas derivadas como las planchuelas y planchones. Existe toda una variedad de perfiles de formas y tamaños adaptados a determinadas industrias así los hay para herrería común, carpintería metálica, tableros, etc.

Para nuestro estudio los elementos que más nos interesan son los perfiles normales doble T, doble T de alas anchas y otras secciones como ser: U-T-Z, etc., utilizados todos en estructuras resistentes. Originariamente las dimensiones eran arbitrarias, cada fábrica producía sus modelos difiriendo en alturas, espesores, pendientes de alas, luego se buscó la forma de uniformar e igualar estas dimensiones. Correspondió a los alemanes la creación de las normas DIN, que favorecieron el intercambio del producto; actualmente conociendo la altura y el tipo de perfil podemos buscar en las tablas todas sus características.

**Perfiles de acero laminados en caliente**

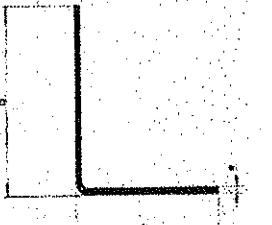
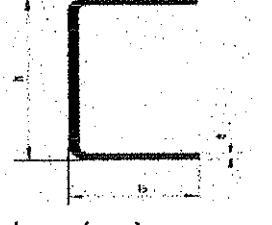
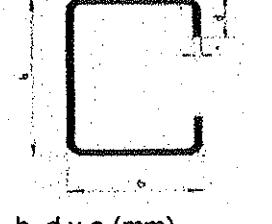
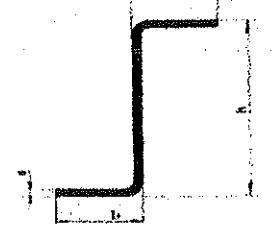
	DESIGNACION	ACERO	SERIE DE FABRICACION	LARGO DE FABRICACION
1) PERFILES ANGULOS DE ALAS IGUALES	 L b x b x e	F19 - F20 F24 - F26 F36	b = 16mm a 152mm	6 y 12 m
2) PERFILES ANGULOS DE ALAS DESIGUALES	 L b x b1 x e	F19	b= 25 mm a 40mm	6 y 12 m
3) PERFIL U LIVIANO	 UL h x b	F19 - F24 F26	UL 40 X 20 50 X 25 50 X 38 60 X 38 65 X 42	6 m

	DESIGNACION	ACERO	SERIE DE FABRICACION	LARGO DE FABRICACION
4) PERFIL U ( U.S.A.)		UC h x b comercial U h" x kg/m	F19 - F24 F26	UC 130 x 13 a UC 310 x 31  8 y 12 m
5) PERFIL U NORMAL		UPN h (mm)	F19 - F24 F26	UPN 80 - 100 120 - 140 - 160 180 - 200 - 220 240 - 300  8 y 12 m
6) PERFIL DOBLE T NORMAL		IPN h (mm)	F19 - F24 F26	IPN 80 - 100 120 - 160 - 180 200 - 220 - 240 300  8 Y 12 m
7) PERFIL DOBLE T (U.S.A.)		IS h x Kg / m comercial Ih" x Kg / m	F19 - F24 F26	IS 180 x 23 a IS 250 x 60  8 Y 12 m
8) PERFIL GREY		IG h (mm )	F19	IC 200 a 800  12 m

	DESIGNACION	ACERO	SERIE DE FABRICACION	LARGO DE FABRICACION
9) PERFIL PEINER	IP h( mm )	F19	IP 200 a IP 300	12 m
10) PERFIL T	T h x b	F 24	T 20x 20 a T 100 X 100	
11) PERFIL T PARA GUIA DE ASCENSOR	Kg / m	F 19		5 m a 5,2 m
12) PERFIL T PARA GUIA DE CONTRAPESO ASCENSOR	Kg / m	F 19	5 a 6	
13) RIELES FERROVIARIOS	S Kg / m	s / o	S 45 - S 47 S 49	12 m
14) TABLESTACAS NOESH	NOESCH Nº ROMANO	CUPRICO	I - II - III - IV - V	A PEDIDO

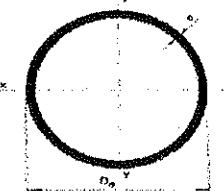
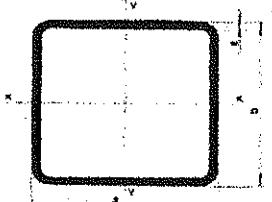
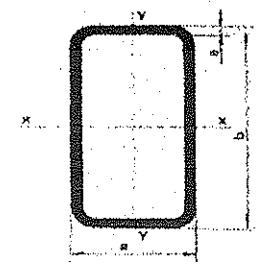
### Perfiles de chapa de acero conformado en frio

Sus aplicaciones y usos mas común se dan, en estructuras metálicas, en entrepisos, en la industria agrícola, etc.

	DESIGNACION	ACERO	SERIE DE FABRICACION	LARGO DE FABRICACION
1) PERFIL ANGULO DE ALAS IGUALES  b y e (mm)	L b x e (mm)	F 22 - F 24 F 30 - F 36	L 50 x 2 a L 100 x 6,35	En Longitudes Fijas, por Convenio
2) PERFIL U  h, b y e (mm)	U h x b x e	IDEM	U 40 x 20 x 5 a U 220 x 70 x 6,35	IDEM
3) PERFIL C  h, b, d y e (mm)	C h x b x d x e	IDEM	C 50 x 20 x 10 x 2 a C 220 x 80 x 30 x 6,35	IDEM
4) PERFIL Z  h, b y e (mm)	Z h x b x e	IDEM	Z 80 x 30 x 2 a Z 140 x 35 x 4,75	IDEM

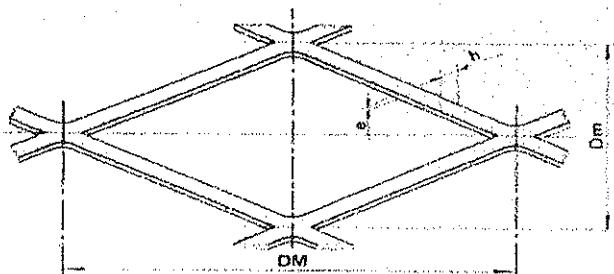
NOTA: Existe otros perfiles denominados GALERA, OMEGA y ZETA RIGIDIZADO

### Tubos y perfiles estructurales de acero al carbono

	DESIGNACION	ACERO	SERIE DE FABRICACION	SERIE DE FABRICACION
1) SECCION CIRCULAR CON O SIN COSTURA   De ( mm )	T De	F 22 - F 26	T 13 a T 101	6 m
2) SECCION CUADRADA CON COSTURA   a y b ( mm ) Cada medida se fabrica en varios espesores	a x b	F 22 - F 26	15 x 15 a 110 x 110	6 m
3) SECCION RECTANGULAR CON COSTURA   a y b ( mm ) Cada medida se fabrica en varios espesores	a x b	F 22 - F 24	10 x 20 a 80 x 140	6 m

### Metal desplegado

#### 1) Metal desplegado de acero al carbono para la construcción tipo romboidal



Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan en losas y suelos, canalizaciones, desagües circulares y ovalados, piscinas, etc.

Designación DM / E / M :

- DM = Diagonal Mayor ( mm )
- E = Espesor en mm
- M = Masa del material desplegado en  $Kg/m^2$

Se provee en hojas de 1,20 x 3,00 m y en rollos.

2) Metal desplegado de acero al carbono e inoxidables estructural. Romboide y hexagonal.

Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan en pasarelas, plataformas, pisos, escalones, rampas, etc.

Designación y provisión ídem anterior

3) Metal desplegado de acero al carbono para yesería

Sus aplicación y usos mas comunes se dan en taparrolos, mochetas, revoque de vigas, etc. Se designa igual a los anteriores y se suministra en hojas de 0,75m x 2 m o en rollos. Se fabrica en varios tipos.

#### **Productos Planos:**

1) Chapas de aceros al carbono, laminados en caliente, en hojas y bobinas, en espesores de  $1,60 \geq 15,5$  mm inclusive.

Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan, para el acero F00, en construcciones metálicas, en perfilería, en techo estampados autoportantes etc y para las de tipo F20 – F22 – F24 – F30 – F35 – F40, construcciones metálicas. Se proveen en hojas en 1 x 2 m, 1,22 x 2,44 m y 1,50 x 3,00 m. Se designan por el espesor en mm.

2) Chapas de acero al carbono, laminadas en caliente, en hojas en espesores de 12,71 a 25,4 mm.

Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan en construcciones de defensas para puentes, perfiles doblados en V a  $60^\circ$ , columnas poligonales, etc.

3) Chapas de aceros al carbono, laminadas en caliente, sin de capar, antideslizantes y chapas estampadas en frío antideslizantes.

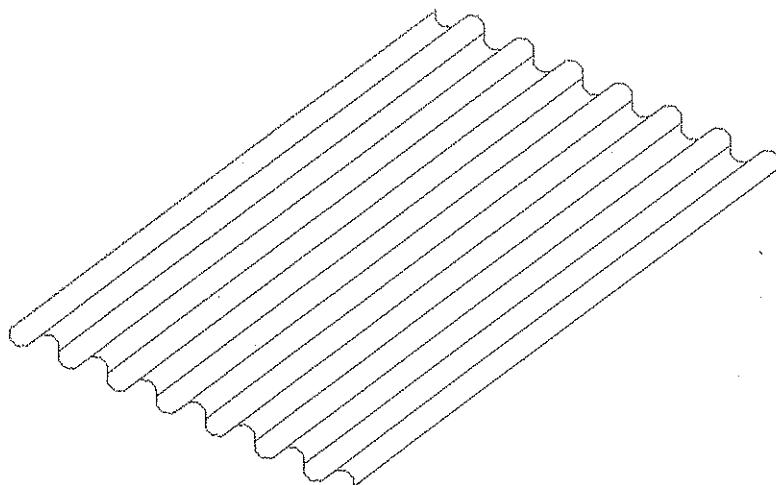
Sus usos mas comunes se dan un pisos, pasadizos, peldaños, etc.

4) Chapas de acero al carbono cincadas o aluminizadas sus aplicaciones mas comunes se dan en cerramientos laterales y en panelería.

5) Chapas de acero, circados por inmersión en caliente y prepintadas.

Sus aplicaciones mas comunes se dan en estructuras metálicas en general, cubiertas de techos, cerramientos laterales, etc.

#### **Chapas Onduladas para Cubierta:**



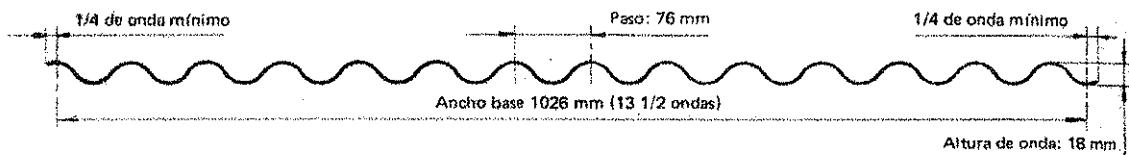
Constituye otra de las formas de utilización de las chapas metálicas las que al ser lisas y delgadas tienen poca o ninguna rigidez, se deforman fácilmente, una cubierta de chapa lisa sería prácticamente imposible por cuanto de no mediar una total superficie de apoyo sería completamente intransitable y deformable, por lo tanto se las ondula. A los efectos de darles resistencia a la corrosión ( cosa que no se puede incorporar en forma económica al acero ) se hace necesario recubrir las chapas con una película protectora en este caso se emplea el cinc, lo que da por resultado el acero galvanizado "chapa galvanizada" nombre que no es correcto porque la operación no se hace por método electrolítico sino que se hace por inmersión, se sumerje la chapa en un baño de cinc y se reitera arrastrando una capa de cinc de cada una de sus caras. Estas chapas se fabrican en tamaño tipificado en cuanto al tipo de la chapa y el espesor, el ancho es normal y constante de 66 cm, vale decir que borde a borde tiene siempre esa medida, los largos varían a partir de 6 pies y siguen 7 - 8 - 9 - 10 - 11 finalmente 12, vale decir 3,66 mm.

Los espesores usuales y corrientes para este tipo de chapa se especifican con números que corresponden a las escalas B W G 24 - 26 que corresponden a 0,56 y 0,46 mm respectivamente.

## 2/ CHAPA DE ACERO CONFORMADAS, DE PERFIL ACANALADOS TRAPEZOIDAL Y TESADO.

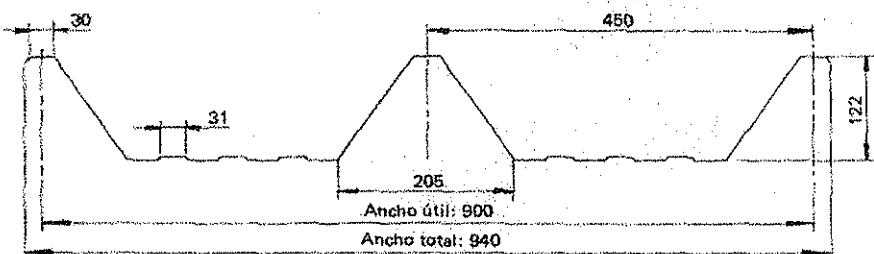
### TIPOS DE CONFORMACION:

a) ACANALADAS DE 11 Ó 13.5 ONDAS.

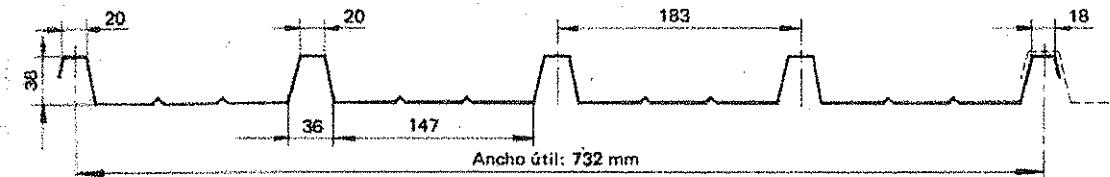


b) TRAPEZOIDALES.

Conformada - 11



c) TEJADO.



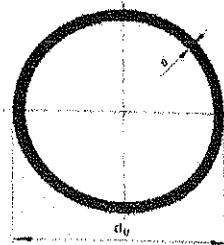
LAS CHAPAS CONFORMADAS SE FABRICAN EN DISTINTAS MEDIDAS Y ACABADOS ; PUEDEN SER AUTOPORTANTES O NO.  
CADA FABRICA TIENE SU DISEÑO Y CARACTERISTICAS PROPIAS.

CAÑERIAS.

1/ CAÑOS DE ACERO PARA CONDUCCION DE AGUA Y GAS.-

Sus principales aplicaciones y usos se dan en instalaciones troncales de distribución de agua y gas natural.

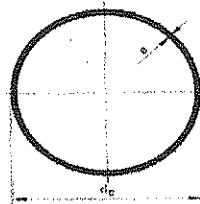
DESIGNACION		DIAMETRO	ESPESOR DE PARED		LONGITUD
IRAM	COMERC.	EXTERIOR de=mm	LIVIANA e=(mm)	PESADA e=(mm)	DE FABRICA (m)
10-15-20	3/4-1 1/2-3/4	17,2 -21,3	2,00	2,35	
25-32-40	1-1 1/4.....	26,9.....	a	a	
50-65-75	.....	.....	4,75	6,35	6,4
80-100-125-150	5 y 6	165,1			



Se fabrica con y sin costura, con o sin recubrimiento interior y exterior de zinc obtenido por inmersión en caliente. Los extremos pueden ser lisos o roscados en cuplas.

## 2/ CAÑOS DE ACERO PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.

DESIGNACION		DIAMETRO	ESPESOR DE PARED			LONGITUD
IRAM	COMERC.	EXTERIOR de=mm	SERIE LIVIANA e=(mm)	SERIE MEDIANA e=(mm)	SERIE SEMIPESADA e=(mm)	DE FABRICA (m)
RL 6 LL 19/17	3/4	19,05	0,80	1,25	1,40	
RL 6 LL 25/23	1	25,4	0,90	1,25	1,40	
RL 6 LL 38/35	1 1/2	38,1	1,25	1,25	1,60	
RL 6 LL 51/48	2	50,8	1,40	1,6	2,00	3



RL = CAÑOS DE ACERO ROSCADOS

LL = CAÑOS DE ACERO SIN ROSCAR

Se entregan con un recubrimiento interior y exterior de extremos, pueden ser roscados con cuplas o lisos con uniones a presión.

Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan , en instalaciones eléctricas en edificación y su equipamiento comunitario.

## 3/ CAÑOS DE ACERO PARA LOSAS RADIANTES

Su aplicación mas común es en instalaciones de losas radiantes.

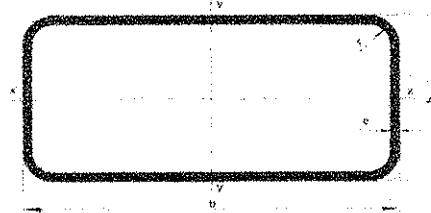
DESIGNACION COMERCIAL: ½ y ¾

DIAMETRO EXTERIOR: 21,3 y 26,9 mm

ESPESOR DE PARED: 2,8 y 2,9 mm

LONG. FAB. : 6,40 m

#### 4/ CONDUCTORES DE ACERO PARA CANALIZACIONES DE CONDUCTORES ELECTRICOS BAJO PISO.



Longitudes fijas establecidas por convenio.  
Con recubrimiento interior y exterior de una capa de esmalte, cincados o aluminizados.

#### 5/ CAÑOS DE FUNDICION.

Son moldeados por centrifugación, lo que les confiere una estructura homogénea, compacta, de grano fino y mayor resistencia. Los caños de fundición deben recocerse, porque al enfriarse rápidamente la superficie exterior queda templada y frágil.

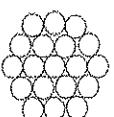
El uso mas frecuente es en canalizaciones de aguas potables y gas, se fabrican de 3 a 4 m de longitud y diámetros de 40 a 1200 mm. Los espesores varían desde 10 a 35 mm.

#### 6/ CAÑOS DE ACERO INOXIDABLE

Su mayor aplicación se realiza en instalaciones de agua fría y caliente en edificios. Su fabricación en diámetros de 3/8, 1/2, 3/4 y 1 pulgadas y su conexión se ejecuta a presión.

#### CABLES:

Son cuerpos flexibles formados por la reunión de alambres alrededor de un alma de cáñamo o hierro dulce para constituir cordones y varios de estos reunidos por torsión en forma de hélice integran los cables..-



Los cables se clasifican :

Tractores : cuando están destinados a elevar o arrastrar cuerpos  
Portantes : para construcción de puentes

La resistencia de los alambres varia de 60 a 220 Kg/mm<sup>2</sup>, según sean los aceros corrientes o especiales.

Los cables se ensayan a tracción, cortadura y plegado a 180°.-

### ALAMBRES DE ACERO:

- 1/ Trafilado seco. Es el proceso de fabricación de los alambres que se caracteriza porque el material está seco y se utilizan lubricantes, secos.
- 2/ Trafilado húmedo. Es el proceso de fabricación de los alambres que, además de requerir un lubricante húmedo, exige que el material a tratar tenga una preparación superficial que actúe como lubricante.
- 3/ Alambre de acero de sección circular. Es el producto de hasta 13 mm de diámetro que se obtiene por trafilado de barras o rollos laminados en caliente, previamente desoxidadados.
- 4/ Alambre de acero redondo grueso. Es el alambre de sección circular de 2mm a 13 mm de diámetro.
- 5/ Alambre de acero redondo fino. Es el alambre de sección circular de menos de 2 mm de diámetro.
- 6/ Alambre de acero perfilado. Es el alambre de sección distinta que la circular.

### Clasificación de los alambres redondos gruesos.

- 1/ Alambre natural. Es el alambre que después de trafilado no se somete a ningún tratamiento.
- 2/ Alambre recocido. Es el alambre que después de trafilado se recoce.
- 3/ Alambre limpio y liso. Es el alambre cuya superficie está preparada para ser esmaltada, estafizada, etc.
- 4/ Alambre normalizado. Es el alambre obtenido de barras o rollos calentados a temperaturas superiores a las del punto crítico del material y enfriado lentamente para conseguir mayor blandura.
- 5/ Alambre patentado. Es el alambre obtenido de barras o rollos, de alto tenor de carbono, calentados hasta la temperatura especificada.
- 6/ Alambre para trabajar en frío. Es el alambre que se caracteriza por ser apto para forjarlo en frío.
- 7/ Alambre encapado. Es el alambre que por un procedimiento especial resulta cubierto con una capa de cal u otro producto similar.
- 8/ Alambre cobreado. Es el alambre obtenido en barras o rollos preparados en forma tal, que después de haber sido trafilado en húmedo presentan una capa muy fina de cobre.

9/ Alambre revestido. Es el que por un procedimiento especial resulta con un revestimiento protector contra los agentes oxidantes, corrosivos, etc.

10/ Alambre estañado. Es el alambre que mediante un procedimiento adecuado resulta con un revestimiento de estaño.

11/ Alambre emplomado. Es el alambre que mediante un procedimiento adecuado resulta con revestimiento de plomo.

12/ Alambre negro barnizado. Es el alambre que después de recocido recibe un revestimiento de barniz.

13/ Alambre cincado. Es el alambre que mediante un procedimiento adecuado resulta con un revestimiento de cinc.

14/ Alambre estañado, trafileado. Es el alambre que antes de su trafileación final recibe un revestimiento de estaño.

15/ Alambre trafileado. Es el alambre que antes de su trafileación final recibe un revestimiento de cinc.

#### TORNILLERIA

1/ Tornillo. Es el elemento roscado, total o parcialmente, que sirve para unir dos partes, una de las cuales hace las veces de tuerca. Consta de cabeza y espiga y según su uso se distinguen principalmente dos tipos: tornillos para madera y tornillos para metales.

2/ Tuerca: Es el elemento de forma adecuada para su ajuste con llave, con un agujero roscado, que se atornilla con la rosca de otro elemento roscado.

3/ Bulón. Es el elemento compuesto por un tornillo y una tuerca que sirve para unir partes con agujeros no roscados.

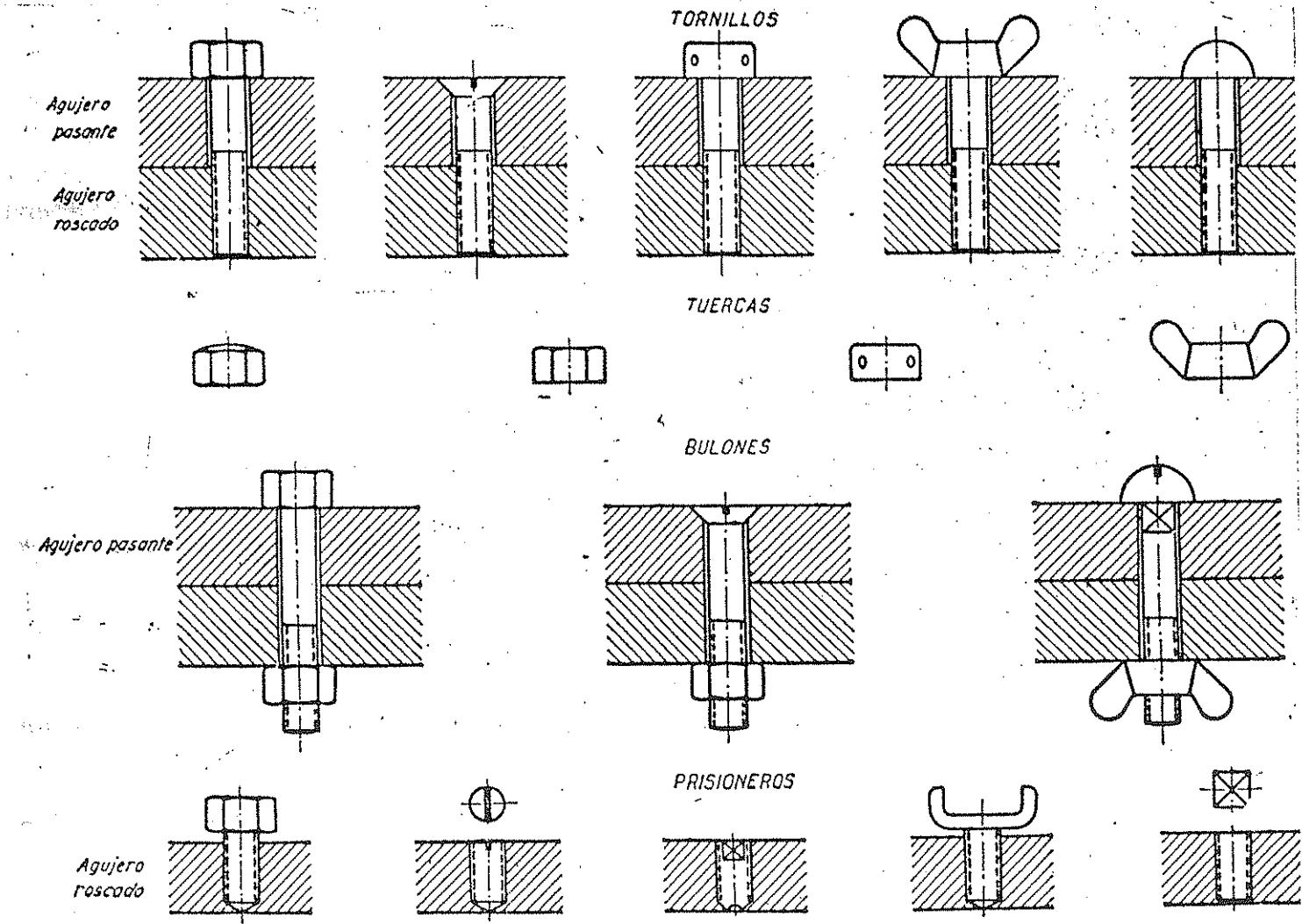
4/ Tornillos para metales. Es un tornillo de espiga cilíndrica que se atornilla a una parte metálica roscada.

5/ Prisionero. Es el elemento roscado en toda la longitud de su espiga que, atornillado en una pieza, ejerce presión en otra con su punta de forma especial.

6/ Tilla o espárrago. Es el elemento sin cabeza cuya espiga se halla roscada totalmente o solo en los extremos.

7/ Tornillos para madera. Es un tornillo con rosca especial de punta tipo barreno y de cabeza ranurada que, al ser colocado mediante un destornillador, forma la rosca en el material al que se atornilla.

8/ Tirafondo. Es un tornillo para madera de cabeza adecuada para su ajuste con llave.



A título ilustrativo se indican los espesores correspondientes a algunos números en las escalas más usadas, cuando se hace la medición de chapas y alambres.

Escala de París	J.deP.
Birmingham Gauge	B.G.
Birmingham Wire Gauge	B:W. G.
Standart Wire Gauge	S.W.G.
Brown and Sharpe	B.S.G.

Nº	J. De P.	B . G.	B.W.G.	S.W.G.	B.S.G.
10	1,50 mm	3,17 mm	3,40 mm	3,25 mm	2,59 mm
11	1,60 mm	2,83 mm	3,05 mm	2,95 mm	2,30 mm
12	1,80 mm	2,52 mm	2,77 mm	2,64 mm	2,05 mm
13	2,00 mm	2,24 mm	2,41 mm	2,34 mm	1,83 mm
14	2,20 mm	1,99 mm	2,11 mm	2,03 mm	1,63 mm
15	2,40 mm	1,77 mm	1,83 mm	1,83 mm	1,45 mm
16	2,70 mm	1,59 mm	1,65 mm	1,63 mm	1,29 mm

### **REGLAS REFERENTES A LAS NORMAS PARA ACEROS SAE e IRAM.-**

En las Normas SAE e IRAM, el primer dígito o número indica el tipo de acero de que se trata y el segundo dígito corresponde en algunos casos, al porcentaje del elemento predominante o la suma de los elementos predominantes, si se trata de un acero de aleación, conforme se aclara en los siguientes ejemplos:

Ejemplo Nº1 – Acero al carbono (C) : SAE o IRAM 1010

El primer dígito indica que se trata de un acero al carbono; el segundo dígito “0”, significa que no predomina ningún elemento de aleación; y el ultimo número “10”, representa el porcentaje de carbono, que en este ejemplo es aproximadamente del 0.10%.

Ejemplo Nº2 – Acero al cromo - níquel (CrNi) : SAE o IRAM 3140

El primer dígito “3” indica que se trata de un acero al cromo- níquel, el segundo dígito “ 1” significa el porcentaje de la suma de los elementos de aleación predominantes, en este caso cromo y níquel ( Ver tabla III).

El numero “ 40” representa el porcentaje de carbono, que viene a ser de aproximadamente 0.40%.

Ejemplo Nº3 – Acero al cromo - níquel ( CrNi): SAE o IRAM 3310

El primer dígito “3” indica como en el ejemplo anterior, que se trata de un acero al cromo - níquel; el segundo dígito “3” también en este caso significa la suma de los porcentajes de los elementos de aleación predominantes cromo y níquel ( Ver Tabla IV), observándose que dicho porcentaje es mayor que en el Ejemplo Nº2, lo que trae como consecuencia una más alta resistencia a la ruptura ( Comparar Tablas III yIV). El número “ 10” representa el porcentaje de carbono que es aproximadamente del 0.10%.

Ejemplo Nº 4 – Acero al sulfuro- manganeso ( Acero para maquinas automáticas): SAE o IRAM 1112

Para este acero, también llamado acero de tornillería, “ Bessemer”, o de facil mecanizado, el primer número “11” indica que se trata de un acero al sulfuro - manganeso ( S-Mn) y el segundo número “12” representa el porcentaje de carbono, que en este caso es aproximadamente del 0.12 % ( Ver tabla II).

**Resistencia a la ruptura:** Los valores de la resistencia a la ruptura (límite de ruptura en Kg/mm<sup>2</sup>) de algunos tipos de aceros laminados en caliente, están relacionados con el porcentaje de carbono ( C) que contienen y si se trata de aceros al cromo – níquel ( CrNi), con el porcentaje que representa la suma de estos dos elementos de aleación. Daremos a continuación algunas reglas simples para obtener, de un modo aproximado, la resistencia a la ruptura de estos aceros.

**Aceros al Carbono:** Para los aceros al carbono, en los que el porcentaje de carbono oscila entre 0.10 y 0.50 %, la resistencia a la ruptura en kg/mm<sup>2</sup> se determina, sumando a la cifra que corresponde al porcentaje de carbono, el guarismo “20”, recordando al efecto que en las Normas SAE e IRAM los dos últimos dígitos indican el porcentaje de carbono.

Ejemplo: SAE e Iram 1020, el “20” equivale a 0.20% de C, o sea  $20+20=40\text{kg/mm}^2$  ( Ver tabla I).

Cuando el porcentaje de carbono oscila entre 0.60 y 0.80 , los guarismos a sumar son los de la siguiente escala: Para 0.60%+10; para 0.70% + 5 para 0.80% +0.

**Aceros al cromo-níquel:** En los aceros al cromo-níquel las Normas SAE e IRAM, según hemos visto, indican con el segundo número el porcentaje de Cr+Ni. Cuando este número es “1”, se obtiene la resistencia a la ruptura en kg/mm<sup>2</sup> sumándole al porcentaje de carbono el guarismo “40”. Ejemplo: Acero SAE e IRAM 3115, el “15” significa 0.15% de C, por lo tanto,  $15 + 40 = 55\text{ kg/mm}^2$  ( Ver Tabla III).

Si el resultado Cr+Ni es mayor de “1”, se procede a sumar al porcentaje del C el guarismo “80”. Ejemplo: Acero SAE eIRAM 3312, vale decir con 0.12% de C. Se tiene entonces  $12+80=92\text{ kg/mm}^2$  ( Ver Tabla IV).

Los ejemplos precedentes muestran la incidencia de los porcentajes de Cr y Ni en el aumento de la resistencia a la ruptura.

**Aceros para maquinas automáticas:** Estos aceros tienen un porcentaje mayor de azufre y de manganeso ( S-Mn) que los aceros al carbono.

En este caso , para memorizar la resistencia a la ruptura, solo basta sumar a la cifra representativa del porcentaje de carbono, el guarismo “30”. Ejemplo: Acero SAE e IRAM 1112 o sea con 0.12% de C10 que nos da  $12+30 = 42\text{kg/mm}^2$ .

TABLA I – Aceros al Carbono. Resistencia a la ruptura

Normas SAE o IRAM	Promedio de Carbono	Suma del porcentaje de carbono y guarismo “20”	Límite de ruptura para laminados en caliente
1010	0,1	$10+20=30$	$30\text{ kg/mm}^2$
1015	0,15	$15+20=45$	$35\text{ kg/mm}^2$
1020	0,2	$20+20=40$	$40\text{ kg/mm}^2$
1025	0,25	$25+20=45$	$45\text{ kg/mm}^2$
1030	0,3	$30+20=50$	$50\text{ kg/mm}^2$
1035	0,35	$35+20=55$	$55\text{ kg/mm}^2$
1040	0,4	$40+20=60$	$60\text{ kg/mm}^2$
1045	0,45	$45+20=65$	$65\text{ kg/mm}^2$
1050	0,5	$50+20=70$	$70\text{ kg/mm}^2$
A partir del 1060, el guarismo a sumar varía en la siguiente Forma decreciente ( +10, +5, +0)			
1060	0,6	$60+10=70$	$70\text{ kg/mm}^2$
1070	0,7	$70+5=75$	$75\text{ kg/mm}^2$
1080	0,8	$80+0=80$	$80\text{ kg/mm}^2$

**TABLA II – Aceros para maquinas automáticas. Resistencia a la ruptura.**

Normas SAE o IRAM	Promedio de Carbono	Suma del porcentaje de carbono y guarismo "20"	Límite de ruptura para laminados en caliente
1112	0.12	12+30=42	42 kg/mm <sup>2</sup>
1115	0.15	15+30=45	45 kg/mm <sup>2</sup>
1120	0.2	20+30=50	50 kg/mm <sup>2</sup>
1140	0.4	40+30=70	70 kg/mm <sup>2</sup>

**TABLA III - Aceros al Cromo- Níquel. Resistencia a la ruptura.**

Normas SAE o IRAM	Porcentaje de		Promedio de Carbono	Suma del porcentaje de carbono y guarismo "40"	Límite de ruptura para laminados en caliente
	Cromo %	Níquel %			
3115	0.65	1.25	0.15	15+40=55	55 kg/mm <sup>2</sup>
3130	0.65	1.25	0.3	30+40=70	70 kg/mm <sup>2</sup>
3140	0.65	1.25	0.4	40+40=80	80 kg/mm <sup>2</sup>
3150	0.8	1.25	0.5	50+40=90	90 kg/mm <sup>2</sup>

**TABLA VI - Aceros al Cromo- Níquel, con mayor porcentaje de níquel y de cromo. Resistencia a la ruptura.**

Normas SAE o IRAM	Porcentaje de		Promedio de Carbono	Suma del porcentaje de carbono y guarismo "80"	Límite de ruptura para laminados en caliente
	Cromo %	Níquel %			
3312	1.58	3.5	0.12	12+80=92	92 kg/mm <sup>2</sup>
3340	1.58	3.5	0.4	40+80=120	120 kg/mm <sup>2</sup>

## **ACEROS PARA HORMIGON ARMADO:**

El primer acero que se utilizó para estructuras de hormigón armado fue el acero común en forma de barras de sección teóricamente circular y de superficie lisa. Este acero se autorizó con una tensión admisible de 120 MPa (1200 kg/cm<sup>2</sup>) y aun menos como en el caso de puentes, que se permitía con una tensión de 90 Mpa (900kg/cm<sup>2</sup>).

En la actualidad la armadura en el hormigón está constituida por barras de acero estructural de sección transversal circular. Estas barras se caracterizan según la resistencia del acero (tensión de fluencia, o de rotura, la conformación superficial y el tipo de tratamiento a que fueron sometidas.-

## **TIPOS DE ACEROS**

Se establecen los siguientes tipos de acero para armaduras.

- I- Acero común.
- II- Común torcionado en frío.
- III- Conformado para hormigón y torcionado en frío.
- IV- Estirado en frío para mallas.
- V- Conformado para hormigón y torcionado en frío.-

## ACEROS FABRICADOS EN EL PAÍS.

TIPO	DESIGNACION	CONFORMACIÓN
I	AL 22	Acero común liso laminado en caliente, sin tratamiento
III	ADN 42	Acero conformado para hormigón armado, dureza natural
	ADM 42	Acero conformado para hormigón armado, dureza mecánica
IV	AM 50-L	Alambres lisos estirados en frío para hormigón armado
	AM 50-P	Alambres perfilados, estirados en frío para hormigón armado
	AM 50-N	Alambres nervurados estirados en frío para hormigón armado
V	ADM 60	Acero dureza mecánico, conformado, de alta resistencia para hormigón armado

**ASPECTO SUPERFICIAL DE LAS BARRAS DE ACERO:** La superficie de las barras no deberá presentar virutas, escamas, asperezas ni otros defectos capaces de producir heridas durante la manipulación. Además, las barras estarán libres de grietas, sopladuras y otros defectos que puedan afectar desfavorablemente la resistencia o condiciones de doblado de las barras.

**DIAMETROS NOMINALES:** Para la construcción de estructuras de hormigón armado se fabrican barras con los siguientes diámetros nominales, expresados en mm.

4.2 – 5 – 6 – 8 – 10 – 12 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 .-

### CARACTERISTICAS MECANICAS

Los aceros que constituyen las armaduras de las estructuras de hormigón armado están definidos por características cuantitativas y características cualitativas.

### CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS

Las características cuantitativas son las siguientes:

- a/ Límite de fluencia por tracción ( Límite convencional correspondiente al 0.2% de deformación permanente para aceros que carecen de límite de fluencia real).
- b/ Resistencia de rotura por tracción  $\sigma_{er}$
- c/ Alargamiento de rotura por tracción  $\varepsilon_{er}$

Las características cuantitativas indicadas se definen mediante resultados de ensayos de tracción realizados de acuerdo en la Norma IRAM correspondiente.

Los valores  $\sigma_{ef}$  y  $\sigma_{er}$  se expresan en Mpa y Kg/mm<sup>2</sup>.

## **CARACTERISTICAS CUALITATIVAS**

Tienen relación directa con las condiciones de las barras en lo que se refiere a su preparación y doblado para constituir las armaduras. Estas características se controlan mediante ensayos de plegado que consiste en curvar la barra alrededor de un mandril de diámetro prefijado.-

## **PLEGADO**

En los aceros de superficie lisa, se hace un ensayo de plegado simple, consistente en curvar en 3.14 rad. (180°) la barra alrededor de un mandril de diámetro igual a 2ds.- La barra no debe romperse ni presentar agrietamientos.

Para los aceros de superficie conformada, se hace el ensayo de plegado replegado, que consiste en curvar en 1.57rad. (90°) la barra alrededor de un mandril de diámetro determinado ( ver norma respectiva ), hacerle luego un envejecimiento artificial consistente en un calentamiento a 523 K (250 °C) durante 30 minutos, dejarla enfriar lentamente y finalmente, enderezarla.- La barra no debe romperse ni agrietarse:

## **APTITUD DE SOLDADURA DE LOS ACEROS**

Aptitud de soldadura que deben reunir los aceros mediante la nomenclatura siguiente:

RA: soldadura al tope por resistencia eléctrica.

E: soldadura por arco eléctrico, con material de aporte.

RP: soldadura de puntos por resistencia eléctrica.

Los aceros para hormigón armado poseen las siguientes aptitudes de soldadura:

AL – 22 soldadura RA.

ADN 42 soldadura RA, RP y E (  $d \geq id$  )

Las uniones soldadas originan concentraciones de tensiones y alteran localmente la estructura del acero, de modo que pueden afectar considerablemente la resistencia a la fatiga.

## **RESISTENCIA A LA FATIGA DE ACROS PARA H.A.**

En los elementos estructurales de hormigón armado sometidos a cargas repetidas ( tableros de puentes, etc.) se debe tener cuidado de no sobrepasar la resistencia a la fatiga del acero.-

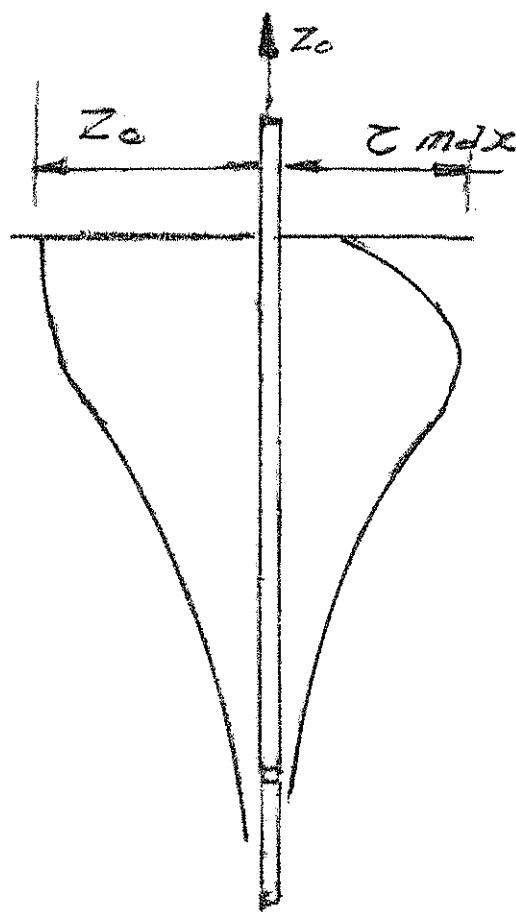
La resistencia a la fatiga esta influenciada por la forma, disposición y tamaño de las nervaduras en los aceros con conformación superficial, ya que las nervaduras originan concentración de tensiones que afectan el comportamiento del acero bajo tensiones repetitivas.-

### ADHERENCIA:

Una barra de acero embutida en hormigón ofrece una considerable resistencia al arrancamiento. El acero recubierto con hormigón fresco, durante el proceso de fraguado se desarrolla en la superficie de contacto, efectos de vínculo que aumentan durante el endurecimiento y se mantienen permanentemente.

Se debe a un aspecto de la naturaleza que la vinculación acero hormigón sea permanente ya que tanto el acero como el hormigón poseen aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación técnica.

La mejor adherencia se obtiene en barras de acero con película de laminado o capa delgada de oxidación, firmemente adheridas. Las barras pulidas no adhieren bien y las oxidadas con escamas son incuestionablemente inconvenientes.



$Z_0$  = Fuerza de Tracción

$\tau$  = Tensión de adherencia.  
La adherencia crece a partir de la superficie, alcanza un valor máximo ( $\tau$  Máx.) y luego tiende a cero

## **1. ACERO TIPO I**

Barras de acero de sección circular para hormigón armado, laminadas en caliente.

**1.1. APLICACIONES :** Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan en estructura de hormigón armado, como armadura resistente.

**1.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:**

Designación	Resistencia a la Tracción característica $\sigma_{tk}$ , MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia característica $\sigma_{flk}$ , MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento de rotura característica $\Delta 10 k$ %
AL 22	$\geq 334$ ( $> 34$ )	$\geq 216$ ( $\geq 22$ )	$\geq 18$

### **1.3. FORMA DE SUMINISTRO**

Presentación	Diámetros nominales Mm	Longitud nominal m
En rollos	6 a 10	
En Barras	6 a 50	12

## **2. ACERO TIPO III**

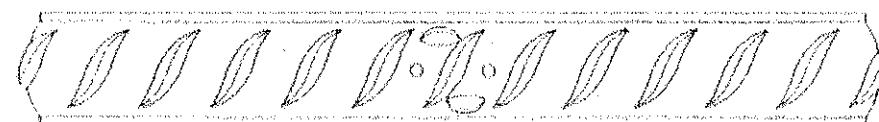
2.a) Barras de acero conformadas, de dureza natural, para hormigón armado

2.a.1) **APLICACIONES:** Sus aplicaciones y usos mas comunes, se dan en estructuras de hormigón armado resistente y en estructuras de hormigón pretensado, como armadura pasiva.

2.a.2) **CARACTERISTICAS MECÁNICAS:**

Designación	Diámetros de fabricación mm.	Resistencia a la tracción característica $\sigma_{tk}$ , MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia característica $\sigma_{flk}$ , MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento de rotura característica $\Delta 10 k$ %
ADN-42	6 a 40	$\geq 490$ ( $\geq 50$ )	$\geq 412$ ( $\geq 42$ )	12

**2.a.3) CONFORMACION SUPERFICIAL:** La superficie de las barras conformadas de dureza natural presentan dos nervaduras longitudinales continuas, ubicadas sobre generatrices opuestas, con dos filas de nervios cortos transversales, paralelos entre si e inclinados respecto a su eje longitudinal.  
Se identifican con el tipo del fabricante conformado en la barra.



#### 2.a.4) FORMA DE SUMINISTRO

Presentación	Diámetros nominales Mm	Longitud nominal m
En rollos	6 a 12	
En Barras	6 a 40	12

2b) Barras de acero conformadas, de dureza mecánica, para hormigón armado, en caliente y torcionadas o estiradas en frío.

2b1) **APLICACIONES:** Sus aplicaciones y usos mas comunes se dan, en estructuras de hormigón armado, como armadura resistente; y en estructuras de hormigón pretensado, como armadura pasiva.

#### 2b2) CARACTERISTICAS MECÁNICAS

Designación	Diametros de Fabricación mm	Resistencia a la Tracción Característica $T_{tk}$ MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia Característico $T_{fk}$ MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento de Rotura Característico $A_{10k}$
ADM - 42	Ta 32	> 490 (> 50)	> 412 (> 42)	10

#### 2b3) CONFORMACION SUPERFICIAL

2b3.1) **BARRAS TORCIONADAS:** Las barras torcionadas presentan dos nervaduras helicoidales continuas y, cuando son de adherencia mejorada, presentan ademas dos filas de nervios cortos transversales, paralelos entre si, inelinatiados con respecto al eje longitudinal de la barra.



ADM-42

Diámetros  
mm  
6 a 10



12 a 32



2b3.2) **BARRAS ESTIRADAS:** Las barras de acero estiradas presentan dos nervaduras continuas longitudinales, ubicadas sobre generatrices opuestas y dos filas de nervios cortos transversales, paralelos entre si e inclinados respecto a su eje longitudinal.

Conformación superficial e identificaciones.



#### 2b4) FORMA DE SUMINISTRO:

Presentación	Diámetros Nominales mm	Longitud Nominal m
en barras	6 a 32	12

### 3) ACERO TIPO IV

Alambres de acero lisos y conformados para hormigón armado.

3.1) **APLICACIONES:** Sus aplicaciones y usos más comunes se dan, en estructuras de hormigón armado, como armadura resistente.

#### 3.2) CARACTERISTICAS MECÁNICAS:

Designación	Resistencia a la Tracción característica $\sigma_{tk}$ . MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia característica $\sigma_{fk}$ . MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento de rotura característica A 10 k %	Designación
ATR - 50	3 a 12	$\geq 539$	$\geq 490$	
AM - 50		( $\geq 55$ )	( $\geq 50$ )	6

#### 3.3) CONFORMACION SUPERFICIAL

3.3.1) **ALAMBRE LISO:** Alambre conformado con entrantes identaciones de igual forma y dimensiones, distribuidas uniformemente sobre su periferia en dos o más filas longitudinales.

tres filas de entrantes.



3.3.3) **ALAMBRES NERVURADOS:** Alambres conformados con salientes (nervios) de igual forma y dimensiones, distribuidos sobre la periferia en dos o mas filas longitudinales.

Los alambres de diametro menor a 5 mm, presentan dos filas de nervios cortos transversales, paralelos entre si e inclinados respecto al eje longitudinal.

Los alambres de diámetro igual o mayor a 5 mm presentan tres filas de nervios cortos transversales.



#### 3.4) **FORMA DE SUMINISTRO:**

Presentación	Diámetros Nominales mm	Longitud Nominal m
en rollos	3 a 4.2	12
en barras	4.2 a 12	

#### 4) **ACERO TIPO V**

Barras de acero conformadas, de dureza mecánica, para hormigón armado, laminados en caliente y torsionadas o estiradas en frio.

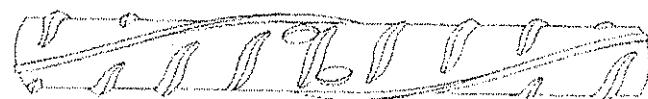
4.1) **APLICACIONES:** Sus aplicaciones mas comunes se dan, en estructuras de hormigón armado, como armadura resistente.

#### 4.2) **CARACTERISTICAS MECANICAS**

Designación	Diámetros de Fabricación mm	Resistencia a la Tracción característica $\sigma_{tk}$ , MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Límite de Fluencia característica $\sigma_{flk}$ , MPa (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento de rotura característica A 10 k %
ADM - 60	6 a 32	$\geq 647$ ( $\geq 66$ )	$\geq 588$ ( $\geq 60$ )	$\geq 8$

4.3) **CONFORMACION SUPERFICIAL** : Las barras de acero tercionadas presentan dos nervaduras helicoidales continuas y dos filas de nervios cortos transversales, paralelos entre si, inclinados con respecto al eje longitudinal.

AOM-60



4.4) **FORMA DE SUMINISTRO:**

<i>Presentación</i>	<i>Diámetros Nominales mm</i>	<i>Longitud Nominal m</i>
<i>en barras</i>	<i>6 a 32</i>	<i>12</i>

## 5- Malla de Acero Soldada para Hormigón Armado:

Sus aplicaciones y usos más comunes se dan, en estructuras de hormigón armado como armadura resistente, por ejemplo en losas, tabiques, premoldeados, caños, pavimentos, etc.

### 5.1- Características mecánicas:

Esta conformada por alambre liso (L), alambres perfilados (P) y alambres nervurados (N), de acero AM-50, con una resistencia a tracción característica de > 539 Mpa (> 55 kg/mm<sup>2</sup>) y un alargamiento mínimo de rotura A10 del 6 %.

### 5.2- Conformación superficial:

5.2.a- Alambre Liso: Alambre de sección transversal circular y superficie lisa.

5.2.b- Alambres perfilados: Alambres conformados con entrantes (identaciones) de igual forma y dimensiones, distribuidas uniformemente sobre su periferia en dos o más filas longitudinales.

5.2.c- Alambres nervurados: Alambres conformados con salientes (nervios) de igual forma y dimensiones, distribuidas uniformemente sobre la periferia en dos o más filas longitudinales.

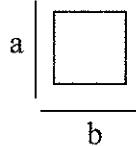
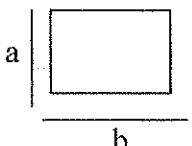
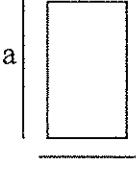
### 5.3- Designación y Disposición de Varillas:

Las mallas soldadas responden a una caracterización muy sencilla, dispuesta en función de la distribución y de la sección transversal de las varillas longitudinales.

#### 5.3.a- Tipos de Mallas:

- Tipo Q: Malla cuya disposición de barras forma cuadrados.
- Tipo R: Malla cuya disposición de barras forma rectángulos, con lado mayor en la dirección de las barras longitudinales.
- Tipo T: Malla cuya disposición de las barras forma rectángulos, con el lado mayor en la dirección de las barras transversales.

#### 5.3.b- Ejemplo de Designación:

Tipo de Malla	Modulo	Armadura Long/Transver				Denominación de los ejemplos
		a	b		sección	
		mm	mm	m	cm <sup>2</sup> /m	
Q		150	150	4.2/4.2	0.92	Q 92 (150-150-4.2-4.2)
R		150	250	6/4.2	1.88	R 188 (150-250-6.0-4.2)
T		250	150	6/4.2	1.13	T 113 (250-150-6.0-4.2)

La sección transversal por metro lineal de las varillas longitudinales caracteriza a cada malla. Para facilitar las diversas tareas, los dígitos que siguen a las letras Q, R y T equivalen a 100 veces dicha sección.

#### 5.4- Forma de Suministro:

Presentación	Diámetros Nominales mm	Medidas Nominales m	Forma de entrega
Paneles	3 a 12	2.15 x 5.00	En paquetes de 10 ó 50 paneles
Rollo	3 a 6	2.15 x 50.00	

#### 6- Aceros para Pretensados:

Son aceros de alta resistencia, ya sea de dureza natural u obtenido por trefilación o por templados con o sin tratamiento posterior. Junto a la alta resistencia requerida, deberán tener la ductilidad necesaria para resistir los esfuerzos locales en anclajes, curvaturas, etc.

Exigencias que deben cumplir los aceros de Pretensados:

- a- Resistencia elevada; para mantener reducidas las perdidas del esfuerzo de pretensado debidas a la Contracción y Fluencia Lenta del hormigón por Relajamiento del Acero.
- b- Límite de elasticidad alto; para que el relajamiento del acero sea pequeño.
- c- Límite de relajación debe ser bajo; el que será determinado a 1000 h y 20° C.
- d- Resistencia característica: para caracterizar un acero es necesario contar con la resistencia característica de rotura  $\sigma_{t,rk}$  y límite de fluencia convencional; el alargamiento de rotura y estrucción de rotura, conjuntamente con el diagrama de tensión-deformación.
- e- Módulos de elasticidad: serán los indicados por el fabricante o los obtenidos del diagrama torsión-deformación.
- f- Corrosión: debido a la sensibilidad de los aceros de alta resistencia a daños superficiales y a corrosión, especialmente bajo tensión, se deberán extremar los cuidados en el transporte, colocación y almacenamiento.
- g- El transporte y almacenamiento de los alambres deberá efectuarse en rollos de diámetros suficientemente grandes, para evitar tensiones peligrosas (corrosión bajo tensión) y deformaciones permanentes.
- h- Tipos de aceros: los aceros se proveen en forma de alambres aislados, lisos o conformados, alambres en ases paralelos, como barras, cordones ocables, etc.

#### 6.1- Alambres y Cordones para Hormigón Pretensado:

##### 6.1.a- Alambres:

- A- Alambre conformado para Hormigón Pretensado: sus aplicaciones y usos más comunes se dan, en estructuras premoldeadas de hormigón pretensado, como armadura resistente, o sea en losa hueca de hormigón pretensado y en viguetas de hormigón pretensado.

##### A.1- Medidas y Características mecánicas:

Diámetro Nominal mm	Designación	Carga Rotura Característica Qtk daN	Nº doblado Alternado
2.6	APC - 180	950	3
3.4	APC - 180	1620	3
4.2	APC - 180	2430	3
5.2	APC - 165	3530	3

Qtk: carga de rotura  
Característica del  
alambre, correspon-  
diente a la resisten-  
cia a la tracción.

A.2- Forma de Suministro: Se suministra en rollos de una masa aproximada de 240 kg.

B- Alambre de Acero para Hormigón Pretensado, Relevado de Tensiones: Su aplicación y uso se da, especialmente, como armadura de caños y depósitos de diversos diámetros.

B.1- Medidas y Características Técnicas:

Diámetro Nominal mm	Resistencia a la tracción MPa	Límite de Fluencia MPa	Alargamiento Mínimo S/7,2 d %	Doblado
				Alternado
				Nº
3.0	1800	1650	8	5
3.5	1700	1500	8	4
4.0	1600	1400	8	4
4.5	1500	1300	8	3
5.0	1400	1250	8	3

B.2- Forma de Suministro: Se suministra en rollos de una masa aproximada de 120 a 300 kg.

C- Alambre de Acero para Hormigón Pretensado “BR”, Baja Relajación: Sus aplicaciones y usos más comunes se dan en estructuras pretensadas, o sea, puentes, edificios, anclajes en rocas, represas, etc. (satisface las exigencias de los distintos sistemas de anclaje para alambres).

C.1- Medidas y Características Mecánicas:

Designación	Diámetro Nominal mm	Resistencia a la tracción característica Qtk MPa	Límite de fluencia característica Q' 0,2 k MPa	Alargamiento De rotura		Doblado Alternado	
				mínimo	Longitud de referencia Lo mm	Nº de doblado	Radio de doblado mm
APL - 160	4	1600	1400	4.6	4.6	4	10
APL - 140	5	1400	1250	5.0	10 d	4	15
APL - 170	7	1700	1500	5.0	10 d	10	35

C.2- Relajación:

Carga Inicial Qtk %	Relajación Máxima a 1000 h y 20° C Relajación baja “BR” %
60	1
70	2
80	3

C.3- Forma de Suministro: En rollos autodesarrollantes, de una masa aproximada entre 120 y 500 kg., de acuerdo con el diámetro.

6.1.b- Cordones:

A- Cordón de dos o tres alambres para Hormigón Pretensado: Sus aplicaciones y usos más comunes se dan en estructuras premoldeadas de hormigón pretensado, o sea, en losa hueca de hormigón pretensado y en viguetas de hormigón pretensado.

A.1- Medidas y Características Mecánicas:

<i>Designación del Cordón</i>	<i>Construcción del Cordón</i>	<i>Diámetro nominal de los alambres mm</i>	<i>Carga de rotura característica Qtk daN</i>	<i>Carga Máxima al 1 % de alargamiento Q1 daN</i>	<i>Alargamiento mínimo bajo carga sobre 200 mm A %</i>
C 180	2 x 1.84	1.84	950	Máximo el 95 % de la carga de rotura	2.5
	2 x 2.40	2.40	1620		
	3 x 2.40	2.4	2430		
C 165	3 x 3.00	3.00	3530		

A.2- Formas de Suministro: En rollos, con una masa aproximada por rollo de 100 a 200 kg, de acuerdo con el diámetro.

B- Cordón de 1 x 7 de Acero para Hormigón Pretensado “BR”, baja Relajación: Sus aplicaciones y usos más comunes se dan, en estructuras pretensadas, por ejemplo edificios, puentes, etc., y en estructuras pretensadas, o sea, vigas premoldeadas de gran luz, estructuras laminares premoldeadas, etc.

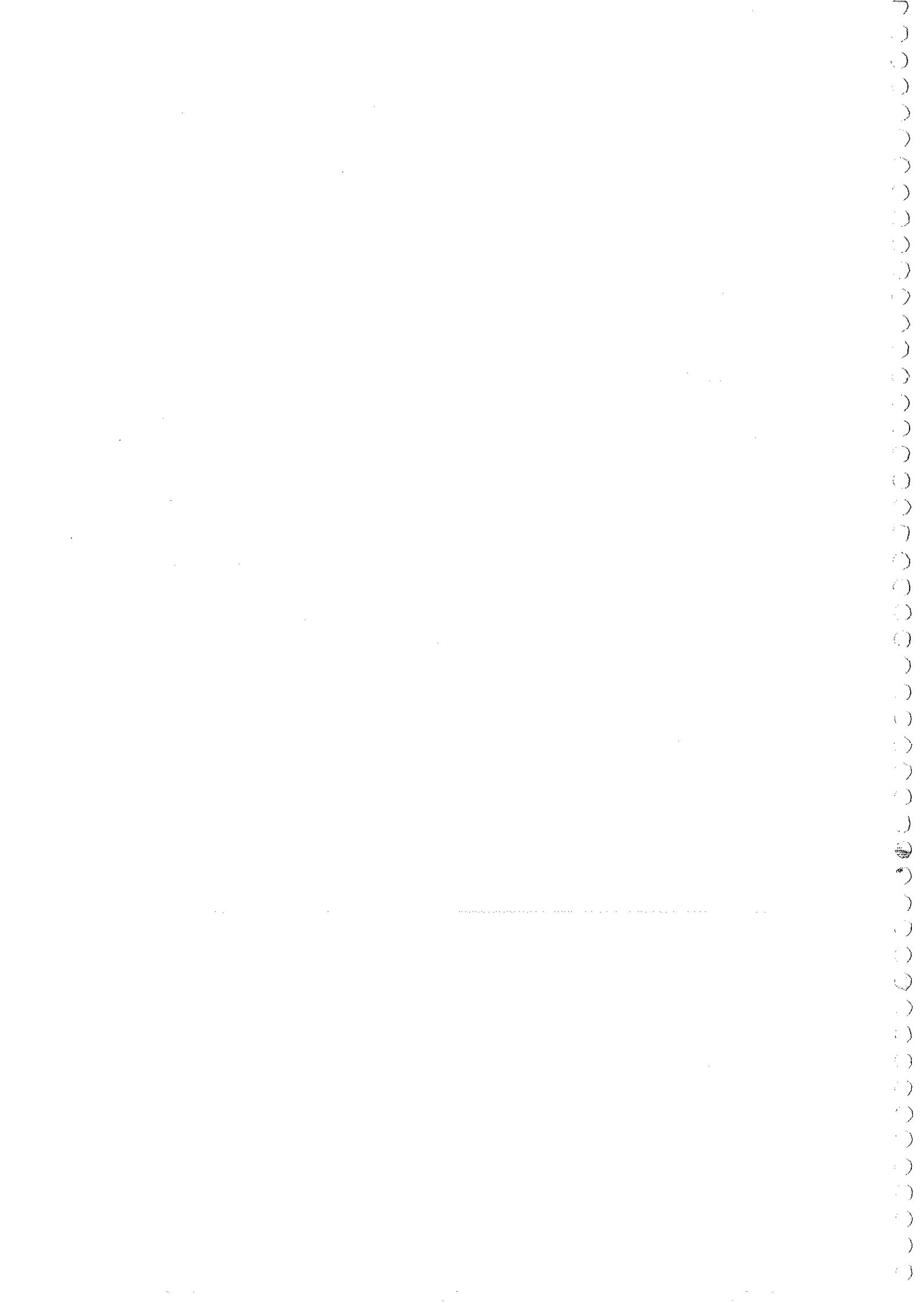
B.1- Medidas y Características Mecánicas:

<i>Designación del Cordón</i>	<i>Designación Comercial</i>	<i>Diámetro nominal del cordón mm</i>	<i>Carga de rotura característica Qtk daN</i>	<i>Carga de 1 % alargamiento característico Q1k daN</i>	<i>Alargamiento mínimo bajo carga sobre 600 mm A %</i>
C 175	Grado 250	9.5	8900	7560	3.5
		12.7	16010	13620	
		15.2	24020	20420	
C 190	Grado 270	12.7	18370	15610	
		15.2	26070	22150	

B.2- Relajación:

<i>Carga Inicial Qtk %</i>	<i>Relajación máxima a 1000 h y 20° C relajación baja “BR” %</i>
60	1.0
70	2.5
80	3.5

B.3- Formas de Suministro: En rollos autodesenrollantes, con una masa aproximada del rollo de 2000 a 3000 kg.



## COBRE

Fue conocido y empleado por el hombre prehistórico, que fabricó armas, utensilios y adornos, aleado con el estaño, formando el bronce.

Los egipcios ( 5000 años a. de J.C.) explotaban las minas de cobre del Sinaí. Los fenicios fueron maestros en la fundición del bronce con el cobre que sacaban de la isla de Chipre, de donde deriva la palabra "cuprum".

### 1.1) Afinado del cobre:

Tiene por objeto eliminar las impurezas, como el níquel, arsénico, estaño, fósforo, plomo, oxígeno, azufre, selenio y bismuto, por hacer quebradizo el metal, tanto en frío como en caliente, dificultando la laminación y obtención de alambre e hilos, y siendo su mayor aplicación para conductores eléctricos, todas las impurezas rebajan su conductividad.

La refinación por vía seca se hace en hornos de reverbero, calentando y fundiendo con materias siliceas, eliminándose en forma seosa o escorias los gases, y finalmente se cubre con carbón de madera en polvo para reducir el óxido de cobre. Así se logra obtener un cobre del 99 por 100 de pureza, en lingoteras del mismo metal para que no resulten porosas como cuando se emplean de hierro.

El afinado por vía húmeda se hace por electrolisis del cobre negro en forma de chapas como ánodos solubles, y láminas delgadas de cobre electrolíticos como cátodo. El electrolítico es sulfato de cobre con 1,5 % de ácido sulfúrico. Así se obtiene el cobre electrolítico de 99,99 de pureza y gran conductividad eléctrica; las impurezas se depositan en forma de barros en el fondo del volámetro.

### 1.2) Elaboración de chapas y alambres:

El cobre electrolítico para poder ser después trabajado mecánicamente hay que obtenerlo por el procedimiento "ELMORE", empleando cátodos cilíndricos giratorios, los cuales son frotados con bruñidores de ágata, comprimiendo el cobre en cuanto se precipita.

Las chapas se obtienen resgando por generatriz el tubo o cilindro obtenido, y las varillas destinadas a la fabricación de alambres, surcando el cilindro catódico en forma de hélice con una ranura de sección triangular para rasgar fácilmente.

### 1.3) Propiedades:

El cobre es un metal de color rojo característico; cristaliza en el sistema regular, blando, dureza 3 de la escala de Mohs. Densidad 8,9. Punto de fusión 1.084°C. Gran conductor de calor y electricidad. Coeficiente de dilatación lineal 0,000018. Es muy dúctil, maleable y tenaz, pudiendo obtenerse hilos muy finos y láminas de 0,0026mm de

espesor. Es muy flexible. Resistencia a la tracción, llega a  $45 \text{ Kg/mm}^2$  y  $60 \text{ Kg/mm}^2$  a la compresión . Alargamiento, 38%. Se puede forjar, laminar y prensar en frío y en caliente.

El cobre puro es inoxidable a la temperatura ordinaria en aire seco y húmedo, exento de anhídrido carbónico, pero en el aire húmedo y con CO<sub>2</sub> se cubre de una capa de sulfato hidroxil-cúprico de color verde azulado ( pátina o cardenillo).

El cobre puede soldarse y unir en caliente por forja y dársele la forma de pletinas, chapas, barras, tubos y alambres en caliente o frío, y la temperatura mejor de recocido la de 650°C. Con estaño forma la aleación llamada bronce, y con el cinc, el latón.

#### 1.4) Aplicaciones:

En forma de chapas para revestir cubiertas, decoración, tubos y sobre todos, alambres y cables para canalizaciones eléctricas, aleado con cinc y estaño, para ornamentación y estatuas.

#### 1.5) Formas comerciales:

Se denomina según el procedimiento como se ha obtenido, en cobre de roseta, cementación, convertidor, electrolítico, encontrándose en el comercio en forma de chapas de dimensiones corrientes 0,7 a 1x1,5 a 2 m y espesores de 0,7 a 1 mm empleadas en el revestimiento de cubiertas y en decoración. Los tubos se utilizan en cocinas, locomotoras, etc., pudiendo ser sin soldaduras obtenidos por electrólisis, o estirados y soldados. Los alambres se fabrican desde 0,1 hasta 2 cm, según la clase de conductores.

#### 1.6) Aleaciones de cobre:

##### 1.6.1) Bronce:

Son las aleaciones de cobre y estaño en diversas proporciones con un mínimo de 75 % de cobre, comunicándole el estaño dureza y resistencia, pero no se puede pasar de cierto límites, porque se vuelve frágil. Con un 6 % de estaño, ya no se puede trabajar en frío, alcanzándose con un 17 % la máxima resistencia a la tracción.

##### 1.6.1.1) Propiedades:

Los bronces son muy resistentes a los agentes atmosféricos, a las aguas ácidas y alcalinas, alcanza grandes resistencias mecánica, bello color amarillo y agradable sonido. Densidad media 8,8.

##### 1.6.1.2) Tipos de bronces y aplicaciones:

Los BRONCES LAMINADOS contienen hasta un 10 % de estaño, aumentando la resistencia su elaboración, resistiendo el bronce blando  $40 \text{ Kg/cm}^2$  a la tracción, con un alargamiento de 50 % en forma cinta y alambres de 0,5 a 5 mm de diámetro y el bronce duro alcanza los  $70\text{--}90 \text{ Kg/mm}^2$  y en alargamiento del 2 %.

Los **BRONCES DE ALUMINIO** contienen hasta el 10 % de aluminio, alcanzando grandes resistencias, empleándose en la construcción de maquinaria, armas y ornamentación.

Los **BRONCES FUNDIDOS** contienen además del cobre y estaño otros metales, como el plomo, cinc, magnesio, aluminio en pequeñas dosis y aunque no son tan resistentes se prestan más para el moldeo, pues el cobre puro no puede emplearse por absorber gases, que se desprenden durante la solidificación, quedando el metal con sopladuras.

Los **BRONCES FOSFOROSOS** son aleaciones de cobre y estaño desoxido con fósforo, llegando hasta un 30 % de estaño, con lo que se obtiene un bronce muy tenaz y duro, empleado para cojinetes y engranajes, motores, etc.

Los **BRONCES ROJOS** llamados azofares, contienen cobre, cinc y estaño o plomo, no del 10 al 75 % estas adiciones muy empleadas para maquinaria, grifos, cojinetes, etc.

#### 1.6.1.3) Productos comerciales:

a) **Grifería** es una de las principales aplicaciones del bronce es en grifería, que abarca una extensa cantidad de accesorios para la instalación de agua fría, agua caliente, instalaciones contra incendio y gas, de los cuales se pueden mencionar llaves de paso, canillas, juego de llaves con lluvia articulada, llaves para gas, válvula esclusa, rejillas, sopapas, canilla media vuelta, etc.

b) **Cerrajería** se lo utiliza en la fabricación de llaves y cerraduras para puertas y ventanas de todo tipo.

#### 1.6.2) Latón:

Son las aleaciones de cobre y cinc, las cuales tienen diversos colores según la proporción: tumbaya, de color rojo cuando contiene de 10 al 30 % de Zn y a veces pequeñas proporciones de Sn. Cuando contiene un 10 % de cinc adquiere una coloración de amarillo-rojiza parecida al oro. La resistencia a la tracción de las tumbayas oscila de 25 a 50  $Kg/cm^2$ , y el alargamiento de 10 al 35 %. Densidad mínima 8,6.

##### 1.6.2.1) Tipos de latones

**LATÓN PURO** las aleaciones que contienen del 35 al 37 % de Zn, tienen color amarillo, resistencias a la compresión de 30 a 70  $Kg/mm^2$  y alargamiento del 2 al 35 %

**LATÓN FUNDIDO** contiene del 32 al 38 % de Zn de color amarillo, y para facilitar el trabajo con herramientas de corte se le añade algunas centésimas de plomo o estaño.

**LATÓN BLANCO O GRIS** cuando contiene más del 50 % de cinc es duro y quebradizo, empleándose para piezas fundidas.

LATON DE SOLDADURA contiene de 40 a 60 % de cinc y tiene un punto de fusión más bajo que el metal a soldar, cobre, bronce, latón y a veces, para aumentar la fluidez se agrega plata.

Los latones que contienen hasta un 37 % de Zn se pueden trabajar en frío, y los de mayores proporciones se forjan bien al rojo.

#### 1.6.2.2) Aplicaciones

El latón se emplea en forma de chapas, tubos y alambres, tornillos, fundir objetos, herrajes, purpurinas, por su bello color y fácil pulimento.

#### 1.6.2.3) Formas comerciales

##### a) Tubos de latón

Los tubos de latón constituidos por una aleación de 95 % de Cu y 5 % Zn, sin costura, son tresillados o estirados en frío, con posterior recocido, a fin de eliminar tensiones internas e incrementar su ductilidad para facilitar el laboreo de obra.

Los tubos de latón permiten resolver en condiciones óptimas, instalaciones de: conducción de agua fría y caliente, calefacción, por losa o piso radiante y por radiadores; aire acondicionado; instalaciones contra incendios e instalaciones neumáticas e hidráulicas.

Se presentan en tiras y rollos según diámetros. Existen 4 tipos.

- 1) STANDARD apto para todo tipo de instalaciones, ya sea de agua fría, caliente, calefacción y variado tipo de fluidos de usos múltiples. Mantiene un caudal constante a lo largo de su prolongada vida útil. Debido a su proceso de fabricación, posee una superficie interna exenta de rugosidad que hace imposible la fijación de incrustaciones. Se fabrica en diámetros que van de 9 mm a 100 mm y su suministro de las siguientes formas

Diametro	Rollos de	Tiras de	
9 mm	40 m y 5m	5 m	Temple recocido
13 mm	30 m y 5m	5 m	Temple recocido
19 mm	20 m	5 m	Temple recocido
25 mm a 100mm		4 a 5 m	Temple duro

- 2) TERMO ACUSTICO ( T. A.) es un caño standard recubierto en vaina de P.V.C., estriada, que le otorga aislación térmica, acústica y exterior.
  - 2.a) Térmico: evita la fuga de calor en su recorrido y, en consecuencia el calentamiento de la mampostería.
  - 2.b) Acústica: absorbe las vibraciones y ruidos producidos por turbulencias y golpes de ariete.

2.c) Exterior: apto frente a medios agresivos a metales por la gran inercia química de la vaina del P.V.C.

Ideal para instalaciones de agua caliente e instalaciones externas sujetas a duras condiciones ambientales. Se suministra en medidas de 9 mm a 25 mm, en tiras de 5 m de largo.

3) TUBOS DE GRAN ESPESOR ( DECKER 85 ) de gran espesor de pared, que permite el tallado de roscas en sus extremos, facilitando su vinculación a través de accesorios.

Apto para utilizar en instalaciones que serán sometidas a requerimientos hidráulicos y mecánicos extremos.

Se provee en medidas que van desde 6 mm a 100 mm, en tiras roscadas, de 4 a 6 m de largo.

4) ESPECIAL: posee mayor espesor de pared que los de la línea standard, lo que lo otorga gran resistencia mecánica. Se usa en instalaciones a la vista, brindando gran seguridad por su alta resistencia al impacto.

Se provee en medidas que van de 9 mm a 100 mm, en tiras de 4 a 6 m de largo.

#### 1.6.2.4) Accesorios para lavadero y cocina

▪ Tramos rectos con extremo abocardado por las siguientes funciones:

- ✓ Diámetro interior 38 mm, instalación lavadero
- ✓ Diámetro interior 50 mm, instalación cocina
- ✓ Diámetro interior 60 mm, descarga de pileta de piso a desagües primarios

Se proveen en largos de 40, 60, 80 y 100 cm.

▪ Codos de 45° y 90° con extremo abocardado

▪ Piletas de piso lavadero y cocina

#### 1.6.2.4) Propiedades:

▪ Bajos índice de corrosión: resisten interiormente la acción de las aguas y exteriormente son inalterables al ataque de calor y cementos.

▪ Mínima formación de sarro: esta propiedad posibilita un uso con sección constante.

▪ Superficie lisas: presentan superficie lisas con bajo coeficiente de rozamiento

#### 1.6.2.5) Alpaca o metal blanco:

Son aleaciones de cobre y níquel, cinc, principalmente llamándose también argentán, plata alemana, etc. Contiene del 50 a 70 % de cobre, 13 a 25 % de níquel, 13 a 25 de cinc y algunas décimas de estaño, hierro, etc. Tiene color blanco

argentino y gran brillo, que no pierde por acción de la atmósfera y ácidos orgánicos débiles, por lo que se emplea para la fabricación de herrajes, objetos artísticos, etc.

## PLOMO

Fue conocido en Egipto e India, encontrándose bastante abundantes sus minerales, y es de fácil metalurgia.

### 2.1) Propiedades

El plomo es un metal blanco azulado con brillo metálico intenso recién cortado, empañándose al contacto del aire y toma color gris. Es el más blando de los metales pesados, rayándose con la uña, corta con el cuchillo y tizna el papel. Es muy maleable pudiendo laminarse en finas hojas y estirarse en alambres, aunque no guardan proporción su maleabilidad y tenacidad. Su punto de fusión es bajo 327,4°; permite soldarle fácilmente.

El aire seco no lo ataca, pero en el húmedo se oxida rápidamente superficialmente. Es muy resistente a los ácidos y álcalis. Calentado al aire se transforma en óxido, litargirio y después en minio rojo, que junto con el albayalde, son magníficos elementos para la pintura.

El plomo blando se alea con el antimonio en la proporción de un 10 %, volviéndose más duro; es menos flexible y más resistente. El plomo blando resiste 1,5 Kg/mm<sup>2</sup> a la tracción y el duro 3 Kg/mm<sup>2</sup>. A la compresión 3,00 y 5,00 Kg/mm<sup>2</sup>, respectivamente. El peso específico es de 11,34 en estado sólido. Contracción 1 por 100 y coeficiente de dilatación 2,9 mm/m.

### 2.2) Aplicaciones

En forma de chapa para cubiertas tubos para gas y agua, empleado de otros metales, alambres y varillas.

### 2.3) Formas comerciales

Chapas o planchas desde 0,5 a 12 mm de espesor, ancho de 1,5 a 3 m y 3 a 10 m de longitud. El de cubiertas tiene 1,5 mm de espesor. Se emplean como placas de apoyo de las vigas de hierro y para revestir depósitos, muros, etc.

TUBOS DE PLOMO se fabrican los de diámetros superiores a 300 milímetros por arrollamiento y soldadura de chapas de plomo, y los de menor diámetro, por prensado de un bloque recién solidificado pasando por una boquilla del diámetro exterior que haya de ser el tubo, y un vástago que da el diámetro interior, variándose los gruesos de la pared diferentes boquillas.

Los tubos se emplean en las canalizaciones de gas y agua, las sales del agua forman incrustaciones, protegiendo las paredes interiores, las cuales se pueden desprender o disolver si pasan aguas muy puras, como las de lluvia. Se protegen haciendo pasar por ellos una disolución de sulfato sódico, que forma una capa de sulfato de plomo insoluble y mejor, por galvanizado o estañado interior. Se unen con bridas o soldaduras.

Los diámetro corrientes de tubos de plomo son de 10 a 80 mm, espesores de paredes de 2 a 5 mm y longitudes hasta 20 mm.

**LINGOTES DE PLOMO** en el comercio se venden lingotes o galápagos de 5 a 50 Kg para fundir y emplear en las uniones de tubería de fundición o para asegurar hierros, palomillas y grapas.

## CINC

No fue conocido puro en la antigüedad, aunque lo emplearon aleado con el cobre, formando el latón. Los primeros que obtuvieron el cinc parece fueron los chinos, y en Europa era importado con el nombre de "estaño" de las Indias.

### 3.1) Propiedades

El cinc es un metal de color gris azulado, brillante y fractura cristalina en forma de hoja hexagonales. Pequeñas cantidades de hierro le comunican estructura fibrosa y de cobre, aluminio y cadmio, estructura granulada. Densidad 7,1 aproximadamente pues varia desde 6,85 para el fundido a 7,2 para el laminado. Punto de fusión 419°C; ídem de ebullición, 907°C. Coeficiente de dilatación lineal a 10 ° es 0,000029. El cinc ordinario calentado a 150° es dúctil y maleable, disminuye a medida que se eleva la temperatura y a 150° se vuelve frágil y pulveriza. A 500° arde con llama azul-verdoso deslumbradora.

A la temperatura ordinaria, el aire seco no le altera, y el húmedo se recubre de una capa delgada de carbonato básico hidratado que le protege. No le ataca el agua pura, pero lo es enérgicamente si contiene anhídrido carbónico y amoníaco, como la de lluvia. Los ácidos y bases le atacan, lo mismo que el yeso, cemento y sus morteros.

### 3.2) Tipos de cinc

**CINC LAMINADO** a temperatura de 100-150° el cinc se puede laminar, prensar y estirar para formar barras, chapas y alambres, cambiando sus propiedades, teniendo una estructura de grano fino y fibrosa por verificarse una recristalización. La dureza del cinc fundido es de 38° Brinell y 64,5 la del laminado. La resistencia a la tracción es 2 kg/mm<sup>2</sup> para el fundido, 19 Kg/mm<sup>2</sup> del laminado paralelo a la fibra, y 25 Kg/mm<sup>2</sup> el perpendicular a ídem. El alargamiento varía de 15 al 18 % para el laminado.

**CINC PRENSADO** a través de una matriz agujereada se obtienen barras de grano fino, caracterizadas por una resistencia a la tracción de 17  $Kg/mm^2$ ; alargamiento de 18 a 25 %; resistencia de 0,55 a 0,85 y una dureza Brinell de 40-50°. El cinc prensado es flexible y maleable y se emplea en forma de perfiles, alambres y tubos.

### 3.3) Aplicaciones

El cinc se emplea en construcción en forma de chapas lisas y onduladas para techumbres, canalones, tubos de bajada, limahoyas, cornisas, depósitos, etc. El moldeo se utiliza para piezas ornamentales, colándose muy fluido a temperatura no muy alta para que no sean porosas, y aleado con otros metales.

En el revestimiento de otros metales se aplica en estado líquido ( galvanizado a fuego ) por aspersión, vaporización ( sherardización ) o por electrólisis.

Forma con el cobre una aleación llamada latón y con el aluminio, estaño, plomo, etc. Forma aleaciones para cojinetes.

### 3.4) Forma comerciales del cinc

**CHAPA LISA** se laminan chapa desde 0,1 a 2,68 mm de espesor, comprendiendo la galga 26 números, siendo los más usados los de 0,6 a 1,08.

**CHAPA ONDULADA** se fabrica un perfil de 100 mm de onda y 30 mm de altura; 0,74 a 1,08 mm de espesor , longitud 2,25 a 2,45 y ancho fijo de 0,75 m.

LINGOTES para petección galvanica

## ESTAÑO

El estaño fue empleado aleado con el cobre, formando el bronce, por el hombre prehistórico, habiendo dado nombre a una edad. Los chinos le conocían con 1000 a de J.C.

### 4.1) Propiedades

El estaño puro es blanco brillante, tiene un peso específico de 7,3. Funde a 232° C . Resistencia a la tracción 4  $Kg/mm^2$  y muy maleable, obteniéndose hojas de 0,025 mm ( papel de estaño) siendo la maleabilidad máxima a 100° y 200° se pulveriza, por adquirir una textura granular cristalina. Es poco dúctil y resistente, pudiéndose cortar con un cuchillo, tornearse y embota las limas. Al doblar una barra de estaño se oye un ruido peculiar llamado grito del estaño, debido al roce de los cristales entrecruzados.

A la temperatura ordinaria el estaño es muy resistente al aire húmedo y seco. A elevadas temperaturas forma el óxido de estaño y a temperaturas inferiores a 18° se forma el estaño gris, de peso específico 5,8 que se pulveriza al tocarlo, siendo un estado alotrópico. Los ácidos orgánicos y jugos animales no lo atacan, empleándose la hojalata en la industria conservera y en las vasijas de cocina.

#### 4.2) Aplicaciones

4.2.1) Recubrimientos En construcción el estaño se emplea para recubrir interiormente los tubos de plomo destinados a las conducciones de aguas potables.

4.2.2) Aleaciones En forma de aleaciones con el cobre formando los bronces, y con el plomo, los de soldar y tapones fusibles.

4.2.3) Soldaduras blandas Las soldaduras blandas o blancas se componen de parte iguales de estaño y plomo, funde a 205°, reblaneciéndose antes de solidificarse y se denomina hojalateros por emplearse en esa industria.

4.2.4) Soldaduras fuertes Las soldaduras fuerte o amarillas se componen de estaño, cobre y cinc, funden a 820° y se emplean para soldar el hierro, cobre y latón.

4.2.5) Fusibles Los tapones fusibles son aleaciones de estaño, plomo, bismuto y cadmio; funden a 65° C.

## **5- Aluminio:**

Recién pudo obtenerse aluminio metálico libre, a nivel de laboratorio, en 1825. Treinta años después, en 1855, se produce el primer lingote de aluminio.

Es un material blanco brillante con matiz ligeramente azulado, de estructura fibrosa, 2.9 en la escala de MOHS, punto de fusión 658°C. Es muy dúctil y maleable, pudiendo obtenerse hilos y hojas tan finas como el oro.

Las mejores temperaturas para laminación en caliente es de alrededor de los 400°C y la de colada 700°C.

### **5.1- Proceso Electrolítico de Obtención del Aluminio:**

Para obtener el aluminio se utiliza la bauxita, que es un hidrato de álumina impuro, del cual se obtiene la álumina (oxido de aluminio) y de ésta, por método electrolítico, el aluminio metálico.

### **5.2- Usos Generales:**

El aluminio, está presente en una variedad increíble de aplicaciones. Su uso se extiende desde estructura de un avión hasta la protección de un chocolatín, desde sus comienzos y en pocos años, se ha convertido en el metal más utilizado después del hierro.

### **5.3- Usos Más Importantes:**

**5.3.a- En la construcción:** En cerramientos exteriores, como frentes integrales, puertas y ventanas, parasoles, postigos y barandas. En cerramientos interiores, como tabiques, cubrebañeras, etc. En cubiertas y revestimientos laterales de edificios rurales, industrias y residencias. Cielorrasos, toldos y tejidos mosquiteros.

**5.3.b- En el Transporte:** En la fabricación de naves espaciales, aviones, helicópteros, planeadores, barcos, botes, veleros, autos, camiones, vagones de tren y subterráneos.

**5.3.c- En Uso Eléctrico:** Conductores de alta, media y baja tensión, bobinados de motores eléctricos y transformadores.

**5.3.d- En Envases:** Se utiliza como papel de aluminio.

**5.3.e- En Maquinaria y Equipos:** Piezas de máquinas, tanques, cañerías y válvulas, intercambiadores de calor, antenas de radar, tubos de riego, etc.

### **5.4- Propiedades, Físicas, Químicas y Mecánicas:**

El aluminio ofrece propiedades convenientes para su utilización en diversas aplicaciones debido a su capacidad de satisfacer necesidades acordes con las circunstancias en cada caso. Veamos en detalle cuales son sus principales propiedades:

**5.4.a- Liviandad:** El aluminio tiene un peso específico de 2.7, o sea prácticamente 3 veces menor que el acero, cobre, etc. lo que lo hace especialmente apto para estructuras móviles, transporte, etc.

**5.4.b- Resistencia Mecánica:** Las resistencias mecánicas dependen del grado de pureza; cuanto más lo es, disminuye la resistencia y dureza y aumenta el alargamiento.

- El aluminio de 99 % de pureza tiene una resistencia a tracción de 8-2 kg/mm<sup>2</sup> y un alargamiento del 20%.
- El laminado y recocido, resistencia a tracción 7-11 kg/mm<sup>2</sup> y un alargamiento del 40%.
- El laminado en frío, resistencia a tracción 25 kg/mm<sup>2</sup> y 3% de alargamiento.
- El aluminio de 99% de pureza, laminado recocido, tiene una resistencia a tracción de 6 kg/mm<sup>2</sup> y un alargamiento del 50%.

**5.4.c- Resistencia a la Corrosión:** El aluminio tiene la característica de cubrirse naturalmente, inmediatamente de ser expuesto a la atmósfera, de una capa de óxido de aluminio de espesor de fracción de micrón, que es transparente, de gran dureza y adherencia y de gran resistencia a la corrosión.

**5.4.d- Trabajabilidad:** El aluminio se puede fundir, laminar, extruir, trefilar, embutir, repujar, maquinar, doblar, etc., para poder obtener las formas finales que el uso requiera.

5.4.e- Soldabilidad: El aluminio puede soldarse con soplete o eléctricamente, debiéndose emplear fundentes para eliminar la capa de óxido con sales halogenadas de los metales alcalinos ferreos y metal muy fino a base de aluminio, cobre, níquel, manganeso, estaño, etc., a temperaturas entre 540 y 630 °C. La soldadura poco fluida no contiene aluminio y son a base de cinc o estaño, con cadmio, plomo y bismuto, a temperaturas de 150 y 450 °C.

Las soldaduras no son resistentes a la corrosión.

5.4.f- Reflectividad: El aluminio refleja un alto porcentaje de la energía radiante que recibe, desde luz visible y rayos infrarrojos. En la construcción esta condición lo hace importante en la realización de cubiertas y revestimientos por las condiciones de confort que les otorga.

5.4.g- Conductibilidad Eléctrica: La conductibilidad eléctrica del aluminio, lo ha convertido en un material ventajoso para la fabricación de cables y bobinados.

5.4.h- Conductibilidad Térmica: Esta propiedad es importante en aplicaciones como intercambiadores de calor, radiadores y ollas de cocina.

5.4.i- Antimagnetismo: Esta propiedad es importante en algunas aplicaciones eléctricas y electrónicas.

5.4.j- No Toxicidad: Al ser compatible con alimentos y bebidas, se utiliza en envase.

5.4.k- No Producción de Chispas: Esta característica resulta importante donde se utilizan elementos inflamables o explosivos.

5.4.l- Apariencia Atractiva: El aluminio, tanto en su estado natural como en las varias formas de terminación (piulado, abrillantado, anodizado, pintado, etc.), resulta agradable y atractivo.

5.4.m- Módulo de Elasticidad: El módulo de elasticidad es de aproximadamente 7.000 kg/mm<sup>2</sup> o sea 3 veces menor al del acero.

5.4.n- Dilatación Térmica: El coeficiente de dilatación térmica del aluminio y sus aleaciones es aproximadamente de 24 x 10<sup>-6</sup> °C, o sea dos veces la del acero.

### **5.5- Aleaciones y Temples:**

5.5.a- Aleaciones: Las aleaciones de aluminio son obtenidas mediante el agregado de uno o más elementos de aleación.

Existen más de 200 aleaciones de aluminio registradas, y para su identificación, se creó un sistema de 4 dígitos que ha sido adoptado mundialmente. Así por ejemplo la aleación 6063, utilizada internacionalmente para la fabricación de perfiles para carpintería de aluminio, tiene como elementos de aleación 0.4% de silicio y 0.7% de magnesio. Las aleaciones de aluminio, aunque aumentan la resistencia mecánica, mantienen variaciones pequeñas en otras propiedades como peso específico y trabajabilidad.

El aluminio y sus aleaciones son divididas en dos grandes grupos, el primero cubre los productos fundidos y el segundo cubre a todos los productos semielaborados (laminados, extruidos, etc.)

5.5.b- Temples: El tipo de proceso que recibe el material para alcanzar una mayor resistencia mecánica, divide a las aleaciones de aluminio en dos grandes grupos:

- a- Aleaciones no Termotratables: las que solo toman temple o endurecen por trabajo en frío.
- b- Aleaciones Termotratables: Las que también endurecen por tratamientos térmicos.

Al grupo de las aleaciones no termotratables pertenecen el aluminio puro, las aleaciones de manganeso y de magnesio. Al grupo de las termotratables, pertenecen las aleaciones de silicio-magnesio, de cobre y de cinc.

Los distintos Temples obtenidos se designan en forma diferente en uno y otro caso:

- b.1- En aleaciones no termotratables se puede obtener:
  - temple "0" o materia recocida (blando y dúctil).
  - temple H14 (o temple muy duro).

- temple H18 (o temple duro) de mayor resistencia mecánica.
- b.2- En las aleaciones termotratables se puede obtener:
- temple "0" o materia recocida (blando y dúctil).
  - temple T4 este temple tiene dureza algo superior al temple "0".
  - temple T5 este temple tiene mayores propiedades mecánicas que el T4, pero inferiores a T6.
  - temple T6 este temple es el de las más altas propiedades mecánicas de todos los templos obtenidos por tratamientos térmicos.

### **5.6- Terminaciones Superficiales:**

El aluminio permite una serie de terminaciones superficiales, entre ellas, aluminio crudo, anodizado natural, anodizado color y recubrimientos orgánicos, que desde el punto de vista arquitectónico resulta conveniente conocer:

**5.6.a- Aluminio Crudo:** Los perfiles de aleación de aluminio pueden utilizarse en estado natural, o sea, tal como se obtiene de la prensa de extrusión.

Al aluminio sin tratar, en el transcurso del tiempo solo se altera en alguna medida la apariencia inicial del mismo con un ligero opacamiento o con la presencia de pequeños puntos localizados de ataque superficial producido por la atmósfera.

El comportamiento del aluminio frente a la acción del medio ambiente es excelente, salvo en presencia de atmósferas agresivas como la industrial o marina.

**5.6.b- Aluminio Anodizado Natural:** El tratamiento consiste en aumentar artificialmente, por medios electrónicos, la capa natural de óxido que se forma sobre el metal. El espesor de las capas de anodizado que suelen aplicarse en perfiles para carpintería es de 10, 15, 20 ó 25 micrones.

El anodizado prevé una mayor resistencia a la corrosión y el espesor de capa anódica esta determinado por el grado de agresividad de la atmósfera donde se instale.

El anodizado permite obtener alguna diversidad de aspectos superficiales como abrillantados, satinados, jaspeados, etc.

**5.6.c- Aluminio Anodizado Color:** Se obtiene por tres sistemas diferentes: Absorción, autocoloración y electrocoloración.

- **ABSORCIÓN:** Este método permite la obtención de los colores clásicos (champagne, bronce y negro) y también algunos otros como azul, rojo y amarillo. Los baños de coloración utilizan sales especiales que muestran resistencia a la decoloración por acción de la intemperie. Salvo para el caso del color oro, que utiliza un baño de óxido de hierro, los otros colores requieren dos baños consecutivos de coloración.

La uniformidad de color es muy difícil de obtener y el hecho de que la capa coloreada es muy delgada y superficial suele ser factible que se vea afectada o dañada.

- **AUTOCOLORACIÓN:** Este método de anodizado colorea toda la capa anódica, mientras esta se produce, mediante el uso de electrolitos especiales. Los colores obtenidos son desde el champagne y bronces hasta el negro. La dureza de la capa anódica es superior a otros anodizados, pero resulta difícil la obtención de uniformidad de color entre partidas.

- **ELECTROCOLORACIÓN:** Es necesario realizar un anodizado natural y luego la coloración se obtiene por inmersión en cubas de sales de níquel, cobalto o estaño, pero sometidas estas a una corriente alternada, con lo que se obtiene que la capa coloreada se deposite en el fondo de los poros. Los colores obtenidos van del champagne al negro. Como en los otros procesos de anodizado color, resultan complicados los controles para obtener una uniformidad de color.

**5.6.d- Recubrimientos Orgánicos – Pintura Líquida:** Otra terminación de los perfiles de aluminio con los recubrimientos orgánicos. Existen varios tipos de recubrimientos orgánicos para perfiles de aluminio de uso arquitectónico, pero los más utilizado

internacionalmente (85 a 90%) son los que se basan en esmaltes acrílicos termoendurecibles, o sea de curado en horno.

### 5.7- Formas Comerciales:

5.7.a- Perfiles angulares de lados iguales: 10 x 10 x 2 mm hasta 60 x 60 x 6 mm.

5.7.b- Perfiles angulares de lados desiguales: 10 x 20 x 2 mm hasta 25 x 50 x 5 mm.

5.7.c- Chapas: desde 0.2 mm, de espesor, hasta 5 mm, aumentando de 0.5 mm.

5.7.d- Alambres: desde 1 mm a 50 mm de diámetro.

