

MANUAL COMPLETO
de
CERÁMICA

o fabricación de toda clase
de
OBJETOS DE TIERRA COCIDA
por
M. GARCÍA LÓPEZ

OBRA ILUSTRADA
con numerosos grabados, amplificada con los más
modernos procedimientos y adicionada de un apéndice
que contiene las principales marcas de las porcelanas
españolas y extranjeras,

por
J. VIDAL Y MARTÍ

Ingeniero Industrial,
Profesor de la Escuela Central de Ingenieros Industriales.

TOMO I

MADRID
LIBRERÍA DE LUIS SANTOS, EDITOR
SUCESOR DE CUESTA
CALLE DE CARRETAS, NÚM. 9.

MANUAL COMPLETO DE CERAMICA

t. 1410252

c.

MANUAL COMPLETO DE CERAMICA

MANUAL COMPLETO
de
CERÁMICA

o fabricación de toda clase
de
OBJETOS DE TIERRA COCIDA

comprendiendo
el estudio de las primeras materias empleadas en estas industrias;
la fabricación de ladrillo macizo,
huevo y prensado; baldosa, baldosín y tejas de todas clases;
tuberías, cacharrería común, lozas ordinaria y fina; gres ordinario y fino;
pipas, botones, dientes, materiales refractarios
y las porcelanas tierna y dura.

Recopilación de los datos más importantes de las mejores publicaciones
nacionales y extranjeras
por

M. GARCÍA LÓPEZ

NUEVA EDICIÓN

Ilustrada con numerosos grabados, ampliada con los más
modernos procedimientos y adicionada de un apéndice que contiene
las principales marcas de las porcelanas españolas y extranjeras,

por
J. VIDAL Y MARTÍ

Ingeniero Industrial,
Profesor de la Escuela Central de Ingenieros Industriales.



MADRID
LIBRERIA DE LUIS SANTOS
SUCESOR DE CUESTA
CARRETAS, NÚM. 9
1939

CIERZA ALTA

BOLETIN DE TIERRA FERAZ

Es propiedad de la Librería y
Casa Editorial de LUIS SANTOS,
Sucesor de Cuesta.



R. 185704

ÍNDICE DEL TOMO PRIMERO

	Pags.
INTRODUCCIÓN.....	XIII

PRELIMINARES

Reseña histórica de las artes cerámicas.—Su origen y progresos.....	1
Clasificación.....	30

PRIMERA PARTE

Primeras materias empleadas en la industria cerámica.

CAPÍTULO PRIMERO

MATERIAS PLÁSTICAS

Materias plásticas.....	31
Materiales plásticos y antiplásticos.....	32
I.— <i>Arcillas</i> .—Estado natural.....	32
Origen geológico de las arcillas.....	34
Composición química de las arcillas.....	36
Composición de arcillas de distintas procedencias.....	37
Propiedades físicas.....	38
Plasticidad de las arcillas.....	39
Propiedades químicas.....	39
Acción del calor sobre las arcillas.....	40
Constitución física de las arcillas.....	42
Clasificación de las arcillas en cuanto a sus aplicaciones a la industria cerámica.....	47
1.º Arcillas kaolines.....	47
2.º Arcillas plásticas.....	51
3.º Arcillas esmécticas o tierra de batanero.....	52
4.º Arcillas figulinas.....	52
5.º Arcillas efervescentes o margas.....	53
6.º Arcillas ocre.....	53
7.º Arcilla ligera.....	54
II.— <i>Otras materias plásticas</i>	54

	Págs.
III.— <i>Análisis de las arcillas</i>	56
Análisis químico.....	56
Ensayo de las margas.....	59
Análisis mecánico.....	60
Ensayo de la plasticidad.....	66
Contracción y fusibilidad.....	67
Ensayo rápido.....	67
IV.— <i>Preparación de las materias arcillosas</i>	68
Desecación al aire libre y artificial.....	68
Preparación de las materias arcillosas.....	70
Trituración.....	71
Depuración de las arcillas.....	74
Lavado.....	77
Concentración y desecación.....	82

CAPÍTULO II

DESGRASANTES Y FUNDENTES

I.— <i>Desgrasantes</i> .—Necesidad de mezclar materias desgrasantes a las arcillas.....	85
Desgrasantes más empleados.....	86
1.º Cuarzo hyalino o cristal de roca.....	86
2.º Cuarzo siliceo.....	86
3.º Cuarzo ágata.....	87
4.º Cuarzo ópalo.....	87
5.º Cuarzo o siliceo molar.....	87
6.º Cuarzo, feldespato y mica.....	87
Acción del calor sobre el cuarzo.....	88
Desgrasantes artificiales.....	89
II.— <i>Fundentes</i>	91
Feldespato.....	92
Composición teórica de los feldespatos (ortosa, albita y anortita), y resultado de análisis de varios de sus productos naturales.....	93
Pegmatita.....	94
Cornish-Stone.....	94

	Págs.
Calizas, cal y yeso.....	95
Otros fundentes.....	96
III.— <i>Preparación de los materiales desgrasantes y fundentes</i>	96
Calcinación.....	97
Horno continuo.....	98
Horno intermitente.....	98
Machaqueo, trituración y pulverización.....	100
Trituración mecánica.....	102
Prismas exagonales.....	102
Cilindros acanalados.....	104
Cilindros lisos.....	104
Quebrantadora Mac-Cully.....	105
Bocartes.....	105
Trituradores de Carr y de Vapart.....	109
Molinos de muelas verticales.....	111
Tamizado.....	117
Porfirización.....	118
Accidentes que suelen ocurrir.....	120
Decantación y apreciación de la finura del porfirizado.....	123

CAPÍTULO III

MATERIAS EMPLEADAS EN LA PREPARACION DE LAS CUBIERTAS, BARNICES, ESMALTES, ETC.

Clasificación.....	125
I.— <i>Materias fusibles</i>	126
Acido bórico.....	127
Composición de la pandermita (borato de cal, o borocalcita de Asia Menor, enriquecido por purificación)...	130
Composición del borato de cal del Brasil.....	130
Composición de dos muestras de datolita de Noruega..	130
Composición del ácido bórico natural de Toscana.....	130
Bórax.....	131
Borato de cal natural.....	133
Borato de plomo.....	134

	Págs.
Bismuto.....	135
Plomo.....	136
Litargirio y masicot.....	136
Minio.....	136
Albayalde.....	138
Mineral de plomo.....	138
Potasa.....	139
Sosa.....	140
Alcalimetría.....	142
Potasa.....	142
Sosa.....	144
Nitrato de potasa.....	144
Sulfato de potasa.....	144
Nitrato de potasa.....	145
Sulfato de sosa.....	145
Cloruro sódico.....	146
II.— <i>Materias infusibles que se verifican al estar en contacto con las materias fusibles.....</i>	146
Sílice.....	147
Alúmina.....	149
Criolita.....	150
Cal.....	150
Fluoruro cálcico.....	151
Sulfato de cal.....	152
Cloruro de cal.....	153
Barita y estronciana.....	154
Magnesia.....	154
Talco y esteatita.....	155
III.— <i>Materias que dan capacidad a las cubiertas...</i>	155
Estaño.....	156
Potea de estaño.....	156
Óxido de antimonio.....	157
Óxido verde de cromo.....	157
Óxido rojo de hierro.....	157
Fosfato de cal.....	157
IV.— <i>Materias colorantes.....</i>	158

	Págs.
Cobalto	159
Esmalte	160
Aluminato de cobalto	160
Óxido de cobre	160
Protóxido de cobre	161
Óxido de cromo	162
Hierro protoxidado	163
Peróxido de hierro	163
Óxido de hierro natural	164
Preparación del óxido de hierro	164
Sulfato de protóxido de hierro	166
Óxido de manganeso	166
Carbonato de manganeso	167
Antimoniatos	168
Oro	168
Púrpura de Cassius	169
Níquel	171
Óxido de zinc	171

CAPÍTULO IV

PREPARACIÓN DE LAS PASTAS CERÁMICAS

Mezcla de materiales	172
Modos de efectuar la mezcla: Estado fluido o pastoso y estado seco	173
Mezcla al estado pastoso	173
Mezcla al estado fluido	175
Enjugado de las pastas	177
1.º Por evaporación espontánea	177
2.º Por evaporación empleando el calor	178
3.º Por evaporación ayudada por el concurso de sustancias absorbentes y porosas	178
4.º Por filtración, con o sin presión	179
5.º Filtración por medio del vacío	186
Amasado de las pastas	191
Repodrido de las pastas	194

CAPÍTULO V

MOLDEADO Y DESECACION

I.— <i>Moldeado de las pastas.</i> —Operaciones preliminares.....	198
Contracción de la pasta	199
Procedimientos de moldeo.....	202
Torneado.....	202
Práctica del moldeo con el torno.....	207
Retorneado.....	210
Confección de piezas pequeñas	212
Moldeado con cubierta sobre el torno.....	213
Moldeado.....	215
Pasta seca para moldes grandes	217
Pasta grasa para moldes pequeños.....	217
Moldeados diversos	219
Moldeado a la bola o pelota.....	219
Moldeado al pastel.....	220
Moldeado mecánico	221
Colado	223
Rematado.....	228
Reunión de partes o guarnecido	229
II.— <i>Desecación de las piezas moldeadas.</i> —Desecación al aire libre.....	230
<i>Desecación artificial.</i> —Condiciones que se requieren para lograr una buena desecación.....	231
Sistemas varios de desecación artificial.....	234

SEGUNDA PARTE

Cocción.

CAPÍTULO PRIMERO

COMBUSTIBLES

Combustibles.....	237
Leña.....	241
Carbón vegetal.....	248

	Págs.
Turba.....	249
Combustibles minerales o fósiles.....	252
Lignitos.....	253
Hullas.....	254
Hullas grasas.....	255
Hullas grasas de llama larga.....	255
Hullas grasas duras.....	255
Hullas secas de llama larga.....	256
Hullas secas sin llama.....	256
Antracitas.....	261
Cok.....	262
Combustibles líquidos.....	262
Petróleo.....	262
Composición elemental de varios petróleos.....	263
Combustibles gaseosos.....	263
Transformación de los combustibles sólidos en gaseosos.....	264
Gas natural.....	268
Determinación de la potencia calorífera de los combustibles.....	268
Determinación de la potencia calorífera por el método de Berthier.....	270
Determinación de las cenizas.....	272
Dosificación de las materias volátiles.....	272
Dosificación del carbono fijo o cok.....	273
Valores del coeficiente a de la fórmula de Goutal.....	273
Cálculo de la potencia calorífera mediante los datos suministrados por el análisis inmediato del combustible.....	273

CAPÍTULO II

HORNOS

Hornos.....	275
Plaza o laboratorio.....	282
Hornos continuos.....	285
Hornos de hogar fijo y material móvil.....	289
Chimeneas.....	290
Materiales empleados en la confección de los hornos.....	291

CAPÍTULO III

COCCIÓN DE LOS OBJETOS CERÁMICOS

Cocción de los objetos cerámicos.....	292
Apreciación del calor.....	293
Muestras o piróscopos.....	294
Piróscopos.....	301
Correspondencia entre los números de los conos de Seger y las temperaturas en grados centígrados....	313
Otros pirómetros.—Cocción de los objetos ordinarios...	314
Cajas.....	321
Encajonado o encastado.....	323
Diversos sistemas de encajonado.....	324
Apreciaciones respecto a la división del trabajo.....	328
Material necesario en un regular taller de preparación de pastas cerámicas.....	329

CAPÍTULO IV

DESCARGA.—DEFECTOS

Descarga.—Defectos.....	332
Defectos en las pastas.....	333
Grietas en crudo.....	335
Deformación.....	336
Torneado imperfecto (Vissage).—Manchas.....	337
Agujeros.....	339
Granos.....	339
Amarillo.....	340
Defectos en los baños.....	341
Hervores.....	343
Cáscara de huevo.—Rezumado.....	344
Escamado.—Granos.....	345
Ondulaciones.....	346
Punteado.—Resecamamiento.—Contracción.....	347
Embebido.....	348
Agrietado.....	349
Agujeros.....	350

Introducción.

Encargado de preparar una nueva edición del Manual de Artes Cerámicas del Sr. García López, no he podido menos de alterar un poco el orden en que eran tratadas las distintas materias que tan vasto campo abarca, para agruparlas en otro que no difiere mucho del seguido en la edición anterior, pero que está más de acuerdo con mi criterio. Así es que, después de unos preliminares en que se anotan algunas de las principales etapas que comprende la historia de la Cerámica, he reunido en la primera parte los conocimientos más importantes que de las primeras materias empleadas en esta fabricación pueden interesar al lector; los modos de preparar estas materias para que estén en condiciones de ser empleadas en la confección de los objetos cerámicos y los principales medios a que puede recurrirse para la operación del moldeo; en la segunda parte he reunido todo lo necesario para que pueda formarse una idea general completa de lo referente a la cocción de los productos cerámicos, describiendo sucesivamente las propiedades de los principales combustibles, los hornos empleados para la cochura, y los medios para apreciar con gran exactitud la temperatura de ellos; la manera de efectuar la cocción y los accidentes que en ella suelen ocurrir, y en la ter-

cera parte se han ido detallando las particularidades correspondientes a la fabricación de cada una de las distintas clases de cerámicas, principiando por las más sencillas para terminar por las más complicadas. Así es que se ha descrito primeramente la fabricación de los productos cerámicos de simple barro cocido, como son, por ejemplo, los ladrillos, tejas y baldosines; en otro capítulo se ha tratado de la fabricación de los productos refractarios; en el siguiente se trata de la obtención de las lozas, considerando como a tales los simples barros cocidos, a los que se ha aplicado una cubierta; a continuación, en otros dos capítulos, se estudian los productos de gres y las porcelanas y, por fin, en el último capítulo de la obra se dan los pormenores necesarios para obtener un decorado perfecto y adecuado a los distintos productos estudiados en los capítulos precedentes.

Finalmente, como apéndice que esperamos será bien recibido por todos los amantes de la buena cerámica, damos una relación de las principales marcas españolas y extranjeras, empleadas en las distintas manufacturas de porcelana que han gozado o gozan de justificado renombre por la calidad o la hechura de sus productos.

Expuesto el orden en que se tratan sucesivamente en esta obra las distintas partes que comprende,

he de confesar ingenuamente al lector, que mi labor ha sido en extremo fácil y agradable por la sencilla razón de que el Sr. García López trataba en su obra todos los asuntos con gran maestría y con gran conocimiento de la práctica de este difícil ramo de las labores humanas. Poco ha tenido que suprimirse de la edición anterior, porque casi todo era necesario que lo conociese el lector actual, habiendo solo añadido en esta nueva edición los nuevos procedimientos empleados en algunos casos, los nuevos hornos que hoy tanta economía reportan, las nuevas fórmulas de pastas y de baños para evitar fracasos y mejorar calidades, etc., etc.

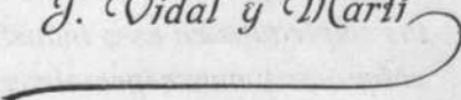
Para terminar hemos de agradecer el permiso concedido por varias casas constructoras de aparatos empleados en esta industria para reproducir sus máquinas y muy especialmente a la casa Pinette, de quien hemos incluido unos esquemas de instalaciones generales para la fabricación de ladrillos y tejas con barro blando y barro seco que han de ser de gran utilidad al lector, por la manera de disponer los aparatos con miras a una economía de mano de obra considerable, punto muy importante en la industria cerámica de productos toscos en que el valor de las primeras materias es insignificante al lado del costo de la mano de obra.

Terminaremos estas líneas con las que ponía

el Sr. García López al final del prólogo de su obra:

«Tal es en conjunto el trabajo que presentamos, guiados del deseo de difundir estos conocimientos entre los industriales, que aceptando nuestras modestas investigaciones y estudios, satisfarán cumplidamente nuestros afanes y el fin que al emprender nuestra tarea nos ha servido de guía. Los artesanos, y aun los mismos obreros, necesitan el libro que hoy se publica, y que, escrito en el terreno práctico de las industrias ya expresadas, nos ha encerrado en los límites de citar y admirar lo que no podíamos analizar ni detallar sin salirnos del plan propuesto de antemano».

J. Vidal y Martí





PRELIMINARES

Reseña histórica de las artes cerámicas.

Su origen y progresos.

Muy remoto es el sistema de endurecer la tierra amasada con objeto de darla el aspecto y propiedades de la piedra; aseguran algunos que después del diluvio universal, al tratar de construir la torre de Babel, ya se empleaban los ladrillos, que no son más que tierra amasada y cocida; es indudable que ya entonces la tierra se trabajaría de este modo, no sólo para obtener los ladrillos, sino que también se emplearía en la confección de vasijas.

Los primeros habitantes del globo empleaban para guardar y beber los líquidos, cuernos de animales, ahuecados; en Grecia se designaban estos utensilios con la palabra *keramos*, y con ella designaron después los artículos que reemplazaron a los primitivos cuernos en su uso; de aquí la formación de la palabra *cerámica*, aplicada a los objetos e industrias, que tiene por objeto la construcción de vasijas, y en general, a los objetos compuestos de los mismos materiales. La palabra *figulinus* de los latinos, tuvo la misma significación que el *keramos* de los griegos.

Es indudable que los primeros objetos clasificables entre los productos cerámicos, debieron ser hijos de la observación de hechos casuales. El hombre primitivo vivía siempre cerca de las corrientes de agua, o de los

lagos de agua dulce para poder abastecerse fácilmente de ella, y parece natural que al observar que el limo depositado en las márgenes de los ríos, después de grandes avenidas, se cuarteaba al desecarse, y adquiriría forma aconcavada, donde, si se sucedía una lluvia u otra avenida se recogía el agua de ellas, procuró reproducir, aumentando la concavidad, estos productos de la naturaleza, dándoles forma más o menos grosera, pero indudablemente más adecuada al objeto que los destinaba.

Puede ser también que al ver reproducidas en las orillas de los ríos, lagos o estanques, la huella de sus pies producidas al pisar el limo, y observar que luego, por cualquier causa, quedaba en estas huellas retenida el agua, sobre todo después de haberse desecado el limo por la acción de los rayos solares, pensase en producir objetos de análogas condiciones para almacenar la que fuese indispensable a sus necesidades en los menesteres cotidianos de la vida.

Quizás, asimismo, alguno de los primitivos humanos, amasando maquinalmente un trozo de arcilla entre sus dedos, le daría una forma cóncava, y que acaso abandonando este objeto casi informe a los rayos solares, o quizá casualmente sometido a la acción del fuego, llegó a dar idea para formar una vasija o receptáculo aplicable a diversos usos.

Fuese una u otra la causa de la primera idea de producir artificialmente recipientes a propósito para guardar el agua, lo cual, como se comprende, es muy difícil de saber, no hay duda que dado este primer paso, la reflexión humana haría dar el segundo, creando así el arte de la cacharrería.

Siendo uno de los productos naturales más exten-

didos la arcilla, la cual se encuentra en casi todos los terrenos, y siendo su manipulación fácil hasta para los menos diestros, se concibe que la cacharrería se remonte a los tiempos más lejanos, y de ello nos dan pruebas los productos primitivos que se conservan en los museos y gabinetes de antigüedades.

Las pastas arcillosas sin cocer han sido desde luego y durante algún tiempo las solas empleadas; pero como el agua destruía las vasijas así confeccionadas, el primer progreso, debido también, seguramente, a la casualidad de observarse que dicho inconveniente desaparecía sometiéndolas a la acción de un fuego más o menos intenso, fué hacerlas más duras, sometiéndolas a la cocción; en este estado se estancó la industria o arte de la cacharrería durante muchos siglos, aunque muy bien pudiera ser que no se tardase mucho en descubrir que por la acción prolongada de un calor intenso en los puntos en que la arcilla estaba en contacto con las cenizas del combustible, se formaba una especie de costra reluciente o *barniz* de aspecto vidrioso, por donde no filtraba el agua contenida en dichos recipientes.

Egipto, cuna de la primera civilización conocida, donde las artes cerámicas llegaron a un grado de adelanto extraordinario, nos ha dejado productos cerámicos, a los que puede atribuirse la mayor antigüedad. Los egipcios, utilizando la plasticidad de los limos depositados por las crecidas periódicas del Nilo, fabricaron objetos, primero en crudo, esto es, de tierra amasada y seca al sol; y más adelante, cuando la casualidad les dió a conocer la propiedad de endurecerse estos objetos al calor, idearon el procedimiento de las tierras cocidas. En los trabajos practicados por los anticuarios se han encontrado tumbas que contenían vasijas perte-

necientes a la época menfítica, de cinco mil a tres mil años antes de Jesucristo.

Los más antiguos *monumentos de ladrillo* (1) son los que se han encontrado en Egipto; así, está probado que el templo de Belus, construido de ladrillos, tenía una altura de 200 metros, y que estaba rodeado de una muralla de ocho millas de longitud. La edad de este monumento se calcula en 12.000 años. También se construyeron algunas pirámides de ladrillo. En una pirámide de esta clase, erigida por el Rey Asychis, está grabada esta inscripción sobre una lápida: «*No me desprecies al compararme con las pirámides de piedra; yo guardo con ellas la misma relación que existe entre Júpiter y los otros dioses, porque, sumergiendo un madero en una marisma y recogiendo el limo que a él se adhirió, se confeccionaron los ladrillos con los que se me ha construido*». Con el limo del Nilo construyeron los egipcios ladrillos cuneiformes para la construcción de las bóvedas más antiguas que se conocen, cuya edad se remonta a unos 3.000 años antes de J. C.

En Babilonia se emplearon gran cantidad de ladrillos cocidos.—*¡Vamos a construir ladrillos y cocerlos al fuego!*—decían los babilonios durante la construcción de la torre de Babel (Moisés, lib. I, cap. II, v. 3). Según Herodoto (lib. I, cap. 178), Babilonia estaba rodeada de un foso y de un muro de 50 anas (2) de longitud y

(1) *Tratado de Química industrial*, por R. Wagner, F. Fischer y L. Gautier; traducción española de Pascual Godo y Llorens, Valencia, 1905.

(2) Vara con que se medía antiguamente en Francia y que es equivalente a 3 pies, 7 pulgadas y 10 líneas, o sea 1 metro 1844.

200 de altura. Mientras abrían el foso, iban construyendo ladrillos con la tierra que extraían, y cuando habían moldeado un número suficiente, los cocían en hornos. Puede deducirse, con arreglo al barniz de vivos colores dado a los ladrillos encontrados en las ruinas de Babilonia, que estos productos se prepararon 3.000 años antes de J. C., y que teniendo ya en aquella época el producto un tal grado de perfeccionamiento, la fabricación de los ladrillos cocidos debe de remontarse a algunos años antes de la fundación de dicha ciudad.

En China, en el Japón y en las Indias Orientales, vienen usándose también los ladrillos desde tiempo inmemorial (1).

Sin embargo, con el empleo de cerámicas de solo

(1) Los griegos y los romanos empleaban generalmente ladrillos. *Vitrubio* habla de los ladrillos de limo desecados (*lateres*) y de los ladrillos cocidos (*testae*). Desde Roma se extendió la fabricación de ladrillos por Italia, la Galia, la gran Bretaña, Alemania y España. En Alemania, la más antigua construcción de ladrillos se encuentra en la catedral de Trives; los ladrillos empleados en esta construcción parece ser que datan del tiempo de *Augusto*. Pero la fabricación y el empleo de los ladrillos en Alemania no se generalizaron hasta el siglo XII. Las construcciones de ladrillos se introdujeron por la Hansa en Amberes, en Bergen y en Petersburgo y la orden de los caballeros alemanes empezó, en 1276, a construir el castillo de Marienbourg. Pero en el siglo XVII, la fabricación de ladrillos en Alemania era todavía muy defectuosa; estaba reservado a los tiempos modernos, no solo el perfeccionamiento de la parte mecánica de las industrias cerámicas, si que también la deducción de los primeros datos científicos que permitieran formarse cabal idea de la naturaleza de las arcillas y de los procesos que acompañan a su cocción.

tierra cocida, aunque ya no se deshacían al contacto del agua, quedaban muy porosas y absorbentes, porque la simple elevación de temperatura no les había dado la suficiente impermeabilidad; fué, por lo tanto, un gran adelanto de la industria cerámica el cubrir esta superficie porosa de una capa vidriosa. Presentaron entonces los objetos cerámicos el aspecto de la cacharrería moderna, y se compusieron de dos partes: la térrea o el núcleo, y la vidriosa o el baño; poco a poco la perfección en los procedimientos llegó a refinar las pastas y cubiertas hasta llegar a producir los maravillosos objetos que hoy excitan la admiración de todos los países.

Puede hacerse remontar al período thebano en Egipto (3016-1700 años antes de Jesucristo), época a que pertenecen las pinturas murales de las tumbas de Beni-Hassan, en las que los artistas del Imperio medio representaron los oficios que se ejercían en aquel tiempo, el descubrimiento de las primeras cubiertas aplicadas a las tierras cocidas, o sea las lozas, y de ello se conservan ejemplares encontrados en la pirámide de Sagarah. De todos modos, es evidente que este progreso, así como el barnizado de la alfarería, debe conocerse desde los más remotos tiempos, porque Jesús Sirach dice (cap. XXXVIII, vers. 32 a 34). *El alfarero se sienta junto a la arcilla y no hace nada sin arte ni medida. Su brazo da a la arcilla la forma que quiere, y luego la amasa y la vuelve flexible con los pies. Su corazón se concentra por completo para ultimar la perfección de su obra barnizándola.*

Cual la mayor parte de las ramas de la industria, la del alfarero parece que fué ejercida por los egipcios, y de éstos la tomaron los israelitas. En tiempo de Moisés, la industria del alfarero goza de un gran favor, de ma-

nera, que en la genealogía de la tribu de Judá se encuentra una familia de alfareros que trabajó para el Rey y habitó en sus jardines.

Con el nuevo Imperio (1700-500 a. de J. C.) aparece también en Egipto una cacharrería roja, sólida y ligera, menos cuidada de forma pero provista con una cubierta o barniz parecido al esmalte. Parece asimismo, que en esta época los artistas egipcios ya descollaban en la fabricación de fayenzas con esmalte estañífero, o esmalte azul, verde y blanco, lo cual hace que Jacquemart se pregunte ¿de qué clase son estos productos cerámicos? No son porcelana—dice—porque les falta la translucidez. ¿Es una fayenza? Tampoco. Es un producto intermedio entre la porcelana y el gres cerámico. Y si el colorido general es al principio uniforme, debe atribuirse a ciertas normas simbólicas más que a falta de capacidad de los artistas.

Lo que prueba la destreza con que operaban los alfareros al hacer combinaciones, es que se conocen productos cerámicos de Egipto en que los diversos tonos ocupan espacios muy restringidos y quedan perfectamente limitados unos por otros; así una figurita azul tiene la cara de color amarillo dorado; unos brazaletes de fondo azul oscuro tienen en su superficie grolíficos en azul celeste, y a veces el objeto que se ha querido decorar ha sido grabado y luego se han rellenado las cavidades con un esmalte intenso hasta el nivel de la superficie o sobrepasándola ligeramente. Hay, pues, ciencia completa, experiencia consumada y seguridad en la ejecución. Está fuera de duda, no obstante, que algunos procedimientos de trabajo, entonces empleados, diferían de los empleados actualmente.

Es también notabilísima la historia de la cerámica

china. Los chinos descuellan, en efecto, en la fabricación de los productos de gres y de la porcelana de pasta dura. Con el gres fabricaban grandes vasos de lujo y también objetos, tales como lámparas, tazas, objetos domésticos, juguetes, etc., para uso del pueblo, todos los cuales están constituidos por una pasta rojiza, opaca y basta. Pero también fabricaban gres de pasta fina, compacta, de color pardo rojizo, con el cual hacían trabajos verdaderamente notables, adornados con esmaltes y arabescos de los más vivos colores. Son notables asimismo, las tejas esmaltadas, los ladrillos huecos de formas especiales que permitían construir pilastras, balaustradas y cornisas.

Fué notable la llamada torre de porcelana de Nankin, construída por el rey A-yon que, según cuenta la tradición, en el año 833 antes de J. C., mandó construir 84.000 torres iguales, la cual tenía 70 metros de altura y estaba revestida de placas esmaltadas de cinco colores distintos (blanco, rojo, azul, verde y pardo) y fragmentos de estas placas han sido regaladas al Museo de Sèvres.

El gran producto cerámico chino es, sin duda, la porcelana, pero su invención es muy posterior a los de los productos antes descritos. Según Estanislao Julien, la primera noticia fidedigna acerca de este producto cerámico, se encuentra en un poema publicado reinando Wen-tí, hijo segundo de Liu-pang, de la dinastía de los Han (175 a 151 años antes de J. C.), aunque en él no se hace referencia a la porcelana que nosotros conocemos, sino a la *porcelana verde* que era de pasta densa, muy dura, opaca, con una cubierta o esmalte, que variaba del gris rojizo al verde mar para disimular el color pardo de la pasta. Este primitivo producto, a medida que avanzan los tiempos, va siendo perfeccionado, pues se

van fabricando objetos cuya cubierta ya no es tan obscura, debido ello a que las pastas van siendo más transparentes y blancas.

Los primeros objetos de verdadera porcelana, esto es, de pasta blanca y translúcida, se fabricaron de colores variados, azul, verde, blanca, etc., según los gustos de los monarcas reinantes, y se tiene como muy probable que su fabricación no sea tan antigua como en un principio se creyó, pues al parecer Sartel ha probado que no es anterior al primer siglo de la era cristiana.

No dejaremos de notar la curiosa observación del atraso de la cerámica japonesa, a pesar de la proximidad del Japón a la china. El origen de la cerámica en dicho país solo data del primer siglo antes de J. C., en cuya época se fabricaba cacharrería hecha a mano, en dos colores, rojo y negro. Pocos años antes de J. C., la llegada al Japón de unos alfareros coreanos, permitió fabricar objetos más duros que los conocidos hasta entonces y dos o tres siglos después, la cerámica japonesa principió a desarrollarse y progresar rápidamente, aunque no se conocía todavía el torno de alfarero. Este fué inventado en el año 720 por un sacerdote llamado Giyogi, y habiéndose conocido entonces los procedimientos chinos y coreanos, fueron estableciéndose nuevas fábricas por todo el imperio. A pesar de ello, no fabrican porcelana hasta el año 1500 por lo menos. En cambio, es muy probable que los indios hayan fabricado porcelana antes que los chinos, porque en la India existía hace más de 2700 años una tribu de *coumbhacaras* o alfareros que fabricaban vasijas para el culto, que se cree eran de porcelana.

En Europa, los etruscos se distinguían por sus habilidad, así como por los distintos colores dados a sus

objetos de alfarería; en tiempo de *Plinio*, las ciudades de Tralles en Lidia, Eritrea en Jonia, Adria en Italia superior, Regio y Cumes en la baja Italia eran muy renombradas por sus alfarerías.

En Grecia, la fabricación de objetos de alfarería, constituía ya una industria muy importante, principalmente en Atenas, en Corinto, en Egino y en Samos; en la primera de dichas ciudades, existía un barrio especial llamado *Kerameikos*, en el que radicaban casi todos los talleres de alfarería de la ciudad.

La cerámica griega produjo en un principio objetos que podían considerarse inspirados en el gusto oriental por los ejemplares que a Grecia fueron llevados por los fenicios; pero como los griegos, a todo imponían el sello de su civilización, pronto se asimilaron esta nueva industria, produciendo obra nacional.

La porosidad de los objetos cerámicos principió a ser corregida, según los más autorizados datos, haciendo cubiertas con mezclas de sílice y potasa o sosa; se observa la aplicación de estos barnices en cacharros antiguos, árabes, persas y americanos, igualmente que en ciertos vasos greco-italícos y romanos. El barniz de los primeros, tan notable por muchos conceptos, desapareció en su empleo de las artes cerámicas, a causa de la pérdida de los procedimientos de su preparación, y después de excitar vivamente la curiosidad de muchos químicos modernos, fué estudiado por Brongniart y Luines, los cuales reconocieron su verdadera naturaleza.

El barniz de plomo, que tomó un gran desarrollo en la fabricación de objetos cocidos, empezó a usarse con mucha posterioridad a los barnices silíceo-alcálicos de que antes hemos hablado, seguramente hasta el siglo XII

o XIII, que fué descubierto por un alfarero de Schlestadt, muerto en 1283, y cuyo nombre se desconoce; pero debemos hacer notar que Brongniart demostró que en 1.100 ya se había empleado barniz de plomo, el cual fué en poco tiempo de un uso bastante generalizado en Francia. Parece que el secreto del barniz de plomo pasó de los griegos del Asia menor a los romanos, y de éstos seguramente a los galos.

Durante este tiempo, y aun hasta el final del siglo XIV, no se conocían más que arcillas que daban al fuego pastas más o menos coloreadas, y los barnices transparentes no cubrían el color, pues el barniz de plomo no hacía más que disimular su color desagradable; pero entonces los árabes y moros de España lograron un perfeccionamiento tan importante como fué el hacer el baño blanco y opaco, introduciendo en su composición el óxido de estaño, y se pudo así cubrir con una capa blanca y espesa de verdadero esmalte, que tapaba el color rojizo de la arcilla cocida, y realzaba la belleza del objeto fabricado con dicha arcilla; se obtuvo, pues, de este modo la *loza* que en Europa se conoció por primera vez en el siglo XIV.

Difícil tarea sería seguir la historia de la cerámica en los primeros siglos del imperio árabe; pero resulta comprobado que la fabricación de la loza, nacida en Persia, se extendió por Egipto y Siria, pasando después a España en el siglo XI, llevada por los invasores árabes que, al aclimatarla en Europa, la perfeccionaron, dándole los reflejos metálicos que caracterizan las lozas de Mallorca, Málaga y Manises, en Valencia, que són los puntos que más se han señalado por la fabricación de azulejos; la fábrica de Málaga, el más antiguo e importante centro de la producción árabe española, es

mencionada en una relación de Ibn-Batoutah, de Tánger (1350) en los siguientes términos: «Se fabrica en Málaga la admirable cerámica en porcelana dorada, que se exporta hasta las más lejanas comarcas». De esta cerámica árabe nos ha quedado gallarda muestra en la Alhambra, cuyos decorados de azulejos y cuyos jarrones y adornos de loza fueron fabricados en Málaga alrededor del año 1300, y se conservan como modelo de la cerámica árabe.

De los dos vasos de la Alhambra, a que hacemos referencia, solo existe uno hoy, desgraciadamente, y aun a éste le falta un asa, que al parecer se llevó un visitante. Eran de fayenza, fondo blanco con adornos azules de dos intensidades y reflejos dorados preciosos.

La fábrica de Valencia citada es, sin duda, la que sigue en importancia a la de Málaga. Se hizo célebre por sus enérgicos reflejos metálicos, más apreciados, seguramente, por el común de las gentes, que los productos de Málaga, en que los coloridos azules atenuaban los reflejos dorados, a veces de poca extensión; y aunque al parecer perdieron los productos de Valencia parte del favor conquistado, pues al conquistar Valencia el rey Jaime I de Aragón (1239) creyó debía amparar a los alfareros árabes de Jativa (San Felipe) que hacían «vasos, vajillas, tejas y baldosas», es especialmente citada en 1517 en el libro publicado por Marino Siculo diciendo «aunque en muchos lugares de España se fabrican excelentes fayenzas, las más estimadas son las de Valencia, que son muy bien elaboradas y muy bien doradas».

Citaremos, de paso, las fayenzas de Barcelona, las de Biar (Alicante) que tenía 14 fábricas, las de Traygue-

ra (Castellón de la Plana) que tenía 23, y con Escolano diremos que «*desde siempre* la fayenza se ha fabricado con mucha elegancia en Paterna» y que «las fayenzas de Manises son tan preciosas y tan elegantes que en cambio de las fayenzas que Italia nos manda de Pisa, nosotros expedimos a ese país barcos cargados de las de Manises».

La fabricación de productos hispano-árabes se extendió por España, transformándose por la influencia cristiana, y pasó a Italia modificando y transformando los dibujos y lacerías árabes con los escudos y emblemas de los países en que se fué aclimatando.

«..... la aparición de los árabes y de los moros en España—dice S. Blondel—fué, para la Cerámica, un suceso trascendental, surgiendo soberbios monumentos por todas partes. Después de la caída de los Abasidas, los moros encontraron la mezquita de Córdoba, obra espléndida cuyas ornamentaciones parecían cinceladas en lapizlázuli y en oro, cuyos zócalos estaban enriquecidos con placas esmaltadas del más hermoso efecto, y quisieron demostrar, a su vez, su poderío y su genio construyendo la Alhambra, palacio mágico, extraordinariamente bello, del cual todo el mundo conoce la arquitectura festoneada, los pórticos fantásticos y los azulejos con maravillosos arabescos».

«El nombre de *mayólica* dado entonces en casi toda Italia a esta loza, dice Brongniart, que deriva, según Julio César Scaligero, que escribía en la primera mitad del siglo XVI, de *mayórica* o *mallorca*; este nombre, transformado por corrección de lenguaje, como dice Fabio Ferrari, en el de *mayólica*, no deja duda alguna sobre su filiación; esta introducción tuvo lugar hacia 1415, poco más o menos en la época en que Luca de la

Robbia, escultor de Florencia, hizo sus figuras y bajos relieves de tierra cocida y los cubrió de esmalte de estaño».

Mr. Barral hace la prevención oportuna de que no deben confundirse las esculturas de tierra cocida protegidas de la acción de los agentes atmosféricos por un esmalte duro y que constituía la *terra invetriata* de Luca de la Robbia hechas en el año de 1420 y siguientes, con la *mayólica* conocida en 1450, y que no es otra cosa que una transformación de los cacharros barnizados que mucho tiempo antes se fabricaban en Pésaro. Estos cacharros coloreados fueron primero recubiertos de una capa delgada de arcilla blanca llamada *engobe*, con objeto de cubrir el color de la pasta, para lo cual se los sumergía en una papilla clara de dicha arcilla, los cocían a temperatura poco elevada, se los recubría después de un barniz o fundente compuesto de óxido de plomo, potasa y arena fina, y finalmente, se les cocía a la temperatura necesaria para la fusión de este barniz; este engobe o cubierta fué sustituido entre 1450 y 1500 por el esmalte estañífero.

La fabricación de la mayólica residió en un principio en Castel Durante y en Florencia, bajo la dirección de los hermanos Fontana de Urbino, habiendo obtenido una gran aceptación estas manufacturas; todas las principales ciudades de Italia quisieron tener sus fábricas; entre ellas, la de *Faenza* mejoró algo los procedimientos hasta entonces empleados bajo la dirección de Guido Selvaggio, y de aquí el darse el nombre de *Faenzas* o *Fayencias* a estos productos.

Casi a un mismo tiempo que en Italia, se ve aparecer en Alemania, en Nuremberg, la alfarería esmaltada. Hirschwogel, artista de dicha ciudad, que viajaba por

Italia en 1503, llegó a Urbino, donde aprendió el arte de esmaltar la fayenza y al volver en 1507 a su país estableció la primera manufactura de estos artículos, pero así como los productos italianos estaban adornados con dibujos sobre superficies lisas, él, siguiendo sus gustos artísticos, los adornó con relieves. Los cántaros para vino y cerveza, artísticamente trabajados, adornados con relieves y parcialmente barnizados en colores, que vemos extenderse al final de la Edad media por toda Francia y en el círculo del Bajo Rhin, demuestran a qué grado de perfección había llegado ya en Alemania en el siglo XV el arte del alfarero.

De Colonia en el siglo XVI también fueron desparramándose por mucha parte de Europa los productos de gres. Esta pasta, a la que Brongniart llamó *gres cerámico* para diferenciarla de la roca arenisca natural que lleva también el nombre de gres, podía ser fina o grosera, y entonces los productos cerámicos se llaman *gres fino* y *gres común*, pudiendo ambas clases de productos estar o no decorados con dibujos y relieves, de color azul generalmente. Posteriormente, en 1581, William Simpson, concededor de estos productos conocidos en Inglaterra por *stoneware* los fabricó también en el Stafforshire y también por dicha época fueron asimismo fabricados en Francia. Nota curiosa de los objetos de gres cerámico de esos tiempos, es que algunos de sus ejemplares llevan las armas de la reina Elisabeth, que protegía mucho esta industria.

El desarrollo de estas artes invadió bien pronto el campo del decorado y los salones de los grandes de la época, llegando estas manufacturas a ocuparse más de objetos de lujo que de utensilios destinados al uso doméstico; tales fueron los servicios de mesa destinados a

los primeros personajes de la época, cuajados de esculturas de gran delicadeza y con espléndidas pinturas los bellos jarrones para jardines y los variados objetos que, como adornos, figuraban entre los más apreciados artículos de su tiempo. La mayólica gozó su época de moda y esplendor desde 1540 a 1560, y desde entonces, que fué a la muerte de los hermanos Fontana, esta manufactura, que había sido una de las ramas de las bellas artes, quedó reducida a formar parte del comercio de cacharrería, y sus productos fueron constantemente en descenso.

Se ha creído generalmente que la palabra Fayenza viene de Faenza, población donde existieron las primeras fábricas de mayólica; pero parece que este nombre es debido más bien a una pequeña aldea de Provenza llamada Fayenza; este sitio fué uno de los primeros en que se fabricó en Francia este género de manufactura; sus talleres tenían ya gran reputación antes del establecimiento de las grandes manufacturas creadas en París, Nevers y Brissamborg por Enrique IV.

Créese que en 1530, Girolano de la Robbia, descendiente de Luca, fué a Francia, y se asegura que coadyuvó a la decoración del castillo de Madrid en Boulogne con baldosines esmaltados o azulejos; sin embargo, los procedimientos de la fabricación de la mayólica o loza italiana se habían perdido o eran completamente desconocidos en Francia por el año de 1560.

En esta época es cuando empieza a aparecer la gran figura de Bernardo Palissy, que nació en 1510 en la pequeña aldea de Chapelle Biron, en el Perigord, y murió en las prisiones de Estado de la Bastilla en 1589.

Este ilustre genio, simple obrero sin fortuna y cargado de obligaciones, que sostenía su familia pintando

vitelas y cristales, logró por casualidad tener en su poder una copa de tierra perfectamente esmaltada y de notable belleza; vehementes deseos de imitar el objeto que tanta admiración le causaba, le impulsaron a buscar los medios de reproducir esta joya; ni el desconocimiento del arte a que la mencionada pieza pertenecía, ni los considerables gastos que originaba este deseo, le hicieron torcer su camino; jamás había visto trabajar ni cocer la arcilla; desconocía por completo la naturaleza de los hornos, tierras y esmaltes de que había de hacer uso; sin embargo de esto, acometió tan ardua empresa. Durante diez y seis años, rodeado por la miseria, la desconfianza, las burlas y las persecuciones, trabajó sin faltarle la fe en el porvenir, y sin que pudieran vencerle las penalidades y desgracias; por fin llegó a obtener resultado, y vió colmado su deseo.

Poco después, Palissy, a pesar de todas estas vicisitudes, logró resultados asombrosos, llegando a ser el renovador y reformador de las artes cerámicas.

Desde pobre obrero, se elevó a las más altas regiones de las ciencias conocidas en su tiempo; aparte de los grandes beneficios que le debe el arte cerámica, hizo profundos y detenidos estudios en otras varias ciencias; así es, que dió la teoría de los pozos artesianos, el origen de las aguas minerales y la clara explicación de la acción de los abonos de los terrenos. Sus descubrimientos en la Historia natural, de la que fué el primer profesor en Francia, así como sus estudios en física y química, son aún considerados entre los hombres de ciencia como timbres de gloria para su país. Fué el primero que introdujo en las ciencias el método experimental, y mucho antes que Bacon, proclamó que para llegar a la verdad, era preciso, ante todo, consultar

la experiencia. Artista, pedía a la ciencia la causa de los fenómenos que observaba con rara sagacidad; después, llegado a ser hombre de ciencia, dió a las artes el fruto de sus luminosas observaciones.

Este hombre, célebre por tantos conceptos, después de una vida llena de vicisitudes, azares y amarguras, debilitado por la edad, fué en 1588 encerrado en la Bastilla, y murió en su prisión en 1589, tal cual había vivido, pobre, con un alma valiente y elevada, llevándose, como hijo, su secreto a la fosa, sin que nadie pudiera resentirse. Gran pérdida fué para las artes el que Palissy, justamente irritado por la conducta de sus contemporáneos, no haya descrito, como sabía hacerlo, los procedimientos de preparación y fabricación de las pastas y esmaltes.

Después de él, y fallecidos sus inmediatos sucesores, que indudablemente fabricaron por rutina, dejaron de hacerse las ricas lozas del género de las que hizo este célebre fabricante.

Las lozas de Palissy, que se conservan en gran número, son características por su estilo y por la verdad del colorido de los relieves, que representan objetos naturales. Entre otros objetos, son notables las conchas fósiles de la cuenca de París, modeladas del natural, y que pueden servir para reconocer las verdaderas lozas de Palissy, y distinguirlas de las fabricadas posteriormente en el Mediodía, sobre las que se encuentran ordinariamente reptiles en relieve. Se comprende cuánto gusto tendría Palissy en reproducir estas conchas fósiles, cuando él mismo había dicho que no eran capricho o juegos de la naturaleza, sino que habían sido depositadas por el mar en las localidades en que se encontraban.

Después de Bernardo Palissy, el arte de fabricar la loza esmaltada cayó en gran decadencia en Francia e Italia. Además, estos productos sufrieron una ruda concurrencia con los importados por los holandeses y portugueses en Europa, procedentes de China y el Japón, en cuyos países se dedicaban a la fabricación de la porcelana desde muchos siglos atrás, y cuya vista excitó la emulación en toda Europa, conduciendo al descubrimiento de dos nuevas clases de productos: la porcelana *dura* y la porcelana *tierna*, de las que nos ocuparemos ligeramente.

Mientras que en el Continente europeo se ocupaban de la fabricación de la porcelana, Inglaterra, cuya industria cerámica no había alcanzado hasta entonces verdadera importancia, se dedicaba a perfeccionar la fabricación de la loza.

Se atribuye a Astbury la invención de la loza fina, porque en 1725 propuso mezclar sílex pulverizado con arcilla blanca, produciendo de este modo una loza que difiere de la loza común o esmaltada, en que está formada de una pasta blanca, de textura fina, densa y sonora, y la cual sólo necesita un barniz transparente sin estaño. Se distinguen varias especies de lozas finas, como veremos al tratar de la elaboración de esta clase de productos.

En 1760 recibió esta fabricación sus más importantes mejoras, debidas a los notables trabajos de Wedgwood. Nacido en Burslen, en el Straffordshire, fué uno de los más célebres fabricantes, cuyos trabajos condujeron la industria cerámica en Inglaterra a muy alto grado de adelanto, y que ha creado además gres finos, imitación de formas antiguas, cuyas esculturas están llenas de elegancia y delicadeza; sólo le han faltado a

Wedgwood las vicisitudes y miserias de la vida para alcanzar la popularidad de Bernardo de Palissy.

De cualquier manera, se ha fabricado en Francia loza fina a mediados del siglo XVI, de cuya época se conservan vasijas de una notable belleza. Por desgracia, se ignora el autor de esta fabricación, que no duró, por lo demás, sino algunos años, y fué completamente olvidada en presencia de las admirables creaciones de Bernardo de Palissy.

Carecemos completamente de noticias referentes al origen de la porcelana china, la más antigua conocida entre los europeos. Según los datos más o menos verídicos, parece que fué conocida, algunos siglos antes de la Era cristiana, en los países del celeste imperio. Los *chinos* creen haber descubierto la porcelana hace 3000 años; pero ya hemos dicho que esta opinión ha de ser errónea, porque no se la encuentra con el nombre de *yao* hasta el siglo IX, y hasta un siglo después no supieron el empleo del *azul en el barnizado*. Y tan importante les pareció este progreso, que la porcelana de este modo decorada únicamente podía usarla el Rey, sin que nadie pudiera adquirir ni conservar objetos de esta clase de porcelana. El documento más antiguo y caracterizado que se conoce entre nosotros sólo se remonta al año 442 de nuestra Era, que consta en los anales escritos de la ciudad de Fevu-Leang, en los cuales se ve que esta ciudad era la exclusivamente encargada de abastecer con sus fábricas y manufacturas a la corte del hijo del sol, y que constantemente dos mandarines o delegados imperiales estaban encargados de vigilar y dirigir los trabajos que de orden superior se ejecutaban; esto da, desde luego, cabida a la suposición de que industria que tanto interés arrastraba tras sí, debía

gozar un alto grado de perfección, lo cual exigía también un largo período de tiempo empleado en perfeccionarse.

En el siglo XIII se empezó a cubrir las vasijas de porcelana, con un fondo de color turquesa amarillo, violeta y se inició la pintura; bajo el reinado del emperador Tsching-Hoa (1465 a 1488), se descubrió el procedimiento para dotar a los objetos de porcelana barnizada de adornos en color, que consistían frecuentemente en magníficas pinturas, en las que predominaba el color verde.

En el quinto período (1723 a 1726), se añadió el rojo de púrpura, etc.; no obstante, al final de este período empezó la decadencia del arte cerámico chino, pero con todo, la materia empleada para la porcelana en China es todavía excelente, pero los japoneses han sobrepujado a los chinos en cuestión del decorado de sus vasijas de tierra y sus lozas. Especialmente Satsuma fabrica magníficos vasos.

Es opinión entre los chinos que la porcelana, llamada *thsky* entre ellos, es tanto mejor cuanto más antigua es su procedencia; fúndase esta opinión, en que los objetos que a veces se encuentran enterrados, procedente de sus antepasados, son todos de una belleza y pureza notables; se comprende, sin embargo, que los objetos enterrados a causa de las guerras y discordias civiles, no podían ser sino objetos de arte de notable valor, y que ordinariamente no eran de común uso; además, parece que una prolongada permanencia entre la tierra embellece la porcelana.

Los portugueses, en sus relaciones con las Indias orientales, son los que por el año 1500 trajeron a Europa los primeros ejemplares de porcelana china y japo-

nesa. Durante mucho tiempo se sirvieron en Europa de esta admirable manufactura, sin conocer su naturaleza o composición; únicamente Pancirolo, en el siglo XVI, escribió un libro llamado *Cosas perdidas o inventos*, en el que decía que la porcelana china era una composición formada con conchas marinas, yeso y blanco de huevo, la cual, después de estar enterrada por espacio de un siglo, se reducía a pasta, con la que se formaban estos objetos. Scaligero y Cardan, contrarios en otros muchos asertos históricos, estuvieron conformes en afirmar esta absurda proposición; de todos modos, es indudable que el nombre de porcelana, adoptado en Europa para esta manufactura, y que tanto se diferencia del *thsky* chino o japonés, procede, según algunos, de la palabra *porcelana*, con que se designa en Portugal a la loza de tomar café, y según Mardsen, procede de la palabra *porcello*, que equivale en castellano a cochinitillo o puerco pequeño; nombre con que se designa una concha univalva de superficie blanca y pulimentada, que se asemeja mucho a los productos de que nos venimos ocupando.

El jesuíta misionero en China, Francisco Entrecolles, que, aparte de su cometido religioso, llevó del Gobierno francés la misión de investigar lo que pudiese respecto a la fabricación de estos objetos, logró a principios del siglo XVIII burlar la vigilancia y misterio con que los chinos rodean sus manufacturas, procurándose ejemplares y noticias algo detalladas de los procedimientos empleados en las fábricas de Kingteching, y escribió cartas muy detalladas que fueron publicadas en la descripción de China, de Gosier.

Desgraciadamente, la falta de conocimientos en esta industria del padre Entrecolles, hizo que los minuciosos

detalles a que da lugar esta fabricación, no resultasen lo suficientemente claros para que en Europa se llegase a obtener por el momento la porcelana dura.

Los primeros productos en porcelana dura translúcida, se deben, seguramente a Ch. Hannong, de Strasburgo (1721), aunque ya, veinte años antes, el sajón barón Juan Federico Böttger, químico o alquimista distinguido en la corte de Augusto, elector de Sajonia, dedicado al descubrimiento de la piedra filosofal, preparando crisoles para sus operaciones, observó que algunos tenían el aspecto de la porcelana oriental, debido a los diversos materiales refractarios que había empleado en la pasta que le servía para formarlos, descubriendo en 1704 la porcelana jaspeada parda, y en 1710 la porcelana blanca o dura, y lejos de seguir la costumbre de sus colegas, que despreciaban todas las observaciones que no condujesen a la *gran obra*, Böttger olvidó completamente el camino emprendido primero, y tuvo la despreciable idea, según sus contemporáneos en estos trabajos, de fijar toda su atención en los fenómenos accidentalmente producidos en la cocción de sus crisoles.

Comprendiendo con su elevado criterio la importancia de un descubrimiento que le hacía propietario de los procedimientos de la fabricación de la porcelana china, Böttger fundó en Dresde una manufactura sumamente productiva, toda vez que los repetidos ensayos practicados le condujeron a obtener objetos de porcelana idénticos a los que se importaban de las Indias orientales; reservado en sus procedimientos, los secretos de la fábrica de Dresde fueron desconocidos para el público, y Böttger murió en 1719, sin que el elector de Sajonia permitiese tampoco que aquéllos

fuesen públicos, y aunque en 1749 se fabricaban porcelanas en Berlín, Viena y Meissen, la blanca sólo se obtenía en Sajonia.

Resulta de lo dicho que la China y la Sajonia han sido el origen de la porcelana. Los ingleses, siempre celosos en el descubrimiento de nuevas industrias, hicieron venir con grandes dispendios la tierra de porcelana empleada en China llamada kaolín; pero como no la hicieron acompañar de otras substancias necesarias que los chinos llaman *petounzé*, no obtuvieron más que ladrillos refractarios; este material debe, pues, considerarse como el principio de la porcelana, por más que el kaolín sea el que la da la existencia.

Mucho antes de la época a que se refieren las anteriores noticias, en 1673, ya se fabricaba en Rouen, según Andrés Potier, una cerámica que presentaba todos los caracteres de la porcelana tierna, pero como fecha más segura y admitida por todos los tratadistas, ha de fijarse la de 1695, en que se fabricaba en Saint-Cloud porcelana tierna muy fina, llamada porcelana francesa, y posteriormente se extendió esta fabricación a otros puntos, siendo planteada en Inglaterra, en Chelsea, en 1745, e importada a España bajo la dinastía de los Borbones durante el reinado de Fernando VI, que fomentó y protegió la fábrica de Madrid, en la que, según una carta dirigida al químico francés M. Vauquelin por M. Proust, se fabricaba una porcelana de una belleza y blancura notables, cuya solidez sobrepujaba a las porcelanas francesas. La materia principal que entraba en estas porcelanas consistía en una piedra de loza encontrada en los alrededores de Madrid, en el término de Vallecas, llamada magnesita, que no es sino silicato de magnesia, recubierta de un barniz feldespático, cuyos

materiales venían de Galicia; esta magnesita, al salir de la cantera, es bastante tierna para ser trabajada con cuchillo, y después adquiere gran dureza; entre la magnesia, el sílex y algunas partículas de arcilla y cal, contiene también en disolución una pequeña cantidad de potasa, que, según opinión de varios químicos, era la causa de la blancura y notable belleza de esta porcelana.

Según vemos, existen dos clases de porcelanas, que reciben el nombre de porcelana tierna y porcelana dura, siendo ambas bien diferentes por su naturaleza y fabricación; comprende el primer nombre las porcelanas cuya pasta algo fusible adquiere este carácter por la introducción en ella de materias alcalinas, ya sean éstas en forma de feldespatos, ya en la de silicatos alcalinos preparados artificialmente, constituyendo lo que en el arte se llaman *fritas*. El barniz de la porcelana tierna debe ser fusible a temperatura poco elevada, para obtener lo cual siempre entra cierta cantidad de óxido de plomo en su composición.

Algunas veces, para la confección de la porcelana tierna, se prescinde completamente de la arcilla, que es la base exclusiva de las porcelanas duras. La pasta del *antiguo Sevres* se obtenía *fritando* o tostando en un horno de reverbero, arena, potasa, alumbre, sal común y yeso; esta masa se reunía y se la daba cuerpo con jabón negro o goma para dar cohesión a sus moléculas.

La pasta de la porcelana dura sólo consta de dos elementos esenciales: la arcilla o materia plástica, y el cuarzo o materia desengordante, que sirve de cemento.

Con objeto de conocer la naturaleza de las diversas porcelanas, particularmente las de Sajonia, China y Francia, después de procurarse ejemplares de ellas, el celebre químico Reaumur, los partió para examinar la

respectiva fractura; observó desde luego que el grano de la porcelana china y sajona era compacto, brillante y unido, mientras que el de la porcelana francesa aparecía menos unido, falto de brillo y semejando a la fractura del azúcar; sometidos estos diversos ejemplares a una elevada temperatura, observó que los procedentes de las porcelanas de Europa se fundían más o menos, mientras que los otros no sufrían alteración ninguna.

Estas importantes observaciones condujeron al descubrimiento de la verdadera naturaleza de la porcelana, que resultó ser un compuesto semi-vitrificado, en el que una parte se mantiene infusible a la más fuerte temperatura, mientras que la otra se vitrifica, rodea la parte infusible y produce la textura de las porcelanas chinas.

Reaumur pudo convencerse de la formación de la porcelana dura china, tomando aparte las materias constituyentes de la porcelana y exponiéndolas aisladamente al fuego; el *petounzé* se fundió, mientras que el *kaolín* quedó inalterable; mezcladas las dos substancias y sometidas a la acción del calor, obtuvo una materia que gozaba todas las propiedades de la porcelana china.

Todos estos trabajos revelaron el secreto de la porcelana dura, pero nada más se adelantó: la carencia de materiales semejantes a los ejemplares venidos de China, impedían la reproducción de estos objetos que tanta admiración inspiraban a todos los fabricantes.

En 1765 se descubrieron los filones o canteras de kaolín de Saint-Irieix, cerca de Limojes, en Francia, y pocos años después la fabricación de la porcelana dura se fundó en Sèvres y se extendió por todas partes, llegando a ser en Francia industria nacional.

Las principales condiciones de la porcelana dura, son tener gran semejanza a las porcelanas chinas, que son su tipo; su pasta está formada con kaolín y arena feldespática, y su cubierta se compone de pegmatita o arena petro-silex feldespático; la porcelana dura cuece con su esmalte a la temperatura de fusión del hierro.

En Inglaterra ha progresado poco la producción de porcelanas, especialmente las duras; varias son las causas que han impedido en esta nación tan industrial dedicarse a producir esta manufactura, y es la principal el que les deja mayor rendimiento la porcelana tierna, siendo además muy inseguro el beneficio para el fabricante que se dedicase a transformar sus fábricas de loza fina en fábricas de porcelana, reformando las manipulaciones.

En España se fundó hace poco tiempo una fábrica de porcelana en Segovia, y aunque con varias vicisitudes, ha logrado por fin obtener productos muy estimados, que hacen figurar decorosamente la industria nacional con los obtenidos en las fábricas de Barcelona, Sevilla, Pasajes y Cartagena, si bien estos últimos son más especiales en producción de loza.

Aparte de la producción de estos artículos de lujo, la industria cerámica ha buscado aplicación en otros usos que, si no tan bellos, son, cuando menos, de una gran utilidad para la vida: la fabricación de pipas de fumar, de que en el extranjero se hace un gran consumo, y la de botones de porcelana, son ramas hijas de la fabricación de que antes nos hemos ocupado; los artículos de cocina de hierro, esmaltados interiormente, son también una de las mejoras introducidas por este arte en la economía doméstica. La construcción la debe por su parte la fabricación de ladrillos refractarios, tan nece-

sarios para formar hogares que puedan resistir altas temperaturas; la de ladrillos huecos para construcciones incombustibles; la de botes para la construcción de suelos que aligeran el peso de los edificios de una manera muy notable; y, finalmente, la fabricación de loza y baldosín, que tan excelentes y bellos resultados produce en el solado de nuestras habitaciones.

Por último, la agricultura tiene también que agradecer a la industria de artes cerámicas la fabricación de tubos de saneamiento, de que nos ocuparemos en tiempo oportuno, y que tanto contribuyen al beneficio de terrenos que se creían inútiles.

Terminaremos este capítulo y la historia de esta manufactura con un estado de clasificación de las artes cerámicas, según sus clases, fechas y composición.

Refiriéndonos ahora únicamente a España, hemos de sentar que las artes cerámicas han tenido en nuestra patria verdadera importancia desde los más remotos tiempos. Durante la época romana, la industria alfarera o de cacharrería se hallaba extendida por toda la Península, debiendo ejercerse con gran acierto y maestría desde el momento que alcanzó, llegando hasta nosotros, tan señalada celebridad. Lo mismo en la Tarraconense que en la Bética, se producían objetos así de lujo como para la economía doméstica, siendo, como es sabido, renombrados y buscados aun con empeño los famosos barros saguntinos, y aun en épocas más próximas son dignas de admiración las estatuas de barro cocido que adornan los templos de Sevilla, esculpidas en el siglo XVI.

La fabricación de loza es también antiquísima en España, y creemos firmemente que nació en España, como lo prueban las citas del escritor árabe Edrissi, en

1154, y otros españoles y franceses que nos hablan de los productos de las fábricas de Calatayud, Málaga y Manises. Ya se ha dicho anteriormente que los árabes introdujeron el esmalte de la loza; al final de la Edad Media y principio del renacimiento se enviaban todavía a Italia y otros puntos objetos con reflejos metálicos y mayólicas, a los que se daba el nombre de *hispano-moriscos*. De todos modos, mucho antes de 1400, se fabricaban en la Península objetos de loza vidriada, como lo atestiguan los tan admirables como caprichosos azulejos de la Alhambra de Granada, de la Mezquita de Córdoba y del Alcázar de Sevilla, notables en extremo por sus combinaciones de colores y reflejos con dibujos, arabescos, letras floreadas y graciosas alharacas de gusto oriental. Y que la cerámica española conserva las tradiciones árabes, lo demuestran los azulejos con relieves que se fabrican en Manises (Valencia) y en Sevilla, las tejas y azulejos de reflejo cobrizo de las fábricas de Barcelona, Valencia y Sevilla, y los vasos porosos para refrescar el agua que, con los nombres de tallas, búcaros, alcarrazas, pimporros y otros se fabrican en Mallorca, Málaga, La Rambla (Córdoba), Salvatierra (Extremadura) Andújar (Jaén) y otros varios puntos. Las fábricas de loza de Talavera de la Reina y de Alcira (Valencia) datan respectivamente de los años 1560 y 1726.

El Rey don Carlos III fundó en 1759, la fábrica de porcelana del Buen Retiro, en Madrid, sobre la base de artistas italianos, produciéndose porcelana dura y tierna, muy apreciada dentro y fuera de España, pero ocupada por los franceses en la guerra de la Independencia, fué volada por Wellington para desalojarlos, y con sus restos y tradiciones se estableció la fábrica de la Moncloa en 1816.

CLASIFICACIÓN

NOMBRES Y CARACTERES

- | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------|-----------|--------------|--|--|--------------|--|--|--------------------|--|--|-----------------------------|
| <p><i>Clase 1.^a</i></p> <p>Vidriados de pastas tiernas, rayados por el acero; arcillo--arenoso--calizos, fusibles al fuego de porcelana.</p> <p>(Desde el siglo XII antes de J. C. al XIV después, con un transcurso de veinte siglos.</p> | <p><i>Orden 1.^o</i>—Tierras cocidas: pasta arcillo-arenosa; superficie mate sin barniz.</p> <p>Apéndice al primer orden. Subórdenes.</p> <table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border: none;">Hidro-ceramos o al-</td> <td style="border: none; padding-left: 5px;">carrazas.</td> <td style="border: none; padding-left: 10px;">} Moldeados.</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none; padding-left: 10px;">} Ladrillos.</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none; padding-left: 10px;">} Cacharros mates.</td> </tr> <tr> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none;"></td> <td style="border: none; padding-left: 10px;">} Jarras y urnas torneadas.</td> </tr> </table> <p><i>Orden 2.^o</i>—Cacharros lustrosos; barniz silíceo-alcálico.</p> <p><i>Orden 3.^o</i>—Cacharros barnizados: barniz plomizo.</p> <p><i>Orden 4.^o</i>—Cacharros esmaltados: loza común, barniz de estaño.</p> <p><i>Apéndice:</i> Baldosa, ladrillo, etc., barnizado.</p> | Hidro-ceramos o al- | carrazas. | } Moldeados. | | | } Ladrillos. | | | } Cacharros mates. | | | } Jarras y urnas torneadas. |
| Hidro-ceramos o al- | carrazas. | } Moldeados. | | | | | | | | | | | |
| | | } Ladrillos. | | | | | | | | | | | |
| | | } Cacharros mates. | | | | | | | | | | | |
| | | } Jarras y urnas torneadas. | | | | | | | | | | | |
| <p><i>Clase 2.^a</i></p> <p>Vidriado de pasta dura que no se raya por el acero, opaco, arcillo-silíceo, infusible.</p> <p>Desde el siglo XV (al XVIII).</p> | <p><i>Orden 5.^o</i>—Loza fina: pasta incolora, vidriado vítreo-plúmbico.</p> <p><i>Orden 6.^o</i>—Gres cerámico: pasta incolora, sin barniz, o barniz silíceo alcálico.</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p><i>Clase 3.^a</i></p> <p>Vidriado de pasta dura, translúcida, arcillo-silíceo-alcálico, reblandecible.</p> <p>(Desde el siglo XVIII a nuestros días).</p> | <p><i>Orden 7.^o</i>—Porcelana dura: pasta kaolín, vidriado feldespático.</p> <p><i>Orden 8.^o</i>—Porcelana tierna natural: pasta arcillo-salina-fosfática-kaolínica; barniz vítreo-plomizo-borácico.</p> <p><i>Orden 9.^o</i>—Porcelana tierna artificial: pasta margosa-salina, barniz vítreo-plúmbico.</p> | | | | | | | | | | | | |





PRIMERA PARTE

Primeras materias empleadas en la Industria Cerámica.

CAPÍTULO PRIMERO

MATERIAS PLÁSTICAS

Ya hemos visto que bajo el nombre de cerámica se comprenden todos los objetos construídos con materias arcillosas endurecidas por la acción del calor, y que reciben el nombre de pastas cerámicas las materias preparadas convenientemente para entrar en la fabricación de estos objetos.

Las arcillas, margas y ocre, base ordinaria de la alfarería practicada por los antiguos, fueron sustituídas por la creta, magnesia, cuarzo, sílex, talco, feldespato y kaolín, como substancias térreas; y como substancias salinas fueron adicionados el yeso, el fosfato calizo, el sulfato de barita o espato pesado, el bórax y el ácido bórico.

Hemos visto también que el arte cerámico abraza distintos ramos de fabricación, que todos ellos tienen la arcilla por base, pero antes de ocuparnos de los detalles de estas diversas fabricaciones, hemos de ver de un modo general las materias que entran en la composición de las pastas, y dar ideas de los procedimientos de preparación que tienen un carácter general.

Vamos, pues, en este capítulo y en los dos siguientes, a practicar un pequeño examen de todas estas

materias que constituyen la base de la industria de las fábricas cerámicas, y, asimismo, de otras varias que también son empleadas frecuentemente en ellas.

MATERIALES PLÁSTICOS Y ANTIPLÁSTICOS

La primera observación que ha de hacerse al entrar en el estudio de las primeras materias empleadas en la fabricación de objetos cerámicos, es que no suelen encontrarse en la naturaleza en condiciones, por sí solas, de constituir una pasta cerámica. Es necesario, salvo raras excepciones, constituir una mezcla en proporciones convenientes, de materiales plásticos y antiplásticos.

Entiéndese por *materiales plásticos* ciertos productos naturales que, adicionados de una conveniente proporción de agua, constituyen una pasta susceptible de recibir formas diversas por la presión de la mano, y por *materiales antiplásticos* aquellos productos ya de origen natural ya procedentes de la industria del hombre, que, no teniendo propiedades plásticas, se mezclan con los plásticos para corregir a veces su excesiva plasticidad. Los materiales antiplásticos también se llaman *desgrasantes*.

Además de estos materiales plásticos y antiplásticos son utilizados otros varios productos con distintos fines, por ejemplo, para quitar o dar porosidad a los productos cerámicos, para darles color, etc., a todas las cuales iremos pasando revista en el momento oportuno.

I.—Arcillas.

ESTADO NATURAL

Con el nombre de arcillas se designa un producto que se encuentra abundantemente repartido en la su-

perficie terrestre y cuya principal propiedad es la de formar una pasta o masa plástica al mezclarla y amasarla con suficiente agua.

Son productos minerales esencialmente compuestos de sílice, aluminio y agua procedentes de la descomposición de otros terrenos, de gran uso y aplicación muy inmediata en varias industrias, y muy especialmente en la que actualmente nos ocupa.

La arcilla no es una roca primitiva sino un producto procedente de la descomposición de ciertas rocas antiguas.

Se presenta generalmente en capas muy regulares en los terrenos llamados extratificados, formados en el seno de las aguas, ya dulces o saladas, intercalados entre capas de gres, calcáreas, etc. Se encuentran muy a menudo restos fósiles, orgánicos, vegetales y animales, en estos sedimentos, y son indudablemente el producto de un depósito formado por una materia que, estando primitivamente en suspensión en el seno de un líquido, éste la arrastró primero y las depositó después en la forma en que hoy existen.

Las arcillas plásticas y refractarias se encuentran en bancos o sedimentos superiores a la creta o caliza, y pertenecen a la base del terreno terciario o de acarreo, y se encuentran también en el terreno de la hulla.

Las arcillas mezcladas a la caliza son aún más abundantes, y pertenecen a todos los terrenos extratificados, tales como el oolítico, cretáceo, etc.

A veces, estos depósitos de arcilla se encuentran en las proximidades de grandes macizos de rocas feldespáticas, y en este caso suelen ser de pureza extraordinaria; lo cual no es de admirar porque no han sufrido el

acarreo a que antes nos hemos referido y no han tenido ocasión de mezclarse, por lo tanto, con otros materiales que accidentalmente se han puesto en contacto de ellas.

Las materias que impurifican las arcillas pueden hacerlo ya de una manera que podríamos llamar basta o grosera, esto es, constituyendo piedras o masas de tamaños variables mezclados en la masa de arcilla, ya comunicándole coloraciones diversas. La arcilla pura es blanca, pero las que corrientemente se encuentran en la naturaleza, no lo son, presentándose ora de color, gris más o menos pronunciado, que puede llegar a ser azulado y hasta negro, ora de color amarillo, rojizo o, francamente, rojo y a veces pardo.

Una consecuencia natural de la presencia de todas estas impurezas es la diferente plasticidad de que están dotadas las diversas arcillas naturales. Algunas de ellas podrán emplearse tal cual la naturaleza las ofrece, pero lo más frecuente, como hemos dicho, es que necesiten una adición ya de materias desgrasantes para disminuir su plasticidad, ya de otras arcillas más puras para aumentársela algo.

ORIGEN GEOLÓGICO DE LAS ARCILLAS

La arcilla pura es el producto de la descomposición de ciertas rocas volcánicas, bajo la influencia de los agentes atmosféricos, esto es, del agua y del ácido carbónico, los cuales, en acción combinada, son un poderoso agente de desagregación; por esta desagregación se produce la separación de los elementos de dichas rocas, quedando en libertad el silicato de alúmina que es la arcilla pura y blanca conocida con el nombre de kaolín.

Las rocas más susceptibles de producir esta arcilla

por su descomposición, son los granitos, pórfidos, gres, integrados por mezclas variables de feldespato, cuarzo y mica, y el mismo feldespato, que no es más que un silicato de alúmina y álcalis, siendo sus principales variedades la ortosa, que es el feldespato de base potásica, y la albita que es el feldespato de base sódica. También hay feldespatos de base cálcica, el principal de los cuales es la anortita.

En el estado siguiente se clasifican los principales feldespatos, detallándose en él las proporciones de las bases dominantes y las relaciones del oxígeno en los diferentes feldespatos (de Buen).

ESPECIES	BASES			Relaciones del Oxígeno.
	Potasa.	Sosa.	Cal.	
Ortosa . . .	Dominante.	Accesoria .	—	1 : 3 : 12
Microclina.	Dominante.	Accesoria .	—	1 : 3 : 12
Albita . . .	Indicios . . .	Dominante.	—	1 : 3 : 12
Oligoclasa..	Indicios . . .	5/8	3/8	1:3:10a1:3:9
Labradorita	Indicios . . .	1/4	3/4	1:3:7a1:3:6
Anortita . . .	Indicios . . .	—	Dominante.	1 : 3 : 4

Cuando estos feldespatos se descomponen por la influencia de los agentes atmosféricos, el silicato potásico que queda en libertad es arrastrado por el agua, aunque en parte es descompuesto por el ácido carbónico y se produce ácido silícico (sílice), y el silicato aluminico (arcilla), que queda como residuo, ya permanece en el lugar en que se ha producido la descomposición de las rocas feldespáticas o cerca de él, ya es arrastrado por las aguas hacia sitios a veces muy alejados de su punto de origen.

Por otra parte, la destrucción de la roca feldespática viene auxiliada a veces por la presencia accidental de otros agentes destructores, por ejemplo, de óxidos más o menos solubles, o sea por la sosa, potasa, cal y magnesia y por ciertos óxidos de hierro, manganeso, etc.

Las arcillas suelen presentarse mezcladas con otras substancias extrañas, tales como residuos de la descomposición de las rocas feldespáticas, cuarzo, piritas o sulfuros, carbonato de cal, etc.; y cuando este último o el sulfato abunda en la masa térrea, recibe ésta el nombre de marga; la proporción de potasa contenida en las arcillas, puede llegar, según los experimentos de Mitschezlich, hasta un 4 por 100.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ARCILLAS

Las arcillas están pues formadas principalmente por la sílice, la alúmina y el agua: debiendo observarse que ninguno de estos cuerpos, aisladamente, ni ninguna de sus combinaciones binarias, tienen la propiedad plástica; además, sometida la arcilla a una temperatura superior a 200 grados, con lo cual se elimina su agua de composición, pierde su plasticidad, que ya no recobra aun cuando se la humedezca de nuevo.

Se ignora si las arcillas son mezclas de diversos silicatos de alúmina, en proporciones definidas; y su composición, según Pelouze y Fremy, es sumamente variable, conteniendo de 18 a 39 por 100 de alúmina, 46 a 67 por 100 de sílice y 6 a 19 por 100 de agua.

En el estado siguiente se detalla la composición de varias arcillas de distintas procedencias.

COMPOSICIÓN DE ARCILLAS DE DISTINTAS PROCEDENCIAS (WAGNER)

	ARCILLAS BLANCAS						
	de Eberhan.	de Baumdach.	de Bendorf.	de Lammersbach.	de Hohr.	Arcilla magra francesa.	Arcilla grass francesa.
Substancia arcillosa.....	71,22	76,30	39,71	66,23	54,73	44,63	71,54
Cuarzo.....	24,03	22,40	57,15	31,42	41,77	52,77	25,97
Residuo feldespático.....	4,75	1,30	3,14	2,35	3,50	2,60	2,49
Acido silícico.....	46,62	47,44	47,44	47,39	47,45	45,99	45,75
Alúmina.....	36,01	37,21	35,74	36,40	37,88	38,08	35,77
Óxido de hierro.....	1,39	1,68	1,94	1,52	1,41	2,44	2,94
Cal.....	—	indicios	indicios	—	—	indicios	—
Magnesia.....	0,73	0,79	0,88	0,51	0,71	1,19	0,78
Potasa.....	3,47	4,22	3,85	3,96	4,08	2,36	1,24
Pérdida en la calcinación.....	10,19	9,69	9,52	9,92	9,00	10,76	13,70

Substancia arcillosa..

Al final de la obra copiamos (Apéndice núm. I) un párrafo de la magistral obra de *Alberto Granger*, profesor de cerámica de la «Ecole d'application de la manufacture National de Sèvres» titulada «*La Céramique industrielle*», en que estudia la composición química de las arcillas, el cual expone con toda claridad el estado actual de tan importante cuestión.

PROPIEDADES FÍSICAS

Sus principales caracteres físicos consisten en producir cuando permanecen expuestas al aire, una materia blanca o gris, coloreada frecuentemente por óxidos metálicos, suave el tacto, deleznable con poca presión y produciendo por el frotamiento un olor característico.

La arcilla secada al aire se pega a la lengua húmeda cuando se la toca con ella, debido sin duda a la rápida absorción de los líquidos que se le aproximan en este contacto; cuando se la humedece y cuando se la amasa con un poco de agua, de la cual puede llegar a absorber hasta el 70 por 100, exhala un olor particular, cuya causa se desconoce; al propio tiempo, forma una pasta suave y untuosa, sumamente plástica y adherente entre sí, que se endurece por la exposición al aire, y sobre todo, cuando se la somete a la acción de una elevada temperatura. Cuando se diluye una pequeña parte de arcilla en gran cantidad de agua, se enturbia el líquido, quedando aquélla en suspensión y permaneciendo así por largo tiempo, lo cual prueba el estado de extrema división de tal materia, la tenuidad de las partículas impalpables que flotan en la masa líquida.

También absorbe otras substancias, por ejemplo, el aceite, las materias colorantes, los gases, etc.

La arcilla pura, humedecida y amasada, se deseca y endurece al dejarla en contacto del aire; al propio tiempo su volumen disminuye. Esta contracción, si la desecación es muy rápida, provoca el agrietamiento de la masa, puesto que las partes interiores no se desecan tan de prisa como las exteriores, y por consiguiente éstas se contraen más que aquéllas, y la masa va agrietándose a medida que va perdiendo agua hasta quedar completamente reducida a pequeños fragmentos.

Esta destrucción de la masa por la desecación varía con la clase de la arcilla; pero también varía mucho, además, con la manera de ser *trabajada* la masa al moldear, pues se ha observado que las pastas que han sido estiradas se contraen más que las que han sido moldeadas por compresión. De ahí que es frecuente que piezas al parecer bien moldeadas se alabeen al desecarse, lo cual es debido a que ciertas partes o regiones de ellas, han sido más comprimidas que las otras y han sufrido, en la desecación, una contracción desigual.

Terminaremos haciendo observar que la arcilla *simplemente desecada* adquiere nuevamente sus propiedades plásticas al amasarla otra vez con agua.

PLASTICIDAD DE LAS ARCILLAS

Se ha observado que las arcillas más cargadas de alúmina son las que mejores condiciones reúnen de plasticidad, y son al propio tiempo las que contienen más agua de composición.

PROPIEDADES QUÍMICAS

La arcilla pura, a pesar de ser una materia muy resistente a la acción química de los reactivos, es atacada

por varios de ellos, sobre todo si éstos se aplican en condiciones apropiadas de presión, temperatura y concentración.

El agente químico que con mayor facilidad obra sobre la arcilla es el ácido fluorhídrico y los fluoruros ácidos, en cuya reacción se forman principalmente fluoruro de aluminio y fluoruro de silicio, desprendiéndose este último en forma gaseosa.

El ácido sulfúrico caliente y los sulfatos ácidos también la descomponen y los ácidos clorhídrico y nítrico la atacan asimismo más o menos completamente, especialmente si obran a presiones superiores a la atmosférica.

La arcilla también es alterada por ciertos anhídridos, por ejemplo, por el anhídrido bórico, que la transforma en una masa vítrea más atacable que la primitiva arcilla por los reactivos químicos; por determinados óxidos metálicos (óxido de plomo y óxido de bismuto), y, sobre todo, por las bases alcalinas en fusión, por las bases alcalino-térreas y por los carbonatos alcalinos y alcalino-térreos, todos los cuales engendran productos solubles en los ácidos.

ACCIÓN DEL CALOR SOBRE LAS ARCILLAS

Las arcillas adquieren por la acción del calor (entre 700 y 800°) propiedades sumamente notables, cuales son: la dureza, la cohesión, la contracción y la sonoridad; todas estas condiciones se han utilizado en las artes. Calentadas las arcillas hasta cien grados, no pierden toda su agua de composición y conservan su propiedad de dar masas plásticas al mezclarlas con agua; más si la temperatura pasa de 200 grados, ya

hemos dicho que pierde completamente dicha cualidad de dar masas plásticas aunque se pulvericen y mezclen nuevamente con agua.

Si se aumenta más la temperatura, hasta el punto conveniente, según la calidad de la arcilla, se transforma ésta en una materia resistente al acero y que produce chispas con el eslabón; al propio tiempo sufre una nueva contracción pudiendo llegar sus dimensiones lineales a disminuir en una proporción de 20 por 100; esta contracción, que aproxima entre sí las moléculas de la masa, es indudablemente la que produce la dureza y cohesión que tienen los objetos cerámicos.

Las nuevas propiedades adquiridas por la arcilla después de su cocción, ponen en evidencia su transformación química. En efecto, una vez cocida, por la pérdida del agua de constitución, el silicato alumínico hidratado (arcilla), se ha transformado en otro silicato, en un silicato anhidro, que es mucho más resistente a la acción de los reactivos citados en el párrafo anterior.

Las arcillas completamente puras son refractarias, esto es, infusibles, a la mayor temperatura a que se las pueda someter en los hornos, lo cual es una propiedad que tienen todos los silicatos de alúmina; solamente adquieren una textura más compacta y homogénea. Las arcillas menos reblandecibles al fuego de horno, no son ni las más ricas en sílice, ni las más abundantes en alúmina: estas últimas se reblandecen sensiblemente, y las piezas formadas con ellas se deforman notablemente; existen algunas proporciones intermedias, a las que corresponde el máximo de resistencia.

La temperatura que se produce en los laboratorios de química empleando el soplete de gas oxhídrico,

transforma las arcillas en vidrio con una notable facilidad. Ello no obstante, las arcillas comunes, es decir, las que con mayor abundancia nos ofrece la naturaleza, no son tan refractarias como las puras, pues las impurezas contribuyen a la formación de silicatos dobles de aluminio con las bases introducidas por dichas impurezas, los cuales son más fusibles que el silicato que constituye la arcilla pura.

Las arcillas no refractarias sufren además, por la acción del fuego, una contracción mayor que las puras, lo cual ha de tenerse presente al fijar las dimensiones de los objetos que van a moldearse.

Por otra parte, a las citadas temperaturas de los hornos cerámicos, la arcilla completamente pura conserva su blancura, pero no así las arcillas comunes, las cuales van tomando colores variados a medida que la temperatura va aumentando. Estos cambios de color son debidos a la presencia de ciertos óxidos metálicos, de los cuales el principal, por su frecuencia, es el hierro, que según sea oxidante o reductriz la llama del horno la masa de arcilla ferruginosa toma color rojo, amarillo, verde o gris. Cuando la arcilla contiene titanio o vanadio, que es cosa bastante frecuente también, producen cambios de color, aunque el primero, que no es capaz de dar color por sí solo, requiere la presencia del hierro. Finalmente, con la presencia de carbón se pueden obtener colores oscuros progresivos hasta el negro.

CONSTITUCIÓN FÍSICA DE LAS ARCILLAS

Ya hemos dicho que las arcillas suelen estar acompañadas de materias extrañas, a veces muy numerosas: unas veces consisten en fragmentos mucho mayores

que las partículas arcillosas de la masa, y otras veces tienen igual grado de divisibilidad; en el primer caso, se separan las materias fácilmente tratándolas por una cantidad conveniente de agua y decantando después; las materias tenues quedan en suspensión y son arrastradas por el agua decantada, mientras que los fragmentos gruesos de substancias extrañas se precipitan al fondo de los recipientes. Casi todas las arcillas que produce la naturaleza, dejan, sometidas a un lavado semejante al indicado, un residuo más o menos notable, áspero al tacto, y que lo constituyen el todo o parte de las substancias siguientes:

1.^a *Granos de cuarzo*, que se reconocen en su desigual fractura, que nunca es laminosa; en su dureza, color y transparencia, y finalmente, en todos los caracteres manifiestos del ácido silícico.

2.^a *Trozos de feldespato*, menos duro que el cuarzo, en cristales más o menos limpios, opalinos y fusibles al soplete.

3.^a *Mica*, que se presenta en láminas muy delgadas y anchas, que se conserva en suspensión en el agua mucho más tiempo que las substancias anteriores; la mica es visible desde luego en la arcilla a causa de sus láminas brillantes y delgadas.

4.^a *Pirita de hierro*, que está formada por cristales o granos de bisulfuro de hierro, pesados, que tienen brillo metálico y el color del latón.

Además de las anteriores substancias las arcillas contienen otras que están íntimamente mezcladas con el silicato de alúmina, y que no se pueden separar por la decantación; éstas son, el carbonato de cal, el óxido de hierro, el sulfuro, los álcalis y el betún.

Se reconoce el *carbonato de cal* en la propiedad que tienen las arcillas de producir efervescencia tratadas por un ácido en frío; una pequeña cantidad de caliza no destruye la plasticidad de las arcillas, y éstas, cuando contienen caliza en cantidad sensible, ya hemos dicho que reciben el nombre de margas.

Las margas son plásticas y se trabajan cuando no contienen mucha caliza (hasta el 12 por 100); cual sucede con las margas arcillosas, las cuales adquieren una gran dureza por la cocción y se emplean comúnmente en la cacharrería más ordinaria.

Cuando la cantidad de caliza pasa de cierto límite, la materia tiene caracteres que la hacen más sólida y compacta; hay, sin embargo, margas calizas que no presentan una gran consistencia. La arcilla, en este caso, se desagrega fácilmente por la acción atmosférica; pues, empleada, sin mezclarle otra arcilla, no produce pastas verdaderamente plásticas. Las margas calizas son menos usuales que las arcillosas en las artes cerámicas, y sólo se utilizan en esta fabricación como cementos o materias antiplásticas.

El *óxido de hierro* se encuentra con mucha frecuencia en las arcillas, coloreándolas unas veces en rojo, en cuyo caso está al estado de óxido férrico, otras veces las colorea en amarillo de ocre, y entonces es el hidrato férrico; en tal estado, las arcillas, al ser sometidas a la acción del fuego, se enrojecen a causa de la deshidratación de dicho hidrato, que es más colorante al estado de óxido; las arcillas absolutamente faltas de hierro que no se colorean por la tostación, son sumamente raras; algunas veces el hierro entra en las arcillas al estado de silicato o carbonato.

El *sulfuro de hierro*, que a veces puede eliminarse fácilmente de las arcillas por medio del lavado, no siempre se nota a primera vista: puede muy bien estar diseminado entre la masa en forma de polvo impalpable, como sucede en algunas calizas, a las que colora en gris o en azul, y muchas arcillas deben esta coloración a sulfuros de hierro diseminados en su masa; en este caso, la calcinación hace aparecer un color rojizo más o menos pronunciado, indicio seguro de la descomposición del sulfuro de hierro y de la subsiguiente presencia del óxido férrico, y este hierro ya no es posible separarle de la arcilla por el lavado.

El carbonato calizo y el óxido férrico, que no disminuyen la plasticidad de la arcilla si no están mezclados a ella en proporción muy notable, ejercen, como ya hemos dicho, una sensible influencia en otra de las principales propiedades del silicato aluminico, esto es, en su refractabilidad.

Ciertas arcillas han llegado a fundirse a regular temperatura, por la presencia de una cantidad no muy grande de cal o de óxido de hierro; por esta razón, la mayoría de los productos cerámicos ordinarios se transforman por fusión en una materia vidriosa a la temperatura de los hornos de porcelana; las que contienen hierro producen esta materia vidriosa negruzca, semejante a las escorias de los altos hornos de fundición. Ya hemos dicho anteriormente que las piritas solían estar interpuestas entre las arcillas en forma de granos; lo cual es mucho más perjudicial en la fabricación de alfarería que si hubiese pirita pulverizada y extendida por igual en toda la masa arcillosa, porque transformándose estos granos, por la calcinación, en óxido férrico, éste hace

fundir la masa arcillosa que le rodea formando silicato, y dejando una cavidad o deformación en el punto en que dicho grano estaba en el objeto que se hubiese confeccionado.

Los álcalis (generalmente potasa y sosa), entran en pequeña cantidad, pues su peso llega a lo sumo hasta 3 por 100. Una pequeña cantidad de álcali en una arcilla, basta para hacerla reblandecible a la temperatura ordinaria de los hornos; así, los kaolines, que contienen 2 por 100 de potasa o sosa, no son completamente refractarios; estos elementos no comunican coloración de ninguna especie a las pastas ni a las más altas temperaturas. La textura fuerte semi-vidriosa y la translucidez que caracteriza la porcelana, son debidas a la influencia de los silicatos alcalinos, que, incorporados a la masa, funden a la temperatura de cocción. Puede admitirse que en el mayor número de arcillas, los álcalis encontrados en su masa proceden de restos feldespáticos o micáceos, que se encuentran diseminados en ellas y de tal tenuidad, que sus partículas no han podido separarse de la arcilla por el simple lavado y decantado.

Las materias de origen orgánico, que exhalan un olor bituminoso por el frotamiento o por la calcinación, suelen colorear, como se ha dicho, en azul, gris o negro las arcillas o margas que las contienen; estas arcillas pueden ser usadas como todas en las artes cerámicas, y los objetos construídos pueden adquirir y conservar al fuego un color negro, debido al carbón que contienen cuando la cocción se practica a una temperatura poco elevada o en vasos cerrados; cuando el carbón se quema bajo la influencia de una corriente de aire, se observan trozos más o menos coloreados en rojo, según la arcilla

fuese más o menos ferruginosa. En ocasiones ciertas arcillas contienen considerable proporción de materias semejantes a la hulla, y dan objetos negros después de cocidos, a los que la infusibilidad del carbón hace muy refractarios; los crisoles de plombagina o grafito empleados en ciertos casos, y muy especialmente en las casas de fabricación de moneda, están hechos con esta clase de arcilla; por lo demás, se imita perfectamente haciendo una mezcla de arcilla y cok pulverizado.

CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS EN CUANTO A SUS APLICACIONES A LA INDUSTRIA CERÁMICA

Las arcillas, bajo el punto de vista de su aplicación a las industrias cerámicas, pueden clasificarse del modo siguiente:

- 1.º Arcillas kaolines.
- 2.º Arcillas plásticas.
- 3.º Arcillas esmécticas o tierra de bataneros.
- 4.º Arcillas figulinas.
- 5.º Arcillas efervescentes o margas.
- 6.º Arcillas ocres.
- 7.º Arcillas ligeras.

Cada una de estas clases de arcilla tiene aplicación a diversos usos, y tenemos que ocuparnos particularmente de las cualidades de todas ellas.

1.º *Arcillas kaolines*.—El koalín, nombre de origen chino, con el que se designa la tierra de porcelana, ya hemos dicho que resulta de la descomposición de las rocas feldespáticas; esta materia, haciendo excepción al resto de las arcillas, se presenta en la naturaleza formando depósitos irregulares entre las rocas primitivas, como el granito y el gneis, y mezclado con otras rocas

cuya analogía con las rocas volcánicas indica haber estado en primitiva forma de fusión. Los kaolines son exclusivamente empleados en la fabricación de la porcelana; son ásperos y secos al tacto, y forman pasta con dificultad; cuando se les ha separado por el lavado, las materias extrañas que les acompañan son completamente infusibles en el horno de porcelana.

Se distinguen tres clases de kaolín: el *arcilloso*, el *arenoso* y el *guijarroso*. Cuando el kaolín se presenta en masas untuosas, blancas, suaves al tacto y fácil de petrificar y formar pasta, entonces es el *kaolín arcilloso*, que no es más que el verdadero tipo de la arcilla pura. Si tratado por el agua y decantado después de un rato deja un residuo fino de granos cuarzosos y feldespáticos, constituye el llamado *kaolín arenoso*. En fin, si la veta de kaolín se compone de una masa blanca, que se desgrana entre los dedos, pero que carece de plasticidad; si diluída la materia en agua se desagrega y da un kaolín puro en suspensión, verdadera arcilla, que se separa por decantación de los granos más o menos voluminosos de cuarzo o feldespato, éste es el *kaolín guijarroso*.