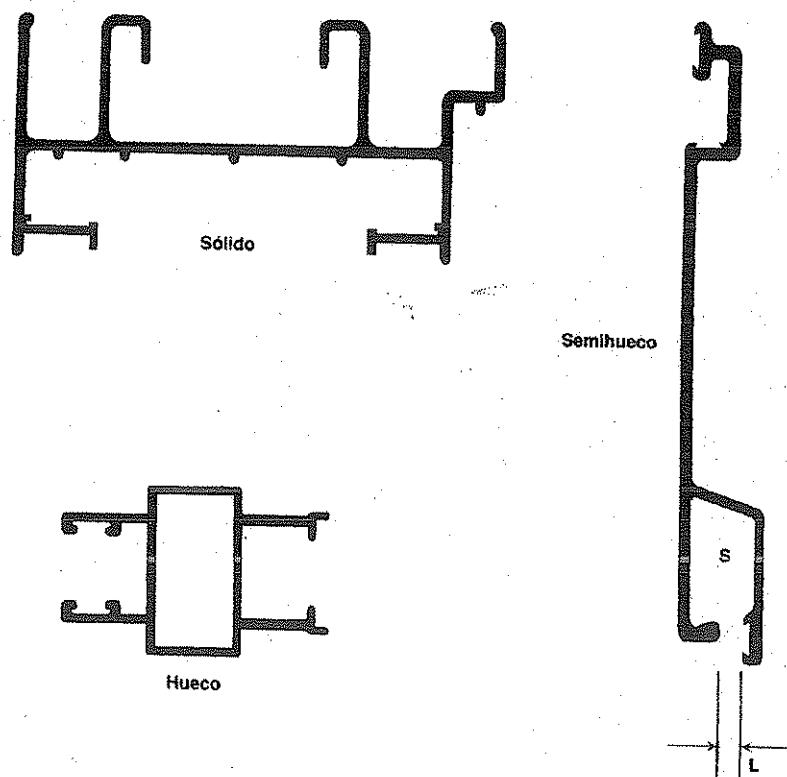
5.7.e- Perfiles de aluminio: Se divide en tres tipos, perfiles sólidos, huecos y semihuecos.

- Perfiles sólidos: son todos los perfiles que no son huecos, ni semihuecos.
- Perfiles Huecos: son los perfiles cuya sección transversal encierra parcialmente un hueco.
- Perfiles semihuecos: son los perfiles cuya sección transversal se limita totalmente en hueco.

El límite entre perfil sólido y perfil semihueco es función de la relación entre la luz de garganta (L) y el área del hueco (S). Un ejemplo de cada uno de estos perfiles pueden observarse en la siguiente figura.

## CLASIFICACION

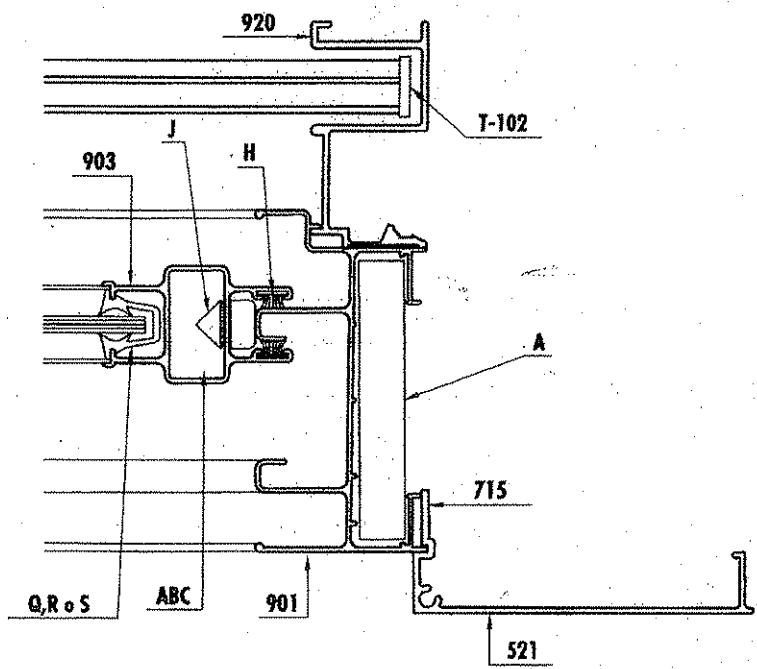
### Clasificación de perfiles



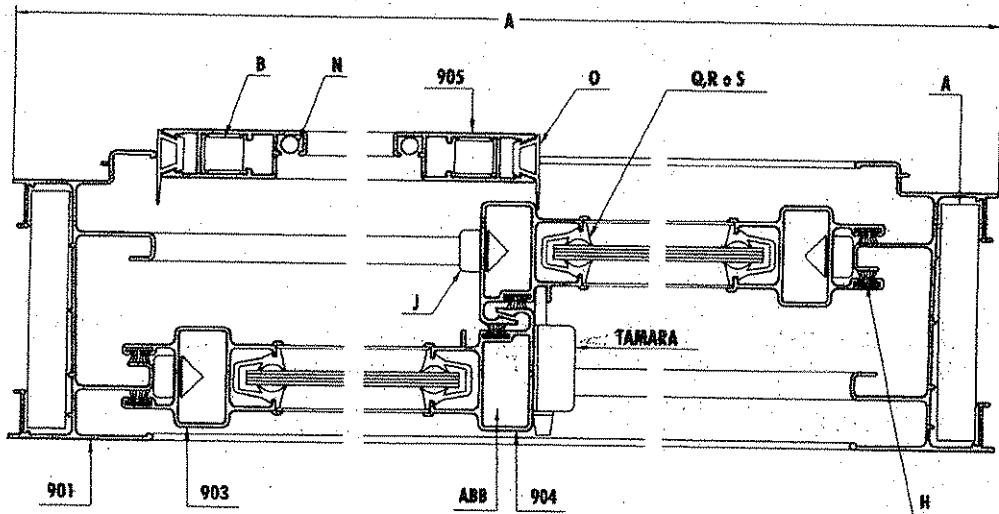
Los perfiles de aluminio para carpintería metálica no están normalizados, cada fábrica tiene sus propios diseños que brindan gran cantidad de formas que cubren todas las necesidades para la construcción de cerramientos de aluminio.

A continuación se enumeran los distintos componentes para la elaboración de ventanas y puertas.

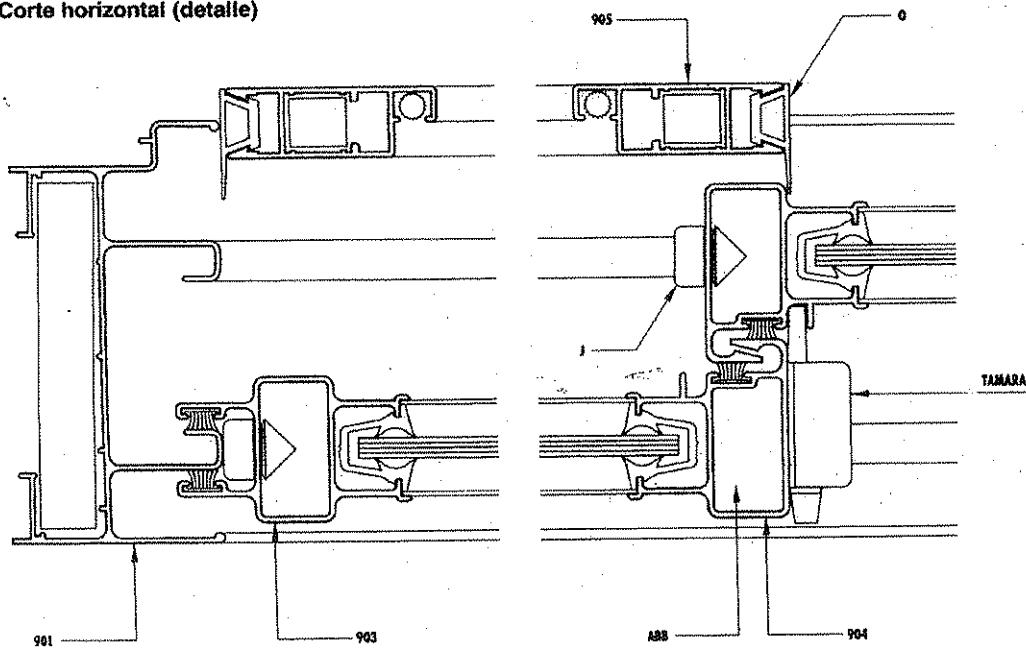
**Detalle guía de cortina y tapa cinta**



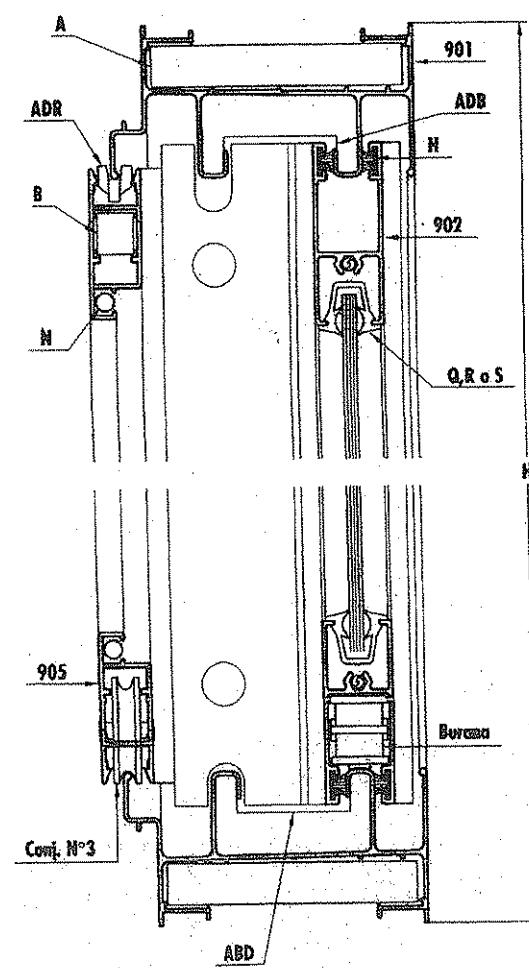
**Corte horizontal ventana corrediza**



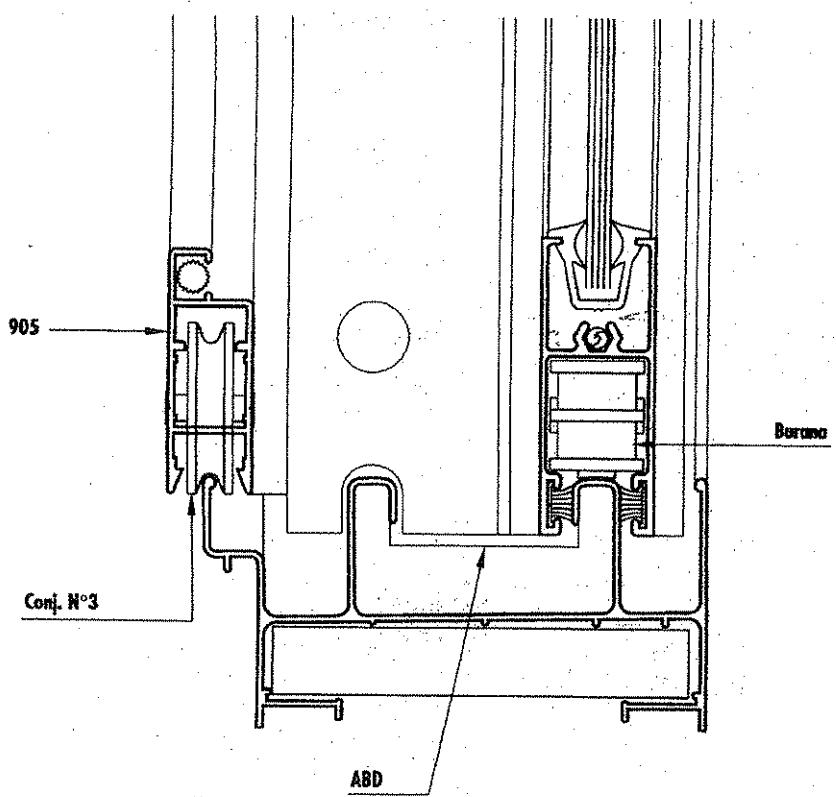
Corte horizontal (detalle)



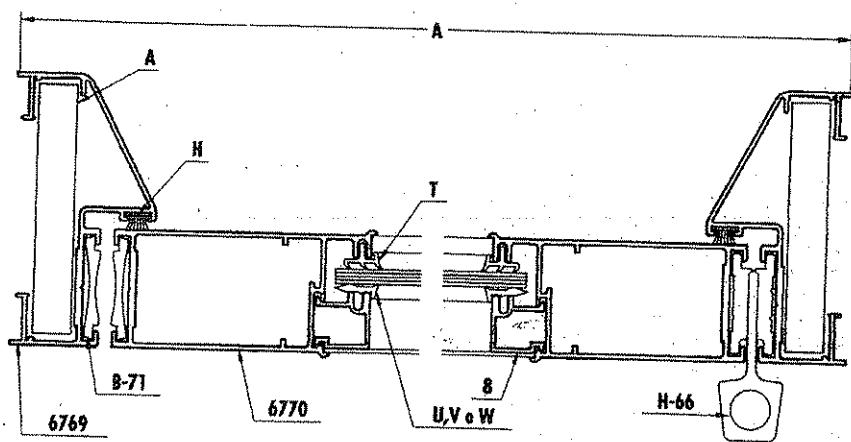
Corte vertical



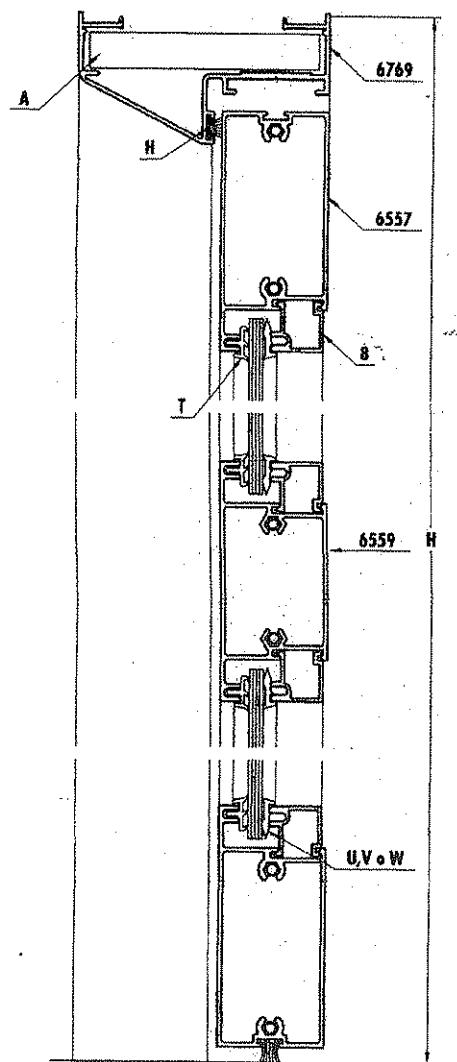
**Corte vertical (detalle)**



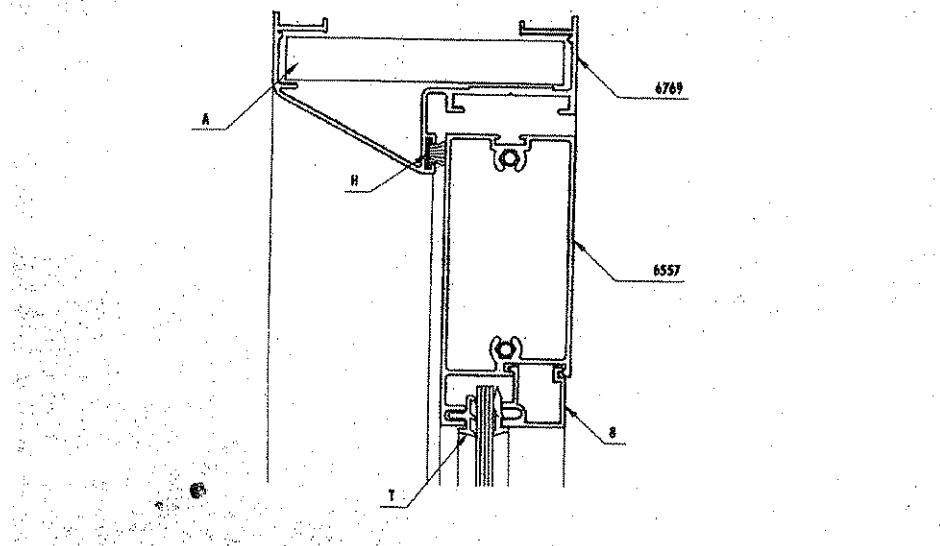
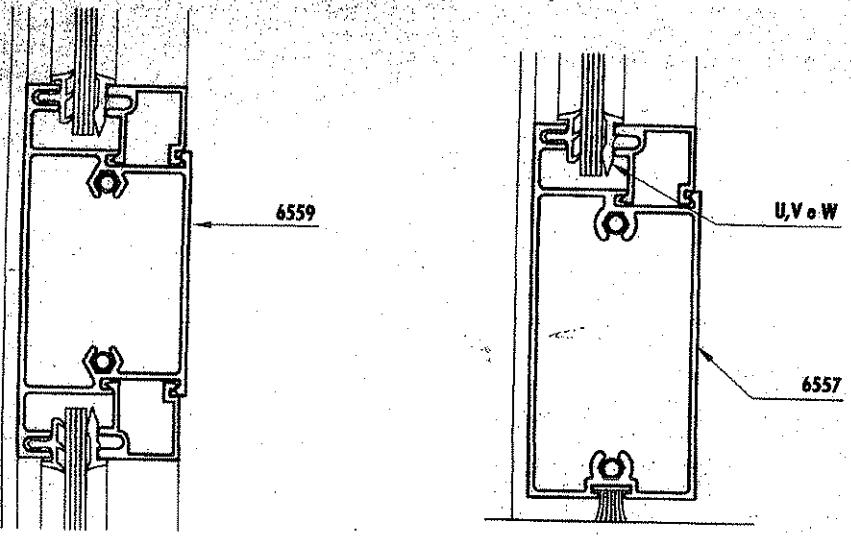
**Puerta de rebatir corte horizontal**



**Puerta de rebatir corte vertical**



**Puerta de rebatir corte vertical (detalle)**



## CROMO

No se halla libre en la Naturaleza, siendo sus principales minerales la cromita o hierro cromado y la crocoíta o cromato de plomo.

Se obtiene a partir de la cromita, que por tostación da el óxido crómico y reduciéndole por aluminio en polvo.

### 6.1) Propiedades:

El cromo es un metal blanco azulado muy duro, inalterable al aire a la temperatura ordinaria, siendo sus aplicaciones importantes aleado con otros metales como el hierro y níquel principalmente. Con el hierro se preparan los ferrocromos en el horno eléctrico por reducción de la cromita, dando los llamados aceros inoxidables, muy empleados en la industria por su pasividad frente a los productos químicos.

### 6.2) Aleaciones:

La aleación del cromo con el níquel, además de formar cuerpo inoxidables presentan las características de tener un punto de fusión muy alto, por lo que se emplean como resistencias eléctricas y termoclementos. La aleación formada por 15 % de Cr, 22 % de Fe, 65 % de Ni, funde a 1370 ° C, empleándose en hornos, estufas, pirómetros, etc.

### 6.3) Recubrimientos:

Se emplea también para proteger otros metales de la oxidación recubriendolos por electrólisis.

## NIQUEL

No se encuentra nativo en la Naturaleza, siendo sus minerales más importantes la niquelina, arseniuro de níquel, la garnierita, silicato de níquel y magnesio y la millerita o sulfuro de níquel.

Se obtiene por tostación para el desprendimiento del azufre, obteniéndose como en el cobre la mata y refinación mediante convertidores.

Se prepara el níquel de gran pureza formando primero el níquel - carbonillo actuando el Co sobre níquel pulverizado y descomponiéndolo después a 200 ° C.

### 7.1) Propiedades:

El níquel es un metal blanco brillante como la plata, ductil, maleable y muy tenaz; es magnético, no se altera el aire y difícilmente atacable por ácidos.

### 7.2) Aplicaciones:

Las aplicaciones más importantes son el niquelado de otros metales, por electrólisis y sus aleaciones. Para monedas, con el cobre forma cuproníquel, 25 % de níquel y 75 % de cobre. La aleación alnico, aluminio, níquel cobalto es muy magnética, empleándose en la construcción de imanes permanentes.

## NUEVA TECNOLIGIA EN METALES

### 8.1) Metal con memoria:

Son compuestos metálicos que tienen la propiedad de recobrar la forma inicial luego de ser deformados.

### 8.2) Los metales con memoria actúan de la siguiente manera:

- \* Se da la forma requerida al metal.
- \* Se lo deforma, sin que se produzcan fisuras o roturas.
- \* Se lo somete a un calentamiento, con determinada temperatura, y el material vuelve a su forma inicial.

## **UNIDAD N° 6**

## **ESTRUCTURA DE METALES Y ALEACIONES**

### **MATERIA:**

Para poder entender con claridad el problema de la resistencia de los materiales o sea el efecto que produce en ellos la acción de las fuerzas externas, es necesario conocer con anterioridad aspectos de la forma y constitución de la materia, como así también las características físico – mecánicas que le competen.

La discontinuidad de la materia, cuya teoría fue concebida 420 a. C la suponía formada pequeñas partículas (átomos) y espacios vacíos, que no es otra cosa que lo que constituye en la actualidad el fundamento o punto de partida de las más modernas teorías.

Si bien entonces se daba a la materia una constitución atómica, en la actualidad se desvirtúa esta teoría, con la estructura atómica donde las distintas manifestaciones de la materia son motivadas por distintas formas que puede adoptar el sistema atómico.

La combinación atómica que da origen a los distintos tipos de sustancias puede llevarse a cabo, según variados criterios, entre los que podemos mencionar, el enlace metálico.

La vinculación mediante el enlace metálico es tal vez la que permite justificar propiedades unívocas de los metales como su resistencia mecánica y conductividad eléctrica.

La agrupación de átomos de igual o distinta especie, que pueden ser separados por medio físico constituyen las moléculas; si los átomos son igual especie constituyen un cuerpo simple, de lo contrario formarán un compuesto.

Esta agrupación puede desarrollarse siguiendo un ordenamiento perfectamente definido y se la conoce como estructura cristalina.

### **Estructura Cristalina**

Los átomos y las moléculas que constituyen un cuerpo se encuentran en continuo movimiento por efecto de la energía interna que poseen y la fuerza de atracción que tiende a acercarlos.

Es así que en el estado gaseoso la fuerza de atracción es nula por lo que se separan en el espacio.

En un líquido, las moléculas no han perdido su movilidad, y se encuentran sujetas a la acción de moléculas vecinas, limitándose con ella las distancias intermoleculares, pero no su posición.

Cuando las fuerzas de cohesión son predominantes se establece el estado sólido, el que a presión y temperatura constante no se verifica ninguna variación de forma y volumen.

En algunas sustancias como ser los metales y sus aleaciones, el pasaje del estado líquido al sólido, por perdida de calor, se efectúa en forma ordenada y cada uno ocupa posiciones que definen perfectas formas geométricas.

La existencia de cada átomo está limitada dentro de una zona, que podemos representar con una esfera cuyo centro fija un vértice de la forma geométrica que caracteriza el conjunto, tales conjuntos primarios se los denomina células elementales (fig. 1) y la agrupación de las mismas constituye la estructura cristalográfica.

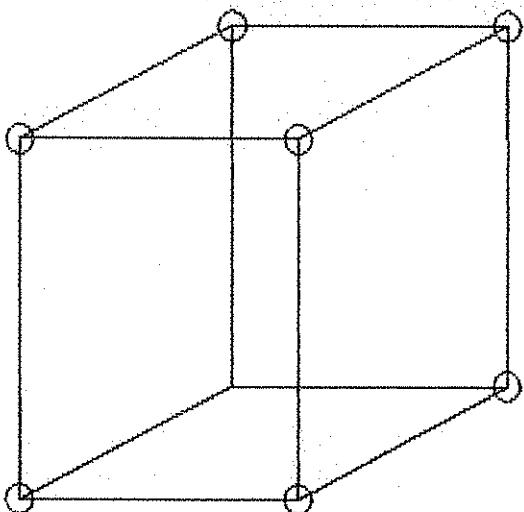
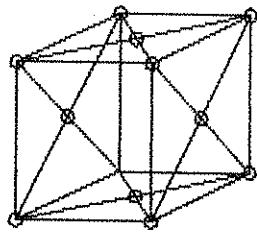


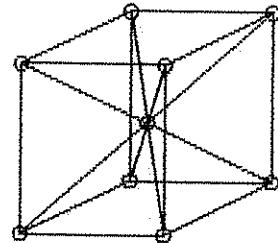
Figura 1

De los poliedros elementales que se forman nombraremos los de mayor importancia, que son los de cara centradas, los centrados y los de ordenamiento hexagonales.



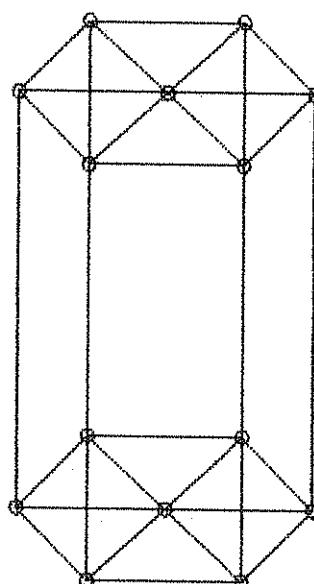
Fe  $\alpha$ ; Fe  $\beta$   
W, M, Cr

CARAS CENTRADAS



Cu, Ag,  
Al.

CENTRADO



Zn.  
Mg.

EXAGONAL

### Planos Cristalográficos

En todo estructura cristalográfica, la sucesión ordenada de sus átomos permite distinguir planos paralelos entre sí que se conocen como planos cristalográficos.

### Constitución de los Metales

Al solidificarse un metal sus átomos se orienta según los planos cristalográficos, para formar las células elementales que a su vez se agrupan según 3 ejes coincidentes con el ancho, alto y espesor formando el cristal o grano del metal.

El conjunto o metal esta integrado por un sinnúmero de cristales o granos de diferentes tamaños y forma, pero de igual estructura interna, adheridos

unos a otros por una película de metal amorfos, más resistente que el cristal, que sirve de cemento o elemento de unión.

### **Deformación y Rotura de los Metales**

Cuando un material es estirado o acortado, su variación de forma se produce por deformación de cada uno de los cristales y no por desplazamiento entre ellos, lo que significa que la deformación y fractura de un metal puede realizarse en un solo cristal y luego tener en cuenta la influencia entre granos próximos.

Si aplicamos una carga al metal, se produce un desplazamiento de átomos, al cesar, estos pueden volver a su posición inicial en este caso que tenemos una deformación elástica y caso contrario tendremos una deformación permanente.

### **Deformación y Rotura del Monocristal**

Si el pasaje del estado líquido al sólido de un metal se realiza en forma lenta, se pueden obtener cristales de gran tamaño, con los cuales se preparan pequeñas probetas, que al ser ensayadas permiten determinar que la menor resistencia corresponde a planos y direcciones determinadas y que se aproximan a la dirección del esfuerzo tangenciales máximos.

La rotura frágil de un metal se origina sin deformación, presentando un aspecto cristalino, debido a que la misma tiene origen por arrancamiento de sus granos a través de los planos cristalográficos. En cambio, la fractura dúctil se produce luego de una deformación de los atómicos, la que presenta un aspecto fibroso, como consecuencia de la rotura de los cristales al deslizarse.

La deformación del grano puede estudiarse teóricamente, pero se ha demostrado que el comportamiento real de los mismos, es inferior, por cuanto los mismos poseen defectos interiores que originan tensiones internas que debilitan el grano.

Se ha demostrado en laboratorio que dos hilos de igual material y distintos diámetros tiene resistencia el de menor diámetro, al disminuir la posibilidad de encontrar defectos.

### **Deformación y Rotura del Agregado Cristalino**

La deformación plástica se genera en los planos de deslizamiento, de manera discontinua e iniciándose en los de algunos cristales, en los que se produce un aumento en su resistencia debido a la deformación (acritud), que terminara por disminuir sus desplazamientos, lo que hace, al aumentar la tensión, que se derive a otra serie de planos, que experimentan igual proceso que los

anteriores, propagándose así sucesivamente, hasta conseguir la uniformidad de la deformación y el estado tensional entre cristales.

Este proceso de deslizamiento hace que metales como cobre, plata y aluminio resulten fácilmente deformables y dúctiles, debido a que sus numerosos sistemas de deslizamientos ( planos y direcciones ), posibilitan su coincidencia con la dirección tangencial máxima.

Los metales como el Molibdano, Wolfrán y Cromo, la ausencia de planos compactos los hace carentes de la propiedad de deformabilidad.

Los metales el Cinc y el Manganese, se presentan como materiales frágiles.

Para cargas constantes y temperaturas elevadas, se produce grandes variaciones en el material, sin aumento del esfuerzo.

En metales de baja temperatura de fusión ( no mayor de 450° C ) la deformación inter granular puede alcanzar valores importantes a temperatura ambiente.

Cuando las tensiones alcanzan un valor determinado, para cada metal, se producirá su fractura, con o sin deformación, ya sea dúctil o frágil, y a través de los cristales ( transcrystalina ) o por separación entre los granos ( Inter granular ).

Las roturas comunes, a temperatura ambiente, se producirán por el camino que ofrezca menor resistencia, que corresponde a los planos cristalográficos, sin embargo cuando el material amorfo se debilita por oxidación debida a un calentamiento excesivo ( metal quemado ) la faz inter granular ofrece menos resistencia que la transcrystalina, produciéndose la rotura, que presenta carácter frágil, por separación de sus granos, sin deformación de estos, aun para metales dúctiles.

Las formas de las fracturas dependerá de la forma de los cristales, de la carga y su modo de aplicación.

#### Clasificación de los Metales por su Deformación y Resistencia

Según la naturaleza y magnitud de las deformaciones que experimentan los materiales por la acción de fuerzas exteriores se dividen en dos grupos : frágiles y dúctiles y maleables.

Las deformaciones pueden ser elásticas o plásticas. Cuando el material rompe en su periodo elástico o con poca deformación plástica, resulta frágil y su rotura se produce en forma brusca, tal como ocurre en la fundición y

aceros resistentes; en cambio cuando presenta gran deformación plástica resulta dúctil maleable.

Llamase dúctil, cuando la deformación se origina por esfuerzos de tracción ( el material es alargado o estirado ) y maleable cuando los esfuerzo son de compresión ( aplastamiento ).

La ductilidad es propiedad de los materiales que permitan ser transformación en alambres o hilos ( trefilado ) y maleabilidad, la de dejarse extender hasta adoptar la forma de planchuelas o chapas ( martillado y laminado).

### **Rotura del Material**

Si bien el termino **ROTURA** abarca rigurosamente todos los efectos que inutilizan a una pieza o cuerpo, en la práctica suele denominarse así a la separación en dos o mas partes.

### **Fractura**

Las fracturas serán las nuevas superficies resultantes. La rotura así entendida constituye la culminación de un proceso previo de fisuración que evoluciona según mecanismos discutidos en la actualidad.

El examen de las roturas permite obtener indicios relevantes sobre las propiedades y el comportamiento de los materiales. Observando la posición geométrica y aspecto de las fracturas, es posible obtener conclusiones importantes en cuanto a las causas de rotura y el comportamiento en servicio. El análisis morfológico de las fracturas permite, muchas veces, conocer el lugar de inicio y la forma de propagación de la rotura, es decir, conocer sus mecanismos.

Actualmente, el estudio de los procesos de rotura puede y debe encargarse a distintas escalas de observación. Las técnicas de indagación han mejorado en el tiempo y su evolución ha permitido distintos mecanismos de rotura, algunos ya comprobados y otros en continua revisión.

Las roturas, desde el punto de vista masivo del cuerpo sólido, suelen identificarse con el tipo de esfuerzo aplicado que le dio origen. En cambio, el estudio a escala fina de los mecanismos de rotura ha permitido arribar a generalizaciones importantes que vinculan las estructuras granular y cristalina con el estado tensional en cada punto de las fracturas.

Los mecanismos de rotura pueden clasificarse en:

1. **Macromecánicos:** determinados por la capacidad de deformación plástica macroscópica del material en su estructura masiva, el tipo de carga, la distribución de tensiones y el efecto de forma del sólido.

2. **Micromecanismos a escala granular óptica:** inherentes a las fases metálicas afectadas por el proceso de rotura, su capacidad de deformarse plásticamente y la relación de su comportamiento con respecto al estado tensional imperante en las zonas aledañas a las de fisuración.
3. **Micromecanismos a escala granular electrónica:** determinados por los efectos de la estructura cristalina de cada grano y las posibilidad de deslizamiento o maclaje de los planos que la componen en la relación a las tensiones tangenciales impuestas.

Los primeros consideran al material como un sólido continuo y homogéneo y son estudiados por la *Mecánica del Continuo*.

El conocimiento de los micromecanismos a escala granular óptica, requiere el estudio de la estructura intrínseca del metal. Son estudiados por la *Metalurgia Mecánica*.

Por último, los micromecanismos a escala electrónica tratan de relacionar a los anteriores con la estructura a escala fina, y caen dentro de la *Metalurgia Física*.

#### Examen Metalográfico

Los exámenes metalográficos se llevan a cabo en laboratorios de metalografía que, por la índole de sus resultados, podemos dividir en micrográficos y macrográficos.

#### Micrográficos

Se aplican en aquellos casos en que es necesario controlar el proceso térmico a que ha sido sometido un metal, debido a que los mismos nos ponen en evidencia la estructura o cambios estructurales que sufren en dicho proceso.

Los exámenes micrográficos, sobre muestras de los materiales que han de ser sometidos a estudio, preparando una superficie que luego de ser pulida convenientemente, se ataca con reactivos químicos apropiados a la finalidad de la determinación a realizar.

#### Macrográficos

Estos exámenes se llevan a cabo sobre superficies preparadas o no y atacadas químicamente, pero con la observación directa o mediante el empleo de lupas de no mas de 10 aumentos. De ello se extraen datos sobre los tratamientos mecánicos sufridos, como ser diferenciar si el metal

fue trefilado, laminado, forjado, etc., comprobar la distribución de defectos como grietas superficiales, de torya, rechupes, etc.

### **Macromecanismos de la Rotura por Tracción**

El fenómeno por el cual se produce la rotura de una pieza no corresponde a un mecanismo único pues depende de diversos factores, unos inherentes al material particularmente a su microestructura y estado de tensiones residuales, y otros a las condiciones de solicitación y medio, tales como velocidad de carga, temperatura, etc..

La rotura es indisociable de la deformación que la procede. Por ello, es indispensable conocer las características de deformabilidad del material.

Normalmente la rotura se produce cuando la solicitación aplicada sobrepasa la resistencia del material o cuando la deformación impuesta supere su capacidad de deformarse.

Desde el punto de vista de la deformación plástica macroscópica que precede a la rotura, esta puede clasificarse en **DUCTIL** o **FRAGIL**. La rotura frágil se caracteriza por una pequeña o nula deformación macroscópica, mientras que la rotura dúctil es preferida por una importante deformación.

Estos dos tipos generales de rotura, involucran modos tecnológicos que resultan de combinaciones de propiedades del material. Ellos pueden clasificarse en:

- a) Estricción plástica*
- b) Fibrosa*
- c) Corte frágil*
- d) Rotura en fundiciones*
- e) Rotura en acero muy duros*
- f) Rotura en aceros resistentes y tenaces*
- g) Rotura en materiales dúctiles*

Se presentan también fracturas intermedias o de transición en las que un tipo de fractura se combina con otros. Ello generalmente, ocurre en materiales con estructura metalográfica heterogénea.

Es conveniente distinguir entre los aspectos macroscópicos de la rotura y el aspecto microscópicos de la fractura. No es lo mismo la rotura frágil que la fractura de aspecto frágil. Existen materiales que rompen con fracturas de aspecto frágil luego de haber sufrido un proceso previo de deformación plástica importante.

### Perfiles de Fracturas por Tracción

Si bien la identificación de los tipos de roturas mencionadas debe hacerse mediante la observación microscópica, pues los términos *clívaje* o *Intercristalino* están comprendidos en ese campo, suelen presentar caracteres morfológicos propios en sus perfiles de fracturas, en general, observables a simple vista.

#### a) Rotura por Estricción Plástica

Es poco frecuente, suele producirse en monocróstales de alta pureza, metales muy plástico o por temperaturas elevadas. El material fluye continuamente hasta alcanzar un área prácticamente puntual; las dos partes finalmente se separan (fig. 1).

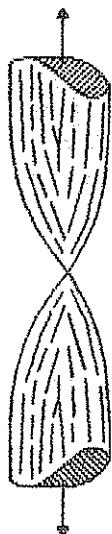


FIGURA 1

b) Fibrosa

Es el tipo más frecuente. Se presenta en materiales dúctiles en los que flujo plástico final se restringe el estado tensional múltiple creado por la propia estricción y la propagación de la fisura desde el interior, que constituyen dos factores de concentración de esfuerzo. El caso más común, correspondiente a secciones circulares, es aquel en que las fracturas toman las formas clásicas de *copa y cono* (fig. 2)

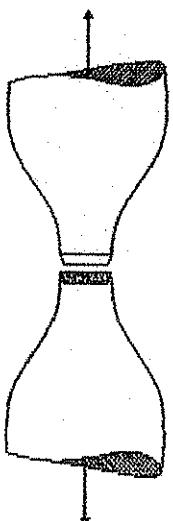


FIGURA 2

c) Rotura por Cizalladura Frágil

Se presenta en materiales con resistencia al corte relativamente baja y una elevada velocidad de endurecimiento por deformación. El plano de rotura se ubica a  $45^\circ$  aproximadamente, respecto al eje de carga. (fig. 3).

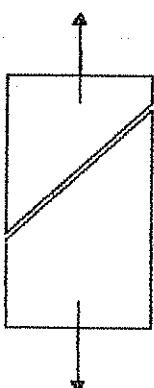


FIGURA 3

**d) Rotura en Fundiciones**

Esta rotura se produce íntegramente en un plano perpendicular a la dirección de la tensión normal aplicada y sin esfuerzo. La rotura se produce por el avance de la fisuración desde el interior hacia la periferia (fig 4).

La fractura se presenta con grano grueso de color gris con tendencia a blanco brillante, según su naturaleza.

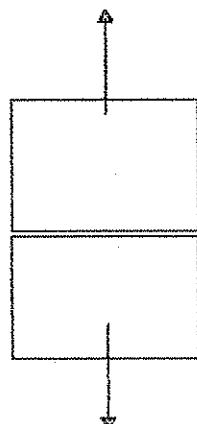


FIGURA 4

**e) Rotura de Acero muy Duros**

Son materiales en los que la resistencia de los bordes del grano es relativamente baja y posee una elevada velocidad de endurecimiento por deformación. Las roturas son bruscas y se producen prácticamente sin deformación plástica. (fig. 4). La fractura presenta un estructura sedosa con pequeñas rebabas.

**f) Rotura de Acero Resistentes y Tenaces**

Se produce en materiales con cierta capacidad de deformación plástica y gran velocidad de endurecimiento por deformación. La rotura se produce abruptamente y la fractura. ( Se presenta en estrella o roseta superficie con nervaduras aproximadamente radiales y con pequeñas rebabas ).

### **g) Rotura Materiales Dúctiles**

Este tipo de materiales posee buena capacidad de deformación plástica; la rotura se produce por deformación y rotura de los bordes del granos. La forma de la fractura en estos casos es la denominada de copa y cono.

La rotura se inicia por una pequeñísima fisura en el centro de la sección, la que se propaga rápidamente hasta alcanzar las proximidades de sus bordes, instante en que actúan las tensiones tangenciales produciéndose la rotura definitiva con un perfil de la fig. 2.

La fisura inicial es el motivo por el cual si después de un ensayo se unen los trazos, queda un hueco en la parte central de la probeta.

#### **Morfología Macroscópica de la Fracturas**

En las fracturas producidas por tracción, se presentan generalmente, tres zona ( fig. 5 ) :

- 1. Zona fibrosa central**
- 2. Zona radial**
- 3. Borde de cizallamiento**

Estas tres zonas aparecen generalmente combinadas de diversas maneras, pudiendo presentarse las tres, dos de ellas y solamente se presenta una en casos de extrema ductilidad o fragilidad.

##### **1. Zona Fibrosa Central**

Se encuentra ubicada en el centro de la superficie de la fractura, rodeando el origen de la misma. En efecto, el origen de la fractura se localiza en la parte central de la zona fibrosa y ocurre en una discontinuidad que puede ser una inclusión o un agrupamiento de inclusiones.

El área fibrosa puede tener una conformación aleatoria ( aceros al carbono ) o estar constituida por finos surcos circunferenciales normales a la dirección de propagación ( aceros de baja aleación y metales comercialmente puros ). Es una región de lento desarrollo de la fisuración.

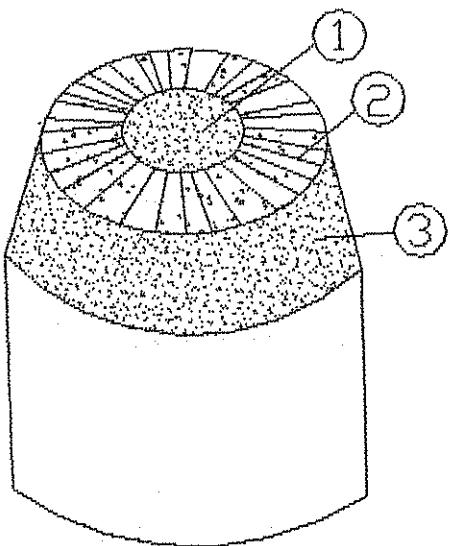


FIGURA 5

La presencia de esta zona es indicativa de alta tenacidad, pues la extensión subcrítica de la grieta requiere relativamente alta energía.

## **2. Zona Radial**

Esta zona contiene estriás o marcas en dirección radial coincidente con la de avance del frente de grieta. Estas estriás aparecen al producirse el cambio en la velocidad de crecimiento de la grieta, desde la zona fibrosa (lenta) hacia la rápida o inestable. Nacen en forma divergente desde la periferia de la zona fibrosa y en caso de ausencia de esta, parten desde el origen de la fractura. Se producen por la acción de los esfuerzos de corte, pudiendo provocar fisuras o exfoliaciones longitudinales a lo largo de los surcos, como consecuencia de la aparición de altas tensiones normales resultantes de la separación del material en los planos de estriás a lo largo de los de máximo deslizamiento.

El estado tensional y las condiciones de medio ambiente que restrinjan la ductilidad, harán disminuir el tamaño del borde de corte. Su ausencia total en una fractura de pieza lisa, se presenta generalmente cuando toda la fractura es radial y cuando el material se halla en condiciones de extrema fragilidad.

## **3. Borde de Cizallamiento**

Consiste en un área lisa de forma anular, adyacente a la periferia de la pieza y provocada por la acción de esfuerzos de corte. Su tamaño es función del estado de tensiones creado en los instantes previos a la rotura final y de las propiedades del

metal. Puede aparecer combinada con las zona ya mencionadas o abarcando toda la fractura.

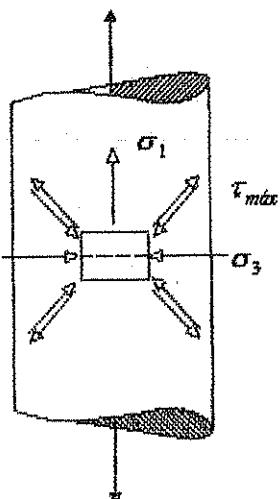
El estado tensional y las condiciones del medio ambiente que restrinjan la ductilidad, harán disminuir el tamaño del borde de corte. Su ausencia total en una fractura de pieza lisa, se presenta generalmente cuando toda la fractura es radial y cuando el material se halla en condiciones de extrema fragilidad.

### **Estado de Tensiones**

El estado de tensiones simple de tracción que se produce durante el periodo elástico, cambia fundamentalmente cuando se entra en el periodo de estricción y final de rotura, pasando a un estado tridimensional. Este estado influye sobremanera en el proceso y tipo de rotura, en cuanto a la presencia de las zonas de fractura mencionada en los puntos anteriores.

En materiales dúctiles, las tensiones de corte causan considerables de formación ( alargamiento y estricción ) antes de la fractura, siendo el estado de tensiones el de la figura 6.

En materiales frágiles, el plano de fractura es perpendicular al eje. La distribución de tensiones es, en ausencia de concentraciones de tensiones, coincidente con la del periodo elástico, permanece uniforme todo el proceso hasta la rotura. Esta se inicia en cualquier sitio del plano de fractura, dentro del volumen altamente tensionado del material ( fig. 7 ). El estado uniforme de tensiones se mantiene hasta la iniciación de la rotura, a partir de allí existe concentración en el vértice de la fisura que progresiva desde el interior hacia la periferia.



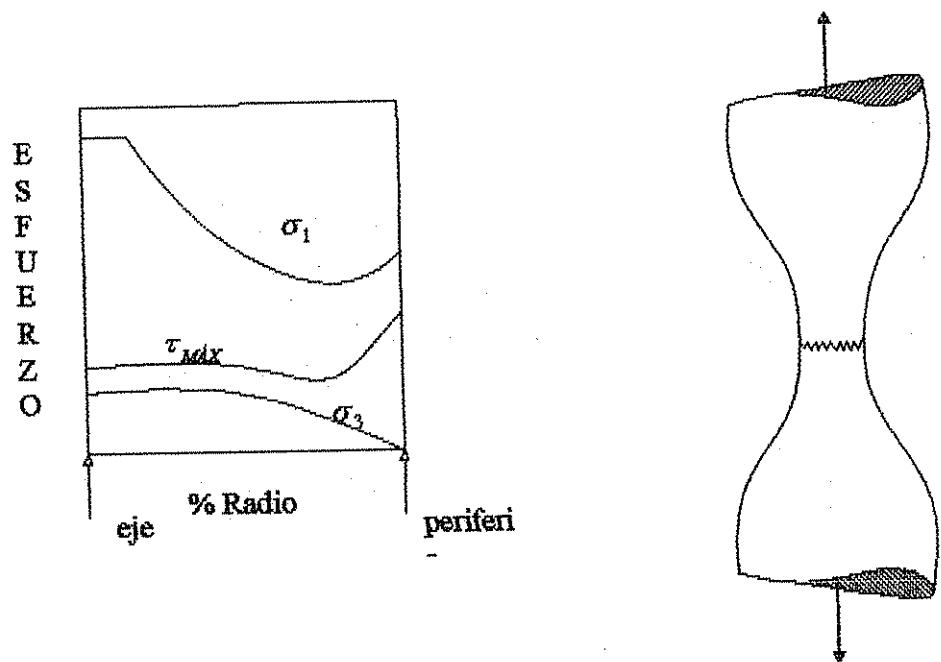


FIGURA 6

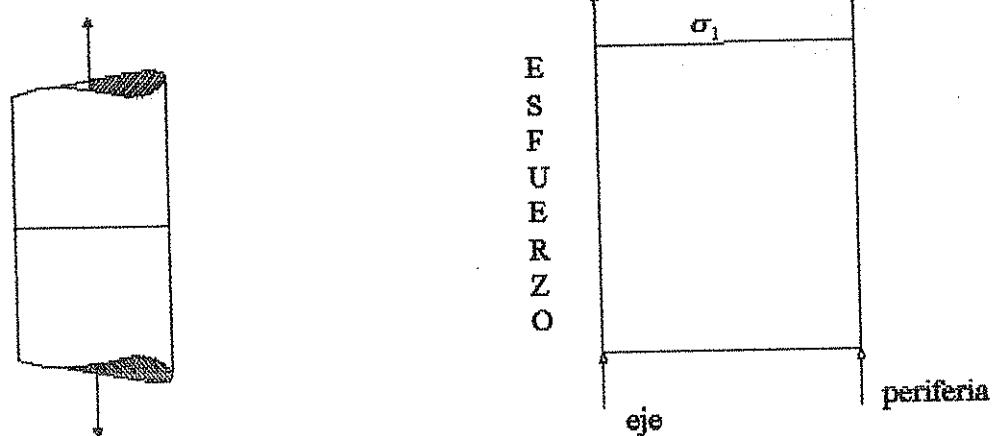


FIGURA 7

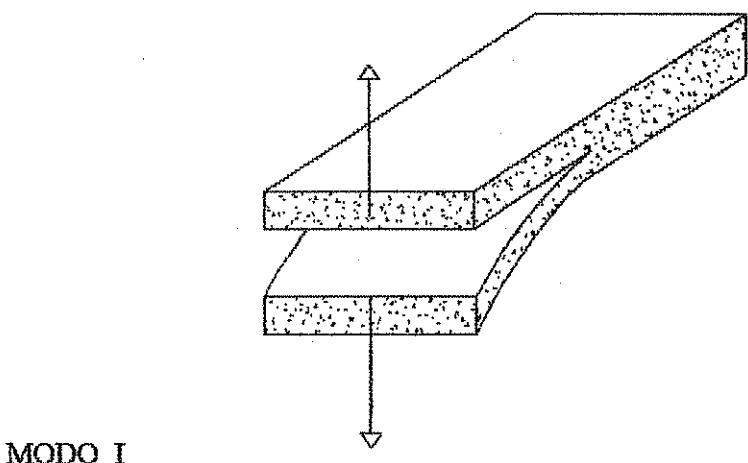
## **Micromecanismos de Rotura**

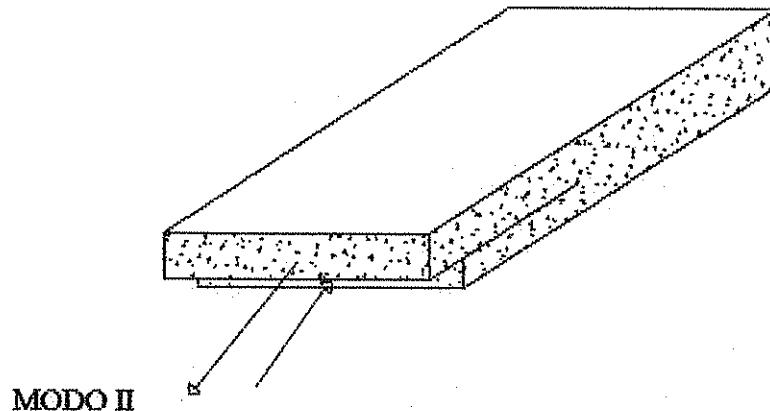
A las denominaciones de los aspectos macroscópicos de las fracturas citadas anteriormente, deben agregarse las ya conocidas *intergranular* y *transgranular* que definen la trayectoria seguida por la fisura en el campo microscópicos. Pero todos estos vocablos y sus implicancias son insuficientes para describir los aspectos a escala fina. A la microfractografía electrónica le corresponden términos que implican mecanismos de fractura a escala cristalina. Los mecanismos básicos fundamentales son:

- Clivaje (separación mecánica que se produce según planos paralelos entre sí).
- Coalescencia de microcavidades.
- Separación intergranular.

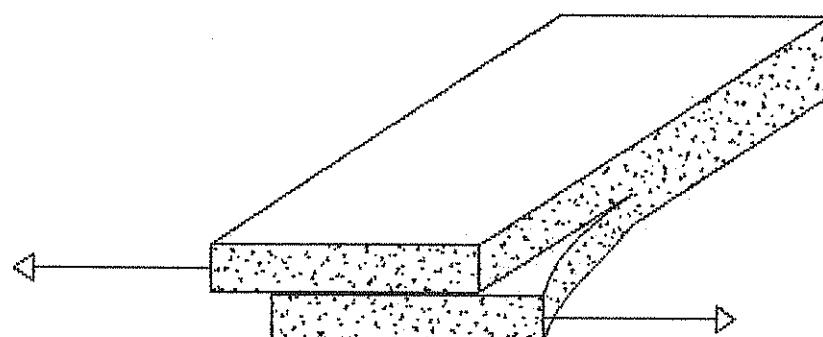
Generalmente se presentan combinaciones de estos mecanismos. La producción de uno u otro mecanismo depende fundamentalmente del ordenamiento atómico en el cristal y de sus posibilidades de deformación plástica. La rotura a escala fina obedece a mecanismos generales que evolucionan según los planos más débiles del cristal, ante la acción de esfuerzos normales o tangenciales, independientemente del tipo de esfuerzo externo que les dio origen.

La acción de dichos esfuerzos normales y tangenciales determina los llamados *modos de fractura*. Estos definen los estados tensionales actuantes en el frente de fisuras y sus implicaciones en cuanto a la modalidad de separación de las superficies de fractura. Son los estados tensionales a nivel microscópicos. Existen tres modos básicos (fig. 8).





MODO II



MODO III

FIGURA 8

Modo I :

Llamado por *apertura*, donde las superficies de fractura se mueven perpendicularmente una con relación a otra, debido a la acción de un esfuerzo normal de tracción.

### Modo II :

Llamado por *deslizamiento*, donde las superficies se mueven aproximadamente en el mismo plano y en una dirección perpendicular a la línea del frente de fisura, debido a la actuación de un esfuerzo tangencial.

### Modo III :

Llamado de *desgarramiento*, donde las superficie se desplazan en un mismo plano, pero en dirección paralela al frente de fisura.

Estos tres modos y sus combinaciones abarcan todos los estados tensionales que provocan la separación de superficie en el frente de fisura.

La clasificación de los mecanismos de rotura obedece fundamentalmente a una caracterización morfológica y puede ser ampliada o reducida, ya que fundamentalmente los átomos deslizándose o apartándose por tracción ( modos de fractura ). Las combinaciones de estos dos procesos básicos y las características del material, provocan distintas morfologías de fracturas con características topográficas típicas que conducen a la anterior clasificación.

### Fractura por Clivaje

También llamada fractura por descohesión transcrystalina , se define como la separación de planos cristalográficos contiguos según el modo I.

Muchas sustancias cristalinas, incluso los metales, fracturan por separación de planos de alta densidad atómica. A pesar de esta definición, no se trata de un proceso simple, pues la fractura por clivaje es siempre precedida y acompañada por alguna deformación plástica.

Sería deseable esperar que las dos superficies de fractura fuesen un plano perfecto, pero la presencia de defectos cristalinos hace que la trayectoria de la fractura sea una superficie quebrada según planos paralelos de clivaje.

Se cree que las dislocaciones helicoidales son las responsables de los escalonamientos en el clivaje. Estos escalones convergen según el sentido de propagación, para formar, en la confluencia, grandes escalones que corresponden a nivel energéticos más estables.

### Coalescencia de Microcavidades

Los precipitados y las inclusiones juegan un rol fundamental en la rotura dúctil.

La fractura dúctil tiene aspectos característicos: concavidades, en el fondo de las cuales se observa, a menudo, un precipitado o una inclusión.

Los precipitados, inclusiones, borde de grano, dislocaciones, constituyen concentradores de esfuerzo, donde puede no existir compatibilidad entre la deformación global del cuerpo mecánico y la local en dicho constituyentes.

Esta incompatibilidad genera una cavidad alrededor del constituyente, la cual, durante la estricción aumenta de volumen y se reúne con otras por adelgazamiento de las paredes separadoras, llegándose a la coalescencia mediante alguno de los dos procesos que a continuación se mencionan:

- Arrancamiento de las paredes adelgazadas cuando la tensión normal es preponderante.
- Desgarramiento de las paredes adelgazadas cuando la tensión de corte es preponderante.

Estos dos procesos implican distintas morfologías microscópicas de las fracturas (fig. 9).

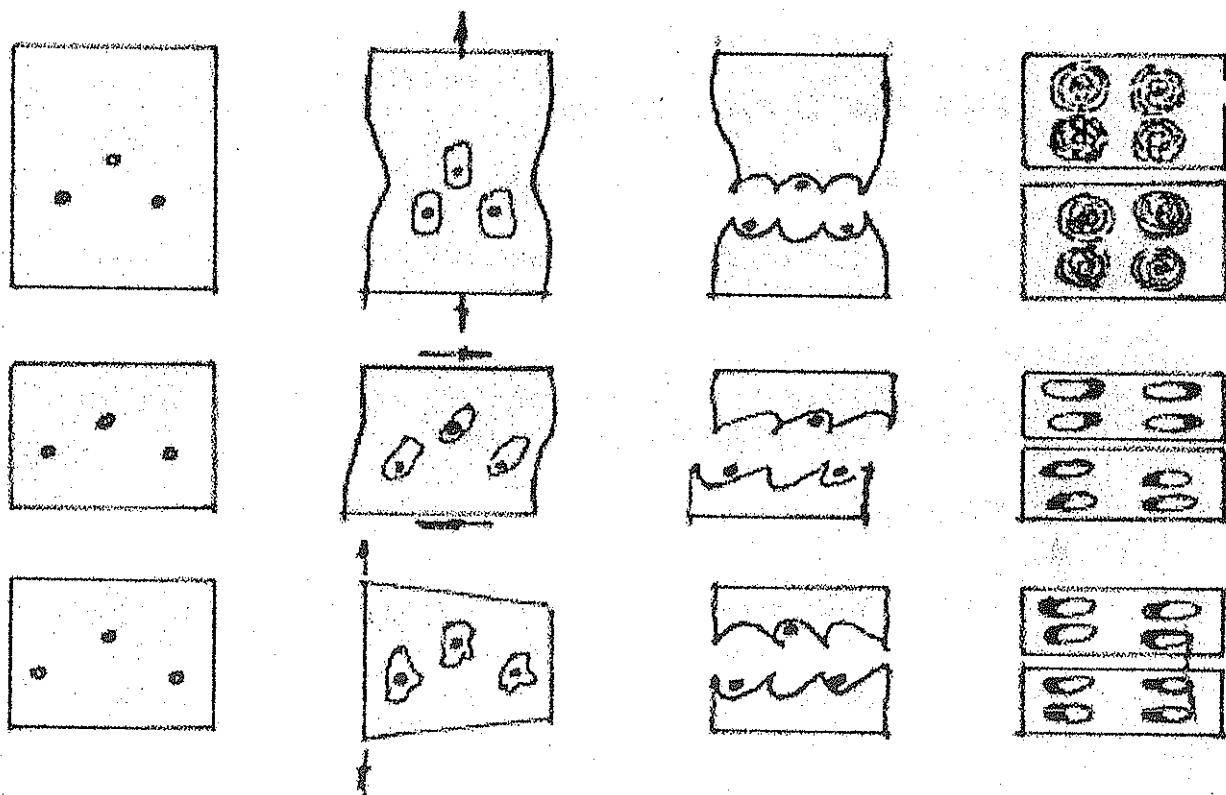


FIGURA 9

- 1) Cavidades equilaxiales o cúpulas.
- 2) Cavidades paraboloides o dimples.

Se ha comprobado que no todas las partículas contribuyen a la rotura. En efecto, las dimensiones de las cúpulas son a menudo superiores al espaciado entre partículas. Se cree que ello tiene importancia preponderante el endurecimiento por deformación plástica de la matriz en las proximidades de las discontinuidades. A mayor endurecimiento correspondería menos concavidades en relación a las partículas.

En el caso de partículas frágiles que dan fácilmente nacimiento a microfisuras, se observa una buena correlación entre la densidad de concavidades sobre la superficie de rotura y la densidad de partículas en el metal. Es el caso de la perlita.

En las soluciones sólidas, el numero de partículas susceptibles de producir cavidades es menor y las superficies de fractura dúctil estarán constituidas por ondulaciones sin relieve notables.

El tamaño de las concavidades depende:

- a) Del tamaño de las inclusiones, partículas, etc, del cual depende el de las superficies libres creadas en sus alrededores.
- b) De la extensión en que se propaga la deformación plástica de la matriz antes de la rotura de las paredes separadoras, la que depende a su vez de la cantidad de partículas y de la distancia entre ellas.

#### Separación intergranular

La irregularidad de la red cristalina en los límites de grano, unida al hecho de que en tales límites suelen depositarse partículas de aleación o de impureza, continuas o no, y a veces de constituyentes que no poseen carácter metálico, provoca en estas zonas reacciones mecánicas, por lo común del tipo frágil, que favorecen el progreso de la fractura en ellas. Para que esto suceda es menester que las partículas sean continuas o grandes y que posean propiedades intrínsecas muy diferentes de las del grano en sí.

La fractura intercristalina propiamente dicha produce un aspecto de grano *limpio*. Además, ella puede ser del tipo combinado con simples, clivaje, marcas de fatiga, etc, que se forman por adelgazamiento y la rotura del material que separa a dos microfisuras producidas en el límite de grano.

## MATERIALES ORGANICOS

Los materiales de origen orgánico mas empleados en la construcción son la madera, corcho, cañas y cuerdas.

### **1) MADERA**

**La madera está constituida por el conjunto de tejidos que forman la masa de los troncos de los árboles, desprovisto de corteza.**

**Es el material de construcción más ligero, resistente y de fácil trabajo utilizado por el hombre desde los primeros tiempos.**

#### **1.1) DESARROLLO DE LA MADERA**

**El árbol consta de raíces, tronco, ramas y hojas, cumpliendo cada una de ellas una función.**

**Los árboles se nutren por las raíces, absorbiendo agua, sales minerales y nitrógeno del suelo, que en disolución, penetra por osmosis en los pelos radicales, llegando hasta la parte inferior del tejido vascular y asciende hasta las hojas por los vasos y traqueidas de la albura, debido a la capilaridad y por los vacíos relativos que deja el agua al evaporarse en la superficie de las hojas, recibiendo este líquido el nombre de savia ascendente.**

**En las hojas se verifica por el día una fotosíntesis mediante la clorofila o pigmento verde, absorbiendo el anhídrido carbónico del aire, formando aldehído y despidiendo oxígeno.**

**Existe una gran diversidad de clases de árboles que difieren por su estructura, su resistencia y su peso específico, según la región donde crecen. En las regiones calidas y tropicales son en general maderas duras y pesadas y oscura coloración, (*ébano, palo santo, guayacán, quebracho colorado, urunday, etc.*,). En las zonas templadas no son tan duras y pesadas y su coloración es algo mas clara (*roble, cedro, nogal, fresno, haya, tipa, etc.*) y en las regiones frías son en general mas blanquecinas, fibrosas, resinosas y livianas (*pino, abeto, abedul, raulí, alerce, álamo, etc.*).**

**La naturaleza del terreno tiene mucha importancia en la calidad de la madera; si el terreno es seco, arenoso y árido, los árboles crecen con lentitud por falta de humedad y su madera es mas dura, tenaz y compacta que la de los que crecen con relativa rapidez en terrenos bajos y húmedos.**

#### **1.2) CLASIFICACIÓN DE LAS MADERAS**

**Para averiguar a que especie pertenece una madera, pueden servir sus propiedades físicas, de densidad, dureza, color, granos, vetas, etc. Pero la**

clasificación científica esta basada en los caracteres histológicos de su estructura anatómica: vasos, fibras, radios modulares, poros aerolares, canales resiníferos, etc.

Por su estructura anatómica se clasifican las maderas en CONIFERAS o RESINOSAS, de la clase botánica de las gimnospermas, y FRONDOSAS, de las angiospermas dicotiledóneas.

A las coníferas pertenecen las especies mas antiguas de fines de la era primaria, propias de zonas frías y templadas; suministran las mejores y más apreciadas maderas de construcción por sus características de trabajo y resistencias mecánicas.

Las frondosas aparecieron al final de la era secundaria; son propias de las zonas templadas y tropicales, proporcionan las maderas aptas para ebanistería, por su aspecto y calidad.

En las frondosas el tejido vascular es independiente del sostén, y en las resinosas forman un solo elemento, a la vez conductor y de sostén, que son las traqueadas o fibras aeroladas. En las frondosas aparecen, además, los radios modulares y parénquima y los radios modulares y canales resiníferos, en las confieras o resinosas.

1.2.1) **MADERAS RESINOSAS:** Pino (comprende unas 80 especies), abeto, alerce, ciprés, cedro y tejo.

1.2.2) **MADERAS FRONDOSAS:** Roble, encina, alcornoque, haya, olmo, aliso, castaño, plátano, fresno, acacia, sauce y eucalipto.

1.2.3) **MADERAS DE ÁRBOLES FRUTALES:** Nogal. Cerezo, peral, manzano y olivo.

1.2.4) **MADERAS TROPICALES:** Caoba, limbo, tulipán de África, ébano, palo santo, guayacán, curupay, ñandubay, urunday, quebracho, lapacho, anchico.

### 1.3) **ESTRUCTURA DE LA MADERA**

La madera está constituida por una aglomeración de células tubulares de forma y longitud muy variada. Para estudiarla analizaremos una sección transversal del tronco del árbol que comprende tres zonas principales; la corteza o externa, la interna y la divisoria entre ambas que es una capa muy delgada llamada cambio, o sea la zona generadora de células de madera.

La madera se genera en forma de anillos como consecuencia de la interrupción de la actividad vital del árbol.

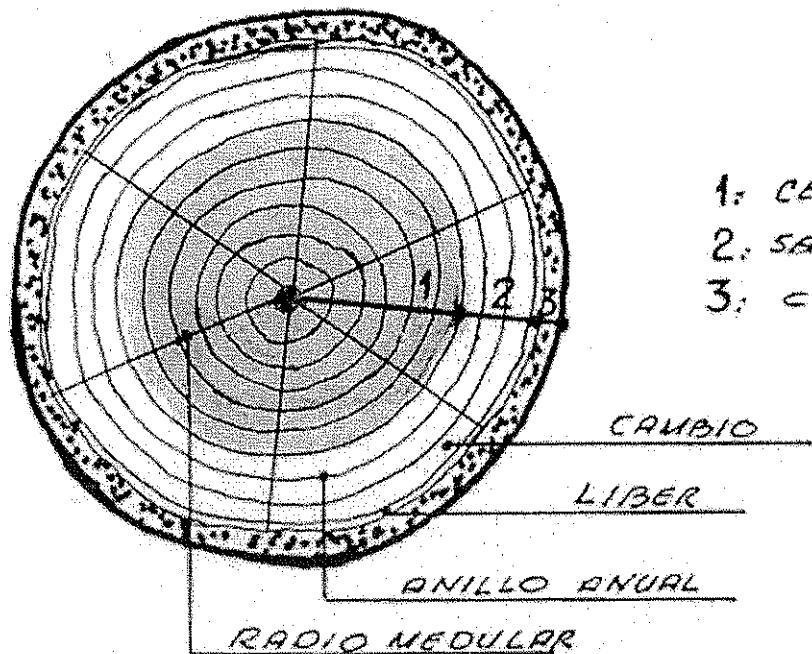


FIG. 1

Figura 1

Así tenemos que en los climas cálidos no siempre se forman anillos perfectamente definidos, por ser zonas que no existen períodos bien marcados de actividad y de inactividad. Estos anillos anuales se forman alrededor del corazón o médula y se llaman anillos anuales de crecimiento y por medio de los cuales se puede determinar la edad de los árboles. Estos anillos permiten distinguir en una madera el crecimiento de primavera y otoño. La primera en general es más clara y menos resistente que la segunda. Los anillos interiores se van endureciendo con el transcurso del tiempo, desde el centro hacia la periferia del tronco y son los que constituyen la madera o duramen, que es dura y resistente, más durable y menos atacable por los microorganismos e insectos que la zona siguiente hacia afuera integrada por anillos que aún conducen savia.

El duramen es la parte que técnicamente interesa, es decir la verdadera madera.

El conjunto de anillos comprendido entre el duramen y el cambio está constituido por células activas que transportan savia siendo atacable por microorganismos e insectos, poco resistente a los agentes deteriorantes en general y por lo tanto no es buen material de construcción y recibe el nombre de albura o samago.

El paso de la albura a duramen se produce en muchos años, esta transición se inicia en el roble a los 15 años, a la haya a los 35 años, en el fresno a los 40 años, etc. Hay árboles que esta transición no se realiza, boj, abedul, álamo, sauce, cuya madera no es perfecta.

La corteza en general no se usa, salvo la del alcornoque cuya corteza muerta es el corcho, usado entre otras aplicaciones en aislaciones.

Dentro de los anillos la madera esta constituida por células de composición más o menos uniformes; el componente fundamental de la madera es la celulosa 60%, luego la lignina 30% y el resto son resina, goma y algún elemento mineral.

La celulosa es un compuesto de carbono, hidrogeno y oxígeno cuyas moléculas se agrupan en forma lineal constituyendo hebras de longitud indefinida y de diámetro igual al de una molécula. Estas hebras se unen en haces de 40 o 50 que forman las pequeñas fibras de celulosa, las que a su vez, reunidas constituyen las células de la madera, que son huecas y fusiformes sobrepuertas, unidas unas a otras con lignina (sustancia ligante) y cuyas paredes están compuestas por fibras dispuestas longitudinalmente.

Por estas células se transporta la savia que pasa de una célula a otra por orificios que se enfrentan.

Las células tienen su sección transversal de mayor abertura en la época de actividad vital o sea en primavera y por lo general a medida que avanza el año las células se aprietan más y las aberturas son más pequeñas.

Debido a ello es que hay zonas claras y oscuras que corresponde a los crecimientos de primavera y a los de fin de verano y otoño que son más densas.

En casi todas las especies de madera el duramen es mas oscuro que la albura, por estar impregnado de sustancias tánicas haciéndolo mas resistente a los microorganismos e insectos. Despues de ciertos números de años la madera del duramen se deteriora y forma lo que se llama el corazón hueco por donde se desintegra.

Para apreciar la estructura de la madera se deben realizar en el tronco tres cortes:

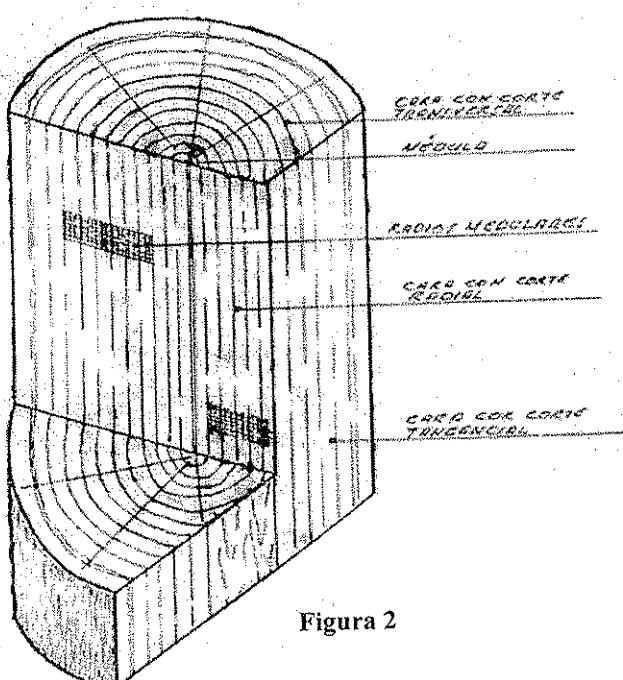


Figura 2

TRANSVERSAL (de testa) perpendicular al eje mayor, viéndose así la naturaleza del duramen y la albura.

LONGITUDINAL o DIAMETRAL (madera de corazón) por un plano que pasa por el eje para apreciar así la fibrosidad.

TANGENCIAL o SEGÚN CUERDA (madera al hilo) en el sentido longitudinal, pero tangencialmente a alguno de los anillos anuales, para ver el curso de las fibras.

#### 1.4) **APEO DE LOS ÁRBOLES (TALADO)**

Los árboles deben cortarse cuando han llegado a su máximo desarrollo, cuando la madera es más densa y fuerte; si se deja pasar más tiempo, es menos elástica y resistente y se pudre mas fácilmente.

La época propicia para el apeo o corte es el invierno, cuando no circula la savia, pues esta produce por fermentación la descomposición de la madera; antes de iniciar la explotación del monte, personal idóneo marca los árboles que deberán ser cortados a sierra o con hachas. El apeo con sierra no puede ser empleado en montes con alguna pendiente.

El apeo de los árboles se hace practicando una entalladura del lado que se desea caiga el árbol, abarcando mas de la tercera parte, y después se hace otra entalladura en un plano un poco superior, en el lado opuesto, hasta unos centímetros de la otra y el árbol cae por su propio peso o se lo obliga a caer.

Una vez derribado el árbol, se le quitan las ramas, la corteza y el raberón y luego se saca del monte.

El extremo mas grueso se llama pié y el mas estrecho cabeza.

##### 1.4.1) **DESIGNACIÓN DE LA MADERA:**

Se denomina madera en rollo o rollizo al árbol de mas de 25cm de diámetro, desprovisto de corteza, postes a los troncos de menos de 25cm de diámetro y madera encuadrada o vigas, cuando están labradas en sus cuatro caras, presentando sus aristas o cantos mas o menos redondeados.

##### 1.4.2) **SECADO:**

El secado natural del árbol talado se hace en tinglados cubiertos, permeables al aire, disponiendo los troncos sobre tarugos, con el pié algo mas bajo que la cabeza; el proceso es lento, dura de 2 a 3 años, para que el proceso sea mas rápido se usan sistemas artificiales.

##### 1.4.3) **CONTRACCIÓN DE LA MADERA POR DESECADO**

La humedad que mas afecta la estabilidad dimensional de la madera es la que impregna las fibras, a mayor cantidad de fibras por unidad de volumen, mayor valor de contracción. La mayor cantidad de fibras se traduce en mayor compacidad y peso de las maderas, por ello las maderas compactas y pesadas experimentan mayores y mas perjudiciales contracciones o expansiones. En el sentido longitudinal, la madera cortada verde y desecada hasta peso constante experimenta variaciones de longitud del orden del 0.1%, en sentido radial contracciones del 4 a 6 % y en sentido tangencial de 7 a 14 %

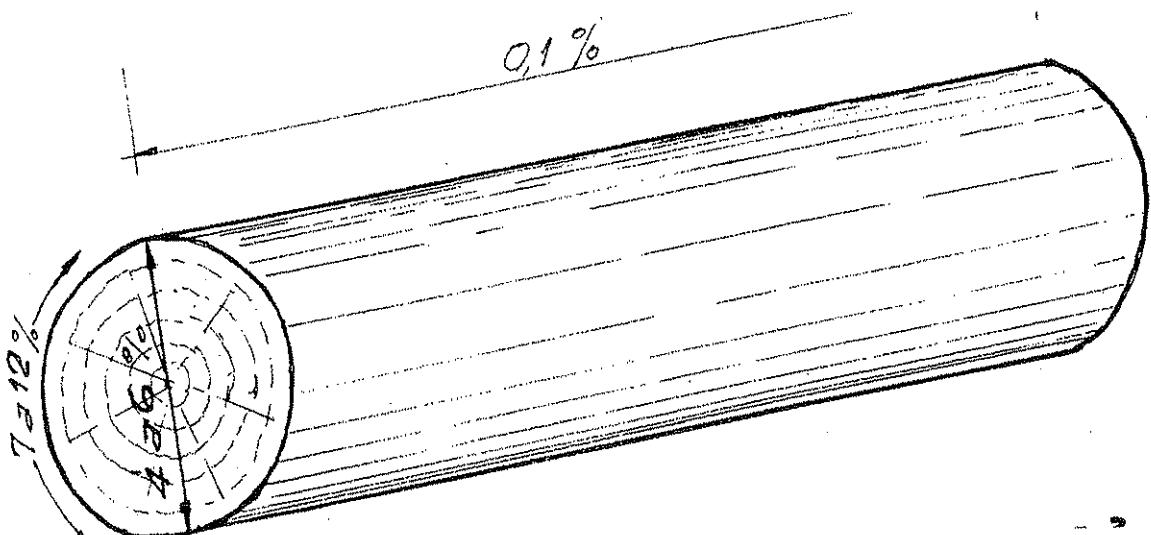


Figura 3

Esto hace que al desecarse el leño se produzcan tensiones debido a la contracción, que desarrollan grandes esfuerzos; la madera se agrieta o deforma, cuando la contracción no puede hacerse libremente.

La mayor contracción de la madera se opera cuando el contenido de humedad baja del 30%, o sea cuando comienza a perder la que impregna las fibras; la que llena los vasos influye mucho menos.

La diferencia entre las contracciones radiales y tangenciales produce esfuerzos de tracción perpendiculares a las fibras en el sentido tangencial; la resistencia de la madera a este tipo de esfuerzo es muy baja, al extremo que en las aplicaciones estructurales se la considera nula, y por ello se producen rajaduras radiales. (fig. 4)

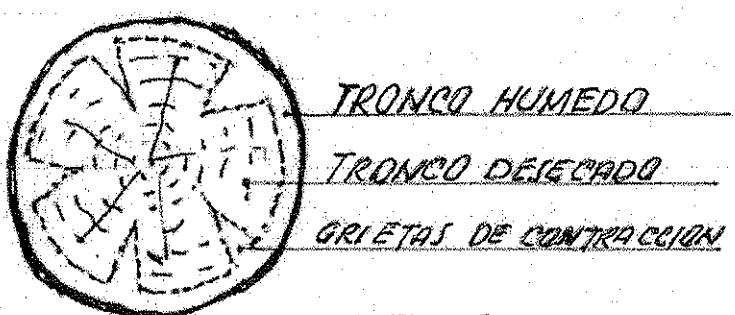


Figura 5

Si el tronco se asierra radialmente antes de secarse el agrietamiento no es tan acusado, pero cada medio tronco tiende a cerrarse como un abanico (fig.5)

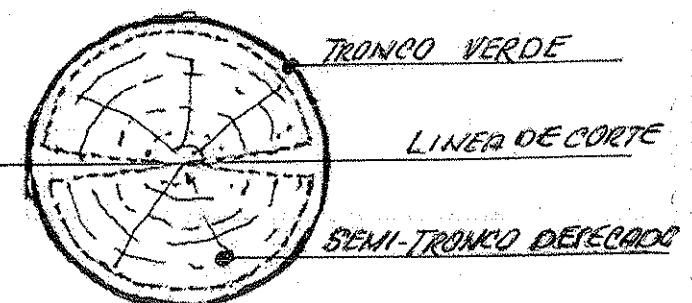
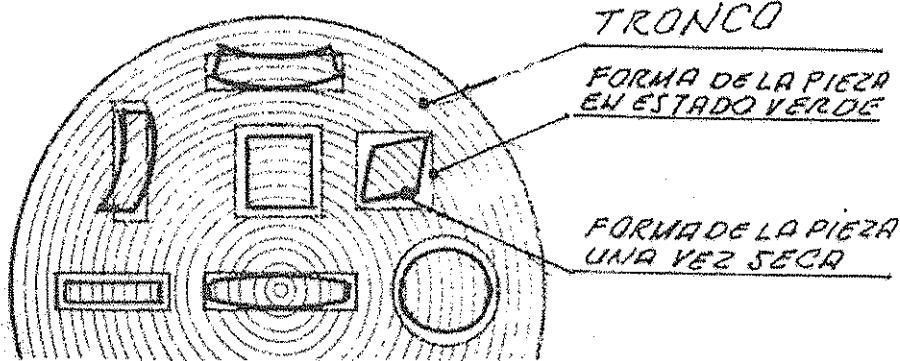


Figura 4

Cuando la madera es aserrada verde la contracción por desecamiento tiende a producir deformaciones en su sección transversal. En la fig. 6 indican algunas formas antes y después de ser desecada la madera. Las piezas cortadas perpendicularmente a los anillos sufren contracciones uniformes de poca deformación, mientras que las tangenciales u oblicuas a los anillos anuales experimentan contracciones desiguales que deforman la pieza.



Para obtener la máxima estabilidad de la madera debe ser cortada en sentido radial.

Figura 6

### 1.5) **LABRA DE LA MADERA**

Apeados los árboles por medio de hacha o sierra, se procede al desmache de las ramas y luego se descorteza. Finalmente se dividen los troncos en trozos de diversas longitudes.

#### 1.5.1) **HENDIMIENTO**

Consiste en rajar el tronco en sentido longitudinal, por medio de cuñas de acero que se introducen golpeándolas con mazas y se las hace penetrar siguiendo la dirección de los radios medulares según las generatrices diametralmente opuestas.

#### 1.5.2) **ESCUADRACION**

Es la operación de sacar de un tronco una pieza prismática, desperdiциando la menor cantidad posible de madera.

#### 1.5.3) **MADERA LABRADA CON HACHA**

Se hace en el mismo monte, colocando el rollizo sobre durmientes de madera, sujetándole mediante cuñas. Se dibuja en la testa el mayor rectángulo, que se pueda inscribir, haciéndose lo mismo en el pie, por medio de reglas o plomadas. Se trazan las aristas mediante cuerdas espolvoreadas impregnadas de pintura. El operario procede a labrar dos caras y dándole la vuelta, las otras dos.

#### 1.5.4) **MADERAS DE SIERRA. DESPIEZO.**

##### 1.5.4.1) **PIEZA ENTERIZA**

Cuando se corta con sierra según las trazas marcadas, como se ha dicho en la labra con hacha, se obtiene una pieza enteriza (fig. 7) con aristas vivas, separándose cuatro piezas de sección plano convexas, llamadas costaneros, que a veces se emplean como tablillas para embalaje. Las sierras pueden ser movidas a mano, o mecánicas de cinta, disco o cadenas.

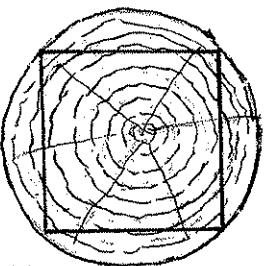


Figura 7

##### 1.5.4.2) **CUARTEO**

El despiece al cuarteo (fig. 8) consiste en dar dos cortes perpendiculares, obteniéndose cuatro secciones

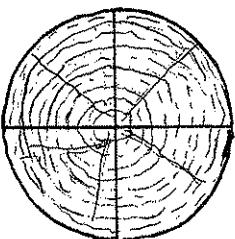


Figura 8

##### 1.5.4.3) **RADIAL O MALLADO**

Es aquel que sigue la dirección de los radios medulares (fig. 9)

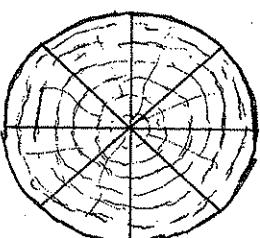


Figura 9

#### 1.5.4.4) **HILOS PARALELOS**

Despiezo a hilos paralelos o a lo largo consiste en dar serie de cortes, obteniéndose tablones o tablas que tienen distinto ancho, y además, en la desecación se alabeán, teniendo la concavidad en sentido contrario a los anillos de crecimiento

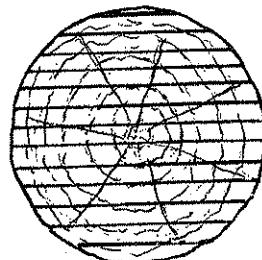


Figura 10

#### 1.5.4.5) **DESPIEZO DE PARÍS**

Consiste en sacar una gruesa pieza central y después en los costados, otras de menores dimensiones.

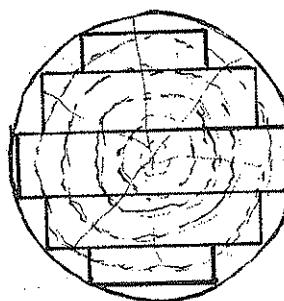


Figura 11

#### 1.5.4.6) **EN CRUZ**

Consiste en sacar una gruesa pieza central que abarque todo el duramen y es después cortada por el centro. De los costaneros se obtienen otras dos piezas centrales y finalmente, los cuatro sectores restantes se despiezan radialmente, obteniéndose tablas malladas.

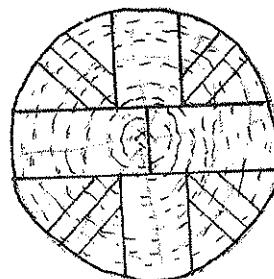


Figura 12

#### 1.5.4.7) **HOLANDES**

Se obtiene primeramente cuartones mediante dos cortes diametrales en cruz y a cada cuartón se le da una serie de cortes paralelos a su bisectriz.

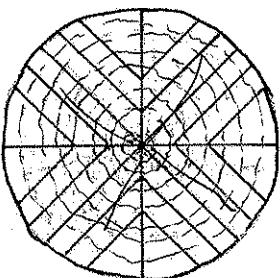


Figura 13

#### 1.5.4.8) **CORTES ENCONTRADOS**

El despiece por cortes encontrados separa un tablón central y las dos piezas resultantes se dividen por el centro, y de cada una de estas se sacan tablas por cortes encontrados, o sea normales entre sí.

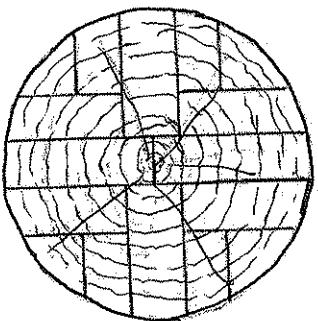


Figura 14

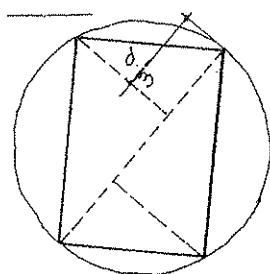
#### 1.5.4.9) **ESTUDIO PARA EL CORTE**

Al ser cortado un leño es necesario estudiar la manera de efectuar el corte pues las partes en que las fibras no son paralelas al eje deben ser desecharadas si se desea madera para estructura resistente. Después del corte la madera presenta caras en contacto con el ambiente que antes no las tenían y que se van a seguir desecando lo que va a originar un encorvamiento del tablón o pieza aserrada. En efecto, el tablón tendrá una de sus caras que estaba más próxima a lo que era la corteza y la otra mas lejana, en aquella los anillos están cortados tangencialmente, mientras que en esta tenderá a ser radial, al desecarse se contrae mas la parte superior, pues sabemos son mayores las contracciones tangenciales que las radiales. En cambio si cortamos la madera en forma radial, notamos una contracción general en sentido radial, las caras se conservan planas pero no paralelas y de allí que las maderas que menos se contraen y deforman son las cortadas radialmente, pero ello origina un desperdicio mayor pues quedan trozos

en forma de cuñas que habitualmente no se pueden utilizar. El corte habitual entre nosotros es el de HILOS PARALELOS o en SANDWICH. Cuando se corta la madera radialmente, el corte dará veteados con líneas paralelas, pero en el caso general, es decir el corte paralelo, aparecen vetas según líneas hiperbólicas que son decorativas, ello se debe a que el tronco no es perfectamente cilíndrico sino que tiene una forma troncocónica. A veces la madera se corta en la forma indicada en la figura 9, pero eso da lugar a encarecimiento por lo que se usa en casos especiales.

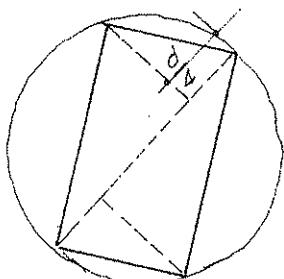
Después de cortar la madera se debe eliminar el exceso de humedad hasta dejar un 15%, en peso, cuando se usa en ambientes normalmente húmedos y algo menos cuando se usa en interiores o ambientes secos. Para eliminar el exceso de humedad debe ser estacionada, se estima que para eliminarla, en una madera de uso corriente, se necesita un año por cada centímetro de espesor, tiempo que pocas veces se deja debido a que encarece mucho al producto.

#### 1.5.4.10) ESCUADRIAS DE LA MADERA DE SIERRA



- a) La mayor resistencia en las vigas se obtiene dando a la tabla y canto la relación 5/7, o sea  $b = 0.7$
- a. Se logra dividiendo el diámetro de la testa en tres partes iguales y levantando la perpendicular hasta encontrar la circunferencia tendremos dos vértices opuestos.

Figura 15



- b) La flecha mínima se consigue con la relación de 4/7 y se obtiene dividiendo el diámetro en cuatro partes iguales y levantando perpendiculares a  $1/4$

Figura 16

En la figura 17 se observan los diferentes cortes que se pueden hacer en rollizos para conseguir los diversos tipos de escuadrias utilizadas en la construcción.

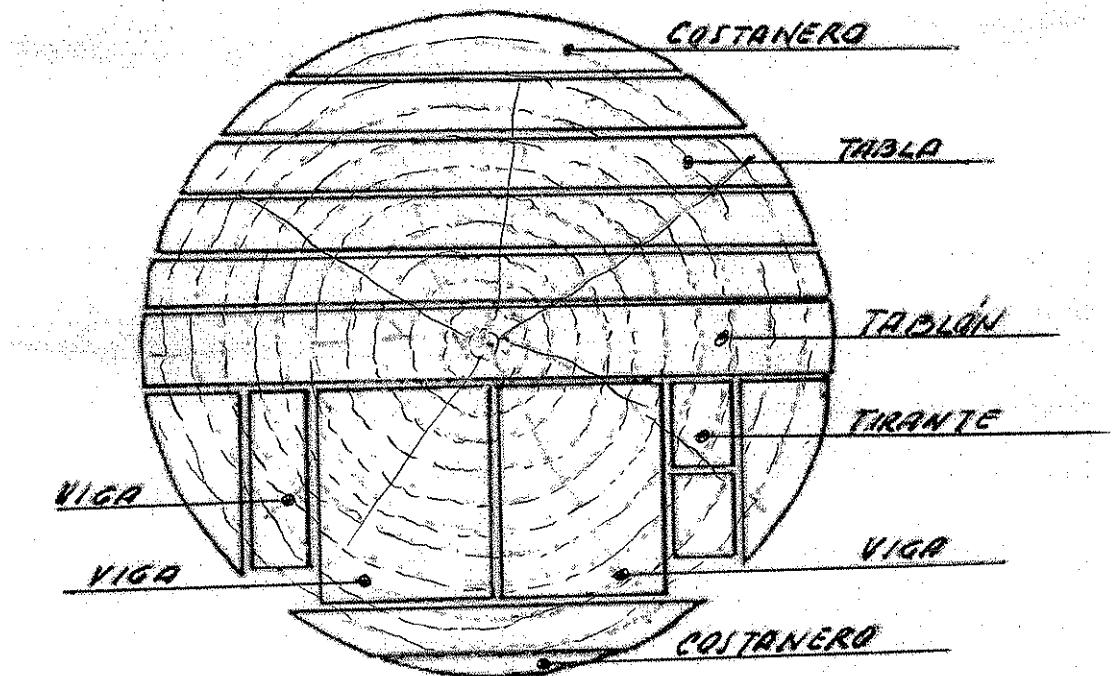


Figura 17

Las piezas de madera en el obraje y en el comercio según la forma de clasifican en:

- a) **ROLLIZOS**: es el tronco de origen, a veces descorteizado.
- b) **MADERA ENCUADRADA, ENTERIZA O DE HILO**: cuando están labradas sus cuatro caras con el hacha, presentando los cantos más o menos redondeados.
- c) **MADERA DE SIERRA**: cuando esta encuadrada con sierra, teniendo aristas vivas.
- d) **MADERA DE RAJA**: la que se obtiene desgajando o hendiendo en el sentido longitudinal los troncos.
- e) **MADERAS ASERRADAS**.
  - 1) **LISTONES**. Son considerados como listones las piezas de dimensiones inferiores a 2.5cm de espesor, por 7.5cm de ancho.
  - 2) **ALFAJIAS**: son las piezas que tienen 2.5cm de espesor, y 7.5cm de ancho.
  - 3) **TABLAS**: son aquellas de espesores de 1.2, 1.9 y 2.5cm y a veces 3.8cm; anchos varían de 10cm a 30cm. Las tablas de 3.8cm a veces se consideran tablones.
  - 4) **TABLONES**: los tablones tienen un espesor de 5cm, a veces 3.8cm, el ancho normal es de 30cm.

**5) TIRANTES: el tamaño menor es de 5cm de ancho y tenemos**

5 x 7.5cm	7.5 x 7.5cm	10 x 10cm
5 x 10cm	7.5 x 10cm	10 x 15cm
	7.5 x 15cm	10 x 20cm
	7.5 x 20cm	

**6) VIGAS: las vigas pueden tener sección cuadrada 15x15cm, 25x25cm y 30x30cm y sección rectangular de 15x20cm a 25x35cm.**

**7) CHAPAS: desde 0.2 a 5cm de espesor; ancho y longitud variable.**

Los largos de todas las maderas vienen escalonados, tomando como modulo el pie ingles, a partir de 3.60m hasta 9.00m, comúnmente de 0.60m en 0.60m, pero lógicamente el largo depende de la especie, pues hay especies que permiten maderas mas largas que otras.

**1.6) DESECACIÓN DE LAS MADERAS**

El agua se halla en la madera, además de la de constitución, que oscila del 15 al 20%, según las especies y que no se pierde, en forma de agua de saturación higroscópica o libre, y es la que se desprende en el secado de la madera y que vuelve a absorber si se coloca en ambiente húmedo o se sumerge en agua.

Una madera está seca cuando ha perdido por evaporación el agua de imbibición que impregnaba sus tejidos. La madera senilizada es aquella que por un envejecimiento natural o artificial de ozonización ha perdido, además del agua de imbibición, una pequeña parte de la de constitución, y con esta todas las materias nitrogenadas.

**1.6.1) SECADO NATURAL**

Se hace apilando la madera al aire libre, siendo irregular su desecación por depender del estado higrométrico del medio ambiente, el cual depende, a su vez, de las estaciones del año, localidad, hora, etc..

El secado total al aire libre es lento; para maderas blandas, dos años, y para las duras, tantos años como centímetros de espesor tengan las piezas; además, no es homogéneo en todas las maderas.

La primera fase de la desecación de las maderas verdes resinosas (desecación superficial), tiene lugar a los 12 ó 15 días. Al cabo de 2 años para las piezas gruesas, y 1.5 años para las piezas en tablas, la madera sigue conteniendo de un 18 al 20% de agua.

En el secado de la madera se dejan inertes las sustancias albuminoideas, por lo cual conviene hacer la corta o apeo en invierno por contener menos cantidad de aquellas.

La desecación de la madera, tanto al aire libre o natural como artificialmente, es obtenida por una corriente osmótica que se establece a través de las paredes vasculares. El aire que circula alrededor de la madera verde o húmeda tiende a introducirse por endósmosis en el interior del tejido leñoso, siendo favorecida por el descorteza y aserrado de las piezas la salida al exterior del aire saturado de humedad.

Para el desecado, las tablas aserradas de maderas blandas se disponen en estibas o pilas de forma triangular o cuadradas en lugares al aire libre. Las maderas denominadas duras, se enciman unas a otras, separando cada tabla por pequeños listones, de igual espesor, que permiten el paso del aire a través de los espacios libres que quedan. Conviene protegerlas en la parte superior de la acción de los rayos solares.

Otro sistema consiste en eliminar la humedad de la madera colocando las tablas en posición vertical, pues por la propia posición la humedad se elimina más rápidamente. En las maderas duras no es aconsejable este procedimiento, pues la madera se deforma, en cambio en las maderas resinosas es el indicado. El inconveniente que se puede apuntar en este caso es que se necesita amplitud de espacio.

#### 1.6.2) **DESAVIADO DE LA MADERA**

Consiste en la eliminación de la savia por una lavado interno que arrastra por disolución las materias albuminoides y amiláceas.

Este tratamiento debe darse recién apeada la madera, pues es cuando, por estar la savia fluida, mejor permite la penetración del agua. Se puede hacer introduciendo la madera en rollizo en una corriente de agua por la sección del pie, dejando que absorba el agua y la elimine por transpiración de las hojas, necesitándose más de 3 meses para lavar la albura, y se activa mediante autoclaves por vapor de agua a presión.

Las maderas desaviadas al vapor recalentado y a presión resultan ligeras, vibrátiles, resonantes, mas duras; menos elásticas, higroscópicas y estables.

#### 1.6.3) **SECAZO ARTIFICIAL**

No se pueden secar artificialmente las maderas recién apeadas, porque las temperaturas elevadas a que han de ser sometidas, provocarán contracciones que deforman la madera y producen fendas

Hay que desecar primeramente al aire libre durante un mes. Despues se procede al desaviado en autoclave y vuelve a apilar para que deseque

naturalmente durante 15 ó 20 días, al cabo de los cuales se despieza con la sierra en tablones para desecarlos artificialmente.

Los secadores artificiales están constituidos por una cámara hecha con material refractario, en la cual se colocan las maderas a desecar, generalmente apiladas horizontalmente y en las que se establece un tiro de aire calentado progresivamente.

Las temperaturas medias a que hay que calentar el aire varía según el grueso de la madera: 75° C para el pino, 60° C para la haya y 50° C para el roble.

Se emplean también secadores en forma de túnel, análogos a los de ladrillos, provistos de ventiladores, y la madera se apila en vagones, circulando el aire en sentido contrario a aquellos.

La madera no se deja absolutamente seca, pues no se evitaría volviera a tomar humedad del medio en la cual ha de permanecer, dejándola con un grado de humedad un poco inferior: para carpintería de taller se suele dejar con un 8% para interiores y con un 18% para exteriores.

En general las maderas así estabilizadas adquieren condiciones óptimas para su uso en la construcción. Es estable, no sufre el efecto de las contracciones, sin dilataciones, sin curvamientos ni flexiones. En el interior de las células existe aire solamente y eliminándose la savia y demás sustancias, se quita la posibilidad de la acción de los fermentos que producen la putrefacción y se disminuye la posibilidad de la invasión de insectos parásitos.

### 1.7) **DEFECTOS DE LA MADERA**

Estando constituida la madera por sustancias orgánicas, esta sujeta a sufrir alteraciones, ya sea por enfermedades o bien por defectos que se producen durante el desarrollo del árbol. En dichos casos, los efectos de los mismos no son visibles exteriormente y solo se acusan al producirse el corte o aserrado de aquella. Otros, en particular pueden determinarse a simple vista y por lo tanto es interesante conocer las señales respectivas que denuncian la enfermedad, anomalía o defecto.

#### 1.7.1) **ANOMALÍAS EN EL CRECIMIENTO O DESARROLLO**

Corresponde a las maderas con abundancia de albura o somago, en detrimento del duramen, sucede en las especies que correspondiendo a zonas pedregosas, secas y áridas, se desarrollan en lugares bajos y bañados. La albura es de mucho espesor y el duramen es mas blando, esponjoso y liviano, acusando mayor contracción al secarse que las comunes. En Misiones existen ejemplares de cedro y petiribí que adolecen tal anomalía.

### 1.7.2) FIBRA TORCIDA O REVIRADA

Al crecer el árbol, sus fibras no lo hacen siguiendo el paralelismo con el eje, sino en forma helicoidal, debido al excesivo crecimiento de las fibras exteriores con respecto a las interiores. Ejemplo característico de fibras reviradas son los eucaliptos.

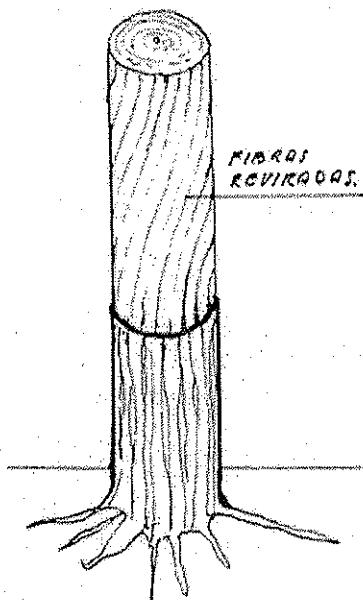


Figura 18

Las fibras torcidas, son el resultado de una característica propia del árbol (algarrobo, caldén), cuyo tronco se bifurca y se divide cambiando constantemente de dirección, o bien por defecto de formación del árbol por acción de vientos, rotura de ramas, etc. Se obtienen así piezas cortas de fibras rectas. Las fibras crespidas afectan mayormente la madera pero su trabajado y presentación por ser dificultosas para cepillar y pulir. Las vetas cambian de dirección en pequeñas longitudes. Se consideran con esplendido efecto decorativo en la caoba, nogal, abedul y fresno.

Estas maderas no se utilizan para estructura, pues al escuadrarla se cortan los haces fibrosos en varios sitios, perdiendo mucha resistencia.

### 1.7.3) MADERA CURVADA O DE VUELTA

Cuando el fuste del árbol no es el recto y presenta trozos curvados en el mismo o distinto planos. En el primer caso, si la flecha medida perpendicularmente al eje del fuste en el punto mas curvo no es muy grande, puede servir como madera en rollizo para ciertas aplicaciones, pero en el segundo caso solo sirve para leña.

### 1.7.4) EXCENTRICIDAD DE CORAZÓN

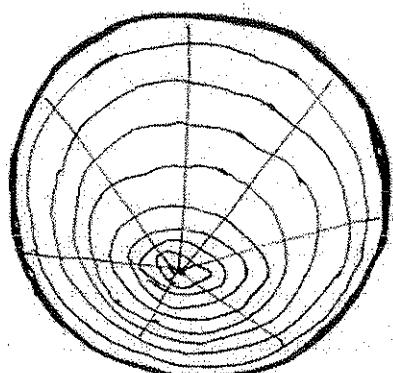


Figura 19

Afecta la homogeneidad de la madera provocando deformación acentuada y resistencia desigual. El crecimiento asimétrico del ramaje o de la raigambre, ya sea por accidente, rotura de ramas, ubicación del árbol en el límite del bosque, o de un claro, terreno rocoso desigual, etc. provocan la excentricidad de corazón.

### 1.7.5) ENTRECORTEZA

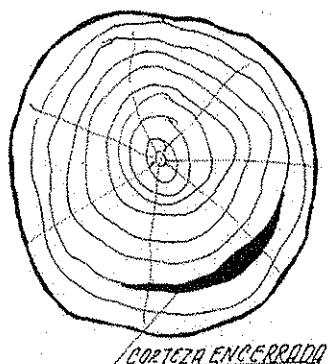


Figura 20

Este defecto es provocado por lesiones sufridas en algunas zonas de la capa de cambium que interrumpen localmente la formación de los anillos anuales, posteriormente los nuevos anillos, van avanzando y recubren dicha corteza local hasta restituir la continuidad de los mismos. Las lesiones pueden ser resultado de golpes, hongos, picaduras de insectos. Son maderas poco resistentes y están propensas a muchas enfermedades por alojarse gérmenes patógenos en ellas.

### 1.7.6) NUDOS

Son los tejidos que forman las ramas, las cuales sufren desviaciones, provocando condensaciones de tejido lignificado, comunicando diferente textura y heterogeneidad a la resistencia de la madera, depreciándola cuando los nudos son muy gruesos, por ser saltadizos, y al desecarse se desprenden, dejando huecos en la tabla.

"El que la madera tenga mas o menos nudos es debido al desarrollo selvícola del árbol, pues cuando crece en espesura las ramas bajas, faltas de luz, languidecen y caen, sin dejar huella apreciable, cuando viven aislados, sus ramajes se hacen muy gruesas en las axilas, lignificándose fuertemente la madera en el nudo, y si muere vieja, deja un clavo que no es adherente.

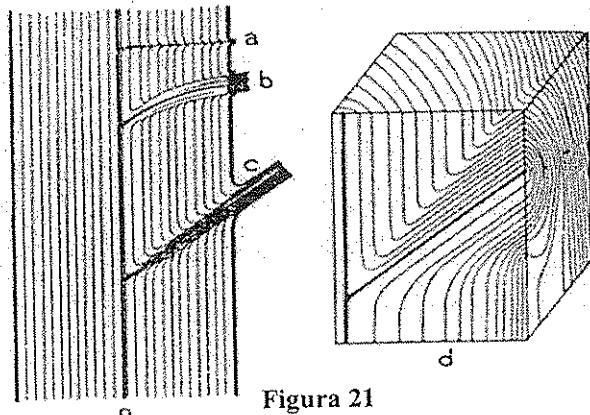


Figura 21

Los nudos se denominan vivos o muertos, según que las ramas que lo han formado así estén cuando se apea el árbol.

Los primeros son de color claro y adherente, y los segundos de color oscuro, y generalmente pueden estar podridos. Por sus dimensiones se clasifican los nudos en las categorías siguientes.

1.7.6.1) **NUDOS MUY PEQUEÑOS:** Cuando su diámetro es inferior a 5mm, se lo denomina ojo de perdiz cuando tienen un punto negro en el centro, rodeado de madera descompuesta, despreciando la madera.

1.7.6.2) **NUDOS PEQUEÑOS:** Los de 5 a 15mm de diámetro.

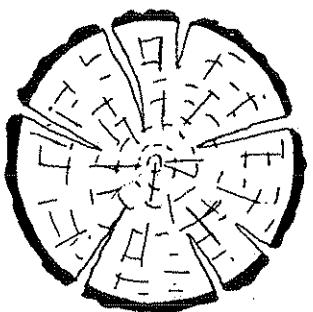
1.7.6.3) **NUDOS MEDIANOS:** Los de 15 a 40mm de diámetro.

#### 1.7.6.4) **NUDOS GRUESOS:** Los mayores de 40mm de diámetro.

Los nudos simples reducen la resistencia de la madera al interrumpir la continuidad de las fibras, volviéndola menos elástica y quebradiza.

Existen algunas variedades de madera que por la profusión de nudos vivos, tienen efecto decorativo, como por ejemplo el pino nudoso.

#### 1.7.7) **FENDAS – GRIETAS DE ALBURA**

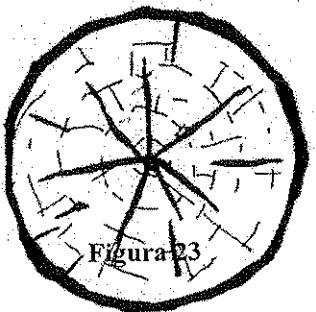


Son grietas mas o menos profundas en el sentido longitudinal que se aprecian ya en el árbol en pie si son originadas por los hielos al desgarrar el tronco en el sentido de los radios modulares, por formarse un reborde alrededor de la brecha de la corteza.

Figura 22

Se producen también fendas por la insolación y la desecación rápida de las maderas, que de no ser grandes y profundas, no la deprecian para ciertos usos.

#### 1.7.8) **CUADRANURA**



Son fendas anchas que desintegran los anillos en la región modular; adquiere coloración oscura o negra, y la inutiliza por estar descompuesta por hongos.

#### 1.7.9) **PATA DE GALLINA**

Son fendas que, partiendo del corazón, llegan hasta la albura, y a veces a la superficie, debido a una descomposición por vejez o defecto de vegetación, haciéndola inútil para todo trabajo.

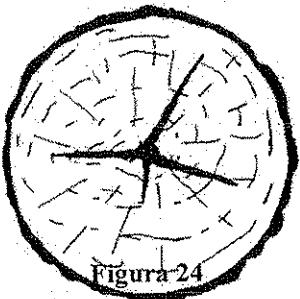


Figura 24

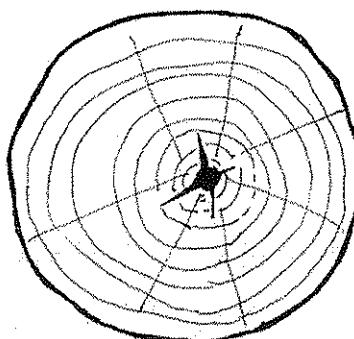
### 1.7.10) **CORAZÓN PARTIDO O ESTRELLADO**

Cuando las grietas dividen al corazón y albura en dos partes se llama corazón partido, y estrellado cuando hay dos grietas que se cortan en forma de cruz y suelen extenderse a lo largo del fuste. Se atribuye su formación a sequedad y como no existe descomposición, se puede emplear su madera si se divide siguiendo las grietas y no haya de trabajar a flexión.

### 1.7.11) **CORAZÓN HUECO**

Debido a su destrucción por la pudrición roja de los árboles viejos

Figura 25



### 1.7.12) **ACEBOLLADURA**

Son grietas o fendas circulares que separan los

anillos anuales de crecimiento total o parcialmente, debidas a la acción de los vientos sobre los árboles que habiendo sufrido un aclareo se ha desarrollado bruscamente la correspondiente capa anual. El lapacho es una madera con tendencia hacia este defecto. La madera acebollada no se puede emplear en carpintería de armar, taller, ni columnas por su escasa resistencia

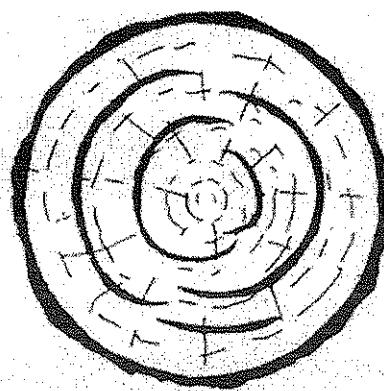
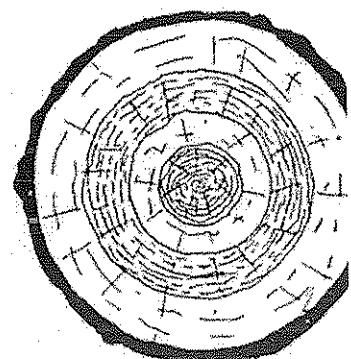


Figura 26

### 1.7.13) **DOBLE ALBURA**

Producida generalmente por los fríos intensos y persistentes que detienen la transformación del cambium en albura y esta en duramen, quedando muerta una zona de albura dentro del duramen.

Con el tiempo se oscurece debido a su descomposición, inutilizando la madera.



### 1.7.14) **CARNE DE GALLINA O MADERA BRONCA**

Tiene las fibras trenzadas, es repelosa y difícil de labrar porque el cepillo trabaja a contrafibra y la rasga, quedando la superficie desgarrada. Es frecuente en el aliso y el roble.

### **1.7.15) GRIETAS DE TRACCIÓN Y DISLOCAMIENTO O COMPRESIÓN**

Se producen por fuertes flexiones que sufren el árbol o bien por golpes al ser derribado. Se presentan grietas y dislocamientos en sentido transversal. En el primer caso corresponden a esfuerzos de tracción y los dislocamientos a compresión.

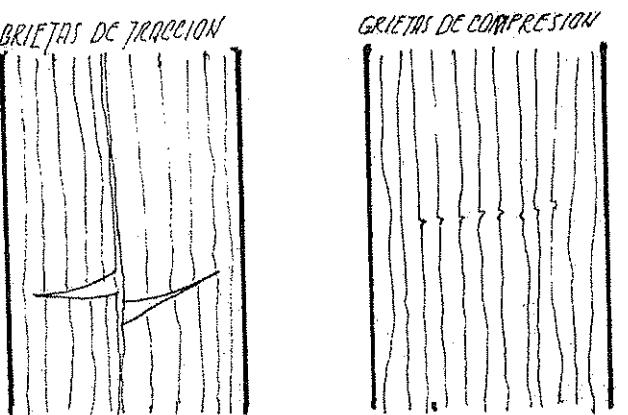


Figura 28

### **1.7.16) DEFECTOS DE COLOR**

Franjas azuladas y rojizas intensas son tolerables para el empleo en seco, pero no si la madera ha de ser impregnada.

### **1.8) ALTERACIONES DE LA MADERA**

La duración de la madera es un aspecto de suma importancia. Sabemos que la madera es un producto orgánico y por lo tanto su duración está afectada por condiciones de corte y conservación. Las maderas secas y conservadas en ambiente seco son de duración muy grande e indefinida; otro tanto ocurre con las maderas húmedas conservadas en agua, siempre que el agua no altere las condiciones químicas de la madera o que el agua contenga elementos o agentes agresivos. Si la madera está deficientemente desecada y sujeta a alteraciones de humedad y sequedad, sus duración disminuye rápidamente hasta llegar, a veces, a un año de vida. Los agentes destructores de la madera son:

1. oxidación
2. hongos
3. pudrición
4. insectos
5. moluscos y crustáceos
6. animales de orden mayor
7. fuego

### 1.8.1) OXIDACIÓN

La oxidación natural se produce por envejecimiento natural de los tejidos, en periodos largos.

### 1.8.2) HONGO

El hongo es un organismo poco desarrollado y carece del poder de fotosíntesis de los vegetales más evolucionados o sea que debe alimentarse de ciertas sustancias preelaboradas por otros organismos. Como hay gran variedad de hongos, hay también variedad de ataques, así tenemos ciertos hongos que atacan la celulosa, otros la lignina, otros se alimentan del azúcar y del almidón. La mayor parte de los hongos encuentran en la madera medio especial para vivir, reproducirse y propagarse, cuando tienen lo que necesitan, o sea alimento, aire y agua. Faltando algunos de estos elementos el hongo no puede vivir o por lo menos no adquiere características peligrosas. De ahí que la madera seca no es atacada por el hongo pues le falta la humedad, lo mismo que la sumergida en agua ya que aquí no hay aire.

Para que el hongo viva necesita no menos del 20% de humedad de la madera, desarrollándose con gran intensidad cuando la humedad llegar al valor del 30%, o más, que es cuando pasa a ocupar los espacios vacíos de las células. El aire que necesita el hongo debe contener un alto contenido de humedad de la madera, pues sino, roba el exceso de humedad; la deseca y la hace inatacable por los hongos. El alimento lo encuentra en la celulosa, lignina o el azúcar y almidón de los tejidos. Falta el factor temperatura, desgraciadamente la temperatura más favorable para la propagación del hongo es de 15 a 20° C, o sea la más adecuada para ambientes habitables, lo que hace que sea un factor favorable para el hongo.

Cada tipo de hongo se caracteriza por su ataque diferente, la acción de unos se nota en la madera como simples manchas y otros producen una desintegración mas o menos completa de la madera. Además de acuerdo al color se sabe de que se alimenta el hongo pues cuando lo hace de celulosa deja atrás la lignina que da el color oscuro a la zona atacada y cuando se alimenta de lignina deja atrás la celulosa que da un color blanquecino.

Hay especies que se desarrollan en lugares donde no hay luz, pero si aire y temperatura favorable, desintegran la madera haciéndola disgregable.

En Europa y EEUU, hay un tipo especial de hongo que habita en maderas con humedad por debajo del 20%, recibe el nombre de MERULLO, entre nosotros no está desarrollado.

### 1.8.3) **PUDRICIÓN**

Es la destrucción producida por la descomposición de la savia, la cual da una madera de diversas coloraciones, por las que se las clasifica, aunque no indica sea debida a una clase de hongos determinada.

#### 1.8.3.1) **PUDRICIÓN BLANCA**

Es producida por hongos que tienen forma de casco de caballo, convirtiendo a la madera en una masa clara disagregable gumífera.

#### 1.8.3.2) **PUDRICIÓN ROSA**

Producida por hongos, disuelven la celulosa, destruyendo las células, reduciendo la madera a un polvo rojo oscuro.

#### 1.8.3.3) **PUDRICIÓN AZUL**

Producida por hongos que comunican a la madera un color azul en la albura de los árboles resinosos apeados cuando se tarda mucho en descortezarlos.

#### 1.8.3.4) **PUDRICIÓN NEGRA**

En las resinosas, es debida a bacterias que forman la pudrición en forma de surco en la bifurcación de los troncos.

### 1.8.4) **INSECTOS**

Los insectos que atacan la madera pueden pertenecer a diversas familias, así tenemos:

- a) Las polillas y las conocidas con el nombre de taladro
- b) Coleópteros que perforan la madera y atacan preferentemente la albura; y otros que atacan duramen y albura.
- c) Hormigas y otros insectos considerados como hormigas, tales como las hormigas carpinteras que hacen canales en el interior de la madera
- d) Termitas, son los insectos más perjudiciales, se caracterizan por vivir en grandes agrupaciones sociales, situando su nido en el terreno, y ataca a los edificios causando grandes daños.

### 1.8.5) **MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS**

Entre los agentes que se encuentran en el agua hay dos tipos de enemigos. Los teredos que son moluscos y las limnorias que son crustáceos.

- a) **Moluscos:** el teredo navalis, se caracteriza por vivir en agua salada y siempre que la proporción de sal no sea inferior al 1%. Cuando nace el pequeño y va perforando la madera por medio de dos valvas que posee en la cabeza; va creciendo dentro de la madera no saliendo mas de ella y

adoptando una forma de tubo delgado y largo (hasta 1.5m) produciendo canales dentro de la madera que no salen al exterior ni se entrecruzan; el otro extremo queda en el orificio de entrada. Hay mas de 40 especies de teredos.

- b) **Crustáceos:** las limnorias comen la madera a nivel del agua y en la periferia de la madera con lo que adelgazan y debilitan las estructuras.

#### 1.8.6) **ANIMALES DE ORDEN MAYOR**

Ciertos mamíferos dañan a los árboles comiendo su corteza y el pájaro carpintero que los perfora, generando un lugar propicio para la descomposición de la madera.

#### 1.8.7) **FUEGO**

Otro enemigo de la madera es el fuego, pero hay que tener presente que en determinadas circunstancias la madera es mas resistente al fuego que el acero, pues este a 50° C pierde más del 50% de la resistencia, mientras que la madera pierde la resistencia por desaparición de la sección útil, la cual puede ocurrir mucho más lentamente. La madera en piezas delgadas no es tan resistente al fuego y se carboniza rápido, además la acción del fuego es tanto más intensa cuanto mayor sea la superficie para actuar; debido a ello es que las aristas que son fácilmente atacables por el fuego se redondean para resguardar mas la madera.

No se ha encontrado hasta la fecha sustancia ignífuga que evite la combustión de la madera. Los procedimientos usados se reducen a protegerla con productos químicos o forros que la aíslan del contacto de las llamas por la formación de gases envolventes, o precipitados salinos que mantienen alejado el oxígeno del aire; haciendo más lenta su carbonización y evitando la formación de llamas.

#### 1.9) **CONSERVACIÓN DE LA MADERA**

Siendo casi siempre la causa de la destrucción de la madera apeada el ataque por organismos animales o vegetales, esta se conservará tanto más cuanto se procure no sea un medio favorable para que aquellos se desarrollen a sus expensas, siendo el aseo de invierno, el desaviado y la desecación, medios muy eficaces, para su buena conservación. No obstante, cuando las maderas hayan de permanecer bajo tierra o agua, se recurre a diversas sustancias antisépticas para protegerlas.

### 1.9.1) **CARBONIZACIÓN**

La carbonización superficial de las maderas que como los postes, estacas, pilotes, etc., hayan de estar hincados en el terreno, es de escasa eficacia, pues pueden penetrar hongos por las grietas.

### 1.9.2) **PINTURAS**

Es la protección menos duradera, por ser arrastrada por el agua y mecánicamente. Se preparan con aceite de linaza, alquitrán de madera; solos o mezclados con resinas, asfaltos, etc.

### 1.9.3) **IMPREGNACIÓN**

Consiste en sumergir las maderas en disoluciones de diversos productos, los cuales penetran por los vasos de la superficie a la presión ordinaria, y en el interior, mediante el vacío y presión. Se emplean para la impregnación productos como cloruro de cinc, sulfato de cobre, alquitrán y urea.

## 1.10) **PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA**

### 1.10.1) **PROPIEDADES FÍSICAS**

Las propiedades dependen del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

#### 1.10.1.1) **HUMEDAD**

La madera contiene AGUA DE CONSTITUCIÓN, inherente a su naturaleza orgánica; AGUA DE SATURACIÓN; que impregna las paredes de los elementos leñosos, y AGUA LIBRE, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.

Como la madera es higroscópica, absorbe y desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodea la madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera está secada al aire.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60%, por imbibición puede llegar hasta 250 y 300%.

La madera secada al aire contiene del 10 al 15% de su peso en agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional del 15%.

Las variaciones de humedad hace que la madera si hinche o contraiga, variando su volumen y, por consiguiente, su densidad.

#### 1.10.1.2) **DENSIDAD**

La densidad real de las maderas es sensiblemente igual para todas las especies a 1.56.

La densidad aparente varía no solo de una especie a otra, sino aún en la misma, con el grado de humedad y sitio del árbol, siendo mas densa el duramen que la albura en la seca y en la base o pie que en el tronco, y para sacar la densidad media de un árbol hay que sacar probetas de varios sitios.

Como la densidad aparente comprende el volumen de los huecos y los macizos, cuanto mayor sea la densidad aparente de una madera, mayor será la superficie de sus elementos resistentes y menor el de sus poros.

Las maderas se clasifican por su densidad aparente en: pesadas, si es mayor de 0.8; ligeras, si esta comprendida entre 0.5 y 0.7; y muy ligeras, las menores a 0.5.

#### 1.10.1.3) **CONTRACCION E HINCHAMIENTO – TRABAJO**

La propiedad de dilatarse o contraerse bajo la influencia de la humedad, de una madera, se denomina trabajo. La madera al secarse disminuye de volumen o se contrae; la contracción comienza en cuanto el grado de humedad es suficiente para saturar las vetas (alrededor del 25 al 30% de humedad, al disminuir de este límite la madera se contrae). La contracción difiere según sus tres direcciones principales; es mayor en la dirección tangencial de los anillos anuales, aproximadamente la mitad en dirección radial y prácticamente despreciable en la dirección de las vetas.

Esta desigual contracción es la causa del alabeo y las grietas que se producen en las piezas cuando se secan.

#### 1.10.1.4) **DUREZA**

La dureza de las maderas es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavado, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en el sentido de sus fibras o en el perpendicular, cuanto mas vieja y dura, opone mayor resistencia. La madera de corazón es más dura que la albura y la crecida lentamente, más que la crecida de prisa.

Por su dureza las maderas se clasifican en:

- a) muy duras: mas de 10 unidades Brinell  
Palo santo, quebracho colorado, quina, urunday, etc.

- b) Duras: entre 7 y 10 unidades Brinell  
Lapacho, viraro, incienso, ñandubay, guatambú, etc.
- c) Semiduras: entre 4 y 7 unidades Brinell  
Virapitá, algarrobo, calden, petiribí, roble salteño, etc.
- d) Blandas: menos de 4 unidades Brinell  
Cedro misionero, pino misionero, pino Neuquén, etc.

Otra forma de clasificar la madera por su dureza, es la dureza JANKA que va desde 350kg para maderas blandas, hasta 1500kg para las muy duras.

#### 1.10.1.5) **HENDEBILIDAD**

Es la propiedad de separar la madera por cortes en el sentido de sus fibras, paralelas al eje del tronco. Las maderas mas hendibles son las de encina, pino y abeto.

#### 1.10.1.6) **CONDUCTIVIDAD**

La madera seca es mala conductora del calor y electricidad, pero húmeda se hace conductora de esta.

La conductividad es mayor en el sentido longitudinal que en el transversal o radial, y mas las maderas pesadas que las ligeras y porosas.

#### 1.10.1.7) **DILATACION TERMICA**

El coeficiente de dilatación lineal de la madera es muy pequeño, pudiendo ser despreciado, pues es en el abeto  $35 \times 10^{-7}$  y en el pino  $7 \times 10^{-6}$ .

#### 1.10.1.8) **DURACION**

La duración de la maderas varía mucho con la clase y medio. A la intemperie, y sin impregnar, depende de las alternativas de sequedad y humedad: el roble 100 años, sauce 30 años, olmo 90, aliso y álamo 25 años, haya 50 años, etc. Sumergido en agua el roble y aliso 100 años, pino 50, etc. La madera de roble y haya, impregnadas tienen una duración casi ilimitada.

La madera empotrada o enterrada en el suelo depende de la naturaleza del terreno: la arcilla y la arena húmeda es en el que mas dura; después en arena seca, y muy poco en terreno calizo.

Se admite como duración media de la madera enterrada la de 10 años.

### 1.10.2) **PROPIEDADES MECANICAS**

Las propiedades mecánicas de las maderas dependen del grado de humedad que contengan. La humedad tiene tanta importancia en la resistencia a la compresión que por término medio, por cada variación de  $\pm 1\%$  de humedad, la resistencia varía  $\pm 4\%$ .

El ingeniero francés MONNIN ha propuesto un método de cotas, basado en la proporcionalidad dentro de una misma especie forestal, entre la densidad de la madera y su resistencia a los diferentes esfuerzos, y supone que para una misma clase de madera o especie, el número de los elementos histológicos y la constitución de las paredes celulares es la misma, variando solamente el espesor de las paredes, o sea su resistencia.

Para que los resultados sean comparables, hay que tomar la densidad media de una pieza y referirla a la humedad normal del 15% (D)

#### 1.10.2.1) **COMPRESIÓN**

Fundada en la proporcionalidad entre la resistencia a compresión (C) y la densidad (D). Si dividimos la resistencia a compresión por el cuadrado de la densidad media, nos dará un coeficiente llamado COTA ESPECÍFICA DE CALIDAD, que es prácticamente constante para cada especie o clase de madera

$$C_p = C / 100D^2$$

Se divide por 100 para evitar decimales.

La COTA ESTÁTICA DE CALIDAD se obtiene dividiendo la resistencia a la compresión (C), por 100D, no dará la resistencia, a igualdad de pesos

$$C_i = C / 100D$$

Permite comparar diversidad de piezas de madera de la misma especie.

#### 1.10.2.2) **COTA DE TRACCION**

La resistencia unitaria a la tracción es, por término medio, 2.5 veces mayor que la de compresión

$$T = 250 C_p \times D^2$$

#### 1.10.2.3) **COTA DE FLEXION**

En este ensayo tiene gran importancia el número de nudos y fibras cortadas y que para corregirlo se ha modificado la fórmula clásica del momento de flexión máximo para vigas apoyadas de sección rectangular.

$$F = 3PL / 2bh^2$$

Sustituyendo el índice 2 por el Índice Tecnológico, variable con la clase de madera, para poder tener en cuenta los nudos, que para maderas comerciales, son los siguientes:

Madera de 1º clase (sin nudos)	índice de 11/6 a 10/6
Madera de 2º clase (corriente)	índice de 10/6 a 9/6
Madera de 3º clase (inferior)	índice de 9/6 a 8/6

En la flexión se determinan las cotas siguientes:

**COTA ESTATICA DE FLEXION=  $F / 100D$**

**COTA DE TENACIDAD RELATIVA =  $F / C$**

O relación entre la resistencia a flexión y la de compresión

**COTA DE RIGIDEZ =  $L / f$**

O relación entre la luz relativa  $L=12h$  a la flecha de curvatura  $f$  en el momento de la rotura por flexión, tiene un valor constante equivalente, cualquiera que sea  $h$ .

Esta cota de rigidez a la rotura califica mejor que el coeficiente de elasticidad las propiedades de la madera, llamadas elasticidad, deformabilidad, plasticidad, flexibilidad.

#### 1.10.2.4) **COTAS DE RESISTENCIA AL CHOQUE**

La resistencia al choque transversal se expresa por la fórmula

$$W = k \cdot b \cdot h^{10/6} \quad k = \text{coeficiente}$$

#### 1.10.2.5) **COTAS DE CALIDAD**

Las cotas de calidad de la madera están comprendidas entre los límites siguientes:

- a) Densidad aparente: de 0.2 en las maderas ligeras a 1.4 en las muy duras.
- b) Resistencia a la compresión: de 250 a 600kg/cm<sup>2</sup> para las resinosas, de 200 a 600kg/cm<sup>2</sup> para las frondosas blandas, de 275 a 600kg/cm<sup>2</sup> para las frondosas duras, muy duras alcanzan hasta 1000kg/cm<sup>2</sup>
- c) Cota de calidad estática  $C / 100D$  :  
Está comprendida: 8 y 9.5 para resinosas 7 a 8 para frondosas blandas y 6 a 7 para frondosas duras.
- d) Cota de calidad específica  $C / 100D^2$   
Es de 15 a 20 para resinosas y frondosas blandas, 10 a 15 para resinosas pesadas, y 9 a 12 para frondosas duras.
- e) Resistencia a la flexión

La resistencia varía de 900 a 1200 kg/cm<sup>2</sup> para las resinosas, 800 a 1000 kg/cm<sup>2</sup> para las frondosas blandas y 1000 a 1500 kg/cm<sup>2</sup> para las frondosas duras.

- f) tenacidad media: de 2 a 3 para todas las categorías.
- g) COTA DE RIGIDEZ: de 30 a 40 para las resinosas y 20 a 30 para las frondosas.
- h) Dureza Janka: 350kg para las blandas y 1500kg para las muy duras.

## 1.11) **CLASIFICACION TECNOLOGICA DE LA MADERA**

Hemos visto varias formas de clasificar la madera, como ser, clasificación científica, por densidad aparente y por su dureza, pero para el uso de la madera son necesarias otras clasificaciones que son las siguientes:

- 1) madera de carpintería
- 2) humedad
- 3) calidad
- 4) color
- 5) grano

### 1.11.1) **MADERA DE CARPINTERIA**

Se subdivide en tres grupos:

- a) ebanistería, carpintería de mobiliario, esculpidos, etc.
- b) Carpintería de taller, puertas, ventanas, persianas, celosías, escaleras, tabiques divisorios, revestimientos decorativos, etc.
- c) Carpintería de armar; pisos y techos, entablonados, puentes, muelles, cornisas para techo, etc.

### 1.11.2) **HUMEDAD**

Acerca de la humedad de las maderas, se distinguen:

- a) Maderas frescas sin límite de humedad
- b) Madera de construcción, semiseca (como máximo 30 al 35%)
- c) Madera seca con un 20% como máximo

### 1.11.3) **CALIDAD**

La calidad de la madera de construcción se clasifica en:

- a) Calidad I: para resistencias elevadas, con aristas vivas, sin putrefacción y sin tajas oscuras, ni rajas de anillo anual. Se admiten fajas azuladas y rojas si se utilizan en seco; el diámetro de los nudos no debe sobrepasar los 5cm.

- b) **Calidad II:** para resistencia corriente, aristas truncadas, sin fajas oscuras, ni raja de anillo anual, ni putrefacción, el diámetro de los nudos inferior a 7cm.
- c) **Calidad III:** para resistencia pequeña, se admite el diámetro de los nudos hasta la mitad del ancho.

#### 1.11.4) **COLOR**

El color que interesa es el del que es la madera perfecta. Dentro de ella tenemos la blanca que corresponde preferentemente a madera de clima frío o ligeramente templado y la de color que corresponde generalmente a los climas tropicales. Hay excepciones, así el palo blanco corresponde a zonas tropicales y el raulí que es madera de color y pertenece a climas fríos. Las maderas más pesadas son, por lo común las mas duras y resistentes y generalmente las de color mas oscuro.

#### 1.11.5) **GRANO**

Un aspecto muy importante en la tecnología de la madera es el que se conoce con el nombre de grano, veta o disposición de las fibras.

Sabemos que las fibras son elementos alargados y orientados, y su distinta posición define el dibujo característico de la madera. Según la disposición de la fibra, la madera se clasifica de grano, veta o fibra recta, o sea fibras de forma recta y disposición paralela al eje de la pieza. En ciertos casos la fibra puede ser recta o aproximadamente recta, pero no paralela al eje de la pieza, por defectos de crecimiento.

A veces las fibras no adoptan una dirección recta y se entrecruzan manteniendo la directriz paralela al eje del tronco de manera que al seccionar la madera aparecen las fibras cortadas en sentido distinto y tenemos la madera de veta crespa. En estos casos las fibras no son completamente rectas pero adoptan una disposición ordenada, por ejemplo un anillo anual adopta una disposición helicoidal en un sentido y el otro una disposición helicoidal con distinto ángulo. Esto da diferente brillo a cada anillo, es decir un brillo en bandas que da aspecto decorativo, así tenemos las vetas onduladas, jaspeadas, espigadas, etc.

### 1.12) **CONDICIONES QUE DEBE REUNIR LA MADERA**

Las maderas para ser usadas en la construcción deben ser sanas, duras, tenaces, secas, elásticas, de fibras rectas, sin corteza ni albura y de una estructura uniforme; no deben ser grasas, lo que se comprueba sacando virutas con la

garlopa, las que tienen que ser largas y resistentes y no dividirse en pequeñas láminas a medida que sale de la garlopa.

En obras importantes, al madera a usarse debe ser perfectamente escuadrada, sin depresión en sus caras y si es necesario cepilladas. En obras secundarias se pueden tolerar ciertos defectos.

### 1.13) **APLICACIONES**

La madera se emplea en construcción, en carpintería de taller y armar, cimentaciones con pilotes, apeos de minas, durmientes de ferrocarril, postes, encofrados de hormigón, etc.

Además se fabrica la pasta de papel, nitrocelulosa o algodón polvora, seda artificial, destilación, carbonización, extractos tánicos, etc.

Modernamente ha sido objeto de nuevas elaboraciones, como la madera terciadas, laminada, comprimida, plástica, etc.

### 1.14) **COMERCIALIZACIÓN DE LA MADERA**

Interesa este aspecto para la adopción de las medidas, ya que sabemos que la madera es aserrada mucho tiempo antes de ser utilizada. La madera es vendida por unidad de medidas arbitrarias que puede ser entre nosotros el pie cuadrado de madera o más común (respecto al sistema métrico decimal como lo fijan las normas) al metro cuadrado. El pie cuadrado es la cantidad de madera necesaria para construir un tablero ideal de 12" (305mm) por 12", con un espesor de 1" (25.4mm), el metro cuadrado tiene la cantidad de madera necesaria para construir un tablero de 1m x 1m y un espesor de 2.5cm. para establecer el precio de la madera se mide el volumen y después se reduce a tantos pies o metros cuadrados. Como ejemplo se puede decir que un metro cúbico de madera permite hacer 40 tablas de 2.5cm de espesor. Pero la madera en viga o en rollizo se expende bajo otras unidades como son la tonelada o el metro cúbico (en nuestro país es más común el último).

En otros casos no se usa ninguno de estos sistemas de unidades, vendiéndose la madera por kg. y ello corresponde a la madera de alto costo, como el palo santo que se caracteriza por su veta y es usado en muebles pequeños, herramientas, etc., lo mismo ocurre con el boj que es una madera usada en lugares donde se requiere un bajo coeficiente de rozamiento.

**1.15) TIPOS Y USOS DE MADERAS ARGENTINAS**

- **Aliso : madera terciada**
- **Cedro colorado: muebles, aberturas**
- **Cedro salteño: muebles, zócalos, marcos, persianas**
- **Coihué: mueble y sillas**
- **Pino Paraná: muebles, tirantería galpones; encofrados, etc.**
- **Nogal de Tucumán: parquets, terciadas y enchapados**
- **Palo blanco: muebles y cortinas de enrollar**
- **Raulí: construcciones rurales, cortinas enrollar, postes y marcos para puertas**
- **Roble Neuquén. Construcciones hidráulicas por ser imputrescible, pilares de puentes, postes, etc.**
- **Tipa de norte argentino: asientos de vagones, interiores de carrocerías, etc.**
- **Cedro fluvial: ebanistería y carpintería de taller**
- **Quebracho colorado: durmientes, vigas, postes, tablones, etc.**
- **Quebracho blanco: tirantes y postes**
- **Algarrobo: marcos para puertas, parquets, etc.**
- **Calden: postes, marcos para aberturas, construcciones rurales**
- **Lapacho: carpintería en general, tranqueras, ruedas, etc.**
- **Guayaibí y guayacán: muebles y parquets, construcciones rurales, etc.**
- **Incienso: carpintería fina y ebanistería**
- **Urunday y Curupay: construcciones portuarias, durmientes y postes.**

**En los climas tropicales existen maderas utilizadas en ebanistería muy fina, detalles decorativos y de valor: palo santo, ébano, caoba, jacarandá, abedules, etc.**

## 1.16) MADERAS INDUSTRIALIZADAS

### 1.16.1) MADERAS CONTRACHAPADAS (TERCIADAS)

La madera se encuentra limitada en cuanto a su uso por determinados aspectos: uno de ellos es la falta de estabilidad dimensional (modificación dimensional con el contenido de humedad, modificación que no es la misma en

todos los sentidos); otra limitación se refiere a los anchos disponibles, pues parte del tronco se pierde al labrar el rollizo con hacha para eliminar la albura, otra parte cuando el leño tiene grietas de corazón y es necesario quitar la parte del centro; el ancho útil de la madera aserrada en tablas se reduce a 30cm o poco más; para conseguir tablas de anchos superiores se deben hacer empalmes con cola. Esta limitación llevó a la creación de un material que corrige esa diferencia, dicho

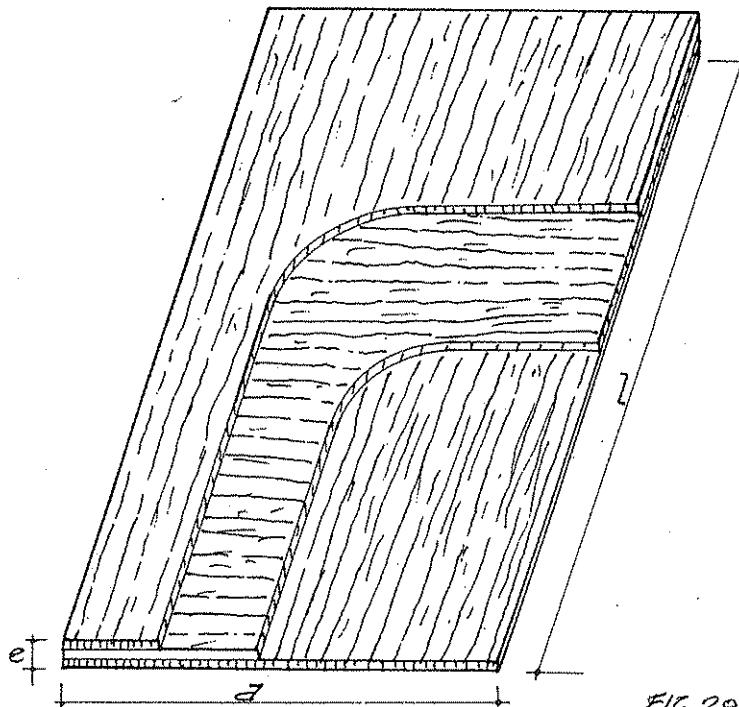


FIG. 29

Figura 29

material recibe el nombre de contrachapado (terciado) que está formado por un número impar de chapas superpuestas, disponiendo las de fibras pares e sentido perpendicular a las impares; pegadas con cola en frío y a presión. Se adopta esta disposición para evitar el juego de la madera que, como sabemos, es máximo en el sentido perpendicular a las fibras y mínimo en el paralelo, pues de esta forma las fibras longitudinales sujetan a las transversales, obteniéndose un tablero indeformable en las dos dimensiones de sus caras.

Se obtienen de láminas de madera contrachapadas por desenrollo de troncos previamente reblandecidos por vapor de agua, descortezados y troceados, colocándose entre los polos de torno que le imprime movimiento de rotación y mediante una cuchillas muy delgadas, que penetran casi tangencialmente, corta una chapa fina, la cual es posteriormente secada y recortada.

Las maderas empleadas son diversas, entre ellas podemos mencionar pino oregon, cedro, guatambú, roble, fresno, nogal, caoba, etc.

Los tableros contrachapados responden a varias clasificaciones:

1)

De 1º calidad: cuando no tienen nudos ni defectos en ambas caras

De 2º calidad: cuando no tienen defectos por una cara, pudiendo tener la otra juntas y pequeños nudos y defectos.

De 3º calidad: cuando una cara tiene pequeños defectos y mayores la otra.

2)

Calidad A: caras completamente libres de defectos

Calidad B: caras con pequeños nudos o defectos, que no le impiden tener buena presentación

Calidad BB: caras con nudos en cantidad y juntas visibles

Calidad C: admite toda clase de defectos, se utiliza como madera para envases.

Las medidas corrientes son: 2x1m y 2.40x1.40m y de gruesos, de 3 a 10mm, aumentando de mm. en mm., empleándose de 3 a 6mm en ebanistería y las restantes en carpintería. También se usan en pequeñas escala las de 12, 15, 20 y 25mm.

El espesor de las láminas desarrolladas es de 0.5mm, para las empleadas en ebanistería y de 2mm para los tableros empleados en construcción.

Los tableros contrachapados se pegan con colas resistentes a la humedad, como la caseína o las resinas sintéticas y permiten el curvado, debiendo ser el radio mínimo de curvatura 50 veces el espesor del tablero.

Modernamente se fabrican tableros curvados y ondulados.

La madera contrachapada se emplea en construcción para paneles y zócalos, etc., y en los encofrados de hormigón, para formar superficies alabeadas, disminución de juntas y ahorrar madera.

### 1.16.2) MADERA COMPENSADA (TABLERO LAMINADO)

Tiene similitud con el contrachapado, ya que en la parte exterior es igual, pero la diferencia estriba en al mas interna que está constituida con listones de madera recubierta por dos chapas de cada lado, la primera en contacto con el relleno de listones con las fibras

perpendiculares, a dichos listones y la segunda perpendicular a la primera, o sea paralela a los listones.

Los tableros así formados son indeformables y muy resistentes. Se fabrican de 2.50x1.50m a 4.50x1.50m y en espesores de 6, 14, 18, 20, 25 y 30mm y 16, 22, 25 y 32mm.

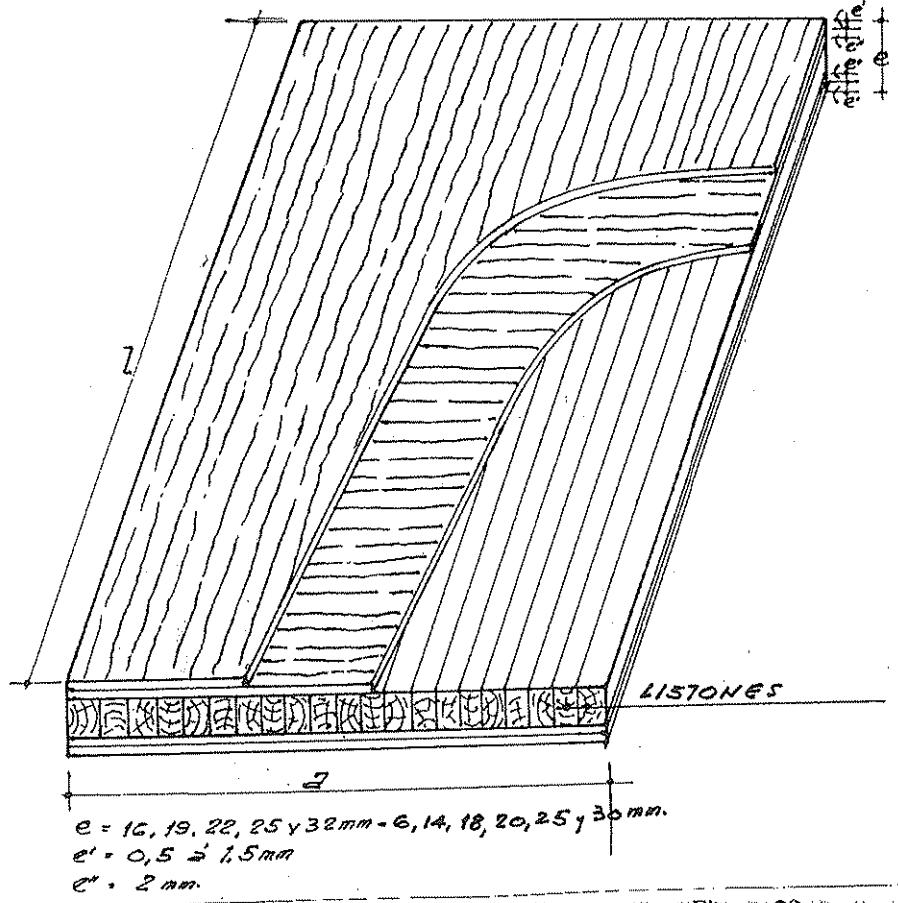


Figura 29

### 1.16.3) TABLAS AISLANTES Y DURAS DE MADERA

La fabricación de las tablas aislantes fue una consecuencia de la industria del papel y del cartón, por cuanto se constató que la pasta mecánica gruesa obtenida, con la adición de sustancias aglutinantes y convenientemente secas, permite obtener planchas gruesas afieltradas con suficiente rigidez para su utilización como paneles en la construcción y también como aislantes térmicos. Ello dio origen a tres clases definidas de tableros para la construcción: tableros aislantes, tableros duros y tableros de madera aglomerada.

### 1.16.3.1) **TABLEROS O PLACAS AISLANTES**

Están constituidos en general por fibras de caña de azúcar y por fibras de madera que han sido previamente afieltradas y comprimidas con el objeto de dejar millares de células de aire, extremadamente pequeñas y ocultas, que constituyen un eficaz medio de aislamiento.

Las fibras se someten, en la mayoría de los casos, a la depuración de toda materia orgánica fácilmente putrescible.

Se usa madera de abeto, pino, etc., casi exenta de savia y gomas, tratándose químicamente el producto resultante para que quede insensible a la humedad, sea inodoro e higiénico y poco combustible. No es atacado por los roedores.

Luego la fibra se lamina formando grandes hojas rígidas y se seca hasta obtener un grado de humedad apropiado.

Se prestan para ser usados como base de revoque, se trabajan como la madera, pueden clavarse y cortarse.

Las dimensiones oscilan en el largo desde 2.15m hasta 4.30m, con medidas intermedias los espesores oscilan entre 11 y 12mm y el ancho de 0.92 y 1.22m.

### 1.16.3.2) **TABLA DURA (HARDBOARD)**

La tabla dura está constituida por fibras de madera que se han prensado. El agente aglomerante es la propia lignina y de allí que se utilizan preferentemente maderas con porcentaje de lignina suficiente para producir una buena adherencia. Esta forma de usar la madera permite aprovechar todos los recortes, que se colocan en autoclaves con vapor a alta presión, se da salida de esa madera triturada con vapor y se expande en forma brusca explotando y obteniéndose fibras que colocadas en moldes, prensados y calentados dan un material con una cara lisa (cara vista) y la otra con una cuadricula producida por la contratapa del molde con el objeto de mejorar la adherencia de las colas, en caso de usarla como revestimiento. La cara lisa puede ser sin brillo y admite, tanto como la otra, pintura, enchapado, grabados y coloreados. También se fabrica con una cara brillante, llamándose entonces HARDBOARD o tapa dura templada. Sin ser un material insensible a la acción de la humedad, es más resistente que la madera en su estado natural.

Se lo utiliza en revestimientos de paredes, muebles, puertas, tabiquería y cielorrasos.

### 1.16.3.3) **TABLEROS DE MADERA DURA AGLOMERADA**

Quizás sea mas correcta la designación TABLEROS DE PARTICULAS AGLOMERADAS CON RESINA, por ser esta mas descriptiva, difieren estos de los

demás en su constitución, por cuanto se utilizan partículas de madera u otra materia lignocelulósica, ligada entre sí por medio de una resina sintética aglutinante.

Con el material descripto se forman láminas en las que el fraguado se efectúa bajo presión y calor. La plancha acabada presenta un aspecto uniforme.

Hay dos maneras de fabricación: una la formación de la esfera se efectúa en formadoras continuas o discontinuas. Luego es prensada en prensas calientes de platos múltiples en el sentido perpendicular al plano de la lámina; la segunda manera de fabricar consiste en prensar la plancha forzándola para hacerla pasar por un molde caliente constituido por dos platos con topes laterales y la presión se aplica en sentido paralelo al plano de la lámina y en la dirección en que se saca el tablero por extrusión.

Aquellos se llaman: tableros de madera aglomerada, prensada en platos planos; y los últimos: tableros de madera aglomerada fabricados por extrusión a vapor.

Los tableros pueden ser sólidos y homogéneos, o contener en el interior espacios vacíos. Las resinas utilizadas pueden ser urea-formaldehído, fenol-formaldehído y melanina.

Los tableros se pueden cortar, lijar, perforar sin dificultades.

Admiten el encolado y ser revestidas sus superficies con diversos materiales. Se emplean en la carpintería de obra y de taller, en la industria del mueble, divisiones, estanterías y construcción de locales en obradores.

#### **1.16.4) TABLERO BLINDADO**

Está constituido por tableros contrachapados recubiertos por una o ambas caras de chapas metálicas de acero, cobre, plomo, cinc y aluminio. Los bordes deben ser protegidos mediante cantoneras especiales.

#### **1.16.5) MADERA LAMINADA**

Está formada por chapas de máquina plana, o desarrollo o de sierra, 0.3mm de espesor, superpuestas con las fibras en el mismo sentido, adheridas con resinas sintéticas del tipo de la baquelita, en caliente, a 150° C y fuertemente comprimida con prensas hidráulicas a 30kg/cm<sup>2</sup>.

Las capas de baquelita hacen el papel de las chapas de fibra cruzadas, quedando sujetas e impidiendo todo juego a la madera.

Tiene esta madera la ventaja de evitar las chapas de fibra cruzada, de menos resistencia, y de reducir los defectos que pueda tener la madera natural, como los nudos. Las densidad aumenta en un 50% por la baquelita y por la compresión, con relación a la madera natural. Sus resistencias mecánicas también aumentan,

ofreciendo mayor resistencia al trabajo de los pernos. Resiste perfectamente la humedad, sin agrietarse ni deformarse.

#### 1.16.6) **MADERAS COMPRIMIDAS, PETREAS Y BAQUELIZADAS**

Son maderas adheridas con resinas sintéticas y prensadas fuertemente en caliente, tienen densidad de aproximadamente 1.4 y se emplean en la industria mecánica y eléctrica.

#### 1.16.7) **MADERA PLASTICA**

La madera verde de roble, especialmente, y la de nogal y arce, impregnadas de una disolución saturada de urea sintética y calentada a 100° C, se vuelve plástica, pudiéndose, en caliente, curvar, torcer y comprimir, conservando la forma que se le haya dado al enfriarse.

#### 1.17) **ENsayos de MADERAS**

La madera procede de un ser vivo, que es el árbol, hay que indicar el medio y modo en que se ha desarrollado, edad, longitud y diámetro de los árboles, orientación, etc., siendo conveniente remitir estos, enteros o troceados, para que en el laboratorio saquen las probetas de diversas alturas del árbol, del duramen y albura, desequeren etc.

##### 1.17.1) **ENsayos a REALIZAR**

- DENSIDAD
- HUMEDAD Y ABSORCION DE AGUA
- DUREZA BRINELL Y JANKA
- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
- RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA
- RESISTENCIA AL CHOQUE
- RESISTENCIA AL DESGASTE
- RESISTENCIA AL ENCOLADO

## 2) CORCHO

Es la corteza del alcornoque, esta formada por células tubulares microscópicas llenas de aire sobre la zona generatriz suberosa, haciéndose elástica por impregnación de suberina y engrosando por yuxtaposición, se forma el corcho grueso que es elástico, impermeable, aislante e imputrescible,  $d = 0.12$  a  $0.24$ .

El corcho se produce desde los dos años del árbol, formándose la primera hilada de células suberosas, dispuestas radial y tangencialmente y a los tres o cuatro años se desgarra y cae en planchas.

A los quince años adquiere la corteza de corcho algunos centímetros de espesor; es poco homogéneo y elástico, agrietándose profundamente, y se denomina corcho virgen depreciado. Al corcho que se forma después se llama corcho cultivado, y al cabo de 10 años adquiere un espesor de 20cm, arrancándose en planchas, que se prensan y secan después de haberlas hervido durante una hora. Se emplea en la construcción, en la fabricación del linóleo y como aislante.

## 3) CAÑAS

La caña es una planta herbácea, con tallo leñoso, hueco con tabiques transversales en los nudos o arranques de las hojas, tiene la superficie exterior compacta y brillante. Es un producto barato, ligero, resistente, impermeable, no se dilata ni contrae y sobre todo, por tener gran cantidad de sílice, no se pudre.

Las mas usuales son la caña común que mide de 3 a 6m de longitud y 5cm de diámetro en la base; y la caña de bambú que se eleva de 20 a 25m de altura y que su diámetro en la base puede alcanzar los 20cm.

Con las cañas comunes se fabrican los cañizos tejiendo cañas enteras con otras partidas, empleándose para sustituir el entablado bajo las tejas, en cubiertas ordinarias y tabiques, en entramado de madera y vallas.

La caña bambú se emplea, según su diámetro, como postes, apuntalamiento de encofrados y en cercas.

## 4) CUERDAS

Están constituidas por un conjunto de hilos de cáñamo, esparto, lino, sufre, sisal, algodón, etc., retorcidos o trenzados, formando unos cuerpos alargados, flexibles y resistentes, empleándose para elevar o suspender pesos, sujetar o atar piezas, etc.

Las cuerdas se hacen por torsión de las fibras, de derecha a izquierda, y recibe el nombre de filástica. La elasticidad tiende a destorcer la filástica fuertemente torcida, y uniendo varias y dejarlas en libertad, al destorcerse se arrollan unas en otras, formando hilos que, si están constituidos por dos filásticas finas se llaman bramantes, y si por tres o más, cordones o ramales.

**Si se aumenta la torsión de varios cordones, se unen como las filásticas y deja de actuar su elasticidad, se enroscan unos a otros, formándose una cuerda o cabo.**

**Por torsión de varios cabos se forman los cables o calabrotes.**

**Las fibras están retorcidas o acolchadas de derecha a izquierda en las filásticas y cabos, y de izquierda a derecha en los cordones y cables.**

**Las cuerdas gruesas de esparto se fabrican por torción a acolchadas, pero las delgadas se hacen por trenzado de las fibras, como las tomizas y lías, por ser más resistentes, aunque menos flexibles.**

**Las cuerdas planas se fabrican con varios cordones yuxtapuestos, sin colchar, y sujetos por ligaduras, formando una sección rectangular, empleándose en minería.**

**Los hilos que forman las cuerdas se adhieren unos a otros por torsión, lo que determina a todo lo largo de su longitud una gran rozamiento que impide separarse, siendo debido a estos la gran resistencia de las cuerdas.**

**Las cuerdas de cáñamo nuevas resisten a la tracción de 1200 a 1350kg/cm<sup>2</sup>, y 500 las muy usadas. El módulo de elasticidad E=6000 a 15000 y término medio 7500, para la sección efectiva de la cuerda, que vale  $0,66\pi d^2/4$ .**

**Para la sección aparente  $\pi d^2/4$ , estos valores hay reducirlos a 2/3.**

**Las cuerdas de esparto trenzadas se denominan tomizas y lías, a las acolchadas, tiros de mano, bringas y maromas.**

**Las cuerdas de cáñamo son todas colchadas, llamándose betas, guindalezas, calabrotes y cables, según su diámetro.**

## MATERIALES PETREOS.

Los materiales pétreos empleados en la construcción se clasifican en naturales y artificiales.

**PIEDRAS NATURALES:** son las que se extraen directamente de la naturaleza, no precisando para su empleo nada más que darle forma adecuada.

**PIEDRAS ARTIFICIALES:** se preparan con productos diversos en estado pulverulento o pastoso, para comunicarle fácilmente la forma, y se endurecen por procesos fisicoquímicos.

### 1. PIEDRAS NATURALES

Se hallan en la naturaleza formando masas considerables, denominadas rocas, las cuales están formadas por asociación de minerales o cuerpos de la misma composición química y forma cristalina. Las rocas pueden ser simples y compuestas, según estén constituidas por iguales minerales o distintos.

Los minerales mas importantes que integran las rocas principalmente empleadas en la construcción son:

**1.1 Cuarzo:** es un mineral formado por anhídrido silícico,  $\text{SiO}_2$ , es el principal constituyente de las rocas. Dureza igual a 7, peso específico 2.5 a 2.8. Es una roca muy dura, rayada solo por corindón y el diamante, raya a los demás cuerpos, solo es atacado por el ácido fluorhídrico, su color es blanquecino y a veces negruzco, constituye un cierto número de piedras preciosas como el cristal de roca, cuarzo rosado, amatista, topacio, etc.

El cuarzo es el mineral más frecuente y forma parte de las rocas eruptivas: granitos, etc, sedimentarias: cuarcitas y areniscas, y metámorficas: pizarras cristalinas.

Abunda en San Luis, Mar del Plata, Cordillera y Sierras de Córdoba.

**1.2 Feldespato:** son silicatos de aluminio y una base alcalina terrosa de K, Ca y Na, de color rosado que llega a rojizo y a veces blanco lechoso. Generalmente es turbio en trozos grandes, pero translúcido en las aristas y en las astillas finas, tiene brillo vítreo, fácil de quebrar a golpes de martillo, es más blando que el cuarzo, dureza igual a 6 en la escala Mohs, peso específico 2.6 a 2.7. Los feldespastos son atacados por los agentes atmosféricos, convirtiéndolos en arcillas. Se encuentran en Tandil, Sierras de Córdoba y San Luis.

**1.3 Mica:** es un mineral formado por silicato anhídrido de K y otras sales, puede ser separada en láminas muy delgadas y elásticas. Su dureza es igual a 2, peso específico de 2.7 a 3.2, es mala conductora de la electricidad por lo que se usa como aislante. Si se acerca al fuego no se raja ni se rompe, pero expuesta a las llamas se enturbia y abre en hojas sin fundirse. En estado fresco tiene un brillo parecido al nácar, con este brillo se tiene la mica blanca o moscovita y con una coloración negra, la mica negra o biótica.

Forma parte de muchas rocas eruptivas, sedimentarias y metamórficas y se la encuentra en las Sierras de Córdoba.

**1.3.1 Vermiculitas:** son minerales micáceos que tienen la propiedad de hojaldrarse, curvarse en forma de gusano al ser fuertemente calentadas, debido al desprendimiento de las capas de agua que existen entre las de mica.

Al calentarse esta capa de agua produce un hinchazón que logra un aumento del volumen y a ser ocupado por el aire le comunica propiedades de ser muy aislante al calor, sonido y absorber olores, colores y grasas. Por tener un punto de fusión de 1350° C, permite fabricar morteros resistentes a grandes temperaturas.

**1.4 Piroxeno:** son metasilicatos de Ca, Mg; Fe y Al, dureza igual a 5, peso específico de 3 a 3.5 y colores gris, pardos y hasta negro.

**1.5 DiáLAGA:** monoclínico de color verde oliva o castaño, de composición análoga al piroxeno, se halla en el garbo.

**1.6 Anfibol:** de composición análoga a los piroxenos, de color negro verdoso. Dureza igual a 5, peso específico 3 a 3.5, forma parte de las rocas graníticas, sienitas, pegmatitas, dioritas y pizarras cristalinas.

**1.7 Olivino:** es un ortosilicato de Mg y Fe, dureza igual a 6, peso específico 3.2 a 3.6 y coloración verde oliva.

**1.8 Granate:** es una mezcla isomorfa de varios ortosilicatos de Ca, Mg, Fe y Al, dureza 6.5 a 7.5, peso específico de 3.4 a 4.3, de color amarillo, verde o rojo.

**1.9 Cloritas:** son silicatos hidratados de Mg y Al, dureza igual a 2.3, peso específico 2.7 a 3 y coloración verdosa.

**1.10 Talco:** es un silicato magnésico hidratado, dureza igual a 1, peso específico 2.6 a 2.8. La forma compacta se denomina esteatita o jaboncillo de sastre y es de coloración blanca o verde claro.

**1.11 Calcita:** es un carbonato de calcio, dureza igual a 3, peso específico 2.6 a 2.8. Por el calor se disocia a 900° C en CaO, cal viva y CO<sub>2</sub>. Existen muchas variedades, el espato de Islandia es incoloro y transparente, forma hermosos cristales, caliza es la calcita cristalina que forman las rocas calizas, de tan intenso uso en la construcción, por ser materia prima para la fabricación de aglomerantes.

**1.12 Magnesita:** carbonato magnésico, dureza igual a 4.5 y peso específico igual a 3. Se presenta cristalizado en forma compacta. Se descompone por el calor a 400° - 700° C, dando óxido de magnesio y calcinada a 1600° C, tiene propiedades aglomerantes y refractarias.

**1.13 Dolomia:** carbonato doble de Ca y Mg, dureza 4.5, peso específico igual a 2.9, incolora o blanca amarillenta. Se utiliza para la fabricación de material refractario para la industria siderúrgica.

**1.14 Yeso:** es un sulfato de calcio, dureza igual a 2, peso específico 2.2 a 2.4. Calentado pierde distintas moléculas de agua, obteniéndose las diversas clases de yeso utilizadas en la construcción.

**1.15 Magnesita:** es un óxido ferroso férrico-cúbico, dureza igual a 6 y peso específico igual a 4.9 a 5.2. Es el mineral que posee mayor magnetismo y el más rico en hierro, por lo que se emplea en siderurgia.

**1.16 Limonita:** se llama hematites parda y ocre, dureza igual a 5 y peso específico de 3.5 a 3.96, es el mineral de hierro quizás más abundante.

**1.17 Piritita:** sulfuro ferroso, dureza igual de 6 a 6.5 y peso específico 4.9 a 5.2, color amarillo brillante, como el latón.

## 2. CLASIFICACION GEOLOGICA

Esta clasificación se relaciona con los procesos de formación que han sufrido las piedras antes de llegar a su estado actual; el origen es el mismo y consiste en el enfriamiento de los minerales que en el interior de la tierra se encontraban en estado líquido y pastoso. Algunas han llegado luego del enfriamiento de ese magma sin transformarse y otras transformadas. Podemos con este criterio, clasificarlas como sigue:

	a) PLUTONICAS	<i>GRANITO SIENITA DIORITA DIABASA GABRO SERPENTINA PERIDOTO</i>
1) ERUPTIVAS O IGNEAS	b) FILOMENEANAS	<i>PORFIDOS GRANITICOS PORFIDOS SIENITICOS PORFIDOS DIORITICOS PEGMATITA</i>
	c) VOLCANICAS	<i>PIEDRA POMEZ PORFIDO CUARZOSO DIABASA BASALTO</i>
2) SEDIMENTARIAS	a) DISGREGADAS	<i>GRAVAS GRAVILLAS ARENAS ARCILLAS COLOIDES HUMUS</i>
	b) CON DIMENSION	<i>BRECHAS BROCATELAS PUDINGAS ARENISCAS CALIZAS TRAVERTINO DOLOMITAS YESOS ONIX CARBONES</i>
3) METAMORFICAS		<i>PIZARRA GNEIS CUARCITA MARMOL</i>

**2.1 Eruptivas o Igneas:** son las más antiguas y formadas por el simple enfriamiento y solidificación del magma.

**2.1.1 Plutónicas Profundas:** cuando el magma se enfrió en el interior de la tierra. Son las más utilizadas, pertenecen a este grupo, ver cuadro sinóptico.

**2.1.2 Filomeneanas:** están formadas por un magma que se consolidó sin haber salido al exterior, llenando grietas y filones de otras rocas. Su composición es análoga a las rocas eruptivas, de estructura cristalina, compacta y uniforme, tienen a veces grandes cristales aislados, llamados Fenocristales.

**2.1.3 Vocánicas:** las magmas que las forman se consolidaron en la superficie terrestre, al aire libre o al fondo del mar, en su salida al exterior. Se distinguen dos variedades, según la erupción tuviera lugar en épocas antiguas o modernas.

Las rocas efusivas antiguas son: Pórfido cuarzoso, Porfilita, Diabasa. Las modernas son: Liparita, Fenolito y Basalto.

Se caracterizan por su estructura vitria, escoriacea y fluida.

**2.2 Sedimentarias:** las rocas sedimentarias se forman al depositarse las rocas eruptivas y metamórficas por cristalización de sustancias disueltas en el agua, acumulación de restos orgánicos o productos de explosiones volcánicas.

Se presentan formando capas o extractos superpuestos, separados por superficies paralelas, presentando cada extracto un período de sedimentación, y cada plano, una interrupción del depósito o cambio de la naturaleza del sedimento.

La composición química depende de la naturaleza de las rocas que las han originado, no estando reguladas por leyes químicas, sino por el agente de transporte y la naturaleza del cemento que las aglomera.

Teniendo en cuenta como se han producido estos sedimentos, se clasifican: a) sedimentación mecánica, b) precipitación química, c) origen orgánico y d) origen volcánico.

**a) Sedimentación Mecánica:** están formadas por fragmentos de otras rocas acumuladas por el agua, por el viento y por los glaciares. Sus partículas pueden ser disgregadas y compactas.

- *Disgregadas:* se originan al resquebrajarse las rocas, dando primeros fragmentos de aristas vivas, llamadas cascajos, al ser arrastradas por las aguas de los torrentes y ríos, chocan unas contra otras fragmentándose, redondean, pulimentan y transforman en cantos rodados, grava, arenas, etc.
- *Compactas:* son fragmentos de rocas duras aglomeradas por un cemento, comunicandole el elemento que predomine su naturaleza, se llaman brechas, brocatelas, pudingas y areniscas.

**b) Precipitación Química:** las aguas de mares, lagos y ríos contienen disueltas ciertas sales, que por evaporación en lugares secos y calidos, sobresaturación, doble

descomposición e influencia de ciertos organismos las depositan, formando yacimientos de gran espesor por su acumulación durante años.  
Forman parte de estas rocas los yesos, calizas, margas y dolomias.

c) **Origen Orgánico:** la acumulación de restos de animales y vegetales han formado estas rocas, las que por su naturaleza se clasifican en calizas, silíceas y carbones.

- *Calizas:* están formadas por caparazones de animales acuáticos, semienteadas por calizas como las rocas numuiliticas, lumaquelas, fusfulinas, coralinas, etc.
- *Silíceas:* están constituidas por cuarzo, caledonea y opalos, solos o mezclados en proporciones variables. Se originan por acumulación y sedimentación de animales o de plantas, formando lo que se conoce con el nombre de Kieselgur o tierra de infusorios y silex o pedernal.
- *Carbones:* no tienen importancia desde el punto constructivo, se utilizan como combustibles. Los carbones son acumulación de restos vegetales mas o menos descompuestos que han sufrido una destilación fuera del contacto del aire: según sea la naturaleza del vegetal y el grado de carbonización alcanzado se clasifican en: turba, lignito, hulla y antracita.

d) **Origen Volcánico:** ciertas emanaciones volcánicas lanzan al espacio diversos productos: cenizas, puzolanas, bombas, que, al acumularse en determinados lugares y cementados por calizas, arcillas y silíceo, originan tipos de rocas como basaltos, brechas, traquílicas, etc.

2.3 **Metamórficas:** estas rocas se han formado a expensas de las eruptivas y sedimentarias, por transformación en composición mineralógica y estructura, a causa de las grandes presiones, temperaturas elevadas y de las emanaciones gaseosas del magma. Las mas importantes de las rocas metamórficas son elgneis, pizarras, cuarcitas y mármoles.

### 3 PROPIEDADES DE LAS PIEDRAS NATURALES

Las propiedades que mas corrientemente se analizan son las siguientes:

- a) *Resistencia mecánica.*
- b) *Resistencia a la intemperie.*
- c) *Resistencia a la abrasión.*
- d) *Color.*
- e) *Textura.*
- f) *Ausencia de defectos estructurales o de aspecto.*
- g) *Uniformidad de características.*
- h) *Trabajabilidad.*
- i) *Tamaños obtenibles.*

**a) Resistencia Mecánica:** la resistencia mecánica ha perdido importancia como factor de calidad, pues, pocas veces se usa ahora la piedra como material resistente, no obstante a ello, a veces las piedras de construcción deben soportar cargas y en esos casos habrá que analizar su capacidad resistente.

Esta resistencia es muy variable, en general son resistentes a la compresión.

**b) Resistencia a la Intemperie:** los principales agentes deteriorantes de las piedras expuestas a la intemperie son: las dilataciones térmicas, la acción del congelamiento y la agresión química.

- *Dilatación Térmica:* las piedras expuestas a cambios de temperaturas sufren dilataciones y contracciones que pueden producir, según los casos, desintegraciones de su masa fundamental o saltaduras y agrietamiento, este último que es más frecuente, ocurre cuando no se han previsto en su colocación los espacios necesarios para permitir las dilataciones.
- *Acción del Congelamiento:* el congelamiento deteriora las piedras por la fuerza expansiva del hielo, su acción se manifiesta cuando las piedras tienen poros pequeños que pueden llenarse de agua, por la acción de las lluvias y luego esta agua se congela, con lo cual aumenta su volumen en un 10%. Se requiere la concurrencia de tres factores para que el deterioro no se produzca no ocurrirá si la piedra no se moja, o los poros son grandes, en cuyo caso no se llenan de agua y queda lugar para la expansión y si la temperatura no es de congelamiento.
- *Agresión Química:* se produce en las ciudades de clima templado por la acción del agua de lluvia que se acidifica al caer a través de la atmósfera.

**c) Resistencia a la Abrasión:** es de especial importancia cuando la piedra se utiliza solados, frecuentemente interesa más que la piedra se desgaste uniformemente que la magnitud misma del desgaste y por ello que se procura no utilizar en pisos piedras con vetas de dureza mayor o menor que la masa fundamental.

**d) Color:** uno de los factores determinantes de valor decorativo de las piedras es el color. Este queda definido por los minerales componentes y en el conjunto de las piedras abarca toda la gama del espectro, pero con predominio de los grises, rojos, verdes y pardos, en menos proporción se encuentran blancas y negras, y con menor frecuencia aún, azules y azuladas. Las piedras con superficies rústicas o pulidas ofrecen una coloración parduzca, los colores más intensos y limpios se obtienen con superficies abrillantadas.

**e) Textura:** así como el color de los minerales define el de las piedras, el tamaño de las partículas o de los cristales de esos mismos minerales y su distribución y agrupamiento define la textura, cualidad que comprende la distribución del o de los colores, el tamaño de los granos y cristales, los dibujos o veteados característicos.

**f) Ausencia de Defectos Estructurales o de Aspecto:** los principales defectos estructurales son las grietas y fisuras, que pueden clasificarse en visibles y latentes. Las

que en definitiva resultan mas perjudiciales son las latentes, que pueden haberse originado durante el proceso natural de formación de la piedra o durante las operaciones de extracción. Otros defectos pueden estar constituidos por la presencia de sustancias extrañas que pudieran sufrir alteraciones.

Los defectos de aspecto consiste en coloraciones anormales, mal distribución de los granos, veteado deficiente, etc.

**g) Uniformidad de Características:** las piedras, como la mayoría de los materiales, presentan diferencias de características mas o menos marcadas, de trozo a trozo, aun tratándose de la misma piedra. Esta falta de uniformidad de características puede afectar a la estructura o al aspecto de la piedra. La falta de uniformidad estructural afecta a la resistencia y obliga a tomar como resistencia determinante a la menor de la de cada una de las partes que integran el conjunto.

Las variaciones de aspecto son mas frecuentes y afectan el color y la textura, características que pueden verse influidas o perturbadas por diferencias muy pequeñas en la composición de las piedras.

**h) Trabajabilidad:** la forma y terminación se obtienen, principalmente por dos grupos de procedimientos: por percusión y por abrasión.

- *Por percusión:* para ser trabajadas por percusión deben tener sus granos, partículas o cristales firmemente unidas, en caso contrario se producirán saltaduras incontrolables.
- *Por abrasión:* se utiliza para el pulido y abrillantado de las piedras.

**i) Tamaños Obtenibles:** los tamaños disponibles responden a contingencias propias de la formación de las piedras o de su extracción, laboreo y colocación que limitan en forma definida su tamaño máximo. Esto obliga a establecer discontinuidades y juntas en los revestimientos y solados.

#### 4. TERMINACIONES SUPERFICIALES

El aspecto, el color y la durabilidad de las piedras, se ven afectados por el tipo de terminación superficial que presentan las caras vistas.

De los tipos de terminación pueden señalarse unos pocos como los más usuales, representativos y característicos, los cuales reciben las siguientes calificaciones:

- a) *Rústica*
- b) *Terminación a punta*
- c) *Martelinada*
- d) *Pulida*
- e) *Abrillantada*

**a) Rústica:** la terminación rústica corresponde al aspecto que ofrecen las caras que limitan las fracturas y resultan más o menos irregulares según el tipo de piedra y el sentido de corte, no requieren ninguna otra operación posterior, salvo la eliminación eventual de alguna punta saliente.

**b) Terminación de Punta:** consiste en la eliminación sistemática de las partes pertinentes con picos metálicos, martillo de punta y especies de cinceles que se golpean con mazos. La terminación se califica a punta gruesa, mediana y fina, y la superficie será más lisa en el orden indicado.

**c) Martelinada:** cuando se requiere una superficie que no acuse resaltos, ni depresiones y ni asperezas gruesas; se perfeccionan las caras, trabajadas a punta, con el auxilio de otras herramientas de percusión llamadas martelinas y bujardas, obteniéndose la terminación martelinada o abujardada.

La bujarda es una especie de martillo cuyas caras de golpear en lugar de ser planas, están terminadas en una cantidad de pequeñas puntas piramidales (puntas de diamante), la martelina está constituida por un conjunto de punteros reunidos en un solo haz por medio de una abrazadera con mango. Al golpearse la superficie de la piedra con cualquiera de estas herramientas, las puntas chocan con las partes salientes, triturándolas y alisando el conjunto.

**d) Pulida:** el procedimiento de pulido consiste en friccionar la piedra con sustancias abrasivas, tales como rocas naturales (asperones, esmeriles, areniscas, piedra poméa, arena, etc), o con sustancias artificiales, tanto o mas duras que las naturales, tales, como el carborundo o carborundur (carburo de silicio).

El cuidado y la persistencia con que se realice la operación de pulido, dará una superficie más o menos perfecta de acabado, sin huellas de herramientas o rayaduras, pero sin brillo.

**e) Abrillantada:** se adquiere la perfección máxima del acabado superficial destacando en todo su valor, el color y la textura de la piedra. La operación de abrillantado, requiere un pulido previo y luego un pulido extraordinariamente fino que elimina las imperfecciones superficiales casi microscópicas que impiden la reflección de la luz sin difusión característica de las superficies especulares.

El lustre o brillo se obtiene por fricción con abrasivos muy finos auxiliados en algunos casos con sustancias química como el ácido axálico (sal de limón).

## **CLASIFICACION TECNICA DE LAS PIEDRAS**

La considerable variedad de piedras y sus diversas características, hace necesario clasificarlas para mejor conocimiento y empleo: existen distintos criterios de clasificación, según sea la base o punto de partida utilizado, así por ejemplo hay clasificaciones químicas, geológicas, morfológicas, etc.

Para los fines que se persiguen en el presente curso, la decisión acerca del empleo de las piedras, así como la selección del tipo mas adecuado, se basa en el análisis especial para cada caso de un conjunto de propiedades de la misma. Debe hacerse resaltar que la importancia relativa a cada propiedad es variable en cada caso y que desgraciadamente no son compatible simultáneamente, quedando librado al criterio del profesional cual ha de preferirse en cada aplicación especial.

En esta clasificación las piedras se han subdividido en tres grupos, cada uno de los cuales reúne las que ofrecen características tecnológicas similares, aunque su

composición, origen, etc, ofrecen diferencias más o menos marcadas: los grupos en cuestión son los siguientes:

- *Rocas Calcáreas*: las que son atacadas por el ácido clorhidrico, pueden ser rayadas con la punta de acero y no dan chispa con el eslabón y el calor las descompone obteniéndose la cal.
- *Rocas Silícicas*: tienen la característica fundamental de no producir efervescencia al ser atacada por el ácido clorhidrico, no se descomponen por la acción del fuego, son muy duras rayan el vidrio y dan chispa con el eslabón.
- *Rocas Aluminosas*: no producen efervescencia con el ácido clorhidrico, nodan chispa con el eslabón y se endurecen bajo la acción del fuego ordinario.

## 5. ROCAS CALCAREAS

Son aquellas en las que prevalece el carbonato de calcio ( $\text{CO}_3 \text{Ca}$ ), contenido además aluminia ( $\text{Al O}_2$ ), sexquioxido de hierro ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ ), oxido de magnesio ( $\text{O Mg}$ ) etc. Debido a la presencia de oxidos su color es muy variado. Se las clasifica en dos grupos:

- *Mármoles*: todas las piedras constituidas principalmente por carbonato de calcio, capaces de tomar brillo y retenerlo.
- *Caliza*: cuando las piedras, compuestas por carbonato de calcio no son abrillantables o en caso de tomarlo lo pierden fácilmente.

**5.1 Mármoles:** Como consecuencia de su composición son mas blandos que los granitos, lo que facilita su labra, pero también son menos resistentes a la abrasión y en especial a la intemperie. Con respecto a esto último al utilizar los mármoles debe tenerse presente que los mismos son muy atacables por el agua de lluvia, por esta razón resultan inadecuados para ser empleados con terminación abrillantada, en aquellos lugares expuestos a la intemperie, donde por su difícil acceso sea imposible proteger las superficies abrillantadas con ceras, parafina y sustancias similares.

Los mármoles son especialmente apreciados por su valor decorativo, el cual contribuye por el brillo que toman, el color, y en muchos casos, el veteado.

Las principales fuentes de producción del país se encuentran en Córdoba (mármoles blancos, grises y rosados), San Luis (onix y traverfino), Mendoza (mármoles de colores y onix), San Juan (traverfino), Salta (traverfino y onix) y Buenos Aires (dolomita).

También en las canteras de Córdoba se extraen mármoles de grano más o menos gruesos conocidos comercialmente como "Quilpo", "Rosado de Córdoba" y "Gris de Punilla", por su valor decorativo son muy apreciados los comprendidos en los tipos brechas, brocatelas y pudingas.

El mármol debe arrancarse sin el empleo de explosivos, para evitar que se formen grietas o pelos.

Los mármoles tienen las siguientes propiedades técnicas:

- *Dureza en la escala Mohs igual a 3*
- *Densidad aparente de 2 a 2.8*
- *Densidad real de 2.6 a 2.8*
- *Absorción de agua de 0.1 a 0.5%*
- *Resistencia a la compresión 400 a 2800 Kg/cm<sup>2</sup>*
- *Desgaste por rozamiento de 20 a 40 cm<sup>3</sup>*
- *Desgaste por chorro de arena de 5 a 10 cm<sup>3</sup>*

Los mármoles pueden subdividirse en sacaroides, compactos, brechas, brocatelas, pudingas, dolomitas, lumaquelas, travertino, etc.

a) **Sacaroides**: son mármoles de grano grueso, con estructura parecida al azucar, son fáciles de labrar y pueden ser pulidos, resisten la acción de los agentes atmosféricos, están formados por CO<sub>3</sub> Ca casi exclusivamente y por la presencia de óxidos minerales presentan diversas tonalidades, se distinguen:

a1) **Alabastro Calcáreo**: de color blanco translúcido, se utiliza en decoraciones mármoresas de gran lujo, el más estimado es el blanco Carrara, cuya belleza y resistencia a los agentes externos lo hacen privilegiado: hay una cantera muy extensa en Cruz del Eje, en Quilpo.

a2) **Onix**: es un mármol sacaroides coloreado, esencialmente decorativo, ya que su resistencia a la abrasión y a la intemperie es escasa. Se caracteriza por la delicadeza de sus colores y la translucidez de su masa. Se utiliza preferentemente para revestimientos de paredes interiores. Hay canteras en San Luis, Mendoza y Salta.

a3) **Abigarrado**: en este mármol los colores no se dan en forma de vetas sino salpicado. Existen blancos, grises y negros en San Juan y oscuros en Tandil.

b) **Compactos**: son rocas de constitución granular muy fina y apretada y de fractura lisa, los óxidos de Fe y materia biluminosa que contienen le dan distintas coloraciones, son muy resistentes, fáciles de labrar y susceptibles, de adquirir un hermoso pulimento. Pueden citarse al:

b1) **Negro Fino de Diamante** (Bélgica)

b2) **Verde Alpe** (Francia)

**c) Mármoles Decorativos:** son muy apreciados los comprendidos en los tipos denominados brechas, brocatelas y pudingas.  
Estás piedras se caracterizan por su formación en dos etapas, en la primera se formó la piedra fundamental, la que por su acción posterior se fragmentó en trozos más o menos grandes, en la segunda etapa se infiltró entre los huecos, grietas y fisuras formadas, un cemento natural constituido también por carbonato de calcio, que soldó los trozos restableciendo la integridad de la piedra, como la sustancia cementante en general es de distinto color que los trozos de piedra, da lugar a la formación de dibujos y veteados que realzan la calidad decorativa del mármol.

**c1) Brechas:** los mármoles formados según se ha indicado, cuando contiene trozos grandes y angulosos de la piedra de origen.

**c2) Brocatelas:** son de igual constitución que las brechas, pero los trozos de mármol son más pequeños no mayores del tamaño de una nuez.

**c3) Pudingas o Pudings:** son de igual constitución que las brechas y brocatelas, pero esta formada por trozos de piedra redondeada.

**d) Lumaquelas:** están formadas por la unión de conchas marinas, caracoles y otros animales marinos.

**e) Dolomitas:** tienen la característica de las rocas calcáreas pero la efervescencia es más violenta con el H Cl. Están constituidas por un silicato doble de Ca y Mg, son de grano fino, color ocre, aspecto ligeramente beteado, con huellas de fracturas y fisuras consolidadas por infiltraciones. Expuesta a la intemperie se recubre de una pátina blanquesina que altera su color y oculta su veteado.

Ofrece dificultades de extracción por la tendencia a fracturarse, provocada por la existencia de fisuras latentes en su masa.

**f) Travertino:** es de estructura relativamente blanda, fácil de labrar, pulir y abrillantar. Es un mármol poco resistente a la intemperie y a la abrasión, circunstancias que lo tornan poco adecuado para ser usado en solados muy translúcidos o en revestimientos exteriores, lustrados, no protegidos.

El travertino se caracteriza por su color, su veteado y sus poros. El color está comprendido dentro de la gama del ocre, desde el muy claro casi blanco, hasta el de tonalidades marrones, más o menos intensas. El veteado es consecuencia de su formación sedimentaria, le confiere un aspecto listado característico cuando se lo corta perpendicularmente a las superficies de sedimentación, en cambio, cuando se lo secciona por aserrado según planos paralelos o tangenciales a dichas superficies, aparecen dibujos anubarrados más o menos esfumados, llamándose entonces a la piedra de corte "el agua". La tercera característica del travertino, las constituyen las oquedades o poros, que le confieren un aspecto característico que realza su valor cuando su tamaño no es muy grande.

Cuando se desea una superficie continua a la vista de la piedra, los poros y huecos se rellenan con un mortero de cemento blanco y polvo de la misma piedra, denominándose al mármol así tratado "travertino taponado".

**5.2 Cálizas:** Son piedras compuestas en su mayor parte por carbonato de calcio que no adquieren brillo al ser pulidas y constituyen un excelente material de construcción de muros, revestimientos rústicos y solados de igual característica: se emplean en grandes cantidades en la fabricación de cales y cementos.

En nuestro medio las piedras características de este grupo son:

**a) Calcáreo Chocolate** (Sierras Bayas): presenta una marcada tendencia a la separación en lajas según las superficies de estratificación, lo que facilita la subdivisión en piezas de poco espesor, aptas para solados, esta esfoliación se sigue produciendo, solo a veces, después se colocara en el piso.

**b) Calcáreo Negro** (Sierras Bayas): no llega nunca a presentar este color, el cual no pasa de ser un gris azulado más o menos oscuro.

Presenta estratificaciones bien marcadas, no pueden ser subdivididas en chapas o lajas tan delgadas como las del calcáreo chocolate. En algunos casos se lo ha usado abrillantado, pero con resultados pocos satisfactorios, pues pierde el brillo rápidamente.

**c) Calcáreos Arcillosos:** son de gran importancia, además de  $\text{Ca}_3\text{O}$  contienen arcilla, que de acuerdo con su proporción pueden obtenerse las cales ácreas, las hidráulicas y los cementos portland. Existen en abundancia en la provincia de Córdoba.

**d) Calcáreos Bituminosos:** son rocas calcáreas con impurezas del 6 al 10% de sustancias bituminosas, de las cuales se extraen los asfaltos. De la asfaltita (hay en Mendoza) se extrae gas, alquitrán, carbón de coque, aceites minerales, breas y colorantes.

**e) Calcáreos Glaueníticos:** es de coloración verdosa y en su composición entra un mineral llamado glaucenita (hidro silicato) de Fe y K. Es muy abundante en la zona de Mar del Plata.

**f) Creta:** se utiliza como tiza, es una roca blanda de poca resistencia, en nuestro país existen canteras puras.

**g) Areniscas Calizas:** son de color amarillento o gris verdoso, producen efervescencia con los ácidos, los atacan los agentes meteorológicos en las ciudades industriales, se calcinan al fuego y no son muy resistentes.

**h) Rocas Yesosas:** es el sulfato cálcico cristalizado con dos moléculas de agua:  $\text{SO}_4\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$ . Se encuentra muy abundante en la naturaleza, habiéndose depositado por desecación de mares interiores y lagunas, en cuyas aguas se encontraba disuelto. Forma extractos lenticulares, acompañado generalmente de cloruro sódico.

Puede ser de estructura compacta, granular, laminar, fibrosa, incolora y transparente cuando es puro, pero generalmente la arcilla y el Fe lo tiñen de amarillo más o menos rojizo, tiene una densidad de 2.6, es blando, rayándose con la uña y algo soluble en el agua, por lo que no puede emplearse al exterior, además de resistir solo 60 Kg/cm<sup>2</sup> a la compresión.

**h1) Alabastro Yesoso:** es una variedad de yeso cristalizado, de grano muy fino, translúcido en pequeños espesores, empleándose en ornamentación escultural.

**h2) Anhidrita:** es el sulfato de calcio anhidrido, incolora, blanca, gris o rojiza, más dura que el yeso, pero absorbe rápidamente agua para transformarse en yeso, no pudiendo tener por esta causa aplicaciones constructivas.

**h3) Semihidratado o Cocido:** se emplea mucho en construcción como material de revestimiento y raciado.

**h4) Estalactitas:** se forman al caer las gotas de agua que contienen en disolución bicarbonato cálcico, del tcho de algunas cuevas, originando unos conos de calcita, y las stalagmitas se forman en el suelo y acaban por soldarse.

## 6. ROCAS SILICICAS

Tienen la característica fundamental de no producir efervescencia al ser atacadas por el HCl, no se descomponen por la acción del fuego, son muy duras rayan el vidrio y dan chispa con el eslabón. Pertenece a este grupo el granito, pórfido, basalto, silex, gress, piedra molar y también las de origen volcánico que poseen características comunes con las anteriores. Los minerales más importantes que entran en la estructura de estas rocas son el feldespasto, el cuarzo y la mica.

**6.1 Granito:** es una roca de grano grueso, mediano o fino, constituida por una mezcla de cuarzo, feldespasto y mica como elementos principales, en las siguientes proporciones: cuarzo, del 20 al 40%, feldespasto, del 15 al 55%, y mica, del 14 al 56%. Los acompañan minerales accesorios como el apatito, turmalinas, granates etc. La coloración varía según abunde una clase de minerales u otra: la mica puede ser negra (bionita), o blanca (moscovita), o ambas. Generalmente suelen ser grises, blanco y negro, amarillento, rojizo o verde, coloración y tono debido a los feldespastos, que se realza mediante el polimento.

El granito ofrece elevadas resistencias mecánicas, a la abrasión y a la intemperie, en este último aspecto puede ser considerado como inmune a la acción del agua de lluvia, lo que lo hace especialmente adecuado cuando se requiere el uso de piedra abrillantada en exteriores. Tiene las siguientes características técnicas: densidad aparente 2.6 a 2.7, absorción de agua 0.1 a 0.7%, resistencia a la compresión 800 a 2700 Kg/cm<sup>2</sup>, idem a tracción 30 Kg/cm<sup>2</sup>, a la cortadura 80 Kg/cm<sup>2</sup>, resistencia al desgaste: por frotamiento 4 a 7 cm<sup>3</sup>, y al chorro de agua 2 a 5 cm<sup>3</sup>.

La trabajabilidad de los granitos es más bien reducida por la dureza de los minerales que los integran, lo cual hace que esta piedra, pese a ser de las mas abundantes, resulte ser senciblemente cara cuando se la usa pulimentada o abrillantada.

Se emplea en toda clase de obra por sus gran resistencia, bello y duradero pulimento, no admitiendo labras complicadas, aunque no es refractario, resiste temperaturas elevadas.

Se utiliza mucho en pavimentación por su gran duración y adherencia, en forma de adoquines y losas. Es un componente importante del hormigón.

Se tiene diferentes variedades de acuerdo a la proporción de los minerales que lo constituyen:

- a) **Granito Cuarzoso:** cuando la proporción de cuarzo iguala o supera a la del feldespato, se utiliza para pavimentos.
- b) **Granito Feldespático:** cuando este supera en 3 o 4 veces la proporción del cuarzo.
- c) **Granito Micáceo:** si la proporción de mica excede del 30%.
- d) **Pegmatita:** si la mica desaparece casi por completo se tiene la pegmatita que es una roca que puede ser cuarzosa o feldespática según el que predomine. Se emplea para hormigones de alta resistencia.
- e) **Gneis:** es una variedad de granito con mucha mica en forma de capas, es de textura menos compacta y menos coherente, no son susceptibles de ser lustradas.
- f) **Sienitas:** rocas en las que el cuarzo y la mica son reemplazados por el anfibol (silicato de Ca y Mg).
- g) **Diorita:** cuando el anfibol reemplaza totalmente al cuarzo y a la mica.
- h) **Gabro:** es una roca de granos muy gruesos, constituida por plagioclasa y diálaga. Carece de cuarzo y le acompaña como minerales accesorios apatito, olivino, etc. Debido a la diálaga y olivino, es muy dura y de color verde oscuro, admite buen pulimento.
- i) **Peridoto:** esta constituido por olivina, piroxeno y anfibol, careciendo de cuarzo y feldespato, por lo cual son de color oscuro y muy duros, se alteran facilmente, dando como resultado el amianto y la serpentina.