El estudio de las vetas de kaolín permite apreciar el origen de las rocas, cuyo aspecto exterior se aleja en apariencia de las verdaderas arcillas; los kaolines no se han mostrado hasta ahora asociados más que a las rocas siguientes:

Las pegmatitas, en Saint-Irieux, en los Pirineos (Cambo), y en Cornwall (Inglaterra).—Los gneis, en Passau.—Los granitos, en Hall, en Sargadelos (provincia de Lugo), y en los montes de Toledo.—Los pórfidos, en Sajonia.

Todas estas rocas, entre las que se encuentra el kaolín, contienen un elemento común, que es el feldespato.

El feldespato es un mineral muy repartido por la naturaleza, que recibe el nombre, entre los mineralogistas, de *orthosia* o *petounzé*; no es más que un silicato doble de alúmina y potasa. Existen, no obstante, feldespatos en los que la potasa está reemplazada por la magnesia y la cal. Se da el nombre de albita, petalita y labradorita, a minerales que por largo tiempo se han confundido con el feldespato a causa de la semejanza de sus caracteres exteriores y de cierta analogía en su composición; en ellos, una parte de la potasa está reemplazada por la sosa y la litina o la cal. La ortosia funde al fuego de cocción de la porcelana, produciendo un cristal lechoso que sirve para baño de este artículo.

Los kaolines de todas las procedencias se diferencian poco en su composición, como puede verse por el siguiente cuadro analítico: en que se dan los resultados por cada 100 partes de materia desecada a 100 grados.

	Limo- sin. (Los me- jores de Francia).	Nievre.	Bre- taña.	China.	Pirí- neos.	Rusia.	Sarga- delos. (España)
Agua.....	13,10	12,60	13.—	11,20	11,50	12,60	12,83
Sílice.....	48.—	49.—	48.—	50.—	48.—	48.—	43,25
Alúmina	37.—	36.—	36.—	33,70	34,60	36.—	37,38
Alcali....	2,50	1,60	2.—	1,90	2,15	2,40	1,75

Cuando la que se descompone es la roca feldespática llamada granito, el kaolín está mezclado de mica descompuesta en parte; está coloreado por el óxido de hierro, y no puede producir porcelanas translúcidas y blancas. Si el granito no contiene mica, y la roca está por lo tanto solo compuesta de cuarzo y feldespato, llamándose entonces pegmatita, la cual da generalmente los mejores kaolines; finalmente, los pórfidos y tranquilos compuestos de feldespato, sólo pueden, descomponiéndose, formar también bancos de kaolín, aunque esto sea sumamente raro en la naturaleza. El producto o rendimiento del kaolín bruto o del comercio es sumamente variable, aun siendo de la misma procedencia.

El kaolín arcilloso deja a veces 3 por 100 de arenas silíceas y feldespáticas, pero puede elevarse esta proporción hasta 15 por 100, aunque este máximun es muy raro. El kaolín guijarroso no suele dar por el lavado más que un 20 por 100 de arcilla pura, y algunas veces, pocas, ha llegado hasta un 70 por 100.

Los kaolines se explotan en canteras al aire libre por gradería. Los productos, conducidos a la superficie por mujeres y muchachos, se escogen y separan con gran cuidado; se separan todas las partes ferruginosas que se distinguen fácilmente a la vista; se quitan con cuchillos las venas de ocre que existan en la masa, y los materiales así privados de hierro se apartan para constituir una clase muy pura. En las grandes explotaciones, algunas de estas operaciones de purificación se efectúan mecánicamente.

Los kaolines tienen en el comercio valores sumamente variables, según sus cualidades. El más esti-

mado, el más caro y el más escaso, es hoy el kaolín arcilloso; se le encuentra en Limojes, donde lo ofrecen en perfecto estado de sequedad.

La presencia de cuarzo libre en los kaolines da por resultado disminuir su plasticidad, por lo que los kaolines arenosos y guijarrosos serán menos plásticos que los arcillosos. En cambio la presencia de la mica en los kaolines, no influye en la plasticidad, tanto más cuanto que la mica, si es de dimensiones suficientemente pequeñas, puede considerarse y se adicionan a veces a las pastas cerámicas, como un material plástico; pero las hace más fusibles en virtud de la cantidad de álcalis que aporta a dichos kaolines.

Las arcillas refractarias empleadas en la confección de los productos de gres vienen a constituir el lazo de unión entre las arcillas plásticas refractarias y las arcillas plásticas fusibles. Por su ligera fusibilidad producen, al ser sometidas a una temperatura elevada, productos de estructura compacta que presentan fractura vitrificada. La arcilla de Höhr (Hesse-Nassau) se cita como tipo de arcilla para gres.

2.º *Arcillas plásticas.*—Con el nombre de arcillas plásticas se designan ciertas arcillas, que, además de ser casi puras, gozan de una plasticidad muy pronunciada. Su pureza consiste en que la única materia que las impurifica, por lo general, son materiales cuarzosos sumamente divididos. Estas arcillas, suaves y casi untuosas al tacto, se pueden pulimentar con los dedos; con el agua producen una pasta tenaz y resistente, a veces algo translúcida en los bordes; por su composición, casi en absoluto libre de mica y de compuestos de hierro, cal y magnesia, ya se comprende que han de ser

muy refractarias y adquieren, además, gran solidez y dureza por la acción del calórico.

Esta arcilla no es otra cosa que el kaolín transportado por las aguas, que en este movimiento se ha mezclado con una pequeña cantidad de otras sustancias térreas y metálicas, que le comunican poco color y condiciones ligeramente distintas de las del kaolín puro. Es aplicable, con excelente resultado, a la fabricación de loza fina, y se encuentra en casi todos los terrenos cretáceos.

3.º *Arcillas esmécticas o tierra de batanero.*—Grasas y untuosas al tacto, se pulimentan con la uña y forman en poco tiempo con el agua un barro poco dúctil; su color varía del gris amarillento al verde oscuro; su fractura es compacta, concóidea y esquistosa; tiene gran atracción molecular, y se pega fuertemente a la lengua; se funde al fuego de porcelana, y contiene casi siempre magnesia, a la que debe alguno de sus caracteres exteriores.

Se emplea principalmente en el desengrasado y batanado de paños, como su nombre lo indica, y se encuentra abundantemente en los terrenos terciarios.

4.º *Arcillas figulinas.*—Estas arcillas presentan las propiedades físicas de las arcillas plásticas, suaves al tacto y formando con el agua una pasta tenaz; pero, en general, son menos compactas, más deleznales y se diluyen mejor en el agua. Son, en general, arcillas algo menos puras que las anteriormente descritas, pues algunas están fuertemente coloreadas por el óxido férrico, y, lejos de perder este color por la acción del fuego, llegan a adquirir una coloración de un rojo intenso.

También producen una ligera efervescencia al ser

tratadas por los ácidos, y se asemejan tanto a las margas, que es difícil distinguirlas. La cal y el óxido férrico que contienen estas arcillas, las hacen ser fusibles a una temperatura muy inferior a la de las precedentes, a pesar de que la presencia de una proporción variable de cuarzo tiende a contrarrestar esta tendencia a la fusibilidad; estas arcillas se emplean en la fabricación de lozas y alfarería ordinaria de pasta porosa y rojiza; se hacen también de esta arcilla estatuas y vasijas llamadas de tierras cocidas, que se usan para el adorno de jardines; se encuentra en todos los terrenos sedimentarios, y suele a menudo estar acompañada de piritas de hierro.

5.º *Arcillas efervescentes o margas.*—Las margas ya hemos manifestado que están compuestas de una mezcla mecánica muy íntima de carbonato de cal (que a veces llega al 60 por 100) y arcilla; observaremos aquí, no obstante, que en la actualidad se tiene por equivocado este criterio, pues se cree que efectivamente contienen carbonato de cal, pero que la substancia plástica que con él está mezclada es un silicato alumínico distinto del que constituye los kaolines y las arcillas plásticas; según que domina en la tierra uno u otro de los dos elementos citados, el producto recibe el nombre de marga caliza o el de arcilla margosa. Por la presencia del carbonato calizo producen efervescencias al ser tratadas por un ácido debido al desprendimiento de ácido carbónico; tienen poca consistencia, y, tratadas por el agua, forman una pasta que no es fácil de moldear: sometidas a la acción del calor, son sumamente fusibles.

6.º *Arcillas ocreas.*—Estas arcillas son secas, silíceas, coloreadas en rojo por el óxido de hierro cuando está anhidro, o en amarillo cuando está hidratado; de ellas

se obtiene el ocre amarillo y el ocre rojo, empleados en los colores ordinarios al temple, la coloración de papeles pintados, etc.; a veces se mezclan estos ocres amarillos con los azules de Prusia, para obtener el color verde con que se suelen pintar los balcones, persianas, etcétera. El sanguino es una arcilla ocre que sirve para la preparación de los lápices rojos; el bol arménico, empleado en medicina, no es más que una variación de la arcilla ocre roja, muy estimada, que se sacaba por Constantinopla de la isla de Lemus, en donde se purificaba por medio de lavados y decantaciones, formando después pastillas sobre las que se imprimía el sello del Gran Sultán antes de entregarlas al comercio; hoy día se obtiene este ocre, necesario para la farmacia, en los alrededores de Blois y de Saumur, en Francia.

7.º *Arcilla ligera*.—Esta arcilla tiene un carácter particular: seca al tacto, produce un polvo duro que sirve para pulimentar la plata, se diluye difícilmente en el agua, y apenas reúne cualidades plásticas; resiste al fuego y adquiere una extremada dureza, sin lograr una gran densidad; por ello sobrenada en el agua mientras no se ha remojado bien; suele emplearse para la fabricación de ladrillos ligeros.

II.—Otras materias plásticas.

No son las arcillas las únicas materias plásticas que nos ofrece la naturaleza, pues hay otras, no muchas, que sin ser siquiera de naturaleza arcillosa, también gozan de la propiedad de la plasticidad.

La más importante materia plástica no arcillosa, es la mica, de la cual ya hemos hablado incidentalmente. La mica, pulverizada hasta un grado suficiente de te-

nidad, adquiere cualidades plásticas bastante recomendables. Los kaolines chinos, por ejemplo, empleados en la fabricación de la porcelana contienen un 15 por 100 de mica por término medio, junto a un 46 a 75 por 100 de kaolinita; y los hoachés contienen de 12 a 33 por 100 de mica por un 60 por 100 de kaolinita.

Las micas son minerales fáciles de distinguir por el brillo especial de que se hallan dotadas, y por presentarse generalmente en forma de laminillas muy delgadas y de extensión variable.

Principalmente hay micas de dos clases. Hay la mica blanca o mica potásica, llamada muscovita, cuya composición puede representarse por la fórmula $6\text{SiO}_2, 3\text{Al}_2\text{O}_3, \text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}$; que es incolora o amarillenta, pálida, plateada, y en ocasiones gris o verde, parda y hasta violeta. Cuando está en partículas muy diminutas es completamente alterada al ser atacada con ácido sulfúrico calentado hasta la temperatura de emisión de vapores; también es atacada por el ácido nítrico de 1,20 de densidad si se calienta durante 2 a 3 horas en tubo cerrado a unos 120° , y el ácido clorhídrico de densidad 1,10 calentado a unos $70/90^\circ$ durante 6 días llega a disolver solo el 85 por 100 de una mica que el ácido sulfúrico disolvía completamente en las condiciones anteriormente apuntadas.—La calcinación hace que las micas sean menos atacables por los agentes químicos.

La otra mica es la mica magnesia llamada biotita que contiene:

SiO_2	40 %
Al_2O_3	16 a 10

Fe^2O_3	2 a 5
FeO	4 a 15
MgO	16 a 26
K^2O	7 a 8
Na^2O	0,5
H^2O	0 a 4

pero que no tiene importancia en la industria cerámica. Ordinariamente es verde oscura o casi negra.

Las biotitas ricas en hierro son fácilmente fusibles; no son atacadas por el ácido clorhídrico pero sí por el ácido sulfúrico concentrado.

Otra materia plástica de naturaleza no arcillosa son los minerales denominados giobertita, (GO^3Mg) y magnesita ($3\text{SiO}^2, 2\text{MgO}, 2\text{H}^2\text{O}$) que son algunas veces aplicados en España y en el Piamonte. Tienen el inconveniente de ser muy difíciles de moler y reducir a pasta, por lo cual suelen emplearse mezclados con arcilla plástica.

Finalmente citaremos el talco ($4\text{SiO}^2, 3\text{MgO}, \text{H}^2\text{O}$) y la esteatita.

III.—Análisis de las arcillas.

Siendo muy necesario el conocimiento de las cantidades y materias que entran en la composición de una arcilla cuando ésta ha de aplicarse a las fabricaciones cerámicas, vamos a exponer a continuación los procedimientos de análisis y de ensayo que deben seguirse, por más que para practicarlos sea necesario poseer algunos conocimientos de química.

Análisis químico.—Antiguamente el análisis de las arcillas consistía en un análisis elemental, esto es, se determinaba cuánto de cada uno de los elementos quí-

micos contenía la arcilla en cuestión, y luego se agrupaban estos elementos de manera racional para formar las partes constituyentes principales de las arcillas.

Esta manera de operar ha debido abandonarse porque con ello no se llegaban a explicar ciertas anomalías, ciertas discrepancias entre los resultados del análisis y los resultados que en la práctica de la industria se observaban. En efecto: no siendo las arcillas productos aunque heterogéneos o compuestos de partes distintas, producidos de una misma masa homogénea primitiva, sino que, como sabemos, la mayoría de ellas hasta llevan impurezas adquiridas después de la desagregación de la roca madre que las produjo, mal podía lograrse por el sólo cálculo la agrupación de los elementos que por el análisis químico sabíamos haber en la muestra sometida al análisis. Es necesario, se ha impuesto, pues, hacer un análisis de selección, un análisis inmediato que nos pueda indicar el estado o estados de combinación que cada uno de dichos elementos tiene en la arcilla. De ahí, pues, los métodos modernos de análisis de las arcillas.

Para practicar el análisis se procede como sigue:

- a) Se pulveriza la arcilla y se pesa un gramo de ella.
- b) Se humedece la arcilla con un poco de agua tibia, y luego se le añade 10 centímetros cúbicos de ácido sulfúrico diluido con un peso de agua igual al suyo, se añaden 100 centímetros cúbicos de agua y se pone al baño maría durante doce horas. Después se va aumentando la temperatura hasta cerca de la ebullición, en cuyas condiciones se sigue hasta que principian a desprenderse abundantes humos blancos de ácido sulfúrico.

c) Una vez terminada la evaporación se repite el tratamiento.

d) El producto del ataque se trata con ácido clorhídrico y se calienta en baño maría durante 30 minutos. Luego se añade agua y se calienta, también en baño maría, durante una hora.

e) Se decanta la parte *liquida* sobre un filtro recibiendo el líquido filtrado en un vaso. Esta decantación se repite otras dos veces, para lo cual se añade cada vez la cantidad conveniente de agua acidulada con ácido clorhídrico. Al efectuar una cuarta decantación, se hace pasar el residuo al filtro, y sobre él se termina el lavado.

f) El líquido recogido en el vaso se trata por los procedimientos generales de análisis para dosificar las bases que contenga.

g) El residuo que ha quedado en el filtro se calienta al rojo en un crisol de platino y luego se pesa. Este residuo contiene la *silice procedente de la descomposición del silicato*, la *silice libre* (del cuarzo) y los *fragmentos de rocas* si los hubiere.

h) Calentar el residuo con una disolución de carbonato sódico al 7 por 100, con lo cual se disuelve la sílice amorfa que la acción del ácido sulfúrico dejó en estado libre.

Este tratamiento ha de repetirse varias veces; la disolución de la sílice es completa cuando la disolución de carbonato ya no se enturbia al añadirle cloruro amónico, pues en estas condiciones se precipita la sílice que está en disolución.

i) La disolución obtenida se trata por ácido clorhídrico, y se procede a dosificar la sílice contenida en el líquido por los métodos corrientes de dosificación de la

sílice en los silicatos atacables por los ácidos.—Así se tiene el peso de la *sílice combinada*.

j) Mediante un tratamiento con ácido fluorhídrico o con fluoruro se desagregan los silicatos no atacados, si los hay, y se dosifican sus *bases*.

Como que al mismo tiempo que la arcilla se ataca así la mica si estuviese muy dividida, y antes de determinar por el cálculo la proporción de arcilla y de mica, debe comprobarse la proporción de sílice. Para ello se hace hervir el silicato con una disolución de potasa cáustica de densidad 1,08, la cual disuelve la arcilla y deja casi inatacados el cuarzo, el feldespato y las micas no magnéticas

ENSAYO DE LAS MARGAS

Cuando se trata de margas es a veces suficiente conocer la cantidad de creta que contienen, en cuyo caso es muy práctico y suficientemente exacto proceder de la manera siguiente:

a) Poner en un vaso pequeño y de forma alta un poco de ácido clorhídrico diluído con agua y cubrir con un vidrio de reloj. Pésese este conjunto.

b) Pesar una pequeña cantidad de marga pulverizada y desecada. Váyase echando por pequeñas porciones en el vaso, levantando cada vez el vidrio de reloj.

c) Una vez terminado el ataque de la arcilla, se pesa nuevamente. Por la diferencia entre el peso ahora hallado y el que antes se había hallado (aumentado del peso de la marga sometida al ataque), se tendrá el peso del anhídrido carbónico puesto en libertad. Con un pequeño cálculo se tendrá el peso de creta (carbonato cálcico) que le corresponde.

Si fuese necesaria una determinación más exacta, debería procederse de la manera recomendada para los análisis químicos ordinarios.

ANÁLISIS MECÁNICO

Una de las condiciones más importantes en cerámica es conocer la cantidad de materia plástica contenida en las arcillas.

El aparato de Schulze destinado a este ensayo, es el representado en la figura 1.^a, el cual se compone de

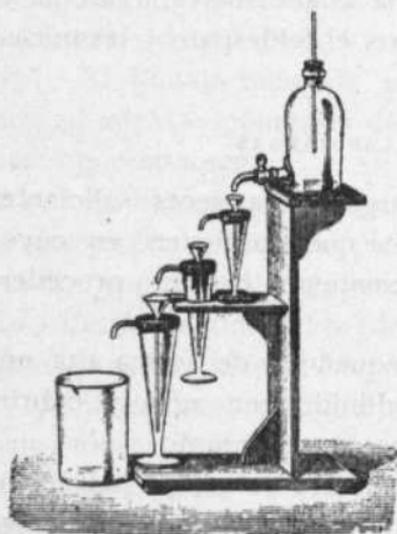


Figura 1.^a

Aparato de Schulze, para ensayo de Arcillas.

una serie de vasos cónicos, de forma alta, parecidos a los que comúnmente se conocen con el nombre de copas de champagne, provisto cada uno de ellos de un embudo y de un pico o vertedero. Estos vasos son de dimensiones distintas, y se colocan escalonados, de manera, que el colocado más alto, que es el de dimensiones más pequeñas, puede recibir en su embudo el agua de un frasco de Mariotte

que está por encima de él; de este primer vaso, por el vertedero, pasa el agua al vaso inmediato inferior; de éste al inferior, y de éste, por fin, a un vaso de precipitados o depósito, que se coloca en la parte baja del aparato.

Para efectuar un análisis, se toman 30 gramos de arcilla desecada, por simple exposición al aire; se hace hervir media hora en una cápsula de porcelana, agitando a menudo para que queden bien sueltas todas las partículas, se deja enfriar y se echa todo en el vaso más elevado del aparato. Se abre entonces convenientemente la llave del frasco de Mariotte para hacer llegar a ese primer vaso que contiene la arcilla, una corriente lenta de líquido graduable, variando la posición del tubo de entrada de aire del frasco de Mariotte.

Como que el pico o tubo de los embudos de los vasos llegan hasta muy cerca del fondo del vaso, la corriente de agua mantiene en agitación las partículas de arcilla, siendo arrastradas por dicha corriente las más finas, que pasan al segundo vaso, o sea al inmediato inferior. Ahora bien, como este segundo vaso es de dimensiones mayores que el de arriba, la corriente de agua pierde velocidad, con lo cual una parte de las partículas de arcilla que no habían podido resistir a la corriente en el primer vaso, puede ahora en este segundo resistir a ella por ser menor, de donde resulta que en el fondo de este segundo vaso, se produce un depósito de arcilla. Las partículas más finas pasan pues al tercer vaso, que por ser de dimensiones mayores que el segundo, da lugar a que se verifique una nueva selección de partículas, pasando finalmente el agua al vaso o depósito final, con una cantidad de partículas muy finas en suspensión.

De la anterior operación resulta pues, que en los vasos tendremos las partículas de arcilla clasificadas en tres categorías, a saber: de arriba a abajo, gruesas, medias y finas, y en el depósito inferior, después de

un reposo suficiente, las partículas finísimas. Se deja entonces reposar, se decanta el agua de los vasos y del depósito, se ponen a secar al aire separadamente las partículas reunidas en cada vasija, y se pesan. Con ello sabremos, pues, la proporción de partículas de cada

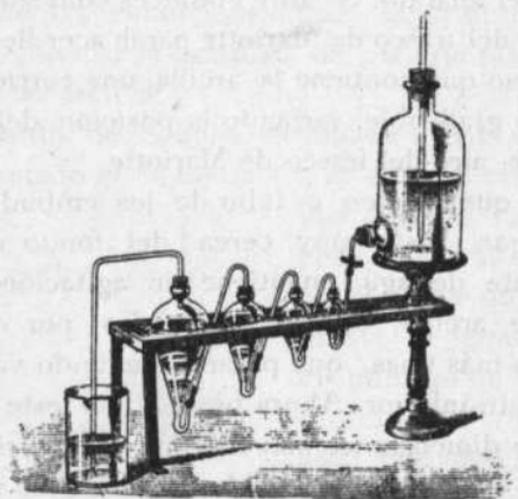


Figura 2.ª

Aparato de Noebel para ensayo de arcillas.

una de las cuatro clases contenidas en la arcilla sometida al ensayo.

Otro aparato para verificar el mismo ensayo es el de Nœbel, figura 2.ª, que es una variante del anterior.

Una vez preparada la muestra de la manera indicada al describir el aparato anterior, se agita, se pasa a un vaso, se vuelve a agitar, se deja reposar unos momentos y se decanta inmediatamente el líquido turbio en la tercera vasija del aparato. El residuo que ha quedado en el vaso se remueve con una pequeña cantidad de agua, y se traspasa a la primera vasija del aparato, o sea a la más pequeña; se dispone el aparato con todas las

conexiones de la manera indicada en la figura, y se abre la llave o se afloja la pinza del frasco de Mariotte, graduando la corriente de manera que en veinte minutos se vacíen los 9 litros de agua que caben en él. Se deja reposar para que se aposen las partículas en todo el aparato, se ponen a secar y se pesan. De esta manera la arcilla se ha distribuído en cinco categorías de productos, que a partir de la vasija más pequeña son: piedrecitas, arena gruesa, arena fina, arcilla gruesa y, finalmente, arcilla fina en el vaso que termina el aparato.

Cuando se trata solamente de separar las piedrecillas que lleva la arcilla, basta con el empleo del aparato de Masure, representado en la figura 3.^a, cuya descripción omitimos. La arcilla se introduce en la alargadera; en la parte inferior de ésta se verifica un trabajo mecánico de desprendimiento, por el roce de unas partículas con otras, de la arcilla adherida a los granos de arena; en la parte ancha se verifica la separación o selección, pues los granos de arena vuelven a caer al fondo y la arcilla alcanza el cuello de la alargadera, y por el tubo estrecho, doblado en forma de sifón, pasan al vaso que hay a la izquierda, sobre la superficie de la mesa.

Al principio la corriente de agua ha de ser relativamente lenta, para que no sean arrastrados por ella los granos de arena fina, pero luego, cuando se observa que

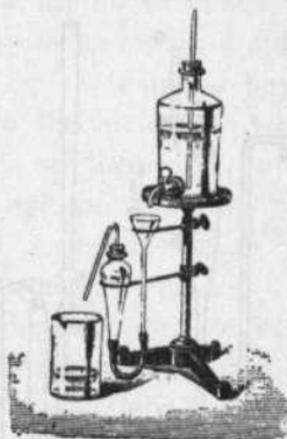
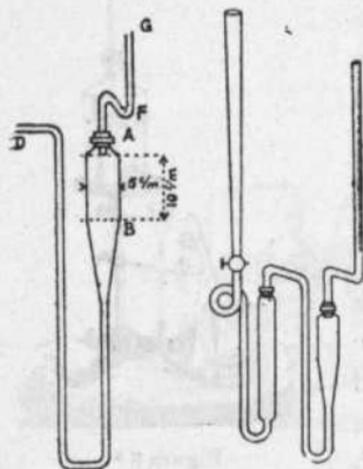


Figura 3.^a
Aparato de Masure para lavado de arcillas.

ya el agua principia a clarificarse, puede abrirse más la espita para que la operación lleve una marcha más rápida.

Un detalle constructivo del aparato que tiene mucha importancia es que el tubo, en forma de sifón que está adaptado al cuello de la alargadera, sea de ramas iguales, o dicho más exactamente, que tenga los orificios de



Figuras 4ª y 5ª.

Modificación introducida por Schöne en los aparatos de ensayar arcillas

descritos es el que representamos en las figuras, 4ª y 5ª debido a Schöne. Consiste en un tubo doblado en forma de U, una de cuyas ramas es simplemente un tubo estrecho, cilíndrico. La otra rama, en su parte inferior, forma la continuación de la primera rama, esto es, tiene forma de tubo estrecho, que luego va ensanchándose paulatinamente hasta tener 5 centímetros de diámetro. Una vez alcanzado este diámetro lo conserva en una longitud de 10 centímetros, o sea de forma cilíndrica. Luego se estrecha súbitamente para formar un gollete, en el cual se adapta un tapón que lleva un

entrada y salida, esto es, sus extremos, al mismo nivel, para que no actúe como sifón, pues entonces, por este motivo, se modificaría la velocidad de la corriente, produciéndose una especie de aspiración en la parte alta de la alargadera, lo cual influiría en la selección de partículas que allí se verifica.

Un perfeccionamiento de los aparatos hasta aquí

tubo encorvado de la manera que indica el grabado. Este tubo, en su segunda curvatura, que es la que queda más baja, tiene un pequeño orificio (de 1,5 milímetros) y desde este punto, la rama vertical lleva una escala que sirve para medir la presión a que se opera.

He aquí la manera de operar para ensayar una arcilla: Se toman 100 gramos de la arcilla desecada al aire y cernida por un tamiz cuyas mallas midan 2 milímetros. Se pone en suspensión en agua a la que se haya añadido un centímetro cúbico de disolución de sosa cáustica; de esta manera la arcilla se disgrega prontamente, lo cual todavía se acelera agitando con una varilla y calentando. Se deja enfriar, y después de un reposo suficiente se decanta el agua que sobrenada.

Ahora se une la rama D a un depósito de agua mediante un tubo de caucho, y cuando el agua llega a la parte ancha B, se echa la arcilla por el gollete A. Ajústase entonces el tapón con el tubo que lo atraviesa.

La operación se principia con una corriente lenta para que sean arrastradas las partículas más finas, que salen junto con el agua, por el orificio F y son recibidas en un vaso V. Al propio tiempo anótese la altura a que alcanza el líquido en la porción FG.

Posteriormente este aparato se ha modificado un poco: En lugar de un tubo lavador hay dos, uno pequeño y otro grande. La porción cilíndrica del lavador grande tiene 10 centímetros de longitud por 5 de diámetro, y desde la parte baja de la porción cilíndrica hasta la curvatura inferior median 50 centímetros. Su menor diámetro es de 5 milímetros, que es igual en toda la otra rama D.

Antes de este lavador se coloca otro, análogo a él,

pero de dimensiones algo menores. En este lavador pequeño se pone la parte gruesa obtenida al lavar o preparar la arcilla para este ensayo, mientras que la parte líquida se introduce en el lavador grande.

Con objeto de que la corriente líquida sea muy regular o constante se recomienda tener el agua en un depósito de por lo menos 30 litros de capacidad, de gran sección para que varíe poco la velocidad del derrame.

Schlœsing ha ideado también un aparato lavador de arcillas, pero es de manejo más complicado que los anteriores.

ENSAYO DE LA PLASTICIDAD

Este ensayo se efectúa añadiendo a las arcillas la cantidad necesaria de arena para que adquiera, una vez moldeada en cilindritos y desecada, un grado de dureza determinado. Tanto la arcilla como la arena han de haber sido cernidas por un tamiz de 225 mallas por centímetro cuadrado y desecados a 100°

Para ello se mezclan a volúmenes iguales de arcilla, volúmenes de arena iguales a 1, 2 ó 3 veces el volumen de la arcilla. De manera que tomando un centímetro cúbico de arcilla, se le mezcla 1, 2 ó 3 centímetros cúbicos de arena. Se humedece convenientemente la mezcla, se moldean en forma de cilindro las distintas mezclas con las manos, poniendo en cada cilindro un número que indique los volúmenes de arena que se han puesto en la correspondiente mezcla y se dejan secar a una temperatura comprendida entre 100 y 120 grados. Una vez secos se frotan suavemente estos cilindros con la punta de los dedos y mejor con un pincel giratorio

movido mecánicamente y se observan cuáles se desmenuzan y cuáles nó, y se anota aquel que da fácilmente polvo en estas condiciones.

Este ensayo requiere bastante práctica. Así es que en lugar de someter los cilindros al frotamiento, se ha ideado preparar briquetas como se hace en los ensayos de cementos y se mide la resistencia de estas briquetas a la tracción. En este caso, en lugar de mezclar la arcilla con arena, se le mezcla cemento.

CONTRACCIÓN Y FUSIBILIDAD

Además de la plasticidad, también se determina a veces la contracción y la fusibilidad. La primera de ellas es fácil de determinar haciendo unos discos con la arcilla. Se mide su diámetro, se pone a secar y se vuelve a medir el diámetro después de la desecación. Es más interesante conocer la contracción después de la cocción, que se halla de igual manera.

Con respecto al ensayo de fusibilidad, remitimos al lector a los ensayos pirométricos de que hablaremos más adelante.

ENSAYO RÁPIDO

El análisis empírico, el que interesa principalmente al alfarero, se practica del modo siguiente:

- 1.º Se toma una porción de arcilla de peso conocido, y se calcina al rojo para conocer la cantidad de agua que contiene por la pérdida de peso que experimente; en el caso de contener óxido de hierro, se determina aproximadamente éste por el color más o menos subido que adquiere la arcilla por la tostación.
- 2.º Se toma un trozo de la arcilla a ensayar, y se

depositan 2 ó 3 gotas de ácido clorhídrico sobre ella: si no se produce efervescencia se trata de una arcilla no caliza, que si el ensayo anterior ha indicado contener poco hierro, deberá fundir a temperatura bastante más elevada que la de 1350°; y si se produce efervescencia se tratará de una marga más o menos caliza fusible a unos 1250° si contiene hierro al propio tiempo.

3.º Después del ensayo anterior, se determina la proporción de materias arenosas y cuarzosas por medio de lavados y decantaciones, como antes hemos dicho al describir este ensayo y los aparatos ideados para practicarlo.

IV.—Preparación de las materias arcillosas.

Las materias arcillosas, ni las demás que veremos en el capítulo siguiente, no se emplean en el mismo estado en que la naturaleza nos las ofrece.

Después de la extracción de los depósitos en que la naturaleza ha acumulado las arcillas de todas clases, han de sufrir una serie de operaciones para darles el estado de pureza y de división convenientes para preparar con ellas las pastas cerámicas que luego han de ser moldeadas y cocidas, y a veces, decoradas, hasta constituir el producto cerámico definitivo.

DESECACIÓN AL AIRE LIBRE Y ARTIFICIAL

Las materias arcillosas es preciso, en primer lugar, triturarlas o disgregarlas, haciéndolas perder su forma de rocas o aglomerados, para que puedan ser mezcladas fácilmente con otras, si es necesario, y transformarlas luego en pasta.

La disgregación puede ser natural cuando las arci-

llas contienen en su pasta cierta cantidad de agua llamada de cantera; en este caso, expuestas a una atmósfera seca y caliente, el agua se evapora, y al desprenderse en forma de vapor, pulveriza la parte arcillosa, transformando los trozos o terrones en una tierra.

Cuando sólo se trata de secar pequeñas cantidades de arcilla para industrias limitadas, basta disponer unas chapas de hierro, calentadas por su parte inferior, sobre

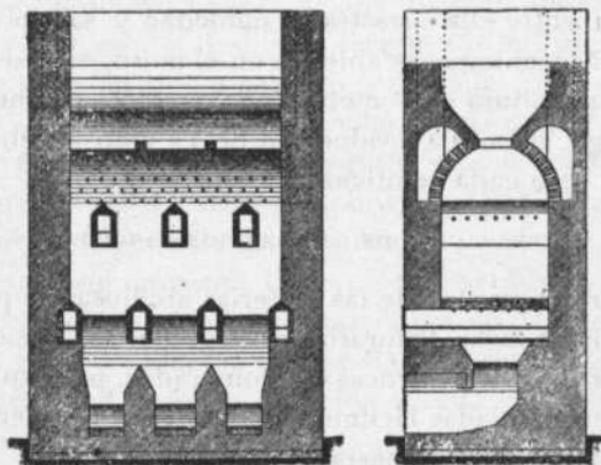


Figura 6.^a y 7.^a - Secadero de Lacaze.

las que se extiende la arcilla en capas de 20 a 30 centímetros, cuidando de removerla para que nunca exceda la temperatura antes dicha.

Para las fabricaciones en grande hay que emplear secaderos más económicos y de más producción; varios son los sistemas que se han ideado para esta operación, y entre ellos podemos citar, como uno de los más generalmente adoptados, el inventado por Lacaze, representado en las figuras 6.^a y 7.^a La arcilla se coloca en tro-

zos, en la capacidad superior que tiene forma de tolva, y debe estar siempre más o menos llena; de este recipiente va cayendo en el secadero, en el que circula entre dos hogares calentados con un combustible económico que produzca una corriente de aire abundante y de temperatura poco elevada; cuando la arcilla está seca, se la saca por la parte inferior, de tiempo en tiempo, y la extracción provoca el descenso en el secadero de nuevas cantidades de arcilla húmeda; el aire que circula entre ella arrastra la humedad y sale por unas pequeñas chimeneas abiertas en el muro; este secadero tiene una altura de 7 metros por 2 metros de ancho y 5 de largo, para una producción de 15 metros cúbicos de arcilla seca cada veinticuatro horas.

PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS ARCILLOSAS

Para el empleo de las materias arcillosas es preciso, en primer lugar, triturarlas o disgregarlas, haciéndolas perder su forma de rocas o aglomerados, para que puedan ser mezcladas fácilmente con otras, si es necesario, y transformarlas en pasta.

La disgregación puede ser natural, cuando las arcillas contienen en su pasta cierta cantidad de agua llamada de cantera; en este caso, expuestas a una atmósfera seca y caliente, el agua se evapora, y al desprenderse en forma de vapor, pulveriza la parte arcillosa, transformando los trozos o terrones en una tierra pulverulenta más o menos granulada; esta propiedad de disgregación, consecuencia de la plasticidad de las arcillas, se utiliza para la preparación de las arcillas plásticas siempre compactas.

En los países de clima caliente se extienden las ar-

cillas en fragmentos del grueso del puño en eras expuestas al sol; en el verano bastan algunas horas para producir la disgregación de los trozos; la arcilla se recoge en polvo y se amontona, para la preparación de pastas.

En los países de clima frío, hasta el punto de que hiele en invierno, se extrae la arcilla en esta época y se la expone en capas de espesor conveniente, a la acción del frío; el agua de cantera se congela, y el aumento de volumen producido por la helada disgrega los terrones, que se deshacen al deshielo; esta acción se ayuda con riegos sobre la arcilla antes de que hiele.

La disgregación de la arcilla puede también obtenerse desecándola artificialmente; este procedimiento se emplea en los países húmedos o en las localidades en que se dispone de calor perdido.

No es, sin embargo, la desecación artificial una operación sencilla, porque la temperatura no debe exceder nunca de 200°, manteniéndose siempre sobre 100, si no se quiere que la arcilla obtenida pierda su plasticidad.

TRITURACIÓN

Las arcillas secas y granuladas hay que someterlas a un triturado y remolido, que puede efectuarse a mano por medio de mazos de madera, cuando la fabricación es en pequeño, pero que exige el empleo de otros aparatos, que pueden ser trituradores, molinos verticales y laminadores machacadores. Entre estos últimos podemos citar como modelo en su clase, el laminador machacador representado en la figura 8.^a, construído por Boulét y Compañía, el cual puede tener sus cilindros lisos o acanalados, según las mayores o menores pro-

porciones de los trozos de arcilla que hayan de ser sometidos a su acción.

El diámetro de estos cilindros rara vez es mayor de un metro ni menor de 0,50 metros, y su longitud varía entre 0,40 y 0,70 metros. Los modelos grandes pueden llegar a triturar hasta 5 metros cúbicos de arcilla por hora.

De los dos cilindros uno solo de ellos tiene el eje

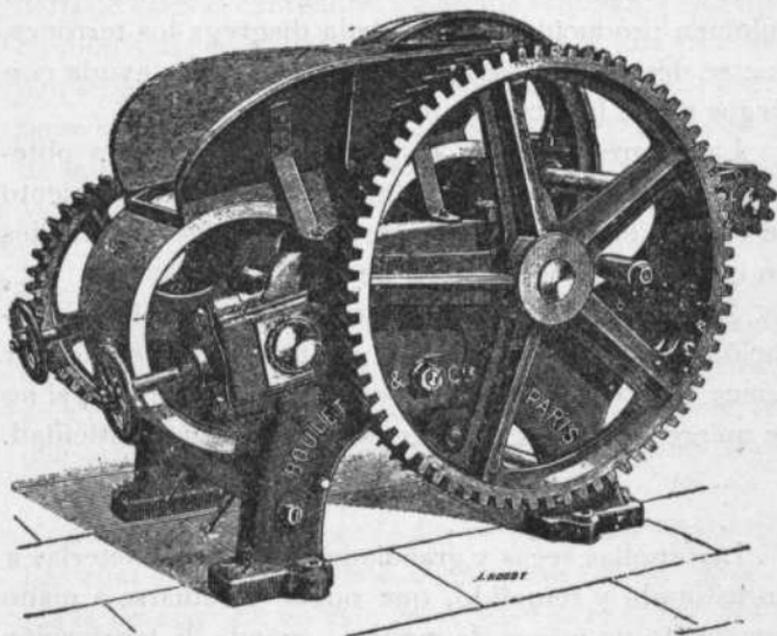
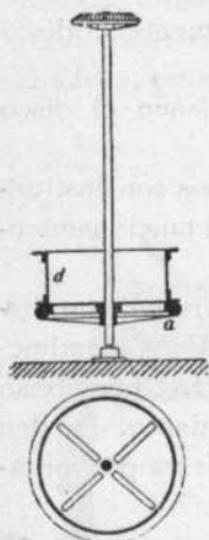


Figura 8.ª—Laminador y machacador para arcillas.

absolutamente fijo y es el que recibe la fuerza para hacer mover el aparato. En cambio el otro tiene sus cojinetes asentados sobre unas resbaladeras que están provistas de unos fuertes resortes que empujan al cilindro hacia el cilindro de cojinetes fijos. De esta manera, si se diere el caso de llevar mezclada la arcilla alguna

piedra u otra materia demasiado dura para la resistencia del aparato, entonces ceden los resortes y el cilindro de cojinetes movibles, se aparta del cilindro motor lo suficiente para dejar paso al objeto duro, evitando así que el aparato sufra ningún desperfecto.

Otro detalle de estos aparatos, es que la fuerza solo



Figuras 9, 10 y 11.

Aparato de disco horizontal para trocear las arcillas.

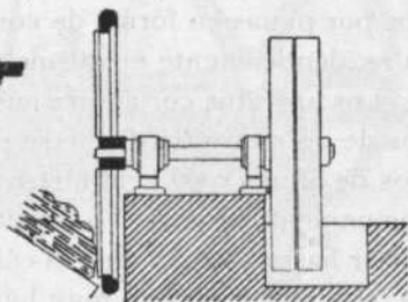


Figura 12.

Aparato de disco vertical para trocear las arcillas.

se aplica al cilindro de ejes fijos, al que ya hemos denominado cilindro motor. El otro cilindro que no llega a tocar al anterior, solo gira cuando se hecha materia que triturar por la tolva que se ve representada en la figura, la cual está colocada inmediatamente encima del hueco o rendija que dejan los dos cilindros entre sí.

La división o trituración de las arcillas se efectúa a veces en otra clase de aparato que cortan las masas de tierra, que consisten (figuras 9.^a, 10 y 11), en una plata-

forma o disco circular *a* de fundición cuya periferia está muy reforzada para que haga las veces de volante o regulador de velocidad. Dispuestas en el sentido de dos diámetros perpendiculares entre sí hay cuatro aberturas o rendijas de 4 a 5 centímetros de luz por la que salen los trozos de arcilla cortados por las cuchillas *b* al chocar contra los terrones de arcilla introducidos en la cesta fija *d*, en cuyo fondo gira rápidamente el disco citado.

Algunos modelos de este aparato tienen el disco en posición vertical, figura 12.

En algunos modelos los citados discos son sustituidos por piezas en forma de cono, pero el funcionamiento es idénticamente el mismo.

Los aparatos cortadores suelen construirse con discos de un metro de diámetro con cesta de 55 centímetros de altura y 90 centímetros de diámetro. Funcionan comunmente a unas 120 vueltas por minuto. Pueden cortar hasta 26 ó 28 metros cúbicos de tierra por jornada, si la tierra no está muy húmeda.

DEPURACIÓN DE LAS ARCILLAS

Las arcillas trituradas y disgregadas son después sometidas a una depuración, que puede ser, según los casos, un simple escogido o apartado a mano de las materias más gruesas, que se destacan fácilmente por su diferencia de color y tamaño. La operación se efectúa por mujeres y niños en la proximidad de las explotaciones, especialmente para los materiales de algún valor, como el kaolín, feldespato, etc.

Después del apartado o escogido de las materias gruesas e impurezas que acompañan a las arcillas, se

procede al tamizado, el cual se efectúa de diferente modo, según el objeto a que se destina la arcilla.

El primer sistema consiste en el tamizado de las materias secas al estado pulverulento, el cual se efectúa con cribas ordinarias más o menos finas, con el fin de apartar los granos y partes más gruesas, y no ofrecen particularidad ninguna digna de especial mención; el segundo procedimiento consiste en tamizar las pastas diluidas en gran cantidad de agua, haciendo pasar la co-

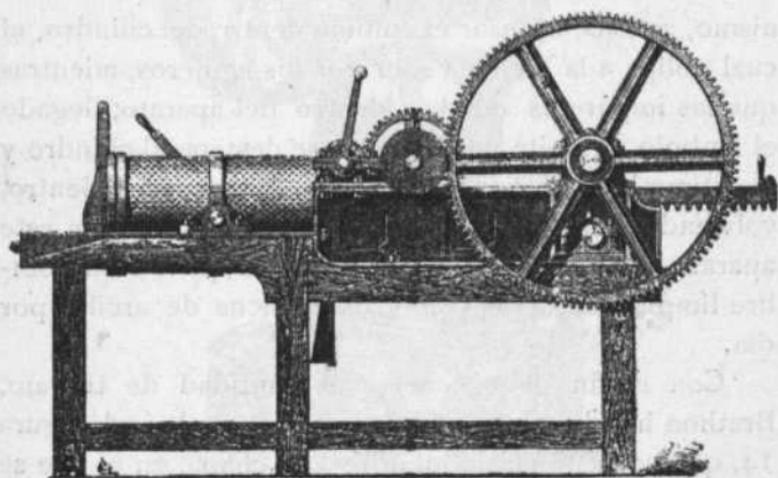


Figura 13.—Tamizador de arcillas, modelo Chambrette.

riente con la arcilla en suspensión a través de tejidos metálicos más o menos espesos, que van reteniendo las partes groseras que acompañan al líquido sin deshacerse.

El tercer medio de tamizar se aplica a las arcillas en forma pastosa, comprimiéndolas dentro de un recipiente y obligándolas a salir por orificios pequeños, mientras que las impurezas que no se han reblandecido permanecen en el interior del aparato. La figura 13

representa un tamizador construído por Chambrette, el cual consiste en un cilindro lleno de agujeros, movable alrededor de un árbol horizontal, y lleva un mecanismo destinado a mover un émbolo compresor que funciona dentro de este cilindro; retirado el émbolo al extremo posterior de su carrera y puesto el cilindro verticalmente, para lo cual está suspendido sobre una armadura con dos muñones, como los cañones de artillería, se llena de arcilla pastosa y se le hace tomar la posición horizontal; haciendo luego funcionar la manivela de mecanismo, se hace avanzar el émbolo dentro del cilindro, el cual obliga a la arcilla a salir por los agujeros, mientras que las impurezas quedan dentro del aparato; llegado el émbolo al límite de la carrera se destapa el cilindro y se retiran las materias extrañas que han quedado dentro, volviendo a cargarle para repetir la operación. Con este aparato, a pesar de sus complicaciones, puede un hombre limpiar de 4 a 5 metros cúbicos de arcilla por día.

Con el fin de obtener más cantidad de trabajo, Brethon ha ideado la máquina representada en la figura 14, que consiste en un cilindro de chapa, en el que se carga la arcilla por la parte superior, siendo empujada al fondo por una hélice de paletas que la obliga a pasar por los agujeros de que está perforado el fondo del cilindro; encima de este tamiz se mueve una paleta que expulsa las piedras que se detienen y las aparta en los costados laterales, de donde se pueden sacar marchando el aparato abriendo de vez en cuando dos tableros móviles.

No debe olvidarse que para que estos sistemas de limpieza de las arcillas funcionen con regularidad, es

necesario que la arcilla esté en estado de pasta, bastante blanda.

Lavado.—El lavado de arcillas tiene por objeto separar las partes más gruesas de las más ténues, por medio del agua, en la que se ponen en suspensión.

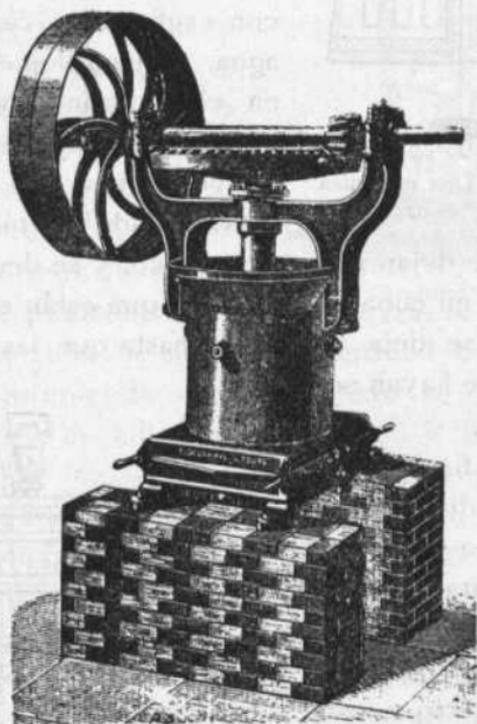


Figura 14. - Limpiador de arcilla, modelo Brethon.

Los procedimientos de lavado son muy variados, porque dependen de la naturaleza y clase de las arcillas, de su estado de limpieza y de la importancia de la producción; sin embargo, sea el que quiera el procedimiento seguido, debe comprender tres operaciones

esenciales, que son: dilución de la arcilla en el agua, separación de las piedras y arenas y depósito de las arcillas en recipientes de decantación.

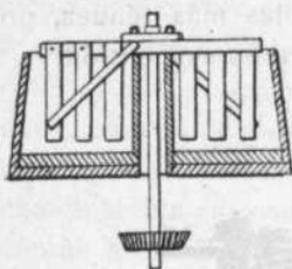


Figura 15. - Tina mecánica para lavar las arcillas.

El procedimiento general consiste en poner los materiales arcillosos en contacto con suficiente cantidad de agua, dejándolos sumergidos en ella durante veinticuatro horas al menos; después se los diluye en una tina (figura 15), moviéndolos por medio de un agitador; se dejan reposar un poco, y se decanta la papilla fluida en cubas de depósito que están escalonadas en las que se deja la materia hasta que las partículas arcillosas se hayan sedimentado.

En la figura 16 damos la disposición de otra tina de diluir; consta ésta de una gran cuba cilíndrica; guarnecida con cinchos de hierro y con una puerta P, que sólo se abre cuando se quiere limpiar su interior o hacer algunas reparaciones; verticalmente, y por su centro, pasa un árbol *a* de hierro, que está guarnecido de brazos armados de cuchillos alternados *c c*, como vemos en la figura 17, que es un corte

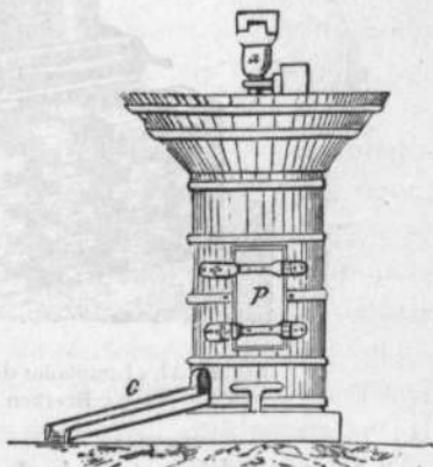


Figura 16. - Tina para diluir las arcillas.

verticalmente, y por su centro, pasa un árbol *a* de hierro, que está guarnecido de brazos armados de cuchillos alternados *c c*, como vemos en la figura 17, que es un corte

vertical de la tina representada exteriormente en la figura 16. El brazo más inferior lleva un estribo P, con objeto de remover la pasta del fondo e impedir que se deposite.

En la parte inferior de la tina hay una pequeña compuerta en comunicación con la canal G, por la que se extrae la papilla cuando ya está convenientemente preparada.

Se comprende fácilmente que, poniendo dentro de esta cuba la suficiente cantidad de arcilla y agua, e imprimiendo un movimiento circular al eje vertical de los cuchillos, éstos agitarán y diluirán convenientemente la pasta puesta en su interior.

En la figura 18 presentamos un sencillo sistema de cubas escalonadas.

La canal G conduce las lechadas o papillas procedentes de la cuba de diluir, y la masa atraviesa por un tamiz *t*, que detiene las partes más groseras; en la primera cuba A se depositan los residuos arenosos *b*, que acompañan a la arcilla y están en suspensión; pasa por el canal *c* a la segunda cuba R, provista de otro tamiz *t* más fino; en esta cuba se deposita parte de la arcilla, y la que no, pasa a la tercera cuba C, en la que se obtiene un sedimento arcilloso sumamente fino, pudiendo, si fuese conveniente, aumentar aún otras cubas, que cada vez darían más finos los depósitos de arcilla.

El tamiz *t* detiene todas las impurezas que la tierra

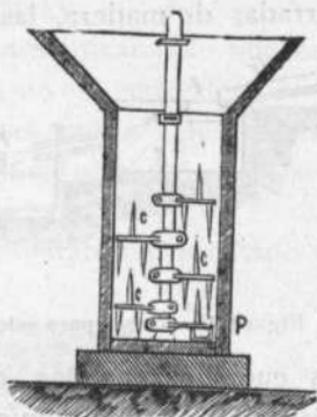


Figura 17.—Interior de la tina para diluir las arcillas.

puede contener y las partículas arenosas y micáceas que no se han depositado; si las cubas de diluir están forradas de madera, las partes leñosas arrancadas por

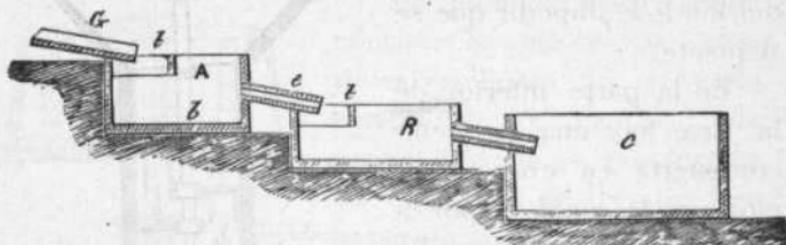


Figura 18.—Cubas para seleccionar las arcillas por decantación.

los cuchillos, paletas, etc., se quedan detenidas del mismo modo. Para que el lavado resulte bien, es necesario que entre la arcilla no quede ninguna parte gruesa o áspera, para lo cual vale más perder un poco de arcilla entre los residuos primeramente depositados.

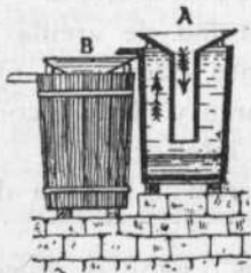


Figura 19.—Cubas modernas para seleccionar las arcillas por decantación.

La depuración por lavado en cascada puede efectuarse también en tinas más profundas que vienen a constituir (figura 19) en conjunto, la reproducción industrial del aparato de Schulze antes descrito al tratar del análisis de las arcillas.

De todos modos, las arcillas así obtenidas pasan después a otras manipulaciones, de que nos ocuparemos en su correspondiente capítulo, habiendo de advertir que, tanto mayor deberá ser el esmero de los lavados, cuanto más fina sea la fabricación que nos ocupa.

Las arcillas magras y el kaolín se diluyen fácilmente en el agua y se pueden someter al lavado; pero las

arcillas plásticas son más difíciles de replandecer, y es necesario proceder con ellas según hemos indicado en los procedimientos de desagregación.

La dilución puede hacerse mecánicamente por medio de aparatos que pueden ser de eje vertical, empleados especialmente para las arcillas magras y pedregosas, y de eje horizontal para las arcillas plásticas poco arenosas.

La figura 20 reproduce este aparato representado ya

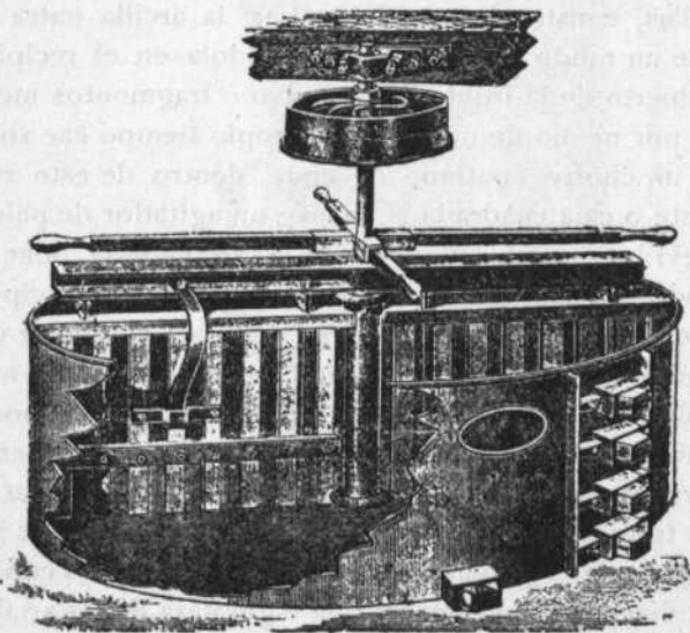


Figura 20.—Tina mecánica para lavar las arcillas.

en forma de esquema en la figura 15. Consiste en una cuba metálica, en la que se mueve un árbol central vertical que lleva dos aspas de madera guarnecidas de barras verticales, que hacen el efecto de agitadores; de

tiempo en tiempo se vierte dentro de esta cuba la cantidad conveniente de arcilla y agua, y el movimiento de las paletas diluye la arcilla en el agua, sedimentándose las piedras y demás objetos duros que es necesario sacar por una compuerta lateral para evitar el que, acumulándose en el fondo, rompan los agitadores de madera; la arcilla, formando papilla con el agua, sale por un orificio superior y pasa a los recipientes de sedimentación.

La figura 21 representa un aparato para diluir las arcillas, construído por Schmelzer; la arcilla entra en él de un modo continuado, poniéndola en el recipiente abierto de la izquierda en polvo o fragmentos menudos por medio de una pala; al propio tiempo cae sobre ella un chorro continuo de agua; dentro de este recipiente o caja cuadrada se mueve un agitador de paletas de eje horizontal, que disgrega la arcilla y la pone en estado pastoso, en cuya forma pasa al segundo recipiente, en donde otros agitadores la diluyen en mayor cantidad de agua; de este segundo recipiente pasa a un tambor en estado de papilla clara, que pasa por el tamiz, quedándose dentro de él las arenas y cuerpos extraños, que salen por la extremidad del aparato a una tolva, que los separa del resto de la masa. La producción de este aparato varía de 6 a 20 metros cúbicos por día, según su tamaño y la naturaleza de las arcillas.

CONCENTRACIÓN Y DESECACIÓN

Una vez las arcillas depuradas, se ha de proceder a las últimas operaciones de su preparación para tenerlas en condiciones de preparar con ellas las pastas.

La mezcla de agua y arcilla obtenida en la operación

descrita en el párrafo anterior, se recibe en unos grandes depósitos donde se deja reposar. Así la arcilla se

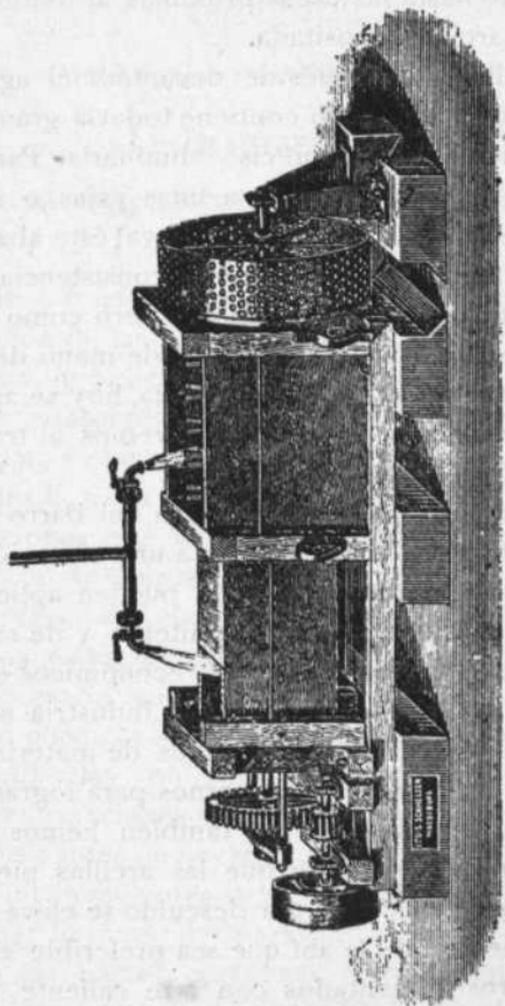


Figura 21.—Aparato de Schmelzer para disgregar las arcillas.

reune en el fondo y puede decantarse el agua con que estaba mezclada, ya por una serie de orificios de desagüe practicados en una de las paredes del depósito, ya

por medio de sifones cuya posición pueda ser fácilmente variada con objeto de ir decantando el agua a partir de la superficie hasta las capas próximas al fondo o superficie de la arcilla depositada.

La arcilla que después de decantada el agua queda en el fondo del depósito contiene todavía gran cantidad de agua de la que es preciso eliminarla. Para ello, a veces, se traslada su pasta a unas cajas o depósitos cuyas paredes son de yeso, y así va éste absorbiendo el agua y la arcilla va adquiriendo consistencia, hasta el grado de formar un barro espeso; pero como este procedimiento sería sumamente caro de mano de obra en fabricaciones de relativa importancia, hoy se aplican los filtros prensas cuya descripción haremos al tratar de la confección de las pastas cerámicas.

Para acabar de eliminar el agua del barro obtenido es necesario someter este barro a una elevación conveniente de temperatura. Para ello pueden aplicarse hornos y secaderos de carga intermitente y de carga continua, siendo evidentemente más económicos estos últimos cuando la importancia de la industria supone el tratamiento de grandes cantidades de materia. Ya hemos visto hace poco unos hornos para lograr la desecación de las arcillas, como también hemos dicho el peligro que se corre de que las arcillas pierdan sus propiedades plásticas, si por descuido se eleva demasiado la temperatura. De ahí que sea preferible el empleo de secaderos alimentados con aire caliente, o vapor recalentado.



CAPÍTULO II

DESGRASANTES Y FUNDENTES

I.—Desgrasantes.

NECESIDAD DE MEZCLAR MATERIAS DESGRASANTES A LAS ARCILLAS

Sucede con frecuencia que las arcillas empleadas en la confección de las pastas cerámicas, son excesivamente plásticas, impidiendo esta cualidad que los objetos fabricados conserven sus formas en la manipulación y cocción; para evitar este inconveniente, se acude a interponer entre la masa arcillosa otra substancia que reúna las condiciones que faltan a las pastas para estar en verdadero punto de preparación.

Si la *plasticidad*, condición precisa para la fabricación, es excesiva, es causa de graves inconvenientes, que es necesario corregir en las pastas. Las arcillas demasiado plásticas secan difícil y desigualmente, y las piezas moldeadas con ellas suelen agrietarse y sufrir grandes deformaciones durante la desecación a que han de someterse antes de llevarlas al horno de cocción.

Estos inconvenientes se agravan aún más en la cocción; es, por lo tanto, necesario introducir en la composición de las pastas cerámicas ciertas materias que destruyan los efectos de la plasticidad, cuando éstas no se encuentran ya naturalmente acompañando a las arcillas. Es, sin embargo, imposible determinar *a priori* la cantidad de materia que se debe adicionar, a causa de las diversas calidades de las arcillas en cada localidad y

aun de las diferencias que éstas presentan en un mismo banco o yacimiento.

DESGRASANTES MÁS EMPLEADOS

Las materias que se mezclan, y que toman el nombre de cementos y también el de desgrasantes, son de varias clases, teniendo, en general, todas ellas, el cuarzo o sílice por base.

El cuarzo, o ácido silícico, se encuentra abundantemente repartido en la naturaleza, formando parte de todos los terrenos y rocas primitivas, y de los terrenos terciarios o de acarreo y aluvión, compuestos de los *detritus* de estas rocas. Existen numerosas variedades de él; su carácter genérico es el de ser bastante duro para producir chispas al choque del acero o eslabón y el de ser infusible; entre las principales hay las siguientes:

1.º *Cuarzo hyalino o cristal de roca.*—Es casi siempre incoloro y transparente; cuando está coloreado, toma diversos nombres, según su color, que puede ser violeta, en cuyo caso constituye la amatista; amarillo, que es el topacio de Indias; rojo, o jacinto de Compostela; rojo translúcido, conteniendo mica en hojuelas de amarillo dorado que llaman venturina; estas distintas variedades, por encontrarse raramente en la naturaleza, no se emplean en la industria Cerámica; empléanse principalmente en la bisutería, y el cristal de roca transparente es de gran aplicación en la óptica.

2.º *El cuarzo silex* es la tan conocida piedra llamada de chispa o pedernal; se encuentra en vetas en los terrenos cretáceos o secundarios, y es el más empleado en la fabricación de las lozas finas; de él tenemos grandes

producciones en Vallecas y Vicálvaro, cerca de Madrid, y es el gran depósito que abastece los empedrados de la capital de España.

3.º *El cuarzo ágata*, listado y compacto, que presenta cintas de colores variados y brillantes, sirve con diferentes nombres para la confección de objetos artísticos; así como el *jaspe*, variedad del cuarzo con labores de múltiples colores, debidos a la interposición de óxidos metálicos, y que se emplea en la ejecución de estatuas y en la ornamentación de edificios.

4.º *El cuarzo ópalo* es otra variedad de sílex, a la que pertenece el ópalo noble, una de las piedras preciosas más estimadas por la viveza de sus destellos e iriscaciones.

5.º *El cuarzo o sílex molar* abastece la muelería y molinería, y el cuarzo arenáceo constituye la materia llamada gres y conglomerado.

6.º Finalmente, existe el granito, roca del terreno primitivo, compuesta de los tres elementos, *cuarzo*, *feldespato* y *mica*, que ya hemos visto que por la acción de los agentes atmosféricos sufre una descomposición lenta que separa sus componentes. El feldespato, que cuando está pulverizado tiene todos los caracteres y condiciones del *petounsé* chino, es exclusivamente empleado en la confección de las porcelanas duras.

De todas las diversas variedades de cuarzo o sílice que acabamos de señalar tan ligeramente, sólo se emplean en las industrias cerámicas el feldespato y el cuarzo hyalino en las porcelanas; el sílex pirómaco o pedernal, en la fabricación de lozas más o menos finas, y a veces se usan también algunas arenas cuarzosas en esta misma industria; en cuanto a los productos cerámi-

cos más comunes, se emplean ordinariamente en la confección de sus pastas cementos compuestos de arcillas cocidas y residuos de su misma fabricación más o menos pulverizados, de los cuales haremos mención dentro de poco.

Para orientar al lector respecto de la pureza dudosa que muchas veces ofrecen los cuarzos, a pesar de su buen aspecto, causa que puede limitar su empleo en muchas ocasiones en que es conveniente la adición de elementos silíceos a la arcilla para confeccionar una pasta de determinadas condiciones, ponemos a continuación un estado (Granger) en que se detalla la composición de varios productos cuarcíferos naturales.

	Cuarzo de Noruega.	Arena de Nemours.	Tierra de infusorios de Oberohr.	Arena de Fürstenwald	Arena de Decize.
Sílice	98,52	99,5	87,85	85,96	85,36
Alúmina	1,04	indicios	0,13	7,30	9,06
Óxido de hierro.	0,04	—	0,73	2,22	—
Cal	—	indicios	0,42	—	0,11
Magnesia	—	indicios	—	0,25	1,00
Potasa	0,40	—	—	1,97	2,20
Sosa	—	—	—	—	0,52
Pérdida al rojo..	—	—	11,03	2,12	2,36

Resulta evidente que los dos últimos productos contienen mezcla de rocas alcalinas (micas) lo cual, por otra parte, les comunica fusibilidad, debiendo incluirseles, por consiguiente, entre los fundentes y no entre los desgrasantes.

ACCIÓN DEL CALOR SOBRE EL CUARZO

Es fenómeno que presenta particularidades realmente curiosas el de la contracción y dilatación del

cuarzo sometido a determinadas temperaturas. Hasta los 570 grados, el cuarzo sufre una dilatación que va aumentando en proporción gradualmente creciente, pero al llegar a ella, a esos 570 grados, sufre un cambio de estado brusco, acompañado de un aumento extraordinario en sus dimensiones. Si todavía va aumentando la temperatura hasta alcanzar por lo menos 1100 grados, ya no hay dilatación, sino una contracción continuada.

Por otra parte, los cambios de volumen descritos, que son reversibles, esto es, que al ir disminuyendo la temperatura, van reproduciéndose en orden inverso dichas contracciones y dilataciones, no son iguales en todas las variedades de cuarzo descritas; así, la tridimita, que es una especie de cuarzo, compuesta de sílice anhídrica, que cristaliza en el grupo exagonal del sistema de este nombre, que se encuentra frecuentemente en las rocas volcánicas, sobre todo en las traquitas, se dilata más pronunciadamente que el cuarzo al principio de la calefacción, pero luego, esta dilatación, va disminuyendo hasta anularse en los alrededores de los 800 grados, en que alcanza la máxima dilatación, pues desde estos 800 grados, a medida que la temperatura va en aumento, hay una ligera contracción análogamente, a lo que sucedía con el cuarzo, a partir de los 570 grados.

Desde la temperatura de 1600 grados, todos los productos silíceos ya se conducen de manera análoga.

DESGRASANTES ARTIFICIALES

No siempre se acude al cuarzo para corregir la excesiva plasticidad de las arcillas. Hay ocasiones en que no conviene modificar la composición de la pasta para

que no varíen sus condiciones de fusibilidad, color, resistencia a los agentes químicos, etc., y en este caso, se recurre a la fabricación de desgrasantes con las mismas arcillas que se emplean para hacer la pasta. Para ello se amasan dichas arcillas, se cuecen al horno, y luego se pulverizan. Así, estas arcillas cocidas han perdido su plasticidad sin modificarse en su composición química, pues ya sabemos que por la cocción, las arcillas sólo pierden el agua de composición que contienen.

Otras veces, aunque se modifiquen algo las condiciones químicas de las pastas, conviene emplear esta clase de desgrasantes para deshacerse de la gran cantidad de desperdicios que las fábricas de productos cerámicos tienen siempre en abundancia en cada cocción, no sólo por los objetos que han resultado imperfectos, sino también por las cacetas que van quedando fuera de uso cuando los objetos que han de ser cocidos van metidos en estuches. Estos desgrasantes han de ser empleados en forma de polvo de grano grueso, pues, de lo contrario, a pesar de que ya por su primera cocción han sufrido la contracción y dureza definitivas, produce, si se incorporan a las pastas en polvo demasiado fino, una contracción exagerada.

En determinados casos, por exigirlo la índole del objeto que se trata de fabricar, se incorporan a la arcilla como cemento, ciertos productos de procedencia natural, como son el aserrín de madera, el grafito, el cok, turba, etc.

Finalmente, las calizas (carbonato de cal) desempeñan también algunas veces el papel de cemento en la cacharrería ordinaria que se cuece a temperatura poco elevada, cuando se emplean margas arcillosas.

II.—Fundentes.

Aparte de las arcillas y cementos, se incorporan a las pastas cerámicas otras sustancias llamadas fundentes, con objeto de hacer que la combinación de sus elementos sea más íntima, o para dar a los productos una translucidez más o menos pronunciada o una mayor o menor impermeabilidad.

Estas sustancias consisten ordinariamente en una mezcla de feldespato, caliza y óxido de hierro.

Regnault, que tantos trabajos ha practicado en esta industria, dice respecto a esta materia lo siguiente: «Si se mezcla íntimamente con la arcilla una sustancia que a la temperatura de cocción del objeto sufra un principio de fusión, se obtiene un producto que conserva su translucidez después de la cocción. El objeto, sin embargo, no se deforma, porque no ha sufrido reblandecimiento sensible a esta temperatura; la materia adicionada es la sola fundida. Un fenómeno de la misma especie tiene lugar cuando se funde cera sobre el papel con un hierro caliente: el papel queda translúcido después de la solidificación de la cera.»

La agregación que sufre la pasta por la acción del calórico, la hace dura y compacta, y realmente no sería necesario agregar una cubierta para hacerla impermeable a los líquidos; se aplica, sin embargo, ordinariamente con objeto de dar al artefacto mejor aspecto, y destruir las rugosidades y asperezas de su superficie.

Ocasionando los fundentes una disminución muy notable en la plasticidad de las pastas, es necesario limitar su empleo con objeto de que éstas puedan manipularse de un modo conveniente; al ocuparnos de los

barnices insistiremos más sobre este particular, y entretanto veamos las propiedades características de las principales materias que se emplean como fundentes.

FELDESPATO

El feldespato potásico (ortosa) de que ya se ha hablado antes de ahora, es uno de los más importantes. Por lo general se emplean, como más abundantes, los feldespatos comunes, que son de aspecto lechoso, muchas veces de color rosado o amarillento.

El feldespato no funde con facilidad, pero sí si la temperatura alcanza la de los hornos en que se cuecen las porcelanas. Es inatacable por los ácidos ordinarios, pero el ácido fluorhídrico y los fluoruros lo atacan como a los otros silicatos.

El feldespato sódico o albita, tiene propiedades análogas al anterior, pero en cambio el feldespato calizo o anortita es completamente atacado por los ácidos y funde ya a la llama del soplete, quedando en una masa parecida a un vidrio enturbiado por las burbujas de aire aprisionadas en su masa.

COMPOSICIÓN TEÓRICA DE LOS FELDESPATOS (ORTOSA, ALBITA Y ANORTITA), Y RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIOS DE SUS PRODUCTOS NATURALES (GRANGER).

	Composición teórica.			Resultados del análisis de feldespatos.					
	Ortosa.	Albita.	Anortita.	de Odenwald.	de Bohemia.	de Noruega.	del Palatinado.	de Noruega.	
Silice.....	66,84	68,82	43,16	67,92	65,64	64,44	64,08	69,98	
Alúmina.....	18,43	19,56	36,70	18,90	18,04	18,75	21,73	19,39	
Potasa.....	16,89	—	—	1,87	10,65	13,82	1,48	12,92	
Sosa.....	—	11,82	—	6,93	4,49	2,40	10,08	2,47	
Cal.....	—	—	20,14	2,02	0,31	0,27	0,53	0,23	
Óxido de hierro..	—	—	—	1,28	0,88	0,65	0,93	0,12	
Magnesia.....	—	—	—	0,39	—	—	0,78	—	
Pérdida al rojo..	—	—	—	0,60	—	—	—	0,24	

PEGMATITA

La pegmatita es una roca silíceo feldespática, variedad de los granitos, compuesta de gruesos cristales de feldespato, grandes nódulos de cuarzo y pocas láminas de mica blanca. El cuarzo y el feldespato son generalmente de colores muy claros, y han cristalizado conjuntamente, orientándose cada uno de una manera uniforme en gruesas masas. Casi siempre es roca de filón.

Es de trituración más difícil que el feldespato, pues las pegmatitas que generalmente se emplean en cerámica, suelen contener solo 75 por 100 de feldespato por 25 por 100 de cuarzo. Es roca menos alcalina que los feldespatos.

He aquí la composición de dos pegmatitas:

	I	II
Sílice.....	74,23	74,51
Alúmina.....	15,11	15,03
Óxido de hierro..	0,35	
Cal.....	1,44	2,13
Magnesia.....	0,20	0,20
Sosa.....	3,92	4,69
Potasa.....	4,45	4,30
Pérdida al rojo..	0,43	0,31

CORNISH-STONE

Los minerales conocidos con este nombre y con el de *cornwall-stone* son granitos descompuestos, más fáciles de triturar que los feldespatos y la pegmatita, por

lo cual es preferida para la fabricación de la loza fina. Su riqueza en alcalis es parecida a la de la pegmatita, pero es más atacable por el ácido sulfúrico, pues llega a disolver hasta 15 por 100 de materias de aspecto micáceo.

He aquí los resultados del análisis de dos productos de esta clase:

	I	II
Sílice.....	74,55	68,88
Alúmina.....	17,37	16,77
Óxido de hierro.	0,26	0,83
Cal.....	1,68	0,99
Magnesia.....	0,54	0,17
Potasa y sosa ...	3,68	6,77
Pérdida al rojo..	2,04	5,79

CALIZAS, CAL Y YESO

La adición de estos productos a las arcillas y demás materias plásticas, aumenta mucho su fusibilidad. La cal se apodera de la sílice libre y de la de los silicatos, y el silicato de cal forma, con los silicatos alcalinos y con el silicato aluminico, silicatos dobles, mucho más fusibles que el silicato cálcico.

El yeso no es fundente tan apropiado como la cal o las calizas, porque puede ceder ácido sulfúrico a las pastas, lo cual puede ser muy inconveniente, pues a temperatura elevada, durante la silicatización, se desprende anhídrido sulfúrico que, al descomponerse en contacto de la atmósfera reductriz del horno, puede

dar azufre o ácido sulfúrico, que son materias que atacan algunas pastas cerámicas.

El fosfato cálcico también se ha empleado en algunos casos en forma de huesos quemados, por ejemplo, en ciertas porcelanas inglesas. Pueden también emplearse los fosfatos naturales, pero no han tenido tanta aceptación. Da fusibilidad a las pastas y añadido a ciertos silicatos de aspecto vidrioso les comunica opacidad.

OTROS FUNDENTES

Por su escasa aplicación solo mencionaremos los sulfatos naturales de bario y estroncio, el amianto y el talco, los desechos de vidrio, etc.

Los compuestos de hierro, entre ellos las escorias de hornos metalúrgicos, forman también silicatos dobles, pero como producen coloración en las pastas, su empleo está limitado a la cacharrería común.

III.—Preparación de los materiales desgrasantes y fundentes.

El feldespato, el sílex y el cuarzo que deben incorporarse a la arcilla, han de estar reducidos a polvo fino, para lo cual se hace necesario someterlos a una trituración. Para hacerlos más deleznablese se los *pasma* o *atruena*, es decir, se los calienta fuertemente, y cuando están al rojo, se los precipita en agua, con lo cual se destruye su tenacidad, porque obrando repentinamente las fuerzas de dilatación y contracción por el brusco cambio de temperatura, se logra destruir la fuerza de cohesión de la masa; hecho esto, se reducen a polvo impalpable por medio de muelas verticales giratorias,

provistas de rastras que remueven la materia que se tritura; se apartan los granos más gruesos por lavados, se criba el resto y se termina la desagregación en muelas horizontales, que suelen ser de gres duro, cuarzo o de granito.

CALCINACIÓN

Las operaciones de machaqueo y molido se hacen más económicamente y más pronto como hemos indicado, por medio de una previa calcinación, que, sin pro-

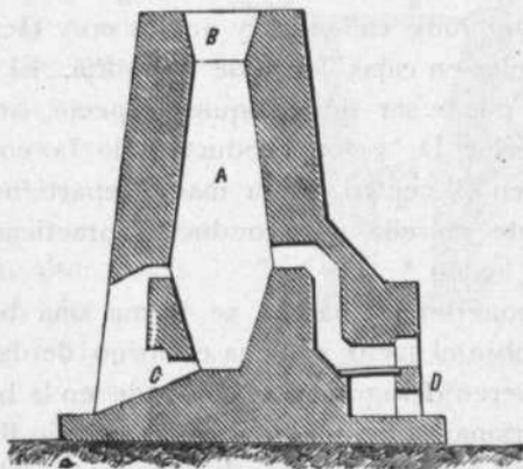


Figura 22.—Horno de cuba para atronar.

ducir alteración en la materia, como manifiesta Salvetat, produce un gran número de grietas que hacen la masa más fácilmente divisible.

La calcinación del cuarzo, sílex, feldespato y pegmatita se practica a veces en los sitios perdidos de los mismos hornos de cocción, pero es preferible practicarla en aparatos especiales, en los que se detiene el fuego

cuando se desea, sin temer que la calcinación resulte defectuosa en sus resultados, ya por falta de fuego, en cuyo caso no se habrá logrado vencer la fuerza de cohesión, ya por exceso, que habría producido un efecto contrario al apetecido.

Horno continuo.—La calcinación puede efectuarse en hornos semejantes a los hornos de fabricación de cal; la figura 22 representa un horno que puede servir lo mismo para cocción de cal que para calcinación de sílex: A, interior del horno; B, tragante o punto en el que recibe la carga; C, abertura para descargar las piedras calcinadas, aun muy calientes, y que es muy fácil *pasar* recibéndolas en cajas llenas de agua fría. El combustible, que puede ser de cualquier especie, arde en un hogar inferior D, y los productos de la combustión penetran en el centro de la masa, repartiéndose uniformemente en ella por conductos practicados en la pared del horno.

Para ponerle en marcha se forma una bóveda de piedras sobre el suelo; se llena el horno de las piedras que se quieren desagregar; se enciende en la bóveda un fuego de ramajes, y cuando el calor al rojo llega hasta los conductos del hogar, por los cuales puede salir a su vez la llama, se suspende el fuego que se hacía en el punto C, y se enciende en el del hogar D. La abertura C se cierra y no se abre sino para descargar el horno de las piedras calcinadas.

Horno intermitente.—Cuando no se trabaja de un modo continuo, la calcinación puede efectuarse en hornos circulares de cuatro hogares, con bóveda muy rebajada; otras veces se practica en hornos empotrados en el suelo, y este método es el que más generalmente

se emplea. Este horno (figura 23), tiene la forma de un cono invertido, revestido de ladrillos refractarios, y en su fondo una rejilla y un cenicero permiten mantener el calor necesario; el diámetro del horno en su parte inferior A, sólo es de 0^m,60, y en la parte superior B tiene 2 metros; en la parte cónica es en la que se coloca el sílex que se ha de calcinar, y en un costado existe una excavación por la que se reciben las piedras rojas del fuego dentro de cubas de agua.

Para establecer este horno se empieza por practicar una excavación de toda la profundidad que se trata de dar al horno y su cenicero, y se le da la forma cónica, teniendo generalmente 3,20 metros de altura total. Al costado del punto correspondiente al cenicero, se practica



Figura 23. - Horno intermitente para atronar.

una excavación en canal, del ancho necesario para poder practicar desembarazadamente el servicio de la construcción primero, y después el del horno; por la parte opuesta, y a la correspondiente altura, se practica otra excavación, enfrente de una puerta practicada en la pared, por la que se ha de descargar la piedra y recogerla en los depósitos de agua. Se empieza por macizar el hogar A, que tiene 0^m,60 de luz, y la rejilla se coloca a 0^m,66 de altura del fondo. Cuando se ha llegado al sitio conveniente, se colocan las barras de hierro que han de formar el hogar, se

las espacia en razón de la naturaleza del combustible que deba emplearse, que ordinariamente es hulla de mediana calidad, y se continúan las paredes del horno verticalmente hasta la altura de 0^m,50 sobre la rejilla; la cara delantera del hogar se cierra con una puerta de hierro, que luego funciona según las necesidades del servicio. La parte superior del hogar se termina por cuatro arcos de ladrillos de canto, que dejan aberturas para el paso de las llamas, y se termina el revestimiento hasta la superficie del terreno.

Antes de poner el horno en actividad, es menester dejarle secar; la construcción se verifica con arcilla refractaria amasada con agua, y para disminuir la contracción que produce esta clase de mortero, se la mezcla con la mayor cantidad de cemento que pueda soportar, conservando la plasticidad necesaria para el trabajo. Cuando el horno está enjueto por la circulación del aire atmosférico, se concluye de secar haciendo fuego en el hogar, al principio en pequeña cantidad, y aumentándole progresivamente, hasta que se pongan al rojo los arcos que hay sobre él.

Si se tratase de calcinar materias cuarzosas de muy difícil desagregación, se pueden emplear hornos de reverbero.

MACHAQUEO, TRITURACIÓN Y PULVERIZACIÓN

La calcinación de que acabamos de ocuparnos, aumenta la coloración en las rocas haciéndola más visible, y facilitando de este modo un escogido o apartado sumamente sencillo; este apartado se practica generalmente cuando la materia está en fragmentos menudos al machacarla.

El machaqueo se practica a brazo o mecánicamente; en el primer caso se usa el pisón, la maza o el pisón de empedrador.

El pisón consiste en un disco grueso de 15 centímetros de diámetro, con un mango de 20 centímetros de largo; una de sus caras está armada de clavos de cabeza puntiaguda que ofrecen una gran resistencia al chocar contra la materia que se trata de partir; esta materia se coloca sobre una piedra gruesa muy dura, que está a la altura de la cintura de un hombre, sobre un macizo de medio metro cuadrado; tres de sus costados están guarnecidos de un reborde de madera de 30 centímetros de altura, para detener los fragmentos que saltan al choque de esta herramienta. Este procedimiento se aplica perfectamente para preparar el cemento y pulverizar las materias que exigen un escogido cuidadoso, tales como el sílex y los feldespatos.

La maza es un martillo de hierro de largo mango, semejante a los que se emplean para el machaqueo de la piedra en los firmes de carreteras, y que se emplea generalmente cuando las materias son muy duras, en especial cuando se trata de pulverizar cajas de cocción inútiles después de un largo servicio, las cuales son demasiado duras para ser partidas con el pisón.

El pisón de empedrador puede también servir para partir las rocas, colocándolas en un pavimento formado de adoquines de gres duro. Este método es más lento y penoso que los anteriores.

En todo caso, como el polvo producido por las materias que se trituran sería muy perjudicial y nocivo a la salud de los operarios que se ocupan en esta faena, porque extendiéndose en el aire penetraría en los

órganos respiratorios, es conveniente regar estas materias antes de someterlas a las operaciones que acabamos de citar.

Trituración mecánica.—Cuando es grande la cantidad de materia que hay que pulverizar, o cuando la índole del establecimiento lo permite, se emplean máquinas para practicar las operaciones antes reseñadas.

Varios son los medios que se usan, entre los que citaremos los siguientes:

Prismas exagonales.—Se hace pasar la materia entre dos prismas exagonales de fundición de hierro endurecida, los cuales giran horizontalmente sobre un eje, como los cilindros de un laminador; este sistema, muy usado en Inglaterra, reduce con mucha prontitud las tierras cocidas para cemento a fragmentos del tamaño de avellanas. La figura 24 da una idea de la disposición de estos prismas sumamente sencillos.



Figura 24.—Quebrantadora de prismas exagonales para machacar materiales duros.

Quebrantadora americana.—Trabajo análogo al anterior, pero en mejores condiciones económicas, es el efectuado por los machacadores de mandíbula también llamadas *cocodrilos*, uno de cuyos modelos re-

presentamos en la figura 25.

En estos aparatos la trituración del producto se efectúa por la compresión entre dos superficies planas llamadas mandíbulas, de acero fundido o de fundición dura, una de ellas vertical y fija, y la otra que es inclinada tiene un movimiento de vaivén. Gracias a la sucesión rápida de estos movimientos y a la enérgica com-

presión que ejerce la mandíbula móvil, son triturados los fragmentos introducidos entre ellas. Esta trituración va efectuándose porque los trozos parcialmente aplastados en la parte en que las mandíbulas están más apartadas, resbalan, debido a las oscilaciones de la placa móvil, hacia la parte inferior cada vez más estrecha,

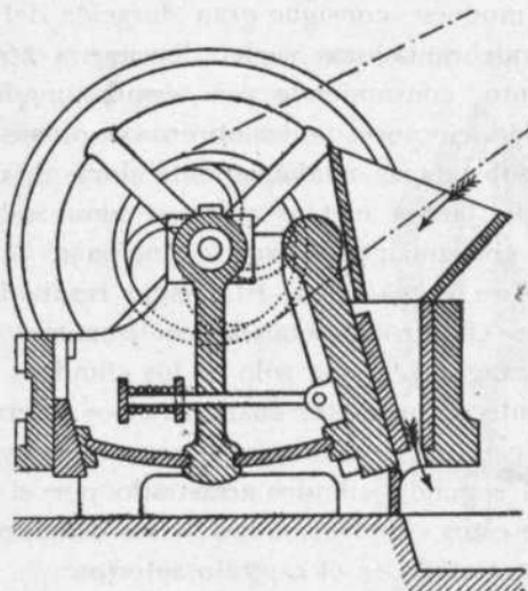


Figura 25.—Quebrantadora americana.

hasta que finalmente son lo suficiente pequeños para poder pasar entre el espacio que separa las dos aristas de la parte inferior de las mandíbulas.

En la figura pueden verse representadas las citadas mandíbulas; así como el juego de excéntrica que mueve en movimiento ascendente y descendente una pieza que debido a las conexiones que la ponen en contacto con un punto fijo de la máquina y con la mandíbula móvil impulsa hacia adelante y hacia atrás dicha mandíbula

móvil. La abertura que regula el grado de finura de la trituración se gradua por medio de una cuña representada a la izquierda de la figura.

Las mandíbulas suelen construirse de fundición, y se les adapta como indica la figura, unas placas de acero que son las superficies que efectúan la trituración. De este modo se consigue gran duración del aparato.

Las quebrantadoras suelen llevarse a 260 vueltas por minuto, consumiendo por término medio 8 HP. Para su servicio necesita dos obreros vigorosos.

Con substancias medianamente duras da un rendimiento de tantos metros cúbicos como caballos de fuerza se consuman para hacerlo funcionar.

Cilindros acanalados.—El mismo resultado se obtiene con cilindros acanalados en sustitución de los prismas exagonales; uno solo de los cilindros recibe el movimiento de un motor cualquiera por intermedio de un engranaje que le comunica la conveniente velocidad, siendo el segundo cilindro arrastrado por el primero. Tanto de estos cilindros, como de los de superficie lisa ya hemos tratado en el capítulo anterior.

Cilindros lisos.—Estos reciben la materia anterior y la reducen a fragmentos mucho más pequeños, o casi a estado pulverulento; su disposición es igual a la de los cilindros acanalados, solamente que son lisos y pueden aproximarse más o menos entre sí por medio de tornillos de presión, que empujan a los cojinetes dispuestos a la manera que lo están los cilindros laminadores del hierro; el material molido se recibe en cribas que separan el polvo de los granos menos finos, los cuales vuelven a la tolva situada sobre los cilindros para ser de nuevo triturados.

Quebrantadora Mac-Cully.—La quebrantadora Mac-Cully, que da un rendimiento mecánico mejor que las americanas o cocodrilos, consta esencialmente de una cavidad tronco-cónica, en cuyo interior se mueve una nuez de superficie lisa o acanalada, con movimiento excéntrico muy poco amplio alrededor del eje de la cavidad.

La simple inspección de la figura 26 nos da idea de este aparato, cuya graduación se efectúa haciendo subir o bajar el eje en que está fija la nuez (o bien moviendo ésta a lo largo de dicho eje) con lo cual se logra su mayor o menor separación de las paredes de la cavidad tronco-cónica.

Bocartes.—Un bocarte es un pilón que golpea regularmente un yunque de acero o fundición.

El machaqueo del cuarzo y feldespato se hacía antes generalmente por medio de esta clase de aparatos, completamente iguales a los que sirven en las fábricas de preparación de minerales.

Consta esencialmente de una placa de fundición fija y de unas barras verticales que en su parte inferior llevan unas piezas también de fundición o acero que están animadas de un movimiento alternativo ascendente y descendente. Este movimiento se obtiene por medio de unas ruedas excéntricas o con salientes que en su movimiento de rotación encuentran un tope fijado en cada una de las barras o *flechas* que es levar-



Figura 26.
Quebrantadora Mac-Cully.

tado, y, por tanto, también la barra correspondiente por la rueda; y cuando el diente de la rueda abandona el tope, la barra cae por efecto de su propio peso, golpeando con más o menos fuerza las materias colocadas

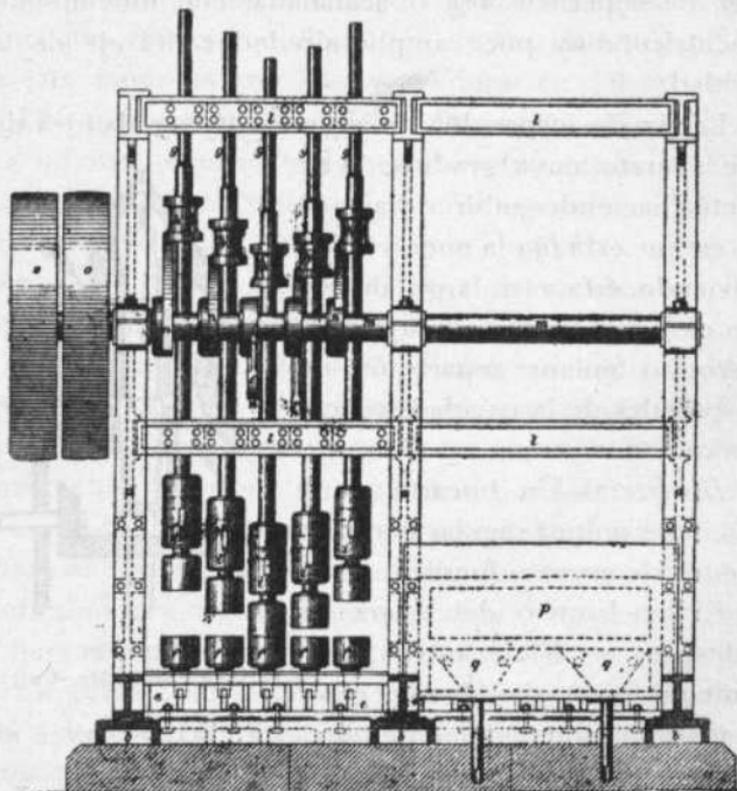


Figura 27.—Bocarte de cinco flechas giratorias (visto de frente).

en la placa, fuerza que depende del peso de la barra y pilón y de la altura de que caen.