**6.2 Pórfidos:** rocas muy duras comunes, de igual composición que el granito de color rojo, gris o verde, con grandes cristales aislados (fonocristales), son duras de estructura compacta (cristales mas o menos regulares inundados en una pasta de composición variable). Se dividen en:

- *Pórfidos Graníticos:* cristales de feldespato y cuarzo, unidos por una pasta de base feldespática.
- *Pórfidos Sieníticos:* cristales de feldespato con una pasta feldespática un poco anfibólica.
- *Pórfidos Cuarcíferos:* cuando predomina el cuarzo sobre el feldespato.

**6.3 Serpentina:** están formadas por un hidrosilicato de Mg, son muy oscuras con vetas color verde, su nombre proviene de la serpiente, se usa en revestimientos y decoraciones de lujo.

**6.4 Basaltos:** rocas de origen volcánico, oscuras, textura compacta, grano fino y fractura brillante. Están compuestas por tres silicatos complejos, por la presencia de cristales de magnetita presenta un color negruzco azulado. Es la más pesada de las rocas por el gran porcentaje de Fe y su gran compacidad.

**6.5 Gress:** puede ser calcáreo o silícico, formado por granos chicos de cuarzo, feldespato y mica, unidos por un aglomerante de base silícica o calcárea. Su estructura es terrosa, por lo que se le llama también arenisca, HCl lo ataca parcialmente.

**6.6 Silex:** “piedra de fuego”, es una roca compacta, de granos finos gris oscuros, se encuentra en forma de bloques o mantas en las canteras de creta, se adhiere bien a los morteros, es áspera, puede ser pulida y toma brillo, es difícil de labrar.

**6.7 Piedra Molar:** roca silícica que contiene trozos calcáreos, alumina y óxido de Fe, textura granular esponjosa. Pesada, porosa y resistente, se adhiere bien al cemento, se utiliza en pilares de puentes, alcantarillas, etc. Resistente a los agentes atmosféricos, no es quebradiza y soporta grandes cargas.

**6.8 Laras:** de origen volcánico, negras, estructura compacta, granos finos, aspecto rugoso. Al ser arrojadas por los volcanes en estado pastoso se solidifican por enfriamiento, son livianas, fáciles de cortar, inalterables a la acción de los agentes externos, muy resistentes, adhieren bien al mortero y tienen el aspecto de las escorias de alto horno, se usan en puentes y monumentos.

a) **Pumita o Piedra Pomez:** es esponjosa de color blanco, gris o amarillento, de brillo sedoso, formada por agujas y fibras entrecruzadas. Es muy ligera, flotando en el agua debido a las infinitas burbujas de aire, aprisionando en sus poros, siendo su densidad de 0.4 a 0.9, empleándose para fabricar ladrillos livianos, aislantes térmicos y para pulir.

b) **Riolitas:** su composición es identica a la del granito, pero su estructura es fluida, por haberse consolidado en el exterior.

**6.9 Rocas Disgregadas:** se originan al resquebrajarse las rocas, dando primero fragmentos de aristas vivas, llamadas bloques o cascajos, según su tamaño, acumulándose al pie de los picos de las montañas. Al ser arrastradas por las aguas de los torrentes y ríos, chocan unas con otras y con las laderas, fragmentándose, redondean y pulimentan y transforman en canto rodado, grava, arena, etc.

**6.10 Polvos:** cuando el tamaño de los granos esta comprendido entre 0.2 y 0.002 mm reciben diversos nombres:

a) **Puzolanas:** son las cenizas arrojadas por los volcanes, son de color gris más o menos claro.

b) **Limos:** si contienen partículas muy finas de cuarzo, calizas, mica y limonita.

c) **Ocres:** las que contienen hierro.

d) **Cieno y Humus:** las que contienen sustancias orgánicas en descomposición.

## 7 ROCAS ALUMINOSAS

Son rocas arcillosas y esquistosas, compuestas por alumina, silice y óxido de Fe. No producen efervescencia con los ácidos ni chispa con el eslabón, se endurecen bajo la acción del fuego ordinario, son suaves al tacto y pueden separarse fácilmente en láminas o escamas. La roca más importante es la pizarra que proceden del metamorfismo de la arcilla, y según su grado de transformación, se aprecian las siguientes variedades:

**7.1.a Arcillas Pizarrosas:** llamada también piedra de tejar, son rocas sedimentarias de estructura laminar muy compactas y coloraciones gris, verde, azulado o negra, debido al contenido de sustancias bituminosas.

No es muy dura pudiéndose clavar. La densidad aparente varía de 2 a 3.5, la resistencia a la flexión es de 300 a 400 Kg/cm<sup>2</sup> y a la compresión, de 600 a 900 Kg/cm<sup>2</sup>. Las pizarras que se emplean para techar deben ser homogéneas, carecer de grietas capilares y no contener sustancias perjudiciales, como las piritas que les comunican color amarillento y carbonato de calcio, que las hacen alterables: también se emplean para pavimentación, esmerilar y afilar.

**7.1.b Pizarras Cristalinas:** son rocas metamorfósicas, diferenciándose del Gneis por carecer de feldespato y se aprecian las siguientes variedades:

- *Micacitas:* compuesta de cuarzo y mica, de color gris, rojo o negruzco, densidad 2.7, resistencia a compresión 800 Kg/cm<sup>2</sup> y a flexión 250 Kg/cm<sup>2</sup>, empleándose para techar.
- *Talconitas:* es refractaria empleadas en hornos y estufas.

Las pizarras empleadas para techar se hallan en el comercio en sus formas fundamentales: cuadrada, rectangular y circular, el espesor varía desde 3 a 6mm. Se fijan mediante clavos o ganchos de hierro galvanizado.

Las mejores pizarras son las inglesas que tienen un espesor de 2mm, los siguen las alemanas y las francesas.

**7.2 Arcillas:** sus partículas tienen unas dimensiones comprendidas entre 0.002 y 0.0001mm, de diámetro, y vistas al microscopio tienen forma alargada y laminar, estando constituidas por silicatos aluminicos, hidratados amorfos. Les acompañan generalmente cuarzo, calcita, hidróxido de Fe, etc, comunicandoles distintas propiedades y coloraciones blancas, amarillas, pardas, rojas, y si contienen materias orgánicas, grises o negras, transformándose en arcillas grasas, magras, plásticas, etc. La arcilla pura recibe el nombre de caolin, siendo un silicato de alumina hidratada cristalizado, es blanco y se emplea para la fabricación de porcelana.

**7.3 Coloides:** si el tamaño de las partículas es inferior a 0.0001mm, reciben el nombre de micelas, por adquirir carga eléctrica.

Dispersadas en el agua forman hidrosoles, permaneciendo mucho tiempo en suspensión, y se precipitan rápidamente añadiéndoles un electrólito, por ejemplo, cloruro de cacio, transformándose en geles.

## **8 AGREGADOS PETREOS**

Los agregados pétreos naturales responden a diversos tamaños de los granos, pero se denomina agregado fino o arena a los que pasan por el tamiz N°4 (4.76mm) y agregado grueso a los que pasan por el tamiz de 3" (76.2mm) y son retenidos por el tamiz N°4.

**8.1 Composición Mineralógica:** se clasifican en silíceas, graníticas, calizas, etc. Siendo las silíceas las más resistentes, pero pudiéndose emplear las demás si son duras. A veces se usan ladrillos vitrificados y escorias.

**8.2 Tamaño y Forma:** varía con la clase de obra, empleándose desde 50 a 100mm, en obras de hormigón en masa. En el hormigón armado las normas exigen que el tamaño máximo sea 1/5 de la separación entre moldes y este comprendido entre los 2/3 o ¾ de la separación entre barras.

Los agregados en general, con arreglo a su tamaño, reciben los siguientes nombres:

*Morro > 100mm  
Grava gruesa 50 a 100mm  
Grava media 40 a 60mm  
Grava fina 30 a 50mm  
Gravilla gruesa 20 a 40mm  
Gravilla media 15 a 30mm  
Gravilla fina 15 a 25mm  
Garbancillo 7 a 15mm  
Ripio (piedra partida) 7 a 25mm  
Arena gruesa 2 a 5mm  
Arena mediana 0.5 a 2mm  
Arena fina 0.1 a 0.5mm  
Filler 0.005 a 0.02mm  
Limo 0.002 a 0.02mm  
Arcilla < 0.002*

Todas las condiciones que deben cumplir las arenas son aplicables a las gravas. Deberán estar limpias y, en caso contrario, se lavarán, pues las materias ferrosas hacen disminuir la adherencia en grandes proporciones. En cuanto a la forma se ha comprobado experimentalmente que, aunque las piedras partidas brindan más adherencia por tener mayor superficie en igualdad de volumen que las redondas, de no ser fuertemente comprimidas se acuñan y dejan más huecos que las redondeadas y necesitan más cantidad de agua para poder ser colocadas en obras. Es por esta razón por lo que se prefiere la piedra redondeada, por hormigones más plásticos, y de fácil colocación que los obtenidos con piedras machacadas. Si esta se clasifica de forma que haya varios tamaños se obtiene un hormigón muy compacto.

Los huecos de la grava redonda de tamaño diferente oscilan del 40% al 45%, y del mismo tamaño de 30 a 35% aproximadamente. La piedra machacada de distinto tamaño de 40 a 45% y del mismo tamaño del 45 al 50%.

**8.3 Toma de Muestra de los Agregados:** la toma de muestras de los agregados finos o de las mezclas de estos agregados con canto rodado, se llevará a cabo estando estos materiales en estado húmedo. Este proceder, es a los efectos de evitar la segregación de las partículas más finas, fenómeno que se produce cuando los granulados tienen superficie seca.

En las pilas, se manifiesta la separación de partículas, por depósito de las más gruesas al pie de la misma, quedando el material más fino en la pila. Se tomarán muestras parciales por varios puntos de la pila, como se indica:

- *de la base*
- *de la cima*
- *de puntos intermedios*

Se reducirá el tamaño de la muestra, después de un mezclado completo, mediante la operación de cuarteo.

## GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS

**8.4.1 Análisis Granulométrico:** el análisis granulométrico, consiste en la investigación del tamaño de los granos componentes de un material granular y de composición granulométrica de un material granular a la proporción relativa, ordinariamente expresada en forma porcentual de peso, en que se encuentran en ese material los granos de distintos tamaños.

La composición granulométrica de los agregados tiene una influencia muy importante sobre la calidad de los morteros y hormigones, especialmente sobre la compacidad, la impermeabilidad, la resistencia a los esfuerzos mecánicos, al desgaste, al rendimiento y el costo.

La impermeabilidad de un hormigón aumenta si se dificulta en lo posible el paso del líquido a través de su masa y si se tiene en cuenta que los agregados finos y gruesos solo son materiales inertes, que tienen por objeto aumentar el volumen de la pasta de cemento, se comprende fácilmente que este paso será tanto más difícil cuanto menos vacío exista entre ellos.

Surge de lo anterior que la disposición de los granos debe ser lo más <sup>compacto</sup> posible. En el supuesto que el agregado grueso estuviera constituido por esferas todas del mismo tamaño, y dispuestas de modo que ocupen el menor volumen posible habría entre ellas un espacio que alcanza el 26% del volumen total.

El espacio anterior se podrá reducir si introducimos un número determinado de esferas de diámetro menor, tal que permanecieran tangentes a las anteriores y continuando del mismo modo se podría encontrar un tercer cuarto, etc, número de esferas que ocupen el espacio dejado por las anteriores. Se deduce de este razonamiento que las distintas series de esferas estando dispuestas en la forma más conveniente tendrán que decrecer de diámetro según una cierta y determinada ley, y su número tendrá que aumentar según cierta y determinada ley, para que los vacíos entre ellas sea mínimo.

Es natural que esta idea en disposición, diámetro y número no pueda lograrse en la realidad pues los granos de los agregados no son esferas, ni la disposición ideal indicada es probable, ni el número de los distintos granos de los agregados es el conveniente,

pero podrá acercarse al ideal de los distintos tamaños de los agregados estableciéndose su volumen o peso porcentual que son los dos únicos factores gobernables.

**8.4.2 Tamices:** a fin de determinar la composición granulométrica de un agregado se lo hace pasar por una serie de tamices provistos de orificios de tamaño decreciente según una determinada ley.

El IRAM define y especifica las condiciones que deben reunir los tamices de ensayos:

- *Tejido:* es la formación plana de alambres de sección circular que entrelazados perpendicularmente dejan entre sí aberturas cuadradas.
- *Malla:* es cada uno de los cuadrados determinados por los ejes de los alambres que constituyen el tejido.
- *Abertura de malla:* es la distancia libre comprendida entre los lados de la malla.
- *Tamiz:* es el conjunto formado por el tejido fijado a un marco.
- *Designación del tamiz:* para los tamices de abertura mayores de 1mm inclusive: indicación del lado de la malla en milímetros y a la derecha entre paréntesis las designaciones A.S.T.M.

Ejemplo: el tamiz cuyo lado de la malla mide 25.4mm se designará IRAM 25mm (1"). Para los tamices menores de 1mm, indicación del lado de la malla en micrones y a la derecha entre paréntesis la designación A.S.T.M.

Ejemplo: el tamiz cuyo lado de la malla mide 7 $\mu$  se designará IRAM 7 $\mu$  (200).

La operación del tamizado se realiza disponiendo verticalmente la serie convenida de tamices de modo que las dimensiones de sus orificios decrezcan hacia abajo. Se emplean 14 tamices, clasificados como se indica: 76.2mm, 63.5mm, 50.8mm, 38.1mm, 25.4mm, 19.1mm, 12.7mm, 9.52mm, 4.76mm, 2.38mm, 1.14mm, 0.59mm, 0.297mm y 0.149mm.

**8.4.3 Curva Granulométrica:** la curva granulométrica establece, para los diferentes tamices señalados, el material que pasa a través de los mismos, en forma acumulada. Gráficamente se toma, en el plano (x,y), se toman como absisas los lados de las aberturas de malla de los tamices, en escala logarítmica, y como ordenada, el porcentaje de material granular, que pasa en forma acumulada por cada tamiz. De los catorce tamices aceptados, diez de ellos tienen lados de abertura de malla, de longitud doble a los correspondientes al tamiz inmediato siguiente y sirven para determinar los módulos:

- *de finura (mf)*
- *granulométrico (Ms o Mg)*

**8.4.4 Modulo de Finura:** se define como módulo de finura, al número que resulta de dividir por 100, la suma de los porcentajes retenidos en forma acumulada por los 10 tamices: 76.2, 38.1, 19, 9.5, 4.7, 2.35, 1.17, 0.59, 0.30 y 0.15 todos en milímetros.

Sean una grava y arena que nos han dado los residuos:

Malla	Grava	ARENA Total
76.2	0%	0%
38.1	18	0
19	46	0
9.5	60	0
4.7	100	0
2.35	100	26
1.17	100	45
0.59	100	75
0.30	100	87
0.15	100	93
<b>Total</b>	<b>724</b>	<b>326</b>

El módulo de finura de la grava será  $mfg = 724/100 = 7.24$

El módulo de finura de la arena será  $mfa = 326/100 = 3.26$

El módulo de finura disminuye a medida que lo hace el tamaño del árido:

- Grava gruesa 7.5
- Grava mediana 6.7
- Grava fina 6.0
- Arena gruesa 3.0
- Arena media 2.5
- Arena fina 1.5

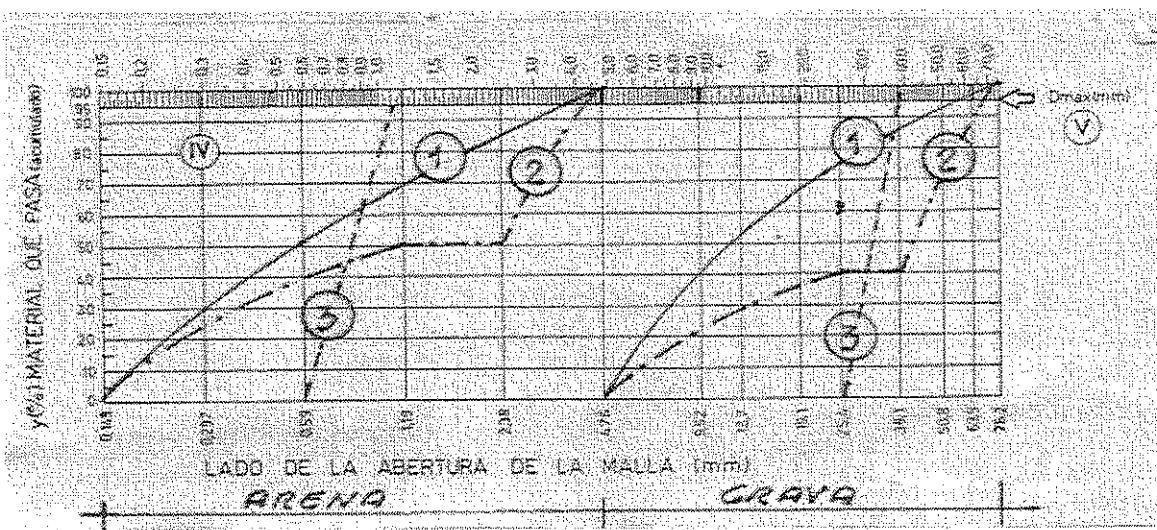
**8.4.5 Módulo Granulométrico (Ms o Mg):** se define como módulo granulométrico, al número obtenido en la misma forma anterior, pero sin considerar al material constituido por las partículas superfinales que pasan a través del tamiz 0.15mm (100).

**8.4.6 Partículas Superfinales:** las partículas superfinales que acompañan al agregado fino, modifican la consistencia del hormigón fresco y la resistencia química y mecánica del hormigo endurecido.

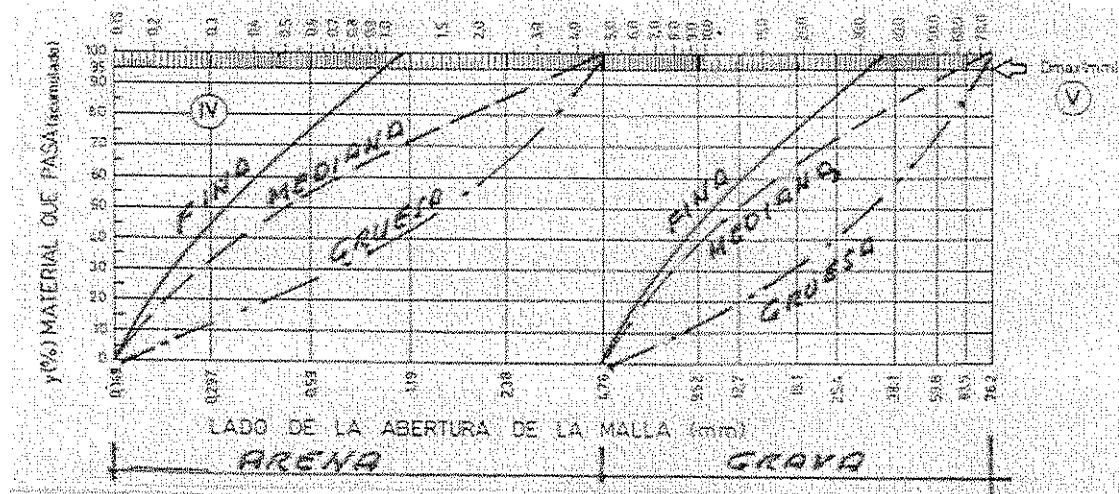
**8.4.7 Tamaño Máximo Nominal (D máx, mm):** al examinar la curva granulométrica del agregado analizado, se considera como tamaño Máximo Nominal (D máx, mm) del mismo, al lado de la abertura de la malla, de un “tamiz supuesto”, a través del cual pasa, en forma acumulada, el 95% de peso total del material.

#### 8.4.8 Graduación Granulométrica: se considera tres tipos de granulometría:

- *Continua*: cuando existe una variación sin interrupción entre el tamaño de los finos y de los gruesos (curva 1).
- *Abierta o Discontinua*: es aquella que le faltan uno o varios tamaños de granos. En la curva 2 se observa este tipo de granulometría que carece del material que pasa por el tamiz N°16 y es retenido por el tamiz N°50.
- *Uniforme*: cuando todos los granos son iguales o están comprendidos entre las aberturas de dos tamices consecutivos (curva 3).

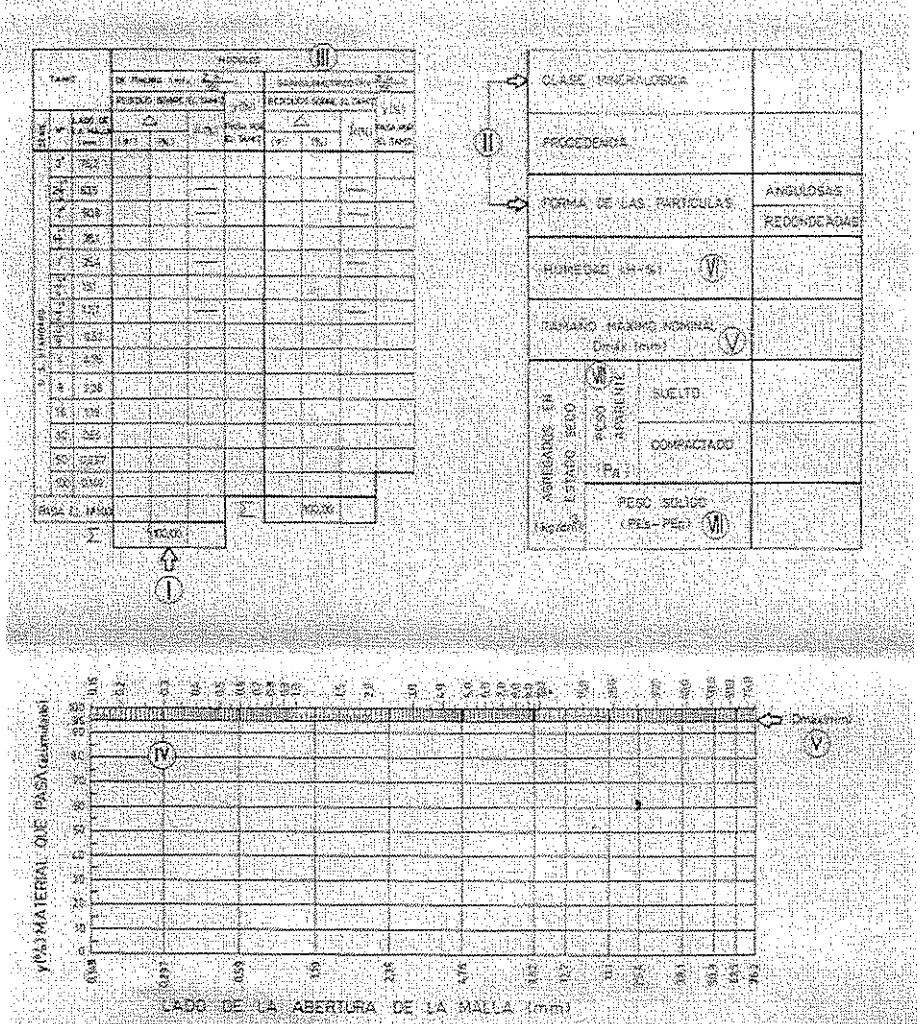


**8.4.9 Curvas Granulométricas de Finos y Gruesos:** cuanto más alta se presente la curva granulométrica al trazarlas, interpretando los porcentajes de material que pasa en forma acumulada, tanto mayor será la finura del material analizado, cuanto más baja representa la curva granulométrica de un material grueso.



**8.4.10 Características de los Agregados:** en la figura, se representa el proceso a seguir para la determinación de las características físicas de los agregados gruesos y finos, disponibles y/o adecuados para la composición del esqueleto granular correspondiente se indica con:

- *Análisis granulométrico, con indicación del contenido de partículas finas.*
- *Clase mineralógica y forma de las partículas.*
- *Módulo granulométrico.*
- *Curva granulométrica.*
- *Tamaño máximo nominal ( $D_{\max}$ , mm).*



## ENSAYOS DE LABORATORIOS.

### PROPIEDADES FISICAS.

**8.5.1a Peso Especifico de los Agregados:** es un dato necesario para el proyecto de hormigones. Puede ser:

- *Absolute:* corresponde a la relación entre el peso del material seco y triturado y su volumen ( $P.E \text{ Kg}/\text{dm}^3$ ).
- *Sólido:* corresponde a la relación entre el peso de las partículas secas y el volumen correspondiente a las mismas. Este volumen comprende al material y a la porosidad interna de las partículas ( $P.E \text{ Kg}/\text{dm}^3$ ).

**8.5.1b Peso Aparente de los Agregados:** es la relación entre el peso de las partículas y el volumen del recipiente que las contiene. Resulta ser función del grado de compactación del material suelto:

- $P_a$  ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ ) peso aparente del material suelto.
- $P_{ac}$  ( $\text{Kg}/\text{dm}^3$ ) peso aparente del material compactado.

**8.5.1c Absorción (AB%):** para su determinación se procede de acuerdo a lo estipulado en la Norma IRAM 1533.

**8.5.1d Humedad (H%):** constituye un dato necesario en el proyecto de hormigones

$$H (\%) = \frac{(P_h - P_s)}{P_h} \times 100$$

$P_h$ : peso material húmedo.

$P_s$ : peso material seco.

**8.5.1e Ensayo Calorímetro:** se emplea para detectar la presencia de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, en los agregados finos.

**8.5.1f Estabilidad de los Agregados Frente a una Solución de Sulfato de Sodio o Magnesio:** este método de ensayo permite evaluar la estabilidad estructural de las partículas correspondientes a determinado agregado.

En general, las muestras del agregado se consideran estables, cuando la pérdida de peso, después de cinco ciclos, resulta ser inferior a:

- 8% para agregados finos (material retenido por tamiz N°50).
- 10% para agregados gruesos.

**8.5.1g Ensayo de Durabilidad de los Agregados, por Congelación y Deshielo:** este reconocimiento se lleva a cabo generalmente como contra ensayo del examen de durabilidad por ataque de soluciones de sodio o magnesio, siendo el de congelación y deshielo, terminante.

**8.5.1h Ensayo de Abrasión con la máquina “Los Angeles”:** este ensayo ofrece la información respecto a la dureza y tenacidad de las partículas de un agregado, y una indicación del resquebrajamiento que puede esperarse durante el proceso de almacenamiento en pilas y transporte.

Se acepta en general, en el agregado, grueso una pérdida máxima (en peso) de:

- 10% después de 100 revoluciones del tambor.
- 40% después de 500 revoluciones del tambor.

**8.5.1i Examen Petrográfico de los Agregados:** este ensayo, tiene por objeto clasificar a las rocas y minerales de estas rocas. Además determinar que elementos se encuentran alterados o que puedan resultar perjudiciales, al emplearlos como agregados. Se descubren de este modo debilidades estructurales en las partículas, como ser:

- *Fracturas ocultas.*
- *Vetas de arcillas.*
- *Poros.*

## 9 AGREGADO FINO

El agregado fino es el material constituido por partículas silíciás conformadas naturalmente o por partículas graníticas obtenidas por trituración. Este agregado, comprende al material granular cuyas partículas son inferiores a la abertura de malla de tamiz de 4.76mm (Nº4), pasando a través de la misma no menos del 95% del agregado y quedando retenidas totalmente, sobre el tamiz de 0.074mm (Nº200).

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- *Tener partículas duras, limpias, resistentes, durables y sin películas adheridas*
- *No contener cantidades perjudiciales de polvo, terrones de arcillas, partículas blandas o laminares, margas, materiales orgánicos y otras sustancias nocivas.*

**9.1 Clases de Agregados Finos:** las partículas del agregado fino pueden ser:

- *Resultantes de la disgregación natural y del desgaste de las rocas (arenas).*
- *Resultantes de la trituración artificial de rocas sanas, sin signo de alteraciones naturales (arenas de trituración).*

**9.1a Arenas Naturales:** las arenas naturales son las que se obtienen directamente de la naturaleza, pero pueden provenir de distintas fuentes, a saber:

- *De ríos:* son puras y limpias, de granos redondeados y lisos, la sílice es el elemento básico, son amarillentas por los óxidos de Fe.
- *Fósiles:* depositadas por los cursos de agua en periodos geológicos; de origen silíciico, granos ásperos y más angulosos que las de río, muy buenas y limpias y granulometría variada.
- *De mar:* tienen mucha proporción de sale por lo que deben ser lavadas antes de su empleo, parecidas a las de río por su aspecto.
- *De medianos:* es una variedad dentro de las arenas de mar o de río, las que han sido transportadas por los vientos a las zonas mediterráneas. Su permanencia a la intemperie y a las lluvias representa un lavado natural que disuelve las sales y mejora las arenas que originalmente fueron de mar. Son generalmente de grano muy fino.
- *Virgenes:* son arcillosas formadas por la disgregación de rocas; muy sucias con sustancias orgánicas.

Según su naturaleza mineralogía, las arenas naturales pueden clasificarse en:

- *Calcáreas*: son de color blanco o blanco amarillento, se encuentran en minas o yacimientos de rocas calcáreas. Sus partículas sin angulosas y blandas.
- *Silícicas*: tienen sus partículas redondeadas, por desgaste de rodamiento, típicas de arrastre de aguas. El principal componente es anhídrido silícico.
- En la zona se emplea la arena sílice del río Paraná. Estas arenas están constituidas principalmente por cuarzo, en granos redondeados, teñidos en partes con óxido de hierro, formando una fina película alrededor de los mismos.
- En las napas subterráneas se encuentran arenas sílice mezclada con arenas calcáreas y arcillosas.
- *Graníticas*: se encuentran en las zonas montañosas, arroyos y torrentes: son muy gruesas, siendo su color gris rojizo.

**9.1b Arenas de Trituración:** son creadas especialmente por trituración de piedras naturales o quedan como residuos de la industria minera.

La calidad de las arenas artificiales depende del tipo de piedra original de donde se partió y la piedra original se elige según el uso a que se destinara el mortero u hormigón. La fabricación de las arenas artificiales tiene su razón en dos motivos principales: 1º la necesidad de un agregado de dureza y color adecuado y 2º carencia de arena natural. Las arenas de trituración pueden ser calcáreas, graníticas y polvo de ladrillo.

- *Calcáreas*: Las piedras calcáreas naturales, que son relativamente blandas adquieren sin mucho costo un pulido posterior de la superficie, lo que constituye un motivo de su utilización en reemplazo de las silícicas mucho más duras y difíciles de desgastar.
- *Graníticas*: si se necesita un mortero de buena resistencia mecánica, se debe recurrir a la trituración de rocas resistentes, el granito es una de las más convenientes, pero siempre que tenga poco tenor de mica, pues está por sus características exfoliación es perjudicial para la resistencia. También se puede utilizar cuarcita que es una arenisca silícica, que a sufrido un proceso metamorfosico, dando granos de composición parecida a la arena de río
- *Polvo de ladrillo*: Dentro de los agregados finos, podemos citar al polvo de ladrillo, al que corresponde incluir dentro de la clasificación artificial y que se origina en la molienda de ladrillos, se lo utiliza a veces, en carácter de agregado fino inerte.

**9.2 Forma de los Granos:** Pueden ser esféricos, elipsoidales, poliédricos, laminares y aguja. Influye mucho en la resistencia de los morteros: las arenas de superficies ásperas y angulosas se adhieren mejor, dejan más huecos y dan más resistencias que las lisas y

redondeadas, necesitando más agua las primeras que las segundas una determinada resistencia.

Las de formas de agujas o lajas deberán ser rechazadas, por acuñarse fácilmente y dejar muchos huecos.

**9.3 Pesos de las Arenas:** la densidad aparente de una arena varía con su calidad oscila de 1.2 a 1.7 y promedio 1.4.

El peso específico o densidad real varía entre 2.5 y 2.7.

Las arenas húmedas, en igualdad de volumen aparente, pesan menos que las secas; debido a que se recubren de una película de agua y las hace ocupar mayor volumen, el 20%, con el 6% de agua, y, por consiguiente, dejan mayor espacio de huecos.

El volumen de huecos de una arena natural oscila entre el 26% y el 55%, conforme el tamaño de sus granos.

**9.4 Sustancias Nocivas:** se consideran perjudiciales, por retrasar el fraguado y debilitar las resistencias, las arcillas, limos, carbones, escoria y materia orgánica. Puede admitirse y se consideran adheridas a la arena cuando su proporción sea inferior al 3% del peso de árido.

## 10. AGREGADO GRUESO

El agregado grueso, comprende el material granular retenido por el tamiz IRAM 4.76mm (Nº 4). Sus partículas son resultantes de la desintegración natural y desgaste de rocas silíceas, u obtenidas mediante la trituración de rocas sanas, suficientemente resistentes.

El agregado grueso puede provenir también de escorias siderúrgicas, convenientemente preparadas para su empleo, en calidad de agregado, conformando partículas de tamaños estables.

Las partículas del agregado grueso deben ser:

- *Durables.*
- *No contener excesos de trozos alargados.*
- *Estar libres de partículas adheridas.*

**10.1 Clases de agregado grueso:** El agregado grueso puede ser:

- *Normal.*
- *Liviano.*

**10.1a Agregado Grueso Normal:** comprende los siguientes materiales naturales:

- *Grava (canto rodado):* agregado de partículas redondeadas o subredondeadas, provenientes de la disgregación y desgaste de rocas. Por su granulometría se designan entre 4.76mm y 30mm gravilla y entre 30 y 70mm, graveas o cantos rodados. Es un material de constitución química similar a las arenas y en lo que respecta a la calidad y forma, vale lo dicho para aquellas.

- *Grava Partida*: agregado proveniente de la trituración artificial de la grava. Prácticamente todas las partículas tienen por lo menos una cara obtenida por fractura.
- *Piedra Partida (pedregullo)*: agregado proveniente de la trituración artificial de rocas sanas. Las partículas obtenidas tienen la totalidad de sus caras, obtenidas por fractura.

En lo que respecta a la utilización de gravas, gravillas o piedras partidas, cabe decir que en razón de la forma de uno y otro material, ya que las partículas del primero son redondeadas y las del segundo angular, es necesario modificar en cierta medida las proporciones de los demás integrantes del hormigón.

Las piedras partidas por ser angulosas tienen mayor superficie a igualdad de volumen, lo que obliga a una mayor cantidad de aglomerantes y agua. Las gravas y gravillas, por su forma, dan a igualdad de agua, aglomerante y arena, hormigones más trabajables.

**10.1b Agregado Grueso Liviano:** estos materiales pueden ser obtenidos directamente de depósitos naturales u obtenidos de procesos industriales.

Los primeros conforman el grupo de agregados gruesos livianos naturales, que comprende a los siguientes:

- *Pizarra*
- *Perlita*
- *Vermiculita*
- *Escoria Volcánica*
- *Piedra Pómez*.

Los segundos conforman el grupo de agregados gruesos livianos artificiales, que comprende a los siguientes:

- *Arcilla Expandida*
- *Escoria de Alto Horno*
- *Cascotes de Ladrillos*

Si bien estos últimos materiales no corresponden al tema, pues estamos tratando materiales pétreos naturales, se los trata en conjunto con los materiales pétreos naturales.

Por responder a una misma aplicación:

- *Arcilla Expandida*: es un agregado liviano procesado. Se obtiene mediante un tratamiento adecuado de las arcillas de características especiales, expandidas bajo control y elevadas temperaturas.
- *Escorias de Alto Horno*: las escorias siderúrgicas, provenientes de los altos hornos, siendo enfriados lentamente suelen emplearse como agregados semilivianos y, por su lento enfriamiento, no adquieren propiedades hidráulicas.

- *Cascotes de Ladrillos:* es un material originado en la trituración de ladrillos rechos. Este material se usa cuando en el hormigón no sea fundamental la resistencia. Por ser un material poroso, los hormigones de cascote de ladrillos son más aislantes que los de piedras.

**10.2 Procesado del Agregado Grueso:** la separación de los agregados gruesos en diversas fracciones, facilita el control de la segregación, durante el manipuleo de los mismos. La experiencia ha mostrado que, el equilibrio entre un número excesivo de tamaños y la eliminación de una importante segregación, se obtiene cuando el tamaño máximo nominal de una fracción, no es mayor de dos veces el tamaño mínimo nominal. El Bureau of Reclamation (USA) emplea la clasificación de tamaños entre valores:

- *de 9.52 mm a 19.1 mm*
- *de 19.1 mm a 38.1 mm*
- *de 38.1 mm a 75.2 mm*
- *de 75.2 mm a 150.4 mm*

La preparación del agregado grueso se lleva a cabo por trituración entre dos superficies de metal, empleando trituradoras del tipo de quijadas, giratorias o de rodillos corrugados.

El agregado grueso puede ser lavado mediante chorros de agua, durante el tamizado o mediante el lavado de almacenamiento.

**10.3 Límite de Granulometría de los Agregados Gruesos:** la granulometría de los agregados gruesos puede obtenerse directamente de los lugares de extracción o de producción, o por mezcla de agregados de distinta procedencia.

Si bien el “agregado compuesto compacto”, o “esqueleto granular” óptimo, queda proporcionado por una granulometría discontinua, los agregados componentes, gruesos y finos, deberán tener granulometría bastante continua.

El reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, establece que el “tamaño máximo del agregado grueso”, será la mayor posible, dentro de las siguientes limitaciones:

- *1/5 de la menor dimensión del elemento estructural a conformar.*
- *¾ de la separación mínima, horizontal o vertical, libre entre dos barras, o entre grupos de barras paralelas en contacto directo o que actúen como unidad, o del mínimo recubrimiento libre de armaduras.*  
*En el caso de agregados livianos, el tamaño máximo del agregado grueso a emplear no excederá los 19mm.*

## PIEDRAS ARTIFICIALES.

Las piedras artificiales se fabrican en sustitución de las naturales o para obtener materiales pétreos con otras características y propiedades que las que se extraen de las canteras.

Se clasifican en productos CERAMICOS cuando adquieren la consistencia pétrea por procesos físicos, al cocer los suelos arcillosos, AGLOMERADOS PETREOS ARTIFICIALES, cuando se preparan con materiales simplemente comprimidos o unidos por un aglomerante en frío a la temperatura ordinaria, mediante el proceso químico de Fraguado y VIDRIOS, los obtenidos por la fusión de ciertos óxidos.

### 1. MATERIALES CERAMICOS

Desde la época de la torre de Babel ya se empleaban los ladrillos que originariamente no son más que tierra de procedencia cerámica amasada y cocida. El principal componente de los materiales cerámicos, como aglomerante, es la arcilla. Los primeros productos que se obtuvieron recibieron el nombre de "cacharrería", conservándose los primitivos objetos amasados manualmente, en los museos y gabinetes de antigüedades. En Egipto y China las artes cerámicas llegaron en la antigüedad a un grado de adelanto extraordinario (3000 años A.C); en China tomaron incremento el gres y la porcelana de pasta dura, 100 A.C. Todas las civilizaciones posteriores: Etruscas, Fenicias, Griegas, etc, y posteriormente las Moriscas y más recientemente la Japonesa, se destacan en las artes mencionadas, mereciendo destacarse la circunstancia que en el Japón, pese a la importancia que tiene la porcelana, recién adquirió preponderante papel en el año 1500 de nuestra era. En la actualidad los principales productores son los países de Europa, en nuestro país, dado los resultados conseguidos, permite augurarle un seguro porvenir. La palabra cerámica proviene del griego "Kerames".

#### 1.1 Clasificación:

Los cerámicos se denominan así cuando adquieren consistencia pétrea al cocer las tierras arcillosas, previamente moldeadas. Comprenden dos ramas: la tejería, que elabora prácticamente muchos materiales de construcción: ladrillos, tejas, baldosas, etc, y la alfarería, que fabrica la cerámica fina (lozas y porcelanas).

#### 1.2 Materias primas:

Podemos dividirlas en: plásticas como las arcillas y caolines, y no plásticas o desgrasantes, fundentes, colorantes e impurezas.

#### 1.2.1 PLASTICAS

Las arcillas comprenden diversos silicatos de aluminio hidratados provenientes de la descomposición de rocas de origen feldespáctico. Las arcillas puras reciben el nombre de caolín (sílice 40% y agua 14% principales componentes). La composición de las arcillas en general es compleja e indefinida y responde a un silicato de aluminio hidratado, cuyas partículas tienen el tamaño máximo del orden de los 5 micrones (5 milésimos de mm), y cuyas propiedades fundamentales dependen fundamentalmente de las partículas de tamaño inferior a los 2 micrones. Estas partículas, de constitución laminar y escamosa, son elementos chatos; no son granulares como las partículas de

sílice de igual tamaño. Esta constitución confiere a la arcilla la propiedad de la plasticidad, mediante el agregado de agua o humedad que penetra entre escama y escama, formando meniscos y que desarrolla una tensión superficial que tiende a mantener unidas las partículas entre sí, impidiendo su apartamiento. A medida que aumenta la humedad aumenta la facilidad con que puede deformarse la arcilla, es decir que la plasticidad depende de la humedad o cantidad de agua que contenga.

Una vez plastificada y dada forma, se la deseca y adquiere una resistencia más o menos grande, pero si es sometida a la acción de la humedad se reblandece, cede bajo la acción de las cargas o fuerzas e incluso puede desleirse o desintegrarse si el tenor de humedad es elevado, este incide para que la arcilla natural sea de uso limitado como material de construcción. Pero si la arcilla es sometida a la acción del calor, durante un cierto tiempo y con una temperatura adecuada, sufre cambios en su composición química y física, adquiere una estructura más o menos coherente o conglutinada, perdiendo la propiedad de plastificarse nuevamente por la acción de las aguas transformándose así en una substancia cerámica.

Definimos entonces como materiales cerámicos a los constituidos por substancias arcillosas, conformadas y sometidas a la acción del calor hasta hacerles perder la capacidad de recuperar la plasticidad y adquirir cohesión.

Acción del calor sobre las arcillas: el agua contiene una masa arcillosa plástica corresponde a dos tipos: una de combinación perteneciente a las moléculas de arcilla propiamente dichas, y otra de impregnación, que está desarrollando esa atracción entre molécula y molécula que le confiere plasticidad. Si la separación entre molécula es muy reducida se obtiene una pasta poco plástica, si por el contrario la separación es grande por exceso de agua, el resultado es que también pierde plasticidad. Cuando se produce la desecación de la masa arcillosa, se evapora parte de agua y llega un momento en que las distintas partículas no pueden deslizarse unas sobre otras y entonces adquirirá, aquella, una forma sólida y no plástica. Las arcillas admiten del 15 al 50% de agua para una masa plástica, en una desecación lenta la humedad se elimina de adentro hacia fuera con una velocidad que depende de la higroscopidad, de la temperatura, de la corriente de aire seco y de la naturaleza del material. Primero se elimina el agua de impregnación aproximándose las partículas y produciéndose una retracción, segundo, se elimina el agua de combinación produciéndose una retracción menor que la anterior.

Todo ello produce pues una retracción que, en una pasta del 75% de arcilla y 25% de agua, vale un 8% lineal. Se puede observar en un bloque prismático de arcilla que la pérdida de humedad no es uniforme en toda su masa, sino que va siendo menos intensa a medida que se penetra al interior, la humedad tiende a subir a la superficie de evaporación, es decir, hay un transporte de humedad desde el interior al exterior, y es entonces en la periferia donde se contrae primero al perder humedad y se resquebraja a consecuencia del desecamiento pronunciado. Más notable es este fenómeno cuanto más pura sea la arcilla. La disminución de volumen producida por la pérdida del agua de impregnación no termina con esta, sino que se manifiesta también cuando pierde el agua de combinación, lo que quiere decir que todo el proceso de coherencia viene acompañado de un proceso de pérdida de volumen, por lo que tiene que ser previsto antes de iniciar la fabricación respectiva para el tamaño final del producto.

Los fenómenos observados al cocer la arcilla son:

De 0 a 400° C se elimina el residuo de humedad y quema la materia orgánica. Hasta los 100° C el material se dilata y conserva la propiedad de dar nuevas formas plásticas al mezclarlas nuevamente con agua, a unos 200°C pierde totalmente dicha cualidad y no se

producen cambios químicos.

De 400 a 600° C se desprende el agua químicamente combinada, descomponiéndose en óxidos, cesando la dilatación e iniciando la concentración de volumen.

De 600 a 900° C se forma un metacaolín muy inestable, tendiendo a formar alúmina; muy higroscópico.

De 900 a 1000° C reacciona la alúmina con la sílice formándose el silicato alumínico.

Más de 1000° C se produce la cristalización en agujas muy finas. -1780° C- fusión arcilla.

Por el color que conservan las arcillas después de cocidas y por su composición química pueden clasificarse en:

- a) arcillas puras ricas en alúminas; dan productos refractarios de color blanco.
- b) arcillas ricas en alúmina y en hierro. Por cocción adquiere color rojo característico y una mayor temperatura la de un color violado y azul (hidróxido de Fe convertido en óxido de Fe). –estas son las que se emplean para los materiales de cacharrería en general-.

### 1.2.2 NO PLASTICAS.

#### 1.2.2.1 IMPUREZAS.

La materia prima utilizada en la industria de la cerámica, es la arcilla, pero no en estado puro a la que se le adiciona otras substancias que se denominan “impurezas”. En las porcelanas por ejemplo, que son uno de los productos cerámicos de mayor calidad, la materia prima no tiene más del 50% de arcilla pura y para algunos tipos no alcanza al 30%, siendo el resto de “impurezas”.

Se agrega las impurezas para disminuir la plasticidad, a fin de se contraiga menos al desecarse, para rebajar la temperatura de cocción, aumentar la porosidad recubrir de un esmalte, etc.

#### 1.2.2.2 DESGRASANTES Y FUNDENTES.

Los desgrasantes y fundentes más utilizados son: la sílice en forma de cuarzo, el óxido de Fe, el carbonato de Ca, este a veces con influencias desfavorables como se verá más adelante, los sulfatos de Ca y Mg y por último substancias orgánicas.

Cuando dichas impurezas se comportan como substancias enmagrecedoras y empobrecedoras del poder plastificante, como el cuarzo, se denominan desgrasantes, y cuando se utilizan para reducir el punto de fusión de las arcillas alrededor de 1800° C se llaman fundentes tales como el carbonato de Ca y el óxido de Fe que además son desgrasantes.

La inclusión del carbonato de Ca en las funciones precipitadas debe efectuarse con granos debidamente proporcionados, pues si son grandes, ocurrirá que al producirse la cochura, el mismo se disocia, conforme a la reacción producida en la fabricación de cales, y queda como residuo la cal viva u óxido de Ca, la que en presencia del agua se hidratará, aumentando de volumen y produciendo una expansión que resultará inconveniente para su aplicación. Como elemento favorable debe encontrarse en forma de partículas finas que pasen por el tamiz de 900 mallas y en cantidad que no exceda del 20% en peso de la masa total. La pulverización se hace generalmente por medios naturales, salvo en casos en que por encontrarse trozos de tamaño inconveniente se procede a una trituración que lleva los elementos al tamaño deseado.

### **1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS SUBSTANCIAS CERÁMICAS:**

Además de las variaciones en la materia prima, el proceso técnico puede conducirse de muy diversas maneras, tanto en cuanto a la temperatura a alcanzar como a su duración. Este conjunto de condiciones variables permite obtener una gama de substancias cerámicas de distintas propiedades y características, las que en primera instancia se clasifican en porosas y vitrificadas.

1.3.1 Porosas: son substancias cerámicas que se caracterizan por estar constituida su masa por una cantidad de poros de tamaños microscópicos en unos casos y macroscópicos en otros. Esta circunstancia las convierte en substancias más livianas, menos resistentes, más aislantes térmicas y más permeables a los gases y líquidos.

1.3.2 Vitrificadas: este tipo de substancias cerámicas carece de poros como resultado de haber sufrido un proceso de coherencia que ha producido un principio de fusión en la masa y el conglomeramiento total, adquiriendo una estructura vitrificada sus propiedades son opuestas a las ya mencionadas en los poros.

### **1.3.3 OTRO CRITERIO**

Otro criterio de clasificación muy útil para identificar las substancias cerámicas, aunque no en forma muy rigurosa, es la que sigue:

- a) Cerámica ordinaria
- b) Gres cerámico
- c) Lozas
- d) Porcelanas

Las substancias de cada grupo no siempre acusan diferencias bien marcadas. Por ejemplo, una cerámica ordinaria de la mejor calidad y con coherencia que haya experimentado un principio de conglomeramiento más o menos avanzado, es fácil de confundir con una pieza de gres cerámico o perteneciente a la zona inferior de su escala de calidad, en el que por diferencia de coherencia se ha producido el conglomeramiento total o vitrificación.

#### **a) Cerámica ordinaria:**

Se fabrica con tierras arcillosas más o menos ordinarias, entre cuyas impurezas figura invariablemente el óxido de Fe en cantidades suficientes para conferirles el color rojo característico. Es de estructura porosa y su resistencia variable; se raya con una punta de acero, método que se usa para complementar su diferenciación del gres cerámico.

#### **b) Gres cerámico:**

La fabricación se hace con tierras arcillosas de la siguiente composición: hidrosilicato de Al 30 a 70%; cuarzo 30 a 60%; feldespato 5 a 25%, molidas y homogeneizadas en forma más controladas que para las del aparto a) y a los fines de evitar las grandes deformaciones que pudieran producirse, por la temperatura necesaria para obtener el conglomeramiento total. El gres cerámico es de estructura vitrificada, muy resistente no solo a la acción de las cargas sino también a la absorción a la intemperie y en especial a la abrasión, por lo que a veces se prefiere a las piedras naturales en los solados. No es rayado por la punta de acero; el color más frecuente es el pardo rojizo o rojo, pero con un adecuado control de las impurezas e ingredientes, puede obtenerse una gama de colores sobre una base fundamental parda más o menos intensa; se consiguen así

además de los colores citados, los de color amarillo, negro, verde y azul. En cuanto al blanco no es color adecuado, pues solo se obtiene por similitud un tono amarillento claro, asemejándose en este aspecto a la loza vitrificada. El sonido casi metálico que tiene el gres cerámico al ser golpeado ayuda a diferenciarlo de la cerámica ordinaria.

c) Loza:

Es la substancia cerámica fabricada con materias primas que después del proceso de cocción quedan de color blanco o a lo sumo amarillento. Esto no significa que todas las lozas sean blancas, sino que ese es el color fundamental, que puede ser variado a voluntad con el agregado de las materias primas con las sustancias adecuadas; de ese modo pueden obtenerse coloraciones limpias, a diferencia de lo que ocurre con el gres cerámico que también puede colorearse, pero siempre sobre una base parda, lo que de colores más o menos sucios o turbios. Según las materias primas usadas y la marcha del proceso técnico pueden obtenerse dos tipos de lozas la loza porosa y la loza vitrificada, conocida comercialmente como semi-porcelana.

A lo efectos de su identificación, la loza porosa no ofrece mayores inconvenientes; en cuanto a la vitrificada o semi-porcelana, se diferencia de la porcelana, de la que es muy parecida en otros aspectos, en que la estructura de la loza es opaca, mientras que la porcelana es translúcida.

d) Porcelana:

No es una substancia de uso frecuente en arquitectura; ya se ha dicho que constituye una de las substancias cerámicas de mayor calidad, cuya fabricación requiere una selección cuidadosa de las materias primas y un proceso de elaboración delicado. Sus características de color y vitrificación total la asemeja por una parte a la loza vitrificada de la cual se diferencia por ser translúcida y por otra a los vidrios; esto no es de extrañar dado que la porcelana como substancia por sus propiedades y características es, en última instancia, el puente entre la cerámica y el vidrio.

#### 1.4 Esquema de fabricación de los productos cerámicos:

El proceso general de fabricación abarca las siguientes etapas:

- 1º *Materias primas (extracción).*
- 2º *Preparación de las materias primas.*
- 3º *Moldeo o conformado.*
- 4º *Desecado.*
- 5º *Cochura.*
- 6º *Selección final.*

##### 1º Materias primas: Las mismas pueden ser:

- a) Tierra vegetal o humus, con materias ligantes, como ser: paja, viruta, etc. Que se usan para asegurar la cohesión durante el moldeo y desecado.
- b) Tierras arcillosas más grasas que las anteriores y que por ello no necesitan la adición de materias ligantes, pues la cohesión se consigue mediante la compresión mecánica de la pasta.
- c) Arcillas seleccionadas y con un bajo tenor de humedad (5%).

##### 2º Preparación de las materias primas:

La misma puede variar desde el empaste y homogeneización en los pisadores (ejemplo:

para ladrillos comunes), hasta obtenerla por medio de procesos mecánicos perfectamente controlados a objetos de conseguir una pasta homogénea y de consistencia adecuada al tipo de máquina moldeadora. Vale decir que la preparación de las materias primas implica la depuración, dosificación de desgrasantes, fundentes y agua, y la homogeneización de la pasta.

### 3º Moldeo o conformado:

Por su grado de plasticidad en el momento de su conformación, las arcillas pueden ser clasificadas en:

- a) *pastas fluidas*
- b) *pastas blandas*
- c) *pastas semiduras*
- d) *pastas secas o duras*
- e) *pulverulentas*

Consideraremos los distintos métodos que se usan para el moldeo o conformado de los productos cerámicos, indicando en cada uno el tipo de pasta que corresponda.

En primer lugar es el "amasado", que se hace rústicamente sobre el terreno, en pistas circulares en las cuales previamente se ha vertido la tierra arcillosa, alisándola con los pies o con caballos, describiendo una espiral desde el centro hacia la periferia, para permitir una mejor mezcla. Industrialmente, el amasado se hace con máquinas especiales (molinos trituradores donde se hechan las arcillas a emplear, pasando a los molinos refinadores y luego a las máquinas que realizarán el moldeo).

En alfarería los productos cerámicos se amasan en aparatos especiales (malaxadoras), constituidos por un cilindro de eje vertical u horizontal, metálico o de madera, dentro del cual gira un árbol previsto de cuchillas y paletas dispuestas en espiral. Luego se procede a la 2<sup>a</sup> operación que consiste en el moldeo propiamente dicho que puede realizarse en forma mecánica o manual. Consiste en dar la forma a la tierra arcillosa, que en definitiva va a tener después de la cocción.

El moldeo a mano se practica ruralmente y consiste en verter la arcilla en pasta blanda, dentro de unos moldes (gradillas) generalmente de madera; el operario comprime la masa con la mano y después se pasa un listón para quitar el exceso. El moldeado puede hacerse sobre el terreno plano o bien en masas; para evitar la adherencia de la arcilla a la gradilla y rasero, se humedecen estos si aquella es magra, y se espolvorean de arena si es grasa; los materiales resultantes presentan ciertas irregularidades de forma y son más porosos.

El moldeo a máquina puede hacerse con pastas semiduras o tendiendo a duras; usando las primeras se emplean máquinas llamadas de hilera o galleteras en las que se obliga a salir la pasta homogeneizada mediante un helicoide o un par de cilindros, por una boquilla de sección rectangular formándose un prisma continuo que se corta por medio de un bastidor provisto de alambre, produciéndose los cortes en sentido perpendicular, resultando las caras que forman los lechos en la mampostería áspera, con lo que se obtiene mejor adherencia a los morteros. Las boquillas tienen la forma del material que se desea obtener: ladrillos, tejas, etc; y cuando son huecos o perforados, llevan unos machos centrales.

En las máquinas galleteras modernas se hace el vacío, obteniéndose la ventaja de menor rotura de piezas y se ahorra combustible en la desecación y cocción.

Si el conformado se realiza en forma continua y con pastas con un 25% de humedad, se usan las ya citadas máquinas de hileras (choriceras o galleteras). Si se hace con métodos

discontinuos, se usan máquinas a pistón y con pastas tendientes a duras (15% de humedad). Existe otro tipo de moldeo a máquina, denominado moldeo por prensas que se usa para obtener productos más compactos y resistentes, además de permitir formas de relieve, superficiales curvas, como el caso de las tejas mecánicas, curvas que no pueden darse con las máquinas de hilera.

Son prensas especiales que comprimen los trozos de pastas y posteriormente una estampa que les comprime fuertemente.

Las pastas secas y pulverulentas se moldean con prensas de troquel que pueden comprimir a 200 atmósferas los moldes colocados.

Finalmente cabe citar el moldeo por colado; se usa en la fabricación de loza y porcelana, usando además pastas fluídas que se cuelen en moldes de yeso y huecos, con lo que puede obtener productos de formas diversas, por ejemplo, artefactos sanitarios.

#### 4º Desecado:

La finalidad del mismo consiste en eliminar de las pastas ya moldeadas y antes de la cocción, el agua de amasado que existe en una proporción que varía desde el 15 al 50% de su peso, reduciéndose a un mínimo de 5%. La desecación debe producirse en forma lenta y gradual a fin de evitar alabeos y resquebrajaduras observándose una disminución paulatina de peso y color más claro. La desecación depende de la humedad de la pasta, y en consecuencia tratándose del moldeo pulverulento por el bajo contenido de humedad de la arcilla empleada, el desecado es innecesario.

Cuando se trata de ladrillos comunes se hace en dos etapas:

1º: se ponen de plano los ladrillos recién moldeados en canchas, hasta que adquieran la consistencia suficiente como para apilarlos.

2º: una vez conseguida la consistencia necesaria, se los apila en rejales (donde retienen del 5 al 10% de humedad).

Con pastas semiduras o duras, el desecado se hace en locales cubiertos, ya sea por circulación de aire natural y con la temperatura húmedad del ambiente; en este caso se denomina deseccado natural.

El deseccado artificial implica que el aire está en movimiento mediante ventiladores mecánicos y el grado de humedad y temperatura son regulables. El producto cerámico queda en este caso con un tenor de humedad no mayor del 5%.

#### 5º Cochura:

La técnica de la cochura es variable, sintetizándose en dos sistemas:

a) *por medio de los hornos de campaña*

b) *por hornos fijos*

Los primeros son comunes para la fabricación de los ladrillos comunes. Los llamados hornos fijos se utilizan para la cocción de otros materiales cerámicos, mencionándose entre ellos al horno de Hoffman, basado en la obtención de temperatura uniforme de cocción y consecuentemente un proceso más completo de cochura. Existe también el horno de tunel donde el hogar está fijo y el material a cocer se transporta por vagones que circulan en sentido opuesto al de los gases.

Hay además hornos de distintos tipos, utilizados preferentemente en la industria cerámica europea, como ser: horno de alfarero, horno de mufla, horno para cocer gres, etc.

## 6º Selección:

Implica la clasificación del material de acuerdo a su calidad dentro del tipo correspondiente.

### 1.5 VIDRIADO, ESMALTE Y PINTURA:

El vidriado, esmalte y pintura de los materiales cerámicos, no es común para la mayoría de los productos de la construcción; más bien es común a lo que se llama cerámica fina. El vidriado tiene por objeto cubrir con una capa vitrea la superficie de los productos cerámicos a los fines de hacerlo impermeable a los líquidos, fáciles de limpiar una coloración determinada.

Los vidriados se clasifican en:

- a) difícilmente fusibles;
- b) fácilmente fusibles.

a) Los primeros están constituidos por cuarzo, feldespato, creta, marmol o caolín. Son ricos en anhidrido salícico y se usan para la porcelana y el gres.

b) Los fácilmente fusibles son polvo de cuarzo y en ciertos tienen derivados de plomo como ser litargirio, minio, etc. Empleándose en la loza y alfarería.

Los vidriados y esmaltes se obtienen preparando primeramente el vidrio, y una vez fundido se vierte en agua fría: el vidrio así templado, se pulveriza con agua en un molino hasta formar una papilla a la que se añade arcilla materiales opacantes y pigmentos. La papilla resultante se aplica sumergiendo los objetos, o por aspersión (por rocío) al producto que ha sufrido una primera cocción, a los que se denominan "biscochos". Una vez seca, se introducirán los objetos en el horno para la cocción respectiva.

También se recubren las arcillas de un vidriado llamado engobe, para lo que se utilizan papillas claras de arcillas con litargirio, bióxido de Mg, sulfuro de Pb y cloruro de Na.

Los colores cerámicos están formados por óxidos metálicos fundidos con silicatos alumínicos alcalinos (fundentes). Los más usados son: óxidos de cobalto y cobre para el color azul; cromo, para color verde; hierro para el pardo; el manganeso para el amarillo; el estaño para el blanco, etc.

Se aplican desleídos en trementina por medio del pincel o con aire comprimido, sobre la cerámica que sufrió una primer cocción (biscocho) y luego se somete el objeto a una nueva cochura (unos 1000°) en hornos llamados de esmaltar o de mufal, teniendo la precaución de que los humos de la combustión no alteren la coloración del esmalte.

### 1.6 NOMINA DE LOS PRINCIPALES MATERIALES CERAMICOS:

En la misma se mencionan además las substancias cerámicas con que están constituidos y el tipo de pasta con que fueran moldeados:

Ladrillos de mano o comunes: cerámica ordinaria (pasta blanda)

Ladrillos de máquina macizos o prensados: cerámica ordinaria (pasta semidura)

Ladrillos de máquina huecos: cerámica ordinaria (pasta semidura)

Baldosas de techo: cerámica ordinaria (pasta semidura)

Tejas coloniales planas o curvas: cerámica ordinaria (pasta semidura)

Ladrillos máquina macizos reprendados: cerámica ordinaria(pasta dura)

Baldosas de piso: cerámica ordinaria (pasta dura)

Tejas mecánicas francesas o marsella: cerámica ordinaria (pasta dura)

Baldosas gres cerámico: gres cerámico (pasta pulverulenta)

Azulejos: cerámica ordinaria o loza porosa (revestimiento vitrificado) (pasta pulverulentas o duras)

Artefactos sanitarios: gres cerámico (loza porosa o loza vitrificada en todos los casos con revestimiento vitrificado) (pasta fluida o dura).

### **1.61 LADRILLOS:**

Ladrillo es la pieza de cerámica ordinaria en forma de prisma rectangulares, destinada a integrar estructuras de mampostería, aunque alguna de sus variedades pueden ser usadas a veces como revestimiento de solados. Por sus características de forma, estructura y calidad, derivados del proceso de fabricación, se clasifican en ladrillos de mano o comunes y ladrillos de máquina.

#### **1.6.1.a COMUNES:**

Los comunes reciben su nombre del proceso totalmente manual que se sigue para darles forma y de la ausencia prácticamente total de equipo mecánico en las restantes operaciones de fabricación.

Constituyen en la actualidad el material cerámico de más amplia difusión en la arquitectura. Por las materias primas utilizadas y lo rudimentario de la técnica de su fabricación, el material es ultra heterogéneo, no solo cuando se considera un conjunto de piezas sino en las distintas partes de una misma unidad. Esta heterogeneidad si bien constituye una diferencia más o menos grave, desde el punto de vista estructural y aun de la duración confiere a este material cuando se lo usa en la albañilería con los paramentos a la vista adecuadamente tratados, una "vida" o valor decorativo superior al que puede esperarse y obtenerse con los cerámicos fabricados a máquina que por su perfección resultan de aspecto notablemente uniforme, y ofrecen cuando aparecen en paramentos de albañilería, aspectos marcadamente monótonos, carentes de matices.

En Inglaterra, por ejemplo, la fabricación de ladrillos se hace generalmente a máquina, por resultar más económica y rendir material de menor calidad, cosa que no ocurre en nuestro país, donde la producción manual es menos costosa se producen a mayor precio ladrillos de mano.

Estos ladrillos miden aproximadamente 27 cm de largo, 13 de ancho, 4 a 5.5 cm, de espesor.

El ancho está ligado al largo por necesidades derivadas de la técnica de la trabazón; por ello, fijada una de esas dimensiones, la otra queda automáticamente determinada, pues el largo debe ser siempre igual a dos anchos, más el espesor de la junta vertical; que para este material se calcula en un centímetro. La estructura de la substancia cerámica es notablemente porosa como resultado de la materia prima empleada y de la cantidad de agua con que se amasa para plastificarla. Fuera de estos poros los ladrillos comunes no tienen huecos mayores u orificios creados de ex profeso, como ocurre en otros tipos, de ahí que se los califique como macizo. Los poros de la substancia hacen que resulten moderadamente livianos y aislantes térmico, pero también disminuyen su resistencia mecánica con relación a otros productos menos porosos.

En su fabricación se usan tierras arcillosas pobres en arcilla y ricas en substancias orgánicas, resultando especialmente adecuada la llamada tierra negra humus o tierra vegetal, que forma corrientemente la capa superficial del suelo de muchas regiones; las substancias orgánicas se destruyen en la cocción y forman buena parte de los poros que aparecen en el producto final.

El moldeo se hace llenando a mano moldes de madera con la forma del ladrillo y

dimensiones ligeramente mayores a fin de tener en cuenta las contracciones que se producen cuando el material se deseca y se cocha. Esta última operación, se hace en hornos rudimentarios de temperaturas desparejas en sus diversas zonas, lo cual da por resultado piezas de cocha correcta y otras deficientes, ya sea por exceso o falta de temperatura o cantidad de calor.

Los ladrillos de buena calidad se identifican por su forma regular, libre de torceduras, alabeos, etc. La ausencia de grietas importantes, la homogeneidad de su masa y la cocha adecuada, la que se reconoce por el color rojo más o menos vivo de la masa del ladrillo.

Debe tenerse presente que el color está ligado no solo a la cocha sino a los óxidos de Fe que contenga la materia prima y es por ello que el ladrillo de determinada procedencia, de cocha deficiente pueden tener mejor color que otros bien cocidos de distinto lugar; por ello el juicio sobre la cocha debe basarse no solo en el color, sino en otros aspectos como el de la estructura interna, que resulta friable cuando la cocción ha sido insuficientemente vitrificada; el sonido también ayuda al reconocimiento pues es claro, definido más o menos campanil, cuando el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos estructurales como fisuras, etc; si el sonido es sordo o apagado, la cocha no ha sido suficiente o existen deficiencias internas. Los ladrillos de buena calidad también se califican, en ciertos lugares, como ladrillos de cal. Cuando la cocha es insuficiente el color tiende al rosado asalmonado, la estructura resulta de consistencia terrosa y friable y la resistencia mecánica y a la abrasión muy pobre; los ladrillos se llaman entonces bayos, porteros o de media cal y debieran prescribirse de la construcción.

Si la cocha es excesiva, la coloración pasa del rojo al violáceo negruzco, la estructura se vitrifica y adquiere brillo y el ladrillo sufre marcadas deformaciones y grietas, la masa se hace muy dura, pero la resistencia del conjunto queda anulada por las fisuras y rajaduras y la utilidad de la pieza por las grandes deformaciones, lo que hace que este producto, cuando las deficiencias anotadas resultan muy marcadas, solo puede usarse como cascote de ladrillos, integrando hormigones, por lo general pobres.

#### **1.6.1.b DE MAQUINA:**

Los ladrillos de máquina se moldean a máquina con tierras arcillosas previamente preparadas también en forma mecánica; la cocha se hace en hornos perfeccionados, de temperatura uniforme, todo lo cual permite obtener productos de calidad muy pareja. El proceso mecánico hace posible usar tierras más ricas en arcillas que son mucho más abundantes que la tierra negra que se encuentra comúnmente inmediatamente debajo de la capa vegetal, conocida geológicamente como loess pampeano y comúnmente como tierra colorada.

Al trabajarse con materia prima convenientemente homogeneizada y comprimida con medios mecánicos, exenta de substancias orgánicas que se queman o dejen orificios; la cerámica ordinaria fabricada a máquina resulta menos porosa y los poros son más pequeños, complementada con una mejor cocha, lo que hace que el material resulte sensiblemente más resistente, pero también más pesado y menos aislante del calor. El conformado se hace comprimiendo mecánicamente la pasta de tierra arcillosa hasta hacerla pasar por un orificio de forma adecuada que la transforma en un prisma cuyas dimensiones en su sección transversal corresponde con dos de las del ladrillo a fabricar el prisma se secciona a intervalos iguales a la tercera dimensión por medio de un hilo de acero.

A veces las piezas así formadas son vueltas a comprimir, a fin de mejorar aún más su

forma y su compacidad, lo que se hace colocándose en un molde y presionándolas con un troquel, que deja como huella un receso o depresión por lo menos en una de las caras mayores del ladrillo; este proceso, que al par que mejora la forma, aumenta la resistencia del material, se denomina reprendido.

El proceso mecánico de conformado, permite crear a voluntad huecos grandes deformas regulares en el interior de los ladrillos: desde luego que ello es posible solo en los ladrillos de prensado simple, vale decir no reprendidos; estos huecos que forman en el interior del prisma que produce la máquina moldeadora, dispuestos paralelamente al eje del mismo.

Las diversas posibilidades de conformado permiten clasificar los ladrillos de máquina, en macizos y huecos. Los macizos pueden a su vez subdividirse en prensados y reprendidos. La identificación y el reconocimiento de los ladrillos de máquina prensados, se hace por la regularidad de su forma y cochura, la homogeneidad de su masa y la ausencia de poros grandes. Del conjunto de sus caras, cuatro de ellas resultan más lisas que las restantes; las primeras son las que han estado en contacto con la boca del orificio de salida de la máquina moldeadora; las últimas presentan rayas o estrías causadas por el corte con el alambre. El tamaño de estos ladrillos oscila alrededor de 23 x 11 x 6.5 cm, existe otro tamaño denominado "tipo Italiano" de 25 x 12 x 5.5 cm. Se fabrican también de formas espaciales para escalones, cordones, antepechos y ángulos, con una de las aristas redondeadas. En cuanto a los ladrillos de máquina reprendidos ofrecen las mismas características de calidad señaladas para los prensados, pero en forma aún más acusada. Pueden ser reconocidos por la depresión o receso que deja por lo menos en una de las caras mayores el troquel de la prensa, en el fondo de la cual aparecen inscripciones o leyendas de marcas de fábricas. No deben confundirse estas huellas o leyendas producidas en el reprendido con lo que aparece en algunos ladrillos de prensado simple, en el cual se estampa una inscripción con un troquel, pero sin colocarles prismas de tierra arcillosa en un molde, con lo que no se efectúa un reprendido efectivo; los ladrillos tratados en esta forma conservan claramente en las caras cortadas las huellas del alambre, mientras que en los reprendidos esas huellas se atenuan notablemente o desaparecen por completo. Las formas y dimensiones de estos ladrillos son prácticamente las mismas que en el caso anterior. Con respecto a las dimensiones de todos estos productos debe recordarse que entre nosotros pueden existir notables diferencias de fábrica a fábrica (fig 1).

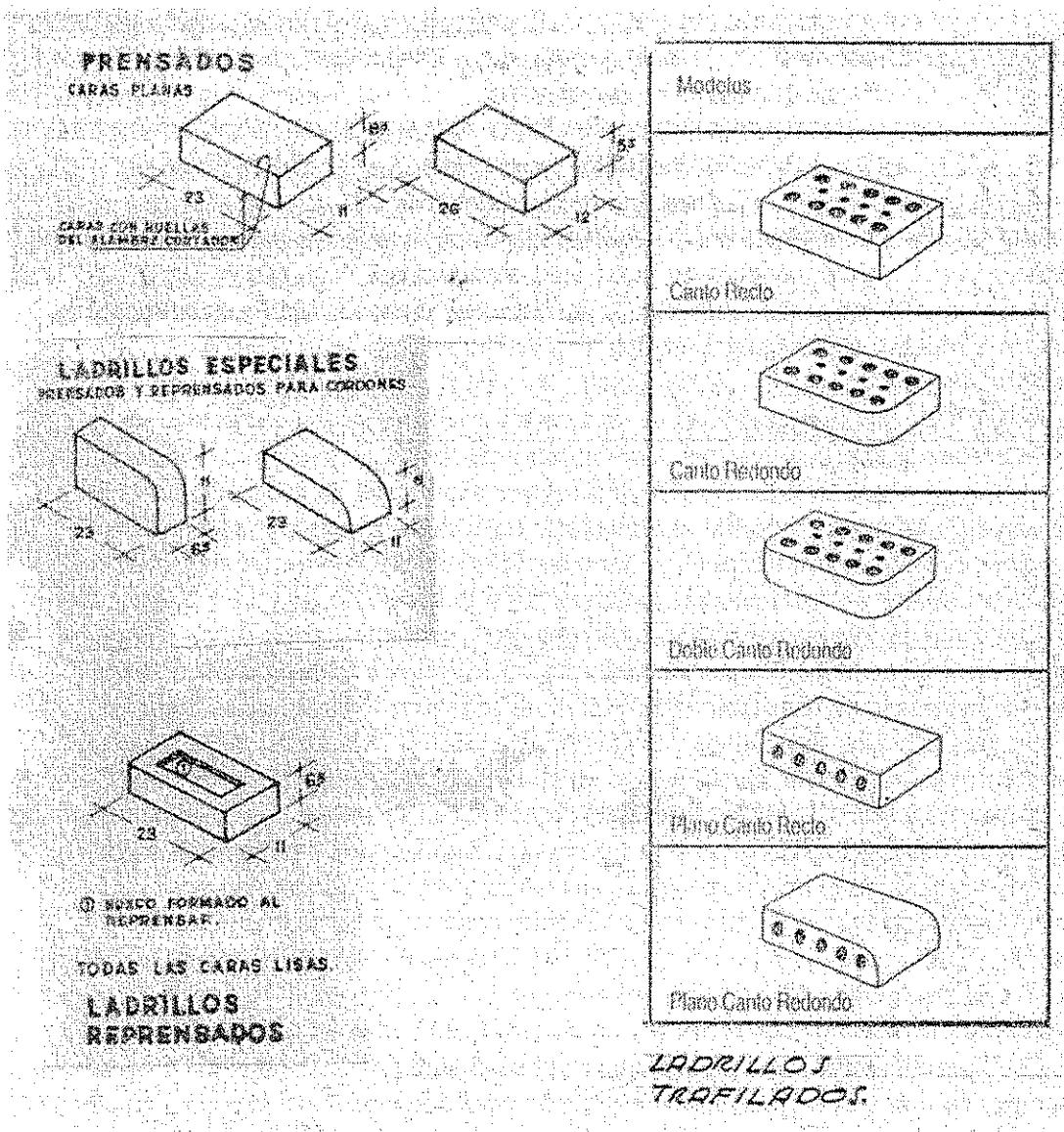
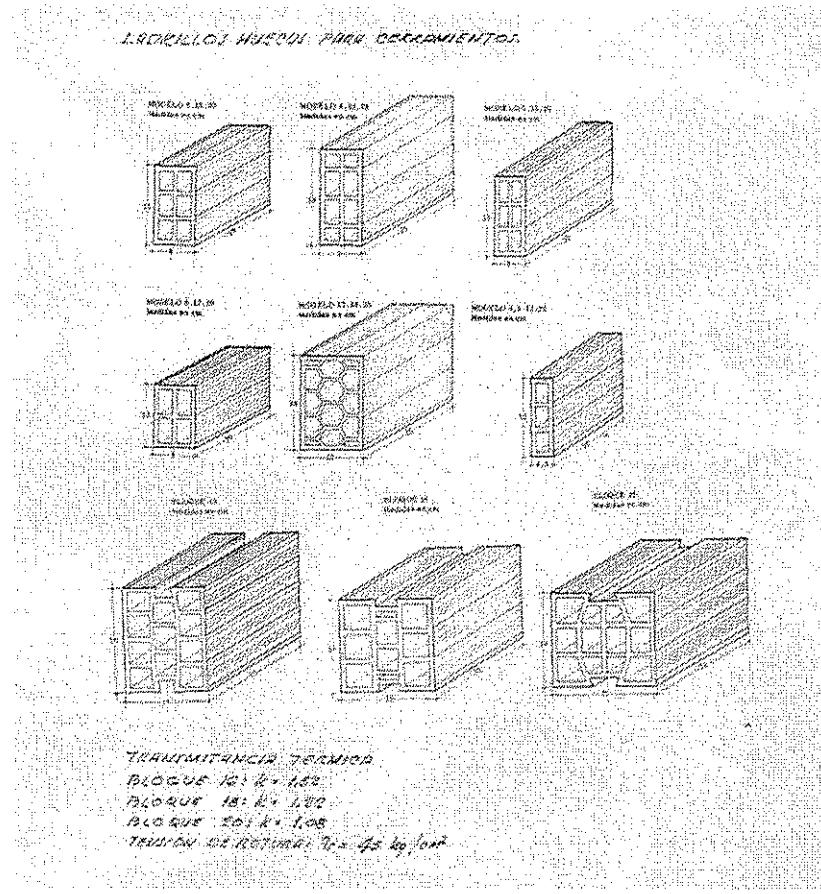


FIGURA 1

#### 1.6.1.c LADRILLOS HUECOS PARA CERRAMIENTOS:

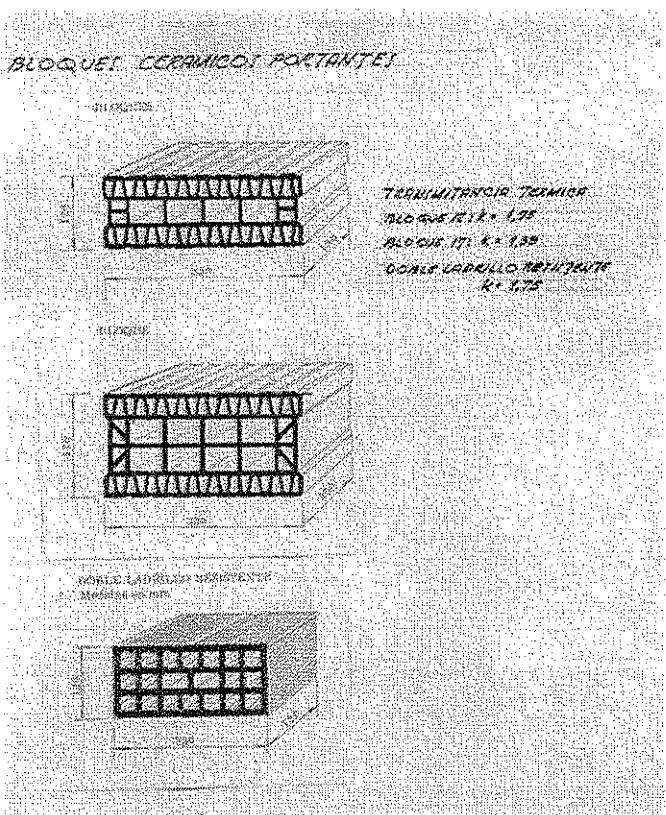
El reconocimiento de los ladrillos huecos es inmediato, gracias precisamente a sus huecos o "agujeros". La substancia cerámica con que están hechos presenta caracteres similares a la de los macizos prensados; las caras tienen generalmente estrías para mejorar la adherencia con los morteros. El tamaño como así el número de los agujeros y su disposición son muy variables, aunque los más comunes son los de 8 x 15 x 20 cm, 8 x 12 x 20 y los de 10 x 20 x 20 cm, con 4 o 6 agujeros. Además de los ladrillos huecos corrientes, con forma exterior de prismas rectos rectangulares, se fabrican otros de forma especiales, para usos igualmente especiales (fig 2).



*FIGURA 2*

#### 1.6.1.d BLOQUES CERÁMICOS PORTANTES:

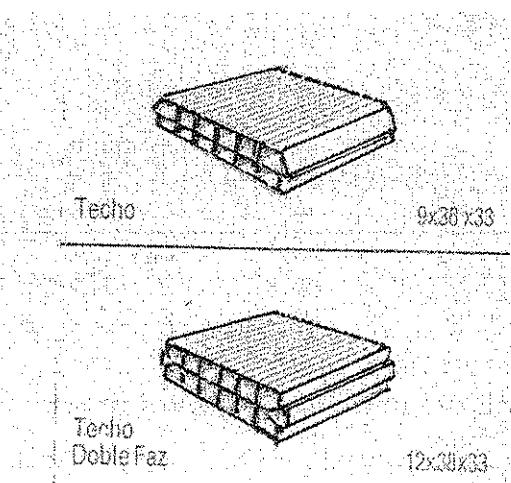
Los bloques de cerámica roja para la ejecución de muros portantes que actúan simultáneamente como elementos de cerramiento, brindando aislación térmica, acústica y uniformidad dimensional. De acuerdo con la Norma cada tipo de bloque tiene su rango de aplicación (fig 3).



*FIGURA 3*

#### **1.6.1.e LADRILLOS CERAMICOS HUECOS PARA TECHO:**

Existen dos tipos: el techo común de 9 x 38 x 33 cm y el techo doble faz de 12 x 38 x 33 cm. Se utilizan en la construcción de techos como bovedillas, son de facil colocación, atermicos y acústicos (fig 4).



*FIGURA 4*

### **1.6.2 BALDOSAS:**

Son materiales cerámicos destinados a ser usados como revestimiento de suelos.

Generalmente son de forma cuadrada de 20 cm, de lado, aunque también se los hace rectangulares, a menudo de 14 x 28 cm, hexagonales, octogonales o cuadrados de tamaños menores; el espesor es así mismo muy variable, dependiendo de la substancia cerámica empleada el tamaño y el uso que se dará a la baldosa.

En la fabricación de las baldosas se emplean dos tipos de substancias cerámicas: la cerámica ordinaria y el gres cerámico.

Con cerámica ordinaria se hacen dos tipos principales de baldosas cuadradas de 20 x 20 cm, denominadas respectivamente de techo y de piso.

#### **1.6.2.a BALDOSAS DE TECHO:**

Las baldosas de techo se moldean en forma totalmente similar a los ladrillos prensados; la máquina moldeadora produce una cinta o lámina de pasta de sección transversal similar a la de la baldosa, que se corta a intervalos iguales al lado de la misma. Una de las caras mayores, la que quedará a la vista se hace completamente lisa, mientras que en la opuesta se practican una serie de estrías, todas paralelas, a fin de mejorar la adherencia con el mortero.

Estas estrías conjuntamente con las huellas que aparecen en dos de los bordes como consecuencia del sistema de corte, permiten diferenciar este tipo de baldosa de las de piso. Estas baldosas, pese a su estructura porosa, no son muy permeables y se usan en techos o cubiertas de escasa pendiente; no son muy resistentes a la abrasión y por lo tanto no son aptas para solados muy transitados, porque se desgastan rápidamente.

Además su forma y coloración no siempre son uniformes.

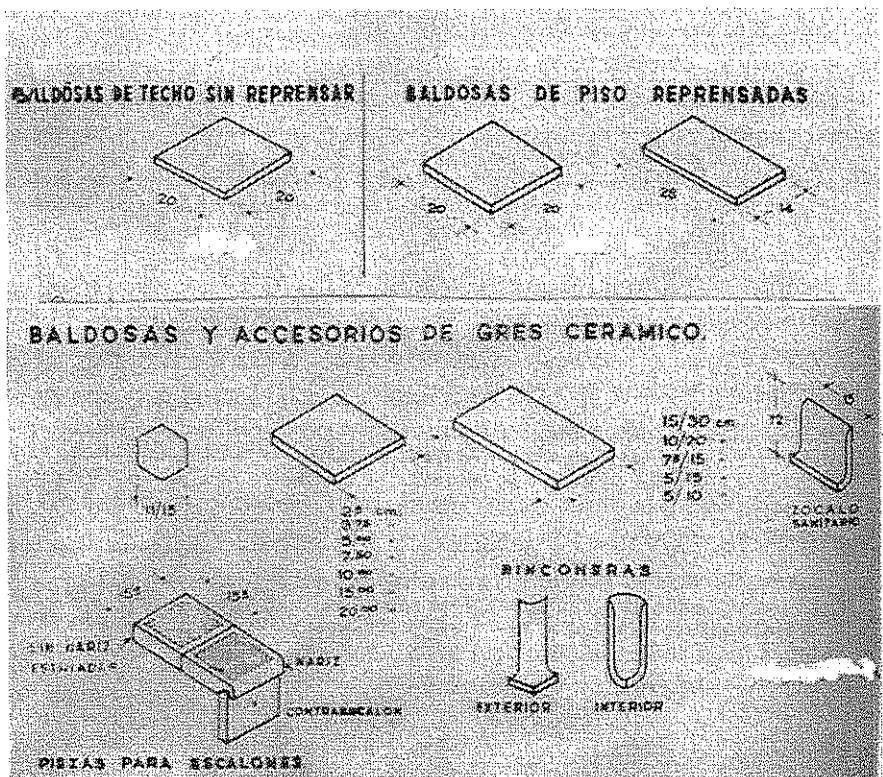
#### **1.6.2.b BALDOSAS DE PISO:**

Cuando se requiere un material de mayor resistencia y mejor aspecto se recurre a las baldosas de piso, que también son de cerámica ordinaria. Estas se fabrican con tierras seleccionadas, con mayor cuidado y cochura mejor, completándose con un proceso de conformado más efectivo. Se da la forma final a las baldosas de piso por el método del prensado con molde y troquel, vale decir en forma similar a los ladrillos reprendidos. Esto permite obtener piezas de forma más regular, con la cara vista más lisa y estructura más compacta; asimismo con el troquel se pueden grabar en el dorso leyendas y dibujos que identifican el material y aumentan la adherencia; los dibujos, estrías, etc; ya no tienen que ser paralelos, este procedimiento permite, al margen de otras características la inmediata diferenciación de las baldosas de piso y de las de techo.

#### **1.6.2.c GRES CERAMICO:**

En los casos en que se necesita una máxima resistencia al desgaste o a una mejor calidad general o colores que no pueden ser conseguidos con la cerámica ordinaria, se utilizan las baldosas de gres cerámica. Por tratarse de materiales de calidad superior, se emplea en su conformado procedimientos que permiten obtener la máxima capacidad y regularidad de forma, razón por la cual estas baldosas siempre son prensadas con molde y troquel, en prensas de gran potencia, usándose casi siempre para llenar el molde materias primas en estado pulverulento, con muy poca humedad para reducir las contracciones del desacado. Para el reconocimiento morfológico, este material ofrece análogas características que las baldosas de piso, aunque de perfección más acusada en todos sus aspectos, lo que corrientemente permite distinguir unas de otras

sin dificultad. En caso de duda, se acude a la prueba del rayado con una punta de acero, que no afecta o lo hace apenas al gres cerámico mientras que la cerámica ordinaria se raya con facilidad; tambien se diferencian por el sonido que produce el gres ceramico al ser golpeado (fig 5).



*FIGURA 5*

### 1.6.3 TEJAS:

Son piezas de cerámica ordinaria fabricadas y destinadas especialmente a la ejecución de cubiertas. Si bien existen muchas formas, las de uso más frecuente corresponden a alguno de los tipos denominados planas, de escama o normandad, coloniales, españolas o árabes mecánicas, francesas o de Marsella.

Las características generales y el proceso de fabricación de las tejas planas, que son de cerámica ordinaria, son completamente similares a las de las baldosas de techo, de las que en general solo difieren en la forma que es comunmente rectangular y en los dos orificios que se le practican al recibir la forma para poderlas clavar al entramado de las cubiertas. El tamaño, si bien es variable, como ocurre con casi todos los cerámicos, oscila alrededor de 15 a 16 cm, de ancho por 25 a 28 cm, de largo.

#### 1.6.3.a TEJAS COLONIALES:

Las tejas coloniales están formadas por láminas de cerámica ordinaria, con la forma de una fracción de una superficie tronco cónica, de 40 a 42 cm, de largo; 14 a 16 cm, en el extremo menor y 18 a 20 cm, en el mayor con un orificio para clavar en cada extremo. En este tipo de tejas, además de resultar variable el tamaño de fábrica a fábrica, también suele cambiar de curvatura, resultando las de curvatura de menor radio las más

resistentes a la acción de las cargas.

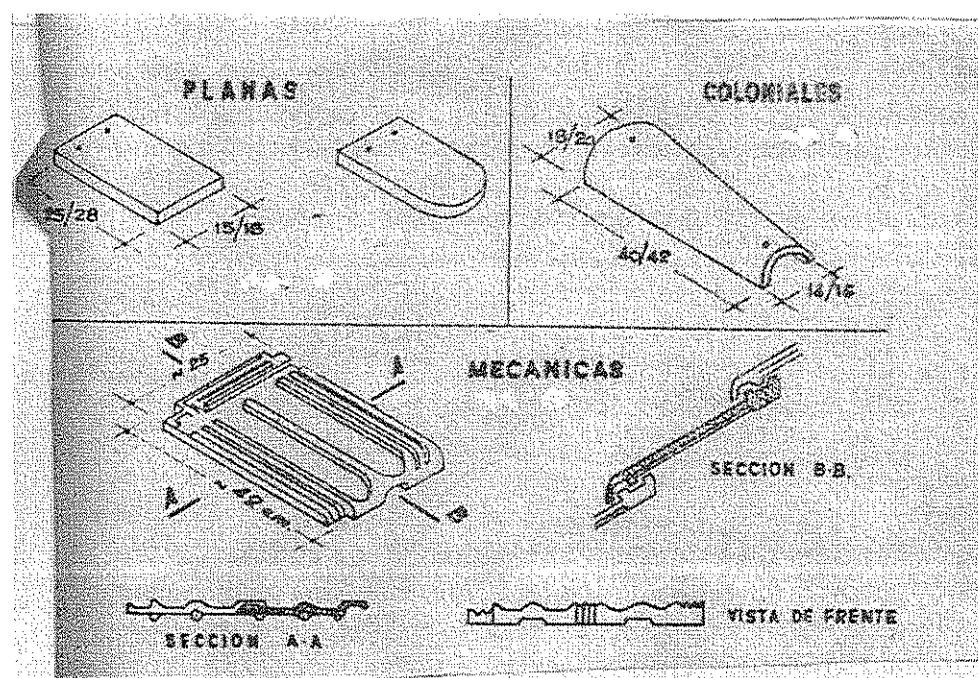
Estas tejas se fabrican produciendo primero una lámina generalmente plana, con la misma técnica que para las baldosas de techo, la cual luego es curvada aplicándola sobre un mandril de forma adecuada.

#### **1.6.3.b TEJAS MECANICAS:**

Las características fundamentales de las tejas mecánicas es la existencia en sus bordes de una serie de resaltos y ranuras que permiten asegurar la impermeabilidad de las cubiertas con recubrimientos relativamente pequeños, al contrario de lo que ocurre con los otros tipos que exigen fuertes superposiciones. Las dimensiones aproximadas son de 25 cm, de ancho por 40 cm, de largo.

Además de las estrías, ranuras y lenguetas ya mencionadas, en el resto de la superficie de las tejas existen otras que tienen la finalidad de conducir el agua de lluvia impidiendo que penetre por las juntas y a la vez darle mayor resistencia. Para facilitar la colocación de estas tejas tienen en la cara inferior dos protuberancias situadas cerca del borde superior y una oreja con una perforación próxima al opuesto. Como consecuencia de la complejidad de sus formas, estas tejas se fabrican prensables en máquinas de molde y troquel.

Además de las piezas fundamentales para constituir las faldas de las cubiertas, se fabrican otras de forma especial para cubrir las cumbres, limatesas y limahoyas (fig 6).



*FIGURA 6*

#### **1.6.4 AZULEJOS:**

Son piezas de material cerámico destinadas a integrar el revestimiento de paredes, ya sea con función sanitaria o decorativa. Si bien comercialmente y en la industria se hace una distinción entre "azulejo" y "mayólica" las características diferenciales que se le asignan

a uno y otro material no están claramente definidas e incluso son variables de país a país; en consecuencia, en lo que sigue se englobaran en la clasificación genérica de azulejos a todos los materiales cerámicos más o menos parecidos utilizados con las finalidades indicadas antes.

Este material tiene marcadas diferencias con los ya vistos derivados tanto de las substancias cerámicas que lo integran como por su estructura y proceso de fabricación. Los azulejos se componen de dos partes estrechamente unidas; el cuerpo y el esmalte que recubre la cara vista. Primero se fabrica el cuerpo y luego en una segunda etapa, se le aplica el esmalte.

El cuerpo se hace comúnmente de loza prosa; si bien desde el punto de vista las condiciones sanitarias sería preferible usar losa vitrificada, razones tecnológicas de fabricación por una parte y de dificultades de adherencia entre los morteros y material vitrificados por otras, hacen que se prefieran la porosa.

En algunos tipos de azulejos, especialmente los destinados a recibir esmaltes decurados, se usan en lugar de losa, cerámica ordinaria de muy buena calidad y coloración rosada más o menos clara.

El cuerpo del azulejo se califica de "bizcocho"; se le da forma con prensa y troquel y luego se somete al proceso de cocción que lo transforma en cerámica.

Luego se procede a recubrirlo con esmalte, que es, en rigor, una losa pulverizada y puesta en suspensión acuosa, el bizcocho una vez recubierto con la capa de esmalte es vuelta a ser sometida a la acción del calor que funde la masa pulverulenta de losa transformándola en una película vitrificada, fuertemente adherida al cuerpo del azulejo. El esmalte puede ser blanco o colorado; esto se consigue mediante la incorporación de óxidos y sales metálicas.

El tamaño corriente es de 15 x 15 cm; ocasionalmente se los hace de 7.5 x 15 cm y 20 x 20 cm; estos últimos generalmente se hacen con bizcocho de cerámica ordinaria y para revestimientos decorados. Por razones de aplicación especialmente los destinados a revestimientos sanitarios se clasifican en dos grandes grupos: de primera y segunda calidad. Los azulejos de primera calidad deben tener caras planas, formas regulares, aristas rectas, esmalte sin fallas, manchas, chorreaduras o burbujas y además, su tamaño debe ser uniforme en todas las piezas de un mismo conjunto. Si los azulejos no cumplen una o más de las condiciones enunciadas pasan a ser de segunda clase o calidad. Con respecto al tamaño debe recordarse que las contracciones que experimentan los materiales cerámicos no son uniforme de pieza a pieza aunque hayan sido fabricados simultáneamente; por ello los azulejos de una misma partida de fabricación deben ser graduados por tamaño, pudiendo así resultar conjuntos de 148 x 148 mm etc. De lo dicho se desprende que no se puede juzgar si un azulejo es o no de primera examinando una única pieza. Como complemento de las piezas fundamentales para revestimiento, se fabrican otras del mismo material. Tales como zócalos, cuartos de caña, esquineros y piezas de terminación, filetes, etc.