Para ir extrayendo del aparato los polvos obtenidos hay una rejilla de malla conveniente para el grado de finura deseado.

• En cada bocarte suele haber 4 o 5 flechas y por lo

general se colocan unos al lado de otros, constituyendo baterías. Además, como que si se levantaran todas las flechas a la vez habría cambios bruscos de resistencia

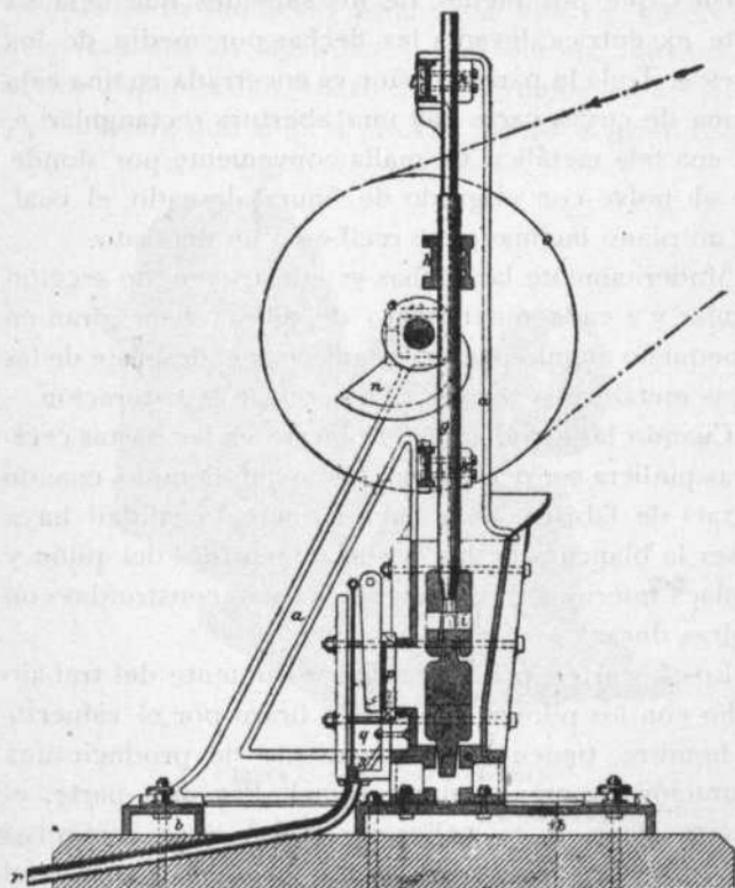


Figura 28. - Sección transversal de un bocarte de flechas giratorias.

que podrían repercutir en el buen funcionamiento del motor, se regulariza dicha resistencia haciendo ascender las flechas de manera alternativa.

En las figuras 27 y 28 se ve dibujado un bocarte de

5 flechas de sección circular g sostenida y guiadas por el armazón a , que llevan en la parte inferior los mazos i para golpear sobre la placa p . En n hay una rueda excéntrica que por medio de los salientes que deja su parte excéntrica, levanta las flechas por medio de los topes h . Toda la parte inferior va encerrada en una caja en una de cuyas caras hay una abertura rectangular p , con una tela metálica de malla conveniente por donde sale el polvo con el grado de finura deseado, el cual, por un plano inclinado, se recibe en un depósito.

Modernamente las flechas se construyen de sección circular y a cada movimiento de sube y baja giran en un pequeño ángulo para así regularizar el desgaste de las piezas metálicas o *zapatas* que verifican la trituración.

Cuando la introducción de hierro en las pastas cerámicas pudiera ser perjudicial, como por ejemplo, cuando se trata de fabricar lozas cuya principal cualidad haya de ser la blancura de las pastas, el martillo del pilón y la placa inferior sobre que golpea están construídas con piedras duras.

Los bocartes, primer perfeccionamiento del trabajo hecho con los pilones movidos a brazo por el esfuerzo del hombre, tienen el inconveniente de producir una trituración de grano muy desigual. Por otra parte, el bocarte tiene en su aplicación a las artes cerámicas muy graves inconvenientes según Salvetat, a causa del pesado ruido que acompaña a su acción y las trepidaciones que causa en el edificio que le contiene; sólo aconsejamos su uso en muy determinadas circunstancias, o cuando el motor y su instalación nos obliguen a aceptarle como residuo de otro establecimiento anterior.

TRITURADORES DE CARR Y DE VAPART

El triturador de Carr (figura 29), está formado por dos placas de fundición dura, cada una de las cuales lleva implantadas un número variable de barritas de acero, dispuestas en cuatro o seis círculos concéntricos y de manera que al girar dichas placas a gran veloci-

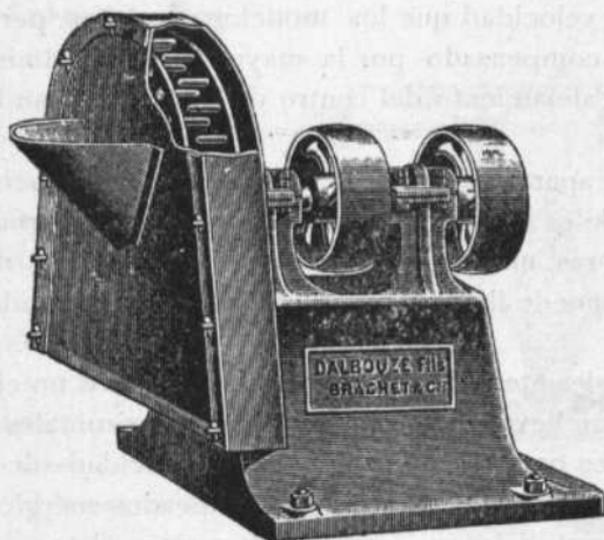


Figura 29.—Triturador de Carr.

dad y en sentido contrario una de otra, por medio de dos ejes independientes, estas barras no choquen entre sí. De esta manera, las materias que se introducen cerca del centro son golpeadas enérgicamente por estas barras, proyectando los fragmentos de unas a otras, hasta que logran escapar de ellas y caen en una tolva inferior, por donde salen al exterior.

Graduando convenientemente la velocidad de los

dos discos, se obtienen grados más o menos adelantados de pulverización.

Estos aparatos se construyen en modelos de distintas disposiciones. Ya tiene las poleas en uno solo de los lados del aparato, ya tienen una a cada lado para mover el disco más próximo. El diámetro del disco mayor suele variar entre 0,50 y 2 metros, consumiendo de 1,5 a 36 caballos de fuerza. Los modelos grandes giran a menor velocidad que los modelos pequeños, pero esto queda compensado por la mayor velocidad lineal que por su alejamiento del centro de rotación llevan las varillas.

Un aparato con discos de 0,50 puede producir unos 2.500 kilos de polvo de arcillas cocidas por jornada de diez horas; un aparato con discos de 2 metros de diámetro puede llegar a producir hasta 20 toneladas por hora.

El desintegrador de Vapart, consiste en un eje vertical que lleva varios platos o discos horizontales y con salientes para que al girar a gran velocidad (de 400 a 1.000 vueltas por minuto), sean golpeados enérgicamente los materiales que caigan sobre estos platos.

Al salir despedido el mineral irá a chocar contra una envolvente que lleva interiormente un acanalado dispuesto de manera que recibe de lleno el golpe de los fragmentos proyectados por los salientes de los platos. Parte del mineral que ha venido a chocar vuelve a caer sobre el plato y es otra vez despedido contra la envolvente, y otra parte cae por entre el plato y la envolvente y por medio de un plano inclinado es conducido hacia la región central del disco inmediato inferior donde queda sometido a análogo proceso.

Desde el plato más bajo pasa a una última tolva que lo conduce fuera del aparato.

Este aparato suele construirse con platos que varían de 0,90 a 1,75 metros de diámetro que, con un consumo de 6 a 25 caballos, producen la pulverización de una a 6 toneladas de arcilla cocida por hora.

Molinos de muelas verticales.—Estos molinos, cuya aplicación, con pequeñas variaciones, es inmensa en gran número de industrias, son de una gran de aplicación en el presente caso para la pulverización de las materias duras, tales como el feldespato, el cuarzo, etcétera; en la figura 30 damos un alzado y detalles de estos aparatos aplicados al caso presente, y cuya descripción detallada, y el servicio de cada una de sus piezas, es como sigue:

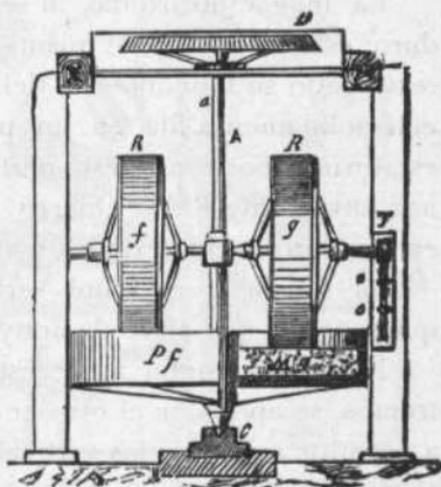


Figura. 30.—Molino de muelas verticales.

La rueda D, de engranaje cónico, recibe el movimiento del motor general, y lo comunica al eje motor del molino; A, árbol o eje que pone en movimiento a la muela horizontal Mg, sobre la cual se verifica el molido de los materiales.

Cuatro armaduras de fundición están fijadas a las muelas verticales R R, y tienen practicado en su centro un orificio, a través del cual pasa un árbol horizontal

que las mantiene fijas en su posición vertical, sin impedirles, sin embargo, el movimiento giratorio sobre sí mismas.

Las muelas verticales *R R* suelen hacerse, una *f* de fundición, y otra *g* de gres; giran sobre sí mismas, permaneciendo siempre en el mismo sitio, como hemos dicho, y su movimiento giratorio le reciben por el frotamiento que sobre ellas produce en los puntos de contacto la muela horizontal.

La muela horizontal *M* se hace de gres o granito duro; ésta gira sobre sí misma en un plano horizontal, recibiendo su movimiento del árbol vertical *A*, al que está sólidamente fija en un plano perpendicular a él; esta muela horizontal está perfectamente encajonada en una envolvente *P f* de hierro fundido, cuyo objeto es evitar la proyección de las materias molidas.

La muela y el árbol vertical descansan en una quicionera *c* que sirve de apoyo al mecanismo.

El eje horizontal *a* que está fijo por uno de sus extremos, se apoya en el otro en un aparato *T*, destinado a permitir a las muelas verticales elevarse o descender, según los obstáculos que encuentren en la muela horizontal. Este aparato se compone de un anillo que abraza la extremidad del árbol horizontal, unido a una varilla que se mueve verticalmente en dos correderas *o o*, que permiten el movimiento de ascenso y descenso al árbol horizontal, el cual, además, tiene practicado en su centro un luneto o agujero que permite moverse libremente al árbol vertical.

Existe otro sistema de molino de ruedas verticales, del que creemos inútil ocuparnos por lo conocidos que son; nos referimos a los que suelen emplearse en los

molinos de yeso y aceite, y que consisten generalmente en un cono de piedra, que gira apoyándose en sus generatrices; fijo en su vértice a un punto, y al extremo de cuyo eje, prolongado suficientemente por medio de una barra de hierro, se engancha una caballería que le imprime el movimiento; son estos molinos de empleo frecuente en el triturado de arcillas y yeso.

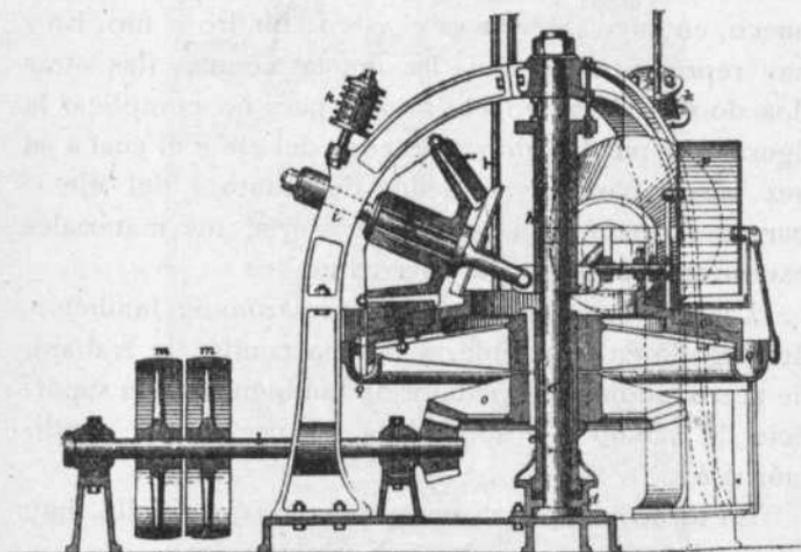


Figura 31.—Molino de Schranz.

Perfeccionamiento de estos molinos de ruedas cónicas es el molino de Schranz, en el cual la trituración se opera exactamente como si se tratase de uno de los aparatos de cilindros lisos descritos antes, pues en él no hay deslizamiento de ninguna clase, sino solo aplastamiento.

Consta de una solera cónica de materia dura, fijada a un eje vertical, susceptible de girar sobre sí mismo;

aplicadas con resortes, contra su superficie van 3 muelas cónicas que girarán, por lo tanto, por el movimiento que les imprimirá la rotación de la solera, determinándose así la trituración de los materiales, por aplastamiento, sin resbalamiento alguno.

La figura 31 representa uno de estos molinos en que α es la plataforma de 1,50 metros de diámetro, inclinada hacia el exterior, que gira por estar conectada en el eje e hueco, en cuyo interior va el eje o cilindro e' fijo. En f hay representada una de las muelas cónicas (las otras dos no se indican en el grabado para no complicar la figura) que puede girar alrededor del eje g el cual a su vez puede bascular alrededor del punto s del eje e' para dejar pasar, sin peligro de avería, los materiales excesivamente duros para ser triturados.

Las muelas constan de un armazón de fundición, descargado en lo posible, y de una camisa de trabajo, de acero fundido. La plataforma también tiene la superficie de trabajo $a a$ solidada a un armazón de fundición $b b$.

En torno a la plataforma y por debajo de ella, hay un canalizo que recoge los polvos obtenidos.

La plataforma suele hacerse girar a razón de 12 vueltas por minuto. La carga se hace por la tolva p y un plano inclinado trepidante que hay debajo de ella.

La presión de las distintas muelas sobre la plataforma va aumentando desde la que primero pisa el material recién llegado por la tolva, hasta la última y cada una de estas muelas se limpia de los polvos que quedan a ellas adheridos por medio de rasquetas.

Este molino es muy ventajoso para obtener calibres inferiores a 10 milímetros, y consume unos 3 1/2 caba-

llos de fuerza. Para su cuidado, carga, limpieza y graduación, basta un solo operario.

Terminaremos estas ligeras notas sobre los molinos de muelas, dando noticia del molino que además de su

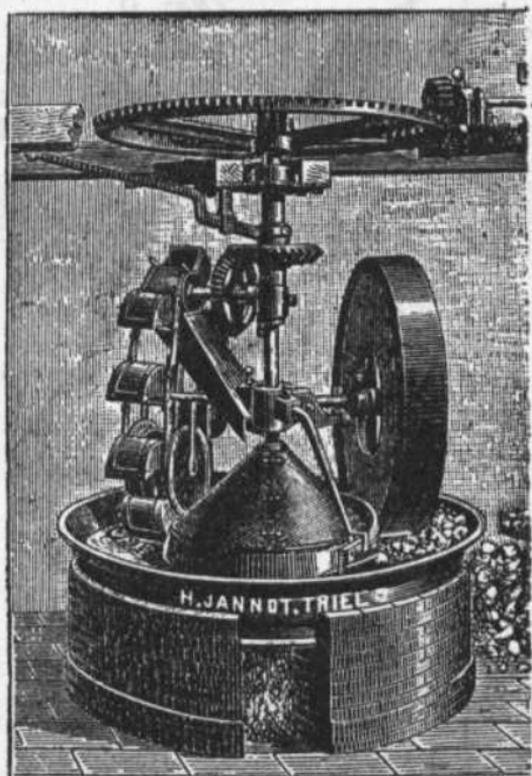


Figura 32.—Molino con rueda de cangilones.

muela trituradora tiene una rueda de cangilones, figura 32, que levanta el polvo y grano que hay en la solera y lo vierte sobre un cono tamizante que hay en el centro del aparato alrededor del eje motor. Las arenas que no atraviesan el cono caen nuevamente a la solera y que-

dan sometidas de nuevo a la acción de la muela trituradora, y el polvo que atraviesa el tamiz se reúne en un

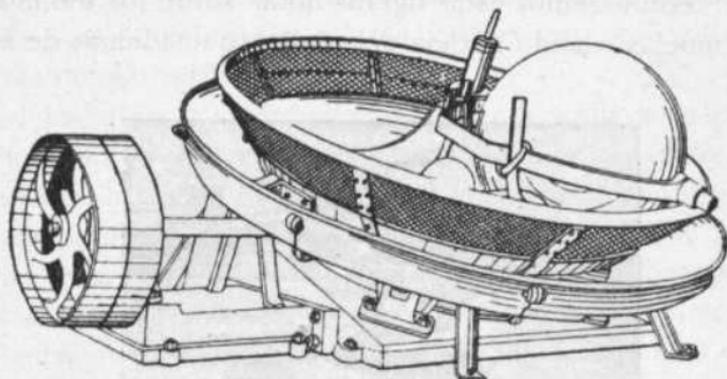


Figura 33. - Molino de bolas.

depósito inferior. También citaremos los molinos de bolas, de los cuales hay varios sistemas, como puede

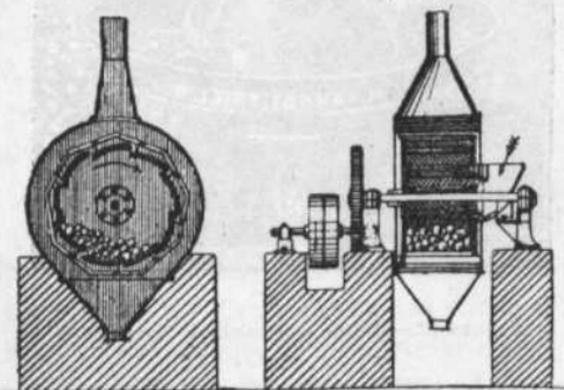


Figura 34. - Molino de bolas.

verse por las figuras 33, 34 y 35; este último también empleado en las fábricas de cemento.

TAMIZADO

Una vez triturados los materiales desgrasantes, y antes de proceder a su porfirización o pulverización, se separa de la materia machacada y molida el polvo más fino para someterle a dicho refino, volviendo la parte más gruesa a los molinos.

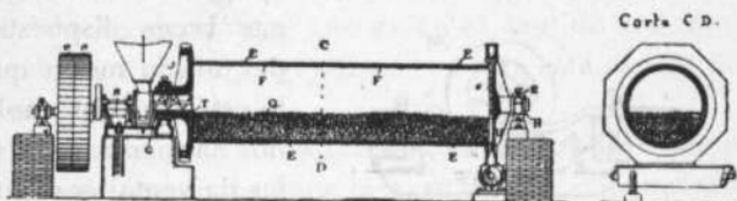


Figura 35.—Molino de bolas.

Esta separación se practica por medio de cribas de fondo de palastro lleno de agujeros, o de tejido de alambre de hierro, cuyas mallas son más o menos pequeñas. Se puede también tamizar en cilindros o cedazos más o menos inclinados, cubiertos de tejidos metálicos y dispuestos en un todo como lo están ordinariamente los que sirven en las fábricas de harina y aun en nuestras tahonas para el cernido y clasificación de las harinas.

La materia seca y pulverulenta entra por la parte superior del cilindro, que gira sobre su eje con un movimiento de trepidación que ayuda la separación entre la parte fina y la gruesa; el polvo recogido en una canal es conducido a las cubas en que se verifica la mezcla de las pastas, y una cubierta de madera pone los operarios al abrigo del polvo, que, como hemos dicho antes, es muy nocivo para los órganos respiratorios.

Porfirización. — Cuando se trata de obtener productos cerámicos finos, no bastan los medios hasta ahora indicados para dar la suficiente finura a los materiales; la porfirización o pulverización que reduce la materia al mayor grado de tenuidad, se practica entonces por fricción entre dos cuerpos duros.

Las muelas de los molinos en que se practica esta operación, están algunas veces dispuestas del mismo modo que lo están en los molinos harineros; pero se les da ventajosamente otras disposiciones, entre las que vamos a ocuparnos de la que aventaja a todas las demás, empleada en la manufactura de Sevres.

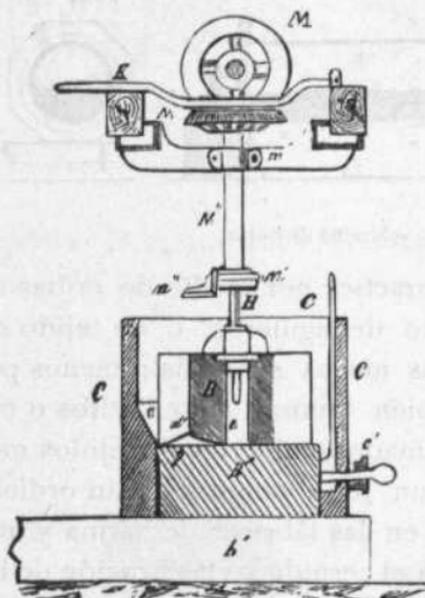


Figura 36.—Molino porfirizador.

Consta este molino (figura 36) de una cuba o tonel de madera C sin fondo, descansando sobre una plataforma de piedra b' ; sobre ésta se encuentra la muela durmiente B' , que deja entre ella y las paredes de la cuba un vacío anular de 0,10 metros, que se rellena casi enteramente con un guarnecido de madera c , que termina en forma de embudo por su parte superior, con objeto de dirigir entre las dos muelas la materia que se trata de porfirizar; la materia pulverizada se la extrae

por el orificio c' , delante del cual hay un registro que le cierra durante el trabajo; la muela móvil B tiene exactamente el mismo diámetro, 0^m,70, que la durmiente B'; esta muela es a veces ovalada, pero generalmente es circular, y se practica una escotadura en ella quitándole $\frac{1}{6}$ de su circunferencia, y se facilita el engrane de la substancia que se trata de pulverizar entre las muelas, practicando en la muela móvil, en la parte inferior y al lado de la escotadura que va en el sentido del movimiento, un visel $e g$, y además se pica esta muela por su parte inferior.

El eje de rotación H termina en su parte inferior en un remate cuadrado, que se ajusta en un ojo cuadrado de hierro colocado en la parte superior de la muela móvil y se guía por medio de un manguito M' sujeto por medio de los soportes $m m' m''$ fijos a la construcción, y termina en la parte superior en una pieza cuadrada, sobre la que rebasa otro manguito que lleva la rueda cónica M, por medio de la cual recibe su movimiento de rotación; una horquilla k permite, según se levante o se baje, embragar o desembragar la muela a voluntad, y suspender o continuar su movimiento.

Cada muela móvil pesa, aproximadamente, 300 kilogramos; cargada de 100 kilogramos de feldespato pulverizado y de 50 kilogramos de agua, pierde cerca de 200 kilogramos de su peso, y no funciona más que con una presión de 100 kilogramos.

Según el Doctor Ure, conviene darle una velocidad de rotación de 11 a 12 vueltas por minuto, y se obtiene entonces un resultado de 100 kilogramos de feldespato ó 75 kilogramos de cuarzo porfirizado en cuarenta y ocho horas de trabajo con cada muela.

Según Brongniart, no se comunica a las muelas, en Francia, generalmente, más que una velocidad de 6 vueltas por minuto con una carga de 40 a 80 kilogramos de materia cada vez, y en estas circunstancias se obtienen 60 kilogramos de arena silíceo u 80 kilogramos de feldespato pulverizado cada cuarenta y ocho horas de trabajo.

En algunos grandes establecimientos se emplea el molino inglés, que consta de una gran muela durmiente, rodeada de su revestimiento en forma de tina; la muela móvil está sustituida por grandes trozos de piedra dura empujados por tres brazos o paletas, fijas a un árbol vertical movido por un engranaje cónico inferior a la tina, llevando una velocidad de 8 vueltas por minuto; cada trozo móvil debe pesar al menos 100 kilogramos.

Accidentes que suelen ocurrir.—En los sistemas de porfirización que acabamos de exponer, las operaciones se practican con el auxilio del agua; cuando esto se hace, es preciso, según aconseja Salvetat, fijar con precisión la velocidad de las muelas, porque un movimiento muy rápido impide a las partículas depositarse para pasar bajo las piedras móviles, por quedarse en suspensión, y una velocidad demasiado lenta, y sobre todo una suspensión de movimiento completa al final del porfirizado, permite a las materias tenues depositarse entre las muelas, y pegarse éstas entre sí con tal fuerza, que sucede con frecuencia ser necesario acudir a las palancas más poderosas para separarlas.

Se dice entonces que las pastas *emploman* las muelas; se ha notado que las substancias cuarzosas y todas las demás de gran densidad, son las que más especial-

mente dan lugar a este inconveniente. Las tierras arcillosas y plásticas poseen al contrario la cualidad de oponerse al *emplomado*; el carbonato calizo en convenientes proporciones mezclado con el feldespato, es el que posee en más alto grado la cualidad de oponerse a este fenómeno.

Es evidente que cuando se hace uso de esta adición, es necesario tener en cuenta en el arreglo de cantidades de materiales, la cantidad de cal mezclada a la arena o feldespato.

La acción del vinagre o ácido acético en estas masas pastosas, mantiene en suspensión por bastante tiempo las partículas arenosas, y por lo tanto, la adición de esta substancia en las tinas impide bastante bien el emplomado, pero es insuficiente para poner en suspensión las materias precipitadas que han emplomado las muelas; cuando llega este percance, no se logra separarlas sin gran trabajo, empleando el agua caliente, con la que se bañan y agitan bien las pastas, y a veces es necesario acudir a herramientas de hierro.

Los inconvenientes del emplomado son sobre todo muy graves, y a veces muy perjudiciales cuando este accidente se produce durante el movimiento de los molinos, y puede suceder en este caso que se llegue a inutilizar todo el mecanismo. Se evita este inconveniente en gran parte, adaptando a los árboles motores de cada molino delante de los embragues que les comunican el movimiento, un manguito protector, ideado por Hall, que se emplea en los molinos de la manufactura

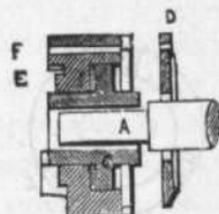
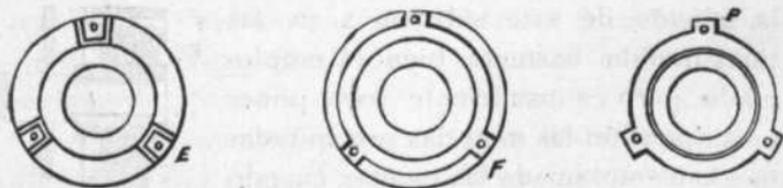


Figura 37.
Manguito protector
para evitar el em-
plomado.

de Sevres. Sea A, figura 37, el árbol motor que comunica el movimiento; se le termina por una placa metálica sólidamente fija por fuertes pernos; en esta placa se sujeta una caja C que entra a frotamiento en la parte cilíndrica de la placa, y se aplicaría exactamente sobre ella sin una arandela de cuero que separa las dos piezas. La caja C, vista por la parte anterior y por la parte posterior, presenta dos formas sumamente diferentes; la cara anterior, figura 38, que es la que está del lado del molino, lleva unos grifos P que se adaptan en las cavidades de un manguito que resbala sobre el árbol de transmisión y que reúne a voluntad el árbol A y este



Figuras 38, 39 y 40.—Detalles del manguito protector.

último; la otra cara, figura 39, deja ver la cavidad en la que se aloja la arandela de cuero G y la arandela de fundición que forma cuerpo con el árbol; unos agujeros F hechos en el centro de los grifos, atraviesan el espesor de la pieza C, que puede recibir tornillos cuando se quiere la caja con la especie de tapa D, cuyos salientes (figura 40) encajan en mortajas reservadas a este efecto; cuando las piezas D y C están reunidas por medio de sus tornillos, y mientras la resistencia es normal, el árbol motor gira sobre sí mismo; pero si la resistencia aumenta de golpe, el árbol se detiene, la placa B gira sola en la caja C frotando contra la aran-

dela de cuero, que llega a ser carbonizada por el calor desarrollado por el frotamiento.

Decantación y apreciación de la finura del porfirizado.

Cuando se da por terminada la porfirización, hay que tener cuidado de separar las partes de materia cuyo grado de tenuidad no parezca suficiente; esto se logra por medio de lavados y decantaciones que separan la parte más fina, haciendo pasar de nuevo a los molinos la parte más gruesa que se hubiese precipitado.

La decantación de las materias porfirizadas se practica del mismo modo que hemos explicado para las materias plásticas, sin más diferencia que en este caso es más fácil el diluido en agua.

Se debe examinar también si las materias silíceas están convenientemente porfirizadas, para lo cual se comparan con un testigo o marco que a prevención se tiene, procedente de otras moliendas. Supongamos un frasco cilíndrico de capacidad de 800 gramos; si diluimos en él 250 gramos de materia en 500 gramos de agua, podemos observar el tiempo que esta materia tardará para descender o sedimentarse una cantidad determinada; siempre que un polvo de la misma composición y naturaleza haya sufrido el mismo grado de porfirización, empleará el mismo tiempo en descender con las mismas circunstancias al mismo nivel. Algunos prácticos agregan a este método la prueba de someter el polvo al mascado entre los dientes y al frotado entre las uñas de los dedos pulgares, comparando su aspereza de este modo a la que presenta el tipo que se proponen reproducir, y este solo medio, aunque empírico, les da excelente resultado, merced a la práctica repetida de estas experiencias.

Ciertos líquidos aumentan la viscosidad del agua, y otros, al contrario, aceleran la precipitación de las materias que el líquido puede tener en suspensión. El vinagre o una débil disolución de goma árabiga tienen una marcada influencia en la lentitud con que se verifica el depósito. La temperatura a que se verifica la experiencia influye también en los resultados; es, pues, indispensable, como hace observar Brongniart muy bien, operar siempre en igualdad de circunstancias.



CAPÍTULO III

MATERIAS EMPLEADAS EN LA PREPARACIÓN DE LAS CUBIERTAS,
BARNICES, ESMALTES, ETC.

CLASIFICACIÓN

No creemos que sea éste el sitio más apropiado del libro para exponer las propiedades principales de las materias empleadas en la preparación de las cubiertas y barnices, esmaltes, etc., coloreados o no, que se aplican a los objetos cerámicos con objeto de comunicarles condiciones especiales o con el de hacerlos más agradables a la vista. Ello no obstante, aquí ponemos el presente capítulo con el solo objeto de reunir en esta primera parte de la obra todo lo referente a las primeras materias que requiere la industria cerámica, tanto con respecto a sus propiedades, como hemos dicho, como en lo que se refiere a su obtención, purificación y ensayo cuando sea necesario.

Vamos, pues, a pasar una ligera revista sobre todas las substancias que en el transcurso de la obra se indican como necesarias en la fabricación, pero como son extraordinariamente numerosos casi resulta indispensable clasificarlas en grupos para facilitar su estudio. Veremos, pues, sucesivamente, las cuatro clases siguientes de productos:

- 1.º Las *materias fusibles* utilizadas para aumentar la fusibilidad de las mezclas.
- 2.º Las *materias infusibles* que se vitrifican por la acción de las materias fusibles, y disminuyen la fusibilidad de las mezclas.

3.º Las *materias opacas* que al quedar en suspensión en la masa vítrea formada por las anteriores, le comunican opacidad.

4.º Las *materias colorantes* para colorear diversamente los productos cerámicos.

I.—Materias fusibles.

Los fundentes empleados en la preparación de las cubiertas son principalmente y por orden de fusibilidad, los cinco siguientes:

ácido bórico,

bismuto,

plomo,

potasa,

sosa,

pero por lo general no se usan sólo en dicho estado, sino en el de combinaciones más o menos complejas, como son las que se indican a continuación:

El *ácido bórico*, en forma de

Acido bórico cristalizado.

Acido bórico de Toscana.

Borocalcita o boracita de Persia.

Tinkal o borato de cal del Brasil.

Pandermita o borato de cal purificado de Asia Menor.

Borax o borato sódico.

Borato de plomo.

El *bismuto*, en forma de

Óxido de bismuto.

Subnitrato de bismuto.

El *plomo*, en forma de

Minio u óxido de plomo rojo.

Litargirio u óxido de plomo amarillo.

Cerusa o carbonato de plomo.

Alquifoux o mineral de plomo sulfurado (galena).

La *potasa*, en forma de

Carbonato potásico.

Sulfato potásico.

Nitrato de potasa o salitre.

La *sosa*, en la forma de

Carbonato sódico.

Sulfato sódico.

Nitrato sódico.

Cloruro sódico o sal marina.

Acido bórico.—Hæffer, el primero en 1776, indicó la existencia del ácido bórico en las marismas de Toscana. El ácido bórico se encuentra libre en los *lagoni* de Toscana: son estos *lagoni* pequeños lagos formados por depósitos pantanosos que, vapores acuosos que salen calientes por las hendeduras del terreno, producen a cada momento. Estos vapores, condensándose en gran parte en la masa del barro de estos pantanos, depositan allí mismo todas las substancias que arrastran consigo del interior en la tierra; están cargados los vapores a su salida de ácido bórico, ácido sulfhídrico, de betún y de algunas sales. Desde 1815, los *lagoni* se explotan con regularidad, siendo debida esta explotación al químico italiano Ciaschi, que murió desgraciadamente en 1816, cayendo en uno de estos lagos hirvientes formados por él mismo; un año después obtuvo M. Lardeville privilegio de explotación de los *lagoni* de Toscana. Antes de esto, se empleaban combustibles generalmente caros para evaporar la disolución muy diluída de ácido bórico, pero el concesionario tuvo la feliz

idea de aplicar a esta evaporación el calor gratuito producido por los *suffioni*, que una mala disposición natural impedía utilizar para recoger el ácido bórico. Mientras el bórax se obtuvo exclusivamente con el tinkal, su coste permaneció elevado, valiendo a ocho francos el kilogramo; pero desde que se llegó a obtener el bórax artificial descendió considerablemente su precio, y en el día sólo se emplea éste en la industria.

En la explotación del ácido bórico establecida en Toscana, después de varias evaporaciones que, como hemos dicho, se practican aprovechando el calórico suministrado por los *suffioni*, se obtiene una substancia en la que domina el ácido bórico con 18 a 20 por 100 de substancias extrañas, la cual se purifica por meras disoluciones y cristalizaciones.

El ácido bórico cristaliza en escamas brillantes, y contiene 43,62 por 100 de agua; cuando se le calienta a 100 grados pierde las dos terceras partes del agua que contiene y se transforma en otra combinación que da 436,21 de ácido bórico por 112,50 de agua.

Cuando este cuerpo se calienta al rojo, desaparece toda el agua y queda el ácido bórico anhidro fundido en forma de líquido viscoso transparente, igual al vidrio fundido, que puede estirarse en hilos muy finos; enfriándose se solidifica, quedando un cristal de perfecta transparencia que se vuelve opaco al cabo de cierto tiempo.

El ácido bórico es fijo; sin embargo, se volatiliza fácilmente en una corriente de vapor de agua; tiene la propiedad de disolver los óxidos metálicos, dando cristales violetas con el manganeso, azul con el cobalto, azul verdoso con el cobre y verde esmeralda con el

romo, pero si solo hay pequeña cantidad de dichos óxidos las coloraciones no son muy intensas.

Al volatilizar, en determinadas condiciones y a la temperatura de los hornos de porcelana, el ácido bórico de las anteriores disoluciones, se obtienen en forma cristalina los cuerpos que estaban disueltos. Así se reproducen ciertas piedras preciosas a base de alúmina.

El ácido bórico es poco soluble en frío y más soluble en caliente; 100 partes de agua disuelven 2 partes de ácido bórico cristalizado a la temperatura de 10 grados, y 8 partes a la de 100; de modo que una disolución saturada a la ebullición, deja depositar los tres cuartos del ácido que contiene cuando baja a la temperatura ordinaria.

La disolución del ácido bórico tiene un ligero sabor ácido; enrojece el tornasol, pero a la manera de los ácidos débiles, produciendo el rojo vinoso.

Casi todos los ácidos desalojan el ácido bórico de sus combinaciones a la temperatura ordinaria, pero al contrario, al calor rojo desaloja él a los demás ácidos a causa de la fijeza de sus combinaciones.

Hoy se obtiene también el ácido bórico de ciertos boratos naturales, por ejemplo, de la borocalcita, de la boracita, de la datolita, del tinkal, del borato de cal, los cuales también pueden ser usados directamente en cerámica, pero es preferible emplear el ácido bórico cristalizado, porque si bien alguno de estos productos son de composición muy constante, otros la tienen muy variable, lo que obliga a frecuentes cambios en las fórmulas de preparar las mezclas de las cubiertas.

A continuación ponemos los resultados obtenidos al analizar diferentes muestras de estas substancias:

COMPOSICIÓN DE LA PANDERMITA (BORATO DE CAL, O BOROCALCITA DE ASIA MENOR, ENRIQUECIDO POR PURIFICACIÓN)

	Pandermita.	Borocalcita.
Anhídrico bórico.....	55,73	45,20
Cal.....	37,07	30,70
Magnesia.....	0,45	0,50
Anhídrido sulfúrico.....	2,55	2,20
Idem carbónico.....	indicios	0,20
Alúmina y óxido de hierro...	0,10	0,90
Agua.....	3,63	18,46
Residuo.....	0,38	1,78

COMPOSICIÓN DEL BORATO DE CAL DEL BRASIL

Anhídrido bórico.....	40
Carbonato sódico.....	18
Idem cálcico.....	5,50
Cloruro sódico.....	15
Sulfato cálcico.....	1,50
Agua y materias insolubles.....	20

COMPOSICIÓN DE DOS MUESTRAS DE DATOLITA DE NORUEGA

Sílice.....	36,50	37,66
Acido bórico.....	24	21,67
Cal.....	35,50	34
Agua.....	4	5,50
Pérdida.....	1	1,17

COMPOSICIÓN DEL ÁCIDO BÓRICO NATURAL DE TOSCANA

Acido bórico cristalizado.....	80,50
Acido sulfúrico, cal y otros.....	19,50

Bórax.—El bórax del comercio es un borato de sosa más o menos puro; se encuentra en la naturaleza y se fabrica por medio del ácido bórico. El bórax existe en varios lagos de Persia, China, Isla de Ceilán, Tartaria, Sajonia, Perú, y sobre todo en la India, cerca de los montes de Thibet. Cuando el bórax llega de la India, está formando pequeños cristales aglomerados de un amarillo verdoso, recubiertos de una capa terrosa y bañada de una substancia grasienta, como jabonosa, que los hace untuosos al tacto. Este es el *tinkal* o bórax bruto, que se refina antes de darlo al comercio. Sin embargo, el bórax artificial reemplaza al natural a veces con ventaja. El bórax existe al estado de bórax prismático y bórax octaédrico, nombres que recibe según la forma de su cristalización; el bórax prismático contiene 10 equivalentes de agua de composición, y el octaédrico no contiene más que 5; por lo demás, ambos tienen las mismas propiedades y obran de igual modo en sus aplicaciones, porque empiezan siempre por perder su agua de cristalización.

El bórax fundido goza la propiedad, a elevada temperatura, de disolver los óxidos metálicos, transformándolos en vidrios transparentes o coloreados, según su naturaleza; el óxido de cromo le colora en verde esmeralda; el de cobalto, en azul intenso; el de cobre, en verde pálido; el de hierro, en verde botella o en amarillo; el de manganeso, en violeta, y el de níquel, en verde esmeralda pálido; los óxidos blancos no le coloran.

El bórax es indispensable en algunas soldaduras y ligaduras; entra en la composición de vidrios y cristales y se hace un gran empleo suyo en la fabricación cerámica, en los fundentes, en la composición de las cubier-

tas de las lozas finas, a las que comunica cualidades preciosas de brillo y dureza.

Para esta última aplicación, el bórax anhidro sería preferible al hidrato prismático u octaédrico. Se han propuesto, entre otros procedimientos, el combinar en seco el ácido bórico bien purificado con la sosa, mezclándolos en la proporción de 100 de ácido cristalizado con 45 de carbonato de sosa desecado, y sometiendo la mezcla íntima de estos dos cuerpos a una conveniente temperatura en una estufa; parece que en estas circunstancias la reacción se verifica tan bien como por las disoluciones, y se obtiene de una vez bórax esponjoso muy blanco y sin agua.

La fabricación ordinaria del bórax consiste en tratar el ácido bórico de Toscana por el carbonato de sosa cristalizado a la temperatura de ebullición; el carbonato se descompone y se forma borato de sosa que se disuelve, y se desprende ácido carbónico. Para ello se toman 1200 kilogramos de carbonato sódico cristalizado y se disuelven en 2000 litros de agua en una cuba de madera forrada de plomo, calentada con un serpentín de vapor. Cuando la disolución ha alcanzado la temperatura de 100 grados se va añadiendo una cantidad igual, esto es, 1200 kilogramos de ácido bórico en porciones no mayores de 4 a 5 kilogramos, con objeto de que la mucha efervescencia que se produce por el desprendimiento del ácido carbónico no haga desbordar la masa líquida. Entonces se calienta otra vez hasta unos 104 ó 105 grados, se deja enfriar 12 horas para que se depositen las impurezas insolubles, se decanta y se pone a cristalizar en otras cubas, también forradas de plomo y de forma conveniente para obtener una buena crista-

lización. Las aguas madres y las de lavado de los cristales se utilizan para una nueva operación.

Casi todo el ácido bórico de Toscana es convertido en borato de sosa en las fábricas de Liorna, Francia y Liverpool por medio de la saturación de la sal de sosa, y el bórax artificial así formado reemplaza por todas partes al bórax de la India.

No insistimos en los detalles de fabricación, cristalización, purificación y transformación del bórax prismático en octaédrico, por ser éstas ramas de otra industria que exige para sí sola un tratado especial, pudiendo, en los que sobre el particular existen, obtener detalles mayores, más minuciosos que los que aquí podríamos consignar, ajenos, por lo demás, a la índole de nuestra obra.

Borato de cal natural.—La América del Sur exporta borato de cal del cual podría extraerse el ácido bórico; esta cal ha sido descubierta, formada en la naturaleza, por el químico americano Hayes; los mineralogistas la han designado con el nombre de *hayesina*. Se extrae el borato de cal de la provincia de Tarapaca, en el Perú, cerca del puerto de Iquique; es blanco, y se presenta en la forma de cristales sedosos y brillantes, aglomerados en nódulos más o menos voluminosos; su yacimiento es vecino al de los nitratos de sosa que vienen en notable cantidad del Perú. No todos los nódulos tienen la misma riqueza de ácido bórico; generalmente están formados de boratos de cal y de sosa, y de sulfatos y cloruros en proporciones variables, y además impurificados por sustancias térreas adherentes a su superficie, y que a veces las penetra; puede admitirse la composición media del borato del Perú, como manifiesta la siguiente tabla:

Agua.....	34,61
Substancias térreas	10,70
Cloruro de sodio.....	9,87
Sulfato de sosa.....	5,04
Borato de sosa.....	13,43
Borato de cal.....	26,35
	<hr/>
	100,00

Tratando este cuerpo por el ácido clorhídrico en caliente, se obtendría el ácido bórico puro; tratando por el carbonato de sosa, también en caliente, se obtendría el bórax, y fundiéndole con silicatos alcalinos y plomizos, se podrían obtener directamente los baños borácicos.

En Inglaterra se hace entrar directamente el borato de cal nativo en la composición de los baños de las lozas finas; según Nathan Hacney, se lava y se le reduce al estado de polvo seco; se añade 25 por 100 de bicarbonato de sosa, mezclándolos mecánicamente; ya veremos la composición de los barnices en que entra el borato de cal al ocuparnos de los baños de lozas finas.

Boratos de plomo.—Tratando el nitrato de plomo por el bórax en disolución, se obtiene un polvo incoloro fusible que puede servir de fundente para el oro en las bajas temperaturas y que se usa para fijar el dorado sobre porcelana, tierra, cristal, etc.

Todos los boratos de plomo son completamente fusibles, y se emplean en el decorado de los objetos cerámicos.

Fundiendo en un horno de forja las tres mezclas siguientes:

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
Litargirio.....	116	372	372
Acido bórico cristalizado.	396	393	786

han dado: el núm. 1, una fundición sumamente fluida que produjo por el enfriamiento un vidrio homogéneo transparente, de un hermoso amarillo de miel; el número 2, una fundición muy líquida que produjo también un vidrio transparente, muy brillante, de un amarillo de azufre muy puro, y el núm. 3, una fundición líquida y un culote aburbujado, incoloro y transparente.

Cuando se hacen fundir boratos de plomo con pequeñas porciones de óxidos metálicos, se obtienen los mismos colores indicados en los silicatos; estos boratos son muy fusibles, y mezclados a los silicatos de las mismas bases, producen masas coloreadas muy resistentes y muy puras.

Bismuto.—El óxido de bismuto es muy fusible. Se combina, como el plomo, con la sílice y produce entonces un vidrio amarillento, insoluble, que se utiliza para fijar los metales preciosos en las cubiertas.

También el subnitrito de bismuto sirve para obtener el fundente de oro empleado para dorar los objetos cerámicos. Se obtiene fácilmente este cuerpo tratando directamente el bismuto por el ácido nítrico, el cual se disuelve; cristalizada esta disolución, se obtienen gruesos cristales que atraen la humedad y se disuelven completamente en poca agua, y agregando un exceso de ésta se forma un precipitado de subnitrito de bismuto o blanco de afeitte. Cuando se añade cloruro de sodio a una disolución de nitrato de bismuto, se obtiene el *blanco de perla*.