#### **1.6.5 ARTEFACTOS SANITARIOS:**

Se fabrican usando, según los casos, gres cerámico, losa porosa y losa vitrificada. Por el proceso de fabricación pertenecen al grupo de materiales cerámicos que se fabrican en dos etapas, constituyendo primero el cuerpo y recubriendolos luego con un esmalte, ya sea para conferirle impermeabilidad o mejorar su aspecto o las dos cosas a la vez. El gres cerámico usado en artefactos sanitarios es generalmente de color claro para facilitar luego al ocultamiento del color con el esmalte; se hacen con gres cerámico los cuerpos

de los artefactos que pueden sufrir acción de golpes, tales como las piletas de cocina. Los artefactos sanitarios, tales como lavatorios, inodoros, bidets, etc, se hacen con cuerpo de losa ya sea porosa o vitrificada; se prefiere la última aunque resulta más cara, por cuanto si bien es cierto que en todos los casos el artefacto se esmalta, o sea se recubre con una capa vitrificada, esta puede sufrir saltaduras o resquebrajaduras (cuarteo), con lo cual los líquidos sucios pueden entrar en contacto con la masa interna, la que se impregnará si es porosa, perdiendo en consecuencia el artefacto su condición higiénica; si el cuerpo es vitrificado, al producirse la avería sufrirá el aspecto pero no el carácter sanitario, dado que no absorberá las substancias sucias.

Los artefactos sanitarios, salvo los de forma muy simple como las piletas de cocina, reciben su forma por métodos totalmente distintos de los ya mencionados. Para ese propósito se usan moldes, generalmente de yeso, en los cuales se vuelca la arcilla en estado de papilla muy fluida; una vez que el yeso ha absorbido el exceso de agua formándose una especie de costra de arcilla sólida en contacto con el mismo, se vuelca el resto de papilla que aún permanece líquida y cuando la consistencia del objeto así moldeado lo permite, se lo retira del molde, se lo retoca y previo desecamiento, se lo cochura; luego se lo recubre con la capa de esmalte y se lo vuelve a exponer a la acción del calor.

Como en el caso de los azulejos, los artefactos sanitarios pueden fabricarse blancos o de color.

#### **1.6.6 MATERIALES CERÁMICOS REFRACTARIOS:**

Se denomina así el tipo de cerámico que se usa corrientemente en zonas de alta temperatura y son por lo tanto capaces de resistir esas temperaturas sin llegar a la fusión ni a desintegrarse. El uso corriente, es en la formación de los hogares de cámaras de combustión y de conductos de humo que conduzcan gases a altas temperaturas.

Dede luego es un material de más interés industrial que arquitectónico aunque en ciertos casos se lo emplea como material decorativo. Si el tipo de cerámico tiene que resistir altas temperaturas, tiene que tener un bajo contenido de fundente, es decir que las arcillas tengan pocos óxidos de Fe y debe predominar la sílice y la álumina, que solo se reblandecen a muy altas temperaturas, lo cual hace que para su fabricación se necesiten hornos especiales, lo que da como resultado un alto costo para el producto terminado.

Dentro de los materiales refractarios, se distinguen dos tipos fundamentales, a saber: los que tienen un alto contenido de álumina y los que tienen un alto contenido de sílice; ambos son de muy alta resistencia a las temperaturas, pero su comportamiento es distinto. Los ladrillos donde predomina la sílice son más baratos a consecuencia de que ella es abundante y muy barata, pero el material resultante si bien resiste las altas temperaturas, tiene el inconveniente de dilatarse en forma muy considerable y si el sitio donde se las emplea está sometido a alternativas continuas de calor y enfriamiento, terminan por desintegrarse rápidamente, en consecuencia se los puede utilizar con éxito donde las temperaturas son altas pero constantes o por lo menos con enfriamientos que no bajen los 500° C, para evitar dicha tendencia.

Los productos refactarios rara vez tienen tonalidades de rojo, tienen corrientemente un color blanco sucio parduzco, marrones subidos y a veces casi negro.

La coloración no indica diferencia de calidad sino lo común es que corresponda a diferencia de atmósfera en el horno de fabricación, ya sea reductora u oxidante; como el color de estos materiales tienen un cierto valor decorativo, se los emplea frecuentemente en fachadas en estos casos se los hace en forma de losetas delgadas, ya que su función

no será como elemento refractario.

La medida aproximada es de tres centímetros de espesor y con vistas de dimensiones semejantes a la de los ladrillos de máquina.

Un ladrillo de material refractario, puede tener medidas semejantes a la de los ladrillos de máquina.

Los ladrillos vitrificados, sean refactarios o de gres cerámico, se conocen también con el nombre de clinker o clinea.

## **2 AGLOMERADOS PETREOS ARTIFICIALES:**

Bajo esta denominación se agrupa un conjunto de materiales de construcción de características pétreas producidas artificialmente por métodos que, a diferencia de lo que ocurre con los cerámicos (que pueden ser considerados también como piedras artificiales), no requieren la aplicación del calor. El aglutinamiento de los materiales integrantes se consigue explotando las propiedades fundamentales de las substancias que han sido denominadas “aglomerantes”, usándose entre los diversos comprendidos bajo esa designación, casi exclusivamente el cemento.

Los principales materiales de este grupo son los “mosaicos”, “mármol reconstituido”, “bloques de construcción” y “asbesto cemento”.

La enumeración anterior es heterogénea, pues comprende tanto materiales aglomerados (marmol reconstituido, asbesto cemento), como productos (mosaicos, placas de revestimiento y bloques).

### **2.1 MOSAICOS:**

Son piezas de agglomerados pétreos destinados al revestimiento de suelos, cuya cara vista es generalmente cuadrada, aunque también se los fabrica rectangulares, triangulares, etc, y cuyo espesor es bastante más reducido que las otras dimensiones. La calificación de “mosaicos” asignada a estos materiales no siempre es muy ajustada, dado que ella implica el incrustamiento o taraceado de la cara aparente, con piedras o materiales similares, cosa que no siempre existe en estos mosaicos. Se los califica también incorrectamente de “baldosas”, dado que estas se hacen con substancias cerámicas.

Los mosaicos de uso corriente constan de dos partes principales: la capa superior o de desgaste, llamada usualmente de “pastina”, y la o las capas complementarias de respaldo que dan a la pieza la resistencia estructural necesaria para fabricarlo, manejarlo, colocarlo y finalmente soportar las cargas y golpes de tránsito. Las diversas capas integran el espesor de los mosaicos, que es variable según el tamaño de la cara y el uso que se le dará. Este espesor puede variar entre algo menos de 2 cm, para las piezas pequeñas, hasta más de 3 en las grandes. Dada la diferencia de funciones, la capa dedesgaste y las complementarias se hacen con distintos materiales; las últimas, o sea las de complemento, que han de quedar ocultas y solo deben tener resistencia, están constituidas por mortero de cemento portland común y arena silícica; en cambio la capa superior debe ofrecer además de resistencia mecánica, especialmente al desgaste, un aspecto compatible con las necesidades del local donde serán usados, para lo que se requieren materiales de características especiales y de mayor calidad. Por la constitución de la capa de desgaste, los mosaicos pueden clasificarse en dos grupos: los mosaicos calcáreos, llamados a veces “baldosas de cemento” y los mosaicos graníticos.

### **2.1.a MOSAICOS CALCAREOS:**

Los mosaicos calcáreos se caracterizan por tener la capa de desgaste integrada fundamentalmente por cemento, al cual pueden adicionárselo según las necesidades, substancias colorantes. El cemento a usarse puede ser el común, en cuyo caso el color final será el pardo grisáceo característico de este aglomerante la adición de colorantes, permite obtener una gama más o menos extensa de coloraciones, que excluye el blanco, ya que el cemento posee un color gris definido que no puede ser anulado; el azul es muy poco habitual por razones de alto costo y escasa duración de los pigmentos que permiten obtenerlos. Al usar el cemento común como material básico, los colores finales que se obtienen son siempre más o menos sucios o parduzcos, lo que desmejora el aspecto. Cuando se desean tonalidades delicadas y colores delicados y limpios se usa como material básico el cemento blanco. Las substancias colorantes usadas con cualquiera de los dos cementos deben reunir ciertas propiedades especiales, entre las cuales deben destacarse la resistencia a la acción decolorante de la luz solar, la insolubilidad en el agua para que no sea arrastrado por las lluvias o el agua de lavado y la resistencia a los agentes de reacción alcalina, a los cuales pertenecen los cementos. Los mosaicos calcáreos pueden tener su cara vista de un solo color o presentar dibujos; además la cara puede ser completamente lisa o poseer ranuras o estrías que hagan su superficie menos resbaladiza, cosa especialmente necesaria cuando se los usa en veredas o solados exteriores que deben ser transitados aún cuando estén mojados, las ranuras o estrías pueden formar panes o cuadros y listones o franjas, o "vainillas"; este último tipo es el reglamentario en las veredas de la ciudad de Buenos Aires. Los mosaicos con ranuras, estrías, etc, se fabrican de un solo color en su superficie. El tamaño usual de estos mosaicos es de 20 x 20 cm, y solo excepcionalmente se los hace en otras medidas. Cuando la capa de desgaste es de cemento común y coloreado, se lo califica de color común, mientras que los que tienen cemento blanco se denominan de color especial.

Estos mosaicos se fabrican prensando los materiales integrantes de las diversas capas en prensas de molde y troquel, quedando concluido en cuanto a la forma y terminación superficial, el retirarlos del molde, operación que se realiza inmediatamente después de prensados; por supuesto que antes de ser usados los mosaicos, deberá permitirse el cumplimiento del proceso del fraguado del cemento y en desarrollo más o menos amplio del endurecimiento, o sea el acrecimiento de la resistencia, el cual insume 15 días; este lapso es, desde luego el mínimo absoluto y cuanto más se lo prolongue, yanto mejor resultará el material.

### **2.1.b MOSAICOS GRANITICOS:**

La característica distintiva de los mosaicos graníticos radican en la constitución de la capa de desgaste; esta contiene como material fundamental, trozos de piedra destinados a quedar a la vista una vez terminado el mosaico, vinculados con cemento. En los mosaicos de este tipo, de buena calidad, el color y aspecto quedan definidos por los granos de piedra, cumpliendo el cemento una función solo complementaria.

Los trozos de piedra utilizados no son en nuestro medio industrial de granito, a que así podría hacerlo suponer la calificación de "mosaicos graníticos" sino de mármoles. El granito ofrece para este uso el inconveniente de su considerable dureza, lo que dificulta y encarece las operaciones de pulido y lustrado a que deben someterse estos mosaicos en sus etapas finales de fabricación. Por otra parte la variedad de colores que pueden obtenerse con los granitos no es tan grande como la que se consigue en los mármoles.

La industria local utiliza exclusivamente granulados provenientes de la trituración de mármoles, generalmente de colores; al seleccionar el tipo de piedras debe tenerse presente que la calidad del mosaico depende en primer término de la del granulado; si este proviene de una piedra blanca, su fabricación, pulido y abrillantado serán más fáciles, pero su brillo y aspecto se desmejoran rápidamente.

Los granulados se clasifican según la piedra de origen y el tamaño de los granos, identificados en los tipos más comunes con una escala numérica que va del nº 1 para los granos finos hasta el nº 10 para los gruesos; existen además granulados más finos, conocidos como N° 0, 00, 000, etc. En su empleo en la fabricación de mosaicos, pueden usarse en diversas formas; así por ejemplo, se hacen mosaicos con granulados de un tipo determinado de piedra y de un tamaño único, o con granos de una misma piedra pero de diversos tamaños mezclados; otras veces se mezclan diversos tipos de piedra y distintos tamaños.

El cemento usado para vincular los trozos de mármol puede ser del tipo portland común o blanco, y como en el caso de los mosaicos calcáreos, con o sin adición de colorantes. Con respecto a la masa de aglomerante necesaria para vincular el granulado, vale todo lo dicho con respecto al material constructivo de la capa de desgaste de los mosaicos calcáreos, incluso en lo relativo a las calificaciones de "colores comunes" para los de cemento común, y "colores especiales" para los de cemento blanco.

Si bien la cara vista de los mosaicos graníticos podría hacerse en las diversas formas señaladas para los calcáreos, lo usual es que se fabriquen únicamente con caras lisas, sin estrías ni ranuras y en colores uniformes dentro de cada pieza, salvo las irregularidades que corresponden a los distintos tipos de piedras y colores empleados. A estos mosaicos se les da forma también por prensado, pero su proceso de fabricación no termina al retirarlos del molde, como ocurre con los calcáreos, sino que deben sufrir una serie de operaciones posteriores. Al sacarlos del molde, las piedras no son visibles en la cara vista, por estar recubiertas por una película de cemento, la cual debe ser eliminada por desgaste una vez que el mosaico haya endurecido lo suficiente para soportar esa operación, la que una vez realizada deja al descubierto una serie de poros y oquedades que deben ser retocados con una papilla de cemento y colorantes. Luego se somete a los mosaicos a un nuevo pulimiento con abrasivos más finos que eliminan los excesos de papilla y las rayas producidas en la operación anterior, con lo cual se obtiene el tipo de terminación superficial, denominada "pulido a piedra fina en fábrica", la superficie pulida queda completamente lisa, pero sin brillo; si se desea abrillantarla se prosigue la tarea empleando en lugar de piedras abrasivas, cilindros constituidos por láminas de plomo y arpillería alternadas, con los que se fricción la cara a abrillantar, mojada con una solución concentrada de ácido oxálico (sal de limón), llamándolos así "lustrados a plomo en fábrica".

Las operaciones de pulido a piedra fina o de lustrado a plomo practicadas en fábrica, permiten obtener piezas individuales de mosaicos con terminaciones más o menos perfectas dentro del tipo de terminación deseada, pero cuando esas piezas se usan para integrar un solado, el resultado final es por lo general desmejorado por las deficiencias de la colocación y el deterioro, que el manipuleo y el tránsito producen.

Para que la terminación sea perfecta, el pulido a piedra o el lustrado a pleno se efectúa después de colocados los mosaicos, con máquinas transportables que realizan esas tareas en la obra. Esta forma de operar es más cara que la anterior pero de mejor resultado final.

Los tamaños de los mosaicos graníticos son variables, siendo el más común el de 20 x

20 cm, los de menor tamaño resultan más caros por el mayor número de piezas a fabricar por unidad de superficie, los más grandes resultan también más caros por requerir mayor espesor y porque si bien entran menos por m<sup>2</sup>, la fabricación es más lenta por su peso en el manipuleo y las dificultades de manejo de los recién prensados. Otros tamaños son los de 15 x 15, 25 x 25, 30 x 30, 40 x 40 y 50 x 50 cm, solo se hacen mayores por encargo especiales.

## **2.2 PLACAS DE REVESTIMIENTO:**

Se fabrican generalmente para reemplazar por motivos económicos a los azulejos cerámicos o productos similares en la ejecución de revestimientos sanitarios. Tuvieron amplia difusión y empleo durante la última guerra, llamándoselas "chapitas", no llenan en forma satisfactoria del todo su cometido. En la actualidad solo se emplean en forma esperádica y circunstancial.

Se las fabrica en las variedades calcáreas y graníticas, estas son de mejor aspecto. Las calcáreas se usan en casos muy económicos, en las placas graníticas se usan a veces además de los granulados de mármol, trozos de valvas de moluscos, las que al pulirse y abrillantarse confiere al conjunto colores y reflejos irisados, llamándolas placas o chapitas de nácar.

Las graníticas son pulidas a piedra o lustradas a plomo en fábrica. El tamaño más común es el de 15 x 15 cm y unos 11 mm, de espesor hay también de 15 x 30 y 20 x 40 cm, con mayor espesor.

Se fabrican además piezas especiales como ángulos, zócalos, etc.

## **2.3 MARMOL RECONSTITUIDO:**

La fabricación de este material responde a dos motivos: uno, económico, resultante del aprovechamiento de restos de piedras sobrantes de la industria del mármol, otro, tecnológico, cuando se utilizan rocas de buen valor decorativo afectadas de fracturas y fisuras que no permiten usarlas directamente como piedras naturales de construcción. La fabricación del mármol reconstituido reproduce artifcialmente el proceso natural de la formación de piedras llamadas "brochas", "brocaletas" y "puingas", según sea el tamaño de los trozos de piedra usados. Los productos resultantes se califican de brechas y brocaletas artificiales.

Este material puede producirse en dos tipos: "mármol reconstituido verdadero" y "mármol reconstituido común", según como está integrada su estructura.

El verdadero presenta una composición uniforme en todo el espesor de la placa o trozo que se considera, mientras que el común solo presenta el material característico en una capa delgada, que recubre las caras vistas de la placa o trozo, cuya estructura interna se hace con morteros ordinarios.

La etapa inicial de fabricación del m.r verdadero, consiste en hacer un bloque prismático, para lo cual se prepara un hormigón con materiales adecuados. Se usan como agregado grueso, trozos del mármol que se quiere reconstituir, eligiendo los trozos más grandes posibles, a fin de poder aprovechar las tres propiedades decorativas fundamentales del mármol: brillo, color y veteado. Si los trozos son pequeños, la última propiedad puede llegar a perderse, en cuanto a la calidad de la piedra se refiere, se prefiere en lo posible los mármoles de alta calidad, que son los más costosos y justifican el uso de mármoles baratos o de escaso valor decorativo, dado que no se obtendría una economía compensatoria en el primer caso, ni un aspecto estético satisfactorio en el segundo. Como agregado fino se usan arenas artificiales provenientes del mismo mármol

que el del agregado grueso, o de otros mármoles cuando las combinaciones de color que se procura obtener, así lo requieren.

La arena natural silílica no se emplea por resultar inconvenientes tanto su color como su dureza, condición esta que dificultará el aserrado, pulido y abrillantado, el aglomerante típico usado es el cemento blanco, preferido al común por la mayor calidad de colorido que se consigue. La coloración del mortero que ha de vincular los trozos mayores de piedra se obtienen con la selección adecuada del agregado fino, recurriendo solo en los casos imprescindibles al agregado de substancias colorantes.

Preparado el hormigón con la adición de agua necesaria, se lo coloca en moldes prismáticos, y luego se lo deja endurecer con lo que se obtiene un bloque de piedra artificial, que a partir de este momento se trata igual que si fuera de piedra natural, seccionándose por aserrado en chapas de 2 cm de espesor mínimo, sus caras vistas se pulen y abrillantan como si fueran de mármol natural.

Este material es fácilmente diferenciado del m.r común, por cuanto presenta una misma estructura en todo espesor.

El mármol reconstituido común se caracteriza por el hecho de que el cuerpo del objeto o pieza a fabricar se constituya con un material cuya función es exclusivamente resistente, usándose el mortero de cemento común y arena silílica y cuyas partes que han de quedar a la vista presentan una capa de pequeño espesor, de 4 a 10 mm, de mármol reconstituido. Su estructura es similar a la ya conocida en los mosaicos graníticos, que en rigor son piezas también de mármol reconstituido común.

La fabricación se hace con métodos iguales unas veces y similares otras a la de los mosaicos, colocando los materiales integrantes de las diversas capas en moldes de la forma de la pieza a fabricar. El prensado se hace a máquina solo por excepción y en los casos de producirse muchas piezas iguales de tamaño reducido, lo usual es que se fabriquen prensadas a mano.

La constitución de la capa visible es similar a la detallada para el mármol reconstituido verdadero, con la limitación lógica impuesta al tamaño del agregado grueso por el espesor reducido de la capa en cuestión, que es generalmente inferior a los 10 mm. Se aprovechan solo el brillo y color, por cuanto el veteado queda destruido por la fragmentación, con lo cual el valor decorativo de este aglomerado pétreo se ve disminuido, por el tamaño y forma de los trozos de piedra. Este material puede considerarse como una brocatela artificial, en caso necesario pueden reformarse colocándoles en su interior durante el proceso de moldeo, armaduras constituidas por barras de acero dulce de 4 a 6 mm de diámetro.

Como inconveniente presenta el de su menor valor decorativo. El proceso de pulido abrillantado es similar alde los mosaicos graníticos y se realiza íntegramente en fábrica. Una variante es el ejecutado "in situ", esta variante se emplea cuando las formas a conseguir son muy irregulares y/o se desea reducir el número de juntas, como ocurre en los zócalos y pasamanos de las escaleras. En estos casos el material se aplica con la técnica de la ejecución de los revoques: el pulido abrillantado se hace a mano, lo que impone una limitación al tamaño de los granos a utilizar, los cuales deben ser bastante pequeños para no encarecer dichas operaciones.

#### **2.4 BLOQUES DE CONSTRUCCION:**

Este tipo de material se fabrica para integrar en carácter de compuesto paredes de albañilería, en reemplazo de la piedra o los ladrillos. Su fabricación puede obedecer a razones económicas o tecnológicas.

La razón económica se presenta en las zonas donde no existen tierras adecuadas para fabricar ladrillos de mano o de máquina, o si contando con materia prima no se tiene equipo mecánico, dentro de estas condiciones se encuentran muchas zonas del país, tales como las del litoral marítimo de Buenos Aires, donde se dispone de cantidades inagotables de arena de médanos y, en algunas partes, grandes yacimientos de conchilllas; en estos lugares, si bien existen estratos de tierras aptas para ladrillos de mano, resulta más barato fabricar bloques por no necesitar proceso de cochura. Donde se dispone de grandes cantidades de escombros de demoliciones, también resulta económico y se obtiene bloques baratos.

Las razones tecnológicas que deciden la fabricación de este material se relacionan con la necesidad de obtener estructuras más livianas, más aislantes, de formas más regulares e integradas por piezas cuya colocación requiera menor cantidad de mano de obra.

Los bloques de construcción se fabrican con morteros a los que se les da formas adecuadas colocándolos en moldes generalmente metálicos y compactándolos en el grado deseado por medios mecánicos, ya sea por presión o vibración.

Los morteros pueden integrarse con diversos aglomerantes y agregados según sean las disponibilidades de los mismos y las condiciones técnicas y económicas que se deseen obtener en los bloques. Como aglomerante por lo general el cemento común y solo por excepciones o motivos especiales, las cales hidráulicas o aéreas y el yeso; este sólo en bloques para usar en ambientes interiores, etc. Como agregados pueden utilizarse los escombros de demolición triturado, las arenas comunes, la piedra pómex, las escorias, industriales, especialmente el residual de la industria siderúrgica, la carbonilla, las virutas de madera, ciertos residuos vegetales, como las pajas de cereales, las cáscaras de arroz, etc. También se hacen bloques con morteros de cemento en el interior de los cuales se han formado por diversos procedimientos numerosos poros que disminuyen su peso y aumentan su poder de aislación térmica; estos morteros reciben el nombre genérico de "hormigones porosos", denominación impropia por cuanto carecen del agregado grueso, característica distintiva de los hormigones, no obstante ello, esa designación ha sido consagrada por el uso y se la seguirá empleando.

Los bloques de uso más frecuente son los constituidos por:

- a) Escombros y cal hidráulica y/o cemento.
- b) Arena y cemento.
- c) Piedra pómex y cemento.
- d) Escorias y cemento.
- e) Carbonilla y cemento.
- f) Hormigones porosos de cemento.
- g) Virutas de yeso y/o cemento.
- h) Residuos vegetales (cáscara de arroz, paja, etc) y cemento.

#### **2.4.a FORMAS DE LOS BLOQUES:**

Las formas de los bloques son muy variadas, dependiendo de su destino de las características del material utilizado y, frecuentemente, de razones comerciales o de la fantasía del fabricante. Los bloques se hacen macizos cuando se desea, dentro de un tamaño dado, la máxima resistencia, o cuando por las dimensiones o el material usado no es posible hacerlos huecos, cuando se requiere aliviar los bloques sin reducir sus dimensiones exteriores ni disminuir en forma acentuada o aún, en muchos casos, aumentar sus condiciones de aislamiento térmico, los bloques se hacen huecos, lo que

permite economizar el aglomerante, al reducirse la cantidad de agregado a aglomerar. La existencia de huecos no significa que un determinado bloque resulte más aislante que otro de igual forma exterior y materia prima; será más bien pequeño, mientras que si son grandes pueden desmerecer sus características de aislante del calor, especialmente si el material usado es de tipo muy poroso y por lo tanto mal conductor del calor, pues en este caso puede ocurrir que la capacidad de aislante de la cámara de aire creada sea inferior a la del material suprimido para crearla. Los bloques huecos generalmente mejoran como aisladores del calor si después de colocados se los rellena con materiales granulares o porosos, tales como la piedra pómex.

#### **2.4.b BLOQUES DE PIEDRA POMEZ:**

La piedra pómex se trae de la zona cordillerana, y el cemento es el común, no justificándose el uso del de alta resistencia inicial. Los bloques fabricados con estas materias primas usando una técnica correcta constituyen un material de construcción de muy buena calidad si se los aplica en forma adecuada. La insuficiente cantidad de cemento, mala calidad del mismo o del resto de las materias primas, deficiente técnica de fabricación, ya sea en la etapa del conformado o en la del frague y endurecimiento del aglomerante, son los causantes de los fracasos o fallas que se les atribuye. Deben usarse en "seco" pues tienen un elevado coeficiente de retracción por desecado, siendo común en cambio que se los utilice como a los ladrillos que se colocan prácticamente saturados de agua: el desecamiento de los bloques con posterioridad a su colocación en las paredes, produce su contracción y da lugar a la formación de fisuras.

Los bloques de pómex resultan muy satisfactorios en el conjunto de sus propiedades, pues son livianos, aislantes y moderadamente resistentes.

#### **2.4.c BLOQUES DE ARENA Y CEMENTO:**

Los bloques de arena y cemento son usados en los casos en que se necesita resistencia máxima o cuando la arena sea muy barata. Se los puede hacer macizos o huecos en la misma forma que los de pómex.

Estos bloques resultan bastante pesados y no muy aislantes.

#### **2.4.d BLOQUES DE ESCOMBROS TRITURADOS:**

Los bloques de escombros triturados aglomerados con cal hidráulica y/o cemento, son de uso esperádico, desde que su fabricación depende de la disponibilidad de la materia prima. Esta se obtiene de la demolición de edificios que contienen un elevado contenido de trozos de ladrillos y restos de morteros de mampostería y revoques; cuando la demolición se ha hecho en forma descuidada o indiscriminando puede obtener restos de yeso, que resulta perjudicial pues tiende a hacer a los bloques desintegrables por acción de la humedad. Esta materia prima es poco usada en nuestro medio en la fabricación de bloques, pues las demoliciones son poco importantes; en Europa en cambio en uno de los materiales básicos para la reconstrucción de ciudades que quedaran destruidas por los bombardeos.

Estos bloques se fabrican en formas y tipos similares a los de arena y/o pómex. Su resistencia, peso y aislación pueden considerárselas intermedias entre los de piedra pómex y los de arena, con tendencia a estos últimos.

Las escorias usadas para la fabricación de bloques son productos residuales de la industria, aunque solo unos tipos de los muchos que se producen son realmente aptas. En nuestra industria fue muy usada la escoria proveniente de la combustión o de la

destilación de carbones sólidos minerales, que dejaba una escoria resistente y liviana. El reemplazo del citado combustible por los derivados del petróleo ha hecho desaparecer esa materia prima del mercado. La industria siderúrgica pesada produce en los altos hornos donde se transforma el mineral de hierro de arrabio o fundición bruta, una escoria fundida que mediante un enfriamiento controlado, se transforma en una substancia de propiedades parecidas a la piedra pómez y que en los centros de producción resulta económica. Si bien este material no se usa aún en nuestra industria por falta de producción muy alta, la instalación de varias plantas siderúrgicas importantes, hará que en un futuro próximo su empleo adquiere considerable volumen.

#### **2.4 e BLOQUES DE ESCARIA DE ALTOS HORNOS:**

Los bloques de escoria de altos hornos resultan de características similares a los de pómez; los de escorias de otros orígenes resultan con propiedades afectadas por las intrínsecas de la materia prima usada, aunque en general puede estimarse que son inferiores a la mencionada en primer término.

Las virutas de madera y los residuos vegetales tales como las pajas y las cáscaras de algunos cereales como el arroz, presentan en la fabricación de bloques las limitaciones propias de su origen orgánico y por tanto su tendencia a la descomposición o putrefacción en los medios húmedos; esto hace que tales bloques solo deban usarse en ambientes interiores y secos; otro aspecto desfavorable en la considerable contracción que experimentan al perder humedad. En cambio la estructura fibrosa de muchas de estas materias primas, permite hacer bloques de gran tamaño y pequeño espesor, que en muchos casos pueden considerarse como placas o chapas. Como aglomerante se usa el cemento y a veces el yeso, haciendo posible la utilización de este último material cuando el bloque o placa se coloque en ambientes secos. Quedan por último los bloques construidos con hormigones porosos de cementos, estos se hacen corrientemente macizos por motivos derivados de la técnica de fabricación, sus propiedades, en cuanto a peso, resistencia y capacidad de aislación, pueden ser variadas casi a voluntad dentro de una gama muy amplia. Se fabrican con diversos tipos y procedimientos que tienen en común el aglomerante que usan, el cual es casi invariablemente cemento, variando de tipo a tipo el método de producir los poros dentro de la masa, recurriendo en un procedimiento a la insuflación de aire en el mortero, mientras que otros se basan en la producción de espumas o de gases creados por reacciones químicas, etc. Este material no cuenta aún con la difusión que corresponde al conjunto de características que posee. En Suecia por ejemplo, en cambio se estima que la mitad del cemento que se consume es en la fabricación de hormigones porosos (fig7).

MODELO	DATOS TECNICOS	MODELO	DATOS TECNICOS
	<b>Modelo N° 1 BLOQUE para TABIQUE</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 6 x 25 x 40 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 10		<b>Modelo N° 10 DECORATIVO</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 10 x 30 x 30 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 11
	<b>Modelo N° 2 BLOQUE para TABIQUE</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 10 x 20 x 40 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 12.5		<b>Modelo N° 11 DECORATIVO</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 10 x 30 x 30 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 11
	<b>Modelo N° 3 BLOQUE para PARED</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 15 x 20 x 40 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 12.5		<b>Modelo N° 12 DECORATIVO</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 10 x 30 x 30 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 11
	<b>Modelo N° 4 BLOQUE para MURO</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 20 x 20 x 40 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 12.5		<b>Modelo N° 13 DECORATIVO</b> MEDIDAS en CENTIMETROS ESPESOR x ALTO x LARGO 10 x 30 x 30 CANTIDAD por M <sup>2</sup> : 11

FIGURA 7

## 2.5 ASBESTOS CEMENTOS – FIBROCEMENTOS:

Otros tipos de material aglomerado pétreo artificial, muy difundido en la construcción de caños. Los hormigones y morteros en general tienen alta resistencia de compresión pero muy baja a la tracción, lo cual trae aparejado que cualquier elemento de poca sección con respecto al largo y el ancho, se fracturaria con facilidad sometido a esfuerzos de flexión, a consecuencia de la poca resistencia a la tracción. Para solucionar este inconveniente, se agrega al mortero algunos materiales fibrosos que suplen esa falta de resistencia a la tracción; las fibras se disponen convenientemente en el interior de la masa para absorber los esfuerzos de tracción. Las fibras deben reunir características especiales; no pueden ser animales ni vegetales, por cuanto se alteran facilmente en presencia de la humedad, por lo que debe recurrirse a fibras de origen mineral (amianto) usando actualmente la fibra de un vidrio; este último metodo, más moderno se halla en desarrollo.

El amianto es una roca de constitución muy curiosa, los cristales forman cadenas alargadas y constituyen un conjunto de fibras, siendo desde el punto de vista químico un silicato de magnesio hidratado, que puede contener a veces hierro en forma de óxido y óxido de Ca combinado. Estas fibras son de longitud muy variada, según el tipo de amianto o de asbesto y según la procedencia, pudiendo oscilar desde apenas 1 mm,

hasta metros de largo, siendo en general bastante resistentes a la tracción, lo que confiere al mortero una resistencia más pareja a los esfuerzos de tracción y compresión. El 75% de producción mundial de amianto corresponde a Canadá, siendo países productores: Italia, Sudafrica y Rusia, existiendo también yacimientos en nuestro país, Brasil y otros países de producción menor. Para poder ser utilizado en la fabricación de fibrocemento, el amianto debe presentar fibras largas, de no ser así no es apto para esta industria, quedando relegado para sus otros tipos de empleo como en las aislaciones térmicas. Este material posee algunas propiedades curiosas: tiene parecido con la madera por cuanto se le puede aserrar, agujerear por desgaste, pero no clavar directamente. El peso específico es variable pero oscila en los 2000 Kg/m<sup>3</sup>.

#### **2.5.a TECNICA DE FABRICACIÓN:**

La operación previa es la extracción del amianto que viene incorporado en otras rocas y tiene elementos extraños en sus fibras, por lo que debe ser depurado, triturado el material sin romper fibras, se bate y se separa haciendo pasar sobre el material triturado una corriente de aire que arrastra las fibras de amianto y deja como residuo los elementos pesados que no interesan; posteriormente se clasifican por calidades. Al amianto que resulta apto para "fibrocemento" se incorpora almortero de cemento en proporción que depende del tipo de amianto y del tipo de material a fabricar; generalmente se utiliza del 12 al 15% de amianto con respecto al cemento, proporción en peso. El mortero de fibrocemento no contiene otros elementos que cemento, amianto y agua en gran proporción, siendo el color resultante de la tonalidad gris del cemento; si no se desea que resulte de esa coloración se puede agregar en el mortero elementos colorantes del mismo tipo de los utilizados en la industria del mosaico, es decir que sean resistentes a la acción de los agentes alcalinos, de las aguas y de la sal; generalmente se utiliza el rojo y en escala menor el negro, si bien la adición del colorante beneficia el aspecto, resulta perjudicial para la resistencia.

La técnica de conformación del material es una técnica bastante especial: no se moldea como los morteros u hormigones de tipo común sino que se emplea un sistema muy parecido al utilizado en la industria del papel (cartones).

#### **2.6 SUELO CEMENTO:**

No es de aplicación frecuente en los centros urbanos, pero sí en las construcciones rurales. Se conoce con el nombre de suelo, la tierra común corriente, material de grano fino. Este elemento solo puede adquirir una capacidad más o menos grande según su composición granulométrica, la humedad y el apisonamiento, pero a veces esa resistencia no es permanente y se ve afectada por la humedad del medio ambiente. Se ha buscado corregir esa tendencia a modificar su resistencia incorporando al suelo algo que lo consolide, se compacte pero sin esa propiedad reversible. Para ello se ha recurrido al cemento. Se mezcla la tierra con una cierta cantidad de cemento y formando un esqueleto interno da resistencia permanente que impide la desintegración cuando se produce la modificación del tenor de humedad. Hay que buscar un suelo que tenga la mejor composición granulométrica, la humedad requerida y luego el apisonado conveniente. El suelo corriente está formado por partículas de distintos tamaños, se usa una clasificación morfológica distinta de la que hemos visto basada en clasificaciones norteamericanas.

Elementos que tienen tamaños comprendidos:

Arenas: entre 1 mm y 0.05 mm.  
Limo: entre 0.05 mm y 0.005 mm.  
Arcilla: entre 0.005 y 0.001 mm.  
Coloides menores de un micrón.

La adecuada dosificación de estos elementos contribuyen a formar un suelo más compacto. Cuando esta dosificación no es adecuada es necesario la adición de mayor cantidad de cemento.

Arcilla y coloides: 12 a 17% en peso.  
Limos: 5 a 10% en peso.  
Arenas: 72 a 78% en peso.

Si el suelo no responde a estas características, es necesario corregirlo mezclándolo con otro que le suministre los granos que le faltan.

Humedad: se considera óptima cuando es la que permite conseguir la mayor compacidad por apisonamiento. Si está muy húmedo el material no se puede apisonar. La prueba práctica del grado de humedad se hace amasando entre las manos hasta formar una pelota y luego fracturarla con los dedos. Cuando permite aglutinarla con las manos tiene bastante humedad, si no se puede, está muy seca, y si al fracturarla deja las dos caras limpias tiene la humedad correcta, de lo contrario tiene demasiada humedad, del 8 al 15% humedad óptima, depende del tipo de terreno. Si la cantidad de agua contenida es escasa se puede modificar de 2 formas; agregándole el agua que le falta, o con un apisonado más energético. Agua excesiva, ventilar el suelo para que se evapore. El tamaño de los granos tiene importancia y deben pasar por un tamiz de 4 mm y un 70%, por uno de 2 mm. Se adiciona de un 8 a un 14% de cemento dependiendo de la mayor o menor perfección del suelo. Este material es muy económico, pero no todos los terrenos sirven en igual medida; el terreno vegetal que contiene una capa de humus, no es apto para el suelo-cemento por su contenido de materias orgánicas. En toda la zona pampeana después del humus se encuentra el suelo pampeano de sedimentación sólida. Es bastante bueno pero se lo puede mejorar adicionándole arena (una tercera parte). El peso específico de este material depende de la compacidad y oscila entre 1500 y 1600 Kg/m<sup>3</sup>.

## MATERIALES AGLOMERANTES.

Desde que comenzó el empleo de materiales pétreos para organizar construcciones, surgió la necesidad de contar con otro material complementario capaz de reunir los diversos tipos de piedras naturales o artificiales, formando conjuntos más o menos monolíticos, limitando o anulando los movimientos relativos de las distintas piezas, así como el pasaje del aire entre las juntas, facilitando al mismo tiempo la transmisión de las cargas de una piedra a otra con cierta uniformidad, sin necesidad de alisar previamente las superficies de contacto para seguir su paralelismo.

Para cumplir estas funciones se requieren sustancias capaces de desarrollar no solamente la cohesión necesaria para adquirir la resistencia indispensable para soportar las cargas, sino que también presenta una adecuada adhesión con los materiales pétreos; por supuesto que las condiciones en cuestión, una vez adquiridas, deben ser permanentes e inalterables bajo las condiciones normales de uso.

Las propiedades requeridas pueden ser alcanzadas a través de procesos de carácter físicos o químicos o de combinaciones de ambos.

Los aglomerantes de uso más corriente adquieren su cohesión y adhesión mediante reacciones químicas de tipo irreversible en condiciones de uso lo cual da la necesaria inalterabilidad.

Podemos definir como aglomerantes a aquellos materiales que tienen la propiedad de unir o aglomerar a otros, pues al endurecerse unen, aglomeran, pegan entre sí los trozos o granos sueltos de los agregados. Al ser amasados con agua se plastifican y al ir perdiendo esta, al secarse, se endurecen mediante un proceso interno que se llama frague o fraguado, se los denomina asimismo ligantes hidráulicos.

Los principales aglomerantes usados en construcciones para vincular elementos pétreos naturales o artificiales son:

- a) Arcilla
- b) Asfalto
- c) Cales
- d) Cementos
- e) Yesos

Los dos primeros tienen un interés más bien de carácter histórico que práctico, pues su uso se ha perdido casi completamente, quedando relegando únicamente a casos especiales.

Los otros tres aglomerantes, cales, cementos y yesos, constituyen el grupo más difundido en la actualidad. Aunque presentan propiedades y características muy distintas entre sí, poseen no obstante, algunas en común; por ejemplo, los tres actúan por procesos químicos y los tres están constituidos por compuestos de calcio. En las cales el fundamental es el óxido de calcio, en los cementos los silicatos y aluminatos de calcio y en los yesos el sulfato de calcio.

En la etapa previa a su uso, estos tres aglomerantes constituyen sustancias químicamente inestables, que puestas en las condiciones ambientales y frente a los

reactivos adecuados reaccionan químicamente, adquiriendo las características definitivas y desarrollando la cohesión y adherencia requeridas.

Los aglomerantes en cuestión se clasifican en AEREOS e HIDRAULICOS:

-**Aéreos:** son aquellos que necesitan forzosamente del aire para producir las reacciones.

-**Hidráulicos:** los que no lo necesitan.

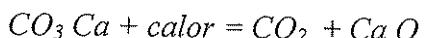
Al primer grupo pertenecen las cales denominadas CALES AEREAS que REACCIONAN con el anhidrido carbónico que toman del aire. En el segundo, el de los AGLOMERANTES HIDRAULICOS, están comprendidas las cales hidráulicas, los cementos y los yesos, aglomerantes estos que reaccionan en lugares privados de aire.

## 1. CALES

Por la característica de su proceso de endurecimiento, las cales se clasifican en AEREAS e HIDRAULICAS. Las primeras requieren imprescindiblemente para adquirir poder aglomerante, el contacto con el aire, del cual extraen el anhidrido Carbónico. Las otras pueden conseguir esa capacidad de aglomerar tanto en contacto con el aire, como al abrigo de él y bajo el agua.

**1.1 Cales Aéreas:** se fabrican usando como materia prima rocas calcáreas con pocas impurezas. Estas rocas se someten a la acción del calor (calcinado) en hornos verticales, generalmente del tipo continuo, que se carga por el tragante en capas alternadas de carbonato de calcio:

La acción del calor produce la dissociación del mineral en anhidrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ).



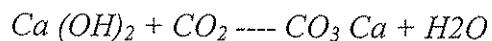
El anhidrido carbónico que es gaseoso se elimina con los gases de la combustión, quedando como producto final  $\text{CaO}$ .

El  $\text{CaO}$ , llamado comúnmente cal viva, es una sustancia eminentemente inestable del punto de vista químico y trata de apoderarse del agua del aire o de otras sustancias que lo contengan, con que se pone en contacto, es eminentemente cáustica. Cuando se le suministra agua en cantidad suficiente la cal viva se hidrata, transformándose en hidróxido de calcio o cal apagada, de acuerdo con la siguiente ecuación:



Esta reacción se produce acompañada por un fuerte desprendimiento de calor ( $150^\circ$ ) y un gran aumento de volumen, este último llega a ser el doble del primitivo, circunstancia que obliga a hidratar completamente la cal viva, contenida en los aglomerantes, antes de incorporarlos a los morteros; por cuanto si ese proceso se hiciera después la expansión que le acompaña provocaría dislocamientos y roturas.

La cal hidratada o apagada tampoco es químicamente estable y tiende a combinarse con el anhidrido carbónico que extrae del aire;



Al recombinarse forma nuevamente  $CaCO_3$ , o que vuelve a la misma composición química de la roca original; al hacerlo cristaliza y las masas de cristales trabadas y entrecruzan hacen que el material adquiera resistencia y poder aglomerante.

Todo este proceso es lento, demorándose más de 30 días en conseguirse resistencias moderadas. Además, el hecho de necesitar el contacto con aire, hace que este aglomerante no pueda usarse en estructuras gruesas o sumergidas, donde no puede llegar el  $CO_2$ .

Las cales aéreas pueden ser clasificadas en GRASAS Y MAGRAS según las cantidades de impurezas que contengan.

**1.1a Cales Grasas:** son las que contienen una proporción menor del 5% de óxido de Mg; al ser apagadas llegan a aumentar 2 veces su volumen; el mortero de cal grasa no debe usarse en cimientos, se utiliza para levantar paredes y revoques.

**1.1b Cales Magras:** contienen más del 5% de óxido de Mg, que puede llegar hasta un 50%, con más del 10% la cal se enegrece y toma un color grisaceo; reacciona con mucho menos desprendimiento de calor en contacto con el agua, y su aumento de volumen es casi nulo; su escaso rendimiento es debido al contenido de Mg que afecta además el endurecimiento.

**1.1.1 Suministro de Cal Aérea:** la cal aérea se vende en estado de cal viva en terrones a granel, envasado en bolsas de alpilleria y en polvo en bolsas plásticas.

**1.1.2 Apagado:** para poder emplear la cal viva se necesita ponerla en contacto con el agua, para que se hidrate, y esta operación recibe el nombre de "*apagado de la cal*". Con poco agua se obtiene la "*cal quemada*", con exceso la "*cal ahogada*" y con la cantidad presisa se consigue la "*papilla*". Los procedimientos son los siguientes:

- *Apagado Espontáneo al Aire:* el apagado puede realizarse en forma espontánea con solo dejar los trozos de cal viva a la acción del aire húmedo; en estas condiciones el óxido de calcio se hidrata, transformándose en polvo, pero simultáneamente las partículas ya hidratadas se van combinando con  $CO_2$  del aire, transformándose en  $CaCO_3$ , o sea una sustancia inerte, con lo cual la cal pierde su condición de aglomerante.
- *Apagado por Inmersión:* la cal viva se apaga en obra con la cantidad de agua necesaria; con poco agua se obtiene la cal quemada; con exceso cal ahogada y con la cantidad precisa se consigue la papilla o pasta de cal.

Para la cal grasa, la forma habitual de apagado es la llamada por fusión, submersión o inmersión. Consiste en colocar en una pileta de dimensiones adecuadas una cantidad de agua, luego se hace la cal viva procurando que el agua la cubra totalmente. La reacción es muy rápida y comienza a los 5 minutos en las cales puras de buena calidad y algo después si son impuras o magras. Cuando las reacciones químicas se han

producido en su mayor parte, lo que se conoce con la disminución del hervor y de la producción de vapor, se agrega mas agua hasta completar 2,5 a 3 veces el peso de la cal viva.- Se empasta todo el conjunto formando una lechada espesa que se hace pasar por un tamiz de 900 mallas por decímetro cuadrado; para eliminar las impurezas, a un pozo de forma tronco piramidal revestido con ladrillos comunes.

La lechada de cal, por decantación se prepara en agua de cal y pasta de cal, siendo ésta última la utilizada en construcciones.- La cal debe quedar, como mínimo, dos días para La cal apagada puede conservarse en estado de pasta en forma indefinida, sin que se endurezca, si se la conserva permanentemente bajo agua.

**1.1.3 Rendimiento:** El rendimiento de las cales se aprecia por el volumen de pasta que se puede conseguir con una cantidad de cal viva, y por el peso de cal viva necesaria para obtener un volumen determinado de pastas. Como el volumen de pasta varía con su contenido de agua, para unificar el término de comparación, las comprobaciones se hacen con cal apagada en estado de “pasta firme” entendiéndose por tal la pasta que tiene consistencia suficiente para soportar sobre su superficie el peso de un ladrillo común puesto de plano.- el rendimiento corriente es de 1m<sup>3</sup> de pasta con 300 a 360 kg. de cal viva en terrones, mas la adición de unos 930 l de agua.- el peso específico de la cal apagada en estado de pasta firme es de 1300 a 1400 kg/m<sup>3</sup>.

**1.1.4 Provisión de Cal Aérea:** La cal aérea se vende en estado de cal viva en terrones, a granel, por tonelada; a veces se suministra envasada en bolsa de arpillería y también puede suministrarse en polvo envasada en bolsas plásticas.

**1.1.5 Cal Aérea Hidratada en Polvo:** El Oca puede hidratarse y transformarse en polvo de cal (hidróxido de calcio en polvo) dependiendo ello de la cantidad de agua que se agregue para producir el apagado.

Si el Oca lo vinculamos con la cantidad de agua químicamente necesaria para producir la reacción, 33% del peso de la cal, obtendremos un material pulverulento , cal hidratada en polvo.

Comercialmente existen cales aéreas que se expenden embolsadas en envases de 40 kg., ya hidratadas, molidas, tamizadas y en estado pulverulento.-

La cal hidratada se mezcla en seco con el árido y luego se le agrega el agua para formar el pastón. Tienen la ventaja sobre la cal viva de su fácil manipuleo, menor tiempo y espacio para su utilización y no contienen granos mal apagados (calichas) que perjudican luego la albañilería y especialmente los reboces.

#### **1.1.6 RESISTENCIA MECANICA DE CALES AÉREAS**

**1.1.6.a Ensayo de Tracción y Compresión:** Para determinar la resistencia a tracción de un cal, se somete a una probeta de 4 x 4 x 16 cm. a un ensayo de flexión bajo una carga de punta en su centro. Se ensayan 6 probetas y luego se encuentra la media de los resultados. La resistencia a compresión se obtiene ensayando como probetas las 12 mitades del ensayo a tracción. Se carga las probetas a compresión hasta al rotura y se

calcula la media de las resistencias de las 12 probetas, valor que se toma como la resistencia a compresión de la cal.

**1.1.6.b Ensayo de Expansión:** Se realiza este ensayo con las agujas de Le Chatelier. La separación de los extremos de las agujas debe ser inferior a 10mm alos 7 dias se ensaya en frío, y a las 3 horas sí se ensaya en caliente.

Se realizan además otros ensayos normalizados, como ser: consistencia, tiempo de fraguado, etc.

**1.2 Cal Hidráulica:** La necesidad de contar con aglomerantes que no dependan en forma exclusiva del aire para desarrollar en resistencia, ha dado lugar a la fabricación de cales hidráulicas, que, además de solidificarse y fraguar en el aire, lo hacen bajo el agua. Éstas se fabrican con calcáreos que contengan finamente diseminadas en su masa, en forma de impurezas, cantidades variables de arcilla, (más del 5%). Esta sustancia que es un silicato de alumina hidratada, se deshidrata y disocia en el procesote cochura del calcáreo; si la temperatura se eleva lo suficiente, el anhídrido silícico y la alumina se combina con el Oca, dando lugar a la formación de silicatos y aluminatos de calcio. Estos últimos compuestos cuando entran en contacto con el agua reaccionan transformándose en hidrosilicatos e hidrosilicatos de calcio que cristalizan confiriendo a resistencia y poder aglomerante a las cales que los contiene, sin la necesidad de presencia de aire. Por esta razón éstas cales se llaman hidráulicas. El mayor o menor poder hidráulico depende de la relación de anhídrido silícico y alumina con el oxido de calcio.

**1.2 Índice de Hidrulicidad:** El índice hidráulico de un aglomerante es la relación en peso entre la sílice, más al alumina, mas el hierro a la cal, más la magnesia.

$$I = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}{CaO + MgO}$$

La relación inversa del índice hidráulico se llama Módulo Hidráulico

$$M = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Vicat hizo una clasificación de los productos hidráulicos teniendo en cuenta dichos índices y el tiempo de fraguado.

NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS	INDICE HIDRÁULICO	% ARCILLA EN LA CALIZA PRIMITIVA	TIEMPO DE FRAGUADO EN AGUA
Cal grasa y magra	0,0 – 0,10	0,0 – 5,3	Fragua solo en el aire
Cal débilmente hidráulica	0,10 – 0,16	5,3 – 8,2	16-30 días
Cal medianamente hidráulica	0,16 – 0,31	8,2 – 14,8	10-15 días
Cal propiamente hidráulica	0,31 – 0,42	14,8 – 19,1	5 – 9 días
Cal eminentemente hidráulica	0,42 – 0,50	19,2 – 21,8	2 – 4 días
Cemento Pórtland	0,50 – 0,65	21,8 – 26,7	1 – 12 días
Cemento Rápido	0,65 – 120	26,7 – 40	5 -15 minutos

**1.2.2 Caliza Para Fabricar Cal Hidráulica:** La extracción de la caliza se hace siempre a cielo abierto, por grandes voladuras, para obtener piedras de composición más homogénea, fragmentándolas después al tamaño conveniente al horno que las ha de cocer.

Normalmente, al fabricarse una cal hidráulica, es muy difícil que la caliza dé al calcinarla la composición deseada; para ello debe corregirse la composición química de la caliza aportando los óxidos necesarios: Para lo cual se emplea arcilla que tiene en su composición los mismos óxidos que la caliza, aunque en distintas proporciones.

**1.2.3 Cocción:** Los mejores hornos para la cocción son los de gasógeno, con los que se obtienen mayores temperaturas y mejores productos al no mezclarse la cal con las cenizas del combustible.

**1.2.4 Apagado de Cal Hidráulica:** La existencia de Oca en la cal viva obliga que la cal hidráulica, del mismo modo que la aérea debe ser hidratada o apagada antes de incorporarse a los morteros. Pero en éste caso la operación no es tan simple como en el caso anterior, pro cuanto conjuntamente con las partículas de oca a hidratar existen los silicatos y aluminatos de calcio que son las que confieren hidraulicidad a la cal y que si se hidratan antes de tiempo se transforman en partículas inertes que solo no mejoran la cal, sino que la enmagrecen. Afortunadamente existe una gran diferencia entre la avidez de agua que manifiesta el Oca y la de los silicatos y aluminatos de calcio, que son de reacción mucho más lenta, lo cual hace posible el apagamiento del oxido de calcio solamente. Para ello basta suministrár en forma de riego la cantidad imprescindible de agua para hidratar el oca, sin que quede sobrante que pudiera hacer lo mismo con los compuestos hidráulicos. La operación es delicada por cuanto si se agrega menos agua puede quedar partículas de Oca sin apagar, proceso que cumplirían después de incorporadas al mortero, haciendo expansivo, mientras que si hay exceso de agua se anula en parte o totalmente el poder hidráulico. Las cales hidráulicas deben utilizarse antes de los 10 o 12 días.

**1.2.4 Rendimiento:** La cal hidráulica no aumenta su volumen al ser apagada.

**1.2.5 Cal Hidráulica Hidratada en Polvo:** Por las causas ya vistas, las cales hidráulicas se hidratan invariablemente en fábrica en condiciones cuidadosamente controladas.

Para la hidratación existen aparatos de fabricación continua, llamados extintores, constituidos por unos cilindros de palastro, rotatorios, de 15 m de longitud y 2 m. de diámetro, en los cuales se introduce por un extremo la cal viva recién obtenida, procedente del horno, llenándolos aproximadamente hasta su mitad y mediante unos pulverizadores se riega con un 10% de agua y produce la extinción o apagado.

El proceso de hidratamiento transforma la piedra de cal en una masa pulverulenta que a veces contiene trozos más o menos grandes que se separan por cernido.

Las cales hidráulicas se pueden definir como el producto obtenido por un proceso de hidratación que transforma la cal viva en un polvo seco constituido en su mayor proporción por hidróxido de calcio y cantidades apropiadas de compuestos silico-aluminosos, que aseguran el endurecimiento bajo el agua de los morteros que con él se preparan.

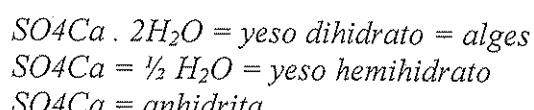
La cal hidratada se abastece, en consecuencia, en forma de cal hidráulica en polvo envasad en bolsas de papel de 40 kg. netos.

**1.2.6 Propiedades Mecánicas y Ensayos:** Igual que las cales aéreas

## 2. YESOS

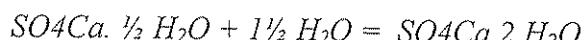
Son rocas que tienen como base el sulfato de calcio hidratado, se presenta compacto ó terroso, por lo general de color blanco, tenaz y tan blando que se raya con la uña.

Deshidratado por la acción del fuego y pulverizado se endurece rápidamente cuando se amasa con agua. Abunda en la naturaleza en tres tipos de yesos:

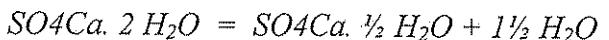


**2.1 Fabricación de Yesos Industriales:** De los tres productos más arriba nombrados, el más abundante en las canteras es el yeso dihidrato; el más escaso es el yeso hemihidrato. Éste tienen la propiedad de fraguar y endurecer si se amasa con agua; este fraguado tiene lugar, de acuerdo a la teoría cristaloide, debido a que actuando los cristales de dihidrato a modo de catalizadores, el hemihidrato reacciona con el agua y pasa a dihidrato. Los cristales de dihidrato así formados se entrecruzan entre sí y proporcionan rigidez y resistencia al conjunto.

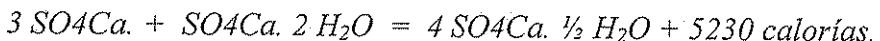
*La reacción es la siguiente:*



Por tanto, como en la naturaleza es abundante el dihidrato, será necesario obtener hemihidrato a partir de aquél para poder utilizar el yeso como material de construcción. Esto se logra calcinando el algez en hornos especiales a una temperatura entre los 140°C a 200°C, produciéndose la siguiente reacción:



**2.2 Yesos Comerciales:** Si las condiciones en el horno fuesen idénticas en todos los puntos de éste, el rendimiento de la operación sería 100% y todo el dihidrato pasaría a ser hemihidrato; no obstante, esto no sucede prácticamente nunca, y por lo tanto quedará cierta proporción de incocidos (dihidrato) si en algún punto la temperatura no llega a la necesaria para la disociación a hemihidrato. Si la temperatura es excesiva en algún punto del horno entonces puede pasar parte del material a anhidrita (en cualquiera de sus formas). Como quiera que, aunque se formasen (por muy desigual reparto térmico en el horno) anhidrita y dihidrato, reaccionarían entre sí según:



Por lo que, en un yeso comercial, siempre supondremos que hay hemihidrato y dihidrato o bien hemihidrato y anhidrita.

Cuanto más rico sea un yeso en hemihidrato, mayor poder aglomerante tendrá, pues el dihidrato y al anhidrita actúan a modo de materia inerte. Por tanto, es lógico clasificar los yesos comerciales según el contenido de hemihidrato en:

- *Escayola:* Si tiene al menos 80% de peso de hemihidrato; además debe ser de color blanco y tener una finura de molido adecuada.
- *Yeso Blanco:* si tiene 66% como mínimo de hemihidrato; de color blanco y finura de molido adecuada.
- *Yeso Negro:* Si tiene al menos 50 % de hemihidrato; color no blanco debido a las impurezas (gris casi siempre); se le exige menor finura de molido que a los dos anteriores.  
El yeso cernido es uno intermedio entre el blanco y la escayola

### **2.3 Propiedades del Yeso:**

#### **2.3.a Composición Real:**

- *Hemihidrato* – Componente principal
- *Anhidrita o Dihidrato* – Componentes por mala cocción de materia prima.

Además por impurezas de la materia prima puede contener:

Carbonato de calcio y carbonato de magnesio, que no se descomponen, pues para ello se necesitan temperaturas del orden de los 600° C.

#### **2.3.b Composición de Laboratorio:** Químicamente se conoce la composición de un yeso mediante el análisis de laboratorio, que vienen expresados como óxidos, anhídridos y agua.

**2.3.c Fraguado y Endurecimiento:** El sulfato de Carchi hemihidratado es químicamente inestable y trata de apoderarse desagua para volver a su forma primitiva; al restituirse a dicha forma, recristaliza y adquiere COHESION Y ADHERENCIA necesaria como para ser considerado como aglomerante.

El proceso de cristalización es muy rápido; el fragüe se inicia a los 2 o 3 minutos; de ser mezclado con agua y termina dentro de los 20 minutos, es pues un aglomerante de fragüe rápido, prácticamente el único de este carácter que se usa normalmente en la construcción, pues tanto los cementos como las cales se caracterizan por ser de fragüe lento.

**2.3.d Desprendimiento de Calor:** Los yesos al reaccionar con el agua acusan un aumento de temperatura de hasta 20°C, sirviendo este desprendimiento de calor como índice de calidad, a mayor elevación de temperatura, mayor calidad

**2.3.e Variaciones de Volumen:** Una característica que diferencia a éste material de las cales y cementos es que al fraguar y endurecerse posteriormente, aumenta ligeramente de volumen y no da lugar como los otros aglomerantes, a la formación de fisuras por contracción; esta característica permite utilizarlo puro y es por ello el único aglomerante que normalmente se emplea en ese estado, vale decir sin mas adición que el agua. Cuando se hacen vaciados en moldes, la expansión favorece la reproducción pues llena mejor los huecos y compacta el material.

**2.4 Usos:** el yeso se adhiere poco a las piedras y menos todavía a la madera, favorece la oxidación del acero, circunstancias que deben tenerse en cuenta para su uso. Siendo un agente que reacciona con agua, el yeso forma parte del grupo de aglomerantes hidráulicos.

No obstante ello, es de resaltar que el yeso debe usarse en lugares secos y en interiores, por cuanto la acción de la humedad después del fraguado lo desintegra rápidamente, volviéndolo pulverulento (se pudre).

El yeso blanco se usa en enlucidos de muros y cielorrasos; el yeso negro, que es mas basto y tosco y de color gris, se utiliza en el primer enlucido de muros y cielorrasos y la escayola se usa en escultura y en cirugía inamovibles.

Si bien la característica del yeso es que como aglomerante puede utilizarse sólo mezclado con agua, esto no implica que no se le hagan adiciones de otros elementos con determinado fin, por ejemplo:

- *Para reducir la velocidad del fragüe se le agrega agua de cal, ya que a veces, los 20 minutos resultan insuficientes para el manipuleo del material.*
- *Se adiciona agua con colas de origen animal para aumentar su dureza, con la cual se superficie puede ser pulida y luego sometida a un proceso de abrillantado.*

- Se adicionan sustancias fibrosas, de origen animal o vegetal para aumentar la resistencia a la tracción.
- Con la adición de alumbre el yeso no se desintegra con la humedad; resulta bastante impermeable utilizándose en el vaciado de estatuas.
- Para las construcciones en seco se fabrican placas y paneles de distintas dimensiones, para cerramientos y revestimientos.

**2.5 Resistencias Mecánicas:** Se determinan las resistencias a tracción y compresión, con probetas iguales a las empleadas para los ensayos de las cales.

**2.6 Provisión de los Yesos:** Se abastece en bolsas de 40 kg.

### 3. CEMENTOS

El material que se comporta de modo distinto de las cales, con completa independencia del aire y sin necesidad de apagamiento previo, constituye lo que se denomina cemento. Los cementos pueden ser naturales o artificiales.

**3.1 Cementos Naturales:** Están constituidos por calcareos que contienen en su masa cantidades adecuadas de arcilla.

Tienen el grave inconveniente de que es muy difícil mantener la uniformidad de las características y calidad, por cuanto no se pueden controlar y corregir las variaciones de la constitución química de la materia prima.

Los cementos artificiales más conocidos son las puzolanas.

**3.2 Cementos Artificiales:** La fabricación de cementos en la que se mezclan carbonato de calcio y arcillas, en proporciones rigurosamente controladas que aseguran la uniformidad y calidad del producto, constituye lo que se denomina cemento Portland.

**3.1.1 Puzolanas:** Son aquellas sustancias síliceas que, reducidas a polvo y amasadas con cal, forman aglomerantes hidráulicos.

Se clasifican en naturales y artificiales:

a) **Puzolanas Naturales:** Son las rocas existentes en la naturaleza que no precisan para su empleo más que la molienda.

Proceden de las rocas eruptivas volcánicas, en forma de ceniza o escorias que han adquirido caracteres de una roca deleznable llamada tobas.

Se clasifican en básicas si contienen de un 45 a 55% de silice, neutras de un 55 a 65% y acidas de 65 a 70%.

Las puzolanas más activas son las acidas y neutras de color claro y ligeras. Las básicas son oscuras y pesadas.

La actividad de las puzolanas es muy variable y depende principalmente del contenido de sílice y alumina libre que forman la masa vitrea y amorfa fácilmente atacables por ácidos y bases diluidos.

Las puzolanas naturales, como hemos indicado, no presisan otra preparación para su empleo más que el de la pulverización procurando que no se airen, pues pierden su actividad.

b) **Puzolanas Artificiales:** Se forman al calentar las arcillas y pizarras y enfriarlas rápidamente y luego pulverizarlas.

3.1.1.1 **Acción de las Puzolanas:** Las pastas puzolánicas se componen de cal grasa o hidráulica y puzolanas, y aun arenas en las proporciones que convengan al objeto de la obra.

Estas mezclas tienen la suficiente estabilidad química para las aguas sulfatadas, pero sus resistencias mecánicas son bajas. Se pueden alcanzar una media, a tracción, de 20 Kg/cm<sup>2</sup> a la compresión, a los 28 días. El tiempo de fraguado, de las mezclas puzolánicas es variable: como valor medio empieza antes de las 50 horas y termina antes de las 100 horas. Es activado por la elevación de la temperatura. Para aumentar estas resistencias se hacen mezclas de puzolanas con cemento Portland.

3.2 **Cemento Portland:** Se define como un producto artificial resultante de calcinar hasta un principio de fusión mezclas rigurosamente homogénea de caliza y arcilla, obteniéndose un cuerpo llamado clíker, constituido por silicatos y aluminatos anhidros, el cual hay que pulverizar junto con yeso, en proporción menor del 3%, para retrasar el fraguado.

### 3.2.1 **Fabricación del Cemento Portland:**

a) **Materias Primas:** Se utilizan generalmente rocas de dos composiciones distintas: calcáreas y arcillosas. Las primeras proveen la cal (OCa) y las segundas la sílice (Si O<sub>2</sub>) y la alúmina (Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub>).

En los casos en que las materias primas disponibles no contengan óxido de hierro se agregan minerales que contengan este óxido. Por razones económicas, dado que para producir una tonellada de clíker se necesita más de 1.5 toneladas de material crudo (materias primas) las fábricas de cemento se ubican en todos los casos en las cercanías de yacimientos que aseguran una adecuada disponibilidad de los dos componentes principales. La explotación de las canteras se efectúa a cielo abierto, previo destape de las capas de suelos inadecuados; las formaciones rocosas se disgregan mediante el uso de explosivos que se colocan en perforaciones practicadas mediante barrenos que funcionan por percusión, rotación y vibración.

El material volado es retirado mediante palas excavadoras frontales que lo cargan sobre camiones o volquetes de hasta 45 toneladas de capacidad. La siguiente etapa consiste en la trituración de los trozos transportados que pueden alcanzar tamaños de hasta 1.20 metros de lado, llevandolos en dos etapas (primaria y secundaria) mediante trituradoras de cono, mandíbulas o rodillos, hasta el tamaño máximo de 30 milímetros.

El material triturado es transportado mediante cintas que pueden alcanzar varios kilómetros de longitud hasta los depósitos de acopio, en los que se efectúa una primera

clasificación por composición química de la materia prima.

De esta manera se dispone de sectores de acopio dedicados exclusivamente, ya sea a calcáreos con contenido normal o elevado de cal, arcilla, materiales correctores de sílice, aluminio y de óxido de hierro.

b) **Dosificación del Material crudo:** Mediante tolvas provistas de básculas comandadas automáticamente se retiran de cada sector del acopio las cantidades de materia prima necesaria para lograr una proporción adecuada de los cinco óxidos que al combinarse darán lugar al clinker, ellos son: OCa, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Omg. Los materiales indicados son conducidos a los molinos de crudo, en los que se mezclan entre sí al mismo tiempo que se pulverizan.

c) **Homogeneización del Material crudo:** Se utilizan dos procedimientos diferentes, el de la vía húmeda y el de la vía seca. El primero consiste en el empleo como vehículo de homogeneización, del agua contenida en grandes piletas a las que se hace llegar el polvo crudo, el que se mantiene en suspensión mediante macanismos removedores desplazables, de paletas, que mezclan íntimamente los componentes del crudo.

El otro procedimiento, (vía seca) se basa en la utilización del aire a presión, que al ser introducido a través de placas porosas por el fondo de silos a los que se lleva el crudo, lo homogeneiza por el efecto de fluidificación que se produce en los materiales pulverulentos al estar en contacto con aire a presión.

Los dos procedimientos tienen ventajas e inconvenientes y su aptitud en cada caso surge también de las características de los materiales que se pretende homogeneizar.

d) **Cocción:** Una vez que se ha completado la homogeneización del crudo, éste pasa al horno, el que consiste en un tubo de paredes de chapa de acero de 20 a 30 mm de espesor, con un diámetro de hasta 6 metros y longitudes de hasta 1.80 metros. La posición de este tubo es casi horizontal, con una ligera inclinación, a fin de que el material que se introduce por el extremo más alto, vaya desplazándose por acción de la gravedad y del movimiento de rotación (1 a 2 vueltas por minuto) hacia el extremo más bajo, por el cual sale convertido en clinker.

La tendencia moderna, en lo referente al manejo de los materiales que se introducen en el horno, es la de precalentarlos previamente, para lo cual se aprovechan los gases calientes que provienen del mismo; de esta manera se consigue que el crudo entre al horno con una temperatura del orden de los 800° C. A medida que el crudo se desplaza en el interior del horno su temperatura va aumentando, dado que por el otro extremo (el inferior) se inyectan gases en combustión a temperatura del orden de los 1500° C. Al llegar a la última parte del recorrido, el material entra en estado de clinkeralización. Se produce la combinación entre los distintos componentes y se forman nuevas sustancias que caracterizan al cemento portland (silicatos, aluminatos y ferroaluminatos). A la salida del horno el clinker es enfriado bruscamente a los efectos de fragilizarlo y evitar la cristalización de los compuestos de magnesio.

d) **Molido del Clinker:** Al salir del horno, el clinker se presenta en forma de piedras porosas granuladas, con tamaños variables de acuerdo a las características del horno

empleado, se lo enfriá por medio de la corriente de aire que se utiliza para la combustión del horno, por lo que se contribuye al calentamiento de este aire que se pone en contacto con el combustible, a mayor temperatura.

En este estado el clinker puede ser mantenido por largos períodos sin que pierda sus propiedades. Para que se convierta en cemento portland se lo muele en molinos de bolas en los cuales se introduce yeso para el control de fraguado. Luego del molido e incorporación del yeso, el cemento portland está listo para su empleo; se lo almacena en silos y luego se o despacha, ya sea en envases de 50 Kg o a granel.

**3.2.2 Composición del Cemento Portland:** La composición en "óxidos" del clinker de cemento portland es aproximadamente como se indica:

$CaO$	61 a 67%
$SiO_2$	20 a 27%
$Al_2O_3$	4 a 7%
$Fe_2O_3$	2 a 4%
$SO_3$	1 a 3%
$MgO$	1 a 5%
$K_2O \text{ y } Na_2O$	0.25 a 1.5%

Durante la formación del clinker del cemento portland, cuatro compuestos principales, concretamente determinados, se forman:

- 1)  $SC_3$  (silicato tricálcico)
- 2)  $2C_2$  (silicato dicálcico)
- 3)  $AC_3$  (aluminato tricálcico)
- 4)  $FAC_4$  (ferrro aluminato tetracálcico)

Donde:

$C$  simboliza al  $CaO$

$S$  simboliza al  $SiO_2$

$A$  simboliza al  $Al_2O_3$

$F$  simboliza al  $Fe_2O_3$

Las proporciones en que intervienen estos cuatro compuestos formados en el clinker, determinan basicamente cada tipo de cemento portland.

Conocido el contenido de óxidos, por estimación a través del Cálculo Potencial, según R H Bogue (Norma A.S.T.M – C – 150 – Especificaciones para el cemento portland), puede calcularse el contenido en el clinker, de cada compuesto.

*a) Silicato Tricálcico.*

$$SC_3\% = 4.07 \times CaO\% - 7.60 \times SiO_2\% - 6.72 \times Al_2O_3\% - 1.43 \times Fe_2O_3\% - 2.85 \times SO_3$$

b) **Silicato Dicálcico.**

$$SC_2\% = 2.87 \times SiO_2\% - 0.754 \times SC_3\%$$

c) **Aluminato Tricálcico.**

$$AC_3\% = 2.65 \times Al_2O_3\% - 1.69 \times Fe_2O_3\%$$

d) **Ferro – Aluminato Tetracálcico.**

$$FAC_4\% = 3.04 \times Fe_2O_3\%$$

Los cementos normales, de fabricación nacional, presentan los siguientes valores medios, de estos compuestos ( contenidos en su clinker).

Como por ejemplo, figura a continuación la composición potencial del cemento normal, cuyos contenidos de óxidos se indicaron en 3.2.2

Compuesto	Composición Química	Símbolo	Contenido %
Silicato Tricálcico	$SiO_2 \cdot 3(OCa)$	$SC_3$	44
Silicato Bicálcico	$SiO_2 \cdot 2(OCa)$	$SC_2$	27
Aluminato Tricálcico	$Al_2O_3 \cdot 3(OCa)$	$AC_3$	13
Ferroaluminato Tetracálcico	$Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3 \cdot 4(OCa)$	$FAC_4$	9
		<b>TOTAL</b>	<b>93</b>

De este cuadro surge que la suma de los silicatos alcanza al 71% del total, la suma del aluminato más el ferroaluminato, al 22% y el resto de los componentes, al 7%.

**3.2.3 Propiedades de los Compuestos del Cemento Portland:** Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland se comporta de manera diferente en lo que respecta a la velocidad de su hidratación, su aporte a la resistencia mecánica, el calor generado y la vulnerabilidad ante la agresión de agentes externos. A continuación se analiza cada compuesto en los aspectos mencionados.

a) **Silicato Tricálcico:** Reaccionan desprendiendo gran cantidad de calor, debido a que se hidrata rápidamente durante los primeros días posteriores a la puesta en contacto con el agua.

Por esta razón los cementos ricos en este compuesto (45 a 60%), en particular si se utilizan en cantidades superiores a 300 Kg/m<sup>3</sup> de hormigón y en piezas de gran volumen en relación con su superficie (fundaciones), se calientan a muy altas temperaturas y posteriormente al disminuir la velocidad del proceso, se enfrián, con lo que se producen esfuerzos de tracción, que al no ser soportados por el hormigón, lo agrietan.

En parte, las propiedades correspondientes a los cementos de alta resistencia inicial se deben a su contenido elevado de este compuesto (estos cementos además, son molidos más finos que los normales, con lo que se aumenta la superficie específica de las partículas en contacto con el agua, lo cual acelera aún más la hidratación).

Al reaccionar con el agua el  $SC_3$ , se libera abundante cal, la cual es sensible a la acción de las aguas ácidas, puras y carbónicas agresivas.

Por lo tanto, en los casos en que cementos con altos contenidos de  $SC_3$  deban estar en contactos con aguas de estas características se producirán deterioros debidos a la disolución de la cal en dichas aguas (Lixiviación), con la consiguiente pérdida de cohesión de la masa del hormigón.

b) **Silicato Bicálcico:** Tiene características opuestas a las del silicato tricálcico; en efecto, su reacción con el agua es lenta, por lo tanto produce menos calor de hidratación y libera menos cal. Los cementos con altos contenidos de  $SC_2$ , son de endurecimiento lento y muy aptos para su uso en obras masivas, porque no aumentan su temperatura en la medida en que lo hacen los ricvos en  $SC_3$ , además, por su poca cal liberada, no son sensibles a las agresiones de las aguas antes mencionadas.

Dado que los contenidos sumados de  $SC_3$  y  $SC_2$  dan valores prácticamente constantes y que sus características son opuestas, los cementos con alto  $SC_3$  tendrán necesariamente bajo  $SC_2$  y viceversa y sus aptitudes o contraindicaciones están directamente vinculadas con dichos contenidos, de acuerdo al siguiente gráfico:

*Influencia de los Contenidos de  $SC_3$  y  $SC_2$  en las Características de los Cementos Portland.*

<i>Característica</i>	<i>Composición</i>	
	$SC_3/SC_2 = 60/20$	$SC_3/SC_2 = 30/40$
Resistencia Mecánica a Corto Plazo (+)	mayor	menor
Fisuración (-)	mayor	menor
Vulnerabilidad (-)	mayor	menor
Protección de Armaduras (+)	mayor	menor

c) **Aluminato Tricálcico:** Es el primero de los compuestos en hidratarse (en las primeras 24 horas), es el que hace necesaria la incorporación de yeso al cemento, porque de lo contrario provocaría el fraguado instantáneo.

Al ser rápida la hidratación provoca aumentos de temperatura; asimismo al hidratarse fija cal liberada por los silicatos. Es muy vulnerable ante la acción de los sulfatos, con los que forma sulfoaluminato de calcio mediante una reacción expansiva, con lo que se destruye la cohesión de la pasta cementicia.

d) **Ferroaluminato Tetracálcico:** Aporta muy poco a la resistencia del cemento, y aparece como consecuencia de la necesidad de controlar el contenido de  $AC_3$ . Sus características son opuestas a las de aquel y como las cantidades de su suma de contenidos son prácticamente constantes (20 a 25%), se cumple así como para los silicatos que para alto  $AC_3$  corresponde bajo  $FAC_4$  y viceversa.

Por lo tanto las propiedades de los cementos son influuidas también por las de estos compuestos en la siguiente forma:

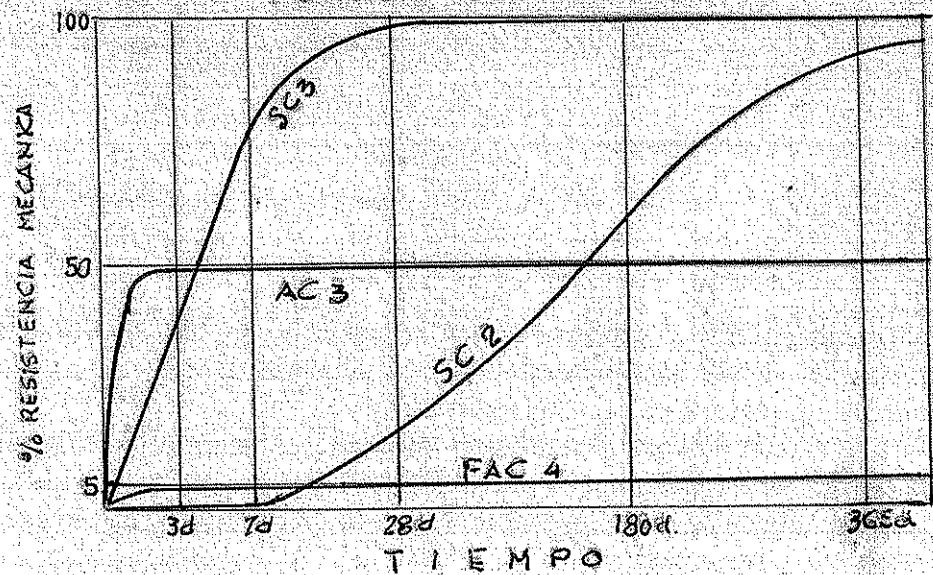
*Influencia de los Contenidos de  $AC_3$  y de  $FAC_4$  en las Características de los Cementos Portland.*

<i>Características</i>	<i>Composición</i>	
	$AC_3/FAC_4 = 15/5$	$AC_3/FAC_4 = 5/20$
Vulnerabilidad (-)	mayor	menor
Retracción (-)	mayor	menor
Calor de Hidratación (+/-)	mayor	menor

e) **Alcalis:** El contenido de álcalis, magnesio y cal libre es de suma importancia en las propiedades de la pasta de C.P endurecida, en lo referente a resistencia química.

f) **Cal libre:** Durante el proceso de cocción de los materiales queda un exceso de óxido de calcio, denominado "cal libre" que resulta peligrosa. La hidratación de esta cal libre es acompañada por entumecimientos. Debe reducirse al mínimo el exceso de cal libre.

**INFLUENCIA DE CADA COMPAÑSTO DEL CEMENTO PORTLAND EN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO**

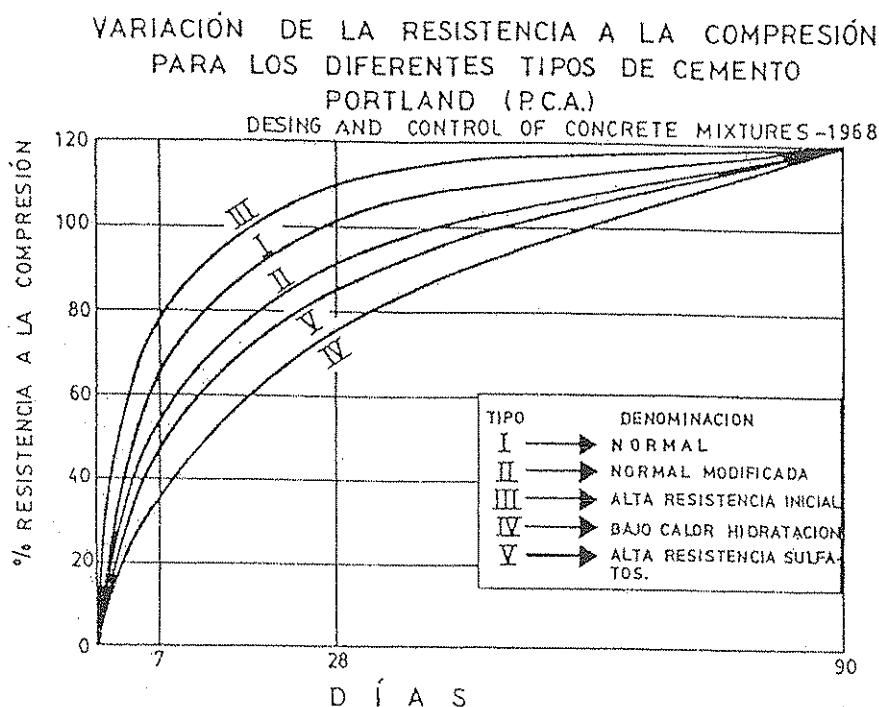


**3.2.4 Tipos de Cementos Portland que se Fabrican en Nuestro País:** Como consecuencia de las características que aportan los distintos compuestos, los cementos en cuya composición entran los mismos en distintas proporciones, modifican sus propiedades haciéndose aptos para determinados usos e inadecuados para otros. Siguiendo las normas norteamericanas A.S.T.M., en nuestro país se fabrican cementos portland de tres tipos diferentes que son los siguientes:

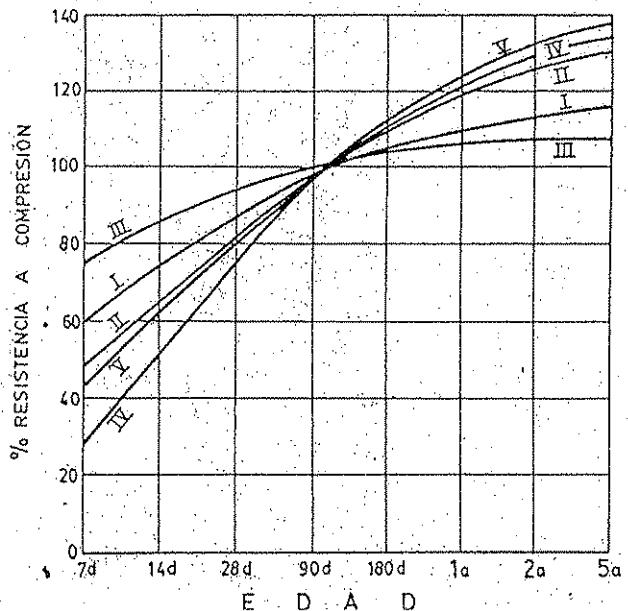
- *Cemento Portland Normal (C.P.N)*
- *Cemento Portland de Alta Resistencia Inicial (C.P.A.R.I)*
- *Cemento Portland de Alta Resistencia a los Sulfatos (C.P.A.R.S)*

Además de estos cementos portland, cuyas propiedades se deben exclusivamente a las distintas proporciones entre los compuestos que forman el clinker portland y a su distinta finura de molido, se fabrican además cementos puzolánicos a los que nos referimos más adelante. Por otra parte, si bien no es de fabricación permanente, existe un 4º tipo de cemento portland, denominado bajo calor de hidratación (C.P.B.C.H). A continuación se reseñan en un cuadro las composiciones potenciales promedio de los cuatro tipos de cementos portland a los que se hizo referencia anteriormente:

<i>Tipo de Cemento Portland</i>	<i>Designación A.S.T.M.</i>	<i>Composición (%)</i>			
		$SC_3$	$SC_2$	$AC_3$	$FAC_4$
N.	I	49	25	12	8
A.R.I.	III	58	15	13	8
B.C.H.	IV	30	46	6	13
A.R.S.	V	45	35	4	11



VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE LA EDAD PARA CADA TIPO DE CEMENTO (ASTM)



### 3.2.5 Usos y Aplicaciones de los Diferentes tipos de Cementos Portland:

#### a) *Portland Normal*

Norma: IRAM 1503.

Franja Envase: color papel.

Usos Recomendados: general.

Limitaciones: no indicado en estructuras en medios agresivos.

#### b) *Portland Puzolanico*

Norma: 1651.

Franja Envase: azul.

Usos Recomendados: general, recomendado para medios ambiente agresivos.

Limitaciones: no indicado cuando se necesitan desencofrados rápidos o habilitaciones tempranas, ni cuando existan ácidos orgánicos e inorgánicos.

#### c) *Portland con Escorias de AltoHorno*

Norma: IRAM 1636.

Franja Envase: verde.

Usos Recomendados: general.

Limitaciones: no apto para estructuras de hormigón pre tensado. No indicado para medios agresivos.

*d) Portland de Escorias de Alto Horno*

Norma: IRAM 1630.

Franja Envase: negra.

Usos Recomendados: general, recomendado para medios agresivos. Ambiente marino.

Limitaciones: no apto para estructuras de hormigón pretensado. No recomendado para climas muy frios. No utilizar con enconfrados deslizantes.

*e) Portland con Filler Calcáreo*

Norma: 1592.

Franja Envase: marrón.

Usos Recomendados: general.

Limitaciones: no indicado para estructuras en medios agresivos.

*f) Portland de Alta Resistencia Inicial (A.R.I)*

Norma: IRAM 1646.

Franja Envase: roja.

Usos Recomendados: premoldeados, desencofrados rápidos, hormigonado en tiempo frio.

Limitaciones: no recomendado para medios químicamente agresivos, ni para obras de hormigón masivo.

*g) Portland Petrolíferos*

Norma: 1518.

Usos Recomendados: cementación de pozos.

Limitaciones: no recomendado para estructuras en medios agresivos.

*h) Portland Blanco*

Norma: IRAM 1691.

Franja Envase: blanca.

Usos Recomendados: general cuando se busca una coloración clara.

Limitaciones: no indicado para estructuras con medios agresivos.

*i) Portland de Albañilería*

Norma: IRAM 1685

Franja Envase: violeta.

Usos Recomendados: albañilería

Limitaciones: no apto para estructuras

### **3.2.5.1 Cementos con Propiedades Especiales:**

#### ***a) Moderadamente Resistente a los Sulfatos***

Norma: IRAM 1656.

Siglas Envase: M.R.S.

Usos Recomendados: general. Contacto con agua y suelos medianamente sulfatados.

#### ***b) Altamente resistente a los Sulfatos***

Norma: IRAM 1669.

Siglas Envase: A.R.S.

Usos Recomendados: general. Contacto con agua y suelos sulfatados (terrenos yesíferos).

#### ***c) Bajo Calor de Hidratación***

Norma: IRAM 1670.

Siglas Envase: B.C.H.

Usos Recomendados: general. Hormigón masivo.

#### ***d) Resistente a la Reacción Alcali-Agregados***

Norma: IRAM 1671.

Siglas Envase: R.R.A.A.

Usos Recomendados: general. Con agregados reactivos.

### **3.2.6 Descripción de los Distintos Tipos de Cementos Portland:**

**a) Cemento Portland Normal:** Es el más comúnmente utilizado. Tiene progresivo aumento de resistencia mecánica con el tiempo y baja resistencia a las agresiones de agentes exteriores. Apto para ejecución de estructuras comunes de hormigón armado, en climas templados y sin exposición a ataques de aguas, gases, o suelos agresivos.

**b) Cemento Portland de Alta Resistencia Inicial:** Alcanza resistencias mecánicas a corta edad (a 7 días la resistencia es similar a la del cemento portland normal a 28 días). Como consecuencia del rápido aumento de resistencia, hay gran desprendimiento de calor y consiguientes cambios volumétricos (agrietamientos). Por lo visto lo ya visto (alto contenido de  $SC_3$  y de  $AC_3$ ), es vulnerable, tanto a aguas ácidas, puras, carbónicas como sulfatadas. Es especialmente apto para su uso en climas fríos, en estructuras de pequeñas dimensiones y en premoldeados, donde se necesite habilitación rápida de las obras y siempre que no haya posibilidad de agresiones.

**c) Cemento Portland de Bajo Calor de Hidratación:** Por su muy baja relación  $SC_3/SC_2$  y  $AC_3/FAC_4$  tiene aumento lento de resistencia mecánica (con curado húmedo permanente puede alcanzar altas resistencias en períodos prolongados). Como

consecuencia de ello produce muy poco calor de hidratación, lo que lo hace especialmente apto para hormigones masivos y en lugares con climas cálidos.

d) **Cemento Portland de Alta Resistencia a los Sulfatos:** Su principal característica es el valor excepcionalmente bajo del AC<sub>3</sub> (5%), lo que confiere durabilidad frente al ataque de aguas o suelos con sulfatos. Por sus contenidos altos de silicatos tiene buenas resistencias a poca y mucha edad, por lo cual reemplaza con ventajas al cemento portland normal.

e) **Cementos Blancos:** Por su fabricación y características químicas y físicas puede considerarse como un cemento artificial tipo portland, solo que deba contener menos del 1% de óxido férrico para poder dar el color blanco. Se utiliza en ornamentaciones, enlucidos de revoques (símil piedra), esculturas y mosaicos. Entre los supercementos existe también el cemento siccofix, de uso muy reducido, se caracteriza por necesitar poco agua de amasado, considerable resistencia a la acción de aceite, petróleo, benzoles y disoluciones salinas.

f) **Cementos Puzolánicos:** Son cementos naturales; tienen bajo calor de hidratación (70 calg a los 28 días); pueden reemplazar a los comunes, su precio es menor; presentan gran resistencia a la acción de las aguas marinas, utilizándose en diques y obras portuarias de mar.

g) **Cementos de Altos Hornos:** Las escorias de los altos hornos tienen una composición química bastante similar al clinker del cemento portland común. Se puede obtener por vía seca o por trituración húmeda; de la mezcla de cemento común y escoria la industria del cemento ha hecho esta clasificación:

- *Cemento de hierro: 20 a 30% de escorias y 80 a 70% de cemento.*
- *Cemento metalúrgico mixto: 50% escoria y 50% cemento.*
- *Cemento de alto horno: 70% escoria y 30% cemento.*
- *Cemento de escorias de clinker: 80% escorias y 20% clinker.*
- *Cemento de escorias de cal: 70% escorias y 30% cal.*
- *Cemento sobre sulfatados: 80% escorias y 15% anhidrita y 5% clinker.*

Estos cementos pueden obtener en su fabricación una economía aproximada del 30%. Son cementos pobres en porcentaje de OCa.

h) **Cemento con Filler Calcáreo:** Es un cemento portland con filler calcáreo, que se obtiene de la molienda de clinker portland y material calcáreo, con adición de pequeñas cantidades de yeso como regulador de fraguado. El contenido de material calcáreo está

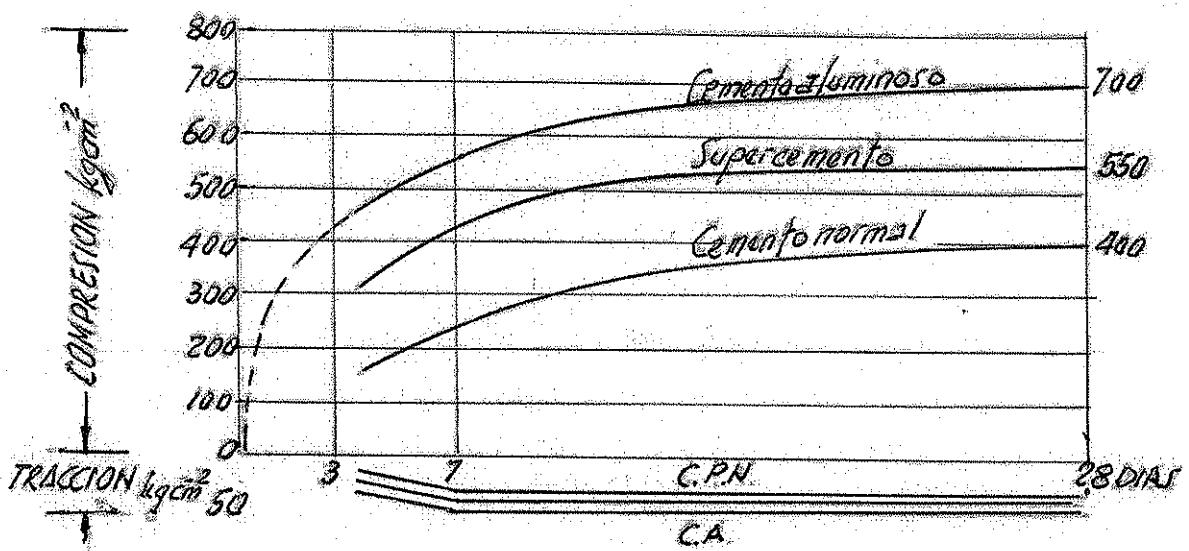
limitado al 20%. La norma exige para estos cementos una resistencia a la compresión a los 7 días de 170 Kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 300 Kg/cm<sup>2</sup>.

i) **Cemento de Albañilería:** Son mezclas de cemento portland y cal apagada, extractos cálcicos o aluminíco, bentonita, puzolanas y arrastradores de aire, molidos a gran finura. Estas mezclas tienen por objeto que los morteros sean mas plasticos, detener el agua de amasado mas tiempo para que no sea absorbida rápidamente por los ladrillos, disminuir las retracción de fraguado y el contenido de ácalis, que producen muchas eflorescencias.

j) **Cemento de Bario:** El OCa que interviene en el clinker es reemplazado por OBa; con el 50% de OBa se obtienen cementos con análogas propiedades mecánicas a las de los morteros con cementos comunes presentando además elevada resistencia a las altas temperaturas a las aguas de mar; se están usando también en las pilas atómicas.

k) **Cementos Especiales:** Presentan propiedades particulares que difieren de las del cemento portland común. Los más conocidos son los "cementos aluminosos", "cementos expansivos", "cementos de frague rápido", "cementos blancos", "cementos de bario", etc.