El óxido de bismuto se obtiene calcinando ligeramente el subnitrato.

Plomo.—El plomo no es atacable por el ácido sulfúrico, sino concentrado y en caliente el ácido nítrico mejor disolvente de este metal; el ácido clorhídrico, es el aun concentrado e hirviendo, le ataca muy débilmente.

Los compuestos de plomo son de gran aplicación por la gran fusibilidad de sus compuestos y por la facilidad con que se producen los silicatos de plomo y también por su baratura y por no necesitarse elevadas temperaturas para que dichos silicatos tomen las distintas coloraciones que se le pueden comunicar con varios ácidos metálicos.

Los compuestos de plomo más empleados son el minio, el litargirio y el óxido pulga, cuyas composiciones centesimales son:

	Litargirio.	Minio.	Oxido pulga (ácido plúmbico).
Plomo	93,18	90,65	86,25
Oxígeno	6,82	9,35	13,75
	100,00	100,00	100,00

Litargirio y masicot.—Se da el nombre de litargirio al óxido de plomo que ha sufrido la fusión, y el de masicot al mismo cuando está pulverulento. El primero es rojizo, y el segundo amarillento; sin embargo, el litargirio del comercio presenta coloraciones variadas, según que se ha enfriado más o menos lentamente, llegando hasta el rojo cuando el enfriamiento se ha verificado con la mayor lentitud.

Minio.—Cuando se calienta el masicot o el carbonato de plomo en contacto del aire y a una temperatura

suficiente, se transforma en un compuesto de protóxido y bióxido de plomo, que forma un polvo de un hermoso rojo anaranjado, llamado minio, que es el compuesto de plomo más empleado en cerámica.

No son iguales los minios según se hayan fabricado con el carbonato o con el masicot (óxido de plomo también llamado cal de plomo).

Los minios obtenidos por la calcinación del carbonato de plomo son de un color más vivo que el minio ordinario obtenido con el masicot; por otra parte, este último no se transforma en minio por una sola calcinación, necesitándose repetir dos y tres veces la operación para obtener un minio de buena calidad. De esto procede que haya diferentes clases de minio en el comercio.

Si se hace pasar una corriente de cloro sobre el minio puesto en suspensión en el agua, se forman cloruro y bióxido de plomo, que permanecen en suspensión en el agua, y lavando con un gran exceso de ésta, puede quitarse el cloruro, que es algo soluble, recogiendo en un filtro el bióxido solo.

El minio, tratado directamente por ácido nítrico en exceso, produce el nitrato de protóxido de plomo, que se puede separar del bióxido por repetidos lavados.

Se emplea en gran cantidad el minio en la fabricación de cristales, suministrando a la masa vítrea el plomo que se quiere introducir en ella; es preferible al litargirio, porque contiene un exceso de oxígeno que abandona al disolverse, y sirve para quemar las substancias orgánicas que pudieran accidentalmente existir. En las fabricaciones cerámicas se emplea muy abundantemente el minio, siendo uno de los elementos fusibles más

empleados para los baños de las lozas finas y ordinarias.

Uno de los motivos más importantes de ser el minio el compuesto de plomo de mayor aplicación, es que con él se corre menos peligro de que se produzcan reducciones de plomo, pues al ser calentado obra por sí mismo como materia oxidante por la cantidad de oxígeno que desprende por la elevación de temperatura.

Albayalde.—El carbonato de plomo, conocido en el comercio con el nombre de albayalde, cerusa o blanco de plomo, se suele emplear en las artes cerámicas en vez del litargirio o el minio; bajo la influencia del calor se descompone esta sal, perdiendo su ácido carbónico y produciendo un residuo fijo que es el protóxido de plomo puro.

Es la más pobre de las sales de plomo, y como, además, es relativamente caro, se emplea poco en cerámica.

MINERAL DE PLOMO

En las fabricaciones de productos ordinarios se emplea muchas veces el mineral de plomo conocido con el nombre de galena, alquifoux, *alcohol de alfarero*, muy abundante en la naturaleza, que es un sulfuro de plomo cristalizado en cubos brillantes con lustre metálico de un gris azulado.

Teóricamente su composición centesimal es:

Plomo.....	86,40
Azufre.....	13,60
	<hr/>
	100,00

pero, como es de suponer, el producto natural se aparta a veces mucho de estas cifras. Por regla general su riqueza en plomo es de 40 a 76 por 100, siendo las galenas españolas de Adra las que en más aprecio suelen tenerse en la industria cerámica.

Potasa.—Cuando se queman vegetales, quedan cenizas, las cuales contienen principalmente potasa y sosa al estado de carbonatos, sulfatos, cloruros, silicatos, etc.

Damos a continuación el resultado de varios análisis practicados por Berthier sobre las cenizas de diferentes árboles, haciendo observar de paso que no todas las cenizas contienen el mismo peso de elemento salino:

ELEMENTOS	Encina.	Tilo.	Alamo blanco.	Pinabeto.	Pino.
Potasa y más o menos sosa.....	64,10	60,24	79,50	65,40	47,00
Acido carbónico.....	24,00	27,42	17,00	30,20	20,75
Acido sulfúrico.....	8,10	7,53	2,30	3,10	12,00
Acido clorhídrico.....	0,10	1,80	0,20	0,30	6,60
Acido silícico.....	0,20	1,61	1,00	1,00	1,33

Los vegetales que crecen en el interior de las tierras, contienen principalmente potasa; los que viven en las costas marítimas, tienen por sal dominante la sosa.

Quando se tratan las cenizas de los vegetales por el agua, se disuelven las sales solubles, esto es, los carbonatos de potasa y sosa, los sulfatos y los cloruros, y evaporando a sequedad esta disolución, se obtiene un residuo que, si procede de las cenizas de leña, está principalmente compuesto de potasa, y si procede de

plantas marítimas, constituye generalmente una gran cantidad de sosa.

La casi totalidad de la potasa se extraía antiguamente de las leñas; pero tanto ella como la sosa procede en el día casi toda de los yacimientos salinos de Stassfurth (Alemania) y de la descomposición de la sal común. Recientemente, al parecer, se han descubierto en España riquísimos yacimientos parecidos al citado de Stassfurth.

La potasa comunica a la pasta de porcelana la transparencia y fusibilidad que caracterizan a este producto, y forma parte integrante del elemento vítreo de los baños de casi todos los productos cerámicos. Jamás se emplea la potasa al estado de hidrato de potasa en la fabricación de las pastas, sino que se hace uso de sus compuestos naturales, como las sosas y las arcillas, que la contienen en mayor o menor cantidad, o de sus sales como los carbonatos, silicatos, sulfatos, nitratos, etc.

Al calor rojo, el ácido silícico desaloja el ácido carbónico del carbonato de potasa, y el carbono al ácido sulfúrico del sulfato; el nitrato de potasa calentado convenientemente, se transforma en óxido de potasio anhidro, con desprendimiento de oxígeno y ázoe.

El valor de las potasas brutas del comercio es proporcional a la cantidad de carbonato de potasa puro que contienen, para lo cual es esencial determinar este valor; el procedimiento que para esto debe emplearse es el alcalimétrico que luego describiremos.

Sosa.—Durante mucho tiempo no se ha obtenido la sosa más que por el lavado de las cenizas procedentes de la combustión de las plantas marítimas. España abastecía la mayor parte, recibiendo el nombre de sosa

de Alicante o de Málaga, y en Francia se fabricaba también en alguna cantidad, conocida en el comercio con el de sosa de Narbona. El considerable desarrollo adquirido por la preparación de las sosas artificiales, ha desterrado la explotación de estas substancias.

La sosa o carbonato de sosa cristaliza en frío en gruesos cristales que contienen cerca de 63 por 100 de agua, existiendo varias combinaciones definidas de agua y carbonato de sosa, pero siendo ésta la más común.

El carbonato de sosa puede cristalizar con proporciones de agua menos considerables cuando lo verifica en una disolución caliente; los pequeños cristales granulados que se depositan en una disolución concentrada por ebullición, no contienen más que 18 por 100 de agua.

El carbonato de sosa calentado pierde con facilidad su agua de cristalización; fundiéndose al calor rojo en un líquido fluido que cristaliza por el enfriamiento, el agua hirviendo disuelve su peso de sosa del comercio, y el agua fría sólo disuelve la mitad.

El carbonato de sosa pierde su ácido carbónico bajo la influencia de una corriente de vapor, y se transforma en hidrato de sosa. La barita, la cal, la estronciana y la magnesia descomponen el carbonato de sosa, apoderándose del ácido carbónico y dejando en libertad la sosa cáustica.

El carbonato de sosa sirve para la fabricación del bórax o borato de sosa, y entra en la composición del vidrio, porcelana, fritas y baños de algunos productos cerámicos.

La potasa y la sosa forman con los silicatos de plo-

mo compuestos de mucha dureza y resistencia si se emplean en proporción no mayor de 20 ó 25 por 100 respectivamente, siendo frecuente que se empleen conjuntamente.

En su mezcla también deberá tenerse en cuenta el color que ha de darse al objeto cerámico. La potasa desarrolla bien los colores azules de cobre; en cambio la sosa desarrolla los verdes también de cobre, y mezclados se obtienen, si la potasa está en una proporción ligeramente mayor que la sosa, colores azul turquesa, y aumentando más la dosis de potasa el color será más azulado y si disminuyéndola será más verdoso.

Alcalimetría.—Por la desigual composición que presentan las potasas y sosas comerciales, y siendo su valor proporcional a la cantidad de potasa o sosa real que contienen; es de la mayor importancia tener medios exactos, al verificar las compras, para determinar el valor de los materiales que se tratan de adquirir.

El procedimiento de que se hace uso para valorar la riqueza de potasa o sosa utilizable contenida en los carbonatos del comercio, reposa en el hecho de que 590 partes de potasa o 390 de sosa, deben combinarse con 500 partes de ácido sulfúrico anhidro o con 612,50 partes de ácido hidratado para formar un sulfato neutro.

Potasa.—Gay-Lussac es autor de un procedimiento para el cual emplea un licor normal o de prueba, formado con ácido sulfúrico diluído en agua, conteniendo en cada litro 100 gramos de ácido de 66 grados, o lo que es lo mismo, 5 gramos por cada 50 centímetros cúbicos. Estos 5 gramos deben saturar 4 gramos, 816 miligramos de potasa pura anhidra; y si los dividimos en 100 partes, el número de estas partes empleadas en sa-

turar 4,816 gramos de una potasa cualquiera, representará el número de kilogramos de potasa pura contenidos en cada 100 kilogramos de la potasa bruta.

Salvetat explica del modo siguiente los detalles necesarios para practicar el ensayo:

Para preparar el licor de ensayo se usa un recipiente de vidrio de cuello estrecho, sobre el cual está marcada con una línea la altura o capacidad de un litro; se pesan con toda exactitud 100 gramos de ácido sulfúrico concentrado (66 grados), y se vierten en el recipiente antes dicho, lleno a medias de agua, agregándole después el resto hasta completar el litro.

Para facilitar el peso se toman 4,816 gramos de la substancia (potasa del comercio) que se trata de ensayar, y se hace disolver en el agua, de modo que el líquido ocupe medio litro o 500 centímetros cúbicos; si la disolución no es completa, se filtra el líquido para que esté bien claro, y se recoge en un recipiente que tenga señalada la capacidad antes dicha.

En un recipiente graduado se toman 50 centímetros cúbicos de esta disolución, que contendrá los 4,816 gramos de potasa bruta, y se colora este líquido con algunas gotas de tintura de tornasol, que tomará un tinte azulado; por medio de una bureta o recipiente largo, cuya capacidad está graduada por una escala, llena del licor ácido, que contendrá 50 centímetros cúbicos, divididos en 100 partes, se añade con precaución el licor normal ácido en la disolución coloreada de potasa cuyo valor se quiere determinar. Al principio se vierte sin interrupción el ácido suficiente para hacer tomar al tornasol el color de la hez de vino rojo obscuro, y después se sigue añadiendo gota a gota; para saber si la

coloración roja que toma el líquido alcalino, y que demuestra el término de la adición de ácido, es debido a la saturación de la potasa, o simplemente al desprendimiento del ácido carbónico, se hace cada vez que se agrega una gota más de líquido ácido, un trazo con el líquido coloreado, valiéndose de un agitador de cristal, sobre un papel azulado por el tornasol; si la coloración roja desaparece, es señal de que procede del ácido carbónico; y si permanece, es que ya está saturada toda la potasa contenida en la disolución; en este caso, viendo el número de divisiones gastadas de la pipeta del licor ácido, éstas son el número de kilogramos de potasa real contenidos en 100 kilogramos del carbonato puesto a la venta.

Sosa.—El método que conviene seguir para la determinación de la sosa del comercio, es exactamente igual al que acabamos de indicar para la potasa; se toma en este caso el peso equivalente de la sosa para hacer la prueba, que es de 31,61 gramos para la disolución primera de la sal, que dará 3,161 para los 50 centímetros cúbicos, que es el peso de sosa cáustica saturada exactamente por 5 gramos de ácido sulfúrico a 66 grados.

Nitrato de potasa.—Es un oxidante fácil de descomponer. En la composición de las *fritas* se hace entrar el nitrato de potasa para introducir la potasa en la pasta; el nitrato de potasa se conoce en el comercio con el nombre de nitro, salitre y sal de nitro, y contiene generalmente cloruros y muchas veces sulfatos, que lo impurifican.

Sulfato de potasa.—Una disolución de carbonato de potasa saturada de ácido sulfúrico, produce después de la evaporación cristales anhidros de sulfato de potasa,

que funden al calor rojo sin descomponerse. Si el sulfato de potasa fuese más barato, podría utilizarse ventajosamente en la composición de los vidrios.

Nitrato de sosa.—Esta sal podría reemplazar al nitrato de potasa en todas sus aplicaciones a la cerámica, pero es poco usual.

Sulfato de sosa.—Se prepara este cuerpo descomponiendo la sal común o cloruro de sodio por el ácido sulfúrico. Hoy viene casi exclusivamente de Stassfurth.

El sulfato de sosa sirve para fabricar el carbonato de sosa; estos dos cuerpos se obtienen en el mismo horno, que para ello tiene dos compartimientos; el uno, más inmediato al hogar, sirve para la obtención del carbonato, y en el segundo se coloca la sal común, sobre la que se hace caer ácido sulfúrico. No es nuestro ánimo, ni éste el conveniente lugar para ocuparnos de esta fabricación y de las mejoras recientemente introducidas en ella, que darían por sí solas lugar a un volumen especial, y sólo diremos que, según el procedimiento seguido en Marsella, en donde este cuerpo se obtiene con gran abundancia por sus inmensas aplicaciones a la fabricación de jabones, con un horno cuyo primer compartimiento tiene 3,3 metros de largo por 2,65 de ancho, y el segundo 2,65 metros de largo por 2,30 de ancho, se puede descomponer en veinticuatro horas 1.600 kilogramos de sal marina por medio de 2.000 kilogramos de ácido sulfúrico a 50 grados, y se obtienen 2.000 kilogramos de sulfato de sosa que, mezclados con 200 kilogramos de creta y 1.000 kilogramos de polvo de carbón, dan por resultado 1.300 kilogramos de carbonato de sosa de buena calidad. Los productos modernos llamados sosas Solvay, obtenidas

por el método debido a este químico, son más puras que las obtenidas por el procedimiento antes descrito debido a Leblanc. Hoy se fabrican por ambos procedimientos, pues en ciertos aspectos el procedimiento de Leblanc lleva ventaja al de Solvay.

El empleo del sulfato de sosa es muy considerable en la industria; aparte de ser la base de la fabricación de los carbonatos, y, por lo tanto, de los jabones, se emplea en la composición de algunos vidrios; mezclado en convenientes proporciones con el carbón, produce en presencia de la sílice desprendimiento de ácido sulfuroso y formación del silicato de sosa.

COLORURO SÓDICO

En vez del carbonato sódico, algunos industriales emplean el cloruro sódico o sal común.

El cloruro sódico no puede dar directamente silicato sódico con la sílice, pero en presencia de vapor de agua y de gases reductores, que estén a temperatura elevada, se transforma en silicato con desprendimiento de cloro y de ácido clorhídrico.

II.—Materias infusibles que se vitrifican al estar en contacto de las materias fusibles.

Esta clase de materias son principalmente productos en los que entran:

- sílice
- alúmina
- cal
- barita
- estronciana
- magnesia

que se introducen en las mezclas empleadas en las fábricas de productos cerámicos, bajo las formas siguientes:

La *silice* en forma de:

- arena silíceas de vidrieros
- arena amarilla ferruginosa
- arena de Nevers
- silice o cuarzo calcinado pulverizado.

La *alúmina* en forma de:

- alumbre potásico
- alumbre sódico

La *cal* en forma de:

- creta
- mármol
- espatofluor (fluoruro cálcico)
- fosfato cálcico
- sulfato cálcico.

La *barita*, la *estronciana* y la *magnesia* en forma de:
carbonatos
sulfatos,

y además se emplean el feldespato, la pegmatita y la mica ya descritas y la criolita que son de infusibilidad relativa.

Silice.—El silicio no forma con el oxígeno más que una combinación llamada ácido silícico o sílice, el cual se encuentra abundantemente en la naturaleza; al estado aislado, la sílice forma el cristal de roca o ácido silícico cristalizado, el cuarzo, las arenas, el gres, etc.

Las más altas temperaturas de nuestros hornos no eran suficientes para fundir el cristal de roca, pero hoy la sílice (ácido silícico) se funde bien en el horno eléctrico (2000 grados), transformándose en un vidrio trans-

parente, a veces sólo translúcido, parecido al cristal de roca, que puede sin alterarse someterse a todos los reactivos a la temperatura ordinaria del rojo, formando vidrios muy alcalinos y solubles.

La sílice producida artificialmente no tiene la misma insolubilidad que la natural, logrando disolverla en líquidos alcalinos.

La sílice empleada como cemento o como fundente para producir silicatos fusibles, es facilitada por el cuarzo hialino en masa, por el cuarzo al estado de arena pura y por el sílex pirómico.

Si fundimos en un crisol de platino una parte de cuarzo reducido en polvo fino con cuatro partes de carbonato de potasa o sosa, formamos un silicato alcalino completamente soluble en el agua; si el líquido se diluye en agua y se le añade ácido clorhídrico hasta que presente una reacción ácida, el ácido silícico es separado de su combinación con la potasa, pero queda en suspensión en el líquido al estado de gelatina transparente y no puede separarse por filtración si, por el contrario, el silicato alcalino ha sido disuelto en una pequeña cantidad de agua caliente, y el ácido clorhídrico se ha añadido en un líquido concentrado, el ácido silícico se deposita bajo la forma de copos gelatinosos, que se pueden separar por filtración.

Esta sílice hidratada, llamada sílice gelatinosa, pierde muy fácilmente su agua y se presenta bajo la forma de un polvo harinoso, blanco y ligero, que se vuelve muy duro por la calcinación. Ya hemos dicho que las arcillas están formadas esencialmente de sílice, alúmina y agua; pero ni el uno ni el otro de estos cuerpos aislados tiene propiedades plásticas.

Alúmina.—La alúmina anhidra es blanca, se pega a la lengua y es infusible a las mayores temperaturas de los hornos industriales, fundiéndose a la llama del soplete de gas oxígeno e hidrógeno, bajo la forma de glóbulos incoloros y transparentes, que toman, al enfriarse, una forma cristalina. La alúmina no se descompone por el calor; cuando se la calienta con el nitrato de cobalto, se colora en azul muy vivo, y con el nitrato de magnesia toma un color rosa pálido.

Cuando se somete a la acción del fuego de los hornos de porcelana una mezcla de cuatro partes de bórax fundido y una parte de alúmina pura, ésta se deposita con todos los caracteres del corindón, que es la piedra preciosa que sigue al diamante en dureza, la cual recibe el nombre de rubí cuando está colorada en rojo vivo, topacio oriental si es amarilla, zafiro si es azul y amatista si es púrpura o violeta. Si hubiere necesidad de prepararse la alúmina por sí mismo, se recurre a precipitar una disolución de alumbre por un exceso de carbonato amónico; el precipitado gelatinoso blanco debe lavarse bien con agua hirviendo; desecado y calcinado, da la alúmina anhidra.

También puede usarse el amoniaco en vez del carbonato amónico, y asimismo, puede utilizarse la calcinación del nitrato de alúmina. El procedimiento de calcinar el alumbre amoniacal no es recomendable, porque es muy difícil eliminar completamente el ácido sulfúrico y el sulfato amónico durante la calcinación.

Se encuentra la alúmina hidratada en la naturaleza; el *diásforo* y la *gibsita* no son más que hidratos de alúmina.

La alúmina hidratada abandona la gran cantidad de

agua que contiene al color rojo; insoluble en el agua poco soluble en el amoniaco, es insoluble en el sulfhidrato y carbonato amónico, pero es muy soluble en la potasa y en la sosa, y el amoniaco no la precipita de sus disoluciones.

La alúmina empleada en cerámica ha de estar limpia de hierro, lo cual muchas veces es difícil de conseguir.

CRIOLITA

Es un fluoruro alumínico sódico que se hace entrar en la composición de ciertos vidrios opalinos.

Su composición teórica es:

Fluor.....	54,18
Alúmina.....	13,02
Sodio.....	32,80
	<hr/>
	100,00

Es uno de los minerales más fusibles, pues basta la llama de una bujía para que principie a fundir.

Su aplicación presenta serios inconvenientes.

Cal.—La cal y sus compuestos presentan un gran interés a los fabricantes de productos cerámicos; pero de todas ellas el carbonato de cal es el más empleado. El carbonato, el fosfato, el silicato, el sulfato, el borato, etcétera, se presentan en variadas formas y sin gastos excesivos.

Cuando la piedra caliza o carbonato de cal es sometida a una elevada temperatura, se obtiene la cal viva o protóxido de calcio, cuyo estado de pureza depende de la mayor o menor pureza del carbonato.

Se emplea el carbonato como materia antiplástica,

en la pasta de los productos comunes, de las lozas ordinarias y de varias porcelanas.

Sirve también como fundente en la composición de vidrios y en un gran número de baños y cubiertas.

Las calizas empleadas como fundentes no suelen ser carbonato de cal puro, pero cuando las materias extrañas son combustibles, estas calizas pierden su color con el fuego; las cretas proporcionan calizas suficientemente puras.

Cuando la temperatura de cocción de los objetos cerámicos no es bastante fuerte para descarbonatar la caliza, como en los hornos de loza y cacharros comunes, sirve ésta como cemento, y los objetos producen efervescencia con los ácidos; cuando la elevación de temperatura es suficiente, como en los hornos de porcelana, el ácido carbónico se desprende y no es entonces el carbonato de cal el que juega el papel de cemento, sino la cal que obra como fundente. Se calcula que en las composiciones entra 0,56 de cal pura del peso de la caliza empleada.

FLUORURO CÁLCICO

La naturaleza ofrece esta combinación en forma de espato fluor, mineral que también se conoce con el nombre de fluorina.

El fluoruro cálcico es fusible y queda entonces en forma de vidrio transparente.

En oposición al criterio de Salvetat, que suponía que el fluoruro cálcico solo obraba, cerámicamente hablando, por su cal al estar mezclado con otros silicatos, Lautti dice que el fluoruro cálcico da a las cubiertas mucha más fusibilidad que la cal, y son, además,

mejor vitrificadas y los óxidos colorantes se disuelven en ellas mejor que en las que contienen creta.

Una mezcla de

Fluoruro cálcico.....	26	partes.
Kaolín calcinado.....	30	»
Sílice.....	52	»

da una buena cubierta para la porcelana tierna (1300 grados).

El fluoruro cálcico se emplea también para preparar colores al fluor, por ejemplo, el fluosilicato de cromo.

Atacando el espato fluor pulverizado por el ácido sulfúrico concentrado, se obtiene el ácido fluorhídrico, también aplicado en determinadas operaciones cerámicas.

Sulfato de cal.—La combinación de la cal con el ácido sulfúrico, existe en la naturaleza en dos estados: el yeso o piedra de este nombre y la anhidrita. El yeso o sulfato hidratado contiene ordinariamente.

Sulfato de cal.....	70,39
Agua.....	18,77
Carbonato de cal.....	7,63
Arcilla.....	3,21

100,00

Este sulfato es poco soluble en el agua, puesto que a la temperatura ordinaria 1,000 partes de agua sólo disuelven 2 de sulfato; la solubilidad aumenta algo con la temperatura hasta 35 grados, a los cuales la misma cantidad de agua dicha disuelve 2,54 de sulfato de cal, pero a 100 grados ya no disuelve más que 2,17. La disolución de sulfato de cal evaporada lentamente de-

posita pequeños cristales brillantes de la misma forma que la anhidrita.

El sulfato de cal calentado a 130 grados, abandona completamente el agua y se transforma en yeso; cuando se le humedece, recobra prontamente su agua y forma una pasta que se endurece en seguida, y en esta propiedad está fundado su empleo en las diversas necesidades de la construcción y de la industria.

El sulfato de cal se altera al contacto prolongado de las substancias orgánicas, y se reduce al estado de sulfuro de calcio, dando lugar, bajo la influencia del ácido carbónico y del aire, a la producción del hidrógeno sulfurado. Este notable fenómeno se produce en el repodrido de las pastas.

Cuando se calienta al rojo vivo el sulfato de cal, íntimamente mezclado con arena, abandona el oxígeno y el azufre, que forman el ácido sulfúrico que contiene, formando oxígeno y ácido sulfuroso; se produce silicato de cal que se puede activar con la presencia del vapor de agua. Por esta razón, el sulfato de cal no obra sobre las pastas cerámicas sino por la cal que contiene.

Cloruro de cal.—Se da este nombre en el comercio a una mezcla de hipoclorito de cal, de cloruro de calcio y de cal hidratada, que se obtiene saturando incompletamente la cal apagada por el cloro.

Se emplea en algunas operaciones para purificar ciertos óxidos, como los de cobalto y níquel, y es muy ventajoso para disolver los metales preciosos, como el oro y el platino, cuando se quieren quitar de piezas que no se pueden sumergir en disoluciones ácidas ni romper en pedazos pequeños; se emplea también en el desdorado de la porcelana rota.

El mejor método para desdorar la porcelana rota, consiste en colocar los fragmentos en una cápsula de porcelana llena de agujeros y sumergir esta cápsula en un recipiente de gres que contenga agua regia calentada a 70 grados.

Cuando el oro está disuelto, se separa la cápsula y se la sumerge en agua limpia con los trozos que contiene para que se laven bien, repitiendo la operación sobre unos nuevos fragmentos, valiéndose de los mismos líquidos. Se reúnen después todas las aguas de lavado, se precipitan por el sulfato ferroso y el precipitado se recoge por filtración.

Barita y estronciana.—Algunas veces se han empleado, incidentalmente estos productos, en forma de carbonatos para ciertas cubiertas y fundentes. Son productos muy parecidos al carbonato cálcico de que se ha hecho mención anteriormente.

El hierro y el manganeso, que suelen impurificar los carbonatos citados, pueden ser perjudiciales.

Magnesia.—El oxígeno no tiene con el magnesio más que una combinación llamada magnesia, que forma varias combinaciones con la sílice, generalmente hidratadas, por más que existen algunos silicatos anhidros.

La magnesia no se encuentra en la naturaleza al estado libre. Las artes cerámicas la emplean en sus pastas en combinación con la sílice y el ácido carbónico; el silicato y el carbonato de magnesia se encuentran abundantemente en la naturaleza. El mineral llamado magnetita, que se encuentra en Vallecas, y el talco, son silicatos de magnesia hidratados; la serpentina es un silicato de magnesia combinado con el hidrato de magnesia; la *dolomía*, que constituye rocas considerables en

muchas comarcas, especialmente en los Alpes, no es más que un carbonato doble de cal y magnesia.

La magnesia se obtiene al estado libre por varios procedimientos: es un polvo blanco infusible, menos soluble que la cal en el agua, e insoluble también en la potasa y en la sosa.

La magnesia cáustica es un contraveneno muy eficaz en los casos de envenenamiento por el ácido arsenioso; se combina con este ácido formando un compuesto insoluble que no ejerce acción corrosiva; es bueno que la magnesia en este caso esté al estado de hidrato o que no haya sido calcinada, y no puede sustituirse para el objeto con el carbonato. En contacto con el agua, la magnesia retiene un equivalente, que abandona cuando se la calienta convenientemente.

El *talco* y la *esteatita* suelen mezclarse a veces en pequeña cantidad a las pastas cerámicas; su plasticidad es pequeña y su molido difícil. El talco, usado en la cubierta, da a los objetos un lustre argentino o dorado como el de los objetos groseros de la India. En Portugal se emplea arena blanca talcosa en la fabricación de porcelanas; en una fábrica, cerca de Turín, se añade talco blanco a las demás bases magnesianas y arcillosas empleadas en la confección de productos cerámicos.

III.—Materias que dan opacidad a las cubiertas.

Esta clase de materias es bastante numerosa. De ellas son las siguientes:

Bióxido de estaño.

Óxido blanco de antimonio.

Óxido verde de cromo.

Óxido rojo de hierro.

Fosfato cálcico.
Óxido zíncico.

ESTAÑO

El estaño es la materia que preferentemente se ha venido empleando para dar opacidad a las cubiertas y se emplea ya en forma metálica calcinándolo con el plomo, ya en forma de bióxido de estaño o ácido estáñico.

El bióxido de estaño se obtiene atacando el estaño metálico en granalla con el ácido nítrico que va añadiéndose por pequeñas porciones para evitar una efervescencia demasiado viva. Los gases desprendidos en esta operación son muy peligrosos de respirar. El polvo que se ha recogido en el fondo del recipiente en que se ha efectuado el ataque, se lava varias veces con agua por decantación. Luego se pone a secar a temperatura moderada.

Muchas veces se substituye este bióxido por el óxido blanco de antimonio que resulta más económico, pero entonces no puede haber plomo en la cubierta, pues de lo contrario no se obtiene un blanco tan puro ni opaco. Con el plomo el blanco es muy amarillento.

Potea de estaño.—Se da este nombre a una mezcla íntima de óxidos de plomo y estaño, que se obtiene del siguiente modo: Se toman 3 partes de plomo y una de estaño y se someten al rojo en un crisol, a cuya temperatura esta aleación es inflamable, y continúa ardiendo hasta que se ha oxidado completamente; terminada la oxidación, se muele la potea, obteniéndola por lavados consecutivos al estado de finura que se desee. Según la relativa proporción de plomo y estaño, puede obtenerse

una potea cuyo color puede presentar todos los tonos, desde el gris al amarillo rojizo.

Óxido de antimonio.—Es el químicamente llamado óxido antimonioso, que es blanco soluble en los ácidos clorhídrico, sulfúrico y tártrico. La elevación de temperatura lo hace pasar de blanco a amarillo, pero recobra su color blanco al enfriarse. Calentado a la temperatura del rojo se transforma en antimoniato de antimonio.

Se emplea sobre todo en la preparación de esmaltes.

ÓXIDO VERDE DE CROMO

Es la materia que comunica mayor opacidad, pues basta 1 por 100 para cubrir completamente la transparencia de todas las cubiertas.

Al propio tiempo comunica fuerte color verde pardo rojo o rojo como ya se indicará luego al hablar de los colorantes.

ÓXIDO ROJO DE HIERRO

También comunica opacidad a las cubiertas y les da coloración que varía entre amarillo anaranjado a pardo violeta, según la temperatura que alcance la cocción.

Luego hablaremos de este producto.

Fosfato de cal.—El fosfato de cal que actualmente se emplea en la confección de porcelanas, no se toma del reino mineral, en el que es muy raro en grandes masas, siendo objeto a veces de una explotación y purificación muy difíciles. Se podría acaso emplear la fosforita de Cáceres o Logrosán, las cuales contienen una cantidad mayor o menor de sílice que habría que tener en cuenta en el dosado o reunión de pastas.

El fosfato de cal, usado en los procedimientos cerá-

micos actuales, se extrae de los huesos de grandes animales que vienen de América y de Irlanda, consistentes principalmente en huesos de buey, rechazándose por colorear las pastas los de caballo y cerdo. Estos huesos, lavados y desengrasados por ebullición en grandes calderas, se calcinan, ya al aire libre, ya en vasijas cerradas de hierro, en las que se les somete a la destilación para extraer el carbonato amónico, el cual se transforma en sal amoníaco por su contacto con la sal común. Los huesos quedan después de la destilación coloreados por el carbón que no ha ardidido, y se hace desaparecer este defecto por nuevas calcinaciones en hornos a propósito, de los que salen perfectamente blancos. Se pulverizan finalmente para hacerlos entrar en seguida en la confección de las pastas.

Las cenizas de hueso están formadas de $\frac{4}{5}$ de fosfato de cal y $\frac{1}{5}$ de carbonato de cal.

El fosfato de cal mezclado en pequeñas proporciones comunica fusibilidad al feldespato; es uno de los elementos necesarios en las pastas con las que se hacen por moldeo los botones cerámicos, de cuya industria nos ocuparemos en la tercera parte de esta obra. Introducido en pequeña cantidad en el vidrio o cristal, queda en suspensión, a la manera que la cal lo hace en la lechada, para formar substancias opalinas que conservan todas las cualidades de los objetos vítreos menos su transparencia.

IV.—Materias colorantes.

Las materias introducidas en las cubiertas para decorarlas por convenientes proporciones, mezclas y temperaturas, son, principalmente, las siguientes:

Sales de:	Colores producidos.
Cobalto.....	Azules.
Cobre.....	Verde. Azul turquesa. Rojos.
Cromo.....	Verdes. Amarillos. Rojos.
Hierro.....	Amarillos. Rojos.
Manganeso.....	Violetas. Pardos.
Urano.....	Amarillos.
Antimonio.....	Amarillos.
Titano.....	Amarillos.
Oro.....	Rosas y púrpuras.
Plata.....	Amarillos.
Platino.....	Grises.
Níquel.....	Grises.
Iridio.....	Grises.

Cobalto.—El cobalto se emplea en las coloraciones al estado de óxido, y es el que da en las artes cerámicas el color azul más hermoso, sea la que quiera la temperatura de cocción; sirve además para la preparación de los grises, negros, verdes, etc. Los azules de mejor matiz son los obtenidos con las cubiertas a base de silicato potásico y si al cobalto se añade un poco de óxido de cobre el azul es todavía más hermoso.

Para obtener distintos matices de azul se le adicio-

nan, a veces, los colorantes que se citan a base de hierro, manganeso, urano, cromo y cobre. La preparación del óxido de cobalto es larga, y nadie probablemente, salvo los fabricantes especiales, trata el mineral bruto con objeto de obtenerlo.

Esmalte.—Se encuentra en el comercio un silicato de cobalto conocido con el nombre de esmalte, que se emplea en la pintura sobre vidrio y porcelana, así como para azular el papel; este silicato es inalterable a temperaturas elevadas.

Aluminato de cobalto.—Se obtiene para la pintura de porcelana un óxido azul muy estimado, cuyo tono equivale al del Ultramar artificial, porfirizando juntamente y calcinando al rojo blanco una mezcla de tres partes de hidrato de alúmina y una parte de óxido de cobalto, o bien disolviendo en ácido nítrico la misma mezcla, evaporando a sequedad y calentando en un crisol hasta la completa descomposición de los nitratos formados.

Óxido de cobre.—En las cubiertas de los objetos cerámicos muy antiguos, se ha hecho uso de los óxidos de cobre para las coloraciones verdes y azules.

Los egipcios y los persas los empleaban, y del cobre, en un estado mínimo de oxidación, han tomado los chinos las hermosas coloraciones púrpuras y rojas que no se ven aún más que en sus porcelanas; se emplean los óxidos de cobre para colorear en azul y verde las lozas finas y ordinarias y otros muchos productos.

El óxido de cobre, que suele encontrarse en la naturaleza, ya en masas de un hermoso rojo, dotadas a veces de reflejos vítreos, ya también en forma de hermosos cristales rojos, o que también puede obtenerse artifi-

cialmente, comunica a los fundentes y fluidos vítreos un hermoso color rojo rubí.

El óxido de cobre (subóxido) se obtiene artificialmente por varios procedimientos. Según Malaguti, se ponen a fundir juntos a un calor suave 100 partes de sulfato de cobre y 57 de carbonato de sosa cristalizado; la masa obtenida se pulveriza y se mezcla con 25 partes de limadura de cobre, colocando esta mezcla en un crisol y calentando al rojo blanco durante veinte minutos; se pulveriza la materia fría y se lava, quedando su residuo de un rojo tanto más bello cuanto más se le haya saturado y lavado.

Se obtiene también el óxido de cobre hidratado tratando por la potasa una disolución de cloruro de cobre, precipitándose entonces aquél en la forma de un polvo amarillo que absorbe con prontitud el oxígeno del aire.

El protóxido de cobre, que es la base de los verdes y azules empleados en la coloración de los barnices plomizos que se aplican sobre los objetos ordinarios, se prepara fácilmente disolviendo el cobre en el ácido nítrico, y después de evaporar la disolución hasta la sequedad, se calcina el residuo en un crisol; se obtiene de este modo un polvo negro sin brillo, que es el óxido que se desea.

Cuando se añade una disolución de potasa cáustica a otra de una sal de cobre, se forma un precipitado azul gris, que es un hidrato de óxido de cobre; este hidrato pierde tan fácilmente su agua por el calor, que basta hacer hervir la disolución en la que se le ha precipitado para que se transforme en polvo negro de óxido anhidro. El hidrato de protóxido de cobre se disuelve en

el amoníaco, produciendo una disolución de un hermoso azul ligeramente violáceo, que se llama agua celeste.

Oxido de cromo.—Antes del descubrimiento del cromo por Vauquelin, los verdes de la porcelana dura faltaban completamente. La fijeza del óxido de cromo en presencia de los silicatos aluminosos a elevadas temperaturas, le hizo emplear como materia colorante; después se le empleó como color de mufla, y hoy se emplea en todas las circunstancias.

Entre los numerosos procedimientos por los que se puede obtener el óxido de cromo perfectamente puro, se distinguen los cuatro siguientes:

1.º Cuando se descompone el bicromato de potasa por el calor, se desprende oxígeno, y el residuo de la operación está formado por una mezcla de óxido de cromo y cromato neutro que se puede separar por el lavado. Por este procedimiento se obtiene un verde muy agradable, pero de un empleo difícil.

2.º Si se trata el cromato de potasa por el ácido clorhídrico hirviendo y concentrado, agregando un poco de alcohol para facilitar la reducción del ácido, se obtiene el protocloruro de cromo, del que se precipita el cromo al estado de hidrato de protóxido por la adición del amoníaco: se pone sobre un filtro, se lava con agua caliente y se calcina el hidrato preparado de este modo. En muchos casos este óxido puede ser empleado ventajosamente para los verdes azulados, que deben ser mezclados en determinadas proporciones con los cobaltos, produciendo verdes de notable pureza.

3.º Cuando se somete a una temperatura elevada una mezcla de dos partes de bicromato de potasa y una

parte de flor de azufre, la masa se hincha y se forma óxido de cromo a veces cristalizado, y mezclado con el sulfato de potasa y el sulfuro de potasio, que se quitan por un lavado abundante; esta preparación se hace colocando la mezcla al aire libre e inflamándola; la incandescencia se propaga hasta el centro de la masa.

4.º El cromato de protóxido de mercurio, descompuesto por el calor, deja un hermoso óxido de cromo pulverulento de muy fácil empleo.

Cualquiera que sea el procedimiento seguido en la obtención del óxido de cromo, empleado solo, no produce más que tonos verdes o verdes pardos. Es necesario, para variar el tono, combinarle con los óxidos de cobalto, zinc o alúmina.

Hierro protoxidado.—Cuando se deja enfriar lentamente al contacto del aire un trozo de hierro enrojado al fuego, se oxida su superficie formándose una película negra que se desprende a los golpes, llamada batidura de hierro; estas bataduras son el protóxido de hierro impuro; se obtiene el protóxido de hierro hidratado vertiendo una disolución de potasa cáustica en una sal de protóxido de hierro; se forma un precipitado blanco que enverdece prontamente al aire absorbiendo oxígeno. Este protóxido de hierro colora los fundentes en verde oscuro.

Peróxido de hierro.—Esta es una de las substancias más importantes en la preparación de los colores vitrificables. Solo, produce el color rojo, cuyo tono es variable desde el rojo anaranjado hasta el pardo violeta, pasando por una multitud de tintas intermedias, como rojo claro, carmín, etc.; con el óxido de manganeso, forma un gris oscuro; con el óxido de cobalto, produce

negros variables desde el gris al negro intenso; con la alúmina, produce el amarillo anaranjado, y con el óxido de zinc, da el pardo anaranjado. El peróxido de hierro entra esencialmente en la composición de los amarillos permitiéndoles variar de intensidad y comunicándoles la preciosa cualidad de poder mezclarse a otros tonos, sin hacerlos desaparecer ni alterarlos.

Los colores de hierro aplicados a la pintura de mufla son sólidos; resisten muy bien al calor de 700 grados, conservando los tonos más delicados, cuando están bien preparados. Desgraciadamente, según manifiesta Salvetat, no sucede lo mismo a temperaturas más elevadas; en estas condiciones, el óxido de hierro puede desaparecer completamente, disolviéndose en el baño y pasando al estado de silicato casi incoloro si la cubierta está en exceso, o al estado de peróxido, de un pardo rojizo sucio, llamado laca oscura, todo lleno de manchas.

Óxido de hierro natural.—El óxido de hierro, muy abundante en la naturaleza, no se presenta jamás en una composición constante, a propósito para emplearse directamente en la decoración cerámica. Los ocres, las tierras de sombra y de siena, que ofrecen diversos grupos en relación a su composición, no deben pasar a componer los colores vitrificables sino después de numerosos ensayos destinados a conocer, no sólo su tono, sino la fusibilidad que pueden adquirir mezcladas a los fundentes con que se emplean.

Preparación del óxido de hierro.—Se obtiene este cuerpo por la calcinación del sulfato de hierro; el color que conserva, depende, no solamente de la temperatura a que se le ha sometido, sino de la prontitud con que se

ha elevado a ella. Vamos a dar algunos ligeros detalles de su preparación, porque ésta suele practicarse en las mismas fábricas de productos cerámicos.

Se escoge la caparrosa verde (sulfato de protóxido de hierro) bien cristalizada; cuando los cristales están bien limpios, se machacan y se exponen por algún tiempo a un calor bastante flojo, para que no se fundan en su agua de cristalización, que se les quita por este medio. Se reduce a polvo fino la masa blanca que resulta de la desecación, y se coloca en capas delgadas, sobre cápsulas de porcelana anchas y planas, las cuales se introducen en una mufla, y se aumenta la temperatura progresivamente al rojo, observando a cada momento el color que va tomando el óxido, para lo cual se tiene una espátula de platino, con la que se retiran muestras de vez en cuando, y cuando ha tomado el color que se desea, se suspende el fuego dejando enfriar lentamente la mufla.

Calcinado de este modo el hierro, toma los colores de amarillo anaranjado, rojo, carmín, pardo rojo y rojo violeta. Cuando la mufla se ha enfriado, se retira el óxido y se lava con agua hirviendo y se deja secar. Preparado de este modo el óxido de hierro, no contiene más cuerpos extraños que indicios de alúmina procedentes del sulfato descompuesto.

Por este procedimiento no se pueden obtener sino los tonos más o menos rojos, ni poder llegar al pardo amarillo ni al amarillo de ocre.

Para obtener un óxido de hierro conveniente a la confección de estos colores, se debe emplear hidrato de peróxido de hierro, procedente de la descomposición espontánea del sulfato de protóxido. Se pone para esto

la caparrosa en un recipiente con gran exceso de agua, y se abandona la disolución a sí misma durante quince días, teniendo cuidado de removerla de tiempo en tiempo. El sulfato se descompone, dando origen a la formación de un depósito amarillento que se decanta y se lava con objeto de purificarle; la exposición al aire basta para secar este óxido, del que se hace un buen uso.

El hidrato de peróxido de hierro precipitado de sus disoluciones por la potasa, el amoníaco o la sosa, es preferible para la preparación de los colores pardos, los grises y los negros.

Sulfato de protóxido de hierro.—Este sulfato, conocido generalmente con el nombre de *caparrosa verde*, se obtiene en cristales de un hermoso verde claro por medio del hierro y el ácido sulfúrico diluído en agua.

Cuando la caparrosa procede del tostado de las piritas, está impura y cargada de sales extrañas y no se debe emplear para preparar los colores; pero conviene para precipitar el oro de sus disoluciones de agua regia.

Cuando se emplea el hierro para obtener la caparrosa por medio del ácido sulfúrico, el sulfato obtenido está limpio de substancias extrañas, y puede empleársele en la confección de rojos para los colores.

Oxido de manganeso.—Este cuerpo es de grandes aplicaciones en la decoración de los objetos cerámicos; se emplea en la preparación de negros para el esmalte, reemplazando ventajosamente al óxido de cobalto, que cuesta más caro, sin producir tan buenos resultados; resiste bien el fuego, por lo que puede empleársele combinado con el hierro en la preparación de los pardos de escama.

El óxido de manganeso se emplea en la fabricación de algunos barnices al estado mineral, tal cual la naturaleza le presenta; se emplea el peróxido nativo para dar a los productos comunes barnizados con el óxido de plomo, las tintas pardas que se suelen ver en algunos. La preparación de un óxido de manganeso puro es muy fácil.

Se calienta suavemente el mineral de manganeso, convenientemente triturado, con el ácido clorhídrico, produciéndose la disolución, con desprendimiento de cloro, y cuando ha cesado todo el desprendimiento de gases, se añade agua en exceso, se decanta el líquido claro y después se le agrega una disolución de amoníaco o de potasa, igualmente diluída en agua, y se agita sin cesar; se forma de este modo un precipitado que se abandona a sí mismo por algún tiempo, y después se lava con agua abundante y se separa por filtración o decantación, secándole y calcinándole.