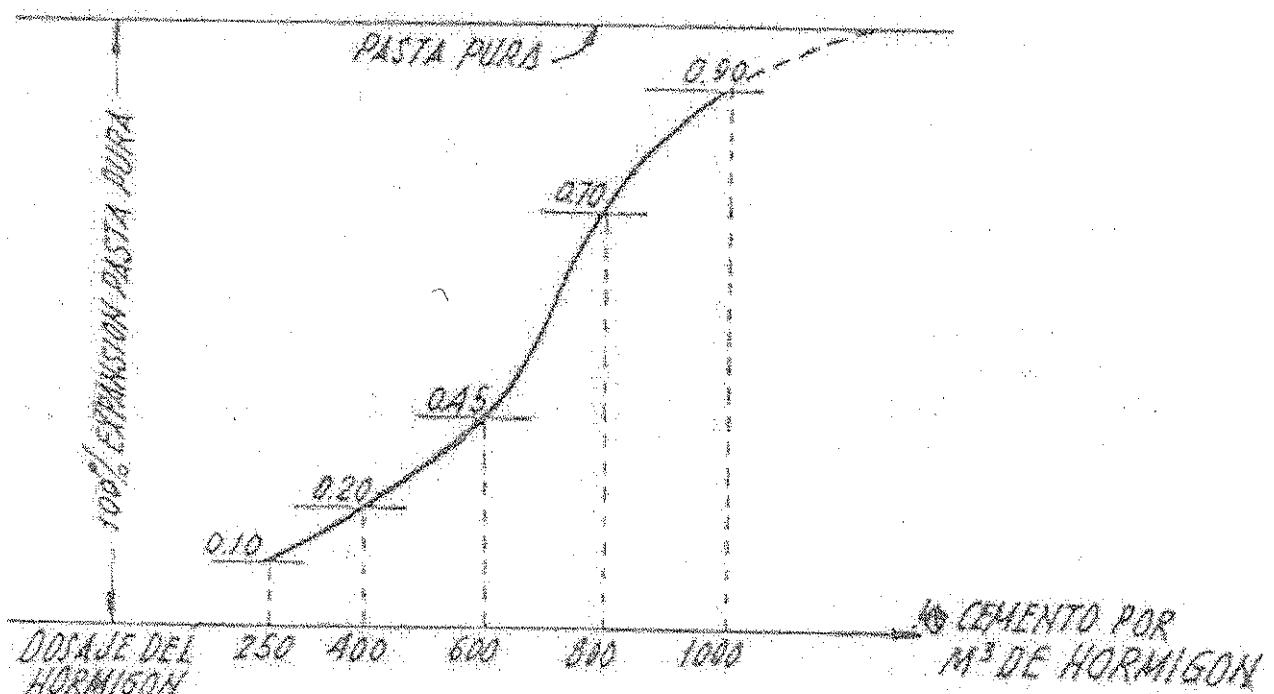
l) **Cementos Aluminosos:** Dan a los morteros normales una gran resistencia inicial, resisten muy bien la acción de aguas saladas y ácidos grasos, pero tienen el inconveniente que todavía no son suficientemente conocidos y en las obras que sufren la acción de humedad y sequedad alternativamente, producen descomposiciones. Tienen en peso un mínimo del 30% de alúmina y su grado de cocción es muy elevado; su precio es muy superior al del cemento común. Son de fraguado y endurecimiento muy rápido, su resistencia iguala en pocas horas a la de los cementos normales a los 7 días. Se emplea en obras marítimas, fundaciones, impermeabilizaciones, etc; resistiendo muy bien las bajas temperaturas, fragua y endurece en el frío en pocas horas.



El gráfico de la resistencia de morteros normales, empleando cemento portland común,

super cemento y cemento aluminoso; se observa que a iguales condiciones, es mayor la resistencia del aluminoso.

m) **Cementos Expansivos:** Son los que sufren expansiones durante un cierto tiempo en el proceso de endurecimiento, debido al sulfoaluminato de cal fuertemente hidratado. El sulfato de cal (en forma de yeso) que retarda el frague, comunica también propiedades expansivas. Se obtienen mezclando cemento común, que constituye la base; cemento sulfoaluminoso que es el elemento estabilizador despues de producida la expansión requerida. Se utilizan en algunas obras de hormigón precomprimido. La intensidad de la expansión de la pasta pura puede llegar a 50 mm. Por metro. La velocidad de expansión puede regulizarse y dura desde 24 horas hasta 28 días. El grado de expansión depende mucho de la cantidad de cemento usado en el hormigón, como se ve en el siguiente gráfico:



### 3.2.7 Comportamiento del Cemento Portland:

a) **Fraguado y Endurecimiento:** Al amasar el cemento con agua, reaccionan sus componentes, formándose una masa plástica que dura un cierto tiempo para poder ser colocada en obra, perdiendo después, primero, su plasticidad (principio de frague), volviéndose más o menos quebradiza, no pudiéndose ser moldeada o reamasada con agua, y después se consolida (fin de fragueado), aumentando su dureza hasta alcanzar el aspecto petreo.

Al primer procesoo se lo llama fraguado y al segundo endurecimiento.

**b) Desprendimiento de Calor:** La reacción del cemento con el agua es exotérmica, pudiéndose observar una elevación de temperatura introduciendo un termómetro en la masa, tiene importancia este fenómeno, pues en las grandes masas de hormigón, se ha llegado a medir temperaturas de 50° C por encima de las del ambiente, y que persisten durante largo tiempo. Esta elevación de temperatura da lugar a los agrietamientos producidos en las grandes masas de hormigón cuando se enfrián, originando la contracción.

**c) Variaciones de volumen:** El cemento portland, como todos los aglomerantes hidráulicos, experimentan durante el endurecimiento debajo del agua un aumento de volumen aparente.

Por el contrario, el volumen absoluto disminuye, por ser menor el volumen real de los hidratos a la suma de las sales anhidras y el agua.

La contracción final para casi todos los aglomerantes hidráulicos es de 4 a 5 cm<sup>3</sup> por 100 grs de aglomerante.

**d) Retardadores de Fraguado:** Se emplea yeso crudo y el semihidratado. Su efecto es detener el fraguado rápido del aluminato tricálcico, contribuir a la extinción de la cal libre por su agua de hidratación y aumentar las resistencias al principio del endurecimiento.

**e) Falso Fraguado:** Se observa, al amasar un cemento con agua, el material adquiere consistencia, parece fraguar, y si se prosigue el amásado sin agregar mas aguas, se deshace aquella consistencia y fragua normalmente.

Parece que el falso fraguado no altera las propiedades del cemento portland, siendo, por lo tanto, inofensivo.

**f) Aireación del Cemento:** El aire seco no altera el cemento, pero si está húmedo, absorbe carbónico y acelera el fraguado, mientras que la humedad los retrasa y disminuye las resistencias.

Si se envasa cemento en vasijas herméticas, se conserva indefinidamente a la temperatura ordinaria, pero si estas son elevadas, puede adquirir un fraguado relámpago tan pronto como se airee.

**g) Sustancias Perjudiciales al Cemento Portland:** Algunas sustancias actúan sobre el cemento portland, fraguado, atacándole y poniendo en peligro la obra ejecutada.

- *Las Aguas puras (de lluvia) actuán sobre los componentes que forman el cemento portland fraguado, disolviendo la cal y arrastrando parte de la alúmina, y si se prolonga su acción queda un residuo formado por silice, óxido de hierro y alúmina, de aspecto gelatinoso, desprovisto de toda cohesión.*
- *Los sulfatos atacan los cementos portland fraguados.*
- *El sulfato de magnesio, es el sulfato que actúa con mas energía, produciendo expansión sobre cementos portland fraguados y realizando su disgregación.*

- *Las sustancias grasas atacan a los cementos fraguados, solidificando la cal libre.*
- *Las aguas de mar atacan al cemento portland como lo hacen los sulfatos.*
- *Los ácidos, en general, aguas jabonosas, soluciones azucaradas, cloruros, etc atacan el cemento portland.*

**h) Acción del Hielo:** El frío retrasa el fraguado del cemento portland y se detiene cuando la temperatura desciende algunos grados bajo cero, pero vuelve a fraguar cuando la temperatura aumenta. El fraguado del cemento portland, resiste bien las heladas.

**i) Acción del Calor:** El calor acelera el fraguado. Una vez fraguado y endurecido el cemento portland, puede aguantar temperaturas superiores a 100° C, empezando a disminuir su resistencia, puesto que se produce primero una dilatación térmica y después una contracción al evaporarse el agua y a temperaturas superiores a 300° C, es mayor la contracción que la dilatación, apareciendo grandes grietas en la pasta pura.

**j) Almacenamiento de Cementos:** El almacenamiento debe realizarse en depositos o silos secos o bien ventilados, protegidos contra la intemperie. Debe evitarse un estacionamiento mayor de 60 días.

La disminución porcentual de la resistencia mecánica a la compresión por efecto del estacionamiento prolongado del cemento portland embolsado, para 30-60-90-120-150-180 días, contados a partir del fraccionamiento en fábrica, resulta ser:

<i>Tiempo de estacionamiento</i>	<i>Disminución de la resistencia mecánica</i>
30 días	8%
60 días	13%
90 días	18%
120 días	22%
150 días	26%
180 días	28%

### **3.2.8 Especificaciones Sobre el Cemento Portland (Normal)**

Ensayos Fisicos (Norma IRAM 1503).

<b>Requisitos</b>		<b>Unidad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Método de ensayo IRAM</b>
<i>Finura</i>	<i>Material retenido sobre tamiz Nº 200 (75)</i>	%		15	1621
	<i>Superficie específica</i>	<i>cm<sup>2</sup>/grs</i>	<i>Prom: 2500 Indiv: 2250</i>		1623
<i>Constancia de volumen</i>	<i>Expansión en auto clave</i>	%		1	1620
<i>Tiempo de fraguado</i>	<i>Inicial Final</i>	<i>Minutos Horas</i>	45	10	1619
<i>Resistencia a la flexión</i>	<i>7 días 28 días</i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	35 55		1622
<i>Resistencia a la compresión</i>	<i>7 días 28 días</i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	170 300		

Ensayos Quimicos (Norma IRAM 1503)

<b>Requisitos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Máximo</b>	<b>Método de ensayo</b>
<i>Residuo insoluble</i>	%	1.5	IRAM 1504
<i>Anhidrido sulfúrico</i>	%	3.5	IRAM 1504
<i>Oxido de magnesio</i>	%	5.0	IRAM 1504
<i>Pérdida por calcinación</i>	%	3.0	IRAM 1504

**Nomenclatura:**

**Clinker:** Producto granular poroso, que se obtiene por principio de fusión de minerales calcáreos y arcillosos molidos previamente y mezclados en proporciones determinadas.

**Puzolana:** (de Pozzuoli, pueblo de Italia). Material silíceo de origen natural (volcánico o artificial, escoria de alto horno, arcilla activada, ceniza volante) que tiene las propiedades de fijar cal a temperatura ambiente y formar compuestos hidráulicos.

**Superficie Específica:** Suma de las áreas superficiales correspondientes a las partículas de un material granular contenidas en un peso establecido. En el caso del cemento se mide en cm<sup>2</sup>/grs.

**Lixiviación:** Proceso químico de disolución y arrastre de un sólido por un líquido.

### **3.2.9 Ensayos Fisicos de cementos Portland:**

- *Norma IRAM 1621 finura por tamizado*
- *Norma IRAM 1623 finura por determinación superficie específica*
- *Norma IRAM 1620 constancia de volumen mediante autoclave*
- *Norma IRAM 1612 consistencia normal*
- *Norma IRAM 1619 tiempo de fraguado*
- *Norma IRAM 1622 resistencia a la compresión y flexión*

### **4. AGUA DE AMASADO**

El agua de amasado de los morteros y hormigones no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado de aglomerantes.

Las aguas muy puras, como las de lluvia, son ácidas, tienen un pH menor de 7, y las estancadas contienen materias orgánicas.

**4.1 PH:** El pH de una disolución es la medida de concentración de iones hidrógeno y se define por la formula:

$$pH = \log_{10} 1/(H.)$$

En la que (H.) es la concentración en gramos iones por litro.

La constante de ionización del agua es:

$$K = (H.) (OH) = 10^{-14} \text{ a } 25^\circ C$$

El AGUA NEUTRA contiene igual cantidad de iones (H.) que (OH<sup>3</sup>) y tiene el valor de 10-7. Su pH será igual a 7

Las disoluciones alcalinas tienen un pH > 7 y las ácidas un pH < 7.

El pH se determina por procedimientos electrométricos y calorimétricos.

**4.2 Agua Potable:** Se puede emplear sin análisis previo en la contención de morteros y hormigones.

Se entiende por agua potable la que es inolora, inodora e insípida, fresca y que no contenga sustancias mayores de los siguientes límites:

	<i>Miligramos por litros</i>
<i>Residuo fijo por evaporación a 180°C</i>	500
<i>Residuo fijo por calcinación al rojo</i>	450
<i>Cloro, expresado en Cl N<sub>2</sub></i>	60
<i>Ácido sulfúrico</i>	50
<i>Cal</i>	150
<i>Magnesio</i>	50
<i>Materia orgánica total en medio ácido y expresada en oxígeno.</i>	3
<i>Amoníaco por reacción directa</i>	0
<i>Amoníaco libre por destilación</i>	0.02
<i>Amoníaco albuminoide</i>	0.005
<i>Ácido nítroso</i>	0
<i>Ácido nítrico</i>	20

**4.3 Dureza del Agua:** También se acostumbra a llamar aguas potables a aquellas que tienen una dureza total menor a 30° hidrotímetricos franceses.

- 1° hidrotimétrico francés equivale al 0.01 grs de CO<sub>3</sub> Ca por litro

Se llama dureza total el contenido en sales cálcicas, magnésicas y el CO<sub>2</sub>.

Por su dureza se llaman aguas puras las que contienen un grado hidrotímetrico inferior a 50°, aguas buenas potables, las de grado hidrotímetrico inferior a 30°. Son aptas para la bebida, la cocción de legumbres, lavado y usos industriales. Las de 30 a 60° hidrotímetricos son impropias para usos domésticos y las mayores de 60°, para toda clase de empleos.

**Turbiedad:** En cuanto a la turbiedad del agua, se puede tolerar una cantidad de materias en suspensión de 3grs por litro.

**4.4 Temperatura:** La temperatura del agua tiene importancia cuando es superior a 30°C, por acelerar el fraguado en los morteros hidráulicos.

**Cantidad de Agua:** La cantidad de agua varía con la clase de aglomerante, y pasado un cierto límite, hace, que la que no intervenga en el fraguado, al evaporarse, deja poros, debilitando la resistencia e impermeabilidad del mortero u hormigón.

## 5. ADITIVOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES

Los aditivos son sustancias que se agregan a los morteros y hormigones normales para contrarrestar características indeseables de los agregados; hacer frente a condiciones meteorológicas anormales tanto durante la ejecución como en la vida útil; moldear estructuras de características especiales, para prever que el material endurecido habrá de estar sometido a la acción de agentes agresivos; para una mejor trabajabilidad y

conducción del hormigón fresco para otorgar características especiales al hormigón endurecido.

Los aditivos deben usarse siguiendo estrictamente las indicaciones del fabricante, puesto que el uso inadecuado puede producir inconvenientes importantes en las estructuras de hormigón.

La industria produce diferentes tipos de aditivos que cubren las necesidades de la construcción, siendo los más comunes los siguientes:

**Acelerante de Frague:** Producto que acelera el fraguado para desarrollar altas resistencias iniciales y permitir una pronta habilitación de la obra. Existen varios tipos: con cloruro, sin cloruro, con anticongelante y para morteros y hormigón proyectado.

**Plastificantes:** Mejora la trabajabilidad, permite una reducción del agua del 6 al 12% e incrementa las resistencias mecánicas del hormigón en general. Existen en el mercado varios tipos para distintas necesidades, que son los siguientes:

- *Plastificante Universal para el Hormigón*
- *Plastificante para Hormigón Elaborado*
- *Plastificante y Acelerante de Endurecimiento*
- *Plastificante Anticongelante e Incorporador de Aire*
- *Plastificante e Incorporador de Aire*
- *Plastificante y retardador de Frague*
- *Plastificante y Expansor*

**5.1 Incorporador de Aire:** Su uso se recomienda para estructuras hidráulicas en general, hormigón masivo, estructuras sometidas a agresiones químicas y a temperaturas de congelamiento y deshielo. Aumenta la impermeabilidad y la resistencia del hormigón en medios agresivos.

**5.2 Super Fluidificantes:** Mejora la trabajabilidad del hormigón fresco. Ayuda a prolongar la vida útil de los equipos de bombeo y cañerías. Existen varios tipos:

- *de uso universal*
- *para hormigones muy fluidos y bombeables*
- *para hormigón elaborado, prolonga el período de fluidez*
- *reductor de agua de alto rango*

- polifuncional, como plastificante y como super fluidificante

**5.3 Pigmentos:** Son colorantes minerales que se agregan al cemento para obtener coloraciones deseadas. Los pigmentos más usados son:

Amarillos	Oxídos térrico hidratado Sulfuro de cadmio
Azules	Azul cobalto Azul manganeso
Rojos	Oxido térrico anhidro Ocre rojo
Verdes	Oxido de cromo Silicato de hierro
Negros	Oxido ferroso térrico Dióxido de manganeso

## AISLACIONES HIDRICAS, TERMICAS Y ACUSTICAS.-

### I - AISLACIONES HIDRICAS

Las construcciones, en general, se hallan expuestas a la humedad proveniente del suelo húmedo con el que están en contacto, a las aguas de lluvia y alas infiltraciones provenientes de napas de agua, que se originan por distintas circunstancias en determinadas zonas.-

El hecho de hallarse las construcciones en contacto con el agua hace que se produzcan distintos efectos, los cuales dependerán de la permeabilidad de los materiales de construcción y de la intensidad y duración de flujo de agua.-

Cuando un muro esta en contacto con suelo húmedo, la humedad asciende hasta una altura en que la tensión capilar se encuentra en equilibrio con la evaporación. En caso de aguas de lluvia se proveerá a la construcción de un drenaje rápido, en caso que quede agua estancada en algún sitio, la misma penetrará y se manifestará en forma de goteras. Cuando el agua proviene de napas freáticas la infiltración es constante y se manifiesta por flujo de agua, que cesará cuando la altura interior de agua alcance el nivel de napa.-

Para evitar estos efectos se emplean distintos materiales y sistemas, acorde con cada circunstancia , que formaran barreras que impedirán el paso de la humedad. Los sistemas mas usados se clasifican en :

- a) HIDROFUGOS
- b) IMPERMEABILIZANTES
- c) MEMBRANAS
- d) SELLADORES.

a) **HIDROFUGOS:** son materiales muy finos que ocupan los vacíos dejados por el mortero de cemento portland y hacen que el revoque resulte impermeable. Pueden ser orgánicos e inorgánicos,-

a1) *idrófugos químicos inorgánicos de fragüe normal :*

es un producto inorgánico, resistente al ataque bacteriano que se incorpora a morteros y hormigones para ejecutar capas aisladoras para la impermeabilización de muros interiores y exteriores, pisos, sótanos, túneles, piletas, tanques, etc.

a 1-1)*Propiedades:* Los hidrofugos inorgánicos tienen las siguientes propiedades:

- no modifica el tiempo de fraguado de la mezcla.
- no altera la adherencia entre capas sucesivas.
- no impide la respiración de las paredes, evitando la condensación interna
- mantiene permanentemente su acción hidrofugante, no se degrada.

a 2) *Hidrófilo orgánico:*

Están compuestos de pastas de cal grasa y cebo animal. No se aconseja su uso.-

b) **IMPERMEABILIZANTES.-**

b1) TECHOS

b1-1) *Fibrado:* Recubrimiento plástico, impermeable, especialmente elaborado con resina y fibras sintéticas, transitable.- Se aplica con pincel y se utiliza en techos de cemento, fibrocemento, azoteas.

Es lavable.

b1-2) *Plástica:* Es una masa espesa, homogénea, termoplástica, de alto poder adhesivo que acompaña a los materiales en sus movimientos de dilatación y contracción. Es 100%

impermeable. Reemplaza los techados asfálticos. Cubre la superficie sin producir ampollas, no se reseca ni resquebraja a temperaturas que oscilan entre los -20°C y 60°C.

b1-3) Transparente siliconado: Es un líquido lechoso de alto poder adhesivo a base de emulsiones acrílicas y siliconas que una vez aplicado y seco se torna transparente, es de secado rápido, totalmente impermeable, transitable y no se altera su transparencia después de las lluvias.

Se usa como sellador y curado de poros y fisuras en techos de baldosas u hormigón.

b1-4) Emulsión asfáltica para techos: para todo tipo de techos, horizontales o inclinados. Se aplica sobre sustratos húmedos. Es elástica, de rápido secado, no es inflamable y puede conformar una barrera de vapor.

## b2) FRENTES Y MUROS EN GENERAL

b2-1) Revestimiento elástico para fachadas y medianeras: Se presenta en forma de líquido impermeabiliza y protege paredes exteriores. Tienen una excelente adherencia a los materiales de construcción, alta resistencia a la intemperie, refleja los rayos solares y puede entonarse.

b2-2) Protector impermeable incoloro al agua: Es invisible, impermeabilizante líquido de coloración celeste claro, con gran poder de fijación que asegura su acción hidrofugante. Actúa en las superficies tratadas recubriendo los poros sin obturarlo y sin anular la capacidad de respiración; permitiendo de esta manera que la humedad y el vapor salgan a través de los muros, en cambio evita el pasaje de la humedad y el agua hacia adentro.

Se utiliza para proteger frentes, medianeras, tejas, ladrillos, bloques de hormigón, material de frente, etc.

b2-3) Impermeabilizante para muros con humedad de cimiento: Es un líquido a base de siliconas, de gran penetración en mampostería; constituye una capa aisladora horizontal contra la humedad proveniente de suelos y terrenos. Para aplicar en paredes exteriores e interiores de viviendas y edificios industriales.

## b3) ANTIHONGOS

b3-1) Pinturas antihongos interiores: Es una pintura de gran poder cubritivo, de aplicación y secado rápido. No deja olores residuales en los ambientes.

Se presenta en color blanco y para obtener el color deseado se usan "entonadores".

## c) MEMBRANAS

### c1) MEMBRANAS ELASTICAS DE PVC ( cloruro de polivinilo)

Están elaboradas con compuestos vírgenes de PVC y se utilizan para impermeabilizar techos y cubiertas en general, sótanos y fundaciones, silos, piletas de natación, reservorios, tanques, túneles, etc. No envejecen, tienen elevadas resistencias químicas y mecánicas, gran alargamiento a la rotura y no es tóxica, puede estar en contacto con agua potable.

Se fabrica en espesores 1, 1.2 y 1.4 mm y en distintos colores de acuerdo a su característica técnica.

- T10 NEGRA. Para techos y azoteas.
- UV 10 CELESTE. Resistente a los rayos ultravioletas.
- NT 10 VERDE. Para depósito de alimentos y agua potable.
- S 12 NEGRA. Para sótanos y fundaciones.
- R 14 AZUL. Para requerimientos de alta resistencia mecánica.
- OS 18 NEGRA. Nervurada, para conductos cloacales y pluviocloacales.

c2) MEMBRANAS ASFALTICAS CON TERMIBNACION DE ALUMINIO

Están constituidas por una capa de asfalto cubierta con un película de aluminio de 35 micrones de espesor. La capa de asfalto es el elemento impermeable y el que se adhiere a la superficie a proteger. La película de aluminio es el elemento protector del asfalto, lo aísla del aire y evita su oxidación y deterioro y a su vez refleja los rayos solares.

No es transitable, pues si se deteriora la película de aluminio, el asfalto queda expuesto al aire y se deteriora.

Se utiliza para la impermeabilización de cubiertas, azoteas y muros, refleja los rayos solares, resiste los cambios de temperatura, no envejece, no la afecta la humedad permanentemente sobre la misma y se suelda fácilmente en las uniones.

Se fabrica en tres tipos:

TIPO	ESPESOR mm	Peso por m2
SUPER	4	4.1
STANDARD 400	3.8	3.6
STANDARD 300	2.8	2.5

Se provee en rollos de 1m de ancho por 10 de largo.

c) SELLADORES

d1) SELLADOR BITUMINOSO PLASTO ELATICO PREMOLDEADO

Se suministra en tiras y es resistente a las aguas de mar y residuales, a las temperaturas entre -15°C y 70°C y a las sales y alcalis. Se utiliza en muros, pisos y azoteas.

d2) SELLADOR PLASTOELASTICO A BASE DE BETUMEN – CAUCHO

Se lo utiliza en sellado de juntas de dilatación y contracción en pavimentos y pisos en general, resiste el envejecimiento y es de fácil aplicación.

d3) SELLADOR Y ADHESIVO POLIURETANICO, DE UN COMPONENTE, DE CURADO RAPIDO

Para tanques, silos, depósitos e instalaciones sanitarias.

d4) SELLADOR ELASTICO POLIURETANICO, DE DOS COMPONENTES, VERTIBLE EN FRIO

Resistente a aceites y combustibles, útil para juntas horizontales en rutas, pavimentos, pistas de aviación, garajes, estaciones de servicios, etc.

Los selladores con que dispone la Ingeniería Civil, componen una extensa lista, por lo tanto de acuerdo con la necesidad técnica se selecciona el mas adecuado.

## II – AISLACIONES TERMICAS

a) **PROTECCION TERMICA:** Definimos la protección térmica como la suma de técnicas destinadas a controlar los intercambios de calor entre el interior y el exterior de un edificio, a través de sus techos, pisos y paredes, con la finalidad de alcanzar el mas alto nivel de confort compatible con la inversión y el gasto.

Todo esto supone:

a1) Un ámbito exterior; un macroclima cuya temperatura, humedad, vientos, etc. Pueden cuantificarse en:

a1-1) Un ambiente interior; un microclima cuyas condiciones de habitabilidad se aspira a optimizar:

a1-2) Una cascara o piel que al separa el ámbito externo del microclima interno, no solo proteja, sino dote a los muros de cierta inercia térmica capaz de regular los intercambios.

a1-3) Un bagaje disciplinario (leyes, físicas, formulas matemáticas, tabla) que permitan la evaluación cuantitativa de una situación térmica dada y muestren algunos modos posibles de introducir cambios en ella;

a1-4) Un repertorio de materiales de bajo coeficiente de conductibilidad, susceptibles de adaptarse – con bajo uso de mano de obra- a la diversidad de formas impuestas por una variedad gama de sistemas constructivos.

a2) Factores cuantitativos

a 2-1) La temperatura , los vientos dominantes, la humedad, constituyen elementos fundamentales del clima exterior. Sus valores tanto experimentales como a través de las observaciones del Servicio Meteorológico. Los valores medios resultarán de estimaciones estadísticas; los futuros de pronósticos en los que intervendrán estimaciones históricas y proyecciones. A pesar de todo será posible desterrar la aleatoriedad de ciertas circunstancias externas, así como el alto rango de los intervalos que suelen separar las máximas de las mínimas en zonas de clima riguroso.

a 2-2) Será el entorno inmediato de la cascara del edificio. Ese entorno dependerá del emplazamiento de los arboles, de los parques, pérgolas, de los elementos de protección que se interpongan entre el microclima y el muro. Allí, suelen operar las corrientes de aire inducidas. En esta zona, ya es posible actuar; aquí es donde el diseño suele procurar los resultados mas económicos, la mayor ganancia con la menor inversión.

a2-3) El paquete constructivo, la cascara o la piel. Por supuesto, esta es la zona de pleno dominio del diseño. Se trata de un paquete siempre complejo aunque años atrás era por lo general mampostería pura y siglos atrás sillares donde el espesor hacía las veces de moderador térmico. Hoy ese paquete se complica; nuevos materiales , aislantes, barreras de vapor. Todo eso, enfrentando, por supuesto, a secciones mas delgadas, ventanas mas grandes, exigencias de confort más altas, costos de calefacción y refrigeración mas prohibitivos. De allí, que esa sea una zona conflictiva, de diseño, un campo de batalla donde el profesional deberá arbitrar soluciones de compromiso para muchas exigencias antagónicas, inconciliables.

a 2-4) Siempre analizando de afuera hacia adentro, nos encontramos, la del entorno interior. Esta es la zona de las paredes que rezuman agua, la de los efectos desagradables( paredes frías en habitaciones cálidas / paredes calientes en habitaciones refrigeradas). Esta es una zona donde el diseño y algunas simples leyes físicas, pueden conseguir también buenos resultados con módicas inversiones.

a 2-5) Y, nos queda por ultimo, el clima interior; el microclima. Un clima de composición compleja( pues en él influyen el clima exterior y los artificios mecánicos utilizados para modificarlo: calefacción, aire acondicionado, enseres domésticos) un clima cambiante, que conviene mantener dentro de determinados parámetros de humedad y calor.

**CONDUCTIVIDAD TERMICA**  
IRAM 11601

MATERIAL	DENSIDAD ( kg/m <sup>3</sup> )	CONDUTIVIDAD TERMICA ( Kg/m h°C)
Vermiculita suelta	60 A 130	0.060
Lana mineral	50	0.036
	100	0.035
	150	0.035
	200	0.040
Poliestireno expandido en planchas	15	0.035
	20	0.030
	25	0.027
	30	0.026
En copos, volcado a granel		0.043
Perlit suelta(granulado volcánico)expandido	30 a 130	0.046
Perlit con yeso ( revoques	400	0.09
	500	0.10
	600	0.12
	700	0.15
Perlit y cemento	400	0.08
	600	0.12
Fibras de vidrio en planchas	25	0.036
	50	0.031
	80	0.030
	100	0.032
	150	0.035
	200	0.038
	300	0.043
	400	0.050
	500	0.059
Arcilla expandida		
A granel		0.125
Tableros de partículas aglomeradas en general	200	0.052
	300	0.059
	400	0.067
	500	0.075
	600	0.085
	700	0.098
	800	0.115
	900	0.130
	1000	0.150
Madera en general (en el sentido perpendicular a las fibras)	200	0.055
	300	0.072
	400	0.090
	500	0.107
	600	0.125
	700	0.145
	800	0.163
Morteros y/o hormigones con agregados livianos tipo arcilla expandida, vermiculita,	300	0.10
	400	0.12

perlita, granulado volcánico.	500	0.15
	600	0.17
	700	0.19
	800	0.21
	900	0.25
	1000	0.31
	1100	0.35
	1200	0.40
	1300	0.45
	1400	0.50
	1500	0.61
	1600	0.57
Mortero de revoques y de juntas	1800 a 2000	1.0
Mortero de cemento	2100	1.20
Yeso		
Enduido	800	0.34
	1000	0.42
	1200	0.55
Materiales granulares ( tipo granulado volcánico, etc)	300	0.09
	400	0.10
	500	0.12
	600	0.14
	700	0.16
	800	0.18
Mampostería ladrillos macizos	1600	0.70
	1800	0.78
	2000	0.90
Ladrillos huecos	800	0.29
	1000	0.35
	1100	0.38
	1200	0.42
	1300	0.47
	1400	0.52
Bloques de hormigón (mampostería)	800	0.26
	1000	0.33
	1200	0.43
	1400	0.55
	1600	0.66
Vidrio	2700	0.7
Cerámico ( baldosas, tejas)		0.60
Bituman asfáltico	1050	0.15

b) **MATERIALES AISLANTES TERMICOS**

b1) **PLASTICOS:** Conductibilidad térmica muy baja, pesos específicos reducidos, amplia versatilidad y poder de adaptación en obra, explican la difusión de estos materiales como aislantes térmicos.

*b1-1) Poliestireno Expandido:* económico, premoldeado y no se requieren las siguientes precauciones para su uso.

- No exponerlo a temperaturas mayores de 90° C.
- Preservarlo de los disolventes
- Usar los adhesivos y técnicas recomendadas por sus fabricantes.

Se provee en bloques, en planchas y en copos.

Se aplica en techos, cielorrasos, paredes, pisos flotantes, etc.

*b1-2) Espuma Rígida De Uretano:* la mas baja conductibilidad térmica conocida. Se provee en planchas, aerosoles o conformado. Tiene la propiedad de poder inyectarse in situ, adheriéndose íntimamente a casi todos los materiales.

Se aplica en la construcción en general, preferentemente en paneles, muros, cielorrasos y cubiertas.

*b1-3) Mantos De Fibra:* en rollos o paneles, solas o acompañadas con papeles, folios, alambre tejido, etc. ; flexibles o rígidas, todas son el resultado de la superposición de fibras minerales. Incombustibles, imputrescibles y estables. Su adaptabilidad a cualquier superficie constituye una innegable ventaja durante la puesta en obra. Se prevén sueltas para rellenos o en secciones conformadas para aislar cañerías y conductos.

Sus aplicaciones mas recomendadas es en aislaciones de cubiertas, paredes, cielorrasos, tabiques, techos, techos de tejas y paredes dobles.

b2) **AGREGADOS LIVIANOS:** Minerales o cerámicos, la posibilidad de utilizarlos sueltos o integrando morteros u hormigones, hace que su uso sea vasto y que sus especificaciones admitan multitud de variantes.

*b2-1) Arcilla Expandida:* permiten llevar a la masa de obra gruesa su capacidad aislante, su gran inercia térmica. La variedad de sus granulometrias y su adaptación en morteros y hormigones posibilitan la formación de sistemas heterogéneos: estructurales y aislantes.

Las distintas combinaciones de granulometrias y dopajes para sistemas heterogéneos estructurales- térmicos, origina la obtención de una variedad de densidades y a cada una de ellas le corresponderá un coeficiente de conductibilidad térmica.

Se utiliza en la construcción de pisos flotantes, relleno de tabiques, bloques, contrapisos de relleno aislante y hormigón estructural aislante.-

*b2-2) Granulado Volcánico:* son de origen volcánico, compactas, granos finos, aspecto rugosos, livianas, fáciles de cortar, inalterables a la acción de los agentes externos, muy resistentes y adhieren bien al mortero. Suelta tiene una densidad, de acuerdo con la granulometria, que va desde 300 a 800 kg/m<sup>3</sup> y en morteros y contrapisos varia de 300 a 1600 kg/m<sup>3</sup>, como en el caso la arcilla expandida su coeficiente de conductibilidad térmica varia de acuerdo con su peso específico.

Se emplea en la construcción de pisos flotantes rellenos, contrapisos y revoques aislantes.

*b2-3) Perlita:* Es el resultado de la expansión de rocas volcánicas, es inerte, alveolar y de baja densidad.

Su densidad es variable de acuerdo con su aplicación, siendo 100 a 150 kg/m<sup>3</sup> suelta y de 350 a 600 kg/m<sup>3</sup> en morteros y hormigones.

Su principal aplicación es en aislaciones de techos, losas radiantes y revoques térmicos.

b2-4) Vermiculita: Producto de la exfoliación de partículas. Agrega a las características generales del grupo, su virtud ignífuga.

b3) MEMBRANAS ATERMICAS: Se utilizan en techados y cumplen con doble finalidad e ser aislante hídrico y térmico.

Se provén en rollos de 20 m<sup>2</sup> y están compuestos por una membrana de espuma vinílica cubierta en una de sus caras por una lámina de aluminio o dos láminas, de acuerdo con el espesor y tipo.

Se fabrican en cuatro tipos:

- TB- 5 mm- sin aluminio
- TBA-5mm- con aluminio, una cara.
- TBA- 10 mm- con aluminio, una cara.
- TB – 10mm – doble aluminio.

b4) VIDRIOS: para analizar si un vidrio posee propiedades atermicas deben tenerse en cuenta tres valores:

- Factor solar (FS)
- Coeficiente de sombra ( CS)
- Transmitancia térmica (K)

b4-1) Factor solar: Definido como transmisión total de calor solar radiante, es la fracción de calor radiante que, incidiendo en Forma normal, es transmitida a través del vidrio. Esta compuesta por la transmisión directa y por una fracción de la absorbancia. Para una velocidad del viento de 2m/s, aproximadamente 1/3 de calor absorbido por la masa edl vidrio es irradiado hacia el interior y 2/3 son disipado hacia el exterior.

b4-2) Coeficiente de sombra: Indica la propiedad de admisión de calor solar radiante de un vidrio. Deriva de comparar un vidrio de control solar con un vidrio incoloro, cuya transmisión total de calor solar, para un espesor entre 3 y 4 mm es igual a 0.87. Por ejemplo si la transmisión total de calor solar de un float gris es 48%, su coeficiente de sombra es  $0.48 / 0.87 = 0.55$ . Cuanto menor es el valor CS mejor es su performance para controlar el ingreso de calor solar.

b4-3) Transmitancia térmica ( K ) : Indica la cantidad de calor por conducción y convección que se transmite aire/aire, a través de un vidrio por unidad de superficie y de tiempo. Se indica con la letra K y su valor se expresa en W/m<sup>2</sup> K (wats por metro cuadrado por grado Kelvin). Cuanto menor es su valor, mayor es su resistencia térmica.

b4-4) Vidrios que además de cumplir su función, pueden proporcionar algún control sobre la radiación solar.

- b 4-4-1) BLISAN: formados por la unión de las placas de vidrio y plásticos.
- b 4-4-2) GRIS: vidrios o cristales de varias tonalidades.
- b 4-4-3) CRISTAL: Vidrio o cristales de varias tonalidades.

b 4-5) DVH- Vidrio Aislante: doble vidriado hermético; esta compuesto de dos vidrios unidos entre si mediante un separador metálico u orgánico, cuyo espesor define el ancho de la cámara de aire.

El ancho estándar de las cámaras de aire es 6, 9, y 12 mm, siendo la de 12 mm la de mayor eficiencia térmica.-

El DVH siempre se manufactura a medida y su tamaño máximo de fabricación es de 2400 x 3500 mm, compuesto en este caso, debido a su gran tamaño, por dos vidrios templados de 10 mm o un espesor equivalente de vidrio laminado.

*b 4-6) Peliculas y pinturas:* Su finalidad es reducir el resplandor y la transmisión de calor.

*b 4-6-1) Scotchtint:* Película adhesiva aplicable sobre la superficie interior del vidrio.

*b 4-6-2) Solarpaque:* Pintura plástica en colores transparentes en varias tonalidades: ámbar, oro, verde, azul y gris.

### **III- AISLACIONES ACUSTICAS**

#### **a) FACTORES ACUSTICOS**

Al planear en edificio, ciertos factores afectan el diseño desde el principio. Los factores acústicos están en la lista. En la selección del lugar, por ejemplo, se debe descubrir la existencia de un nivel alto de ruidos ambientales debido al tráfico o a las industrias cercanas, y decidir si afectan adversivamente el funcionamiento del edificio. En el estudio inicial se debe tratar de mantener separadas las áreas de mucho ruido y las áreas silenciosas, o si no es posible hacer esto, se debe tratar de solucionar el problema resultante en el diseño estructural mismo. Al decidir sobre la Forma y el tamaño de una habitación, deben analizarse los problemas acústicos; para ver la relación que pueda existir entre ellos y la Forma y dimensiones del cuarto. Es al llegar a este punto del análisis que tal vez se decida estudiar las posibilidades de emplear MATERIALES ACUSTICOS.

#### **b) INTENSIDAD DE SONIDO**

La sensación de oír tiene lugar cuando una onda sonora impacta el órgano auditivo y genera señales que son transmitidas al oído.

Dicho fenómeno de carácter ondulatorio, se mide en ciclos por segundo y su magnitud es el hertz (Hz). Cuando se dice que una onda sonora ha sido medida en 500 Hz, significa que hay 500 ondas de presión de aire por segundo de vibración. Estos 500 Hz también denominan la frecuencia del sonido.

Cuando la frecuencia es del orden de hasta 500 Hz se percibe como sonidos graves y cuando es mayor a 2000Hz como sonidos agudos.

El oído humano reconoce como sonidos las vibraciones con frecuencia de 16 a 20000 ciclos por segundo. Su mayor sensibilidad está en el medio de la escala de 500 a 2000 ciclos, siendo esta vibración la que tiene verdadera importancia en la conversación humana.

La intensidad del sonido varía ampliamente y se mide en términos de presión sonora, siendo su magnitud el decibel, abreviado dB.

La escala para medir rangos de decibeles es logarítmica, cada vez que la intensidad de ruido se incrementa 10 veces, el nivel de presión sonora aumenta 10 dB. Esto significa que la tabla no puede ser empleada para comparar la intensidad de un ruido respecto al otro.

## COMPARACION ENTRE LA INTENSIDAD DE SONIDO Y EL NIVEL DE PRESION SONORA

INTENSIDAD DE SONIDO	PRESION SONORA dB	SONIDOS TIPICOS
$10^{12}$	120	Umbral de dolor
$10^{11}$	110	Martillo neumático
$10^{10}$	100	Fábrica de calderas
$10^9$	90	Calle ruidosa
$10^8$	80	Oficina ruidosa
$10^7$	70	Tránsito en calle promedio
$10^6$	60	Oficina poco ruidosa
$10^5$	50	Conversación promedio
$10^4$	40	Oficina privada
$10^3$	30	Un auditorio promedio
$10^2$	20	Conversación susurrando
10	10	Local a prueba de ruido
1	0	Umbral de audición

### c) PROBLEMAS A RESOLVER

Los problemas a resolver los podemos agrupar en tres clases distintas:

- c1) en salas que la audición es la función más importante, como auditorios, salones de conferencias, aulas, etc, en ellas, el objeto del diseño es conservar y dirigir el sonido deseado.
- c2) En habitaciones en que se producen ruidos indeseables, como en las oficinas, el fin del diseño debe ser reducir el ruido hasta un nivel aceptable.
- c3) Si se tiene el problema de un área ruidosa adyacente a otra que hay que mantener en silencio, en este caso, el objetivo es construir una buena capa aisladora entre ambos.

### d) CONTROL DE RUIDOS

El control de ruidos puede reducirse empleando los siguientes métodos:

- Usar métodos de trabajos más silenciosos.
- Alterar o encerrar el equipo para reducir el ruido en su fuente.
- Usar materiales absorbentes para prevenir la propagación del ruido por medio de aislamiento de su fuente.

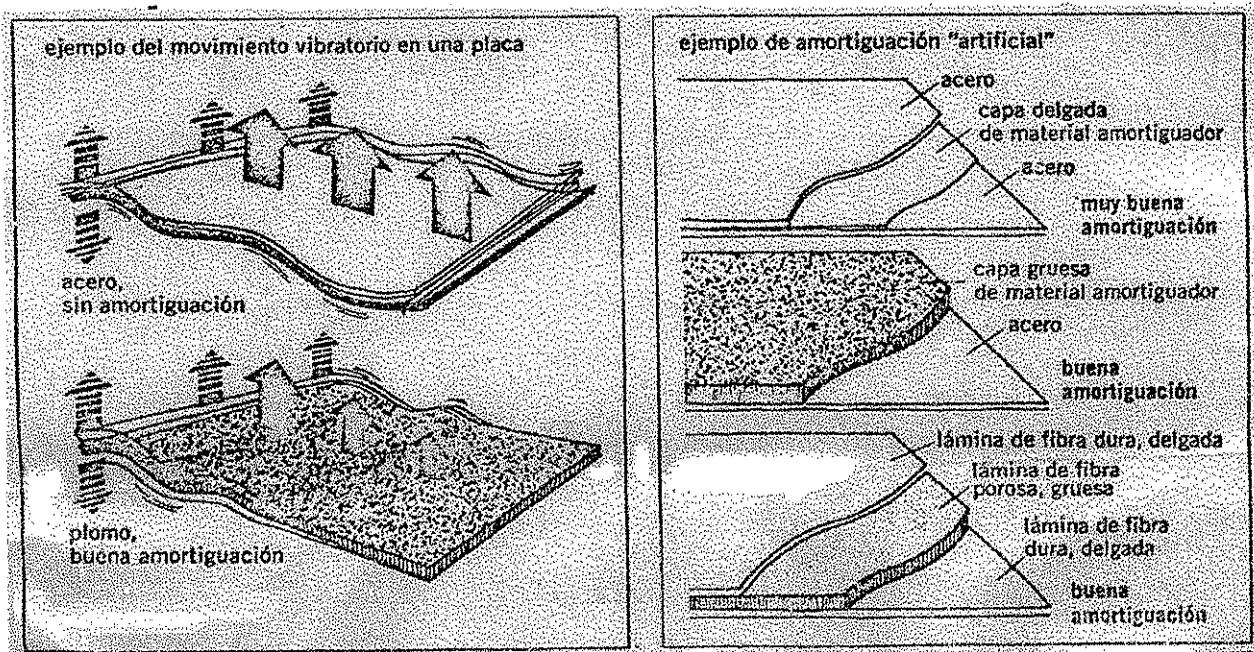
### e) MATERIALES AISLANTES

Los materiales que absorben el sonido son livianos, flexibles o porosos. Como barrera aisladora se necesita un pared que sea pesada, rígida e impermeable.

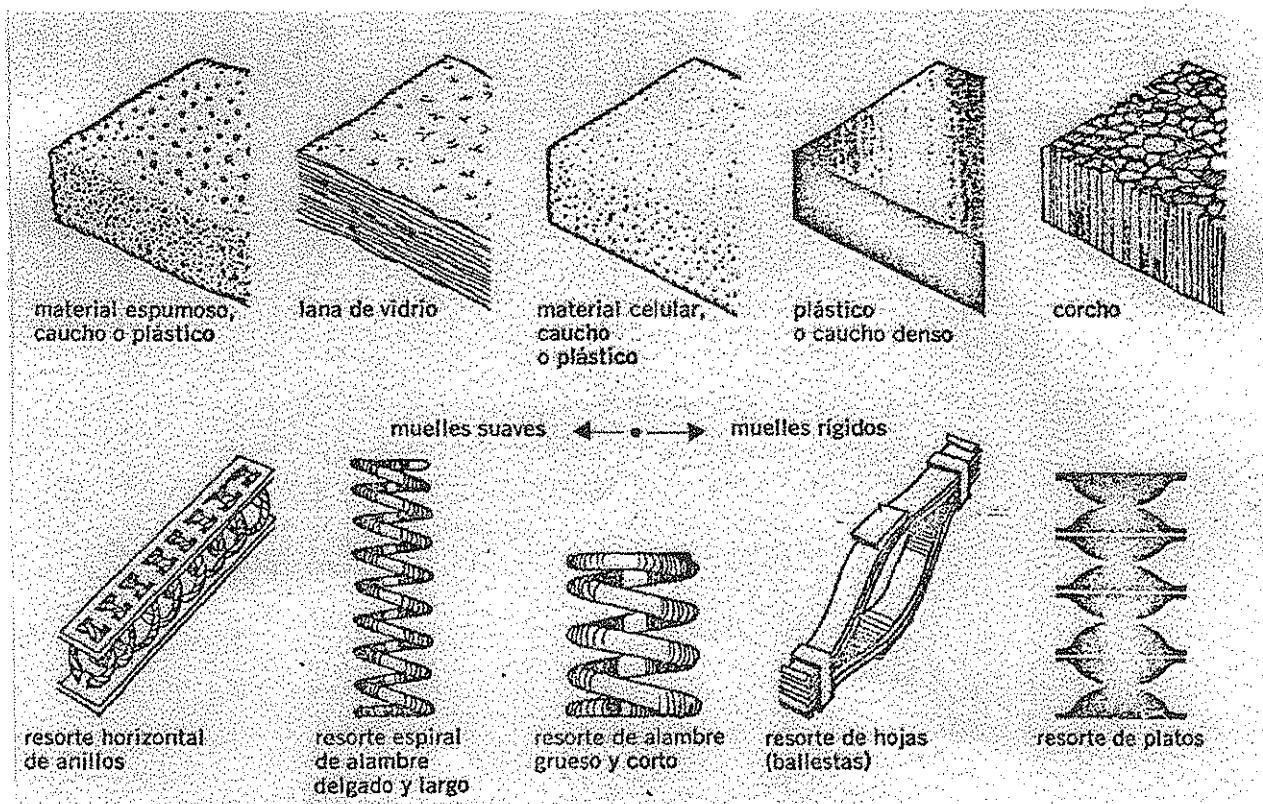
Los materiales para aislación acústica se pueden clasificar en :

- Superficie amortiguada
- Aisladores de vibración
- Materiales absorbentes.

e1) Superficies amortiguadas: a medida que la vibración se mueve a través de una placa, gradualmente disminuye; pero en la mayoría de las placas, esta reducción es más bien pequeña. En tales casos, se dice que el material es de baja amortiguación interna. En el acero, por ejemplo, la amortiguación interna es pobre. Una buena amortiguación se consigue aplicando revestimiento o capas intermedias que tengan una mejor capacidad de amortiguación.



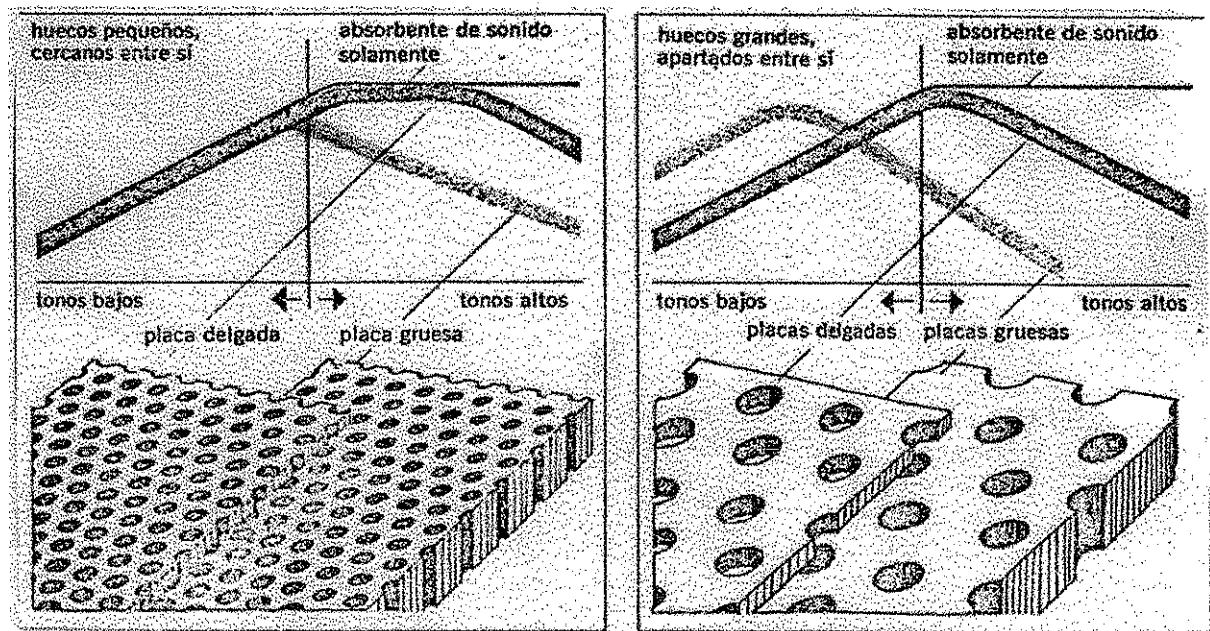
e1) Aisladores de vibracion: El aislamiento de la vibración de las maquinas, puede reducir el area de ruido excesivo. Se puede aislar la maquina o el area de trabajo. Los aisladores de la vibracion se hacen de distintos materiales y sistemas de determinadas formas.



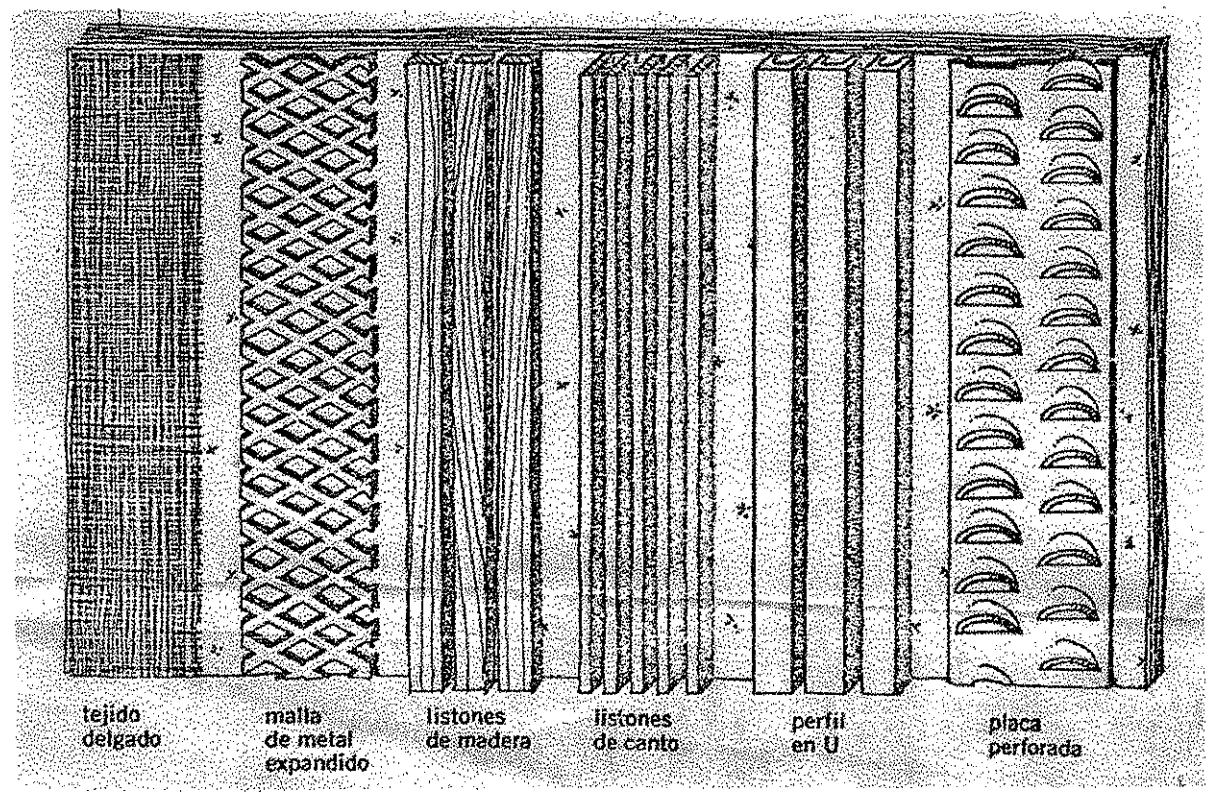
e3) Materiales absorbentes: En paredes y cielos rasos de un edificio se requieren muchos materiales absorbentes del sonido. Para conseguir mas atractivo, es deseable tener muchos absorbentes con diferentes apariencias.

Por muchas razones se pude necesitar un recubrimiento para proteger el material absorbente poroso. Esto se pude hacer sin reducir la efectividad del absorbente, si el material tiene suficiente numero de perforaciones. Cuanto mas grueso es el revestimiento, mayor sera el numero de perforaciones requeridas.-

### e3.1) Principio de absorcion de sonidos



### e3.2) Materiales absorbentes de sonidos

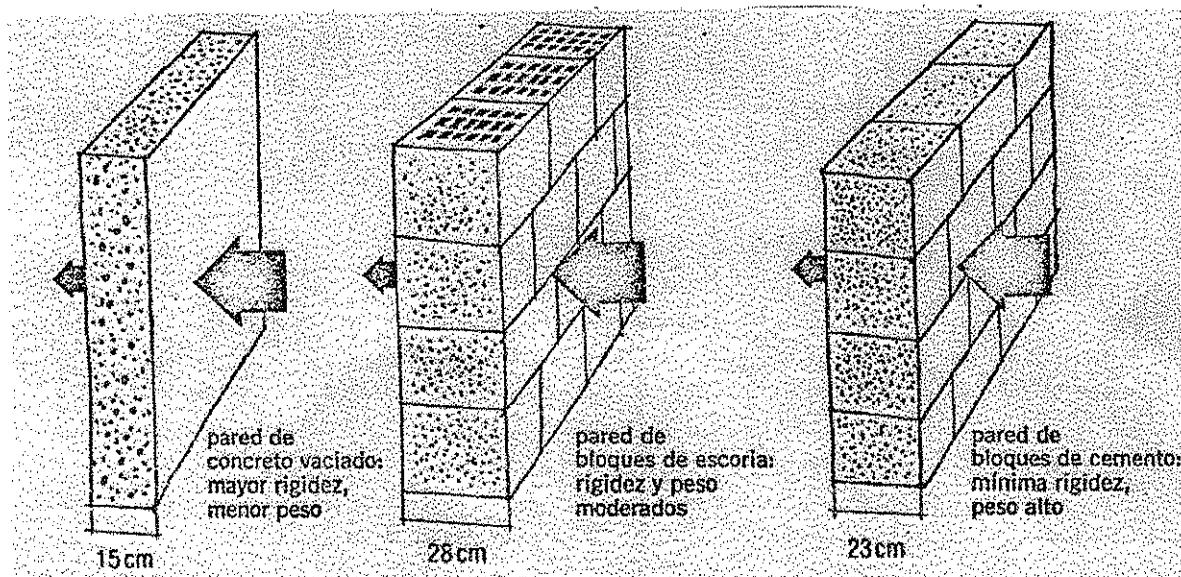


f) **BARRERA AISLADORA DE RUIDO:** Como barrera aisladora de ruido se necesita una pared que sea pesada, rígida e impermeable.

En la mayoría de las paredes de una sola capa, el valle de coincidencia está cercano a 10 Hz, para espesores de aproximadamente 20 cm. A frecuencias más altas, tanto el aumento de peso, como el aumento de rigidez producen una mayor efectividad. Una pared de hormigón tiene una mayor rigidez que una pared de ladrillos y por lo tanto, suministra una mayor efectividad, si los pesos de las dos paredes son iguales.

*f1) Principio*

paredes con la misma efectividad, 30 dB a frecuencias bajos, 60 dB a frecuencias altas, efectividad promedia 55 dB.



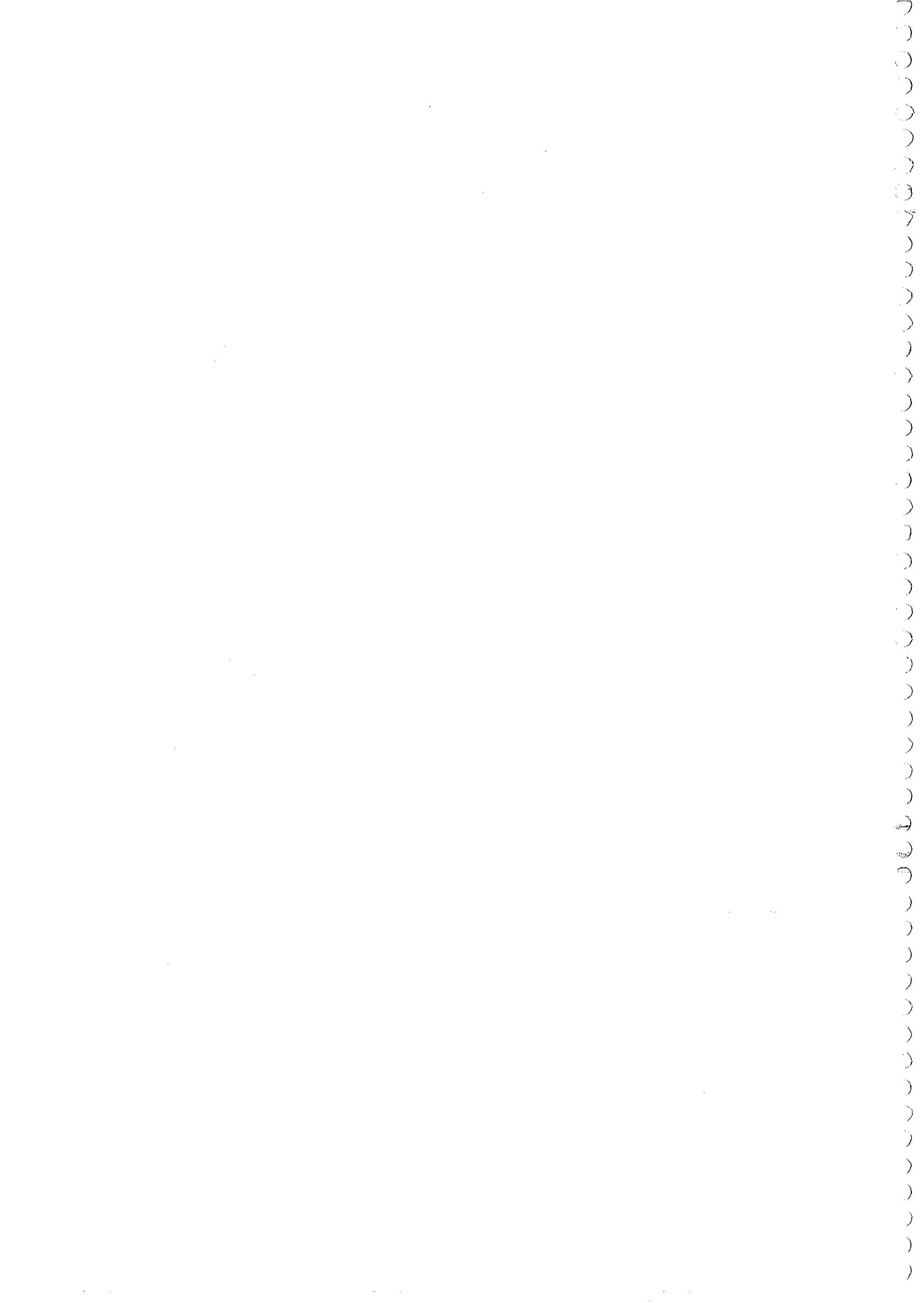
g) **VIDRIOS DE AISLACION ACUSTICA**

Los vidrios de aislación acústica son a base de Float laminado con diferentes espesores de PVB (polivinil butiral), constituye una solución particularmente eficaz para controlar el paso de ruido a través de cerramientos exteriores y particiones interiores.

Su efectividad aislante es consecuencia de la menor rigidez del paño comparado con un Float monolítico del mismo espesor. Su efecto amortiguador del ruido varía según el rango de frecuencias considerado y del espesor de PVB empleado en la manufactura del laminado. En la práctica brinda un efectivo nivel de atenuación del ruido para los rangos de frecuencia de la voz humana y del tránsito automotor.

Si bien en alguna medida su eficiencia decrece levemente cuando aumenta la superficie del paño, esto no se manifiesta en la medida suficiente como para ser percibido en la mayoría de los tamaños empleados en la construcción.

Ver propiedades y medidas en unidad de vidrios de este apunte.



## **UNIDAD XII**

### **BETUN, ASFALTO Y ALQUITRAN.**

#### **1- BETUN.**

La palabra betún proviene de la latina bitumen, que significa pez hirviente, y la de asfalto, de la griega asphaltos, que tiene la misma acepción.

Vulgarmente se designan a las substancias de color negro sólidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor, y si son puras se llaman betún, y cuando impregnán calizas, arcillas, pizarras, etc. se denominan rocas asfálticas, de color marrón oscuro.

Modernamente se obtienen como residuo de la destilación del petróleo bruto, unos productos análogos denominados betún de petróleo, de propiedades similares a los naturales; pero no obstante, cada uno tiene características que los hacen aptos para las diversas aplicaciones.

Los yacimientos más importantes son: Isla Trinidad (Antillas), Lago Bermúdez (Venezuela), Selénitza (Albania). De menor riqueza son: Val de Travers (Suiza), Seyssel (Francia), Regusa (Italia). En España, en Maestú (Alava) y Soria.

#### **1.1- BOSQUEJO HISTORICO:**

El uso del asfalto por la Humanidad se remonta a las civilizaciones babilónicas, habiéndolos empleado como argamasa en las murallas (450 años A.C.) y para hacer mosaicos. La Biblia le cita en el calafateado del Arca de Noé y en la Construcción de la Torre de Babel, para mortero de los ladrillos.

En Egipto se empleó en las Pirámides y para embalsamar los cadáveres (momias). Los Hebreos lo utilizaron en medicina y en la fabricación de lacas y barnices.

Hasta mediados del siglo pasado no se empezó a usar en los pavimentos, que es su principal aplicación.

#### **1.2- CLASIFICACIÓN:**

Además de los betunes naturales y de petróleos, existen otros productos, como los alquitranes, de propiedades y usos análogos; existen varias terminologías. En el Congreso Internacional de Carreteras celebrado en Milán en 1926, se acordó la siguiente:

**1.2.1- Betún:** Son las mezclas de hidrocarburos naturales o de petróleo, sólidos, viscosos o líquidos, conteniendo una pequeña proporción de productos volátiles; tienen propiedades aglomerantes y son completamente solubles en el sulfuro de carbono.

**1.2.2- Asfalto:** Es un producto natural o compuesto, en el que el betún asfáltico sirve de aglutinante a materias minerales inertes. La palabra asfalto debe ser acompañada del origen del producto: asfalto lacustre, asfalto en roca, asfalto de petróleo.

**1.2.3- Alquitranes:** Provienen de la destilación seca de productos orgánicos vegetales.

#### **1.3- BETUN- Origen**

Se le atribuye el mismo que al petróleo y según la hipótesis de MENDELEIEFF y MOISSAN, se formaron mediante la acción del vapor de agua sobre carburos metálicos en el interior de la Tierra en las capas ígneas y luego fueron expulsados hacia el exterior por el vapor de agua hirviendo e impregnaron las rocas blandas, como calizas, areniscas, etc.

La hipótesis de ENGLER admite que los petróleos son el resultado de la descomposición fuera del contacto del aire de productos de origen animal y vegetal en el interior de la Tierra, mediante la acción del calor y presión durante miles de años. Estos productos, probablemente ceras animales y vegetales, sufrieron putrefacciones, oxidaciones y polimerizaciones, dando productos ricos en carbono e hidrógeno.

#### **1.4- COMPOSICIÓN QUÍMICA:**

Los betunes están formados por una mezcla de hidrocarburos cílicos saturados derivados de los ciclanos, de elevado número de átomos de carbono de muchas series, de la siguiente composición centesimal:

Carbono	80 - 88 por 100
Hidrógeno	9 - 12
Oxígeno	0 - 5

Azufre	0 - 3
Nitrógeno	0 - 2

### 1.5- COMPONENTES:

En los betunes se han encontrado los siguientes componentes: asfaltenos, maltenos, carbonos y resinas asfálticas o carboides.

**1.5.1- Asfaltenos:** Son cuerpos negros y amorfos que por la acción del calor aumentan de volumen; no se funden, transformándose en carbonos, perdiendo sus propiedades aglutinantes. Son los componentes más duros, comunicando a los betunes estabilidad, cuerpo y adhesividad.

**1.5.2- Maltenos:** Son blandos, por contener la totalidad de la parafina del betún, comunicándole la ductilidad y plasticidad, siendo estables.

**1.5.3- Carbonos:** Son cuerpos negros brillantes con gran proporción de carbono provienen de la oxidación de los asfaltenos y resinas asfálticas. Una proporción mayor del 2 % hacen perder al betún la ductilidad y adhesividad, volviéndolos frágiles, no pudiendo ser empleados en pavimentación.

**1.5.4- Carboides o Resinas asfálticas:** Son cuerpos sólidos de color rojizo u oscuro que se ablandan por el calor aún más que los asfaltenos. Estos compuestos forman una microemulsión, en la que la fase continua la construyen los maltenos, y la discontinua, los asfaltenos, carbonos y resinas asfálticas y, según predominen unos u otros, hacen que los betunes sean más o menos duros, adhesivos, viscosos, etc. El sulfuro de carbono S<sub>2</sub>C disuelve a los tres primeros: el tetracloruro de carbono Cl<sub>4</sub>C, a los asfaltenos y maltenos, y el éter de petróleo o aceite de nafta de 88 B (d=0.85), solo a los maltenos. Los carboides son insolubles en todos los disolventes. En los productos bituminosos hay que considerar como propiedades esenciales la cohesión, adhesión, viscosidad, poder de secado, susceptibilidad, envejecimiento y miscibilidad.

Siendo los productos bituminosos de naturaleza coloidal, la adherencia es debida a fenómenos de absorción, y la coagulación o gelificación es una aglomeración de partículas o micelas, separándose del líquido que forma la fase continua. El secado o cura de un betún es debido a un proceso de gelificación o fraguado total de la masa, agrupándose las micelas en cadenas, formando una estructura rígida, perdiendo la adherencia a los áridos.

Los betunes sólidos, como el de Trinidad, contienen 64-72 % de maltenos, 35 a 27 % de asfaltenos y 0.5 a 1.5 % de carbonos. Los betunes de petróleo varían de 55 a 80 % de maltenos, 19-44 % de asfaltenos y 1.5 % de carbonos. Los aceites de esquistos, como el de Autun, contienen 96 % de maltenos y 4 % de asfaltenos, careciendo de carbonos.

### 1.6- PROPIEDADES:

Los betunes son de color negro o marrón oscuro, pudiendo estar en estado sólido, viscoso o blando, y líquido, a la temperatura ordinaria. Su densidad varía de 1.1 a 1.4.

- Los betunes sólidos tienen fractura concoidea, reblandecen hacia los 50° C y funden de 100 a 130° C. Arden sin dejar residuo, con llama amarillo-verdosa muy fuliginosa.
- Los betunes son muy estables aún a temperaturas de 250° C, perdiendo menos de 1% los calentados a 163° C, propiedad que les caracteriza y diferencia de los alquitranes.
- Los betunes, con el tiempo, experimentan un envejecimiento, sin duda debido a una oxidación. Los rayos ultravioletas del Sol también les atacan. Así como el prolongado contacto con el agua estancada, y sobre todo la saturada de cal a 50°C.

## 2- ASFALTOS:

### 2.1- ASFALTOS NATURALES:

Existen asfaltos muy puros, como el betún de Judea (Siria); la grahamita, gilsonita (América), de una riqueza de 99,5 % de solubilidad en el sulfuro de carbono; tienen un punto de fusión mayor de 125° C, pero que por muy duros carecen de ductilidad, no pudiendo ser empleados más que diluidos para la fabricación de barnices.

Los betunes generalmente empleados contienen mayor o menor proporción de materias minerales inertes, formando los betunes asfálticos y las rocas asfálticas. Los más importantes son:

El asfalto lacustre de Trinidad: Forma un lago de 40 hectáreas; en bruto contiene 40 % de betún, 27 % de arena y arcilla y 33 % de agua. Refinado 56 % de betún, 36 % de agua con materias minerales en suspensión y 8 % de substancias orgánicas. Es sólido a temperatura ordinaria, formando una masa pétreas negras, homogéneas, fractura semiconcoidea y densidad 1,4 – 1,5. Punto de reblandecimiento 80° C – 90° C.

## **2.2- ASFALTO LACUSTRE DE BERMÍDEZ (Venezuela):**

Tiene una riqueza del 65 % de betún, 5 % de materias extrañas y 30 % de agua. Refinado, contiene 95 % de betún. Densidad 1,03.

## **2.3- ASFALTO DE SELÉNITZA (Albania):**

Es el único yacimiento importante de Europa, conteniendo una riqueza del 80 % de betún, apareciendo una piedra negra de 1,2 a 1,5 de densidad. Este asfalto refinado contiene hasta el 90 % de betún. Tiene un punto de reblandecimiento de 100° - 128° C.

Esquisto bituminoso de Autun: es un aceite o betún líquido empleado para fluidificar los betunes duros.

## **2.4- REFINACION DE LOS ASFALTOS NATURALES:**

La operación se practica calentando el aceite de esquisto de Autun a 120° C, añadiendo después el betún y agitando para quitar la espuma que forma el agua al evaporarse. Se deja sedimentar las partículas minerales, y decanta después. Generalmente se emplea de un 20 al 40 % de fluidificante, según la penetración que se desee obtener. Los betunes naturales refinados suelen contener de un 75 a un 90 % de betún y de un 10 a un 20 % de materias minerales en suspensión.

## **2.5- ASFALTOS DE PETROLEO:**

Los petróleos contienen hidrocarburos saturados cílicos (naftenos) y algunos aromáticos, como los petróleos persas. Los petróleos parafínicos están desprovistos de betún. Los petróleos son de naturaleza coloidal, completamente solubles en el sulfuro de carbono y tienen una tensión superficial de 31 dinas a 20° C.

La destilación fraccionada de los petróleos suministra una serie de productos líquidos: éter, queroseno, gasolina, aceites, etc., y queda como residuo una brea con una riqueza de 99 a 99.8 % de betún soluble en sulfuro de carbono.

Se destila al vacío el aceite bruto durante un tiempo muy corto y se hace pasar después rápidamente por un serpentín. Así se preparan la mayoría de los betunes de petróleo blandos.

Los petróleos Mexicanos dan 60 a 70 % de betún; los de Venezuela, 40 a 60 %; los Rumanos y Rusos 5,20 %.

Los betunes oxidados se obtienen análogamente a los anteriores y al final se inyecta aire caliente a 250° a través del betún asfáltico de destilación. Sufren deshidrogenaciones y polimerizaciones y proporcionan betunes más densos, duros y menos dúctiles, susceptibles y oxidantes que los anteriores, empleándose mezclados con otros para hormigones en climas cálidos.

Modernamente, con objeto de obtener más gasolina, se someten los petróleos al desdoblamiento o cracking a elevada temperatura 475 a 600° C, y presión de 3 a 75 atmósferas, quedando como residuos los aceites y cok. Por destilación de los aceites se obtienen los betunes residuales.

## **2.6- ASFALTOS O ROCA ASFÁLTICA:**

Son las rocas calizas, arcillosas, esquisitos, etc., impregnados de betún con una riqueza que varía desde el 2 a 14 %, soluble en sulfuro de carbono. Generalmente son calizas las más abundantes, y se suelen extraer a cielo abierto en invierno por embotarse menos las herramientas; después se machacan y pulverizan en molinos desintegradores, como los empleados en el yeso. Se tamiza finalmente, obteniéndose granos desde 3 a 1/10 mm de diámetro de color marrón oscuro, impregnados en betún.

## 2.7. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LOS ASFALTOS:

Desde el punto de vista químico, los asfaltos son un conjunto de hidrocarburos y sus derivados, con pequeñas cantidades de azufre, oxígeno y nitrógeno. El peso molecular de esas sustancias oscila entre algunos cientos y hasta mil.

Todas las sustancias contenidas en el asfalto son sumamente parecidas entre sí, y como consecuencia de ello resulta prácticamente imposible aislarlas. Dada esa circunstancia se estudian los bitúmenes mediante una separación que pueda lograrse con diluyentes selectivos o con métodos cromatográficos, aunque en esa forma se logran solamente fracciones más o menos arbitrarias.

Cierta importancia práctica tiene la separación de los maltenos de los asfaltenos, que se consigue con relativa facilidad, porque los primeros son solubles en los diluyentes no aromáticos de bajo punto de ebullición, y por el contrario los asfaltenos resultan insolubles en esa clase de solventes, los "maltenos" son hidrocarburos de un peso molecular medio, de  $0.5$  a  $1 \times 10^5$  y los asfaltenos a su vez también son hidrocarburos, pero de un peso molecular mucho más alto, aceptándose actualmente de  $5$  a  $100 \times 10^5$ . La mayoría de los asfaltos contienen entre 10 y 35 % de asfaltenos y solo algunos muy duros el porcentaje que les corresponde es del 50 % e incluso aún mayor. Para apreciar los asfaltenos se ha introducido un factor relativo entre carbono/hidrógeno (algo así como el factor agua/cemento, en los hormigones de cemento), que es más bajo en los maltenos que en los asfaltenos. En los primeros el factor C/H varía de 0.6 a 0.9 y en los segundos de 0.8 a 1.2. Mientras los asfaltenos resultan insolubles en los solventes no aromáticos de bajo punto de ebullición, lo son los maltenos y esa solubilidad depende del factor C/H del asfalteno en su conjunto. Hay asfaltenos que pueden considerarse como un sol y otros que poseen características de gel.

Al ser los asfaltos un sistema coloidal, no pueden ser considerados como líquidos normales aunque se hallen en ese estado, ya que no responden a la ley de Newton. En consecuencia la viscosidad no puede ser definida como constante del material de un modo independiente de las condiciones de fluencia; más aún resulta que la viscosidad merma a medida que aumenta la velocidad de deformación. Esa anomalía de la fluencia depende especialmente de la concentración y el estado de dispersión, de la sustancia en estado coloidal.

Cuando el contenido de los aromáticos en los maltenos resulta suficientemente elevado, éstos se encuentran en condiciones de peptizar bien a los maltenos (o mejor dicho, las micelas); de esa forma se obtiene un sol en el cual una micela se encuentra a suficiente distancia de la otra y no se observa la formación de estructuras.

En cambio cuando la concentración de los asfaltenos es alta y el efecto de peptización de los maltenos es reducido, existe la posibilidad de que las micelas se aproximen unas a otras y formen una estructura, como una especie de esqueleto, y en este caso ya no es posible hablar de un sol sino de un gel.

A este tipo de gel pertenecen casi todos los asfaltos soplados; su señal más típica es que recuperan su forma original casi por completo cuando se les obliga a una deformación pequeña. Pero para apreciar las propiedades mecánicas de los asfaltos, no es suficiente observar únicamente su viscosidad, pues ya sabemos que los bitúmenes pueden demostrar efectos de elasticidad definidos.

A fin de formarse un cuadro más completo de un asfalto, resulta muy adecuado considerarlo como un cuerpo visco-elástico.

Todos los bitúmenes se comportan a bajas temperaturas y/o bajo cargas breves en el tiempo, como un cuerpo elástico, pero que fluye a temperaturas más altas y/o cargas puestas durante mayor tiempo.

Esa propiedad permite introducir para la apreciación de los asfaltos un módulo de la elasticidad dependiente de la temperatura y del tiempo, que suele denominarse módulo de la visco-elasticidad ( $vE$ ) a fin de diferenciarlo del módulo de la elasticidad de las materias únicamente elásticas. En la literatura técnica especializada encontramos las curvas que describen ese factor, para las distintas clases de bitúmenes.

Por lo tanto vemos que sobre los asfaltos podemos disponer, si así lo deseamos realmente de por lo menos tanta información técnica como sobre el cemento portland. Razón ésta por demás justificada para que cuando le ofrezcan asfaltos convenga cuidar que el oferente tenga la obligación de saber bien con qué material está trabajando.

El asfalto pierde a través del tiempo su capacidad de deformarse; hay un fenómeno de cristalización que va haciendo que el asfalto se ponga cada vez más duro y al cabo de cierto tiempo la acción del calor solar, y la acción mecánica que se ejercen sobre el asfalto lo fracturan, lo quiebran, produciendo una fisura a través de la cual pasa la humedad, perdiendo eficacia como capa aislante de la humedad.

### **2.8- CLASIFICACION DE LOS ASFALTOS:**

La clasificación de los asfaltos basada en el ensayo de penetración es un método antiguo, empírico, inadecuado para la tecnología moderna. La tendencia actual, de base científica, es clasificar los cementos asfálticos de acuerdo a su viscosidad en poises a 60° C. La unidad de viscosidad en el sistema CGS es el poises (P) equivalente a 1 g/cmS (1 dina.S/cm<sup>2</sup>) y en el SI (Sistema Internacional) es 1Pa.S (1 N.S/m<sup>2</sup>), equivalente a 10 P. Se dispone de dos series de cementos asfálticos de distintos grados de viscosidad. Uno tiene los grados AC-2,5 ; AC-5; AC-10 y AC-40, donde los valores numéricos indican la viscosidad en ciento de poises a 60° C. La tolerancia admisible para cada clase es de 20 %, en más o en menos. La otra tiene los grados AR-1000; AR-2000; AR-8000 y AR-16000, en que los valores numéricos indican la viscosidad en poises pero medida en asfalto ya ensayada con el ensayo de película delgada rodante en horno. Por lo tanto las series AR deben ser interpretadas como series de "Residuo viejo". La tolerancia de estas clases es de 25 % en más o en menos.

Normalmente, los asfaltos de bajo grado de viscosidad corresponden a los asfaltos blandos de alto valor de penetración. Por el contrario, los asfaltos de ~~alta~~ viscosidad corresponden a los asfaltos duros y de bajo grado de penetración. ~~212~~

## **3- DERIVADOS DEL ASFALTO:**

### **3.1- CEMENTO ASFÁLTICO:**

El asfalto de petróleo para uso de pavimentos es comúnmente llamado "asfalto de pavimentación o cemento asfáltico", para distinguirlo del asfalto hecho para otros usos, como ser con propósitos industriales o techados.

El cemento asfáltico a temperatura atmosférica normal es un material negro, pegajoso, semi-sólido y altamente viscoso. Está compuesto de moléculas complejas de hidrocarburos, pero también contiene otros átomos, como ser oxígeno, nitrógeno y sulfuro. Debido a que el cemento asfáltico es pegajoso, se adhiere a las partículas del agregado y puede ser usado para cementarlas y ligarlas dentro del concreto asfáltico. El asfalto para pavimentación es impermeable y no lo afecta la mayoría de los ácidos, álcalis y soles. Es llamado un material termoplástico porque se ablanda cuando es calentado y endurece cuando se enfriá.

**3.1.1- Propiedades:** Para los estudios técnicos y la construcción hay tres propiedades importantes: consistencia (llamada también fluidez, plasticidad o viscosidad), pureza y seguridad.

**3.1.1.1- Consistencia:** Para caracterizar a los asfaltos es necesario conocer su consistencia a distintas temperaturas, porque son materiales termoplásticos que se licuan gradualmente a calentarlos. Consistencia es el término usado para describir el grado de fluidez o plasticidad del asfalto a cualquier temperatura dada. Para poder comparar la consistencia de un cemento asfáltico con la de otro, es necesario fijar una temperatura de referencia. La clasificación de los cementos asfálticos se realiza en base al valor de la consistencia a una temperatura de referencia.

**3.1.1.2- Pureza:** El cemento asfáltico se compone, casi enteramente, de betunes, los cuales, por definición, son solubles al bisulfuro de carbono. Los asfaltos refinados son,

generalmente, más de 99.5 % solubles en bisulfuro de carbono y por lo tanto casi betunes puros. Las impurezas, si las hay, son inertes.

**3.1.1.3- Seguridad:** La espuma puede constituir un riesgo para la seguridad, por lo tanto las normas requieren que el asfalto no forme espuma hasta temperaturas de 175° C.

El cemento asfáltico, si se lo somete a temperaturas elevadas, despidió vapores que arden en presencia de una chispa o llama. Para la certeza que existe un adecuado margen de seguridad en el uso, se debe conocer el punto de inflamación del asfalto.

**3.1.2- Ensayos requeridos para el cemento asfáltico:**

**3.1.2.1- Viscosidad:** Los cementos asfálticos se clasifican, por lo común, en los rangos de viscosidad a 60° C.

**3.1.2.2- Penetración:** Consiste en calentar un recipiente con cemento asfáltico hasta la temperatura de 25° C, en baño de agua y luego medir la penetración. La medida de la penetración es la longitud que penetró la aguja en el cemento asfáltico en unidades de 0,1 mm.

**3.1.2.3- Punto de inflamación:** Cuando se calienta un asfalto, libera vapores que son combustibles. El punto de inflamación, es la temperatura a la cual puede ser calentado con seguridad un asfalto, sin que se produzca la inflamación instantánea de los vapores liberados, en presencia de una llama libre.

**3.1.2.4- Película delgada en hornos:** Este no es en realidad un ensayo, sino un procedimiento destinado a someter a una muestra de asfalto a condiciones de endurecimiento aproximados a aquellos que ocurren durante las operaciones normales de una planta de mezclado en caliente.

Para medir la resistencia de endurecimiento del material bajo estas condiciones, se hacen al asfalto ensayos de penetración y viscosidad antes y después del ensayo.

**3.1.2.5- Ductilidad:** La ductilidad se mide con un ensayo tipo "extensión" para el que se moldea una probeta de cemento asfáltico en condiciones y medidas normalizadas, se la lleva a la temperatura de ensayo de la norma, generalmente 25° C y se separa una parte de la probeta de la obra a cierta velocidad, normalmente 5 cm por minuto, hasta que se rompe el hilo de asfalto que une a ambos extremos de la muestra. La ductilidad del asfalto es la distancia (en centímetros) a la cual se rompe dicho hilo.

**3.1.2.6- Solubilidad:** La solubilidad es una medida de la pureza del cemento asfáltico. La parte del mismo soluble en bisulfuro de carbono representa los constituyentes activos de cementación. Solo la materia inerte, como sales, carbón libre o contaminantes inorgánicos, no son solubles.

**3.2- ASFALTOS SOPLADOS:**

**3.2.1- Descripción:** El asfalto puede adquirir propiedades especiales si a la fracción reducida del crudo se le insufla aire en la etapa final del proceso de refinación. Se corta el proceso de destilación normal en algún punto, cuando el crudo está todavía líquido. Se pone la fracción pesada en un convertidor y se le insufla aire para que se oxide, mientras se la mantiene a alta temperatura. Este proceso se continúa hasta que el asfalto adquiera las propiedades deseadas.

Una de las propiedades más importantes de este asfalto es la elevación del punto de ablandamiento, temperatura a la cual el asfalto se ablanda. El asfalto mantiene su impermeabilidad y durabilidad aún a esta temperatura, pero su ductilidad es menor, comparada con los cementos asfálticos para pavimentos.

**3.2.2- Usos:** Los asfaltos soplados u oxidados tienen una gran variedad de usos industriales y especiales, entre ellos: distintas aplicaciones en techados, revestimiento asfáltico de tuberías, sub sellado asfáltico para llenar cavidades debajo de pavimentos de hormigón y membranas impermeables en canales y embalses de agua. Pueden emplearse puros o mezclados con polvos finos minerales (fillers) antes de su aplicación. Solo raras veces se los usa en mezclas asfalto-agregados, como a los cementos asfálticos de pavimentación.

**3.2.3- Clasificación:** Del proceso de soplado se obtienen materiales que, aunque son similares en muchos aspectos a las clases normales de cemento asfáltico para

pavimentación, se ablandan a temperaturas más elevadas. Se los clasifica en términos del ensayo de punto de ablandamiento de anillo y esfera y no en función de la viscosidad y la penetración, porque esta propiedad es la más importante y deseable de los asfaltos soplados.

A pesar de que la clasificación de los asfaltos soplados se basa en el punto de ablandamiento, se deben hacer ensayos de penetración a tres temperaturas, 0° C, 25° C y 46° C, para poder controlar la susceptibilidad térmica o el rango de variación de la consistencia con la temperatura.

### **3.2.4- Ensayos Requeridos para el Asfalto Soplado:**

**3.2.4.1- Punto de Ablandamiento:** Para medir la consistencia de los asfaltos soplados y poder clasificarlos, se usa básicamente el ensayo de punto de ablandamiento. Se colocan las muestras de asfalto en anillos de bronce, suspendidos en un recipiente con agua, glicerina o glicol etílico, a 25 mm sobre un plato metálico y se los carga con bolas de acero. A medida que se calienta el líquido con velocidad especificada, el asfalto se ablanda. Las bolas y el asfalto van descendiendo gradualmente. La temperatura en el momento en que el asfalto toca al palo, es el punto de ablandamiento del ensayo de anillo y esfera (R.B.) del asfalto.

**3.2.4.2- Penetración:** Es el mismo ensayo ya descrito en cementos asfálticos, pero se deben realizar en la forma siguiente:

0° C: con aguja de 200 g. durante 60 segundos.

25° C: con aguja de 100 g. durante 5 segundos.

46° C: con aguja de 50 g. durante 5 segundos.

**3.2.4.3- Calentamiento:** Es un procedimiento para someter al asfalto a condiciones severas de endurecimiento similares a las que va a tener durante su aplicación.

**3.2.4.4- Solubilidad en Bisulfuro de Carbono:** Se realiza el ensayo, de acuerdo con la norma, y se determina la cantidad de residuo y se usa el peso neto de la materia insoluble (sin la tierra diatomacea) para determinar la solubilidad en bisulfuro de carbono.

**3.2.4.5- Contenido de Cenizas:** Un medio para determinar la presencia de materia orgánica en el asfalto es el contenido de cenizas. Debe hacerse, en general, además del ensayo de solubilidad.

**3.2.4.6- Partículas Gruesas:** Se determina la cantidad relativa de minerales o de otra materia insoluble retenida en el tamiz N° 200, que pueda estar presente en el asfalto.

## **3.3- MASTIC ASFÁLTICO:**

El asfalto también se utiliza no en estado de bitumen asfáltico, sino en estado de "mastic Asfáltico", que es una derivación del asfalto natural; si la roca impregnada con bitumen se tritura, se pulveriza y se le adiciona una cierta cantidad más de bitumen asfáltico hasta conseguir que el tenor del 15 al 30 %, puede ser luego aglomerado en caliente, mediante la acción de golpes de "pistón" y formar una capa impermeable; en ese estado se conoce con el nombre de mástic asfáltico y requiere ser calentado previamente para su colocación. Era el material clásico para hacer las aislaciones horizontales de paredes, pero la necesidad de utilizar operarios experimentados para su manejo ha hecho que se deje de usar.

## **3.4- ASFALTOS EMULSIONADOS Y DILUIDOS:**

Descripción: La forma de fluidificar el cemento asfáltico para poder bombearlo a lo largo de cañerías, mezclarlo con el agregado o distribuirlo a través de toberas, es calentándolo. Luego cuando se enfriá, se convierte en material ligante semisólido.

Pero también hay otros métodos, como diluirlo mediante solventes seleccionados de petróleo o emulsionarlo con agua, obteniéndose así los asfaltos diluidos y los asfaltos emulsionados o emulsiones asfálticas. La idea es que terminada la construcción, el solvente o el agua se evaporen, dejando al cemento asfáltico en condiciones de cumplir su función.

**3.4.1- Emulsiones Asfálticas:** Emulsionar en general, es formar una dispersión de un cuerpo líquido en otro en el que no es soluble. El cuerpo dispersado se llama sol. Cuando éste se precipita o coagula se denomina gel.

Los cuerpos peptizantes o coloides protectores forman una especie de membrana protectora sobre el cuerpo dispersado que impide se rompa la emulsión. Para poder formar la emulsión es preciso que el tamaño de los glóbulos de betún sea de 1 a 3 micras y requiere un PH de 10-12 y en caliente.

El betún fundido puede ponerse en suspensión en el agua mediante una agitación energética, pero cesa en cuanto se deja de mover, volviéndose a aglomerar las bolitas de betún. Se evita esta nueva aglomeración empleando como emulgente disoluciones de jabón o, mejor aún haciendo que se forme el jabón a la vez que la suspensión. Si se añaden al betún fundido, directamente las disoluciones de jabón, es preciso una agitación muy energética con molinos para coloides o turbomezcladores que giran a razón de 4.000 revoluciones por minuto.

Si se hace el jabón a la vez que la suspensión se añaden al betún fundido ácidos grasos, como ácido oleico, resínico, nafténico, etc., y una lejía alcalina y caliente y agitando lentamente; también se pueden emplear caseína, silicato sódico, lejías sulfíticas, etc.

El betún empleado procede de los petróleos, caracterizado por una solubilidad del 99 % en sulfuro de carbono, tener un punto de reblandecimiento de 50-60° C, una penetración de 150 mm a 25° y 20 a 0°; ductilidad 85 cm.

La proporción de betún de estas emulsiones es de un 50 a 60 % y 1 a 2 % de emulsivo, pudiendo llegar al 80 %, teniendo un color pardo chocolate debido al grado tan grande de división, y deben ser estables en reposo, para poderse almacenar.

Las emulsiones bituminosas, cuando se aplican, dejan una película de betún, pues la disolución acuosa es absorbida por capilaridad o evaporación, y se llama rotura de la emulsión.

Se pueden hacer emulsiones con la fluidez necesaria para poderlas aplicar con brocha en los enlucidos verticales, lográndose una gran impermeabilidad y se pueden encalar después.

Retardan la rotura de la emulsión los cloruros de cinc, amonio, cromo y aceleran los ácidos en general y los cloruros cálico, sódicos, sulfato sódico. Para evitar la coagulación por el frío se añaden líquidos, como el alcohol, glicerina, etc.

Se pueden preparar emulsiones asfálticas de distintos tipos y clases, seleccionando el agente emulsivo apropiado y otros controles de fabricación.

De acuerdo al agente emulsivo elegido, la emulsión asfáltica puede ser:

- 1- Aniónica: Las partículas de asfalto están cargadas electronegativamente.
- 2- Catiónica: Las partículas de asfalto están cargadas electropositivamente.
- 3- No Iónicas: Las partículas de asfalto son neutras.

En la práctica, las dos primeras clases se usan en la construcción y mantenimiento de caminos, mientras que la tercera va a ser más ampliamente usada con el avance de la tecnología de las emulsiones.