De este modo se obtiene el óxido rojo de manganeso, que contiene una mezcla de protóxido y sesquióxido. Los ácidos enérgicos le disuelven completamente cuando están concentrados, y diluídos se disuelven también en caliente. El ácido nítrico diluído no disuelve más que el protóxido de manganeso, dejando el sesquióxido como residuo.

Carbonato de manganeso.—En el estado natural, el carbonato de manganeso es anhidro y contiene siempre hierro y cal al estado de carbonatos. Se le obtiene más puro, pero hidratado, agregando una disolución de carbonato de sosa a una disolución de protóxido pura. El carbonato de manganeso es soluble en un exceso de ácido carbónico; se emplea con ventaja este carbonato

en la fabricación de esmaltes coloreados en violeta, cuando se tiene presente que el manganeso no debe estar en contacto con el hierro porque modifica su color.

Antimoniatos.—En cerámica se emplean también algunos antimoniatos; por ejemplo, el de potasio, el de hierro y el de plomo. El primero sirve para preparar este último. Al antimoniato de plomo se le adicionan a veces otras substancias tales como óxido de zinc y óxido de hierro, para modificar sus coloraciones. Este antimoniato de plomo se encuentra en el comercio con el nombre de *amarillo de Nápoles*, de composición muy variable; se puede preparar ya partiendo como se ha dicho, del antimoniato potásico, ya calentando el ácido antimónico (que es el óxido antimónico Sb^2O^3 de los químicos) mezclado con minio. Otros prefieren prepararlo calcinando una mezcla de óxido de plomo y óxido de antimonio.

Oro.—El oro puro produce el dorado amarillo; aleado con la plata, produce el oro verde. El oro sirve para colorear el vidrio en rojo rubí, y las pastas cerámicas en carmín, púrpura y violeta.

El oro empleado en los productos cerámicos no debe contener cobre, porque éste, oxidándose, quitaría el mérito que tiene el oro por su brillo e inalterabilidad. Para preparar el oro en conveniente estado para emplearse, es necesario proceder con algunas precauciones.

Se puede obtener oro puro de las monedas y objetos disolviéndolos en agua regia y concentrando la disolución para desalojar el exceso de ácidos; la plata formará un cloruro de plata que se precipitará y puede separarse por lavados; el líquido resultante diluido se

trata por el sulfato ferroso, que da lugar a la precipitación del oro en forma de polvo pardo, que se deja sedimentar; se decanta el líquido que contiene el cobre y el hierro sobrante, y el precipitado se lava con bastante agua; en el precipitado de oro puede depositarse algo de peróxido de hierro, que se quita lavándole con agua hirviendo, adicionada de ácido clorhídrico, y después con agua sola, obteniendo así finalmente oro puro.

Es indispensable secar el polvo de oro así obtenido a una temperatura inferior a 100 grados, para evitar que el metal se lamine por la acción de la moleta que lo ha de reducir a polvo fino para que se le pueda aplicar al pincel sobre las piezas que se tratan de adornar.

Púrpura de Cassius.—Este cuerpo consiste en un precipitado que contiene oro, estaño y oxígeno, y se prepara de varios modos, y no presenta siempre la misma composición; indicaremos algunos de estos medios de obtenerlo, pero antes describiremos la manera de obtener el cloruro estañoso.

El protocloruro de estaño o cloruro estañoso, tiene como propiedad característica un poder reductor considerable; reduce al estado de protóxidos los peróxidos metálicos, y reduce también las sales de plata y mercurio al estado metálico. Por esta propiedad es muy empleado en la preparación del precipitado de oro, conocido con el nombre de púrpura de Cassius.

Para obtener el protocloruro se disuelve el estaño en el ácido clorhídrico concentrado y se hace cristalizar, evaporando a sequedad.

La acción del agua sobre el protóxido de estaño es muy notable; tratado por una pequeña cantidad de este

líquido, se disuelve; pero agregando un exceso de agua, el líquido se enturbia, formándose un depósito de oxícloruro de estaño.

1.º Se prepara una púrpura de Cassius de composición constante, disolviendo 20 gramos de oro en 100 gramos de agua regia, formada con 20 partes de ácido nítrico y 80 partes de ácido clorhídrico; se evapora esta disolución al baño maría para desalojar el exceso de ácido, y se redisuelve el residuo en 7 a 8 decímetros de agua; se colocan en este líquido algunos fragmentos de estaño y se forma un precipitado púrpura que se recoge y se lava, constituyendo el cuerpo que se buscaba.

2.º Se prepara la púrpura fundiendo juntos en un crisol una parte de oro, media parte de estaño y 4 ó 5 partes de plata; se ataca esta aleación ternaria por el ácido nítrico que disuelve la plata, quedando precipitados el oro y el estaño combinados con el oxígeno, formando una púrpura que produce muy buenos colores, de los que pueden cambiarse los tonos variando la proporción de estaño.

3.º En la fábrica de porcelanas de Sèvres, en Francia, se prepara la púrpura del modo siguiente: Se pone a disolver lentamente en frío 3 gramos de estaño en una agua regia, compuesta de 4 partes de ácido nítrico, una parte de ácido clorhídrico y 10 partes de agua destilada, y después se diluye la disolución del estaño hasta un litro de agua. Por otra parte, se disuelve un gramo de oro en agua regia sin exceso, y se diluye hasta otro litro; se juntan las dos disoluciones, agitando sin cesar, y se va produciendo así un precipitado que, lavado y seco, es la púrpura buscada.

Níquel.—Cuando los óxidos de cobalto no están completamente libres de níquel, el óxido de éste, vaporizándose a la temperatura de cocción de las pastas, da lugar a la producción de coloraciones grises; como metal, tiene gran analogía con el cobalto, y están reunidos en casi todos los minerales.

Se emplea el níquel, al estado de óxido, en la preparación de varios colores. El protóxido de níquel se obtiene precipitando una disolución de una sal de este metal por la potasa cáustica; al estado hidratado presenta una coloración verde manzana; anhidro, es de color gris ceniza.

Óxido de zinc.—Aunque incoloro y sin comunicar coloración ninguna a los fundentes, el óxido de zinc tiene una acción muy ventajosa sobre el tono del mayor número de los colores minerales. Se emplea mucho para la pintura cerámica y mejora mucho los colores aplicados en la loza. Entra en la composición de los colores verdes, amarillos, pardos y azules. Combinado con el cobalto produce azules claros; con el óxido de hierro conserva la preciosa coloración que presenta al estado de hidrato.

El óxido de zinc se encuentra en el comercio bajo el nombre de *flores de zinc* o *blanco de zinc*; puro, es perfectamente blanco, poniéndose amarillo cuando se le calienta, pero vuelve a blanquear luego que se enfría; es soluble en la potasa cáustica, en la sosa y en el amoníaco.



CAPÍTULO IV

PREPARACIÓN DE LAS PASTAS CERÁMICAS

Mezcla de materiales.—Componiéndose la pasta necesaria para la elaboración de objetos cerámicos de una mezcla de arcilla, kaolín, etc., como materia plástica, y de cuarzo, sílex, feldespato, arena, etc., como cemento o materia desgrasante, y en las proporciones necesarias para que la pasta tenga la composición conveniente para la clase de producto cerámico que pretendemos fabricar, réstanos ahora ocuparnos del modo de verificar la mezcla de estas materias, según ya hemos expresado en capítulos anteriores.

La homogeneidad de la masa exige una perfección tanto mayor cuanto más alta sea la temperatura de cocción a que deban exponerse las piezas, con objeto de que la contracción se verifique por igual, y no produzca la deformación de los objetos elaborados; se comprende, por lo tanto, fácilmente, la necesidad de verificar la mezcla de las substancias lo más íntimamente posible, sobre todo si se tiene en cuenta que después de efectuadas las operaciones descritas, al tratar de las primeras materias plásticas y de las primeras materias desgrasantes, han quedado éstas depositadas un tiempo más o menos largo, durante el cual, la desecación o espesamiento, habrá sido muy variable, o sea en proporción creciente desde la superficie al fondo, si las paredes y fondo del depósito son impermeables, o de una manera más irregular si dichas paredes y fondo son permeables.

Las operaciones hasta ahora practicadas, han tenido por objeto obtener separadamente materias homogéneas reducidas a partículas sumamente finas; las que se van a practicar conducen a verificar una mezcla perfecta de estas materias separadamente preparadas.

MODOS DE EFECTUAR LA MEZCLA: ESTADO FLUIDO O PASTOSO Y ESTADO SECO

La mezcla de las substancias componentes de las pastas cerámicas, puede efectuarse ya al estado fluido ya al estado seco. De estos dos modos el más empleado es el de mezcla al estado fluido.

Se mezclan, pues, en las necesarias y convenientes proporciones, y lo más íntimamente posible, las materias arcillosas y los cementos al estado fluido o al estado pastoso.

MEZCLA AL ESTADO PASTOSO

Ha sido, sin duda, el que desde más antiguo viene efectuándose en la confección de toda clase de cerámicas, y hoy todavía se emplea mucho en la preparación de las pastas destinadas a la fabricación de objetos comunes, que no exigen un gran esmero en su elaboración, por la clase basta o grosera de las primeras materias empleadas, esto es, las que no han sido porfirizadas ni lavadas.

La preparación de las pastas en este estado no ofrece tantos inconvenientes como el fluido, por ser menos fácil la separación de los componentes a causa de su diferente densidad en el seno de un líquido; la mezcla se hace en este caso en mesa o en tinas de amasar parecidas a las usadas en la preparación de la

arcilla, procediéndose ya a mano ya con auxilio de un motor cualquiera.

El *trabajo a mano* se efectúa cogiendo una *pellada* de 25 a 35 kilogramos de mezcla, esto es, según el esfuerzo muscular de que sea capaz el obrero, y se pone sobre una mesa o banco de madera, ligeramente humedecido, y allí, con ambas manos extendidas y apoyada la una sobre la otra, se le da una serie de movimientos o sobos con objeto de que quede en forma alargada, entonces se dobla la masa en tres partes, esto es, levantando uno de los tercios extremos y doblándolo sobre el tercio central, y luego el otro tercio extremo y doblándolo sobre el otro tercio extremo que ahora se tiene sobre el tercio central. Estas operaciones se efectúan repetidas veces hasta que el obrero nota que la masa ha adquirido *cuerpo* y plasticidad suficientes para luego soportar bien las labores del moldeado, la desecación y la cocción.

Este amasado puede también efectuarse con los pies. Se echan en un montón las cantidades de primeras materias que han de entrar en una cantidad determinada de masa, y el obrero entra descalzo en este montón y principia a andar en él recorriendo todo alrededor en círculos concéntricos que partiendo de la orilla van aproximándose cada vez más al centro. Desde el centro continúa siempre andando circularmente y acercándose ahora cada vez más a la orilla. Así el montón se ha extendido en forma de disco que ocupa, naturalmente, mucho más sitio que el montón primitivo, y cuando lo juzga conveniente recoge con una pala de madera la masa extendida y rehace el montón, para deshacerlo y rehacerlo de igual manera tantas veces

como sea necesario para que la masa adquiriera la homogeneidad conveniente.

El amasado con los pies fué hace ya tiempo abandonado y sustituido con el amasado a pala. En esta manera de obrar el obrero retira del montón de mezcla una masa de aproximadamente un metro cúbico, y con una pala va trasladando a uno de los lados el montoncito que ha hecho con la mezcla apartada, formando otro montón, que luego, siempre con la pala, traslada al sitio en donde primero lo había colocado.

Esta operación de trasladar a paladas de derecha a izquierda y de izquierda a derecha, la porción de mezcla separada del montón grande de mezcla, se repite las veces que sean necesarias para que la masa adquiriera la plasticidad conveniente.

En la actualidad este mezclado y amasado se efectúa mecánicamente en la mayor parte de las fábricas de productos cerámicos.

La figura 4I representa un aparato laminador y amasador, que se puede emplear con muy buen resultado para la mezcla de materias en estado pastoso; la disposición es vertical y las pastas entran por la parte superior, mezclándose entre los cilindros laminadores, pasando después al tambor inferior, en el que un árbol vertical armado de paletas mezcla las pastas que salen por la compuerta inferior perfectamente mezcladas; estos aparatos se construyen para funcionar vertical u horizontalmente.

MEZCLA AL ESTADO FLUIDO

También la mezcla al estado fluido o líquido data desde antiguo. Al comprender el hombre la dificultad

de obtener pastas homogéneas con determinadas primeras materias demasiado impuras, seguramente se le ocurrió lavar las arcillas y efectuar la mezcla en estado fluido.

La mezcla en estado fluido se hace ordinariamente

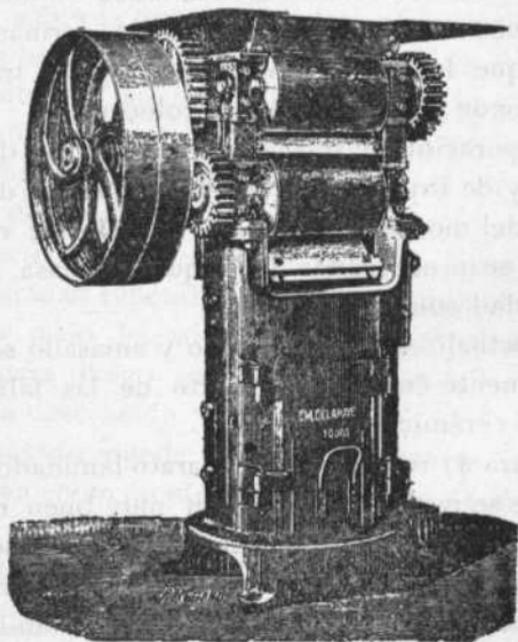


Figura 41.—Aparato amasador.

cuando se quiere fabricar con pastas finas, y es necesario que la fluidez de las papillas no sea muy grande, porque siendo muy diferente su peso específico se separan con mucha facilidad. Debe tomárselas al estado de papilla espesa y mezclarlas con rapidez.

Esta mezcla se verifica generalmente en una gran

cuba, en la que las dos papillas se agitan por medio de paletas a mano, cuando la masa que se prepara es en pequeña cantidad.

Si se trata de grandes masas que se han de preparar de una vez, se hace uso de una tina cilíndrica de más altura que diámetro, atravesada por un eje vertical, en el que están colocadas paletas en dirección del radio, presentando una disposición análoga a las cubas de amasar o preparar la arcilla (figuras 16 y 17), y cuando la mezcla está bien hecha, se extrae por una compuerta practicada en el fondo de esta cuba.

Enjugado de las pastas.—Una vez obtenida la mezcla íntima de las substancias que constituyen la pasta cerámica, es necesario, sobre todo, cuando la incorporación se ha verificado al estado fluido, privar dichas mezclas de la mayor parte del agua que les acompaña, y que no produciría más que la separación de las substancias, según su densidad. Esta desecación o enjugado se obtiene en las fábricas por diferentes procedimientos, que se pueden clasificar del modo siguiente:

- 1.º Por evaporación espontánea.
- 2.º Por evaporación empleando el calor.
- 3.º Por evaporación ayudada por el concurso de substancias absorbentes y porosas.
- 4.º Por filtración, con o sin presión.
- 5.º Por filtración por medio del vacío.

1.º *Por evaporación espontánea.*—El primero de los citados medios, o sea la evaporación espontánea, sólo puede emplearse con las pastas groseras que se dedican exclusivamente a los productos de clase basta, las cuales se han de emplear inmediatamente después de su preparación, como sucede con los ladrillos, tejas, etc., y se

práctica apilando simplemente la masa al costado del foso en que se ha verificado la mezcla.

2.º *Por evaporación empleando el calor.*—Este medio, que se ha empleado con frecuencia en algunas fábricas de loza inglesa, consiste en colocar la pasta en un horno llamado horno *Slipe*, que vamos a detallar a continuación:

Consiste en un foso construido con ladrillos, que varía, según la importancia de la manufactura, de 13 a 20 metros de longitud por 1,50 a 3 metros de ancho, y de 30 a 50 centímetros de profundidad; varios tubos parten del hogar colocado más hondo que el foso, y le atraviesan en todas direcciones, a fin de repartir igualmente el calórico, para que toda la masa se ponga al mismo tiempo en ebullición y la densidad aumente por igual.

La manipulación con este horno exige grandes cuidados: el líquido debe ser agitado continuamente en todos sentidos, sin lo cual, las partes que tocan a los ladrillos sometidos a la acción de un fuerte calor, se solidificarían, mientras que las partes superiores que no reciben sino un calor más moderado, quedarían fluidas, y el sílex, que es más pesado que la arcilla, se precipitaría al fondo del receptáculo.

Obtenido un estado suficientemente pastoso, la masa se retira para someterla a otras manipulaciones que detallaremos más adelante.

3.º *Por evaporación ayudada por el concurso de substancias absorbentes y porosas.*—El método de evaporación ayudado por el concurso de substancias porosas, se reduce a colocar las papillas fluidas en cajas de yeso que se han calentado a menos de 100 grados, las cuales

absorben el agua en exceso por su capilaridad acrecentada con la temperatura; las paredes de estas cajas son bastantes gruesas, y su capacidad es tal, que cada una puede contener unos 20 kilogramos de pasta.

4.º *Por filtración, con o sin presión.*—El método de enjugado por filtración acompañado de la presión, está reducido a encerrar la pasta semilíquida en sacos de lona fuerte y tupida, que pueden contener de 6 a 40 kilogramos de materia y sometiéndolos después a una enérgica presión, comunicada por un medio mecánico cualquiera, por ejemplo, colocándolos convenientemente amontonados en la plataforma horizontal de una prensa vertical de tornillo, de palanca o hidráulica. Según Souson, se aumenta considerablemente la duración de estos sacos, sumergiéndolos durante algún tiempo antes de usarlos, en aceite de linaza hirviendo, que no solo impide al agua adherirse y penetrarlos, y por lo tanto, que se destruya menos la parte fibrosa, sino que de esta manera quedan más suaves y resistentes. Según experiencias practicadas en diferentes fábricas, se ha observado que, a idéntica composición, la pasta obtenida por este medio adquiere más plasticidad que las que se producen por otros medios; pero este sistema es muy dispendioso por el repetido repuesto de sacos que hay que verificar a causa de su pronto deterioro.

La filtración por compresión en la prensa, fué sustituida por la filtración en el aparato hoy tan generalizado y del cual ya hemos hecho mención, llamado filtro prensa. La figura 42 representa uno de sus primeros modelos, o sea el filtro prensa construido por Leclair; los discos o cuadros, entre los que se colocan los sacos que contienen la pasta, reposan sobre dos fuertes

barras cilíndricas de hierro y son comprimidas entre dos platillos de fundición, uno fijo y otro movable, por medio de tuercas de volante que se atornillan sobre las citadas barras cilíndricas que están fileteadas en uno de sus extremos.

Cargada la prensa con los sacos llenos de pasta colocados entre los bastidores movibles, se hacen funcio-

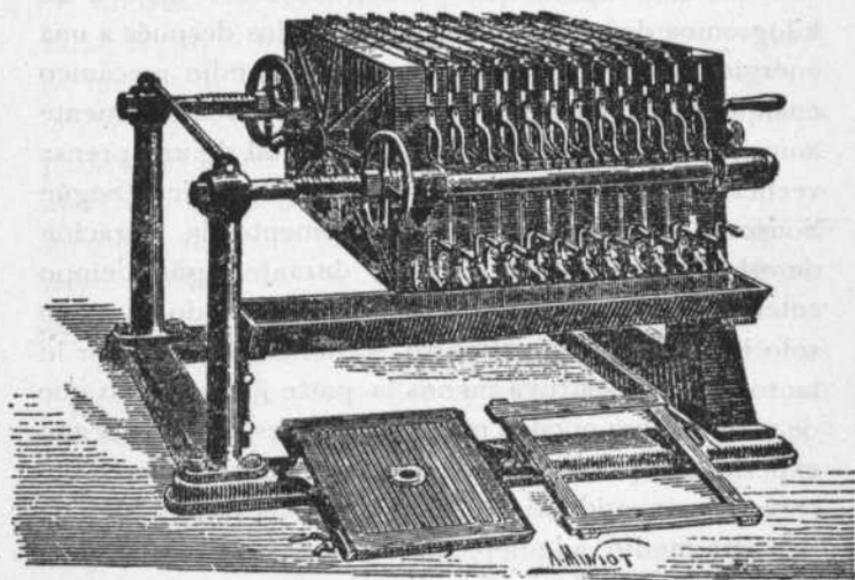


Figura 42.—Filtro prensa.

nar las tuercas, que oprimen entre sí los discos empujados por el platillo móvil sobre el fijo, haciendo salir el agua de la pasta por grifos laterales a una canal que la recoge. Cuando cesa la salida del agua, se suspende la presión y se aflojan las tuercas, sacando los panes de pasta endurecida.

Los filtros prensas modernos (figura 43), funcionan de manera más sencilla. Los sacos están sustituidos por

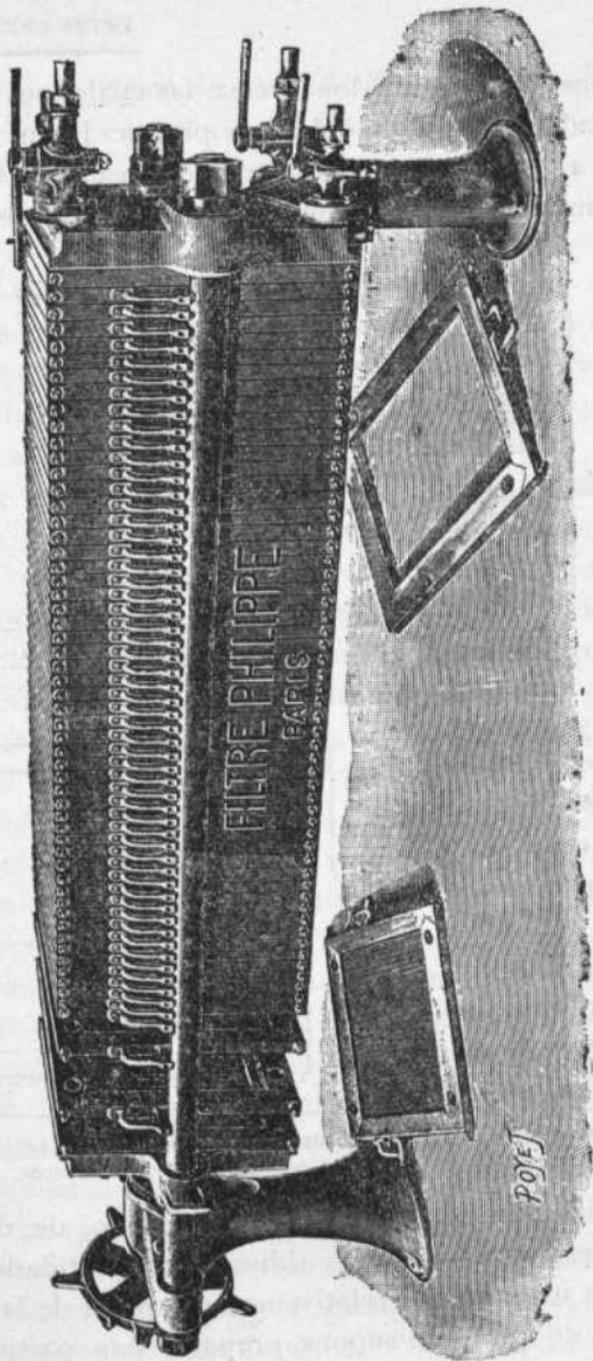
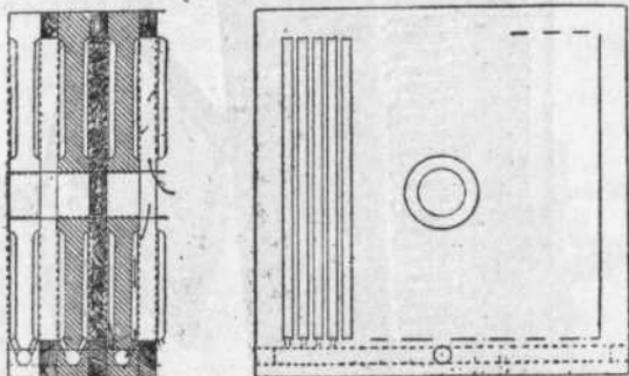
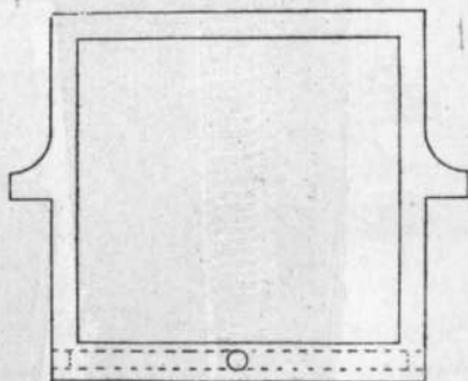


Figura 43.—Filtro prensa.

unas telas filtrantes de lona recia, las cuales se ponen entre cada dos platos del filtro prensa. Estos platos (figuras 44, 45 y 46) no son todos de la misma forma; unos consisten simplemente en unos marcos de perí-



metro circular, cuadrado o poligonal que son los que dan forma a la torta de masa escurrida, y los otros de igual perímetro, pero con tímpano adecuado dan paso al agua filtrada que va a reunirse en una canal inferior que los conduce a un depósito, de donde luego vuelve a usarse para diluir otras cantidades de pasta. De manera que, relativamente, a pesar de la gran cantidad de agua que supone preparar una partida de



Figuras 44, 45 y 46.—Detalle de los platos de un filtro prensa moderno.

metro circular, cuadrado o poligonal que son los que dan forma a la torta de masa escurrida, y los otros de igual perímetro, pero con tímpano adecuado dan paso al agua filtrada que va a reunirse en una canal inferior que los conduce a un depósito, de donde luego vuelve a usarse para diluir otras cantidades de pasta. De manera que, relativamente, a pesar de la gran cantidad de agua que supone preparar una partida de

pasta por el sistema de pasta fluida, es pequeño el consumo porque, excepto el 10 ó 12 por 100 que retiene la pasta filtrada en los aparatos modernos, la demás sirve, una y otra vez, para preparar sucesivas fabricaciones.

Las tortas salidas del filtro prensa son de espesor muy pequeño, de 15 a 30 milímetros, debiendo variarse este grueso, según la composición de las pastas, pues cuanto más plásticas son éstas, más delgadas han de ser las tortas.

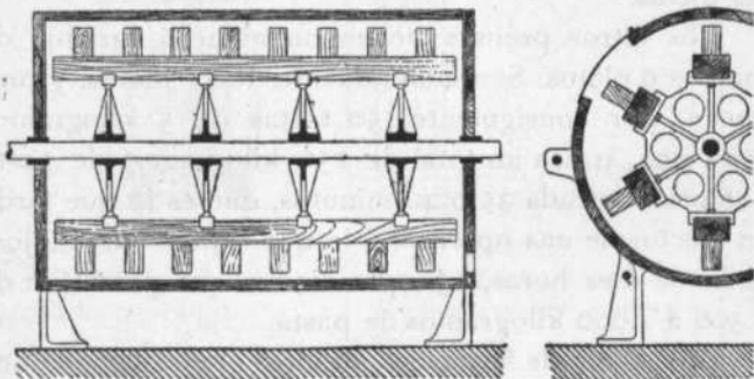
Los filtros prensas tienen un número variable de marcos o platos. Son comunmente de 51 platos, y producen, por consiguiente, 50 tortas de 5 kilogramos cada una, o sea un total de 250 kilogramos de pasta comprimida cada 35 o 40 minutos, que es lo que tarda en efectuarse una operación, lo que supone en una jornada de diez horas, 15 operaciones que producen de 3.500 a 4.000 kilogramos de pasta.

El sistema de filtración por filtro prensa supone una instalación especial para la dilución de las pastas y un aparato compresor. La dilución de las pastas puede efectuarse a mano en tinas, pero es preferible hacerla mecánicamente. Por lo regular se hace en dos veces, esto es, se forma primero una papilla espesa, que luego va incorporándose a la proporción conveniente de agua (que se tiene en otro depósito provisto de agitadores mecánicos), para que esta papilla clara corra bien por los conductos del filtro prensa.

Otros aparatos para la dilución consisten en unos tambores cilíndricos horizontales y fijos de un metro de diámetro, en cuyo interior giran, movidos por un eje horizontal, unos agitadores de forma de devanadera,

con brazos o paletas múltiples implantados en el costillaje de la devanadera (figuras 47 y 48).

Los aparatos de compresión más empleados son las bombas llamadas de membrana, que consisten en un émbolo que sube y baja, deformando un disco o aro de caucho (figura 49), con lo cual se aspira la papilla del depósito en el primero de estos movimientos y la empuja luego, al bajar, hacia el filtro-prensa. Estas bombas pueden ser movidas a brazo por medio de una pa-



Figuras 47 y 48.—Aparato para preparar papillas fluidas

lanca o de un manubrio o volante, o mecánicamente por medio de una polea fija y otra móvil, o una sola fija. La figura 50 representa un modelo de esta última clase, que en caso de necesidad, también es movida a brazo, fijando un manubrio en el volante.

Algunos modelos de estas bombas tienen los órganos dotados de movimiento completamente independientes del contacto de las papillas maniobradas, por ejemplo el representado esquemáticamente en la figura 51. La papilla circula solo desde la válvula esférica que se ve en la parte más baja de la derecha de la figu-

ra a la otra, también esférica, que está en la parte superior; la membrana con su movimiento de avance y retroceso gobernado por la compresión o enrarecimiento que en la masa gaseosa ocasiona el avance o

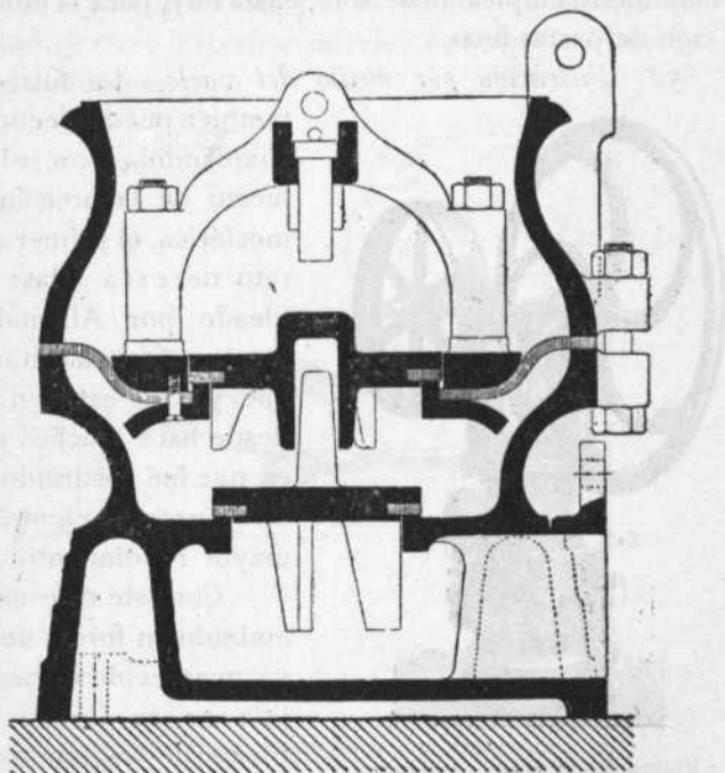


Figura 49.—Bomba de membrana.

retroceso del émbolo, produce los oportunos cierre y apertura de las válvulas esféricas que hace marchar, en último resultado, la papilla del depósito al filtro prensa, pasando por la tubería que el aparato tiene entre ambas válvulas esféricas. Esta bomba, por lo general, es movida mecánicamente por un juego de biela y manivela.

Un manómetro nos indica la presión a que se hace funcionar el aparato.

Las instalaciones completas de esta clase no son todavía muy frecuentes en las fábricas de productos cerámicos, empleándose solo, hasta hoy, para la confección de pastas finas.

5.º *Filtración por medio del vacío.*—La filtración

también puede efectuarse auxiliándola con el esfuerzo de la presión atmosférica, el primer aparato de esta clase fué ideado por Alluaud, y vamos a recordarlo, aunque ya no esté en uso desde hace muchos años en que fué sustituido por otros procedimientos de mayor rendimiento.

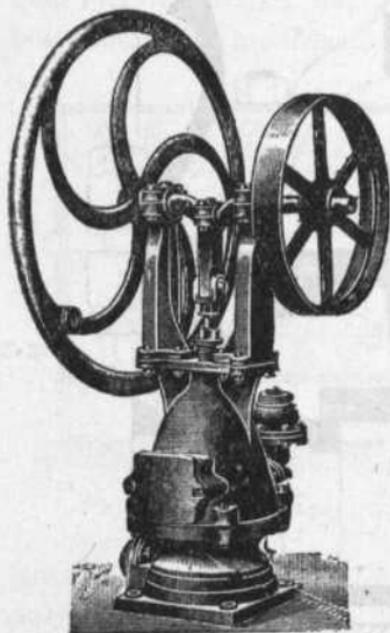


Figura 50.—Bomba de membrana.

Consiste éste en un embudo en forma de tolva, guarnecido de una rejilla en su fondo, cubierta de fragmentos de piedra, sobre los que se

extiende un tejido de lana permeable, y encima del que se vierte la pasta que se trata de enjugar. Se practica el vacío en cilindros colocados debajo del embudo, y la presión atmosférica, obrando sobre la pasta, obliga al agua a filtrarse a través del tejido de lana; los cilindros están provistos de cuatro llaves: una, colocada en su parte superior, sirve para poner en comunicación

el cilindro con la tolva; otra, pone en comunicación el interior del cilindro con un recipiente de agua colocado más alto que él; y, finalmente, otra llave, colocada en la parte inferior, comunica con un tubo vertical de desagüe, que tiene por lo menos 11 metros de longitud, y cuyo extremo inferior se introduce en un depósito de agua.

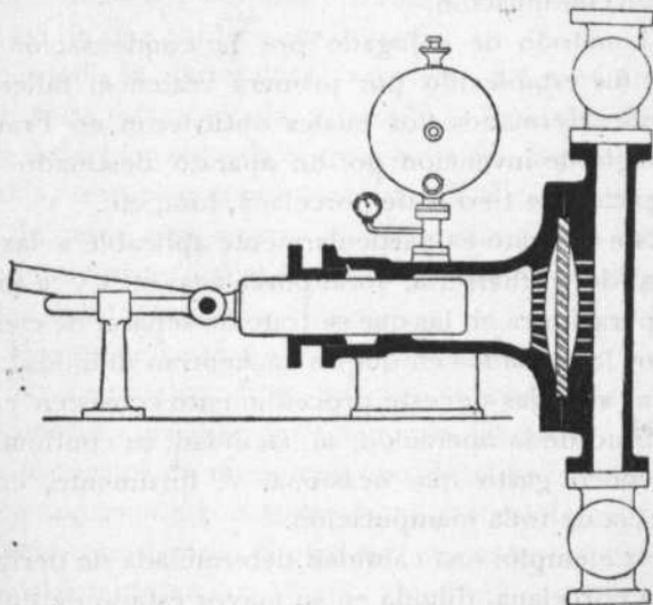


Figura 51.—Bomba de membrana independiente.

Se llenan primero los cilindros con el agua procedente del depósito superior, abriendo las llaves de comunicación con él, y la que permite la salida del aire, cuando por ésta sale ya el agua, se cierran estas llaves y se abren las que comunican con el embudo, en el que se encuentra la pasta, y con el tubo de desagüe, produciéndose de este modo el vacío barométrico dentro de los cilindros; el grado de presión interior puede apre-

ciarse por un manómetro; la presión atmosférica, obrando sobre la pasta, la comprime, obligando al agua a filtrarse por el tejido de lana, y dejándola escurrida.

Cuando en el establecimiento hay una máquina de vapor o caldera, se puede producir, asimismo, el vacío en los cilindros, como lo ha practicado Caen en su fábrica de loza, de un modo análogo al que vamos a describir a continuación.

El método de enjugado por la condensación del vapor fué establecido por primera vez en el taller de Talabot Hermanos, los cuales obtuvieron en Francia privilegio de invención por un aparato destinado a la desecación de tierras de porcelana, loza, etc.

Este aparato es particularmente aplicable a las fábricas de cacharrería, loza, porcelana, etc., y a todas las operaciones en las que se trate de separar de ciertos sólidos los líquidos en que se encuentran diluídos.

Las ventajas de este procedimiento consisten en la prontitud de la operación, su facilidad, su continuidad y el poco gasto que ocasiona, y, finalmente, en la ausencia de toda manipulación.

Por ejemplo: una cantidad determinada de tierra de loza o porcelana, diluída en su mayor estado de fluidez se convierte en una materia compacta y sólida en el transcurso de diez minutos, sin ninguna manipulación y sin intervención de ninguna otra máquina ni cuerpo.

Esta operación se renueva sin interrupción tantas veces como se desee, y se practica a la vez sobre tanta materia como se quiera.

Supongamos pastas de porcelana diluídas después del porfirizado en una gran cantidad de agua; se trata de operar la separación de ésta hasta el punto que la pasta

quede sólida. Esta pasta diluída se vierte sobre filtros de la dimensión conveniente, cuya armadura está en pendiente, y en los que la substancia filtrante está colocada sobre un fondo de madera lleno de agujeros. El orificio inferior del filtro está provisto de un tubo que lleva una llave, por medio de la cual comunica a voluntad con un conducto general que recibe todos los demás filtros del sistema, y termina en el aparato neumático de que hablaremos después.

Cuando la parte fluída se vierte sobre el filtro, la llave debe estar cerrada, y cuando el filtro está lleno se abre ésta, y en seguida el agua, en la que la pasta estaba diluída, se precipita por esta llave en el conducto general, de modo que, en tres o cuatro minutos, la pasta se pone muy espesa, y al fin de diez minutos se coagula y forma una torta sólida.

Hemos dicho que el conducto comunicaba con un aparato neumático. Este aparato se compone de dos recipientes cerrados, perfectamente iguales y adyacentes, dispuestos de modo que uno de ellos esté siempre en comunicación con el conducto general de los filtros; durante este tiempo, el otro está en comunicación con una caldera de vapor.

Un manómetro colocado convenientemente indica el estado de presión dentro del aparato; las disposiciones son tales, que el movimiento de una sola llave basta para establecer una comunicación y cerrar la otra recíprocamente; de este modo, mientras que uno de los recipientes del aparato neumático recibe el agua de los filtros, el otro recibe el vapor de una caldera, de tal suerte, que uno de ellos está constantemente lleno de vapor.

En este estado de cosas, si se cambian las comunicaciones y se establecen las del recipiente lleno de vapor con el conducto de los filtros, llega el agua, se verifica la condensación, y el efecto que antes hemos dicho se opera inmediatamente sobre las pastas. Durante este tiempo el vapor llega al otro recipiente, expulsando el agua y el aire que pudiera haber, y en poco tiempo está dispuesto a entrar en comunicación con los filtros, y, por consiguiente, a reproducir los efectos que acabamos de mencionar.

De este modo, y teniendo presentes las indicaciones del manómetro, no hay dificultad ninguna para sostener en el aparato un enrarecimiento constante, tanto más si éste se encuentra en buen estado y las operaciones pueden durar mucho tiempo, antes que el enrarecimiento disminuya tanto que haga necesaria la suspensión de aquéllas.

Todas las llaves, todas las juntas del aparato, están dispuestas de modo que no permitan el paso del aire del exterior al interior, de tal suerte, que ha sucedido que un aparato, compuesto de un gran número de filtros, ha quedado muchos días sin funcionar, y al cabo de este tiempo el enrarecimiento del interior se apreciaba aún por una columna de algunos centímetros de mercurio.

El vapor se emplea en estos aparatos para la producción del vacío, porque éste es el medio más económico y más sencillo; pero se comprende fácilmente que en circunstancias dadas habría ventaja en hacer el enrarecimiento por medio de bombas aspirantes o empleando directamente una columna de agua.

Las ventajas de este aparato eran evidentes: funcio-

naba como en el enjugado al aire libre y a baja temperatura, con la sola diferencia del tiempo empleado, pues solo necesitaba diez minutos para una operación que de otra manera exigía muchos días, y funcionaba como en el enjugado por el sistema de presión, pero con la diferencia de que la presión se ejerce sin tocar la pasta y sin necesidad del empleo de mecanismos, prensas ni sacos.

Hoy ya no resultaría económico, vistos los perfeccionamientos de los filtros prensas, el empleo de este aparato.

Amasado de las pastas.—Practicada la anterior operación, o sea la mezcla, tenemos como resultado una pasta consistente, la cual debe ser amasada cuidadosamente durante algún tiempo para que produzca una masa perfectamente uniforme en su composición y plasticidad.

Varias son las maneras de llevar a efecto esta operación, según la mayor o menor finura de las pastas.

Practícase este trabajo de manera análoga a lo dicho antes en la preparación de las mezclas al estado pastoso, así es que algunas veces se amasa extendiendo la pasta en una superficie circular, sobre una era empedrada o entarimada, con un espesor de 20 centímetros; los obreros, con los pies descalzos, la pasean partiendo del centro y marchando a la circunferencia, y volviendo igualmente en espiral desde la circunferencia al centro; la vuelven, y repiten la operación, y, finalmente, la levantan con una pala formando elipsoides de 25 a 30 kilogramos cada uno, que reciben el nombre de globos.

En China parece, según dibujos de este país, que la pasta se amasa haciéndola pisar por búfalos, y en

Francia se han empleado en algunos establecimientos los caballos y los bueyes.

En otros establecimientos se emplean cilindros compresores, movidos a brazo o por medios mecánicos que marchan con un movimiento de vaivén ya sobre las mismas pastas, ya aprisionando a éstas entre pares de ellos. Con una serie o tren de cilindros laminadores, en el cual estén los cilindros cada vez más próximos unos a otros, se logra un buen amasado.

Finalmente, cuando las cantidades de pasta que se han de amasar son muy grandes, se emplea la cuba de amasar la arcilla que hemos descrito en la figura 16. Otros modelos más modernos son los representados en las figuras 52, 53 y 54, que representan dos malaxadores con transmisión superior, pero los hay también con engranaje inferior.

A pesar de la compresión y del amasado, las pastas contienen siempre cierta cantidad de aire diseminado en la masa en forma de burbujas, que pueden causar graves inconvenientes en el laboreo, sobre todo cuando se trata de objetos finos y delicados; para quitar este defecto a las pastas, es necesario proceder a otra operación, llamada petrificación, que unas veces se hace a la mano, como hemos dicho, pero en las fabricaciones de importancia se sustituye este trabajo, largo y penoso por máquinas, que consisten, como se indica en la figura 55, en una cubeta giratoria, en la que ruedan cilindros acanalados que, cortando y comprimiendo la pasta puesta en ella, expulsan el aire que contiene; estas cubetas tienen un diámetro de uno a dos metros, y los cilindros de 0,40 a 0,60 de diámetro.

Unas veces la pasta se emplea inmediatamente

después de esta operación, como sucede en las fábricas de cacharrería ordinaria y loza común; y otras, la materia, como decimos en el párrafo siguiente, después de estas operaciones, se guarda en fosos o cuevas para adquirir las cualidades que, al parecer, le comunica la antigüedad, pero siempre, en todas las fábricas en que los productos tienen alguna finura, la homogeneidad de la pasta se aumenta por el batido.

Batir la pasta cerámica es comprimirla por medio de una violenta percusión, con objeto de expeler todo el aire que todavía puede quedar interpuesto; para esto se emplean mazos de madera, y la operación se

practica sobre mesas de piedra. La pasta no está bien trabajada hasta que, deshaciendo un fragmento entre los dedos, no se nota ninguna burbuja de gas en su interior.

Todas estas diversas operaciones mecánicas exigen gran cuidado y limpieza por parte del obrero; debe

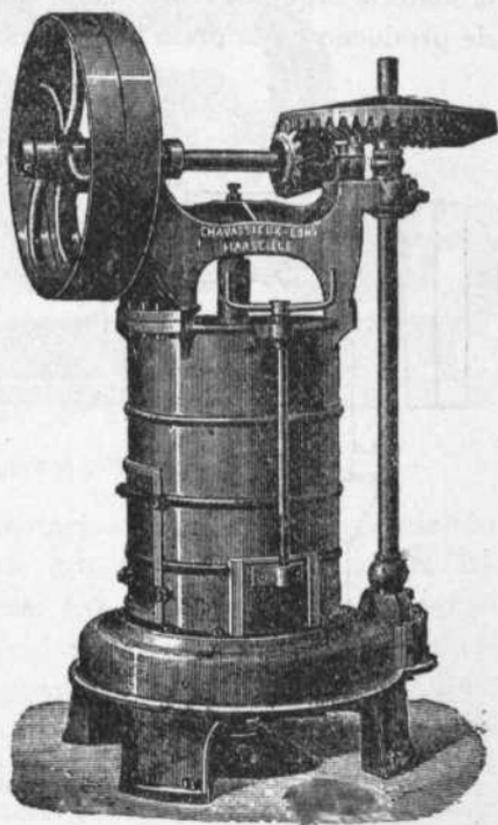
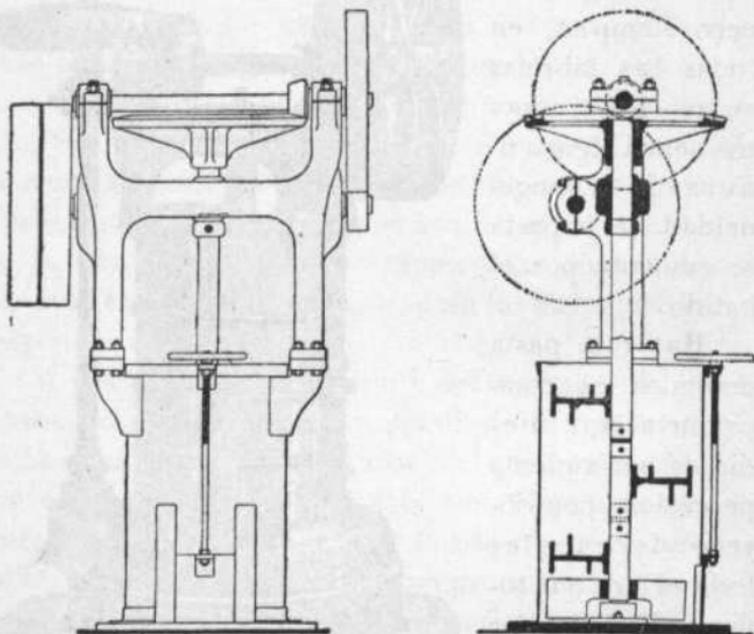


Figura 52.—Cuba para amasar las pastas.