De acuerdo al material y al proceso de fabricación, las emulsiones asfálticas se pueden clasificar en distintos grados:

<i>Aniónica</i>	<i>Catiónica</i>
RS - 1	
RS - 2	CRS - 1
MS - 1	CRS - 2
MS - 2	CMS - 2
MS - 2h	CMS - 2h
HFMS - 1	---
HFMS - 2	---
HFMS - 2h	---
HFMS - 2s	---
SS - 1	CSS - 1
SS - 1h	CSS - 1h

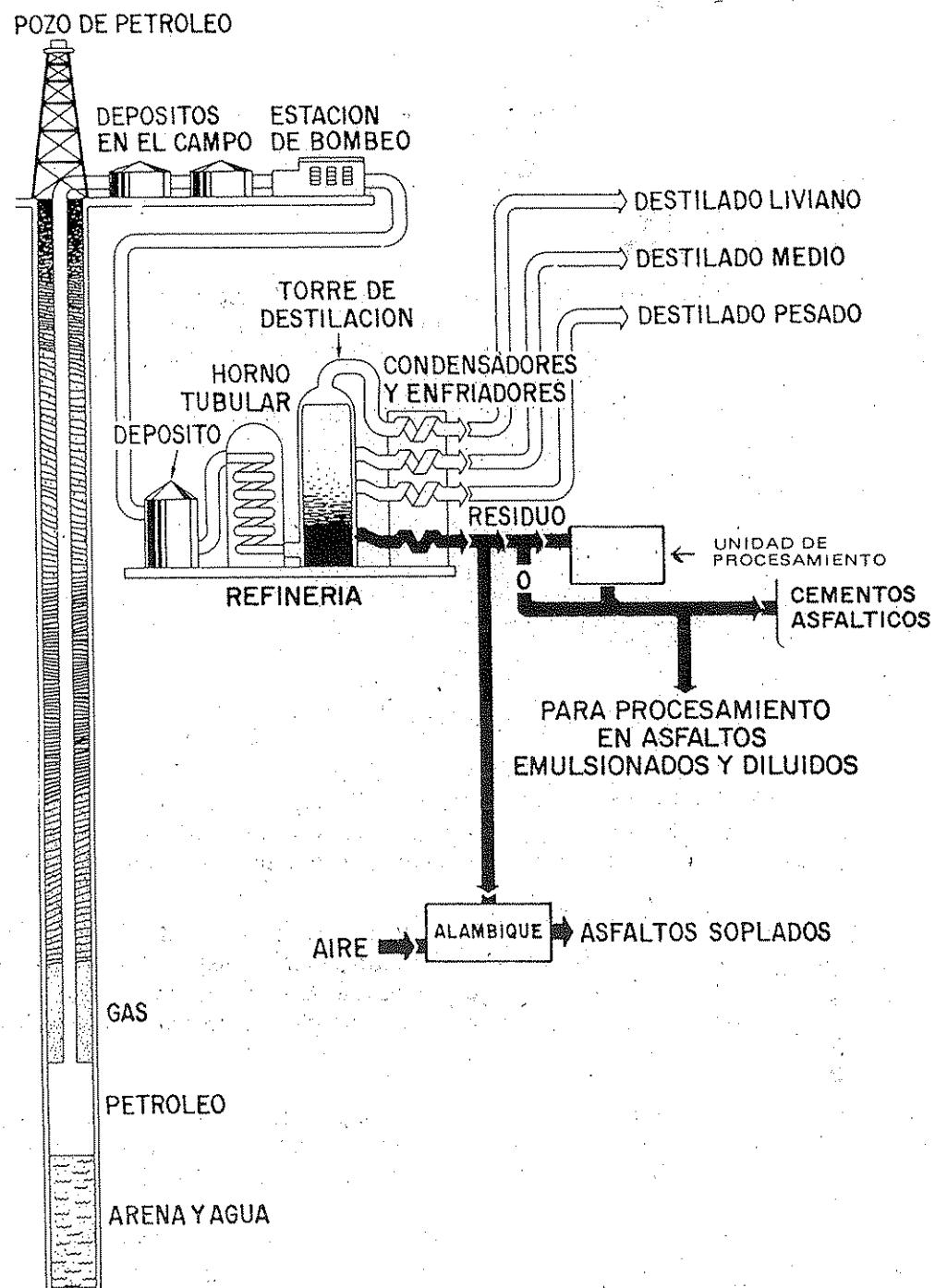
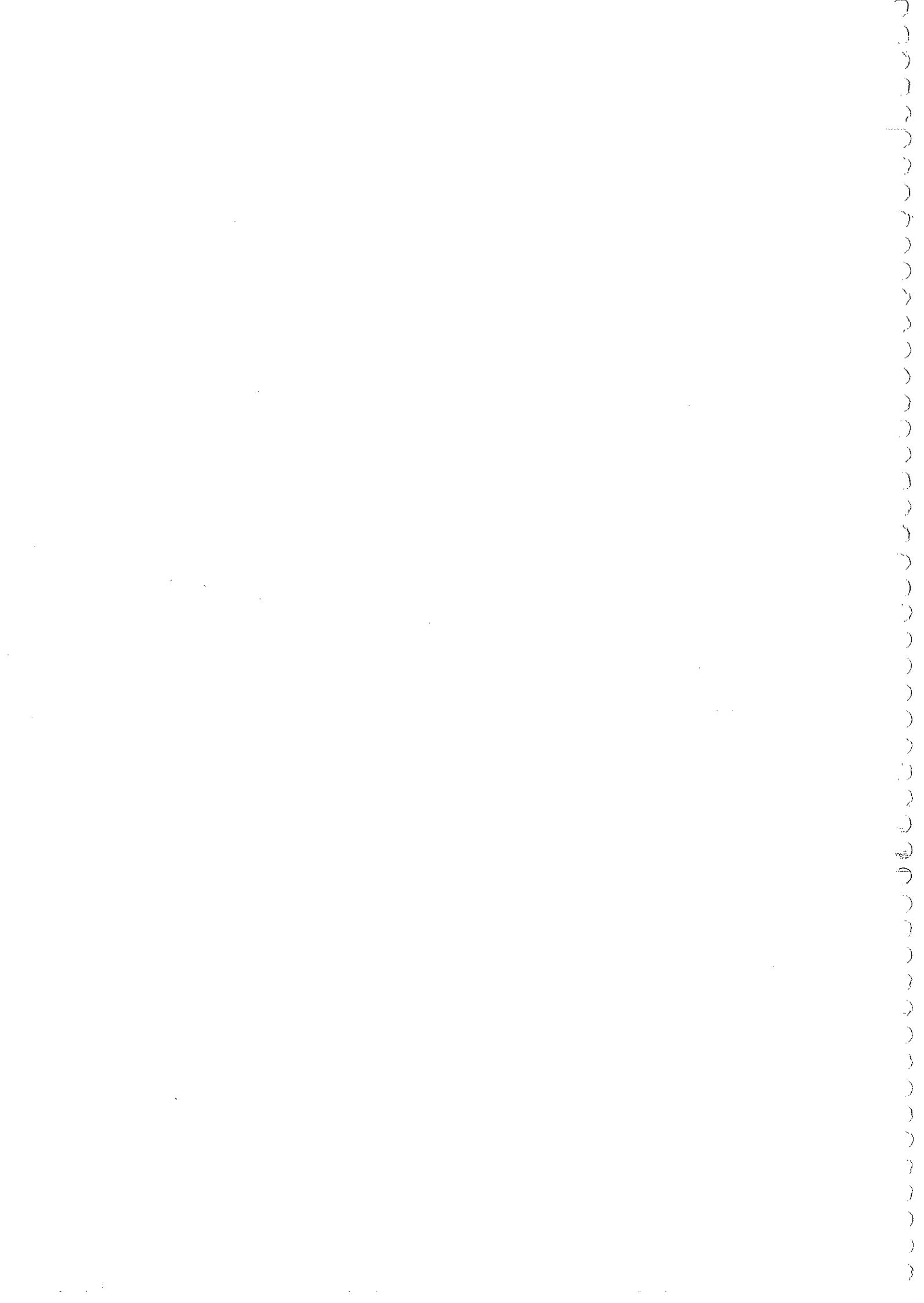


Figura 1.- Diagrama del proceso del petróleo de base asfáltica para obtener cemento asfáltico.



RS: significa "Rapid Setting" (Rotura Rápida); MS: "Médium Setting" (Rotura Rápida); SS: "Slow Setting" (Rotura Lenta); CRS: "Cationic Rapid Setting" (Rotura Rápida Catiónica); CMS: "Cationic Medium Setting" (Rotura Media Catiónica); CSS: "Cationic Slow Setting" (Rotura Lenta Catiónica). (N. del T.).

La "h" que sigue a ciertos grados significa que se usa un asfalto base más duro. La "HF", que precede a algunos de los grados MS indica alta flotabilidad, medida por el ensayo de flotación (AASHTO T50 o ASTM D139). Esto significa que se le agregan ciertas sustancias químicas que permiten que se forme una película de asfalto de mayor espesor sobre las partículas de los agregados, minimizando la probabilidad de lavado. Algunas oficinas especifican un grado adicional de catiónicas, para mezclar con arena, denominado CMS-2S, que contiene más solvente. Los productores no tienen en stock esta larga lista de emulsiones, por lo tanto, para facilitar el servicio y el aprovisionamiento de determinadas clases, es necesario planificar y establecer comunicaciones entre el usuario y el productor. Durante la construcción, las emulsiones deben permanecer suficientemente fluidas para su correcta aplicación. El agente emulsivo mantiene las gotitas de asfalto separadas hasta que se haya depositado la emulsión en la superficie del suelo o en las partículas del agregado. Si el asfalto de la emulsión debe cumplir la función de ligante e impermeabilizante, debe separarse la fase asfáltica de la fase líquida, lo que se logra por neutralización de las cargas electrostáticas y/o por evaporación del agua. Se juntan las gotas de asfalto y forman una película continua sobre el agregado o el pavimento. Esta coalescencia de las gotas de asfalto es más rápida en los grados de rotura rápida. El tiempo que tarda en producirse la coalescencia o la evaporación, es el tiempo de rotura o de asentamiento. La forma y tiempo de rotura de las emulsiones depende fundamentalmente de la cantidad y propiedades del agente emulsivo utilizado y de la proporción relativa de agua.

**3.4.2- Asfaltos Diluidos:** Para disolver el cemento asfáltico, se usan solventes de petróleo, conocidos también como diluyente o destilados. Si el solvente para diluir el asfalto es altamente volátil, se evapora rápidamente; por el contrario, los de baja volatilidad lo hacen más despacio. Por lo tanto, basándose en la velocidad relativa de evaporación, se puede dividir a los asfaltos diluidos en tres tipos:

- 1- Curado rápido (RC) cemento asfáltico y un diluyente liviano de alta volatilidad, generalmente con un punto de ebullición de rango similar a la nafta o gasolina.
- 2- Curado medio (MC) cemento asfáltico y un diluyente mediano de volatilidad media, generalmente en el orden del punto de ebullición del querosene.
- 3- Curado lento (SC) cemento asfáltico y aceites de baja volatilidad.

A los asfaltos diluidos de curado lento (SC) suele llamarlos "Road Oils" (Aceites de Carreteras), nombre que proviene de cuando el aceite residual del asfalto se usaba para construir caminos de bajo costo en los que se pudiera circular bajo cualquier condición climática.

El grado de fluidez de cada caso depende fundamentalmente de la proporción de solvente en el cemento asfáltico y, en menor grado, de la dureza del asfalto base del cual se hizo el diluido. Por lo tanto, de acuerdo al grado de fluidez, hay distintos tipos de asfaltos diluidos, algunos muy fluidos a temperatura ambiente, y otros más viscosos, que requerirán una pequeña cantidad de calor para hacerlos suficientemente fluidos para las operaciones a las que va a estar sometido.

### **3.5- PROCESO PARA OBTENER EMULSIONES ASFÁLTICAS Y ASFALTOS DILUIDOS:**

En la figura 1 se muestra más detalladamente la secuencia para fabricar materiales asfálticos emulsionados y diluidos, dentro del diagrama del procesamiento del petróleo. Es importante destacar en cada caso que el material base fluidificado, por emulsionarlo, es el cemento asfáltico.

También debe resaltarse que el asfalto diluido del tipo SC puede ser obtenido por destilación directamente, cuando el crudo reducido es de calidad adecuada y puede ser

refinado hasta la consistencia apropiada para servir como uno de los tipos normalizados de los asfaltos diluidos SC.

### **3.6- USOS DE LOS ASFALTOS EMULSIONADOS Y DILUIDOS:**

Las ventajas de las emulsiones asfálticas con respecto a los asfaltos en caliente, es que pueden ser usadas con el agregado frío o calentado, seco o húmedo. Esto último es también una ventaja sobre los diluidos, que requieren que el agregado esté seco.

Las emulsiones asfálticas se usan tanto para construcción de caminos como para otras aplicaciones especiales. Por ejemplo, para construcción de macadams asfálticos a penetración, sellados y tratamientos bituminosos superficiales. En estos casos pueden usarse las de rotura rápida; en mezclas en el camino o en planta con agregado grueso y en mezclas para baches principalmente las de rotura media; y en mezclas con agregado fino o suelo se emplean a menudo las de rotura lenta.

Los asfaltos diluidos se pueden usar, calentándolos muy poco, con agregados fríos. Sus variedades RC y MC se han usado mucho en caminos, pistas de aviones, industrias y otras aplicaciones especiales. Entre sus usos más importantes están las operaciones de mezclado en obra, mezclas para almacenar y riegos superficiales (imprimaciones riegos de liga y sellados). Pero las emulsiones asfálticas están reemplazando a los diluidos en la mayoría de estos usos, debido al control ambiental y a que los diluyentes son productos de alto valor energético, que se pierden por evaporación.

Los asfaltos diluidos SC se utilizan, principalmente, en las zonas centroeste y lejano oeste de los Estados Unidos, para mezclado en el camino y paliativo de polvo. También en mezclas de bacheo para almacenar, mezcla en planta con agregados graduados y ocasionalmente para imprimación. En estas zonas, su uso también está decayendo.

### **3.7- ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS PARA EMULSIONES ASFÁLTICAS:**

Debido a la variedad de usos de las emulsiones asfálticas, se las fabrica con distintas viscosidades de cemento asfáltico base y diferentes roturas. AASHTO y ASTM adoptaron especificaciones para emulsiones asfálticas catiónicas y aniónicas. Hay tres tipos normalizados de aniónicas: rotura rápida (RS), rotura media (MS), y rotura lenta (SS). Para las catiónicas se dispone de los mismos tipos designados como CRS, CMS y CSS que pueden tener una letra "h", a continuación, que significa que la emulsión se ha hecho con un cemento asfáltico base más viscoso.

### **3.8- USO DE ADITIVOS EN EL ASFALTO:**

Los aditivos son compuestos que junto con los normales, como el asfalto, agregado y relleno mineral, componen la mezcla asfáltica para pavimentaciones. A veces se usan cuando se encuentran agregados o condiciones problemáticas. El uso de aditivos, sin embargo, no se debe considerar como un curatodo y no se lo debe emplear como un sustituto de una buena práctica de la construcción.

**3.8.1- Caucho en Asfalto:** Se ha usado caucho natural, sintético o recuperado, en forma de polvo, de migas, de grano o látex, para cambiar ciertas propiedades del asfalto. Se ha demostrado que si se agrega en cantidades tan pequeñas como 0,1 %, aunque generalmente oscila entre 1 y 5 %, las propiedades del asfalto cambian sustancialmente. Se incrementa la viscosidad y disminuye la susceptibilidad térmica y la tendencia a fluir. El propósito de usar asfalto con caucho es obtener un material con mayor elasticidad, mayor adherencia y menor fragilidad a bajas temperaturas. Los numerosos ensayos de campaña, ahora en progreso, deben indicar si los costos de mantenimiento decrecientes resultantes van a compensar los gastos adicionales del uso de caucho. Los diferentes cauchos afectan a los diferentes materiales asfálticos en formas distintas. Se necesitan estudios especiales y controles precisos como guía para el tratamiento de un asfalto particular con un determinado caucho para modificar sus características. También se necesitan técnicas especiales para el uso del asfalto con cauchos.

**3.8.2- Siliconas:** A los asfaltos se les agregan siliconas bajo ciertas condiciones para reducir o anular los efectos de la humedad u otros propósitos. Por ejemplo, se pueden agregar siliconas al asfalto caliente para evitar que se forme espuma durante el

almacenamiento. En las mezclas asfálticas, se usan para evitar el endurecimiento del concreto asfáltico en almacenaje, para impedir el asentamiento y la segregación de la mezcla durante el transporte y la separación de la mezcla durante su colocación.

Las siliconas se agregan al asfalto en concentraciones de 1 a 6 ppm. Para obtener una distribución rápida, se las diluye con solventes. Se debe tener cuidado en mantener la cantidad de solvente agregado por debajo de aquella que afecta perjudicialmente las propiedades del asfalto. Las siliconas son materiales muy persistentes y su efecto puede permanecer en el tanque entre distintos llenados en una magnitud tal que algunos resultados de ensayo pueden no ser confiables.

**3.8.3- Cal Hidratada:** La cal hidratada se adiciona a agregados de baja calidad para poder usarlos en mezclas asfálticas para caminos, generalmente adicionando cerca de 1 % de cal hidratada a estos agregados resultan mezclas para pavimentos asfálticos que pasan las exigencias límites para caminos.

A veces es difícil cubrir ciertos agregados con asfalto debido a que sus superficies son síliceas o ácidas. La cal hidratada, altamente alcalina, inicia una reacción química que cambia el carácter de la superficie del agregado y neutraliza cualquier componente ácido presente en el asfalto. También mejora las propiedades de recubrimiento y ligantes del asfalto para estos agregados.

La cal hidratada se adiciona al agregado en la mezcladora. Puede servir como filler en el material granular. Si se adiciona cal hidratada a la mezcla, se puede usar hasta un 1 % de asfalto adicional sobre el contenido normal del mismo sin desintegración o exudación en el pavimento terminado. Esto produce un pavimento más denso, firme, con una superficie más durable.

**3.8.4- Aditivos Mejoradores de Adherencia:** Los aditivos de este tipo se usan para mejorar el cubrimiento y la adherencia. Ayudan a que se recubra el agregado, particularmente cuando está húmedo o mojado. También se los usa para incrementar la resistencia al lavado ó descubrimiento de la película de asfalto sometida a la acción del agua.

Hasta la fecha no se han publicado o dado a conocer resultados del comportamiento en campaña mostrando que los aditivos comerciales disponibles son económicamente convenientes o alargan la vida del pavimento asfáltico. Hay evidencias basadas en observaciones de campaña que indican que el uso de asfalto líquido con aditivos pueden ser beneficiosos en algunos casos en las etapas tempranas de la vida de un pavimento bajo condiciones adversas. Todavía no se ha determinado cuánto tiempo duran estos beneficios o si el aditivo contribuye a proteger la vida en servicio del pavimento.

Los ensayos de laboratorio empíricos y los límites arbitrarios de las especificaciones no constituyen bases firmes ingenieriles en el uso de aditivos antidescubrimiento. En la mayoría de los casos no hay una relación directa entre estos ensayos y los límites de las especificaciones con el comportamiento en campaña. Hasta donde existe cierto grado de relación, hay límites definidos para la aplicabilidad de los ensayos de "lavado" corrientemente usados en el laboratorio.

#### **4- ALQUITRAN:**

Es un producto negro y viscoso obtenido por condensación de los gases desprendidos en la destilación seca en vasija cerrada de las materias hidrocarbonadas de la hulla y madera principalmente.

##### **4.1- OBTENCIÓN:**

El alquitrán definido anteriormente es el bruto obtenido de la hulla en las fábricas de gas del alumbrado a 1.000-1.200° C o en las de coque metalúrgico a 800° C es viscoso a la temperatura ordinaria, volviéndose fluido a 70° C y 80° C forma espuma con el agua que contiene. Densidad: 1,05 a 1,16.

El alquitrán deshidratado se prepara a partir del alquitrán bruto quitándole el agua por destilación a 120-180° C, eliminando a la vez un grupo de aceites ligeros, haciéndole caer

en cascada por una columna provista de platillos, o por una solera inclinada calentada a dicha temperatura.

La refinación de los alquitranes se hace separando por destilación fraccionada sus componentes y mezclando después en las proporciones convenientes brea, semigrasa con aceites de antraceno y medios.

#### 4.2- COMPOSICIÓN QUÍMICA:

El alquitrán está constituido por una mezcla muy compleja de hidrocarburos, ácidos y bases aromáticas, habiéndose separado unos 200 cuerpos, siendo los más importantes: aguas amoniacales, benzol y sus homólogos, que son líquidos fenoles, naftalina, carbono libre y brea, sólidos.

A los hidrocarburos que constituyen el alquitrán se les acostumbra designar por aceites de alquitrán, siendo solubles en el sulfuro de carbono y pudiendo separar por destilación fraccionada:

Aceites ligeros	destilan hasta 170°	agua, amoníaco y benzol.
" medios	" de 170°-230°.	
" pesados	" de 230°-270°.	
" antraceno	" de 270°-350°.	antraceno y derivados.
Brea	350°.	

Finalmente queda un residuo constituido por carbono libre y aceites muy pesados, al que se denomina brea, sólida o líquida a la temperatura ordinaria.

Las proporciones de estos productos suelen estar comprendidas entre los límites siguientes:

Aguas amoniacales	3 - 5 por 100
Aceites ligeros	0,2 - 0,6
Aceites medios	10 - 15
Aceites pesados	8 - 10
Aceites antraceno	18 - 20
Brea	55 - 60

Los hidrocarburos que forman los alquitranes son cíclicos no saturados de la serie del benceno, dan productos de adición solubles en el ácido sulfúrico hirviendo, reacción de sulfonación que permite distinguir los alquitranes de los betunes cuando están mezclados. Los alquitranes son solubles en sulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, éter de petróleo, nitrobenceno y piridina.

En los alquitranes se han encontrado carbenos, carbono libre y tesinas de alquitrán. Los carbenos lo hemos descrito en los betunes.

El carbono libre está formado por hidrocarburos con más del 93 % de carbono, habiéndose separado tres tipos: C1, C2, C3 y el resto está formado por aceites de antraceno. El C1 existe en un 10 % y desempeña el papel de un polvo muy fino que aumenta la viscosidad. El C2 entra en la proporción de un 3 % y el C3 en el 36 %. A los C2 y C3 se denominan resinas de alquitrán y les comunican las propiedades adhesivas, aglutinantes, el C2 y estables el C3.

Los alquitranes son una suspensión de carbenos en los aceites ligeros y a su vez una microemulsión de micelas de carbono libre en los aceites de antraceno, que por su gran tensión superficial desempeñan el papel de coloides protectores.

#### 4.3. BREA DE HULLA:

Es el residuo de la destilación de los alquitranes de color negro o pardo, sólida o semisólida a la temperatura ambiente, fusible por el calor y de propiedades aglomerantes. Las breas se clasifican por la temperatura de reblandecimiento medidas con el método de KRAEMER-SARNOW, llamado de mercurio (K.S.), o por el del anillo y bola (A.B.):

Breas grasas	38° K.S.	ó	50° A.B.
Breas semigrasas	53° - 78° K.S.	ó	65° - 90° A.B.
Breas semisecas	78° - 108° K.S.	ó	90° - 120° A.B.

A temperaturas superiores a 400° C no destilan las breas, se elimina el antraceno y homólogos, obteniéndose aceites rojos y breas brillantes y frágiles.

#### **4.4- PROPIEDADES DE LOS ALQUITRANES:**

Las más características son las siguientes:

**4.4.1- Viscosidad:** Depende del contenido en brea y resina y deben tener la suficiente viscosidad para que extendidos en caliente, se adhieran y aglutinen fuertemente a los áridos cuando sequen.

La viscosidad de los productos bituminosos en general disminuyen a medida que se eleva la temperatura y por eso se caldean previamente a su aplicación, no debiéndose pasar de cierto límite, unos 110° C, en los alquitranes y 150° C en los betunes, para que no se desprendan productos que son necesarios.

La viscosidad es la resistencia que oponen las moléculas de un cuerpo líquido al desplazamiento de unas respecto a otras. La inversa de la viscosidad es la fluidez.

La unidad de viscosidad dinámica es el poise, que se define como la viscosidad de un fluido que necesita la fuerza de una DINA para adquirir la velocidad de 1 cm/s.

Pero en los productos bituminosos se aprecia por el tiempo en segundos que tarden en fluir 50 cc, a la temperatura de 30° C a través de un orificio de 10 mm (B.R.T.A.).

Como hay alquitranes muy viscosos que tardan mucho tiempo en fluir, se ha propuesto expresar la temperatura a la cual el alquitrán tiene la viscosidad para que pase en 50 segundos; se llama equiviscosa temperatura (E.V.T.).

Los alquitranes empleados en pavimentación varían entre 13 y 50° C (E.V.T.) que equivalen de 4 a 8.000 segundos a 30° C.

**4.4.2- Cohesión:** Depende de la viscosidad y es una característica del estado coloidal de los alquitranes, y a la cual son debidas sus propiedades aglomerantes.

Se puede apreciar haciéndole extender en delgada película y rompiendo a tracción.

**4.4.3- Adherencia:** Esta propiedad depende del alquitrán y de la superficie pétreas a la que se adhiere, tanto más cuanto lo sea la del árido, y este seca, pues húmedo lo rechaza. La naturaleza geológica tiene importancia para las rocas vítreas como la cuarcita; se adhiere peor que a la rugosa como la caliza. Se puede alquitranar piedra fría y húmeda añadiendo a esta una pequeña cantidad de cal, pues actúa como emulsionante. Se aprecia la adherencia impregnando un árido como alquitrán y sumergirlo en agua durante veinticuatro horas a la temperatura ambiente.

**4.4.4- Secatividad:** Depende de la cantidad de aceites volátiles que tenga un alquitrán, siendo los medios que destilan entre 170 y 230° los que proporcionan la viscosidad y solución precisa, debiéndose producir una evaporación rápida al principio, pero no debe proseguir indefinidamente.

**Duración:** es función de la cantidad de aceites muy pesados que contenga un alquitrán, los que destilan a temperatura superior a 300° C, pues son los que le comunican la plasticidad e impiden que al secarse se vuelva frágil y rompa.

Los alquitranes envejecen antes que los betunes porque sus aceites tienen mayor tensión de vapor que los segundos.

**4.4.5- Susceptibilidad:** Es la variación de la viscosidad con la temperatura, siendo los alquitranes más susceptibles que los betunes, necesitándose menos calorías para su colocación, pero tienen el inconveniente de que a baja temperatura se agrieta más fácilmente que los betunes. Se observa que el alquitrán extendido a la intemperie forma una película semisólida que disminuye la susceptibilidad.

El alquitrán que haya de emplearse en carreteras deberá reunir las siguientes condiciones: no contener agua, pocos aceites volátiles y fenoles, porque se evaporan rápidamente. Poca naftalina, que aumenta la fluidez en pequeña proporción, pero en exceso cristaliza, evaporándose y agrietando el firme. Contener la proporción de brea, carbono y aceites

medios pesados suficientes para dar cuerpo y elasticidad, sin disminuir sus propiedades aglomerantes.

En España está reglamentada la composición que deberán reunir los alquitranes empleados en carreteras por la O.M. del 27 de marzo de 1936.

#### **4.5- MEZCLAS DE BETUN Y ALQUITRAN:**

Se hace para obtener un producto con mejores propiedades constructivas. El betún es más duro, consistente y duradero que el alquitrán. Este es más fluido y envejece antes. Al betún se añade alquitrán para fluidificarle y al alquitrán, betún para hacerle más viscoso, menos susceptible a los cambios de temperatura y retardar su envejecimiento.

No se pueden mezclar en cualquier proporción, pues se puede producir coagulación, siendo generalmente la de un 20 % de alquitrán y un 30 % de betún, pues depende de los aceites de antraceno que contenga el alquitrán y con un contenido del 40- 50 % miscibles en todas las proporciones con el betún, porque dichos aceites estabilizan las resinas por su gran tensión superficial.

#### **4.6- ALQUITRAN FILLERIZADO:**

Como el alquitrán es muy sensible a las variaciones de la temperatura, reblaneciéndose en verano y resquebrajándose en invierno, además envejece por evaporación lenta de los aceites medios y pesados, se le añaden cuerpos finamente pulverizados, filler de 5-80 micras de tamaño, para modificar su densidad, viscosidad, adhesividad y plasticidad al retener por absorción dichos aceites medios y pesados. Los fillers empleados generalmente son de naturaleza silícea, caliza, porfidica, rocas asfálticas y de carbón, con la proporción del 15 al 25 % de los minerales y hasta el 40 % de los orgánicos.

También se emplea caucho en polvo en la proporción del 5-10 % en los betunes fluidos como los cut-backs.

Se fabrica el alquitrán fillerizado mezclando el filler con un aceite mineral de origen metánico, formando una pasta homogénea que se añade al alquitrán y betún mezclados en caliente. También se preparan fluidificando un betún con aceite, añadiendo el filler y finalmente mezclado mecánicamente con el alquitrán.

El alquitrán fillerizado se aplica con las máquinas empleadas en los riegos bituminosos, calentando a 100-110°, variando la cantidad a emplear de 1 a 2 kg. por metro cuadrado, según se trate de obras de conservación o nuevo establecimiento.

La composición de los alquitranes fillerizados debe ser:

Alquitrán	60-45 por 100
Filler	24-26
Betún	7-10
Aceite mineral	5

#### **4.7- APLICACIONES:**

En construcción se utiliza el alquitrán en carreteras, protección del hierro y madera aplicado en caliente, en forma de pintura y como hidrófugo o impermeabilizante de paredes.

El alquitrán tiene además muchas aplicaciones, pues es la base de la fabricación de los colorantes, perfumes, resinas sintéticas y explosivos modernos.

### **5- ENSAYOS DE ALQUITRAN:**

#### **5.1- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD:**

Se practica por el procedimiento del picnometro, indicado en el ensayo de los betunes.

#### **5.2- DETERMINACIÓN DEL AGUA:**

Se hace destilando el alquitrán con un disolvente volátil como el xilol, que destile el 98 % entre 120° y 250° C. Se pesan en una caldera metálica o en un matraz de vidrio de 500 cc 100 gr. de alquitrán y añaden 100 cc de xilol. Se tapa y pone en comunicación con un refrigerante de 40 cm de longitud, provisto de un tubo colector graduado en centímetros cúbicos y décimas. Se calienta de manera que destilen unas cinco gotas por segundos hasta que no se condense más agua.

### **5.3- DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA:**

Por medio de una sonda es el tiempo en segundos que tarda en sumergirse. La sonda HUTCHINSON está formada por una varilla metálica de 5 mm de diámetro y 225 mm de longitud, provista de dos marcas separadas 50 mm un flotador de 50 mm de diámetro y una contera o punta, pesando el conjunto 35 gr. El alquitrán calentado a 25° C se vierte en un recipiente metálico de 250 mm de altura y 100 mm de diámetro. La sonda se sumerge lentamente hasta que llegue el flotador al alquitrán y suelta con cuidado, anotándose el tiempo apreciado con un cronómetro que tardan en hundirse las dos señales del vástago.

### **5.4- DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD:**

Con el viscosímetro internacional de RODWOOD modificado, llamado también viscosímetro B.R.T.A., es el tiempo expresado en segundos que tardan en fluir 50 cc de alquitrán por un orificio de 10 mm de diámetro, 04 mm para los muy fluidos a la temperatura de 30° C. El alquitrán se vierte en el depósito del viscosímetro que tiene 110 mm de altura y 40 mm de diámetro, rodeado de un baño maría y se mantiene a 30° C. El orificio de salida está obturado con una esfera metálica de 12,5 mm de diámetro unida a una varilla que lleva un índice de 92 mm hasta la que se llena de alquitrán. Debajo del orificio de salida se coloca una probeta graduada, de 100 cc conteniendo 20 cc de aceite mineral. Se levanta la varilla y cuelga del índice, poniéndose en marcha un cronómetro cuando el líquido alcance en la probeta 25 cc y para llegar a los 75 cc.

### **5.5- DETERMINACIÓN DEL CARBONO LIBRE:**

En los alquitrances se considera como carbono libre la materia orgánica insoluble en el sulfuro de carbono. La operación se practica como se ha indicado en los ensayos de betunes para determinar la solubilidad en el sulfuro de carbono.

### **5.6- DESTILACIÓN FRACCIONADA:**

En este ensayo se determinan los aceites ligeros hasta 170° C, aceites medios entre 170 a 230 ° C, aceites pesados entre 230 y 270 ° C y aceites de antraceno de 270 a 300° C.

El aparato destilador está constituido por una caldera metálica o un matraz de ENGLER de 200 cc, un termómetro, un refrigerante de aire o agua y unos tubos graduados. Se pesa el recipiente destilador vacío y vierten 300 gr. de alquitrán, monta el aparato y calienta lentamente, regulándose la temperatura para que destilen unas dos gotas por minuto. A medida que se alcanzan las temperaturas indicadas se cambian los tubos graduados y pesan. Terminada la destilación se vuelve a pesar el matraz y recipiente destilador, y la diferencia con el vacío es el peso de la brea.

Determinación de los fenoles: En los alquitrances se aprecian en la fracción que pasa entre 170° y 270° C, al efectuar la destilación. El ensayo se practica tomando 25 cc de los aceites que destilan entre 170° 230° y 300° y 270°, previamente mezclados y calentados a 50° C, y vierten sobre 25 cc de hidróxido sódico al 10 % agitando un minuto, y deja en reposo en un baño a 50° C, hasta que se separan las dos capas y aprecia el aumento de volumen de la capa acuosa, que es de los fenoles existentes en 25 cc de los aceites medios.

### **5.7- DETERMINACIÓN DE LA NAFTALINA:**

Se hace en los aceites de alquitrán que destilan entre 170 y 270° después de la extracción de los fenoles, para lo cual se pasa a un embudo de decantación cilíndrico de 50 cc y tubo corto, calentando en una estufa a 50° C, y una vez aspiradas las dos capas se decanta la acuosa y recoge en una cápsula, enfriá y filtra sobre un filtro de BUCHNER de porcelana provisto de papel de filtro y haciendo el vacío. Se levanta el papel filtro con el residuo, coloca sobre un disco de porcelana porosa, comprimiendo con una espátula para quitar los aceites que le impregnán, se traslada la naftalina a un vidrio de reloj, y pesa.

### **5.8- ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO DEL ALQUITRAN:**

Se determina la pérdida de peso que experimenta una capa de 10 mm de espesor depositada en un vaso de 55 mm de diámetro y 35 mm de altura, calentada a 50° C en una estufa, durante doce días. También se puede hacer exponiendo a los rayos ultravioletas, y determinando la pérdida de viscosidad, antes V1 y después V2 y disminución de peso P,

calculando el coeficiente de envejecimiento por la fórmula:

$$K = \frac{V_2 - V_1}{P}$$

## **6- ENSAYOS DE ASFALTOS:**

### **6.1- DENSIDAD REAL:**

Se determina a 25° C por medio de la balanza hidrostática para los que son duros a la temperatura ordinaria, para lo cual se llena un molde metálico de 2 cm<sup>3</sup> con el betún calentado a 50° C en un baño de agua, y una vez frío se pesa en el aire, P<sub>1</sub>, y sumergido P<sub>2</sub>, en agua destilada a 25°:

$$D_{25} = \frac{P_1}{P_1 - P_2}$$

Para los betunes fluidos se utiliza el picnómetro pesándole primero vacío, P<sub>1</sub> después lleno de agua destilada a 25° C P<sub>2</sub> y finalmente lleno de betún P<sub>3</sub>:

$$D_{25} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1}$$

Si el betún es viscoso, se llena el picnómetro hasta su mitad, P<sub>4</sub> y después se rellena con agua destilada, P<sub>5</sub>:

$$D_{25} = \frac{P_4 - P_1}{(P_2 - P_1) - (P_5 - P_4)}$$

La densidad de los betunes duros varía de 1,1 a 1,4; la de petróleos de 1 a 1,05 y la de los líquidos a 0,90.

### **6.2- PENETRACIÓN:**

Se aprecia la consistencia del material bituminoso introduciendo una aguja de 1 mm de diámetro, cargada con un peso de 100 gr. durante cinco segundos, en unas probetas de 55 mm de diámetro y 35 mm de altura, y midiendo en décimas de milímetros la penetración. Se utiliza un aparato denominado penetrómetro.

La penetración a 25° de los betunes suelen ser de 0-5 para los sólidos a la temperatura ordinaria; 30-70 semidensos, y 80-200 para los blandos.

Si el material es muy blando, se carga sólo con 50 gr de peso.

Para apreciar la sensibilidad se opera a 4° C y carga de 200 gr. durante un minuto y después a 46° C carga de 50 gr. de peso durante cinco segundos.

### **6.3- DUCTILIDAD:**

Es el alargamiento expresado en centímetros que experimenta una probeta de 1 cm<sup>2</sup> de sección hasta la rotura.

Se emplea un aparato llamado ductilómetro, formado por una cubeta de sección rectangular provista de un termostato y de un dispositivo que permita producir una tracción a razón de 5 cm por minuto.

Durante el ensayo las probetas se mantienen sumergidas en un baño de agua generalmente a 25° C, pudiéndose hacer a 4° y 40° C.

La ductilidad a 25° C de los betunes es 0 a 5 cm para los duros, de 10 a 15 cm para los semiduros y 100 cm para los blandos.

**Punto de reblandecimiento:** Hay quien le llama de fusión, no siendo correcto, puesto que los betunes, al no ser sólidos cristalinos carecen de él, por pasar paulatinamente del estado sólido al líquido.

Existen varios métodos, como el del flotador, punto de gota, pero el uso más frecuente es el anillo y la bola.

La determinación por el procedimiento del anillo y la bola se verifica introduciendo en un vaso de vidrio un soporte provisto de dos anillos metálicos de 15,8 mm de diámetro y 6 de altura llenos de betún fundido, y entre los cuales y a la misma altura se sitúa un termómetro, quedando a 25,5 mm del fondo.

Sobre los anillos se coloca una bola de acero de 9,5 mm de diámetro y 3,5 gr de peso. Se llena el vaso de agua hervida y enfriada a 5° C y se calienta paulatinamente a razón de 5° C por minuto. El betún se reblandece, cede al peso de la bola y llega a tocar el fondo del vaso a una temperatura que es la que define el punto de reblandecimiento.

Los betunes naturales de petróleo suelen tener los siguientes puntos: betunes duros de 65 a 120° C; semiduros 50 a 60° C, y blandos 40 a 50° C.

#### **6.4- PUNTO DE INFLAMACIÓN:**

Es la temperatura a la cual se inflaman los gases desprendidos de un asfalto calentado progresivamente. El punto de combustión es la menor temperatura a la cual los vapores desprendidos continúan ardiendo por sí solos durante cinco segundos, sin el auxilio de la llama de prueba. Se determina en vaso abierto por procedimiento CLEVELAND, llenando un vaso cilíndrico de bronce de 68,5 mm de diámetro y 37,5 mm de altura hasta una altura de 33,5 mm con el betún previamente reblandecido en un baño de agua calentando a 50° C. Se coloca sobre un soporte y calienta a razón de 15° C por minuto hasta 50° C, antes de su punto de inflamación, en que se continúa a 6° C, por minuto. Cada 30 segundos a 3° C se hace pasar una llama por encima del vaso, que llegue hasta el borde y normal a la superficie del betún, tardándose un segundo. Se lee la temperatura que marque el termómetro introducido en el vaso cuando se inflamen los gases. El punto de inflamación de los asfaltos de petróleo son los siguientes: asfaltos duros 230° a 270°, semiduros 250° a 285°, blandos 220° a 250°, voscosos 200° a 230° y líquidos 27° a 34°.

#### **6.5- PERDIDA POR EL CALOR:**

Se determina el tanto por ciento de pérdidas en peso de los productos volátiles de un asfalto cuando se calienta durante cinco horas a 163° C.

El material a ensayar se vierte en unos vasos de 55 mm de diámetro y 35 mm de altura, previamente tarados, y colocan en una estufa especial calentada a 163° C.

Si el material bituminoso contiene agua, se calienta primero a 110° C y después se eleva en quince minutos a 163° C. En el caso de producirse proyecciones, se deshidrata previamente.

Los betunes suelen tener una pérdida inferior al 1 %.

#### **6.6- SOLUBILIDAD EN SULFURO DE CARBONO:**

Para determinar el conjunto de substancias de los materiales bituminosos solubles en el sulfuro de carbono, se vierte en un tamiz ERLENMEYER de 250 cc previamente tarado, una cantidad de betún que contenga un gramo aproximadamente soluble en S2C.

Se añade después el disolvente en pequeñas porciones hasta unos 100 cc y agita hasta que se logre su disolución y filtra a través de un crisol de GOOCH, previamente preparado que se calcina y pesa.

Si el material bituminoso contiene agua se deshidratará previamente. Si se trata de un alquitrán fillerizado, se homogeniza primero, decanta y deja reposar cuarenta y ocho horas antes de la filtración.

Los betunes de petróleo son más de 90 % de solubles en el S2C.

#### **6.7- DETERMINACIÓN DE LOS ASFALTENOS:**

Los asfaltenos son los componentes de un betún soluble en el sulfuro de carbono e insolubles en la bencina ligera de petróleo (o en éter etílico).

La bencina deberá tener las características que prescribe la Institution Of Petroleum Technologist: Densidad a 15° C igual a 0,68-0,69.

Destilado entre 60 y 80°, no menos del 90 % e hidrocarburos aromáticos, no más del 0,5 %. Se obtienen resultados casi iguales empleando como disolvente el éter etílico.

La operación se practica colocando unos 2 a 5 gr de la muestra de betún en un matraz ERLENMEYER tarado y 100 cc de disolvente.

Se calienta con reflujo hasta que empiece a hervir, tapa con un corcho y deja reposar doce horas, al cabo de las cuales se filtra por un crisol de GOOCH.

El tanto por ciento de asfaltenos será la diferencia que haya entre la solubilidad en sulfuro de carbono y en bencina de betún ensayado.

#### **6.8- DETERMINACIÓN DE LA PARAFINA:**

La parafina es una mezcla de hidrocarburos saturados sólidos de la serie del metano desde el término C<sub>23</sub>H<sub>48</sub> al C<sub>35</sub>H<sub>72</sub> aproximadamente, teniendo un punto de fusión alrededor de los 50° C.

Se determina destilando 100 gr de betún y recogiendo la fracción que pasa entre 300° y 430° y a 10 gr de ésta se trata por una mezcla a partes iguales de alcohol de 96° y éter etílico, y se enfria a -20. Se filtra a esta temperatura mediante un embudo de BUCHNER adecuado, disuelve el residuo en bencina y después en acetona, otra vez en bencina evapora al baño maría y pesa en una capsulita.

**1- VIDRIOS:**

Hay vidrios artificiales y vidrios naturales; entre estos la piedra pómex, muy ligera y porosa y la obsidiana, piedra compacta, ambos minerales volcánicos. El vidrio posee a veces características extraordinarias a las que no siempre se le asigna el valor que tienen, como es la de ser transparente aún en algunos tipos especiales en cuya composición entra un 50 % de plomo; el natural es más o menos del mismo tipo que el artificial que se usa en construcciones. Hay vidrio natural en las regiones volcánicas y montañosas (en EEUU en formaciones compactas y como piedra pómex, (lava volcánica) en Italia y Alemania.

El vidrio es normalmente un solíctato completo aún cuando puede ser en ciertos casos, silicato simple. También hay en la naturaleza un vidrio compuesto por anhídrido silítico puro. La condición de amorfo del vidrio (disposición desordenada de las moléculas) es una característica fundamental, ya que si no fuera así, es decir, si fuera cristalino, el vidrio no podría ser conformado más que por colado en molde, en cambio siendo amorfo al calentarla pierde parte de su resistencia mecánica, reblaneciéndose progresivamente hasta pasar al estado líquido, pudiendo ser trabajado en estado pastoso. Desde el punto de vista físico el vidrio a la temperatura ambiente puede ser considerado como líquido de gran viscosidad.

El descubrimiento del vidrio artificial fue, como casi todos los descubrimientos, netamente accidental. El calentamiento en un hogar primitivo de arena en contacto con carbonato de sosa y restos calcáreos, produce escorias de aspecto vítreo. En la antigüedad la fabricación de vidrio era considerada con mucho respeto y al vidrio se lo tenía como piedra preciosa, a tal punto que en Venecia en las zonas donde se fabricaba vidrio, el acceso era restringido. Ese vidrio que se formó casualmente con arena, carbonato de sosa y carbonato de calcio, tiene precisamente los tres ingredientes con los que hoy en día se fabrica el 90 % del vidrio, aún cuando con esa constitución no se tiene el vidrio ideal.

**1.1. VIDRIOS DE SÍLICE:** Se aproxima al vidrio ideal el que se obtiene partiendo del anhídrido sílico, o sea cuarzo, que al fundirse en condiciones adecuadas se convierte en una masa que no recristaliza denominada sílico vítrea (vidrio de sílice) que es de alta resistencia mecánica, transparente, de bajo coeficiente de dilatación (del orden de  $5 \times 10^{-7}$ , siendo el vidrio común de  $90 \times 10^{-7}$ ). El sílice funde a  $1700^\circ$  y por ello el proceso de fabricación del vidrio ideal resulta caro.

**1.2. VIDRIOS DE SOSA:** La adición de determinadas sustancias reduce el punto de fusión, entre ellas tenemos la sosa, que es un óxido de sodio y que acondicionado en un 25 % reduce el punto de fusión de  $1.700$  a  $800^\circ$  con lo que se está dentro del nivel fácilmente alcanzable en los equipos industriales. Se forma entonces, en vez de sílice pura silicato de sodio que es soluble en agua, lo que hace a este producto, llamado vidrio soluble inapto para ser usado en vidrieras, ya que con la humedad o el agua de lluvia desaparecería el vidrio. Los vidrios antiguos eran muy ricos en sosa y de allí que los colocados en algunas catedrales y otros edificios se agujerearan por disolución de las partes donde el tenor de sosa era mayor y se llegara a difundir la leyenda de que era una enfermedad del vidrio que bautizaron como viruela del vidrio. Para corregir esa tendencia se reemplaza la parte de sosa por óxido de calcio que además de hacer al vidrio casi insoluble en agua baja un poco más el punto de fusión (5 % de Oca. Baja  $100^\circ$ ) pero sin embargo el vidrio continúa siendo un poco soluble.

**1.3. VIDRIOS DE SOSA Y CAL:** El vidrio moderno tiene 75 % de anhídrido silícico, 12 % de óxido de sodio y 12 % de óxido de cal; dicho vidrio constituye lo que se conoce como vidrio de sosa y cal. Esa composición corresponde al vidrio fabricado en todo el mundo y dentro de la Arquitectura casi todo el vidrio usado es de sosa y cal. Se trata de un vidrio transparente, difícilmente atacable por los agentes químicos, de elevado coeficiente de dilatación (de 80 a  $90 \times 10^{-7}$ ) lo que hace que el vidrio sea débil a los cambios bruscos de temperatura.

**1.4. VIDRIOS PYRES:** Para conseguir un vidrio más resistente a los cambios bruscos de temperatura se ha reemplazado el óxido de calcio por óxido de boro dando lugar al vidrio de borosilicato con 80 % de anhídrido silícico, 4 % de sosa y el 12 % de óxido de boro, dando un vidrio similar al de sosa y cal pero con la mitad de coeficiente de dilatación térmico (40 a 50 x 10<sup>-7</sup>). Es el conocido comercialmente con el nombre de vidrio Pyres.

**1.5. VIDRIO ÓPTICO:** Para vidrios de tipo óptico se le adiciona al vidrio óxido de plomo en una proporción que llega a veces hasta el 90 %, llegando el peso específico a valores de orden superior a 8 kg/dm<sup>3</sup>, o sea más pesado que el acero.

**1.6. COLORES PARA EL VIDRIO:** Además de los elementos fundamentales, el vidrio posee otras sustancias que pueden ser impurezas o elementos adicionales de intento, con el objeto de modificar el color; por ejemplo el óxido de hierro aparece con impureza y suministra al vidrio el color verde que se nota al mirar el vidrio de canto o a través de varias capas, el óxido de hierro puede dar también color marrón. También se adicionan otros óxidos metálicos de níquel, cromo, cobalto, cobre, etc. para otros colores como el amarillo, azul, rojo, etc.. La presencia de estas impurezas modifican las propiedades de transparencia del vidrio. Además, determinados óxidos confieren al vidrio propiedades selectivas con respecto al color de la luz que deja pasar; así por ejemplo, un vidrio que puede absorber todos los colores menos el rojo, deja pasar luz roja.

## 2 ELABORACIÓN DEL VIDRIO:

Los vidrios se denominan, además de su composición química, por su modo de fabricación y uso a que son sometidos, así: vidrios de ventanas estirados o soplados, lunas laminadas, float, de botellas, para óptica, aparatos químicos, etc.

**2.1. VIDRIO HUECO SOPLADO:** Por el procedimiento de soplado y a mano se pueden fabricar varillas y tubos de hasta 100 m de longitud, tomando un operario cierta cantidad de vidrio fundido y soplando hasta formar una pequeña ampolla, la cual es estirada por otro operario mediante una barra que aproxima. Fig. 1.

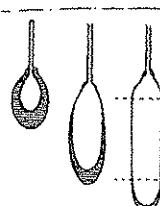


Fig. 1

**2.2. VIDRIO PLANO SOPLADO:** Se obtiene formando con la caña una gran ampolla de varios metros de largo y casi uno de diámetro, obteniéndose por soplado y caldeos sucesivos un cilindro; Fig. 1, una vez frío, se rasga por una generatriz y se calienta de nuevo en hornos de túnel para que se desarrolle y aplane sobre una plataforma muy lisa y bruñida.

### 2.3. VIDRIO PLANO ESTIRADO:

**2.3.1. Procedimiento Fourcault:** Se obtiene una lámina de vidrio, al salir la masa fundida del horno a una pequeña cámara, en la cual se introduce una tobera flotante provista de una rendija; por la que sale una tira de vidrio que es recogida por una lámina metálica, estirando hacia arriba, guiada por una serie de cilindros en una caja vertical cerrada para que se enfrie lentamente, siendo cortada al largo deseado. Fig. 2. Se obtienen láminas de 1,8 a 7 mm. de espesor y 1,5 m. de anchura.

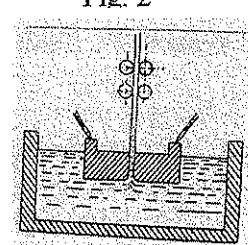


Fig. 2

**2.3.2. Procedimiento Colburr:** Se obtiene un vidrio continuo estirado haciendo pasar entre dos cilindros una lámina de vidrio la cual asciende verticalmente hasta quedar casi solidificada, siendo entonces reblandecida con calor, doblándose en ángulo recto sobre un cilindro horizontal y arrastrada a lo largo de un túnel de 60 m. de longitud aproximada, para que se enfrie lentamente y es cortada a la salida. Se pueden alcanzar espesores de hasta 30 mm. y se caracterizan por la uniformidad de espesor y superficies perfectamente planas. Fig. 3.

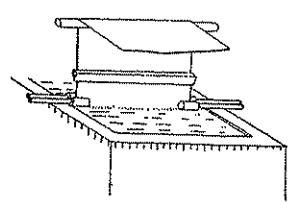


Fig. 3

**2.4. VIDRIO PLANO COLADO:** Se obtienen laminando una masa fundida de vidrio en estado pastoso, entre dos cilindros o entre un cilindro y una mesa, Fig. 4, los cuales pueden ser lisos o grabados, dando en el primer caso vidrios lisos y ornamentados en el segundo. Si se intercala una fina tela metálica de 0.5 a 0.6 mm. de diámetro se obtiene el vidrio armado. Los vidrios colados se caracterizan por tener superficies poco transparentes, debido al contacto del vidrio con los cilindros que les priva del brillo, volviéndose mate. Así se obtienen los vidrios facetados o catedral, estriados, con rombos, etc.

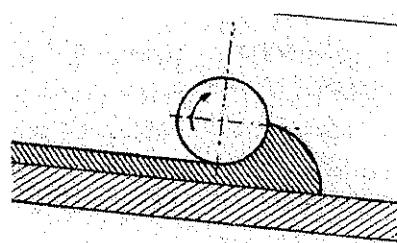


Fig. 4

**2.5. LUNAS:** Se fabrican igualmente por laminación de la pasta en estado fluido, vertiendo el contenido de los cristales en una mesa metálica de colada, sobre la que se extiende, desliza y da espesor un par de cilindros laminadores. Las lunas a la salida del horno de recocer son de superficie rugosa y no son transparentes y para lograrlo se esmerilan y pulen. Fig. 5

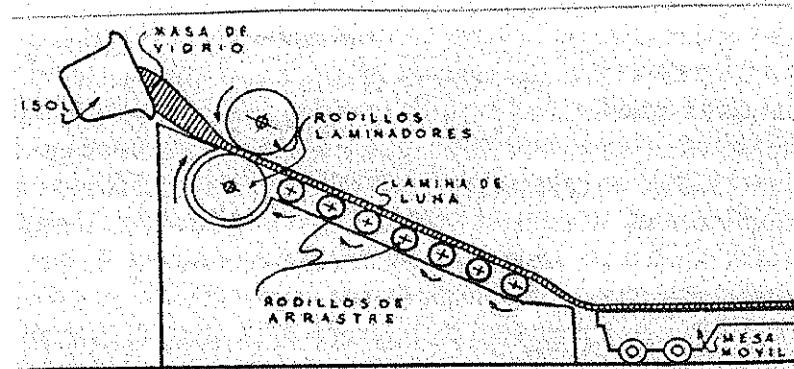


Fig. 5

**2.6. VIDRIO FLOAT:** Fig. 6. El vidrio float es fabricado haciendo flotar vidrio, en estado de fusión, sobre una superficie constituida por estaño fundido a una temperatura controlada.

El float emerge completamente plano y libre de distorsión, con un acabado brillante y lustroso en ambas caras.

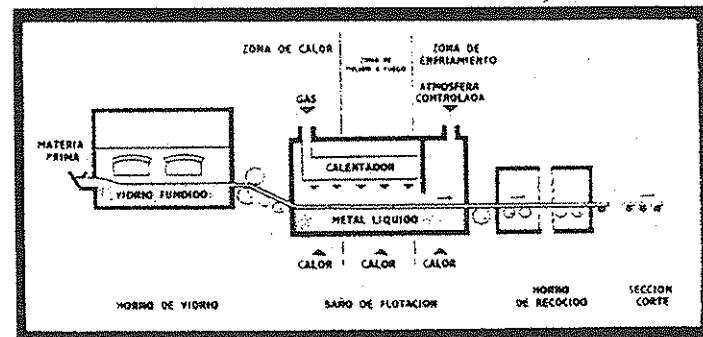


Fig. 6

**2.7. LUNAS CURVADAS:** Se obtienen colocando los vidrios planos y pálidos sobre moldes de acero con la forma deseada y se introducen en un horno, se calienta paulatinamente hasta 500 °C con lo que se ablanda y adopta la forma del molde.

**2.8. VIDRIO PRENSADO:** Se obtiene prensando el vidrio en estado pastoso. Se obtienen vidrios de gran resistencia a la compresión, flexión y choque, no pudiéndose cortar con diamante. Debe fabricarse con las medidas exactas.

**2.9. LANA DE VIDRIO:** Se fabrica dirigiendo aire comprimido contra el vidrio fundido que sale de unas boquillas, obteniéndose fibras análogas a la lana animal.

**2.10. VIDRIO HILADO:** Se obtienen finos hilos de seda de vidrio de 0.01 a 0.03 mm de diámetro, haciendo pasar el vidrio a través de finas boquillas, arrollándose sobre un carrete las hebras así obtenidas.

### **3. CLASIFICACIÓN DEL VIDRIO:**

**3.1. VIDRIOS ABRILLANTADOS A FUEGO:** con el vidrio abrillantado a fuego se fabrican mediante un pulido especial, las lunas y cristales. El vidrio común, por su sistema de fabricación, no da caras planas y paralelas, por lo que la visión a través de vidrios abrillantados a fuego sufren distorsiones, ya que al ser los vidrios ondulados los rayos entran paralelos y salen no paralelos. De allí que en las vidrieras y espejos se usan vidrios de caras lo más paralelas posibles. La operación de abrillantado y alisado del cristal es parecida a la del mármol, obteniéndose un brillo artificial (características del cristal) y caras completamente paralelas que no producen distorsión en la imagen.

### **3.2. SEGÚN SU TRANSPARENCIA:**

**3.2.1. Vidrios Transparentes:** Es el que permite el pasaje de la luz y de la visión sin mayor deformación.

**3.2.2. Vidrios Traslúcidos:** Son los que permiten el pasaje de la luz pero no de la visión, alcanzándose a divisar en algunos tipos solo bultos, por no tener las caras paralelas.

**3.2.3. Vidrios Opalinos:** Los opalinos son los que teniendo las caras paralelas no permiten el pasaje de la luz o la permiten en poca cantidad pero sin visión directa. Los vidrios opalinos pueden subdividirse en opacos que son los que no dejan pasar la luz y opalinos translúcidos, los que dejan pasar la luz. La translucencia del segundo grupo se consigue acentuando la diferencia de paralelismo de las caras, con lo que los rayos que penetran paralelos salen divergentes o convergentes: se acostumbra a hacer una cara plana y la otra no. Se consigue la translucencia en las opalinas incorporándole sustancias transparentes que no se difundan en la masa del vidrio sino que se mantienen en suspensión formando gotas de distinta densidad o índice de refracción; las dos caras pueden ser paralelas pero no hay posibilidad de que un rayo de luz pase y conserve su dirección, pues es refractado por los elementos de suspensión. Cuando la cantidad de estos elementos en suspensión es pequeña pasa algo de luz; en esos casos se fabrican en espesores pequeños, que es como se usan en los globos de luz, constituidas por dos capas de vidrio; la externa, transparente y gruesa actúa como soporte y la interna de opalina como difusor. Teniendo en cuenta la opacidad de los vidrios opalinos, su brillo y colores se los usa en revestimientos.

### **3.3. SEGÚN SU COLOR:**

**3.3.1. Vidrios Blancos:** Son los que absorben todos los colores uniformemente, o no lo absorben en absoluto y permiten el pasaje de la luz blanca.

**3.3.2. Vidrios de Color:** Absorben todos, menos el que pasa.

**3.3.3. Actínicos:** Son permeables a las radiaciones violetas y ultravioletas, son utilizados en solarios de sanatorios.

**3.3.4. No Actínicos:** No permiten el paso de los rayos ultravioletas y dejan pasar el resto. Se utilizan en vidrieras en las que son expuestas sustancias que se deterioran con esas radiaciones.

**3.4. SEGÚN SU ESPESOR:** Los vidrios comunes transparentes suelen clasificarse por los espesores en escalas arbitrarias y variables en cada país. Entre nosotros se clasifican en vidrios simples, dobles, triples y gruesos o vítreo (esta designación de vítreo es incorrecta como genérica de un tipo, porque es en realidad un nombre comercial). Esta clasificación induce a error pues los espesores no siempre son exactos, por lo que hay que completarla si se desea evitar la confusión con los pesos. En números redondos tenemos que los vidrios simples son de un espesor oscilante en 2 mm (algo más), los dobles de 3 mm, los triples de 4 mm (algo menos) y los gruesos de 5, 6, 7, 9 y 10 mm. La escala Alemana comprende 4 espesores, el espesor B, el 4/4, el 6/4 y el 8/4, correspondiendo estos tres últimos, respectivamente, al simple, doble y triple y el espesor B, algo menor que el simple. La escala de vidrios de Gran Bretaña se basa en el peso del vidrio en onzas por pie cuadrado, así tenemos vidrios de 18 onzas (corresponde al simple), de 24 onzas (al doble), de 26 onzas (semitriple) y 32 onzas (al triple).

**3.5. VIDRIOS ESTRUCTURALES:** Los vidrios también pueden ser destinados a estructuras constituyendo los vidrios estructurales, usados para aislar y dejar pasar la luz. Deben tener para ello resistencia mecánica y suficiente poder aislante térmico.

**3.6. VIDRIOS DECORATIVOS:** Para revestimientos decorativos en baños, laboratorios, pasajes, etc., se usan opalinas, vidrio transparente opacado por detrás con pinturas y vidrios coloreados.

**3.7. CALIDAD DEL VIDRIO:** La calidad del vidrio se clasifica por clase. La primera clase es la mejor y no tiene casi fallas; la segunda clase ninguna falla de consideración; la tercera y curta clase contienen fallas más o menos extensas. Las fallas o defectos del vidrio son debidas: unas a la mala calidad, como las escorias, veteados, estrías, burbujas y otras a deficiencias en la elaboración como arrugas, ondulaciones, aletas y grietas.

#### 4. VIDRIOS BÁSICOS:

Los vidrios básicos también se denominan vidrios recocidos o crudos. Son fabricados a partir de la fusión de materias primas en un horno de gran capacidad, generándose, luego, una cinta de vidrio en estado amorfo, que según el sistema de fabricación pasa por rodillos lisos, para la fabricación de láminas planas; y por rodillos grabados para la obtención de vidrios catedral. Modernamente el vidrio plano se obtiene por flotación, en estado de fusión, sobre un baño de estaño líquido.

##### 4.1. VIDRIOS TRANSPARENTES:

**4.1.1. Vidrio plano común:** Se elaboran por distintos procedimientos: soplado, estirados, colado y rodillado. Estos procedimientos no dan un vidrio de caras planas y paralelas, por lo que la visión a través de estos sufre distorsiones. Son frágiles y la rotura se produce con gran fragmentación, lo que los hace sumamente peligrosos, por esta razón deberán ser utilizados donde no representen un peligro para la vida humana. Se fabrican en varias medidas:

<i>Denominación</i>	<i>Espesor mm</i>	<i>Ancho cm</i>	<i>Alto cm</i>
Simple	2	160 / 170 215	95 / 110 110
Doble	2,8	180	102 / 132 (5 en 5)
		215	102 / 132 (5 en 5)
Triple	4	215	152 172
Grueso 4 / 5 mm	5	215	185
Grueso 5 / 6 mm	6	215	200, 220, 250, 300, 350
Grueso Fuerte espesor	7	215	220, 250, 300, 350
	8	215	180
	9	215	180
	10	215	180
	11		A Pedido
	12		

**4.1.2. Cristal Float:** Es fabricado por flotación, obteniéndose un vidrio plano de caras paralelas, libres de distorsión. Es el vidrio que se utiliza para la fabricación de vidrios laminados, es incoloro, y se produce en hojas de gran tamaño que brindan una mayor libertad de diseño y permiten su máximo aprovechamiento. En todas sus aplicaciones asegura una

visión nítida y exacta. Se fabrican en espesores de 3, 4, 5, 6, 8 y 10 mm en hojas de 2500 x 3600 mm; en 6 y 10 mm de espesor, en hojas de 3600 x 5500 mm y en 12,15 y 19 mm de espesor, en hojas de 3300 x 2400 mm.

#### **4.2. VIDRIOS TRANSLUCIDOS:**

**4.2.1. Vidrios Planos Comunes Coloreados:** La incorporación de óxidos metálicos a los vidrios comunes, suministra a este determinados colores. Los vidrios coloreados modifican las propiedades de transparencia del vidrio común y además adquieren propiedades selectivas con respecto al color de la luz que deja pasar y a los rayos calóricos que los hacen antitérmicos.

**4.2.2. Cristal Float Coloreado:** Se fabrican en color gris, bronce, verde, verde intenso, azul y negro, y se obtienen en el mercado en hojas de gran tamaño, de dimensiones estándar.

**4.2.3. Vidrios Catedral:** Se producen en su gran mayoría, en 4 mm de espesor en hojas de 1400 x 2250 mm en muchos dibujos diferentes y en distintos colores. La transmisión media de luz difusa varía entre el 70 % y el 80 % según el dibujo y espesor. Permiten originales efectos decorativos en interiores y fachadas de edificios.

**4.2.4. Vidrios Pirolíticos:** También pueden ser considerados como vidrios básicos, pues son producidos durante el proceso de fabricación de Float, mediante la aplicación de una fina capa metálica sobre el vidrio a 600 °C. Pueden ser cortados y sometidos a otros procesos de manufactura igual que el Float normal. Se caracteriza por tener una muy buena performance de control solar. Los vidrios pirolíticos reflectivos se pueden colocar mirando hacia el exterior o hacia el interior del edificio. Se fabrican en 4 y 6 mm de espesor, en hojas de 2400 x 3300 mm y en colores gris, bronce, verde azulado, celeste, azul, verde, plateado y dorado.

### **5. VIDRIOS PROCESADOS:**

Son vidrios básicos sometidos a diferentes procesos de manufactura con el propósito de modificar y mejorar sus propiedades originales. Tienen un aspecto igual al de los vidrios básicos recocidos.

**5.1. LUNAS Y CRISTALES:** Se obtienen por pulido de vidrios gruesos. El pulimiento se realiza con abrasivos y se termina por último con óxido de hierro en forma de un polvo que es un material raspante muy suave que abrillanta la superficie, estas operaciones en conjunto reducen el espesor del vidrio en forma considerable de 3 a 4 mm y más en ambas caras. Se utiliza en vidrieras y espejos.

#### **5.2. VIDRIOS DE SEGURIDAD:**

**5.2.1. Vidrios Templados:** Se obtiene mediante el calentamiento, hasta el punto de ablandamiento, del vidrio para ser rápidamente enfriado, adquiriendo un nuevo estado de tensiones: compresión en su superficie y tracción en la zona central del vidrio. Sus propiedades respecto del vidrio recocido son: presenta una resistencia al impacto blando y a la flexión 4 a 5 veces mayor; puede ser sometido a temperaturas de hasta 250°C en régimen continuo y a picos de hasta 300°C, en caso de rotura se fragmenta en pequeños trozos sin aristas cortantes, posee propiedades estructurales y puede ser instalado mediante bulones o tornillos. Un vidrio templado siempre presenta un cierto grado de distorsión óptica, sólo visible por reflexión. Se fabrica exclusivamente a medida, una vez templado no puede ser cortado y agujereado pues produciría su rotura. Disponible en forma de vidrio incoloro, de color y/o reflectivo, el tamaño máximo de los hornos de templado permite procesar hojas de hasta 2400 x 3600 mm a partir de 4 hasta 19 mm de espesor. El tamaño máximo de un vidrio templado a procesar esta relacionado con el espesor del vidrio, a menor espesor menor tamaño de paño. Su campo de aplicación incluye todas aquellas áreas vidriadas, consideradas de riesgo a impacto humano y/o para construir vidriados estructurales sin carpintería, los casos típicos de empleo son puertas, paños laterales a puertas que pueden ser confundidos con éstas, vidrieras, mamparas de baño y todos aquellos casos en que el vidrio requiera una gran resistencia o seguridad ante eventual rotura.

**5.2.2. Vidrio Endurecido:** Su procesado es similar al vidrio templado con una etapa de enfriamiento menos brusca. Sus propiedades son: presenta, tanto al impacto como a los cambios de temperatura, una resistencia 2 veces mayor que el vidrio recocido, ante su rotura presenta un patrón similar al del vidrio recocido, en grandes trozos con bordes filosos por lo que, un vidrio endurecido, no puede ser considerado como vidrio de seguridad. En general se lo emplea en forma de vidrio monolítico o laminado, usualmente de color, para minimizar el riesgo de rotura ocasionado por una elevada tensión térmica.

**5.2.3. Vidrio con Serigrafía:** Puede ser manufacturado empleando vidrio templado o térmicamente endurecido. Se caracteriza por presentar sobre una de sus caras un dibujo o trama aplicada en base a esmalte cerámico vitrificado aplicado mediante la técnica de serigrafía. Sus funciones pueden ser simplemente decorativas y/o para controlar el ingreso no deseado de luz y calor solar radiante. Según la densidad de la trama aplicada impiden, con diversos grados, la visión clara a su través. La cara esmaltada puede ser expuesta hacia el exterior y el volumen mínimo para justificar su fabricación es del orden de 20 paños iguales. Los colores de serigrafía más utilizados son el blanco, el negro y el blanco translúcido.

**5.2.4. Vidrio Laminado con PVB:** Se obtiene mediante la unión de dos hojas de Float unidas entre sí, mediante calor y presión, con PVB (polovinil de butiral). Es el vidrio de seguridad y protección por excelencia y presenta las siguientes propiedades: en caso de rotura, los trozos rotos de vidrio permanecen adheridos a la lámina de PVB, sin obstaculizar la visión, manteniendo el paño “integro” dentro del marco. Ante un impacto es muy difícil de penetrar, actuando como pantalla de retención. Puede ser obtenido a partir de la laminación de distintos tipos de Float, laminado con láminas de PVB de 0.38, 0.76 y 1.52 mm de espesor. Cuanto mayor es el número de láminas o espesor de PVB, aumenta su resistencia a la penetración y también su capacidad de aislamiento acústica. Comparado con un cristal monolítico, de igual espesor, un vidrio laminado aumenta su índice de aislamiento acústica del orden de 3 a 5 (dB). Se produce en hojas estándar de 2500 x 3600 mm en espesores de 3+3, 4+4, 5+5 y 6+6 mm, compuesto por Flotas incoloros, y de color. También se manufactura empleando vidrio reflectivo, vidrio con serigrafía, vidrio satinado, vidrio arenado, etc.. El campo de aplicación del vidrio laminado cubre todo el espectro donde se requiere un vidrio de seguridad. Su empleo es insustituible en la construcción de vidriados inclinados sobre áreas de circulación o permanencia de personas: tales como techos, fachadas inclinadas, etc.

**5.2.5. Vidrio Multilaminado de Alta Seguridad:** Está compuesto por tres o más hojas de Float unidas entre sí con PVB. El espesor total del paño esta definido por las características de resistencia a la penetración requeridas por cada aplicación. Por ejemplo los cristales denominados antirrobo 3+3+3 mm, usualmente están compuestos por tres hojas de Float de 3 mm, laminadas con PVB de 0.76 mm por capa.

**5.2.6. Vidrios Antibala:** Según el grado de protección requerido, pueden tener hasta 62 mm de espesor total. Compuestos por vidrios recocidos o térmicamente tratados, los vidrios multilaminados se emplean en la construcción de grandes acuarios, pisos de vidrio, y balustradas de vidrio estructural. También existen fabricantes que producen vidrios multilaminados antibala compuestos por vidrio y policarbonato y/o empleando resinas especiales de alta resistencia a la penetración.

**5.2.7. Vidrio Laminado con Resinas:** Con propiedades equivalentes a los vidrios laminados con PVB se obtiene colando resinas en estado líquido entre dos hojas de Float o vidrio impreso. Este tipo de vidrio laminado tiene la ventaja de poder ser empleado para laminar vidrios con caras rugosas. En su versión con espesor de resina estándar (aprox. 0.8 mm) ofrece una excelente performance de aislamiento acústica. Este sistema de laminación ofrece la posibilidad de manufacturar paños con dimensiones de hasta 2800 x 5900 mm.

### **5.3. VIDRIOS CONTRA FUEGO:**

**5.3.1. Vidrio Armado:** Los vidrios armados ofrecen la ventaja de no desprenderse los trozos; en caso de incendio el calentamiento produce la rotura del vidrio y si sus trozos cayeran se originarián corrientes de aire que avivarían el fuego. Los vidrios armados son útiles cuando

deben colocarse en posiciones tales que en caso de rotura accidental los trozos pudieran caer sobre personas u objetos delicados. Para contrarrestar esto se fabrica el vidrio armado que tiene en el interior una malla de alambre de acero de 0.5 mm de espesor cuya función es la de retener unidos los trozos de vidrio en caso de rotura. Pueden ser de malla cuadrada, que es el más caro, y de malla exagonal, que constituye el armado común. Se fabrica en los tipos translúcidos y transparentes y permiten alcanzar una performance de hasta F60 (60 minutos de retardo al paso del fuego).

**5.3.2. Vidrios Multilaminados con Resinas Intumescentes:** Es un vidrio laminado contra fuego: producido por Pilkington, compuesto por dos o más vidrios laminados entre sí con resinas intumescentes, totalmente transparentes. Disponible en sus tipos RF 30, RF 60, RF 90 y RF 120, además de brindar control al paso del fuego brindan aislamiento térmica para evitar la autoignición por radiación de calor de materiales del "lado frío" o protegido durante un siniestro. Siempre que se instalan vidrios contra fuego, la carpintería debe presentar una resistencia al fuego equivalente a la del vidrio. Los materiales más empleados son el acero de fuerte espesor y las maderas semiduras o duras.

#### 5.4. VIDRIOS AISLANTES TÉRMICOS:

**5.4.1. Vidrio Termolux:** Consiste en dos capas de vidrio, que encierran un filtro de vidrio hilado. El vidrio hilado, afieltrado, encierra innumerables células de aire muy pequeñas y lo hacen apto para aislaciones térmicas. Además cada hilo de vidrio actúa como prisma que hace perder la dirección de los rayos luminosos por lo que actúa como difusor de la luz. El poder aislante de este vidrio depende del espesor del velo interior.

**5.4.2. DVH - Doble Vidriado Hermético:** Está compuesto por dos vidrios unidos entre sí mediante un separador metálico u orgánico, cuyo espesor define el ancho de la cámara de aire. El separador que es hueco, está lleno con sales deshumectantes para mantener seco el aire de la cámara. La unión entre el separador y los vidrios es doble. Primero tenemos el sellador primario, a base de caucho de batilo, que conforma la barrera de vapor y en segundo término el sellador secundario a base de caucho de siliconas que une estructuralmente ambos vidrios e impide la penetración de humedad. Los DVH manufacturados con separadores orgánicos, tipo Swigle Strip, tienen las sustancias deshumectantes incorporadas en el cordón separador. Los vidrios empleados no necesariamente deben ser del mismo tipo y/o espesor. Las ventajas de un DVH respecto de un simple vidriado son: la transmittancia de calor aire/aire es un 50% menor, elimina el riesgo de empañado por condensación, el vidrio interior tiene una temperatura similar a la del aire interior eliminando el efecto de "muro frío" de un simple vidriado y mejora la aislación acústica. Cuando mayor es el espesor de los vidrios y/o con el empleo de vidrios laminados se incrementa su capacidad de control del ruido. Cuando se desean propiedades de control de la radiación solar, debe estar compuesto por uno -el exterior- o ambos vidrios coloreados en su masa y/o reflectantes. El ancho estándar de las cámaras de aire es 6, 9 y 12 mm, siendo la de 12 mm la de mayor eficiencia térmica. La diferencia de aislación *entre una cámara de 6 y 12 es del orden de un 12 % mayor para 6 mm.* El DVH siempre se manufactura a medida y su tamaño de fabricación es de hasta 2400 x 2500 mm, compuesto en dicho caso, debido a su gran tamaño, por dos vidrios templados de 10 mm o un espesor equivalente de vidrio laminado, c/u.. La conformación del panel puede presentar ambos vidrios del mismo tamaño o con aletas conformadas por el vidrio exterior de mayores dimensiones en dos o en los cuatro lados. Esta variante se emplea para la instalación de vidrios pegados con silicona estructural, sin carpintería exterior a la vista.

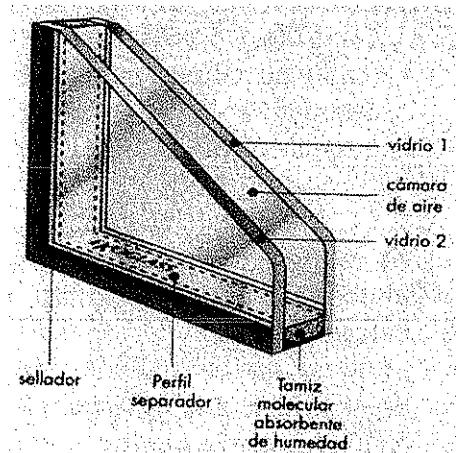


Fig. 7

**5.5 VIDRIO AISLANTE ACÚSTICO:** Se realiza a base de Float laminado con diferentes espesores de PVB (polivinil butiral), constituye una solución particularmente eficaz para controlar el paso del ruido a través de cerramientos exteriores y particiones interiores. Su efectividad aislante es consecuencia de la menor rigidez del paño de PVB comparado con un Float monolítico del mismo espesor. El efecto amortiguador del ruido varía según el rango de frecuencia considerado y del espesor del PVB empleado en la manufactura. En la práctica brinda un efectivo nivel de atenuación del ruido para los rangos de frecuencia de la voz humana y del tránsito automotor. Se fabrican en los siguientes espesores:

#### **BLISAN ARQUITECTURA**

Espesor Float	Espesor PVB	Espesor PVB	Espesor Total mm
3 mm	0.76 mm	3 mm	6.76
5 mm	0.76 mm	5 mm	10.76
6 mm	0.76 mm	6 mm	12.76
6 mm	1.52 mm	6 mm	13.52
12 mm	1.52 mm	6 mm	19.52

### **6. PRODUCTOS DE VIDRIO PRENSADO:**

**6.1. BALDOSAS PARA PAVIMENTOS:** Baldosas prensadas de 25 a 30 mm de espesor y 20x20, 25x25 y 30x30 cm.

**6.2. BALDOSAS DOBLES:** Empleadas para tabiques con espesores de 30 a 60 mm, cuadradas de 20x20 y rectangulares de 15x27 cm.

**6.3. PAVÉS DE VIDRIO:** Para uso de muros y pisos, con espesores de 40 a 60 mm y diámetros de 65 a 100 mm y cuadrados de 100 a 160 mm de lado, en colores blanco, amarillo, azul y verde.

**6.4. TEJAS PLANAS:** Construidas en vidrio moldeado de 410 x 240 mm; 420 x 255 mm y 450 x 250 mm.

### **7. FIBRAS DE VIDRIO:**

**7.1. AISLANTE TÉRMICO Y ACÚSTICO:** Fibras de vidrio para aislaciones termoacústicas que constituyen la solución ideal para todos los problemas de calor y sonido en la industria y en las viviendas.

Propiedades Principales:

- 1- Incombustible,
- 2- Imputrescible,

Se fabrica en paneles de 1 x 0.5 m y fieltros de 1 x 5 m y 1 x 10 m, en espesores de 10 mm a 100 mm.

**7.2. IMPERMEABILIZANTE:** Velo continuo de vidrio hilado para impermeabilizaciones asfálticas de losas, azoteas, techos, silos, tanques, etc.. Es impermeable al agua, imputrescible y duradero, se presenta en rollos de 100 m de largo por 1.40 m de ancho.

### **8. VIDRIOS TALLADOS, GRABADOS Y OPACOS:**

**8.1. VIDRIOS TALLADOS:** El tallado se realiza por medio de discos delgados giratorios desgastadores, empleando primero de acero, luego de cobre y finalmente se pule con discos de madera.

**8.2. VIDRIOS GRABADOS:** El grabado se hace con discos de cobre mojados en aceite, que lleva en suspensión esmeril.

**8.3. VIDRIOS ESMERILADOS:** El desgaste de la parte superficial pulida se hace con un chorro de arena cuarzosa muy fina y de aristas vivas. También se puede realizar con ácidos protegiendo con parafina la zona que no debe ser tratada.

**8.4. VIDRIO ESCARCHADO:** Se prepara deslustrando previamente la superficie, pegándole un papel con cola fuerte y se deja secar. La cola, al secar, se cuartea y arranca trocitos de vidrio de fratura brillante, haciendo que la luz se disperse.

**8.5. VIDRIO ESPEJO:** Se hace recubriendo una de las caras del vidrio con una capa metálica.

#### **9. PROPIEDADES:**

**9.1. DENSIDAD:** Varía de 2,3 a 2,6 kg/cm<sup>3</sup>.

**9.2. DUREZA:** Apreciada con la escala Mohs, varía de 4 a 8.

**9.3. CONDUCTIBILIDAD:** Es muy pequeña, tanto para el calor como para la electricidad.

**9.4. COMPRESIÓN:** Es muy grande, de 5.000 a 10.000 kg/cm<sup>2</sup>.

**9.5. FLEXIÓN:** Varía con la clase de vidrio, el de ventana 400-500 kg/cm<sup>2</sup>, el armado 250-400 kg/cm<sup>2</sup>. *Resistencia al*

**9.6. DESGASTE:** Es muy elevada, como el basalto y cemento fundido.

**9.7. AGENTES QUÍMICOS:** El vidrio es muy resistente a los productos químicos, solo lo disuelve el ácido fluorhídrico.

**9.8. TRANSPARENCIA:** El vidrio deja pasar el 80-90 % de la luz visible.

#### **10. ENSAYOS SOBRE VIDRIOS:**

Para ensayos de productos terminados de vidrio consultar las Normas IRAM Nº 12.543, 12.559, 12.572, 12.573, 12.577, 12.580 y 12.595.

## UNIDAD 14

### **1- MATERIAS PLÁSTICAS ARTIFICIALES:**

Las materias plásticas artificiales son sustancias de origen generalmente orgánico, producidas por medios químicos, capaces de adquirir forma por el calor y la presión, conservándola después y alcanzando grandes resistencias mecánicas.

También se las denomina resinas sintéticas, debido a su apariencia vitreoamorfa, después de endurecido el producto fundido, por su analogía con las resinas naturales.

Químicamente se consideran como disoluciones sólidas coloidales procedentes de productos naturales u obtenidos por síntesis mediante procesos de polimerización, poliadición y policondensación.

- **Polimerización:** Las moléculas simples, no saturadas químicamente, se unen entre sí por saturación recíproca de sus valencias libres. En este caso la molécula básica no se altera y la reacción no deja residuos.
- **Poliadición:** esta reacción se asemeja a la precedente, pero, en cambio, se produce un desplazamiento de algunas partes del monómero. Esta reacción tampoco deja residuos.
- **Policondensación:** En este caso se unen moléculas diversas a través de grupos capaces de reaccionar químicamente entre sí, generando de esta manera los polímeros. Además se produce un residuo de reacción, generalmente agua, que debe ser eliminada durante el proceso de fabricación.

Las materias plásticas generalmente constan de dos componentes: el aglutinante, que es la resina, la cual comunica solidez y elasticidad y la materia de relleno, que les da dureza.

Las materias plásticas artificiales datan de fines del siglo <sup>19</sup><sub>18</sub>, en que Alexander Parker presentó el nitrato de celulosa o parkesine, al que más tarde se le dio el nombre de celuloide. Por el mismo tiempo Goodyear vulcanizó el caucho con azufre, preparando la ebonita, después el Holandés Backenland, en 1909, patentó la bakelita.

Entre los plásticos del grupo de celulosa modificada puede mencionarse la fibra vulcanizada, con la que se confeccionaban valijas y la galatina usada para fabricar botones y hebillas.

Con la aparición de la resina ureica, resina termofraguada, se logra el acetato de celulosa (celuloide no inflamable), el acrílico y el poliestireno.

Las primeras materias empleadas en la fabricación de las materias plásticas se pueden obtener de pocos productos: cal, carbón, sal, celulosa, agua, aire, y se pueden agrupar así: del alquitrán de hulla se obtienen el fenol, cresol y benceno; del nitrógeno sintético, a partir del aire, se obtienen el metanol, formaldehído, urea y ácido úrico; del carburo de calcio se obtienen el acetileno para materias vinílicas; del alcohol y acetona se preparan las materias polietécnicas.

El notable desarrollo del plástico se debió a los estudios Standinger y Carothers, quienes descubrieron la estructura macromolecular de los plásticos y la posibilidad de producirlos mediante procedimientos sintéticos.

### **2- CLASIFICACION:**

Las materias plásticas en tres grupos: termoestables, termoplásticos y proteínas plásticas.

Cada grupo comprende un cierto número de sustancias distintas, con propiedades y usos particulares, pueden ser transparentes, opacas, rígidas o elásticas.

**2.1. TERMOESTABLES:** Una vez elaborada por calor y presión, permanece rígida e inalterable, y solo se puede cambiar de forma a los objetos fabricados mediante operaciones mecánicas de aserrado, cortado, taladrado, etc.

**2.2. TERMOPLÁSTICO:** Presenta la propiedad común de poder cambiar de forma por el calor y la presión, una vez fabricados, sin que se varíe su composición química, pudiendo los recortes volverse a utilizar, como el celuloide.

**2.3. PROTEINAS PLASTICAS:** Se preparan principalmente fibras textiles para la fabricación de tejidos.

### **3- GRUPO TERMOESTABLE:**

Comprende las materias plásticas fenol-formaldohido, urea-formaldohido, etc. Y la fabricación de las materias plásticas se hacen, generalmente, por condensación o polimerización.

**3.1. FENOPLASTICOS:** El fenol forma una serie de materias plásticas muy conocidas, siendo la bakelita la más importante. La bakelita es una resina líquida de color amarillo ámbar, que solidifica formando grandes masas llamadas resinoides, siendo el punto de partida para la fabricación de barnices, madera contrachapada y polvo de moldeo.

Si al polvo se le suma mica, como relleno se obtienen materias plásticas aislantes de la electricidad; el amianto para el calor; fibras textiles para resistencia al choque; grafito para disminuir el rozamiento en cojinetes; arcilla para disminuir la absorción de agua, etc.

La bakelita es sólida, ligera, densidad igual a 1.26, resiste al agua, calor, ácidos y álcalis diluidos y disolventes orgánicos.

Se elabora por compresión y expulsión o inyección en moldes calientes.

La bakelita se emplea en forma líquida para barnices y pinturas y en forma sólida para fabricar toda clase de aparatos, como interruptores, conmutadores, etc.

**3.2. FENOL COLADO:** Se fabrica análogamente a la bakelita, empleándose soda cáustica como catalizador y añadiendo pigmentos para dar color.

La resina líquida se vierte en moldes de yeso, vidrio o plomo y una vez solidificado se introduce en hornos para que se polimerice.

Los productos obtenidos son transparentes, translúcidos u opacos, en coloraciones de gran belleza, pudiéndose trabajar mecánicamente. Los tubos y láminas pueden aserrarse, perforar y tornear.

**3.3. UREA FORMALDEHÍDO:** estos plásticos se preparan con urea sintética, obtenida del amoníaco y anhídrido carbónico, formaldehído y empleándose alcalí como catalizador.

La resina así obtenida se emplea como adhesivo para maderas contrachapadas y para impregnar fibras textiles.

**3.4. MELAMINA:** Se obtiene de la cianamida y formaldehído, se parece a las resinas de urea, siendo más resistentes al calor, a la humedad y frotamiento, por lo que se utiliza como impermeabilizante de fibras textiles.

**3.5. SILICONAS:** Estas modernas resinas termoestables son polímeros de silicio y oxígeno, formando la transición entre las materias plásticas orgánicas e inorgánicas. Posee propiedades de dureza, gran resistencia al calor y aislante eléctrico; no ataca a los metales, es insoluble en agua, alcohol, acetona y resiste disoluciones diluidas en ácidos y gases. Se fabrican tubos, chapas, láminas y barnices.

**3.6. MATERIAS PLÁSTICAS LAMINADAS:** Se preparan con las materias plásticas antes citadas, tanto para usos industriales como decorativos, impregnando materias fibrosas, como el papel, tejidos de algodón, lana y amianto, obteniéndose tableros, tubos y piezas industriales. Las láminas tienen una densidad de 1.35 y resistencia a la tracción de 500 a 1000 kg/cm<sup>2</sup>, empleándose en decoración por tener la superficie lisa, brillante, dura y diversas coloraciones.

#### **4- GRUPO TERMOPLASTICO:**

Comprende las materias plásticas o resinas sintéticas que se reblandecen por el calor, pudiéndose volver a moldear nuevamente cuantas veces quiera, sin que se modifique o varíe el material. Se incluyen los plásticos derivados de la celulosa, resinas acrílicas, vinílicas y materias plásticas de proteínas.

**4.1. CELULOIDE:** Se obtiene de la celulosa de madera o de algodón, se prepara amasando nitrocelulosa, alcanfor, alcohol y pigmentos, comunicando la forma por medio de laminadoras o prensas. El celuloide es un cuerpo poco denso (1.3) ligeramente transparente, en láminas de pequeño espesor, duro y elástico. Se ablanda a 40°C, es plástico de 80° a 130° C y arde a 140° C con llama fuliginosa. Se emplea para sustituir el vidrio y asociado con él, en la fabricación de vidrios de seguridad.

**4.2. ACETATO DE CELULOSA:** Es análogo al celuloide, pero es transparente y puede colorearse por la adición de cargas y pigmentos. Es blando, no es inflamable, aunque arde con dificultad al aproximarle una llama, es resistente a los aceites, ácidos y sales diluidas. Se emplea en la fabricación de molduras arquitectónicas y en las aplicaciones de luz fluorescente en luminotermia.

**4.3. EBONITA:** Esta materia plástica se fabrica vulcanizando el caucho con azufre en gran proporción de 30 a 50 %. La ebonita es dura, elástica, muy plástica en caliente y se puede trabajar en frío, insoluble en agua, resistente a los álcalis, pero no a los ácidos en caliente. El calor no la altera hasta 150°C, es inalterable al aire, pero la luz solar la altera, a la larga, por oxidación del azufre. El color suele ser negro, pero puede colorearse con cargas de relleno blancas, con óxido de zinc, azul de ultramar, etc. Se utiliza preferentemente en electrotecnia como aislante y en la fabricación de asas, mangos, etc.

**4.4. RESINAS ACRILICAS:** Se obtienen de los ácidos acrílicos obtenidos a partir del acetileno, mediante tratamiento por ácido cianhídrico, dando cianhidrinas y por saponificación los ácidos acrílicos metacrilicos. Polimerizando dichos ácidos acrílicos, se convierten en un cuerpo llamado metacrilato de polimetilo sólido, transparente y que comercialmente se lo llama vidrio orgánico. Es liviano, densidad 1.19, no inflamable, no amarillea con la luz, calor y humedad. Por su transparencia y resistencia, se emplea en lugar del vidrio en sanatorios, por ser permeable a los rayos ultravioletas, se fabrican también láminas onduladas para claraboyas y en forma de láminas planas, en iluminaciones indirectas. Es resistente al choque y coloreado permite fabricar accesorios de cuarto de baño, puertas, ventanas, molduras, etc.

**4.5. RESINAS VINÍLICAS:** Se preparan por la acción de los ácidos clorhídricos o acético sobre el acetileno y por polimerización se obtienen los cloruros o acetatos de polivinilo, productos de gran elasticidad o rigidez, resistentes a los productos químicos, por lo que su aplicación más importante es la de tuberías, al poderse soldar, doblar y estirar y al ser transparentes, permiten ver el desplazamiento de los líquidos. También se emplea como aislante de la electricidad y como fibra en la fabricación de telas para tapizados.

**4.6. POLIPROPILENO:** Se obtiene a partir del etileno y el benceno. El benceno es un derivado del alquitrán de carbón, pero también puede obtenerse del petróleo. El estireno se produce por la deshidratación de ciertas fracciones de gas natural o directamente del craqueo del petróleo. Debido a que el poliestireno posee una baja absorción de la humedad y una excelente claridad puede obtenerse una amplia gama de colores translúcidos y opacos que permiten la aplicación en el campo de la construcción en la fabricación de placas de revestimiento de baños y cocinas, así como en la construcción de pisos del tipo terraza. Los poliestirenos se producen en dos tipos, alta presión y baja presión; los que poseen las siguientes propiedades:

	Alta Presión Baja Densidad	Baja Presión Alta densidad
Resistencia a la tracción por rotura Kg/cm <sup>2</sup>	100 a 130	200 a 220
Alargamiento a la rotura %	600	150 a 300
Rigidez dieléctrica (volts/0.001")	400 a 450	400 a 500

Los poliestirenos son sumamente sensibles a la acción de la luz ultravioleta que provoca una degradación superficial del polímero. Con esa degradación produce un amarilleo y cuarteo de la superficie de la pieza moldeada, ello impide el uso del poliestireno en artículos que deben ser expuestos a la intemperie en forma prolongada.

## 5- GRUPO DE PROTEINAS PLASTICAS:

Son sustancias orgánicas compuestas de aminoácidos, de origen animal o vegetal, de las que se parte para la obtención de las materias plásticas. Se emplean las semillas de algodón, café, soja, maní y caseína, etc.

La caseína es la que tiene mayor importancia, pues además de su empleo como materia plástica, se usa en la construcción como adhesivo, llamada cola fría.

**5.1. FIBRAS PLASTICAS:** Son una serie de productos empleados en la confección de tejidos, ya sea de celulosa, como la viscosa, o sintético como el nylon, sarán, etc.

**5.1.1. Sarán:** Es el cloruro de polivenilideno del etileno, sacado a su vez del petróleo y del cloro de la sal común. La resina se estira para obtener fibras de gran resistencia a la tracción 4.220 kg/cm<sup>2</sup>.

No le ataca la humedad, ácidos, bacterias, hongos y la luz. Se fabrican tejidos de alta resistencia al desgaste.

**5.1.2. Nylon:** Con esta palabra se designan los materiales plásticos o resinas sintéticas constituidas por amidas polemerizadas, que forman fibras análogas a las de las proteínas y se caracterizan por su gran resistencia y dureza. La resistencia a la tracción de un hilo es de 5000kg/cm<sup>2</sup> y el alargamiento de 22 %. Es resistente al calor, al agua, luz, polilla, moho, etc. Se utiliza para la confección de brochas, cepillos, como cubierta de cables eléctricos, etc.

## **6- SISTEMAS DE MOLDEO:**

**6.1. MOLDEO POR COMPRESIÓN:** Es la técnica más comúnmente aplicada para conformar plásticos termoestables. Se trata simplemente de comprimir un material dentro de un molde, aplicando calor y presión. Por este método se producen chapas para llaves de luz, aisladores, manijas, etc.

**6.2. MOLDEO POR INYECCIÓN:** Para moldear termoplásticos se utiliza este sistema. Por medio de una tolva de alimentación se carga con material una cámara de calentamiento, donde el producto adquiere plasticidad, luego, un émbolo a considerable presión, lo impulsa dentro de un molde en el cual el material se enfriá, pierde carácter plástico y se endurece. Finalmente se abre el molde y la pieza es eyectada. Se moldean accesorios para tuberías, canillas, picaportes, etc.

**6.3. METODO POR EXTRUSIÓN:** Una tolva alimenta una cámara de calentamiento donde el material se plastifica por la acción del calor. De allí un tornillo sinfin lo fuerza a pasar a través de una boquilla cuya sección transversal tiene la forma del perfil que queremos obtener. Al salir de la boquilla el material es tomado por una cinta transportadora que lo lleva al lugar de enfriamiento. Este procedimiento es utilizado para moldear materiales termoplásticos en perfiles continuos y de sección uniforme, tales como tubos, barras, filamentos, recubrimientos aislantes de cables, etc.

**6.4. METODO POR SOPLADO:** Es una variante del sistema de extrusión. Primero se extruye un perfil tubular y se introduce en el molde; luego, este se cierra aprisionando al tubo por un extremo contra la boquilla y sellando el otro, se inyecta aire en el interior, para presionar las paredes del tubo contra el molde frío hasta hacerle tomar su forma. Se fabrican todas clases de elementos huecos, tales como flotantes, pantallas de iluminación, envases, etc.

**6.5. METODO POR CALANDRADO:** Para obtener películas y láminas de materiales plásticos o elastómeros, se emplea este método, que consiste en un grupo de tres o más rodillos que al girar distintos van conformando una pasta hasta convertirla en una película o lámina. Mediante este sistema se pueden obtener láminas lisas o corrugadas, dando la conformación deseada a la superficie de los cilindros.

**6.6. RECUBRIMIENTO POR PINTADO:** Los materiales termoplásticos y termoestables pueden ser utilizados como recubrimiento de metales, maderas, textiles, etc. Para lograrlo se utilizan varios sistemas de pintura: a cuchillas; a cilindro, por inmersión o por sopleteado. El sistema a cuchilla es el más difundido, la tela o el material que se desea recubrir, como puede verse en la figura, guiado por cilindros, pasa bajo una cuchilla que extiende el plástico sobre ella.

**6.7. MOLDEO DE LAMINADO POR ALTA PRESIÓN:** para la fabricación de los laminados melamínicos y fenólicos se emplea este sistema, usado generalmente para los plásticos termoestables. En este caso, se colocan varias capas de material de soporte, previamente impregnadas en resinas, entre dos planchas de acero inoxidable, altamente pulimentadas, luego mediante la aplicación de presión y temperatura, se consigue a la terminación del proceso de polimerización de la resina. Se obtienen láminas de gran brillo superficial.

**6.8. MOLDEO POR VACÍO:** Solo los termoplásticos pueden ser conformados por este sistema. Sobre el molde se ajusta una plancha de material y se sellan herméticamente sus bordes, seguidamente se calienta la lámina y se provoca el vacío en el molde, la presión deforma al material hasta hacerlo entrar en contacto con la forma proyectada. Una vez enfriada la pieza se extrae.

**6.9. LOS PLÁSTICOS REFORZADOS:** Los plásticos reforzados, en los cuales la resina poliéster es la más usada, se moldean generalmente en forma manual. Los materiales de refuerzo más utilizados son las fibras de vidrio, los monofilamentos de poliamida y el hilo sisal; que se

impregnan a mano con resinas entre dos capas formadoras de superficie que pueden ser de celofán o milar.

## **7- PRODUCTOS ELABORADOS DE PLASTICO:**

**7.1. POLIESTIRENO EXPANDIDO:** La base del poliestireno expandido es el estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno. El estireno se mezcla íntimamente con agua y un agente de expansión. Las adiciones de estos elementos influye en las características del material expandido brindando los distintos tipos de poliestireno expandido.

- Poliestireno Expandido P: Tipo básico utilizado en todas las ramas de la construcción.
- Poliestireno Expandido F: Clasificado como difícilmente inflamable o autoextinguible.
- Poliestireno Expandido G: Para la obtención de espumas rígidas en colores.
- Poliestireno Expandido FH: Para la obtención de espumas rígidas estables a la acción de ciertos hidrocarburos saturados y aceites.

**7.1.1. Transformación en espumas rígidas:** La espuma rígida de poliestireno expandido es elaborada industrialmente mediante preexpansión, estabilización y expansión de moldes.

7.1.1.1. Preexpansión: Las partículas de poliestireno expandible permanecen sueltas en un recipiente con agitadores y por la acción del calor del vapor de agua aumentan su volumen hasta 50 veces. Se dejan un tiempo en reposo a fin de que el aire penetre en las partículas y las seque, estableciendo su volumen.

7.1.1.2. Expansión: Se colocan las partículas de poliestireno preexpandidas y reposadas en un molde cerrado y se las calienta rápidamente con vapor de agua, sufren entonces un aumento de volumen y se sueldan entre sí, formando las denominadas espumas rígidas.

### **7.1.2. Formas de suministro y usos:**

7.1.2.1. Partículas sueltas preexpandidas: Las partículas sueltas preexpandidas se emplean para el mejoramiento de las condiciones del suelo, lechos drenantes para la colocación de tubos de drenaje, agregado para el hormigón alivianado y en la industria de fabricación de ladrillos porosos.

7.1.2.2 Bloques: se utilizan para encofrados perdidos o recuperables y para construir núcleos de terraplenes fundados sobre terrenos compresibles.

7.1.2.3. Placas: a) De protección térmica:

- Sin tratamiento.
- Para muros y pisos
- Para cubiertas.

b) De protección acústica:

- Aislantes.
- Absorbentes.

7.1.2.4. Rollos y medias cañas.

7.1.3. Densidades: Se fabrican en distintas densidades de 13,16,20,25 y 30 Kg/m<sup>3</sup>. A medida que aumenta la densidad, aumenta la resistencia a la compresión.

### **7.1.4. Datos Técnicos:**

- Coeficiente de conductibilidad térmica 0.027 Kcal/m h °C.
- Peso específico de 13 a 30 kg/m<sup>3</sup>.
- Absorción de humedad en el aire 0.03 vol. %.
- Absorción de agua 0.4 vol. %.
- Resistencia a la compresión de 1 a 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**7.2. URETANO ESPONJOSO:** Las propiedades básicas del uretano, liviano y resistente y su eficacia como aislador, hacen de él un excelente material de construcción. Pero la ventaja más notable del uretano esponjoso en la construcción es su adaptabilidad de fabricación. Químicamente el uretano esponjoso es un plástico celular. Se forma por la reacción de dos líquidos, un polial y un poliisocianato, en presencia de un agente formador de ampollas que produce gas. A medida que tiene lugar la reacción química, se genera calor y el agente formador de ampollas se vaporiza, para formar diminutas burbujas de plástico solidificante.

### **7.2.1. Propiedades:**

- Densidad: 32 kg/m<sup>3</sup>.

- Flotabilidad: kg. aproximados de soporte en el agua por cada m<sup>3</sup> 960.
- Adhesivas: el uretano esponjoso puede adherirse a la mayoría de los materiales: vidrio, metales, yeso, plástico, papel, madera y ladrillo.
- Eléctrica: tanto la constante dieléctrica como la tangente de pérdida son buenas en el uretano esponjoso de densidad 32 kg/m<sup>3</sup>.
- Límite de temperatura: puede usarse a temperaturas de -185° C. La exposición continuada a temperaturas de 65 a 95° C, no crea problemas.

**7.2.2. Usos:** Construcción de paneles, emparedados rellenos, como material de relleno de estructuras huecas de forros delgados. Una de las principales ventajas del uretano esponjoso es que puede esponjarse in situ para llenar una cavidad pareja y completamente. La flotabilidad lo hace de empleo muy conveniente en embarcaciones y en balizas para el señalamiento de las rutas marítimas.

**7.3. TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO (PVC):** Son tubos rígidos del tipo de espiga y enchufe, elaborados por extrusión en policloruro de vinilo, para ser empleados en instalaciones sanitarias domiciliarias, de desagües cloacales y pluviales y de ventilación.

**7.3.1. Propiedades:** Los tubos de PVC presentan las siguientes propiedades:

**7.3.1.1. Físicas:** El peso específico es de 1.4 kg/dm<sup>3</sup> y la absorción de agua 0.10 % en peso. Son 5 veces más livianos que el hierro fundido y 8 veces más que el plomo. Esta propiedad hace que sean más fáciles para transportar y operar.

**7.3.1.2. Mecánicas:** Tienen una resistencia a la tracción de 500 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la flexión de 1000 a 1200 kg/cm<sup>2</sup> y un módulo de elasticidad de 30.000 kg/cm<sup>2</sup>.

**7.3.1.3. Eléctricas:** Es aislante eléctrico.

**7.3.1.4. Térmicas:** Reduce la posibilidad de congelamiento de los líquidos que conduce: Evita la condensación de vapor sobre las instalaciones ubicadas en ambientes húmedos.

**7.3.1.5. Inatacabilidad:** Es absolutamente inerte a la acción de los principales agentes químicos, ácidos y álcalis de los agentes atmosféricos, de los microorganismos y de la descomposición de materias orgánicas.

**7.3.1.6. Inocuidad:** Es inodoro, insípido y atóxico. No altera las características de los fluidos que conduce.

**7.3.1.7. Capacidad de conducción:** Por su lisura interna evita la adherencia de cualquier sustancia en las paredes, facilitando un rápido pasaje de los fluidos.

**7.3.1.8. Soldadura:** Es rápidamente pegable con adhesivo o soldable por aporte utilizando la varilla de PVC.

**7.3.2. Tipos de Tubos de PVC:** Se fabrican del tipo liviano y reforzado y caños para conductores eléctricos. Los livianos se utilizan en caños de agua, desagües pluviales y conductos de ventilación. Los reforzados son utilizados en instalaciones cloacales.

**7.3.2.1. Caños de aguada:** Se fabrican en 6 m de longitud y en diámetros de 32 mm a 200 mm, con espesores de 1 mm a 4 mm de acuerdo con el diámetro.

**7.3.2.2. Pluviales y Ventilación:** Se fabrican de acuerdo con la siguiente tabla:

<i>o mm</i>	<i>Espesor mm</i>	<i>Largo m.</i>
110	2.2	4 y 3
63	1.9	4
50	1.1	4

**7.3.2.3. Cloacales:**

<i>o mm</i>	<i>Espesor mm</i>	<i>Largo m.</i>
160	3.2	4 y 6
110	3.2	4 y 3
63	3.2	4 y 3
50	3.2	4
40	3.2	4

**7.3.2.4. Para Conductores Eléctricos:** Los tubos de PVC ofrecen características especiales sobre los caños convencionales: su gran aislamiento eléctrico, su insensibilidad a la acción de las corrientes erráticas y la condición de no oxidarse ni producir condensación de vapor. Se fabrican en 3 m de longitud, en diámetros de 12.7, 15.9, 19, 22.2, 25.4, 31.7 y 38 mm; con sus correspondientes accesorios para su instalación.

**7.3.2.5. Accesorios:** Se fabrican accesorios para el armado de la cañería como ser: codos, curvas, manguitos, cuplas, tee y reducciones y accesorios sanitarios como embudos de desagües, bocas de acceso horizontal y vertical, piletas de patio, sifones, tapones, rejillas, etc..

**7.4. TUBOS SISTEMA TERMOFUSIÓN:** Los tubos y conexiones que componen el sistema están fabricados con polipropileno copolímero y han sido diseñados atendiendo todos los requisitos de conducción de agua fría y caliente, y para resistir altas presiones y temperaturas constantes durante 50 años. Soportan sustancias químicas con un valor PH entre 1 y 14, resisten al impacto, excelente performance en zonas sísmicas y alta resistencia a bajas temperaturas. La unión por termofusión asegura la estanqueidad de la cañería, dando una cañería continua sin roscas, soldaduras, ni aros de goma. El proceso de termofusión es muy simple, el tubo y el accesorio se calientan durante pocos segundos en las boquillas teflonadas del termofusor y luego se unen en pocos segundos más. Se fabrican en tubos de 4 m de largo y en diámetros de 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75 y 90 mm y sus correspondientes accesorios para conexiones.

**7.5. TUBOS TRICAPA:** Están realizados con polipropileno homopolímero isotáctico, que constituye un sintético inalterable, desarrollado para conducir agua y otros fluidos, a temperaturas y presiones elevadas, sin corrosión, sin incrustaciones y en condiciones de máxima seguridad. El sistema comprende tres modelos de tuberías, verde, azul y aluminio y todas las conexiones y accesorios, se fabrican por coextrusión, proceso que permite que cada una de las tres capas, que componen el tubo se formulen en función de características específicas.

Características de las tuberías tricapa verde y azul:

Capa externa marrón: Resiste la exposición solar y altas y bajas temperaturas.

Capa central blanca: Soporta presiones de agua superiores a 100 kg/cm<sup>2</sup>, resiste el roscado y tiene bajo índice de fluencia y elevado punto de ablandamiento.

Capa interna verde o azul: Es inerte y atóxica, resiste la corrosión, soporta el agua hirviendo, puede conducir ácidos y álcalis y no favorece las incrustaciones de sarro.

La unión de los tubos se realiza por termofusión y el acople a válvulas, bombas, termotanques, etc., por medio de una rosca, macho y hembra. Se fabrican en los diámetros 14.5mm (1/2"), 19.1mm (3/4"), 26.9mm (1"), 34.8mm (1 1/4"), 40.9 mm (1 1/2"), 51.7mm (2"), 66.1mm (2 1/2"), 77.7mm (3") y 100.9mm (4").

Características de las tuberías tricapa aluminio:

El aluminio constituye la capa central del tubo, y le confiere bajo coeficiente en dilatación final, alta resistencia estructural y reduce la memoria elástica facilitando el curvado en frío de la tubería. Se fabrican en los diámetros 11.3mm (3/8"), 14.5mm (1/2"), 19.1mm (3/4"), 23.9mm (1"), 30.8mm (1 1/4"), 35.7mm (1 1/2") y 45.3mm (2").

**7.6. GEOTEXTIL:** Es un material realizado en poliéster que es imputrescible, presenta alta resistencia mecánica y a los agentes químicos y posee propiedades filtrantes y de permeabilidad. Se utiliza para la protección de aguas subterráneas, rellenos sanitarios y obras hidráulicas. Se entrega en rollos.

**7.7. SOGAS DE NAYLON:** Son de gran resistencia, suaves al tacto, livianas, conservan la flexibilidad aunque estén húmedas, porque no absorben agua y se utilizan en industrias, barcos, actividades agrícolas y náutica deportiva.

**7.8. CHAPAS ACANALADAS Y PLANAS:** Están compuestas de poliestireno reforzado con fibra de vidrio, permiten el paso del 85 al 92 % de la luz solar, eliminando los reflejos molestos. Se fabrica en varios colores y son muy resistentes al impacto de piedras, granizo y trepidación producida por maquinarias. Se utiliza en cubiertas de locales para talleres y depósitos por permitir una iluminación uniforme.

**7.9. LAMINADO MELAMÍNICO:** Se fabrica por el proceso de laminado por alta presión y el material se compone básicamente de una serie de papeles impregnados en resinas fenólicas a los

cuales se superponen el llamado “papel decorativo”, este último es el que ulteriormente aparecerá en la superficie brillante del papel. El sándwich así formado sufre un proceso de calor y presión en una prensa de gran poder, donde sale convertido en una lámina semirrígida, con una cara tersa y colorida y otra mate que posteriormente será lijada a los efectos de permitir una mayor adherencia en su futura utilización. La chapa así obtenida presenta las siguientes características:

- Una superficie perfectamente lisa y brillante,
- Gran dureza superficial,
- Resistencia a los agentes químicos,
- Perfecta indelebilidad de los motivos y colores,

Propiedades:

- Peso específico 1420 kg/m<sup>3</sup>,
- Resistencia a la tracción 1200 kg/cm<sup>2</sup>,
- Resistencia a flexión 1500 kg/cm<sup>2</sup>,
- Resistencia a compresión 2800 kg/cm<sup>2</sup>,
- Dureza Rockwell 60,

Se fabrican en varios espesores y se lo utiliza para enchapados de maderas y metálicos, en placas de revestimientos y para la confección de muebles en general. Se puede curvar, cortar y perforar, sin que se produzcan deterioros y manteniendo su color y brillo.

**7.10. TANQUES:** Se fabrican en poliestireno bicapa o tricapa y de varias capacidades, son livianos, fáciles de instalar y no producen alteración al agua potable.

## **8. ELASTÓMEROS:**

**8.1. CAUCHOS SINTÉTICOS:** No existe un caucho de aplicación universal. El material a usarse en cada caso deberá ser seleccionado teniendo en cuenta el medio al cual será expuesto, el período de vida útil requerido y las condiciones económicas derivadas de su aplicación. Las propiedades físicas del caucho natural, el neopreno y el hypalon son bastantes distintas entre sí, lo mismo que la resistencia a distintos tipos de exposiciones.

**8.2. NEOPRENO:** Posee una serie de propiedades muy bien equilibradas a las que le corresponde la calificación de “Buena” a “Excelente”, precisamente en aquellas de especial importancia para la construcción, como por ejemplo exposición a la intemperie. El neopreno tiene calificación “Pobre” solo frente al ataque de solventes, lacas y acetonas.

**8.3. HYPALON:** Posee las ventajas del neopreno, con mejor resistencia al ozono, a la luz solar y la abrasión. Ofreciendo la posibilidad de ser coloreado con muy buena retención del color original.

**8.4. CONDICION DE ENSAYO:** Los valores determinados para las diversas propiedades físicas de una mezcla de caucho varían enormemente, con las condiciones de ensayo, mucho más que lo hacen las propiedades del acero y el hormigón. Tomemos como ejemplo, la temperatura, la resistencia la tracción de una composición de caucho a 100°C puede ser reducida del 10 al 20 % de la misma composición ensayada a 28°C. Si consideramos la velocidad de aplicación del esfuerzo, se ha encontrado que la carga requerida para producir un alargamiento dado en una composición de caucho, en forma de rápida aplicación, puede ser tres veces mayor que la necesaria para una velocidad lenta de carga. En los artículos de caucho, ciclos repetidos de carga pueden producir cambios en los valores de la propiedad medida.

### **8.5. PRODUCTOS ELABORADOS:**

**8.5.1. Apoyo para Puentes:** Los apoyos para puentes de caucho tienen tres importantes ventajas: son económicos, efectivos y no requieren mantenimiento. El apoyo de caucho es simplemente una almohadilla chata de caucho de 25 mm aproximadamente de espesor. Cuando el puente se contrae o dilata la almohadilla de caucho soporta los esfuerzos de corte, sin que haya desplazamiento entre ella y el puente.

**8.5.2. Juntas de Expansión:** La contracción y dilatación térmica que soportan las superficies de concreto de puentes, pistas de aeropuertos y caminos, requieren la incorporación de juntas de expansión para una máxima protección del pavimento. Las juntas de neopreno, resisten al aceite, la luz solar, la intemperie y el impacto.

**8.5.3. Juntas para Cañerías:** Se emplean para juntas de cañerías de desagües de gran volumen y diversos tipos. Producen un cierre hermético y son fáciles de instalar.

**8.5.4. Burletes para Construcciones:** Se emplean en cerramientos de edificios, en reemplazo de las masillas y posibilita la eliminación de costosas tareas en la obra.

**8.5.5. Techados de Aplicación Fluida:** El sistema de techado fluido se logra mediante la aplicación de sucesivas manos de caucho sintético en solución, mediante rodillos ó sopletes, sobre la superficie de techo que se desea impermeabilizar.

**8.5.6. Apoyos para la Absorción de Ruidos y Vibraciones:** Relacionados íntimamente con los apoyos para puentes se encuentran los apoyos estructurales elastoméricos empleados en el aislamiento de ruidos y vibraciones en ambientes especiales.

**8.5.7. Otros Productos:**

- Pisos: evitan el riesgo de chispas.
- Recubrimientos protectores y decorativos: se utilizan en recubrimiento de todo tipos de construcciones en toda clase de clima y expuesto a variaciones externas de temperatura.
- Telas engomadas: tienen diversas aplicaciones en la construcción, desde ropa protectora para personal, hasta los domos inflables como moldes para estructuras livianas de hormigón. No absorbe agua y no es atacado por bacterias y hongos.

**9- ADHESIVOS:**

**9.1. FORMA FÍSICA DE LOS ADHESIVOS:** En general, los adhesivos no están constituidos por una sustancia única, sino por la combinación de materias primas similares, cuya naturaleza química y física determina la fisonomía del adhesivo. Puede decirse, en líneas generales, que un adhesivo se presenta en forma sólida o líquida (viscosa o fluida). Los sólidos están constituidos por una única fase, y la aplicación se basa en el pasaje del estado sólido-líquido-sólido, que se obtiene por la acción del calor (adhesivos termofraguantes). En cambio, los líquidos, ya sean viscosos o fluidos, están integrados por dos fases, una líquida (dispersante o disolvente) y una sólida (dispersa o disuelta). La aplicación se basa en el pasaje líquido-sólido, por evaporación de la fase continua. Los adhesivos líquidos pueden estar constituidos por dos fases separadas y distintas, que al mezclarse dan origen a un nuevo producto en estado sólido.

**9.2. CLASIFICACION DE LOS ADHESIVOS:** Los adhesivos pueden clasificarse de diferentes formas, basándose en criterios diversos:

- Métodos de aplicación: adhesivos por compresión o por contacto.
- Temperatura de aplicación: adhesivos en caliente o en frío.
- Reversibilidad de la unión: adhesivos termoplásticos, termoestables o blandibles por humectación.
- La naturaleza del componente principal de la fórmula química: adhesivos a base de.....

Tomando el camino de la composición química podemos decir que existen adhesivos de tipo orgánico e inorgánico o con mezcla de ambos componentes.

Clasificando los materiales orgánicos por su origen tenemos:

**9.2.1. Naturales:** Almidones, dextrinas, asfalto, proteínas naturales, caucho natural, etc.

**9.2.2. Semisintéticos:** Celulosicos en general, poliamídicos, con aceite de catar, etc.

**9.2.3. Sintéticos:** Vinílicos, acrílicos, butadieno-estireno, neopreno, epoxídicos, poliuretanicos, cauchos de polisulfuro, melamina, etc.

**9.3. ADHESIVOS SINTÉTICOS:** Los adhesivos sintéticos que se fabrican en la actualidad han hecho factibles nuevos diseños de construcción, han posibilitado la unión de cualquier material, incluyendo metales, vidrios, caucho natural y sintético y materiales plásticos. No existe un adhesivo universal que solucione todos los problemas de adhesión, pero si es seguro que para cada caso específico existe un material adhesivo que dará la solución conveniente.

El uso de adhesivos ofrece las siguientes ventajas:

- Reduce el peso en el medio de unión.
- Distribuye los esfuerzos en forma uniforme.
- Posibilitan la unión de materiales de distinta naturaleza química.
- Ofrecen buena aislamiento eléctrica y química.

- Permiten realizar uniones en frío.

**9.4. ELECCIÓN DE UN ADHESIVO ADECUADO:** Para la elección de un adhesivo adecuado deberán considerarse los siguientes puntos:

- Materiales a ser pegados: Su naturaleza.
- Propiedades que se requieren para la junta y sus condiciones de uso.
- Posibilidades prácticas de trabajo (temperatura, tiempo de aplicación, endurecimiento).
- Estado físico de los adhesivos (pasta, líquido, etc.)
- La duración y tiempo de utilización.
- Fuerza de adhesión desarrollada a diversas temperaturas.

Los principales factores a tener en cuenta son los siguientes:

**9.5. PROPIEDADES:** La valoración de un adhesivo determinado, se hace a la luz de algunos parámetros generales que tienden a definir el comportamiento del adhesivo en lo que se refiere a sus propiedades intrínsecas de aplicación. Los principales factores a tener en cuenta son los siguientes:

- **Consistencia:** Es el grado de fluidez del componente adhesivo.
- **Conservabilidad:** Es el tiempo durante el cual el adhesivo puede ser conservado.
- **Tiempo de utilización:** Es el tiempo que transcurre entre el momento en que el adhesivo puede ser utilizado y el momento en el cual ya no es más utilizable.
- **Rendimiento:** Es el área que puede ser cubierta con una cantidad determinada de adhesivo.
- **Adhesividad:** Es una característica sustancial del adhesivo, según la cual una superficie cubierta con pegamento se adhiere a otra por simple contacto. La adhesividad puede variar en función del tiempo, la temperatura, la humedad y el espesor de la película adhesiva.
- **Penetración:** La facilidad de un adhesivo de penetrar en un material del tipo poroso.
- **Tiempo de endurecimiento:** Es el lapso requerido para que un adhesivo pase al estado sólido.

## 9.6. TIPOS DE ADHESIVOS:

**9.6.1. Adhesivos a Base de Caucho:** La mayoría de los polímeros de la familia del caucho pueden ser usados en la fabricación de adhesivos. Los distintos tipos de caucho se mezclan o combinan con las resinas sintéticas o naturales, plastificantes, cargas y en algunos casos con agentes vulcanizantes.

**9.6.2. Adhesivos de Caucho Natural:** En virtud de sus excelentes características de retención de pegajosidad y fuerza de adhesión, es común encontrar este material en los adhesivos de contacto permanente. Este tipo de adhesivos tiene buena resistencia al agua y al crecimiento de hongos, fallando en cambio frente a los aceites y las naftas.

**9.6.3. Adhesivos de Neopreno:** Son los más populares dentro de los adhesivos a base de caucho sintético. En los adhesivos de neopreno podemos encontrar dos tipos fundamentales: los de "contacto" donde la unión se consigue por cristalización y posterior lenta vulcanización por acción de los óxidos metálicos luego de varios meses y los de "doble envase" donde actúa un acelerante de vulcanización para conseguir la cura en tiempo corto. Los adhesivos de neopreno tienen:

- Mayor resistencia a los esfuerzos de arranque.
- Mayor resistencia a los esfuerzos de cizallamiento.
- Mayor resistencia a la tensión constante.
- Pueden soportar cargas de hasta 50 kg/m<sup>2</sup>.
- Pueden soportar temperaturas de 95°C.

Se emplean para pegar metales, cueros, gomas, telas, materiales vinílicos con soporte, laminados melamínicos, etc.

**9.6.4. Adhesivos Termoestables:** Estos adhesivos son empleados en aplicaciones donde la resistencia a la temperatura y gran fuerza de pegado son de primerísima importancia.

**9.6.5. Adhesivos con Resinas Fenólicas:** Son pegamentos que poseen gran adhesividad a los metales y al vidrio. No sufren deterioros por la acción de la intemperie, de los hongos, del agua hirviendo, ni de las altas y bajas temperaturas. Para la fabricación de madera contrachapada se lo usa en forma de polvo, obteniéndose una unión más fuerte que la madera.

**9.6.6. Adhesivos a Base de Resinas Vinil-Fenólicas:** Este producto se encuentra en el mercado como soluciones que pueden ser aplicadas mediante pincel o rodillo, o también como cintas adhesivas.

**9.6.7. Adhesivos de Resinas Epoxi:** Los adhesivos epoxi, no solo se emplean en el mercado de pegado, sino también en el de pinturas y revestimientos. Son de aplicación en el pegado estructural de metales, vidrios, cerámicas, poliésteres y otros materiales. Las ventajas más significativas sobre otras resinas que actúan como adhesivos son las siguientes.

- **Adhesión:** Por el contenido de hidroxilo, epoxi y amino, tienen específica adhesividad a metales, vidrios y cerámicas.
- **Cohesión:** Cuando la resina es curada convenientemente, la fuerza de cohesión es tan grande y la adhesión a otro material tan buena, que sometida la junta a un esfuerzo de arranque la falla se produce en el sustrato.
- **Total Sólidos de 100%:** A diferencia de las fenólicas y de otros materiales semejantes, las resinas epoxi curan sin necesidad de eliminar agua.
- **Resistencia a la Humedad y Solventes:** Dada su insensibilidad al agua, se encuentra en un plano superior a las dextrinas, proteínas, almidones y alcohol polivinílico.



## **UNIDAD N 15**

### **1) PINTURAS:**

Son mezclas líquidas, generalmente coloreadas, que, aplicadas por extensión, pulverización o inmersión, forman una capa o película opaca en la superficie de los materiales de construcción, a los cuales protege y decora.

Las pinturas están constituidas por un pigmento sólido y un aglutinante o vehículo líquido formando ambos una dispersión.

#### **1.1) *Clasificación:***

Las pinturas se clasifican por el color y naturaleza de los pigmentos en : blanco de zinc, azul cobalto, etc.

Por el vehículo: en pinturas al agua, cola aceite, etc.

Por el papel desempeñan: en decorativas, antioxidantes, ignífugas, lavables, etc.

### **2)PIGMENTOS:**

Son cuerpos, sólidos, finamente pulverizadas, insolubles en el aglutinante o vehículos, siendo su misión la de colorear, dar consistencia y facilitar el secado de la pintura.

Los pigmentos por su origen se clasifican en naturales y artificiales y por su naturaleza, en minerales y orgánicos ( vegetales, animales y sintéticos ).

Según la misión que desempeñan en la pintura, se le clasifica en coloreados u opacos y transparentes o inertes.

#### **2.1) *Pigmentos blancos:***

**2.1.1) albaya~~lde~~ blanco de plomo,** es un carbonato básico de plomo  $2\text{CO}_3\text{Pb}.\text{Pb}(\text{OH})_2$ .

**2.1.2) blanco de zinc** óxido de zinc, es un polvo blanco ligero  $\text{ZnO}$ .

**2.1.3) blanco de plata** es un carbonato de plomo,  $\text{CO}_3\text{Pb}$ , es un polvo blanco o gris.

**2.1.4) blanco de titanio** óxido de titanio,  $\text{Ti C}_2$ , es un pigmento blanco muy opaco.

#### **2.2) *Pigmentos rojos:***

**2.2.1) minio de plomo** plumbato plúmbico; de color rojo escarlata.

**2.2.2) rojo de hierro** óxido férreo,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de color rojo intenso.

**2.2.3) carmin** se extrae del insepto llamado cochinilla, siendo el ácido carmíneo su principal colorante de tono rojo púrpura.

### **2.3) Pigmentos amarillos:**

**2.3.1) amarillo de cromo** es un cromado de plomo,  $\text{CrO}_4\text{Pb}$ , es de color amarillo brillante, resiste a la luz y es opaco.

**2.3.2) oro musivo,**  $\text{S}_2\text{Sn}$ , sulfuro de estaño, de color oro metálico, se emplea para broncear.

### **2.4) Pigmentos azules:**

**2.4.1) ultramar** es un compuesto de silicato aluminio sódico y sulfuro sódico; es un polvo finísimo de color azul intenso.

**2.4.2) azul de prusia** es ferrocianuro férreo, es un polvo ligero y esponjoso.

### **2.5) Pigmentos verdes:**

**2.5.1) verde de cromo**,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , óxido crómico de color muy permanente y gran poder colorante.

**2.5.2) verde de brunswivk**, es una mezcla de azul de prusia, cromato de plomo y barita. El color verde más usado por su poder colorante y color brillante.

### **2.6) Pigmentos negros:**

**2.6.1) grafito** es carbono puro, de color gris negrusco brillante y untuoso.

**2.6.2) negro de humo** se prepara por combustión incompleta de cuerpo orgánicos.

**2.6.3) negro de carbón** se obtiene a través de la naftalina.

### **2.7) Pigmentos pardos:**

**2.7.1) sepia** se halla en la bolsa de la tinta de los cefalópodos. Es un color muy sólido.

**2.7.2) pardos de manganeso** están formados por bioxido de manganeso.

**2.8) Purpurinas:**

Son metales y aleaciones metálicas, finamente pulverizadas, de color y finura diversas.

**2.9) Pigmentos inertes:**

Denominados también cargas de la pintura, son de color blanco, pero quedan transparentes cuando se diluyen en el vehículo y se agregan para dar cuerpo, cubrir mejor, aumentar la resistencia y facilitar el secado.

Se pueden mencionar la **sílice** ( $\text{SiO}_2$ ) y la **creta** ( $\text{CO}_3 \text{Ca}$ ), que se encuentran muy abundantes en la naturaleza.

**2.10) Propiedades de los pigmentos:**

Siendo el objeto de los pigmentos la coloración de las pinturas, darles consistencia y facilitar el secado, deben reunir las propiedades siguientes :

**2.10.1) color**, es la impresión que producen en el ojo los rayos de luz reflejados por un cuerpo.

**2.10.2) colores absolutos**, conocido el fenómeno por el cual un prisma descompone la luz blanca en un espectro de siete colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta, siendo el rojo el mas refrangible y el violeta el menos. Estos colores se llaman absolutos porque no están influidos por otras radiaciones.

**2.10.3) colores relativos**, son todos los colores que están influidos por otros.

**2.10.4) colores fundamentales**, los colores del espectro son tres: rojo, amarillo y azul, llamados fundamentales, pues los otros resultan de la mezcla de estos, así el amarillo y azul dan el verde, azul y rojo dan violeta, etc.

La mezcla de los tres fundamentales da el blanco, cuando aquellos son completamente puros y transparentes.

**2.10.5) colores cromáticos**, los siete colores del espectro solar forman la serie de colores cromáticos o colores propiamente dichos.

**2.10.6) colores acromático**, son los colores blanco, negro y gris o sea la mezcla de blanco y negro.

**2.10.7) tono**, un color puro cualquiera puede contener además cierta cantidad de blanco o de negro lo cual se llama tono o tonalidad del color considerado. El blanco aclara los colores y el negro los oscurece, la serie de estas mezclas se denomina **GAMA DEL COLOR**, que empieza por el blanco y acaba en el negro pasando por todos los tonos de color.

**2.10.8) matiz**, es la mezcla de un color puro con otro u otros en pequeña cantidad que le dan cierta tendencia a estos. Pueden existir matices binarios, ternarios, etc y dentro de cada matiz puede obtenerse una gama de tonalidades por su mezcla con el blanco y negro.

**2.10.9) armonía de colores**, la combinación adecuada de colores que impresiona agradablemente se llama armonía de colores.

### **2.11) Cualidades de los colores:**

**2.11.1) poder cubriente**, es la propiedad de un color de ser mas o menos opaco para un espesor determinado. Cuanto menor es el peso de pintura necesario para cubrir una superficie dada, tanto mayor será el poder cubriente del color que entra en composición de aquella. Se mide por los  $m^2$  que puede cubrir un Kg de color considerado.

**2.11.2) finura**, para su determinación se pesa la cantidad de color que queda sobre un tamiz de N° conocido de mallas por  $m^2$ .

**2.11.3) solidez**, es la resistencia que tienen los colores respecto de los agentes naturales ( sol, lluvia, etc ). La acción de los agentes químicos, sobre los colores es muy variable, depende de la naturaleza de aquellos y de la composición química de estos.

**2.11.4) inocuidad**, deben observarse grandes precauciones en la elección de los colores sobre todo en las viviendas, para colorear productos alimenticios, para pintar juguetes, etc, pues muchos de ellos son venenos violentos.

### **3) AGLUTINANTES O VEHÍCULOS**

Son los líquidos que llevan en suspensión los pigmentos y que una vez secos, mantienen unidas las partículas de color entre si y con la superficie sobre la que se aplica la pintura, impidiendo que se desprenda.

El vehículo consta del aglutinante propiamente dicho y de un líquido que lo disuelve y diluye, así, por ejemplo, la pintura al silicato, el aglutinante es el viano soluble y el disolvente o diluyente, el agua. En las pinturas al aceite no hay evaporación, constando solo de aglutinante, por no ser volátil el vehículo.

Los vehículos volátiles de las pinturas quedan repartidos entre los espacios intersticiales del pigmento y al evaporarse ( secado físico) la parte volátil, el aglutinante cementa las partículas del pigmento y la base o superficie a la que se aplica, formándose una capa rugosa, porosa y mate.

En una pintura de vehículos al aceite no volátil, se forma al secarse una película ( secado químico ) al oxidarse el aceite, llamada oxina, dando una superficie lisa, brillante y sin poros.

Los vehículos se clasifican en volátiles o no. Los vehículos volátiles acuosos pueden ser minerales: a la cal y al vidrio solubles y orgánicos: colas animales o vegetales y emulsiones de almidón, caseína, cera, etc, o jabones de resina y goma laca.

Los vehículos volátiles no acuosos pueden ser lacas de alcohol, celulosicas, resinas naturales y artificiales.

Los vehículos no volátiles están constituidos por aceite vegetales secantes: linaza, adormidera, nueces, madera, ricino y los barnices y lacas.

**3.1) Agua**, el agua empleado como vehículo en las pinturas deberá ser pura, no conteniendo sales ni materiales orgánicos, con el objeto de no alterar los colores de los pigmentos ni de los aglutinantes.

**3.2) Cola**, las colas empleadas serán de origen animal o vegetal.

**3.3) Aceite secantes**, son cuerpo grasos vegetales que gozan de la propiedad de que, al ser extendidos, absorben oxígeno y se polimerizan, solidificándose, formando una película sólida, elástica, transparente llamada oxina y linoxina en el aceite de linaza, siendo favorecida esta acción química por la luz solar. Están constituidos por esteres de glicerina con ácidos grasos no saturados.

Los aceites secantes vegetales más importantes son:

- aceite de linaza
- aceite de linaza cocido
- aceite de linaza sulfurado
- aceite de adormideras
- aceite de ricino
- aceite de pescado

**3.4) Disolventes volátiles**, son líquidos de fácil evaporación que se agregan a los vehículos de las pinturas para hacerlas más fluidas, poderse aplicar mejor y para acelerar el secado.

**3.4.1) esencia de trementina**, se obtiene por destilación de las mieras o resinas de las coníferas. Es un líquido incoloro, muy fluido, de olor agradable característico, insoluble en agua y soluble en el alcohol, benzol, etc. La luz y el aire lo vuelven amarillo y resinosa.

Disuelve los aceites y resinas, siendo el disolvente volátil más empleado en pinturas y barnices, se lo conoce vulgarmente como *aguarrás vegetal*.

### **3.4.2) aceite de alquitrán**

obtenidos por destilación del alquitrán de hulla, es muy volátil, disolviendo las resinas y los hay líquidos, medios y pesados.

**3.5) Secantes**, son los cuerpos que se añaden a las pinturas para catalizar o acelerar la oxidación y polimerización de los aceites vegetales, disminuyendo el tiempo de secado de las pinturas.

Los secantes generalmente empleados están constituidos por óxidos, resinatos y oleatos de plomo, magnesio y cobalto, litargirio, acetato de plomo, minio, albayalde, bixido, borato y oxelato de manganeso y los terebenos. Se presentan en forma sólida en polvo, pasta o líquida.

**3.6) Barnices**, son líquidos más o menos fluidos que, extendidos en capas delgadas sobre los cuerpos, se solidifican, dando una superficie lisa, continua, incolora, brillante, realza los colores y los protege de los agentes atmosféricos pueden ser transparentes u opacos.

Los barnices están constituidos por resinas y gomas o ceras disueltas en aceites secantes o con disolventes volátiles y materias colorantes.

Se clasifican por el disolvente en:

- *barnices al oleo, lacas o barnices volátiles, lacas y barnices celulosicos.*

**3.7) Esmalte**s, son barnices grasos o celulósicos teñidos de colores, generalmente minerales, debiendo estar homogéneamente mezclados, obteniéndose unas pinturas de rápido secado, superficie brillante adherente, elástica compacta, cuyo brillo aviva los colores, empleándose tanto para interiores como al exterior.

Los esmalte hechos con resinas sintéticas o artificiales como los derivados vinílicos son incoloros y transparentes y se caracterizan por superficies duras, brillantes, de gran poder aislante y rápido secado.

**3.8) Lacas**, es un producto obtenido con el auxilio de materias colorantes orgánicas, naturales o artificiales, en estado puro o cargadas con sustancias inertes, que se hacen insoluble por procedimientos químicos.

Generalmente las materias colorantes empleados se fijan sobre un soporte, se insolabilizan por precipitación o se combinan ambos procedimientos.

Los productos que forman lacas con las materias colorantes son generalmente sales metálicas, como el acetato de plomo, sulfato de Al, acetato de Ca, cloruro de Zn, etc, las que combinadas con carbonatos alcalinos, fosfato e hidratos, forman precipitados gelatinosos que arrastra la materia colorante. El tratamiento ulterior de estos productos es similar al de los colores minerales.

## **4) PINTURAS PREPARADAS:**

Son mezclas en proporciones muy variadas de los tres tipos de constituyentes: pigmentos, barnices y solventes. En el sentido más común de la palabra pintura, se entiende más común de la palabra pintura, se entiende generalmente que están formadas por barnices a base de aceites secantes.

La preparación de la pintura es un problema de homogeneización de la mezcla formada por los distintos componentes. En primer lugar se hace una mezcla mas o menos íntima en malexadoras especiales y luego la mezcla se refina y purifica en un molino especial formado por tres cilindros pulidos dotados de distinta velocidad, con el fin de producir el arrastre y disgregar bien la pasta. Existen también pinturas preparadas a base de otros aglomerantes, entre los cuales el mas importante en la caseina, que forma las llamadas pinturas al agua, ya que utilizan a esta como solvente.

**4.1) Pintura a la cal,** la pintura corriente a la cal está formada por una lechada de cal grasa o con pigmentos en proporción no mayor de 10 a 15 %.

La cal grasa deberá estar apagada en alguna antelación para su total extinción, peso sin que se carbóne, pues en este caso no se adhiere a las paredes, ya que su secado y endurecimiento es debido a la carbonatación con el anhídrido carbónico del aire.

Se emplean lechadas claras, dándose, por lo menos, dos manos cruzadas, con brochas grandes de blanquear. Si el hidrato está en exceso, se agriete y descascarilla.

Cuando se desea obtener un blanqueado de mayor calidad se emplean pigmentos especialmente preparados, denominados a la cal, añadiéndoles alumbre, agua de cola, etc.

**4.2) Pintura a la cola o temple,** se prepara cal los pigmentos puestos en suspensión en agua de cola animal o vegetal, que hace de aglutinante.

Solo se aplica en interiores y en especial para decoración de paredes y techos enlucidos en yeso. Las primera manos de imprimación se dan con agua de cola caliente, ligeramente teñida, la restante con algo de blanco, y, finalmente, la de color, teniendo presente que al secar esta pintura baja mucho el tono, que si tiene exceso de cola se descascarilla, y si defecto, se desprende en forma de polvo. Para apreciar fácilmente si tiene la cantidad precisa de cola, se pinta un trozo y pasando la mano, no debe ni bruñirse, ni desprenderse.

**4.3) Pinturas plásticas,** están constituidas por una emulsión acuosa de resinas o materiales plásticos, que secan por polimerización y de pigmentos inalterables a la luz dispersadas en ella.

Se emplea el caucho natural y el artificial sintético y las materias plásticas de acetato y cloruro de polivinilo y el poliestireno, son los más utilizados.

Se caracterizan por gran poder de cubrición, aun en paramentos húmedos y lavables, una vez seca, dan tonos mate o satinados, que no cambian con el tiempo y son de gran duración.

Pinturas apropiadas para ser usados en paredes de yeso, revoque interiores y exteriores, hormigón, ladrillos, bloques y paneles pre-construidos. Este tipos de pintura también se fabrican con activos fungicidas que impiden el desarrollo de hongos.

**4.4) Pinturas al aceite,** son pinturas que se preparan con aceites vegetales como vehículo o aglutinante, siendo el más usado el de

linaza. Para diluir se utiliza la esencia de trementinas o aguarrás y como pigmento o colores, aquellos mas convenientes según el objeto a cubrir. Se utilizan en muros, dando como base una mano de imprimacion, en madera, pintando previamente los nudos y en los metales ferroso como primera acción deberán desoxidarse y desengrasar y dar una primera mano de imprimacion con antioxido.

**4.5) Esmaltes sinteticos**, cuando se necesita ejecutar un trabajo muy delicado, en lugar de pintura al aceite se usa el esmalte. Su vehículo es el barniz, el que esta constituido por aceite de linaza y resinas fosiles muy molidas y que permiten obtener superficies muy lisas. De acuerdo con su composición, los esmaltes pueden ser de resinas alcoholicas y de goma laca.

Los esmaltes sintéticos son de muy fácil aplicación y producen películas protectoras de gran resistencia al uso, que sumada y la lisura los ha transformado en un acabado versátil. Las resinas sintéticas que intervienen en su composición le confieren buena elasticidad, resistencia a la abrasión, resistencia a la humedad, características, todas ellas para obtener larga vida útil.

El costo inicial de los esmaltes sintéticos es superior a las pinturas al aceite pero se amortiza rápidamente por la menor frecuencia de pintado.

Se puede utilizar en todo tipo de superficies, utilizando los fondos y diluyentes correspondientes.

**4.6) Pinturas bituminosas o asfálticas**, obtenidas por disolución de betún natural o breas de hulla y madera en aceite grasos, benzol, etc. Las superficies cubiertas con esta pintura quedan muy brillantes, pudiendo obtenerse mates agregando negro de humo. Es una de los mejores pinturas protectoras de la oxidación del acero y fundición, por su resistencia al agua, conservándose bien en ausencia de luz y enterradas, como las tuberías de agua y gas, esclusas, etc, y son incompatibles con las de óleo y cola.

**4.7) Pinturas antioxidantes**, son las que se emplean para proteger al acero de la oxidación. Corrientemente se preparan con minio de plomo, en proporción de un 50 – 80 % y aceite de linaza cocido o aceite de madera, aplicados por extensión con pincel como primera mano de imprimación y después se aplican las otras manos.

**4.7.1) antioxidos sintéticos cromatados**, los antioxidos cromatados poseen excelentes propiedades inhibidoras de la oxidación. Estos productos contiene un pigmento inhibidor llamado cromato de zinc, que da una protección amplia en la linea de pinturas anticorrosivas. Los tonos son mate y se elabora en varios colores. Están basados en resinas sintéticas que le confieren excelente cohesión y adherencia y buena resistencia a la humedad.

**4.7.2) convertidor de oxido**, es un producto que permite una excelente adherencia sobre sustratos ferrosos. Contiene aditivos que complejan el oxido de hierro inactivandolo, deteniendo así el avance de la corrosión.

Seca rápidamente y adquiere muy buena dureza.

Se presenta en varios cobres.

Indicado para imprimir superficies de acero, especialmente donde existen picaduras y en lugares pocas accesibles.

**4.8) Pintura a la celulosa ( duco ),** son suspensiones coloidales de éteres celulosicos ( nitrocelulosa o acelitcelulosa ) en líquidos muy volátiles y a los que se le agregan sustancias plastificantes, resinas y pigmentos, para darles flexibilidad, brillo, adherencia, dureza y color.

Esta clase de pintura se adquiere ya preparada, puede estirarse mucho quedando como si fuera una membrana elástica de superficie muy tersa. Se seca con rapidez, debido al aceite de amilo, por lo que no se puede aplicar con pincel.

En madera no se pueden aplicar directamente por absorber rápidamente los líquidos volátiles, debiendo tratarse la superficie antes de su aplicación.

En metales ofrecen dificultad para adherirse a superficies lisas las que deben ser tratadas con anterioridad.

Si se les agrega como pigmento el bronce de aluminio, se obtienen unas pinturas muy cubridoras, ligeras y tienen gran poder reflejante, empleándose en construcciones metálicas, reflectores y radiadores.

**4.9) Barnices,** son disoluciones de aceites secantes, resinas o gomoresinas, que extendidas en capas delgadas sobre los objetos, se desecharán espontáneamente en contacto con el aire, formando una película sólida, impermeable y brillante que mejora su aspecto y ayuda a su conservación

**4.9.1) barniz sintético,** el barniz sintético para interiores y exteriores se presenta en color transparente mate, satinado y brillante. Se emplea para proteger y embellecer la madera.

**4.9.2) barniz marino,** se usa para interiores y exteriores, resiste los agentes agresivos marinos, de alto brillo y es protector y embellecedor de la madera.

**4.10)** para ciertos matices de la gama cromática se recurre a la lacas que es un producto obtenido con materias colorantes orgánicos, naturales o artificiales.

**4.10.1) laca policiretanica,** es un producto transparente e incoloro, de excelente dureza, alto brillo y gran resistencia a la abrasión ( golpes, ralladuras) y a detergentes y otros productos de limpieza. Se utiliza para superficies de maderas en interiores, muebles, revestimientos, aberturas, etc.

**4.10.2) laca marina,** para uso interior y exterior en superficies de madera.

**4.11) Pinturas resistentes a calor o ignífugas,** se preparan pinturas que pueden resistir hasta 600 C, empleado como pigmento polvo de aluminio o granito y vehículos a base de aceite minerales, que con el calor se queman mas o menos y el pigmento se une sólidamente al soporte. Se emplean también cuerpos amoniacos gaseoso, formando una capa aislante y ácido bórico, fosfatos y silicatos, que dan una costra incombustibles. También se preparan pinturas con caucho clorado y resinas de urea, que resisten el fuego de bombas incendiarias.

Las siliconas se emplean en forma de barnices aislantes del fuego, en electrotecnia, para resistir temperaturas hasta 250C.

**4.12) Pinturas luminosas,** comprenden los siguientes tipos:

**4.12.1)pinturas reflejantes,** son las constituidas por perlas de vidrio de pequeño diámetro, pegadas con un adhesivo y lanzadas con soplete sobre una superficie.

**4.11.2) pinturas fosforescentes,** son las que, expuestas a la luz visible, siguen luminosas en la oscuridad, debido a que disuelven la luz absorbida anteriormente, estando constituidas por pigmentos radioactivos, generalmente de bromuro de sodio y sulfuro de zinc.

**4.11.3) pinturas flourescentes,** emiten la luz bajo la acción directa de radiaciones invisibles, como los rayos ultravioletas ( luz negra ), rayos X y tubos de alumbrado y la iluminación cesa cuando lo hace la energía excitadora.

**4.13) Pinturas epoxi,** las resinas epoxi incorporadas a las pinturas les confieren cualidades de resistencia a los mas diversos agentes químicos y físicos.

La pintura epoxi de secado a temperatura ambiente se entrega en dos partes que deben ser mezcladas antes de su aplicación. Una vez homogeneizada la pintura, se va transformando en un film protector de excelente dureza, adhesividad, elasticidad y resistencia.

Se emplea en superficies expuestas a ambientes corrosivos.

**4.14) Impermeabilizantes,** son productos acrílicos diluidos en agua que aplicados en espesor recomendados, una vez seco Forma una película de gran elasticidad, alto poder cubriente, resistencia a los factores climáticos y a la implantación de hongos y algas.

Se emplea para impermeabilizar muros, techos, azoteas, etc.

**4.15) Accesorios,** son accesorios para la pinturas:

- *los entonadores*
- *enduidos*
- *fijadores*
- *removedores*
- *diluyentes*

**4.16) Propiedades físicas de la pinturas,** son propiedades físicas de las pinturas :

- *dureza*
- *tiempo de secado*
- *poder de cubrición*
- *intensidad de color o tono*
- *inflamabilidad*
- *continuidad*
- *adherencia y elasticidad*
- *impermeabilidad*
- *tenacidad*
- *flexibilidad*
- *resistencia a los agentes atmosféricos*



## **UNIDAD XVI - INESTABILIDAD QUÍMICA DE LOS MATERIALES**

### **1- Corrosión de Metales:**

Consideraciones Preliminares:

El estudio sobre la corrosión de los metales normalmente usados en la ingeniería de la construcción tiene por objeto seguir y comprender las etapas de degradación que sufren los mismos por acción de distintos agentes agresivos, la velocidad en que se realiza la reacción y las prevenciones que deben tomarse para evitar en forma económica su destrucción.

Debe tenerse muy en cuenta que además que el riesgo que significa el ataque de la corrosión sobre las estructuras metálicas, está el aspecto económico que de acuerdo a estadísticas de distintos países alcanza entre el 1,5 % del producto bruto nacional hasta el 3,5 % del mismo. Por lo que se puede afirmar que más del 10 % de la producción de hierro y acero se pierde por acción de la corrosión.

No consideramos en este estudio los metales nobles, como el oro, la plata y el platino, designados así por su estabilidad química frente a los distintos agentes atmosféricos, oxígeno, humedad, etc., pero si algunos metales cuya oxidación se produce a una velocidad variable, tratando de controlar esta, para impedir su degradación.

#### **1.1- Factores que actúan en los procesos de Corrosión:**

**1.1.a- Oxidación directa:** una superficie de aluminio expuesta al aire húmedo, a temperaturas ordinarias, se cubre de una película superficial de óxido, pero como aquella, aisla al metal del oxígeno del aire, el progreso de la oxidación decrece y el metal queda protegido de la acción ulterior. En otros casos la oxidación es más intensa y el proceso de corrosión puede seguirse por métodos gravimétricos, ópticos o electrométricos.

**1.1.b- Corrosión por líquidos:** esta puede producirse por líquidos, como por ejemplo el agua marina o la lluvia que contiene en disolución ácido nítrico o sulfúrico, aunque en pequeñas cantidades. Cuando se forma una película sólida sobre el metal, la corrosión suele desaparecer con el tiempo.

**1.1.c- Corrosión atmosférica:** mientras que la corrosión de los metales completamente sumergidos en el agua frecuentemente es controlada por la cantidad de oxígeno disuelta en esta, en la corrosión atmosférica ocurre lo contrario, pues en el aire el oxígeno está en exceso, y a menudo es la humedad de aquella la que decide la velocidad de la corrosión. La corrosión de los metales expuestos a la intemperie, particularmente de los ferrosos, aumenta en forma notable en las grandes áreas fabriles por estar la atmósfera cargada de sulfuros, producidos por la combustión de los carbones. Cerca del mar, la presencia del rocío salino aumenta la corrosión atmosférica, sufriendo los metales ferrosos mucho más que los no ferrosos.

**1.1.d- Corrosión electroquímica:** es la deteriorización muy intensa producida por un fenómeno de electrólisis de dos metales cuyos potenciales eléctricos son diferentes, se hallan en contacto entre sí y en presencia de humedad. La corrosión electroquímica puede frenarse por la acción de otro fenómeno: la polarización eléctrica.

#### **1.2- Procesos de Corrosión:**

Podemos sintetizar los procesos de corrosión de la siguiente manera:

- a- Corrosión Química.
- b- Corrosión Biológica.
- c- Corrosión Electroquímica.

**1.2.a- Corrosión Química:** Cuando se expone una superficie metálica limpia a la acción del oxígeno, el metal reacciona con este dando óxidos. Esta reacción variará en su comportamiento de acuerdo a la temperatura y a la concentración de los agentes oxidantes. A baja temperatura se formará una capa absorbida de oxígeno. Si la temperatura es muy baja o la concentración del oxidante es escasa, la reacción no prospera, llegando a detenerse luego de formar la capa absorbida de oxígeno mencionada.

Al subir la temperatura y la concentración de oxidante se formará una capa tanto más gruesa cuanto más se prolonguen o acentúen las condiciones anteriormente mencionadas. La naturaleza del óxido diferencia también el proceso de oxidación:

- El óxido es inestable (oro) y la oxidación no tiene lugar.
- El óxido es volátil (molibdeno) y la oxidación se produce a una velocidad constante y relativamente elevada.
- Uno o más óxidos pueden formar una capa o capas sobre la superficie metálica. De este último caso que es el que más nos interesa nos ocuparemos con mayor profundidad.

#### Películas de Óxido:

Se usa aunque arbitrariamente, clasificar las películas de óxido en gruesas o delgadas al estudiar el curso de crecimiento de los mismos.

El ritmo de crecimiento de las capas no es continuo a partir de la capa absorbida de oxígeno sino que presenta tres etapas perfectamente diferenciadas:

- La superficie del metal aparece limpia y brillante durante un tiempo.
- Se formarán algunos "núcleos" dispersos como manchas que se van extendiendo sobre la superficie del metal hasta quedar unidos entre si, concluyendo de esta manera este ciclo.
- Este ciclo se caracteriza por el engrosamiento del "agrupamiento" de núcleos de la etapa anterior.  
Todo proceso mencionado es estimulado o retardado por la temperatura y la presión en que actúa el oxidante.

#### Capas gruesas y transporte:

Las capas gruesas se dividen a su vez en

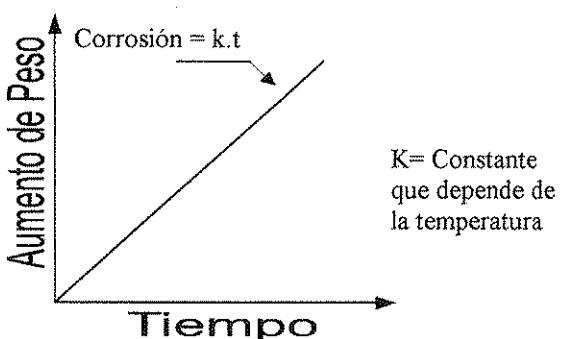
Protectoras

No protectoras

#### Películas No protectoras:

Si la película de óxido es porosa y permite el libre acceso del oxígeno al metal, el proceso solo terminará con la desaparición del metal como tal o del oxígeno.

Si expresamos el grado de corrosión por el aumento de peso por unidad de superficie, se verá entonces que la corrosión avanza en forma lineal al tiempo de acuerdo con el siguiente diagrama:



Se comportan de esta manera los metales alcalinos y alcalinos terreos: como el sodio, potasio, calcio, estroncio, etc.

Pilling y Bedworth propusieron un modo de diferenciar los metales que forman capas protectoras de óxido de los que no lo forman. Según estos autores, si el volumen del óxido formado es menor que el del metal que reemplaza se tendrá un óxido de estructura porosa. Si es mayor, se formará una capa de óxido homogénea y continua.

Esto se debe a que si el volumen de óxido es menor, la película no es continua y resulta comparativamente ineficaz para evitar el acceso de oxígeno a la superficie metálica.

Se ha comprobado experimentalmente que el crecimiento de los óxidos se realiza por difusión y que la ley parabólica es aplicable en muchos casos.

- El hierro entre 500 y 900 °C.
- El níquel y el cobalto con temperaturas mayores de 900 °C.
- El cobre por encima de los 400 °C.

**1.2.b- Corrosión Biológica:** La aislación e identificación de numerosas ferro-bacterias aeróbicas y anaeróbicas en metales en proceso de corrosión destructiva, dio lugar a teorías de corrosión biológicas de los metales. La misma fue sustentada en 1934 por los trabajos realizados por WOLZOGEN-KUHR, que presentaba como causante de la misma al Vibrio Desulfuricans, microorganismo reductor de sulfatos.

La teoría electroquímica de la corrosión, es la más aceptada universalmente en la actualidad en lo que respecta a la causa de la misma, pero pudo demostrarse que un grupo de microorganismos tienen una gran influencia en el desarrollo de los procesos electroquímicos. Resulta evidente que dicho microorganismo cuando se desarrolla en contacto con metales, inciden notablemente en la intensidad de la corrosión, algunos ejercen una acción de protección de las superficies expuestas y otros intensifican los procesos electroquímicos de oxidación.

Las bacterias más características en los procesos que nos ocupan son las siguientes:

- A- Vibrios reductores de sulfatos (Sporovibrio Desulfuricans).
- B- Microorganismos reductores de nitratos.
- C- Bacterias productoras de metano.

El más característico de los procesos está constituido por la formación de sulfuros de hierro a expensas de los sulfatos contenidos en los suelos o sea que los vibrios reducen estos sulfatos por medio de hidrógeno obtenido por la descomposición del agua, produciendo Ácido Sulfídrico (SH<sub>2</sub>) el que finalmente se transforma en (Sfe) sulfuro de hierro; que se halla presente en todo proceso de corrosión ferrosa.

La existencia y desarrollo de la Sporobivrio Desulfuricans es solo posible en un ambiente en el que halla ausencia de oxígeno molecular, existan compuestos orgánicos asimilables y sulfatos que permitan su reducción por las mismas.

**1.2.c- Corrosión Electroquímica:** Cuando se sumergen en un mismo líquido dos fragmentos de hierro, y se expone uno de ellos a la acción del oxígeno disuelto, al mismo tiempo que se protege al otro con una capa de óxido húmedo, el electrodo protegido se convierte en ánodo.

Ha sido demostrado (U. R. Evans, Trans. Faraday soc.) que los pares galvánicos pueden originarse por una aireación diferencial de muchos metales. Así se encuentra explicación al hecho de que la corrosión se produzca en mayor escala en aquellos lugares a los cuales el oxígeno tiene el mínimo de acceso directo. Cuando se sumerge en agua un metal, a la vez que se protegen otros, se producen, en la región a la cual tiene acceso el oxígeno, delgadas películas de óxido o hidróxido que protegen o dan carácter catódico a aquellas partes de la superficie. Se establecen entonces corrientes eléctricas entre otras partes de las superficies metálicas, a las que no tiene acceso el oxígeno, y las más aireadas. Aquellas constituyen el ánodo y son corroídas, en tanto que las protegidas o catódicas resultan relativamente inmunes al ataque.

Ya hemos visto que corrosión es la alteración destructiva de materiales por reacción química con una sustancia cualquiera, sólida, líquida ó gaseosa, también que puede afectar su superficie uniformemente, (enmohecimiento del hierro en la atmósfera). O cubrir su superficie sin afectar la tenacidad del metal cambiando solo el color del mismo como el caso de la plata, o darse todos los casos de corrosión en placas, picado o alveolar, intergranular, etc. Una aleación puede ser atacada de manera que se eliminan uno o varios de sus componentes, dejando un residuo débil de elementos no atacados con propiedades metálicas más pobres como ocurre en la deszincificación del latón amarillo (cobre-zinc) o en la grafitación del hierro colado.

Se facilita la corrosión en zonas localizadas, como en grietas bajo remaches, pernos y superficies juntadas. Cuando se juntan dos metales diferentes puede ocurrir que el más activo ataque al otro en la unión.

Los productos de la corrosión pueden ser solubles en el medio corrosivo, observándose un ataque muy rápido. En otros casos los productos de la corrosión son insolubles y forman escamas poco adherentes en la superficie del metal o bien forman películas protectoras.

#### Diferencia de potencial:

El proceso fundamental es la cesión de electrones de los átomos del metal a otros átomos o iones.

PILLING Y Bedworth propusieron la siguiente relación para diferenciar ambas clases de estructura de óxido.

W.d

w.D donde:

W= peso molecular del óxido.

w= peso molecular de la fórmula del metal.

D= densidad del óxido.

d= densidad del metal.

Si la relación es menor que 1: se tiene óxido poroso.

Si la relación es mayor que 1 se tiene óxido continuo.

En la tabla siguiente se indican los valores de la relación de P. y B. Correspondientes a los metales más comunes:

Relación de P. y B. para óxidos			
Aluminio	1.28	Hierro	2.06
Bario	0.78	Litio	0.60
Cadmio	1.32	Magnesio	0.84
Calcio	0.78	Manganeso	2.07
Cesio	0.42	Niquel	1.63
Cinc	1.59	Plomo	1.31
Zirconio	1.55	Potasio	0.51
Cobalto	2.10	Silicio	2.04
Cobre	1.70	Sodio	0.32
Cromo	3.92	Torio	1.36
Estaño	1.33	Wolframio	3.30
Estroncio	0.69		

Se observa que los metales alcalinos y alcalinos terreos que se oxidan con una ley lineal, son precisamente los que tienen una relación P. y B. menor que 1.

Cuando la relación es mayor que 1, una vez formada una capa de óxido adherente, el metal queda separado del oxígeno, y para que la oxidación pueda continuar, debe hacerlo por difusión a través de la capa de óxido.

De esta manera la velocidad de oxidación depende de la velocidad con que la especie reaccionante sea *transportada* a través del óxido. Así el flujo de material y por consiguiente la velocidad de aumento de espesor del óxido será inversamente proporcional al espesor del óxido ya formado.

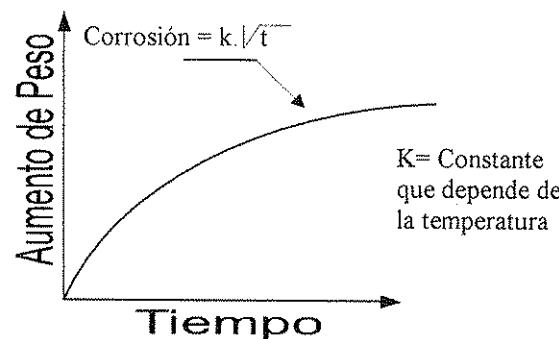
$$\frac{dy}{dt} = K \cdot \frac{1}{y}$$

donde:  $y$  = espesor de la capa de óxido.

$t$  = tiempo.

K = constante

y por interacción esta función nos dá una ley parabólica de crecimiento del óxido.



Procesos análogos se presentan en la oxidación a temperatura elevada o con algunos agentes orgánicos corrosivos. La corrosión es un proceso electroquímico por cuanto la destrucción química, va acompañada de la circulación de electricidad. Las fuerzas electromotrices no proporcionan una base para producir la corrosión. Con el metal descubierto, pueden producirse reacciones secundarias que mantengan o aceleren la corrosión. El cobre no desplaza el hidrógeno del ácido acético desprovisto de aire y por tanto, no se corroerá cuando esté sumergido en dicho ácido. El aluminio tiende a desplazar al hidrógeno de las soluciones, pero en las más neutras adquiere una película protectora de óxido que impide, enseguida, la corrosión.

En el exterior de los envases de hojalata, el hierro es anódico respecto al estaño y el envase se oxidaría si el recubrimiento fuera poroso. La gran ventaja del envase de lata es que en el interior, al no haber aire, el estaño es anódico respecto al hierro.

#### Potencial de corrosión del metal:

La circulación de corriente de corrosión entre los ánodos y cátodos que constituyen las pilas locales sobre una superficie metálica y la aparición de reacciones secundarias ocasionan frecuentemente un cambio en el potencial del electrodo del metal que, por tanto, alcanzará un valor del reversible consignado en la serie de fuerzas electromotrices. Este nuevo valor que se observa cuando existe corrosión, es el llamado potencial de corrosión de metal. La tabla adjunta ilustra la diferencia entre potenciales de electrodos reversibles y los de corrosión en metales expuestos a una circulación de agua de mar.

Potenciales de Corrosión y Velocidades de Corrosión de Varios Materiales En Agua de Mar que circula a 4 m /s, 25°C		
Material	Potencial de corrosión referido al el. de calom. sat. V	Velocidad de corrosión mg/dm <sup>2</sup> día.
Magnesio		
Zinc	- 1.03	1490
Aluminio		
Aluminio 3003	- 0.79	45
Hierro		
Acero de carbono	-0.61	325
Latón laminado naval	-0.40	24
Cobre	-0.36	106
Acero al cromo 13 %	-0.15	114
Hastelloy C	-0.08	2

La ordenación de metales y aleaciones según los potenciales que desarrollan, mientras se corroen libremente, darían una serie galvánica como la de la tabla adjunta. Las posiciones

relativas en la serie galvánica (función del potencial) no predice la velocidad de corrosión (función de la intensidad de la corriente).

SERIE GALVÁNICA EN AGUA DE MAR (Corrosión Libre)	
<i>Extremo corroído (anódico), menos noble</i>	
Magnesio y sus aleaciones	
Zinc	
Aluminio 61S	
Cadmio	
Acero dulce	
Acero aleación	
Hierro forjado	
Hierro colado	
Acero inoxidable 410	
Soldadura 50% plomo 50% estaño	
Plomo	
Estaño	
Bronce al magnesio	
Latón amarillo	
Cobre	
Bronce al silicio	
Aleación 90% níquel 10% cobre	
Níquel	
Plata	
Acero inoxidable 430	
Titanio	
Grafito	
Oro	
Platino	
<i>Extremo protegido (catódico), más noble</i>	

Esta serie galvánica es relativamente para numerosos corrosivos y para diversas condiciones de exposición. Los valores numéricos de los potenciales variarán de un electrolito a otro. También están influenciados por las condiciones físicas de la exposición de la corrosión.

Los potenciales de corrosión y las velocidades de corrosión no se corresponden.

Las corrientes entre ánodos y cátodos locales originan la formación de productos en el ánodo, cambio de iones en el cátodo y cambio de iones y concentración en la solución. Estos cambios introducen resistencias a la corriente y alteran los potenciales de los ánodos y cátodos locales.

Los cambios son tales que hacen disminuir las corrientes de corrosión

Estos cambios de potencial, incluyendo las caídas ohmicas de tensión (IR), constituyen la polarización.

El oxígeno y otros agentes pueden afectar las velocidades de corrosión de los metales aumentando la velocidad de ataque al mantener las reacciones en el cátodo, o bien pueden hacer disminuir la corrosión si crean películas protectoras sobre la superficie del metal. Las variaciones de concentración de los agentes oxidantes sobre una superficie metálica pueden originar corrosiones localizadas muy severas.

Los procesos de corrosión requieren la reducción de elementos o iones en las zonas catódicas, tal como la reducción de hidrogeniones, oxígeno, u otro agente oxidante que pueda estar presente. Cuando se reducen los hidrogeniones se retardará la corrosión sino

se extrae el hidrógeno, ya sea por desprendimiento o por reacción para formar agua, peróxido de hidrógeno o iones oxhidrilos. Las reacciones de corrosión que implica la reducción directa del oxígeno de otro agente oxidante no se podrán mantener sino puede disponerse de un suministro adecuado de estos reactivos a las zonas catódicas. Por lo tanto, en muchas reacciones de corrosión la ausencia de agentes oxidantes hará disminuir mucho la corrosión, mientras que su presencia las acelerará.

La corrosión del acero en el agua requiere la presencia de oxígeno. Al aumentar su concentración, aumenta la corrosión rápidamente hasta alcanzar un valor límite. Cuando la velocidad del oxígeno llega a las áreas catódicas se convierte en factor regulador. Un ulterior aumento en la concentración de oxígeno, tendrá por efecto aumentar muy poco la velocidad de corrosión.

La velocidad de corrosión aumenta con la temperatura. Los efectos secundarios variables con la temperatura pueden hacer variar la velocidad de corrosión.

**1.2.c.1- Corrosión Localizada:** Al aumentar la velocidad de un líquido corrosivo sobre una superficie metálica aumentará, en general, la velocidad de corrosión. Con mayor velocidad de circulación puede alcanzarse el régimen turbulento en el cual se forman cavidades en el líquido; estas caen sobre la superficie del metal y desarrollan una forma de ataque mecánico y químico o erosión por cavidades.

Si sobre la superficie del metal se desarrollan velocidades no uniformes, pueden desarrollarse pilas galvánicas locales a causa de las diferencias locales de concentración de oxígeno o de ciertos iones en el medio corrosivo.

En las tuberías de agua salada, válvulas y radiadores, los efectos de la corrosión por erosión aparecen en zonas turbulentas de velocidades particularmente elevadas en las entradas a los tubos de condensadores y en las tuberías aguas debajo de los codos y otros ajustes.

Los metales y aleaciones que precisan de un suministro de oxígeno o agente oxidante para mantener la película protectora, suelen presentar menores velocidades de corrosión a velocidades de circulación mayores. En las soluciones estancadas en las que el oxígeno y los agentes oxidantes entran en contacto con el metal solo por difusión lenta, el metal sufrirá corrosión local en las grietas o se picará en aquellas zonas en las que no se mantiene la película protectora.

**1.2.c.2- Corrosión Galvánica:** Cuando dos metales distintos sumergidos en un electrolito se hallan en contacto, la diferencia entre sus potenciales de disolución tenderá a hacer circular una corriente de un metal a otro a través de la solución, volviendo dicha corriente al primer metal a través del contacto metálico. Esta corriente aumentará la corrosión en un metal, haciéndolo disminuir algo en el otro. El metal o aleación que sufre el aumento de corrosión es el más activo o ánodo y tiene el potencial de disolución mayor (más electronegativo). El otro, más noble, tiene un potencial más electropositivo y es el cátodo. La intensidad de la corrosión galvánica viene influída por la posición relativa de los metales y aleaciones en la serie galvánica (tabla 115) por la magnitud de la diferencia de potencial. Esta serie puede servir dentro de ciertos límites, como guía cualitativa para seleccionar metales diferentes que puedan utilizarse puestos en contacto. Como norma general pueden utilizarse aquellos metales o aleaciones contenidos en un grupo dado con toda seguridad. No es aconsejable, en cambio, el acopio de metales pertenecientes a dos grupos muy separados.

Corrosión Galvánica del Acero en Contacto con Cobre y Titánio En el Agua del Mar (Circulación a 2.4 m/s a 10°C durante 16 días)					
Par	Potencial en circuito abierto del par, V		Intensidad media, mA	Velocidad de corrosión de acero mg/dm <sup>2</sup> día.	Efecto galvánico mg/dm <sup>2</sup> día.
	Principio	Final *			
Acero a acero	0.007	0.014	0.44	183	28
Acero a cobre	0.229	0.356	3.2	525	355
Acero a titanio	0.512	0.565	0.39	244	54

\* Medida realizada tres horas después de haber abierto el circuito al final de la operación.

Los datos de la tabla anterior obtenidos exponiendo pares de aceros con titanio y con cobre a la acción del agua del mar nos enseña que no podemos predecir fácilmente los efectos galvánicos basándonos únicamente en la diferencia de potenciales galvánicos o de corrosión. Aún cuando la diferencia de potencial en circuito abierto entre el titanio y el acero es mayor que el del cobre y el acero, esta origina una corrosión galvánica siete veces mayor que la del titanio. La corriente galvánica generada en dicha pila es función, no solamente de la diferencia de potencial en circuito abierto sino también de la facilidad con que se polariza los metales.

Otro factor que influye sobre la corrosión galvánica es la conductividad del circuito. Si entre los metales se encuentra un separador de gran resistencia, no circularía corriente alguna. Si el conductor tuviera baja resistencia o moderada, podría circular la corriente galvánica, aunque en menor intensidad que si los metales estuvieran en contacto directo. La conductividad suele ser mayor en los casos de metales diferentes. La conductividad suele influir sobre la naturaleza de la pila galvánica. En las aguas de baja conductividad, la acción galvánica se restringirá a las zonas adyacentes a la unión de los metales. En las soluciones de gran conductividad las zonas más alejadas pueden entrar en acción galvánica, entonces la corrosión estará distribuida más uniformemente sobre la superficie del metal activo.

**1.2.c.3- Corriente Parásitas:** Una corriente eléctrica parásita puede originar una fuerte corrosión sino se conectan a tierra adecuadamente los generadores eléctricos.

Se producen las corrientes parásitas cuando el entorno de la corriente presenta mayor resistencia que una estructura metálica próxima que podemos considerar en “paralelo” con dicho retorno.

Si la corriente es continua producirá corrosión en los puntos por donde salga.

Si es alterna, el perjuicio dependerá del grado de rectificación del circuito de la corriente parásita.

En las líneas subterráneas, tales como las telefónicas, de potencia, conducciones de petróleo y ferrocarriles eléctricos, deberán regularse con cuidado las corrientes parásitas, ya que pueden hacerse muy intensas y originar serios daños en poco tiempo.

### 1.3- Clasificación de los Procesos de Corrosión Según su Forma:

Es importante identificar el proceso de acuerdo a su forma, pues esto permite la evaluación de los daños producidos:

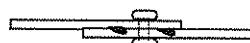
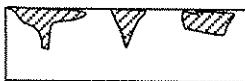
- a- **Corrosión Uniforme:** Es la forma menos agresiva de corrosión y permite un mejor control y eliminación, ya que al extenderse en forma pareja sobre toda la superficie permite una mejor evaluación de los porcentajes atacados tanto en extensión como en profundidad, estimando con bastante exactitud la vida útil del material atacado.



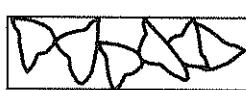
- b- Corrosión en Placas: Se trata de los casos intermedios entre la corrosión uniforme y corrosión localizada, ya que en este caso el ataque se extiende en algunas zonas más que en otras, pero se evalúa aún como ataque generalizado.



- c- Corrosión por Picado: Junto con el intergranular y el fisurante constituye las formas más peligrosas de corrosión. En estos casos de ataques localizados, el espacio afectado no guarda relación con los inconvenientes que puede causar, ya que al penetrar profundamente a manera de un barreno, puede producir perforaciones en cañerías, tanques, o cascos de embarcaciones. La corrosión en rendijas es una variante de la corrosión por picado y se presentan en intersticios o uniones donde la renovación del medio corrosivo solo puede producirse por difusión.



- d- Corrosión Intergranular: Tiene la característica de extenderse a lo largo de los límites del grano. Este ataque se extiende hasta inutilizar la pieza afectada.



- e- Corrosión Fisurante o Bajo Tensión: Se presenta en los casos en que la pieza metálica está sometida, a la vez, a la acción de un medio corrosivo y tensiones mecánicas de tracción. Comienza por fisurarse, derivando luego a otro tipo de ataque como transgranulares o intergranulares internándose en el metal provocando la fractura de la pieza, sino se eliminan las tensiones. Tiene una velocidad de avance entre uno a diez milímetros por hora.

#### 1.4- Preservación de los Aceros:

**1.4.a- Protección Contra el Fuego:** Es sabido que el acero es un material incombustible; sin embargo, bajo la acción del fuego pierde sus condiciones de resistencia y se deforma, de modo que puede producir la ruina de la estructura que forma parte.

De los materiales ferrosos, el hierro fundido resiste más, pero se quiebra fácilmente a altas temperaturas bajo el efecto de chorros de agua. La resistencia del acero decrece lentamente, si es sometida a la acción de aumentos de temperaturas, hasta los 50° C, después aquella vuelve a aumentar, hasta los 300° C; a partir de este grado de calor, decrece nuevamente en forma rápida, hasta llegar a la mitad de la resistencia normal cuando alcanza los 500° C. Otro inconveniente serio del acero expuesto a la acción del fuego, es su gran dilatación, con la consiguiente influencia sobre el resto de la estructura a que se halla ligada.

La protección contra el fuego, se hace asegurando la libre dilatación y cubriendo las estructuras con materiales aislantes.

**1.4.b- Protección Contra la Corrosión:** Cuando el acero esta expuesto a la intemperie y sin protección alguna, se forman en su superficie óxidos de hierro y sobre todo, hidrato férrico, de color marrón, comúnmente conocido con el nombre de orín del hierro o herrumbre.

Este proceso puede producir debilitamientos más o menos rápidos e importantes en las estructuras de acero, según las condiciones del medio ambiente.

El hierro dulce se oxida más rápidamente que los aceros de construcción, y éstos, a su vez, en menor tiempo que los hierros fundidos.

Las mezclas de cal favorecen la oxidación y a causa de ello, las vigas de acero embutidas en mampostería deben recubrirse de una capa protectora.

El agua dulce no ataca al acero, mientras que las aguas saladas ejercen sobre él una acción muy enérgica.

Entre los principales procedimientos de protección de acero, se tiene: las pinturas, las metalizaciones y los revestimientos:

a)- Pinturas: sobre la superficie del metal, se da una primera capa de pintura (base protectora) y luego una o dos capas de pintura definitiva. Las pinturas de base son antioxidos a base de plomo, asfaltos y alquitrán.

b)- Metalizaciones: la superficie del acero se recubre de láminas delgadas de metales no oxidables, como ser: estaño, plomo, cobre, níquel, cinc, etc.

c)- Revestimientos de Hormigón: los morteros y hormigones de cemento Pórtland preservan al acero contra la oxidación y ejercen una acción reductora de la herrumbre.

## 2- ACCIÓN DEL AGUA DE MAR SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN:

El agua de mar actúa sobre los materiales de construcción por:

- a)- Acción Física.
- b)- Acción Química.
- c)- Acción Biológica.

### 2.1- Acción Física:

La acción mecánica está producida por los choques de las olas y de las corrientes. Esta acción está incrementada por los guijarros y arenas que acompañan el golpe de las olas. La variación del nivel de agua incrementa la acción química. Esta acción se observa especialmente en las partes de las obras expuestas a condiciones de sequedad y humedad. Las zonas confinadas, expuestas a salpicaduras ó al aire salino son también especialmente atacadas.

En los morteros permeables el movimiento del agua incrementa la acción química.

### 2.2- Acción Química:

La acción Química se observa contra los morteros, hormigones y metales. Las piedras son en general inmunes con excepción de las piedras calcáreas que son atacadas por ciertos animales llamados litófagos que perforan las piedras para alojarse en los huecos.

**2.2.a- Acción sobre los Morteros y Hormigones:** La acción química sobre los morteros y hormigones se produce:

- a)- Por la cal libre que se elimina y aumenta la porosidad.
- b)- Por la cal no apagada, cuya extinción origina el hinchamiento y desagregación consiguiente del mortero.
- c)- Por la álumina que al ser atacada por el sulfato de cal forma sulfaluminato de calcio, el que al cristalizar absorbe mucho agua, se hincha y desagrega el mortero u hormigón. Son peligrosos los cementos con una proporción mayor del 4% en álumina.
- d)- Los compuestos activos de los cementos son atacados por los sulfatos y cloruros de magnesio, dando sulfatos y cloruros de cal e hidrato de magnesio que es poco consistente y soluble en el agua. El sulfato de cal a su vez incrementa la acción del agua de mar según se ha señalado en c).

El efecto general es la formación de compuestos de consistencia gelatinosa y aumento de volumen.

La forma de evitar el ataque del agua de mar sería eliminando la álumina y el sulfato de calcio, pero estos dos elementos son necesarios para la preparación del cemento. El último regula el tiempo de fragüe. Se pueden emplear cementos con gran porcentaje de sílice, ya sea agregando más arcilla a la mezcla antes de la cocción o agregando materias con contenido de sílice al cemento ya fabricado. Ambas medidas reducen la resistencia del hormigón.

Otras veces se recomienda la sustitución de la alúmina por el hierro. las materias que se agregan pueden ser puzzolanas de Italia (de origen volcánico) constituidas por silicatos de alúmina ferruginosa, y trass.

En el país se fabrican cementos puzzolánicos tipo "Sigma" o de Pipinas.

La puzzolana suprime la cal libre y se opone a la formación del peligroso sulfoaluminato de cal.

La cantidad de puzzolana a agregarse es de al menos 1/3 en peso del cemento Pórtland.

El congreso Internacional de Navegación, reunido en Lisboa, llegó a las siguientes conclusiones:

- A- La descomposición de los morteros y hormigones en el agua de mar disminuye a medida que se aumenta la compacidad y la impermeabilidad.
- B- La descomposición es más lenta a medida que se disminuye el porcentaje de cal y se aumenta el índice de hidraulicidad.
- C- La calidad del hormigón mejora si entra en contacto con el agua de mar después de haber terminado su endurecimiento.
- D- La temperatura y la salinidad influye sobre la resistencia de los hormigones y obras marítimas. La rapidez del ataque está en razón directa con la temperatura y salinidad.
- E- Las heladas y los deshielos tienen una acción no despreciable.
- F- Los factores químicos, físicos y mecánicos están íntimamente ligados.

Un buen hormigón no solamente depende de la buena calidad del cemento, sino también del dosaje, granulometría y hormigonado.

Sobre la base de la experiencia recogida se aconseja seguir las siguientes recomendaciones para preparar morteros y hormigones:

Si bien puede producirse naturalmente capas protectoras formadas por la adherencia de animales marinos, también se obtiene buena protección por la acción del CO<sub>2</sub> que se combina con el Ca formando una capa de carbonato de calcio mediante el simple procedimiento de estacionar las piezas, a la acción del aire atmosférico antes de su inmersión.

Se deberá procurar que el hormigón sea lo más compacto posible. Se obtiene esta condición con una granulometría adecuada y con el empleo de elementos finos. Además deberá cuidarse que la cantidad de agua sea mínima y agregar siempre una cantidad de cemento mayor que la necesaria para la resistencia normal.

Algunos cementos aluminosos o sulfatos necesitan mayor cantidad de agua por lo que se los tratará una vez fraguados con suficiente agua, ya sea manteniéndolos bajo riego o mediante otro modo igualmente eficaz, durante 2 ó 3 semanas.

En cuanto a la cantidad de cemento se estima que el mínimo tiene que ser de 400 kg/m<sup>3</sup> y si solo sumergimos 450 kg/m<sup>3</sup>. para tomajuntas no debe bajar de 600 kg. En el caso de hormigones endurecidos en el aire pueden rebajarse estos dosajes, pero cuidando la proporción del agua y empleando vibradores, plastificantes, etc. el empleo de elementos prefabricados y colocados con grúa se recomiendan por esta circunstancia. La adición de plastificantes, o de aire incorporado, hace al hormigón más trabajable lo que permite reducir la proporción del agua, manteniendo sus buenas condiciones de fluidez. Los incorporadores de aire tienen el mismo efecto.

Se cuidará que los encofrados sean lisos, preferentemente metálicos.

### **2.2.b- Acción sobre los Metales.**

Fundición: La acción del agua de mar se manifiesta por la formación de óxido mientras que la mayor parte del peróxido de hierro no adherente desaparece.

Sin embargo cuando la fundición es compacta y homogénea dura largos períodos según se ha constatado siempre que se hallen permanentemente sumergidos.

Hierros y Aceros: El hierro y el acero expuestos directamente al agua de mar son atacados produciéndose óxidos en forma de exfoliación y fibras. El aire salino también ataca rápidamente al hierro.

Sin embargo las buenas pinturas de hoy permiten conservar las superficies por un tiempo prolongado.

Una rápida corrosión se produce por acción galvánica, cuando están en contacto el hierro con piezas de cobre o sus compuestos u otro metal. Tal hecho se observa en los cojinetes de bronce de las compuertas de esclusa y hélices de bronce de los buques. Algunas veces se ha sustituido el bronce por el acero fundido. Pero debe tenerse presente que el hierro puro constituye el ánodo cuando está unido a piezas de acero. Igual sucede con los remaches, soldaduras, etc.

El acero es más atacable en general que el hierro y especialmente si no es homogéneo ó conserva escamas de laminado. La acción de aguas sucias, cloacales, etc., aumenta el ataque. Los aceros cuprosos ó de aleación de níquel dan buenos resultados. Las tablas-estacas de acero cuproso son empleadas a menudo. Estas estructuras son muy apreciables en las construcciones portuarias y por esa razón se han hecho numerosos ensayos de resistencia a la oxidación. La agregación del cobre hace que se forme una película de óxido doble de hierro y cobre que impide la oxidación ulterior.

El alto costo del hierro cuproso, ha obligado a buscar medidas de protección para las tablestacas de acero común. Es eficaz la pintura con asfalto caliente. Otra forma de protección muy segura se obtiene procurando que el metal se mantenga a un potencial eléctrico negativo, es decir que el hierro sea el cátodo de un circuito electrolítico. Por ejemplo: se obtiene la diferencia de potencial con una pila o pequeña dinamo, ó bien conectando o soldando trozos de magnesio, zinc ó grafito que funcionarán como ánodos.

En general la protección más simple de las piezas de hierro y acero se obtiene mediante:

- A- Pinturas: en general con minio.
- B- Galvanizado: depositando una película de zinc en baño de zinc fundido. Las piezas galvanizadas no deben ser pintadas con minio.
- C- Cementado: muchas veces se cementan los fondos de los navíos usados. El cemento se adhiere bien al acero.

Otros Metales: El cobre puro es más o menos inalterable al agua de mar, habiendo sido utilizado antiguamente para evitar la acción de los teredos sobre los cascos de madera.

El bronce es también poco atacado, el plomo solo superficialmente.

En cambio el aluminio y sus aleaciones son muy atacados por el agua de mar.

### 2.3- Acción Biológica:

La acción biológica del agua de mar sobre las maderas es bien conocida. La acción se manifiesta especialmente en la zona que el agua de mar cubre y descubre alternativamente en los períodos de la marea y menor grado en las partes sumergidas. La parte de las estructuras enterradas en la arena o en la arcilla se conservan mucho tiempo. Los microorganismos pudren la madera en un proceso similar aunque más activo que en el caso de exposición al aire húmedo. La más destructora es la acción de los gusanos marinos xilófagos. Una especie es la Limnoria que perfora pequeños canales cortos pero numerosos. Otra es el Teredo: molusco de 25 mm de diámetro y 400 mm de largo que horada largas galerías en la madera. Este gusano vive en aguas saladas limpias en zonas tropicales y templadas. No se hallan en las aguas dulces, muy saladas ó en las aguas contaminadas (por desagües cloacales o industrias). Su acción es máxima en las zonas tórridas. Las maderas son atacadas hasta una profundidad de 8 metros.

La protección de la madera se realiza mediante:

- A- Inmersión en agua.
- B- Impregnación con sustancias venenosas o repelentes por ejemplo: inyección con cerosota a presión (10 kg) con arseniato de cobre-cromo, Pentaclorofenol, etc.

- C- Pintado con asfalto.
- D- Carbonización superficial.
- E- Revestimientos impermeables metálicos (chapas de cobre ó zinc) ó con mortero u hormigón de cemento.
- F- El revestimiento con clavos de gran cabeza no da buen resultado.
- G- Mejor solución que las anteriores es el empleo de maderas resistentes al ataque de estos organismos, como ser: Eucalipto de Australia, Greenheart de las Guayanas, maderas exóticas de la costa de Marfil, Galeón y Madagascar.

En nuestro país se emplea en trabajos marítimos el Lapacho, Quebracho, Curupay, etc.

### ***2.3.a- Acción sobre las Piedras.***

Las piedras graníticas son prácticamente indestructibles a la acción química. Las calcáreas los son menos. En ciertos mares existen pequeños moluscos (litófagos) que construyen sus cuevas en las piedras. Si son numerosos pueden ocasionar a largo plazo pequeños asentamientos.

## **2.A- Control de la Corrosión:**

Los distintos tipos de corrosión en los diversos metales, imposibilita la existencia de un medio único de lucha contra el ataque, y obliga a emplear distintos métodos de protección o combinación de ellos, complementados generalmente con el factor económico, siendo clasificados fundamentalmente en:

### ***2.A.1- Fabricación de distintos metales y aleaciones.***

Resistentes a la corrosión ya sea a bajas o altas temperaturas como por ejemplo: Aceros, Cromo-Níquel de alto tenor, etc.

### ***2.A.2- Diseños Anticorrosión:***

Fundados en la naturaleza electroquímica de los procesos de corrosión. El esquema de solución se basa en procurar, que al margen de la velocidad con que se produce el ataque corrosivo, este tenga lugar en la forma más uniforme posible para evitar los daños derivados de la corrosión localizada.

Se fundamenta esta solución, en evitar el contacto de diferentes metales en presencia de una solución corrosiva.

Un diseño incorrecto sería el empleo de un sistema que incluyera un metal anódico montado en otro de mayor tamaño, de metal catódico, por ejemplo: un tubo de acero en un tanque de cobre.

### ***2.A.3- Protección Catódica:***

En este caso, se provee a las piezas amenazadas, de barras o elementos construidos con metales más electropositivos (ubicados más arriba en la tabla de potenciales electroquímicos), los que constituirán el nuevo ánodo del proceso y por consiguiente, los elementos que se oxidarán.

### ***2.A.4- Recubrimiento del Metal.***

Con algún producto resistente a la corrosión, con lo que se lo aísla del medio atacante.

Los recubrimientos protectores abarcan una extensa gama de productos y pueden ser de distinta naturaleza:

#### **a- Recubrimientos Químicos:**

- 1- **Fosfatizado:** Entre los medios químicos de propulsión, el fosfatizado es un método muy eficaz que da a la pieza así tratada un hermoso color negro relativamente fácil de realizar y sumamente económico. Consiste en proveer a la superficie de un acero, de capas de fosfato microcristalinos, habiendo una ligera difusión de los fosfatos en el metal, que asegura una gran adherencia de la cáscara fosfatada y evita la existencia y propagación del herrumbre. Se realiza, introduciendo la pieza a fosfatizar en un baño de ácido fosfórico

(PO<sub>3</sub>H) a una temperatura de 96-98 °C. Dicho ácido ataca la superficie del acero, desprendiendo hidrógeno y formando una capa de fosfato ferroso (PO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>F. La superficie resultante se presta para la protección posterior con pintura o barniz.

- 2- *Silicatación:* Otro tratamiento químico consiste en someter al acero a una temperatura de 1.100 °C, en contacto con carburo de silicio durante dos horas.

b- Recubrimientos Metálicos:

Uno de los tratamientos de protección más utilizados para aleaciones ferrosas consiste en la deposición de una capa de cinc metálico sobre la superficie a proteger, lográndose la misma ya sea por un tratamiento de inmersión (zincado) como por medios electrolíticos (galvanizado).

Las chapas para cubiertas de techos, caños para la construcción de gases combustibles, etc., son tratados de esta manera.

Siendo el zinc uno de los elementos más electropositivos de la serie de potenciales electroquímicos, su disposición sobre el hierro asegurará una capa de protección catódica sobre la superficie del mismo.

Un proceso muy utilizado para la aplicación de una capa de cinc es el Shezarizado, nombre que proviene de su creador Sherard Cowper-Coles, y que consiste en someter a la pieza a tratar a una limpieza con chorro de arena o un decapado por ácido. El proceso de difusión se realiza en un horno rotativo de tipo tambor, en el que se hallan las piezas de acero a tratar dentro de una mezcla de cinc metálico en polvo y arena, manteniendo el mismo a 400 °C, por espacio de tres a cinco horas.

Además de la protección a los agentes corrosivos, la difusión del cinc en la superficie de los aceros proporciona a los mismos una capa de gran dureza, excelente para conseguir una buena resistencia al desgaste y a la abrasión. Se aplica en cadenas de uso marino, herrajes, armaduras de ventanas, bulones y tuercas para mazas de ruedas, tubos para aceite, caños de escape, etc.

La galvanoplastía aprovecha la propiedad que tiene los iones de orientarse hacia electrodos de distinta carga eléctrica para proporcionar por electrodeposición una capa protectora contra la corrosión y la abrasión.

Por ejemplo, si se quiere cobrear un objeto de metal se lo utiliza como cátodo, es decir como polo negativo a fin de que se adhieran los iones positivos de cobre.

En la práctica, el polo positivo es un bloque de cobre puro porque el ión sulfato (solución de sulfato de cobre) atraído por él, renueva al atacarlo, la provisión de sulfato de cobre.

La cuba que contenga la solución no debe ser conductora. Se utilizan voltajes reducidos (6-12 V) por que lo que interesa en galvanoplastía es el número de electrones (que neutralizan a otros tantos iones) y no su energía.

El tiempo necesario para la galvanización depende del espesor del depósito y la calidad de trabajo, y puede durar más de una hora.

Cuando un metal no adhiere bien a otro como el cromo al acero, se recurre a una metalización intermedia, en este caso se aplica una capa de cobre que asegura la unión y luego otra capa de níquel.

Metales que se Usan:

Los metales susceptibles de utilización en galvanoplastía ocupan un renglón bien delimitado en la tabla periódica de los elementos:

Sus números atómicos son: 24 a 34; 42 a 52; 74 a 84.

Los espesores más usuales son:

Plata = 0.025 mm.

Oro = 0.000006 a 0.003 mm.

Cromo = 0.0006 mm.

#### Características de algunos Metales:

- Níquel: Es el mejor anticorrosivo después del oro. Plantea problemas de duración del acabado.
- Plomo: Para resistir al ácido sulfúrico en los acumuladores.
- Zinc: Anticorrosivo económico. Se le agregan cromatos para mejorar sus propiedades.
- Cobre: Importante para evitar el indebido endurecimiento del acero en ciertos puntos especiales.
- Estaño: En las heladeras y piezas pequeñas que deban soldarse.
- Cadmio: Para proteger el acero. Es caro y es de menor calidad ornamental que el cromo.

#### c- Recubrimiento por Esmaltado:

Esta operación, más conocida por el nombre de enlozado consiste en proporcionar a las superficies metálicas un barniz vitreo que, mediante fusión se adhiere a la base proporcionándole impermeabilidad y fuerte resistencia a la corrosión.

Los materiales para producir el esmaltado son muy diversos, empleándose distintos silicatos, sales ( $\text{Cl Na}$ ;  $\text{CO}_3\text{K}_2$ ), distintos óxidos como colorantes ( $\text{O Pb}$ ;  $\text{Ofe}$ ;  $\text{O}_3\text{Fe}_2$ ) caolín, cuarzo ( $\text{Si O}_2$ ), etc., los que en proporciones adecuadas, se muelen y se funden en bronce. Una vez conseguido el esmaltante, se aplica sobre la pieza metálica a proteger, siendo calentado en horno a temperaturas que aseguran la fusión del mismo sobre la superficie metálica ( $1200/1300^\circ\text{C}$ ) que quedará revestida por una película de 0.1 a 0.3 mm de espesor que asegurará impermeabilidad, y una gran defensa anticorrosiva, como así también una superficie muy decorativa.

Según las características de la sustancia enlozante, se podrán conseguir esmaltes blancos, en colores, mate o brillante, transparentes u opacos y de distintas resistencias mecánicas y a altas temperaturas.

#### d- Recubrimiento con Pinturas:

El pintado constituye un tratamiento utilizado en forma universal para la protección de superficies.

Las pinturas cumplen distintas funciones, por ejemplo: protectora, decorativa, sanitaria y como modificador de superficies.

Como Protectora: La pintura aísla la superficie protegida de los agentes de ataque, ya sean atmosféricos, corrosivos u otros.

Como Decorativa: Cuando varía el color básico y/o la textura de la superficie a cubrir, a fin de embellecerla.

Sanitaria: Cuando cubre una superficie porosa y absorbente a fin de facilitar su posterior limpieza e higiene.

Como modificador de superficie: A los fines de conferirles propiedades de reflexión o absorción de la luz y el calor, modificando las condiciones físicas del ambiente.

Las casas fabricantes acostumbran a clasificarlas en líneas a sus productos, de acuerdo a la composición de las pinturas y a los fines para los cuales fueron concebidas; y para su aplicación se usan los más variados métodos: pincel, rodillo, pistolas de distintos tipos, inmersión, etc.