éste evitar la incorporación a la pasta del polvo y de cualquiera otra substancia; basta, en efecto, la presencia de un cabello para inutilizar un objeto construído con la pasta que le contuviese, porque descomponiéndose la materia orgánica con el calor, los gases que desprenden producen en la pieza hendiduras y defectos.



Figuras 53 y 54.—Cuba para amasar las pastas.

Repodrido de las pastas.—Así preparados los materiales, podrían ya ser empleados en la confección de objetos cerámicos; pero, según la opinión general, la pasta gana en cualidades cuando se la conserva largo tiempo en masa y en un constante estado de humedad o en cuevas húmedas; la pasta entonces sufre lo que se llama repodrido. En efecto, las materias orgánicas que

en pequeña cantidad acompañan a la masa, experimentan una fermentación pútrida, y durante ella se verifican algunos fenómenos que no están del todo bien

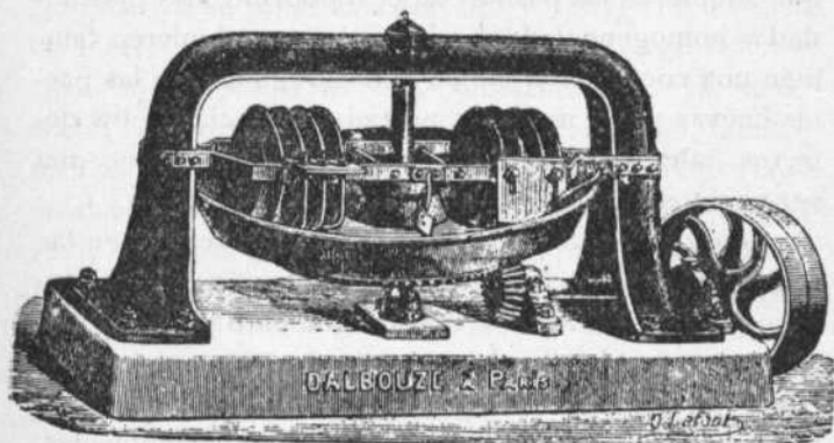


Figura 55.—Pisadora mecánica.

definidos; esta fermentación se activa humedeciendo las pastas con agua de estiércol o agua pantanosa; las pastas se ponen negras, exhalan un olor de hidrógeno sulfurado, y cuando se las expone al aire, blanquean rápidamente con desprendimiento de ácido carbónico.

Estos fenómenos son el resultado de una serie de reacciones químicas que las impurezas de las pastas obran entre sí; la materia orgánica que existe en la pasta se destruye por una oxidación espontánea bajo la influencia del aire húmedo; reacciona al mismo tiempo sobre las pequeñas cantidades de sulfatos que también suelen contener transformándolos en sulfuros, que a su vez desprenden hidrógeno sulfurado, transformándose en carbonatos a expensas del ácido carbónico que existe en el aire.

Según Brongniart, el desprendimiento de estos gases produce en la masa una especie de amasado muy completo; explicándose de este modo la razón de por qué adquieren las pastas con el repodrido más plasticidad y homogeneidad; al mismo tiempo adquieren también una contracción menor y más regular que las pastas nuevas y son menos y no tan pronunciados los defectos, tales como huecos, hendiduras, etc., que una vez cocidos desmerecen los productos cerámicos.

Cree dicho autor que la reacción que resulta en las masas de pasta a causa de la fermentación de la materia orgánica, produce un desprendimiento de gases que comunica a todas sus partes un movimiento no interrumpido que equivale a las operaciones de amasado y batido, y que obrando sobre las más tenues moléculas, no deja ninguna en su primer sitio, mientras que en una pasta sencillamente preparada que no haya sufrido la fermentación pútrida, las partículas, permaneciendo inmóviles, no llegan a esta reunión mecánica, que les comunica esta plasticidad tan conveniente a la facilidad del trabajo y al buen resultado de la manipulación y cocción.

El agua pura, dice Salvetat, no es a propósito para comunicar a las pastas cerámicas las excelentes condiciones que obtienen en el repodrido; pero el agua cargada de substancias en putrefacción, puede, por el contrario, en determinadas circunstancias, desarrollar estos resultados de una manera muy notable. Existe conformidad de opiniones en reconocer que en el acto del repodrido se desarrolla una notable cantidad de hidrógeno sulfurado: este gas ya hemos dicho que tiene origen a consecuencia de la transformación del sulfato de cal en sulfuro de calcio, que se descompone por la acción del

ácido carbónico del aire. La coloración de la pasta en negro y su blanqueo al aire libre, se explica fácilmente por la formación del sulfuro de hierro negro, que se transforma, en presencia del aire y del agua, en sulfato de hierro casi incoloro y soluble, por cuya razón se priva a las pastas de esta substancia, que ya hemos dicho es perjudicial a la blancura de la masa; la experiencia ha probado que pastas primitivamente coloreadas en amarillo, por entrar en su composición kaolines ferruginosos, han producido pastas de notable blancura cuando habían experimentado un prolongado repodrido.

Por todas estas razones, los fabricantes admiten generalmente que las pastas antiguas se trabajan mejor que las recién preparadas, y que se alabean y se rajan menos al usarlas y cocerlas.

Los chinos conservan, según dicen, sus pastas durante cien años antes de trabajarlas, lo cual se hace difícil de creer, pues no sólo otros observadores no hacen mención de que los chinos tengan costumbre de repodrir las pastas, sino que además parece poco probable, que los fabricantes gasten cantidades cuantiosas en la preparación del trabajo que deberá ser terminado dos o tres generaciones después y quizás por gentes que no participaran siquiera de su sangre.

En Alemania, Francia e Inglaterra, está en uso la conservación de pastas durante algunos años antes de emplearse en la confección de objetos.

Existe también conformidad en reconocer que las arcillas y margas lavadas y destinadas a la fabricación de loza, son de mejor uso cuando se las abandona durante algunos años en fosos expuestos a la intemperie.



CAPÍTULO V

MOLDEADO Y DESECACIÓN

I.—Moldeado de las pastas.

OPERACIONES PRELIMINARES

Luego que la pasta está en disposición de ser empleada, se procede a su trabajo. Para poner la pasta en obra, hay que empezar por amasarla nuevamente; de ordinario se la comprime enérgicamente con las manos, formando pelotas que se arrojan con fuerza sobre la mesa de trabajo. Otras veces el obrero enrolla la pasta con las manos y la reúne en pequeñas masas que sacude con fuerza sobre la mesa. Se hace de este modo desprenderse las burbujas de gases que se han desarrollado en la pasta durante el repodrido.

No todos los obreros tienen el mismo modo de amasar la pasta; pero esto es de poca importancia si logran dejarla bien batida; se reconoce que esta operación ha logrado su objeto, cuando partiendo un fragmento de masa, no se observa la existencia de vejiga de aire ni señal ninguna de burbujas gaseosas.

Preparada la pasta ya puede procederse a moldearla, esto es, a darle las formas que han de tener los objetos que han de fabricarse, pero recordando la propiedad de las arcillas de contraerse al desecarlas y al cocerlas; haremos antes unas rápidas observaciones sobre las dimensiones que han de darse a los objetos en el moldeado para que después de cocidos tengan exactamente las dimensiones del objeto que ha servido de original.

CONTRACCIÓN DE LA PASTA

La contracción que la pasta verifica es variable con la naturaleza, la temperatura y los procedimientos empleados en la elaboración de las piezas; estas diversas circunstancias pueden influir en una contracción que varía de 2 a 20 por 100.

La contracción total se verifica en tres períodos bien diferentes:

1.º Desde la salida del molde o desde el bosquejado sobre el torno, cuando la pasta está aún blanda, hasta la completa desecación al aire libre.

2.º Desde la desecación al aire libre hasta la cocción de los objetos, sin llegar a la temperatura de reblandecimiento de la pasta; y

3.º Desde la cocción del bizcocho hasta la total cocción del objeto.

Se mide ordinariamente la contracción desde la desecación al aire libre.

Según Brongniart, las pastas plásticas y fusibles son, en general, las que experimentan más contracción; se ha observado también que las pastas que se han sometido al repodrido, experimentan menos contracción que las que no han estado sujetas a esta parte de la preparación.

El máximo de contracción para las piezas infusibles parece debe ser cuando se ha verificado la total expulsión del agua; la contracción parece ser el resultado de la deshidratación de la parte arcillosa de la pasta, la cual puede elevarse hasta un 25 por 100.

Las pastas fusibles deben su contracción en parte al desprendimiento del agua; pero sobre todo, cuando

no son plásticas, a la aproximación molecular que resulta de los comienzos de fusión que se nota en estas pastas. Esta contracción varía de 10 a 15 por 100.

Una temperatura de 40 grados del pirómetro de Wedgwood, parece suficiente para hacer que las pastas infusibles adquieran su máximum de contracción; pero ésta se hace sensible cuando cualquier objeto llega a una temperatura capaz de producir su reblandecimiento.

En vista de lo dicho, el tornero debe dar a las piezas que construye dimensiones aumentadas en cantidad correspondiente a la contracción que debe sufrir la tierra después de cocida, contracción que varía generalmente de un 4 a un 5 por 100. Para evitar tanteos, se le da el modelo o dibujo al operario con su verdadera dimensión ya aumentada de la contracción.

Para hacer estos modelos o estos dibujos, es necesario, por consiguiente, conocer con toda exactitud lo que disminuirá la pieza moldeada, una vez cocida, lo cual es fácil de saber haciendo una prueba práctica. Se toma una porción cualquiera de la pasta con que han de fabricarse los objetos en cuestión, y con mucha atención, se moldea con ella un cilindro macizo. Se mide la longitud y diámetro del cilindro así moldeado, y se pone a secar y luego a cocer a la temperatura a que tendrá que hacerse la fabricación.

Una vez el cilindro cocido vuelven a medirse su longitud y su diámetro.

Se toma ahora una hoja grande de papel cuadrulado y en él se traza una línea recta horizontal AB (figura 56) de igual longitud que el cilindro de pasta cruda, esto es, al terminar de ser moldeado; y luego se levanta

la perpendicular $A C$, en el extremo de la recta $A B$, dando a esta perpendicular una altura $A C$, igual a la longitud del referido cilindro una vez cocido y unamos con una recta los puntos C y B .

Ahora bien; tomemos con una regla cualquiera la altura del objeto que quiere reproducirse y llevemos la medida de A hacia C hasta donde alcance. Supongamos que alcanza desde A hasta H , y midiendo ahora con la misma regla, cogida siempre con la mano derecha, la longitud de la línea horizontal $H M$ de la cuadrícula que pasando por el punto H , llega hasta la recta $B C$, se tiene la altura que había de darse a la pieza moldeada.

Si en lugar de tener sólo la altura $A H$, hubiere tenido la altura $A h$, se toma la medida por el otro lado, o sea desde h hasta m , y esta recta $h m$

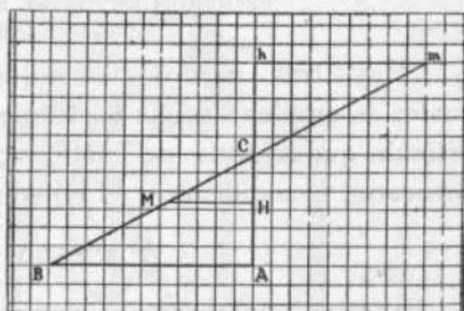


Figura 56.—Gráfico para determinar las dimensiones que han de darse a los objetos moldeados.

medirá la altura que deberá dar el operario a la pieza moldeada.

Dándose la particularidad de que la contracción de las pastas no es igual en todos sentidos, pues se contraen más en el sentido de la longitud que en el sentido del diámetro, hemos dicho que al confeccionar el cilindro de pasta debía medirse también su diámetro. Con esta medida y con la medida correspondiente del cilindro una vez cocido, se dibuja otro gráfico como el anterior, con el cual deberán medirse todas las medidas

que en el objeto deban considerarse como diámetros o anchos.

Para determinar la forma que ha de darse a las partes curvas de los objetos, se requieren operaciones más complicadas, difíciles de dar a entender sin seguir la explicación de una manera práctica, y a veces es tan dificultoso obtener resultados aceptables que los mismos prácticos se ven obligados a moldear y cocer sucesivas piezas en las que van corrigiendo los defectos que no han logrado corregir en los primeros intentos.

PROCEDIMIENTOS DE MOLDEO

Hay tres modos de moldear los objetos, los cuales se emplean según las dimensiones o formas del artículo que se trata de elaborar; son estos medios el torneado, el moldeado y el colado.

TORNEADO

El trabajo del torneado, que se emplea para obtener todos los objetos que afectan figuras de revolución, abarca dos operaciones fundamentales: la primera, que se llama el bosquejo o preparación, y el torneado definitivo; la primera de estas manipulaciones se verifica sobre el torno ordinario de alfarero, que vamos describir, y le tenemos representado en la figura 57, reproducción de un grabado antiguo, con la posición que el operario ha de tener para el trabajo. Este aparato, que se remonta a los orígenes del arte, y que por su excelencia no ha sido modificado sino solo en detalles, se emplea preferentemente en la construcción de objetos de revolución, que son los de mayor estabilidad

para las vasijas que han de contener líquidos. Consiste en una barra de hierro vertical que se apoya en su parte inferior en una quicionera y pasa por la superior por un collar que la permite girar libremente; perpendicularmente a esta barra, y cerca de su extremo inferior, lleva una gran rueda o disco de madera que el obrero impulsa con el pie, imprimiéndola de este modo un movimiento circular que comunica a la cabeza de



Figura 57.—Torno de alfarero antiguo.

esta barra, en la que va colocado un platillo, sobre el que se pone la pasta que se trabaja.

El torno se pone en movimiento, como hemos dicho, por el pie del obrero; cuando se trata de grandes piezas, por las que la resistencia sería considerable para un solo hombre, el torno con su rueda, que produce el efecto de un volante, se pone en movimiento por otro obrero merced a una rueda y una cuerda sin fin que

engarganta en una polea fija en la barra vertical, como se indica en la figura 58.

En las grandes fábricas se emplean tornos movidos

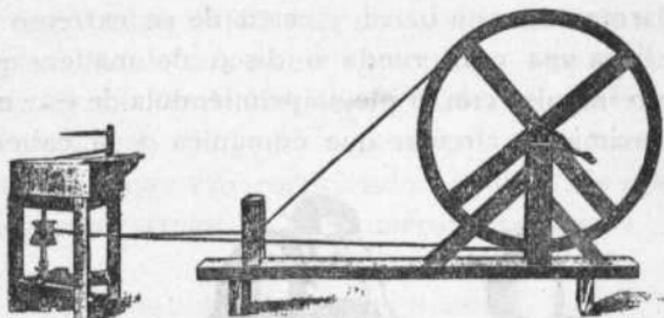


Figura 58.—Torno de alfarero movido a brazo.

por una transmisión general, y enlazados a ella por medio de poleas y embragues que permiten al obrero

aislar el torno del motor general en caso de necesidad por medio de un pedal, como se representa en la figura 59.

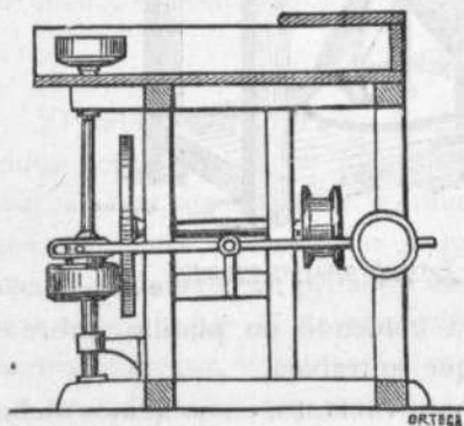


Figura 59.—Torno de alfarero con mecanismo de embrague.

Otros modelos más modernos del torno de alfarero vienen representados en las figuras 60, 61, 62 y 63.

El de la figura 60 representa un torno, fundado en el mismo principio que el de la figura 59, movido mecánicamente por una correa o cuerda, como también

podiera serlo por medio de un juego cónico de engrana-
je; tiene la particularidad de que con su pie derecho apo-
yado en el pedal puede hacer subir o bajar una pieza de

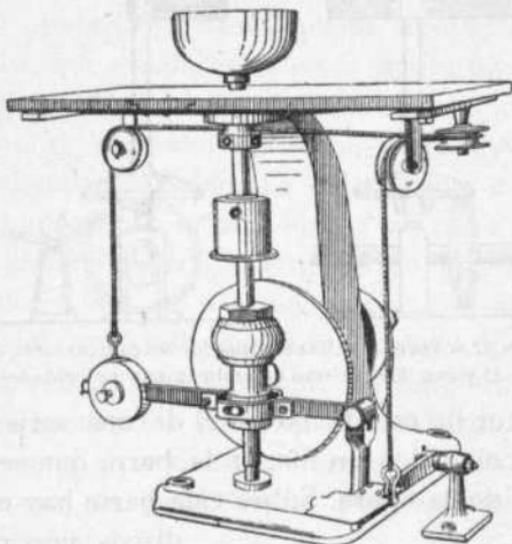
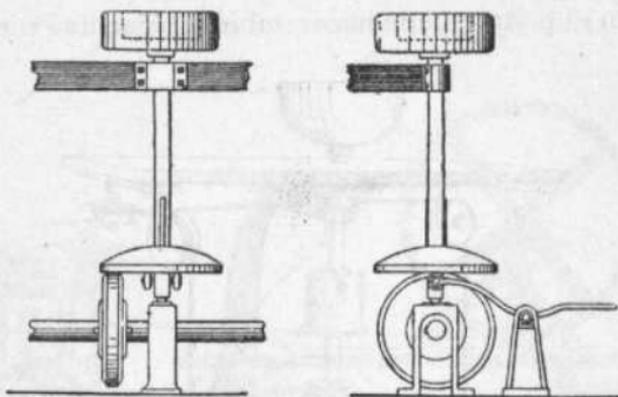


Figura 60.—Torno de alfarero movido mecánicamente y con aparato para
variar la velocidad.

perfil esférico que, por medio de una abrazadera, queda
sujeta a los movimientos ascendentes y descendentes
de la palanca que se ve en la parte inferior de la figura.
Dicha pieza esférica se apoya fuertemente sobre un dis-
co que está afianzado en el extremo del eje en que está
montada la polea motriz que se ve detrás del torno.
Por consiguiente, dicho disco gira a igual velocidad que
la citada polea, pero el eje vertical del torno, según que
el operario haga ascender o descender la pieza esférica,
girá a velocidad mayor o menor, porque su contacto
con el disco se efectuará en circunferencias de este
disco de mayor diámetro cuando más alta esté.

Las figuras 61 y 62 representan otro medio de lograr a voluntad del obrero, velocidades variables del torno.



Figuras 61 y 62.—Torno de alfarero movido mecánicamente con un eje motriz general y con mecanismo de embrague y velocidades variables.

El eje motor de este torno y el de una serie más que se ponen colocados en fila, es la barra que se ve en la parte baja de la figura. Sobre esta barra hay montados

discos, uno para cada torno, que pueden hacerse correr a derecha e izquierda por un mecanismo que puede hacer funcionar el operario con el pie.

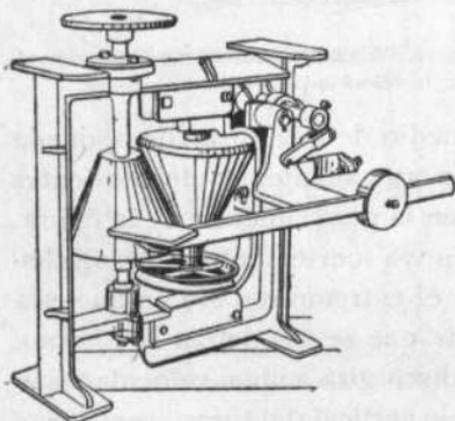


Figura 63.—Torno de alfarero de Boulton.

Según puede observarse en la figura, este disco horizontal, en su posición natural, queda apoyado sobre el disco montado sobre el eje motor, de manera que, por efecto

del frotamiento, se ve obligado a girar a una velocidad que podrá variar voluntariamente el obrero, moviendo con el pie la palanca del mecanismo que hace correr a derecha e izquierda el citado disco del eje horizontal. Cuando el operario lo desea, puede apoyar el pie en una palanca, que puede verse en la figura 62 y suspende el funcionamiento del aparato.

La figura 63 representa el torno mecánico de Boulton, de velocidad variable. La palanca que el operario puede maniobrar con el pie, obliga al cono motriz de fricción a subir o bajar a lo largo de su eje. Varían así las circunferencias de fricción, y por consiguiente la velocidad del otro cono, que está montado fijamente en el eje del torno, variará también. La simple inspección de la figura basta para comprender el funcionamiento de este aparato, si se tiene en cuenta que los conos de fricción no son de perfil recto, sino que son ligeramente convexos.

PRÁCTICA DEL MOLDEO CON EL TORNO

Para bosquejar sobre el torno un objeto cerámico cualquiera, el obrero toma una masa húmeda de pasta proporcionada al tamaño de la pieza que quiere hacer y la coloca sobre la cabeza del torno; moja sus manos en barbotina, que no es otra cosa que un barro muy fluido, de la misma clase de la pasta que trabaja, e impreso movimiento al torno, y rodeando la pasta con sus manos, la hace elevarse alargándose y produciendo la figura de un cono informe; apoya después la palma de la mano en el vértice de este cono, y le comprime, haciendo tomar a la pasta la forma de lenteja; introduce los pulgares en el centro de ella, y con los dedos empieza

a forjar el hueco del objeto que se propone, y que poco a poco va perfeccionando, manteniendo la pasta húmeda, para lo cual, de vez en cuando, mojará sus manos en barbotina. La figura 64 indica las sucesivas fases de este trabajo.

Cuando las dimensiones del objeto son algo consi-

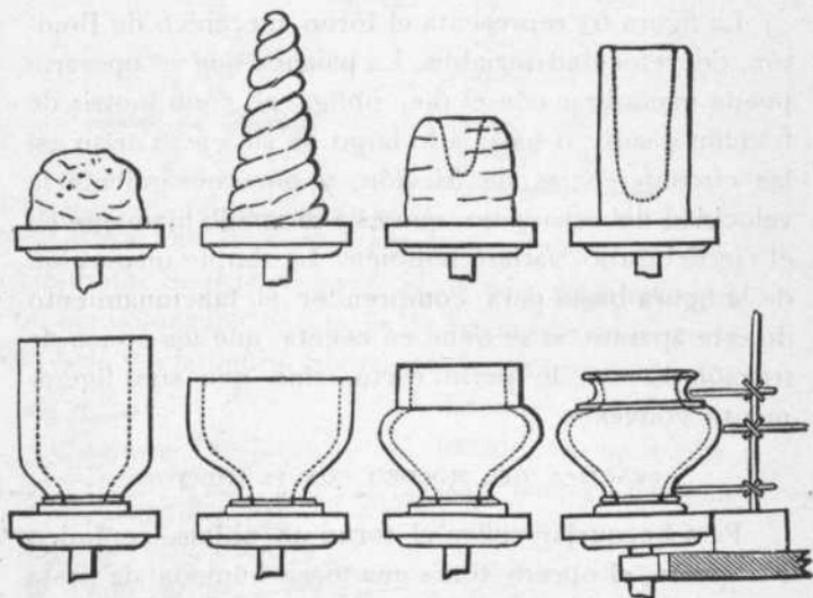


Figura 64.—Diferentes fases de la pasta.

derables, el obrero superpone varias porciones o puñados de pasta unos sobre otros en la cabeza del torno, hasta tener la cantidad necesaria para la ejecución de la pieza; después, comprimiendo fuertemente la pasta sobre el torno en movimiento, la hace elevarse y descender varias veces, como antes se ha dicho, a fin de que por este amasado sucesivo todas estas fracciones o puñados de pasta superpuesta no presente más que una

sola masa de una densidad bien homogénea; cuando ya considera la masa suficientemente trabajada, procede a ahuecarla como en el caso anterior.

Cuando se trabaja en obras ordinarias de paredes gruesas, el operario que empieza el bosquejo suele completar las formas de modo que no sea necesario retocar o retornear luego estas piezas, dándoles las dimensiones exactas por medio de indicadores, con lo cual consigue que todas las piezas le salgan iguales; pero cuando las formas han de ser delicadas y ligeras, el obrero termina el bosquejo por medio de un aparato llamado *esteque*, del cual se sirve para adelgazar las piezas y unir al mismo tiempo su superficie; finalmente, cuando la pasta que trabaja debe producir piezas ligeras, finas y de contornos delicados, detiene su bosquejo mucho tiempo antes de llegar al término, con objeto de conservar bastante espesor a la pieza, para poder después quitar en el retorneado, cuando ya esté endurecida, todo lo que exceda a los perfiles y espesores determinados.

Las piezas huecas cerradas o de cuello estrecho, se bosquejan en dos partes, y después se reúnen o sueldan, sirviendo la barbotina de substancia adherente.

La operación del bosquejado es una de las más importantes; el buen resultado del objeto depende de ella en la mayor parte de los casos. Esta operación es tanto más importante, a causa de que los malos resultados, debidos a un mal bosquejado, no se aperciben sino después de la cocción, y cuando las diversas modificaciones que recibe la pieza por el retorneado, secado, cocción, barnizado, etc., han hecho perder las señales del defecto primitivo, sin que pueda saberse cuál de las

operaciones ha sido causa de él y, por consiguiente, qué obrero tiene la culpa.

Terminado el bosquejo, los objetos se van colocando en estantes de madera, en los que el aire va poco a

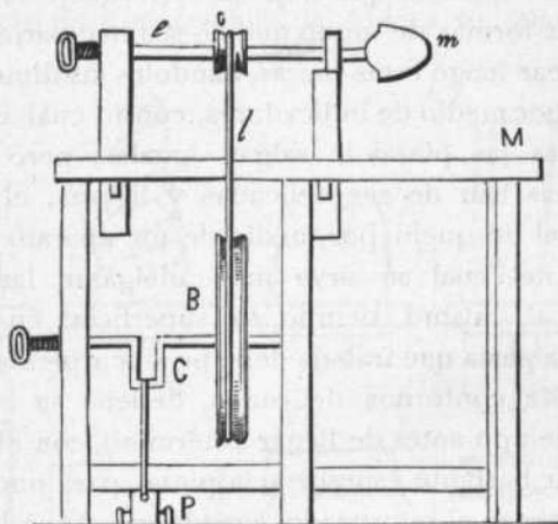


Figura 65.—Torno horizontal para retornear.

poco privándolos de parte de su agua, hasta que están en disposición de recibir el retorneado.

RETORNEADO

Después del bosquejo, ya hemos dicho que el objeto si se trata de fabricaciones algo esmeradas, necesita un repasado en sus detalles. Esta operación se practica a veces en el mismo torno, pero en general se emplean tornos horizontales, semejantes a los empleados por los torneros en madera, y de los cuales damos idea de uno muy sencillo en la figura 65: el eje del torno *e* recibe su movimiento circular por la cuerda sin fin *l*, que pa-

sando por la polea *c*, engarganta en la gran rueda *B*, la cual es impulsada por el eje que merced al codo *C* es movido por el pedal *P*, sobre el cual apoya el pie el obrero; la mesa *M* sirve de mesa de trabajo para las operaciones necesarias; en este caso, lo mismo que hemos dicho en el bosquejado, cuando la resistencia que puede oponer el objeto, a causa de su magnitud, sea superior a la fuerza de un obrero, se pone el torno en movimiento por medio de una cuerda sin fin, que pasa por una rueda a la que uno o dos obreros imprimen movimiento por medio de un manubrio; si el establecimiento fuese en gran escala o existiese en él máquina de vapor, podría esta rueda sustituirse en todos los tornos por un árbol común de transmisión, como se practica en otros talleres.

La pieza que se trata de tornearse se fija sobre un mandril de pasta que está ya seca, pegándola por medio de la barbotina; este mandril se coloca en la cabeza o plato del torno, centrándole por los medios comunes que emplean los torneros en toda clase de industrias.

Practicado esto, se procede a la operación, que se reduce a dar la forma exterior, perfilar los contornos, los cuellos, filetes y cordones, y a dejar los espesores; retorneándose, en general, en dos veces, particularmente si se trata de grandes piezas; el primer torneado tiene por objeto desbastar la pieza, que se pone luego a secar, y no se termina sino cuando está casi seca. La esponja y el pincel no se emplean sino para suavizar, y el remate debe verificarse con las herramientas; además, un rematado vivo es más a propósito para recibir las cubiertas; el pulimento no conviene más que a la tierra de pipas.

En los establecimientos en que se dispone de un motor, se emplean en el retorneado aparatos movidos por transmisión, como el representado en la figura 69.

Al dejar los espesores, el obrero debe tener muy en cuenta la proporción debida a las piezas con relación a sus dimensiones. Golpeando con el extremo del dedo

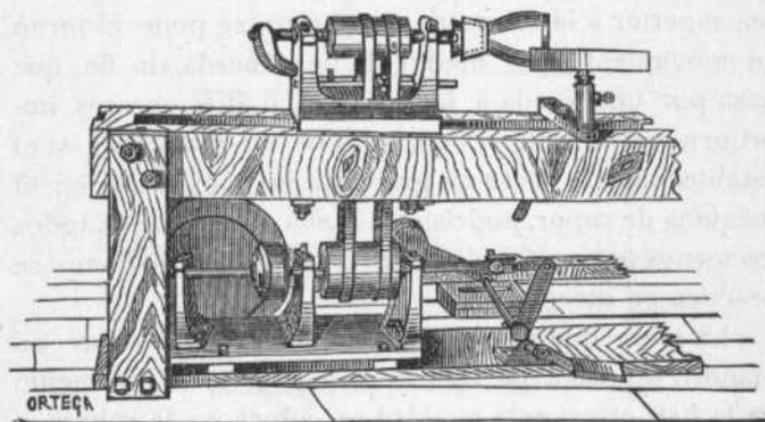


Figura 66.—Torno mecánico para retornear.

sobre el fondo de una pieza, o frotando esta parte con la yema, el sonido más o menos claro que se produce indica el mayor o menor espesor; es, sin embargo, más seguro emplear calibradores y compases de espesores.

CONFECCIÓN DE PIEZAS PEQUEÑAS

Para la confección de piezas de reducidas dimensiones, por ejemplo, crisoles, pucheritos, etc., suelen los operarios proceder de una manera algo distinta a la anterior. No toman del montón de pasta la cantidad precisa para elaborar una sola pieza como hemos visto antes, sino que toman uno o dos buenos puñados de

ella con objeto de tener un buen montón en la plataforma giratoria del torno. Esta pasta la amasan, como antes se ha dicho, hasta dejarla en forma de cono; y en el vértice de éste van dando forma al pucherito u objeto de que se trate, que una vez terminado, es separado del barro restante mediante un hilo horizontal que se mantiene terso con ambas manos. Inmediatamente rehace un poco el cono con la masa sobrante, y en su vértice elabora otro objeto y así sucesivamente hasta que da fin al barro cargado en el aparato.

MOLDEADO CON CUBIERTA SOBRE EL TORNO

Cuando se trata de la elaboración de objetos anchos y de poca altura, como, por ejemplo, platos, se practica una operación llamada moldeado con cubierta sobre el torno, la cual no es más que una operación mixta de moldeado y torneado, en la que esta segunda es la dominante.

Para verificar esta operación, se coloca en la cabeza del torno un molde que lleva en relieve la cavidad interior del plato; en una mesa separadamente se extiende una piel suave, y sobre ella, por medio de un rodillo de madera, se aplica, a la manera que lo hacen los pasteleros, una porción de pasta en cantidad suficiente para el objeto; ya extendida, y con el espesor necesario, se aplica sobre el molde, y retirando la piel se va comprimiendo a medida que el torno gira, con objeto de que se adapte perfectamente a los dibujos o relieves del molde; cuando ya se ha logrado esto, se aproxima a la cabeza del torno el aparato representado en la figura 67.

Este aparato se compone de una regla de cobre RR' llamada báscula, sostenida por el bastidor HH' , sólido

damente fijo a la mesa del torno. Dicha regla puede hacerse subir o bajar girando sobre una charnela que tiene en sitio apropiado, por ejemplo, en su extremo posterior, como indica la figura, limitándose su movimiento descendente mediante un tope *t*; sobre esta regla basculante se coloca, por medio de una ranura o colisa, el portacalibre *k*, armado de su calibre *c*, figurando en perfil todos los relieves o molduras que debe tener el exterior del objeto que se construye.

Al aproximar este calibrador al torno en movimiento, el perfil va produciendo efecto sobre la pasta, y haciéndole

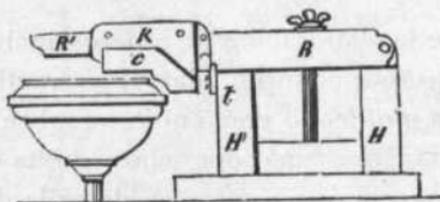


Figura 67. —Esteque.

descender lentamente, produce el contorno exterior del objeto, quedando perfectamente torneado y con el suficiente es-

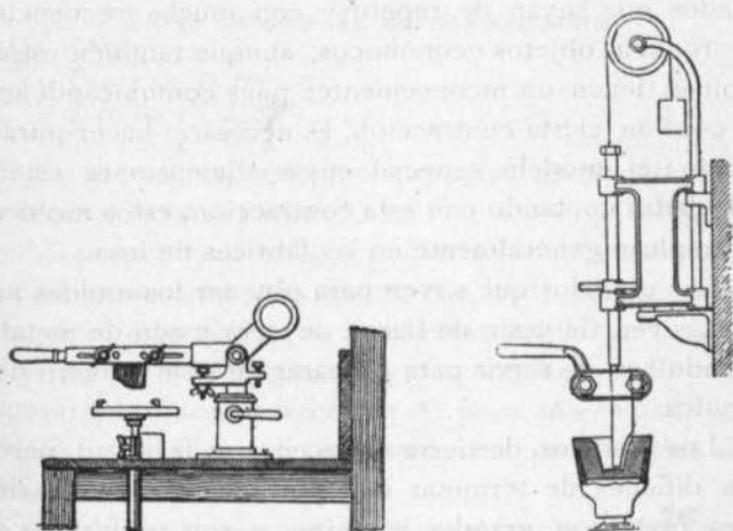
pesor; para lo cual hay en los montantes *H H'* el tope *t*, que impide descender la herramienta más de lo que se haya fijado como límite para los espesores.

Este procedimiento produce los platos y objetos análogos, sin que les falte más que una ligera operación, reducida a redondear los bordes que quedan angulosos.

La figura 68 y 69 representan otros dispositivos para sostener el *esteque*.

En algunas ocasiones se ha variado el procedimiento anterior en la forma que vamos a describir. Después de bosquejar ligeramente una pieza, se introduce el bosquejo fresco en un molde de yeso representando en hueco los filetes y adornos que han de ser en relieve, y haciendo girar el torno se comprime fuertemente la

pasta con una esponja húmeda contra las paredes del molde; cuando empieza la desecación se desmonta la pieza, y cuando está suficientemente seca se torneá solamente el interior, quedando el exterior como lo haya



Figuras 68 y 69 —Esteques.

producido el molde. Esta operación se aplica a soperas y otros objetos que, siendo torneados en su interior, llevan al exterior adornos que no pueden hacerse al torno.

MOLDEADO

En el moldeado se aplica la pasta sobre el molde, del cual toma la forma; los moldes han de ser siempre de una materia absorbente; porque para que la pieza moldeada pueda desprenderse de su matriz es necesario que el agua de su superficie pueda ser absorbida.

Esta condición restringe considerablemente el número de materiales susceptibles de ser empleados en la confección de moldes, y casi quedan reducidos al yeso y la tierra cocida porosa. Ordinariamente se hacen de yeso, pero debe preferirse la tierra cocida para los moldeados que hayan de repetirse con mucha frecuencia y producir objetos económicos; aunque también estos moldes tienen un inconveniente; pues comunicándoles la cocción cierta contracción, es necesario hacer puramente un modelo especial cuyas dimensiones estén calculadas contando con esta contracción; estos moldes se emplean generalmente en las fábricas de loza.

Los modelos que sirven para obtener los moldes se construyen de yeso, de tierra, de cera y aun de metal, cuando han de servir para preparar un gran número de moldes.

Los modelos de tierra se hacen con facilidad, pero son difíciles de terminar con pureza; los modelos de cera presentan grandes ventajas, y son preferibles a los demás por la limpieza de sus detalles, cuando no se han de producir un gran número de moldes; los modelos de yeso son más durables; se hacen de yeso amasado, y se aumenta más aún su cohesión empapándolos de aceite secante, que los endurece considerablemente.

La pasta arcillosa con que se confeccionan los moldes de barro cocido, ha de reunir diversas condiciones; entre ellas la de que se adhiera poco al modelo y de que los moldes se deformen menos en la cocción; pero debe conservar, sin embargo, la suficiente plasticidad para no rajarse. A continuación damos dos buenas composiciones de pasta para moldes de esta clase:

PASTA SECA PARA MOLDES GRANDES

Pasta de porcelana.....	7
Frita.....	1
Arcilla plástica.....	1

PASTA GRASA PARA MOLDES PEQUEÑOS

Pasta de porcelana.....	5
Arcilla plástica.....	2

En los correspondientes capítulos daremos la preparación de estas pastas.

Al preparar los moldes de tierra cocida es, además, necesario secarlos con mucha lentitud, porque están expuestos a torcerse; por igual razón no deben llevarse al horno hasta que estén perfectamente secos y la temperatura de cocción debe ser de poca intensidad, con objeto de que la masa no pierda sus propiedades absorbentes y porosas.

También el yeso con que se confeccionan los moldes de esta materia ha de sujetarse a ciertas condiciones; ha de ser de buena calidad, bien cocido y ha de amasarse con mucha agua para que al fraguar no quede excesivamente compacto, pues entonces los moldes no tendrían la suficiente porosidad. He aquí, según Granger, cómo fragua el yeso, según las proporciones de agua y yeso mezclados

	Yeso.	Agua.
Masa compacta.....	63	37
— corriente.....	58	42
— porosa.....	50	50
— floja.....	46	54

siendo la mezcla en partes iguales la que conviene más para las aplicaciones más generales como molde de cerámica.

A veces el molde ha de componerse de varias piezas que se puedan separar para sacar el objeto preparado, y se sostienen las partes de estos moldes dentro de una caja de yeso llamada cubierta. Como la pasta cerámica sufre una pequeña contracción a causa de la absorción del agua por las paredes del molde, no existe dificultad de ningún género para sacar el objeto moldeado, siempre que los relieves del molde estén combinados de manera que no se estorben. Se quitan con una herramienta cortante los salientes que resultan en las líneas de unión de las diversas partes del molde, siendo sumamente necesario que estas líneas estén distribuidas de modo que no resulten sobre los puntos más visibles, porque después aparecen de un modo muy notable sobre los objetos cocidos.

Los moldes destinados a fabricar objetos redondos, como, por ejemplo, las asas de jarrones, las columnas, etcétera, se componen de dos partes, que se superponen exactamente; se moldea por impresión en cada una de estas partes la mitad de la pieza, y cuando la pasta se encuentra aún bastante blanda para pegarse fácilmente, se reúnen las dos mitades del molde; se espera un rato para que la pasta se desagüe por la absorción de las paredes del molde, y después se separan las dos mitades de éste, sacando el objeto moldeado y gastando con una cuchilla los resaltos que aparezcan en la juntura.

Para reunir unas a otras las piezas diferentes que deben formar un solo objeto completo, el operario no espera ordinariamente a que estas piezas estén muy

secas. Traza sobre la pieza principal el sitio de empalme de la pieza que se trata de añadir; graba sobre las superficies de aplicación unas rayas cruzadas, con objeto de producir cierta aspereza, y después aplica con el pincel un poco de barbotina espesa formada con pasta cerámica diluída en agua, y pega entonces la pieza, que agarra de un modo sólido.

Hace falta que el obrero sea práctico en las pegaduras, porque las piezas cerámicas trabajadas al torno sufren una contracción que se produce en sentido circular, según el cual han sido trabajadas, y en el sentido en que se ha ejercido la presión. La pieza, al cocer, se contrae circularmente sobre sí misma; por lo tanto, si el asa de un objeto se ha colocado según la vertical, toma una posición inclinada cuando está cocida; es necesario, por consiguiente para que resulte vertical después de la cocción, que haya sido colocada en crudo según una posición inclinada para contrarrestar este movimiento de torsión. La inclinación que conviene dar a una pieza añadida depende de su longitud, y, hasta cierto punto, de la forma del vaso; el obrero debe tener en cuenta todas estas circunstancias.

MOLDEADOS DIVERSOS

La operación del moldeado puede practicarse a la mano o con la prensa, y a su vez el moldeado a mano puede ser moldeado a la pelota o al pastel.

Moldeado a la bola o pelota.—Consiste este sistema de moldear en preparar con la mano pelotas de pasta que se aplican en las cavidades del molde, sirviéndose de una tela o una esponja; si la pieza ha de ser maciza, se pone un exceso de pasta, se aplican después las dos

partes del molde apretándolas fuertemente, y el exceso de pasta escapa por una canal practicada con este objeto; si la pieza ha de ser hueca, se moldea la pasta del conveniente espesor, y después, antes de juntar el molde, se bañan los bordes de la pasta con barbotina, para evitar muchas rebabas y aumentar la adhesión de la pasta en las juntas. Cuando la pasta es corta o poco plástica, se la comunica esta propiedad agregándola una pequeña cantidad de goma arábica o engrudo.

Moldeado al pastel.—Consiste éste en preparar por medio de un cilindro sobre una piel suave, mojada y extendida sobre una mesa de piedra bien plana, un *pastel* o plancha de pasta de conveniente grueso, que se levanta con cuidado por medio de la piel, aplicándola con una esponja sobre la parte convexa de un molde de yeso preparado de antemano; se cubre después el molde con la parte cóncava que debe formar el exterior de la pieza, y que estando más seco, separa la pasta del convexo; se continúa aplicándole con la esponja, y después se le aprieta con una muñeca llena de polvo de la misma pasta; por la desecación y contracción que resulta, se desprende la pieza ella sola del molde.

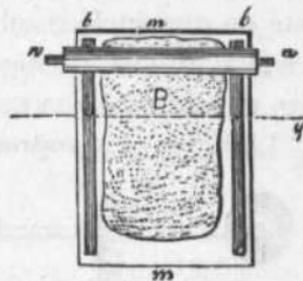
En la elaboración de objetos esmerados se emplea en la preparación de la plancha de pasta el aparato representado en las figuras 70 y 71 cuya descripción es como sigue:

m m representa una tabla o mesa de mármol muy plana, sobre la cual se extiende la piel B; a los lados de esta piel, se colocan las reglas *b b*, de igual altura entre sí, que puede hacerse mayor o menor superponiendo tiras de latón; sobre ellas corre el cilindro *n n*, representado en proyección vertical en la figura 71, el cual

se maneja por medio de los salientes que lleva en sus extremos. La pasta, después de bien preparada y amasada, se coloca en *c*, y se extiende sobre la piel *b* por medio del rodillo *n n*, el cual rueda sobre las reglas *a a* superpuestas, y que se van quitando a medida que por la presión del rodillo la pasta se va adelgazando.

En las fábricas de lozas comunes y de cacharrería ordinaria, se hace una gran bola de pasta que se extiende sobre una mesa de mármol por medio de una maza que tiene la forma de una moleta, como la usada por los pintores para moler sus colores; mientras que el obrero levanta la mano con que maneja la moleta,

imprime a la pasta con la otra mano un movimiento de rotación sobre sí misma que obliga a todas las partes de la masa a sufrir la acción de la moleta, y logra por este medio dejarla del espesor conveniente.



Figuras 70 y 71 — Vista horizontal y sección del aparato para preparar la plancha de pasta.

MOLDEADO MECÁNICO

El moldeado mecánico se practica por medio de prensas; el molde propiamente dicho, es de metal, o de yeso o tierra cocida, guarnecidos de hierro, de una sola pieza o compuesto de varias partes, según las necesidades del servicio; el espigón montado sobre el tornillo de la prensa es de metal, y el fondo del molde está formado por una cápsula movable a voluntad, a veces por

el mecanismo de la prensa, sirviendo para desprender la pieza del molde. Para impedir la adherencia de la pasta con las superficies metálicas, se impregnan éstas con esencia de trementina.

El gran inconveniente de estos procedimientos consiste en que suele resultar la masa de una densidad muy desigual, lo cual da lugar a torceduras, tanto más notables cuanto más alta sea la temperatura de cocción.

La figura 72 representa una prensa muy sencilla empleada en el moldeado de objetos cerámicos y destinada a estampar pastas entre moldes de dos piezas.

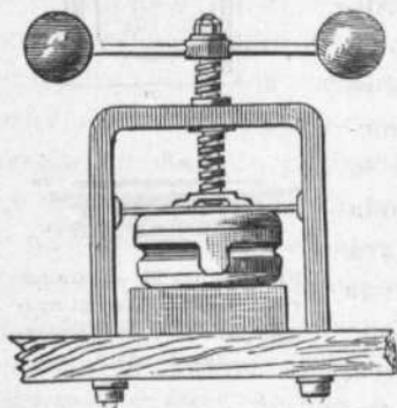


Figura 72.—Prensa de moldear.

Consiste en un tornillo ordinario de presión, montado sobre una pieza de hierro encorvada en forma de doble escuadra; los dos montantes paralelos están

sólidamente fijos con tuercas al tablero, sostenido a 70 centímetros sobre el suelo. Con objeto de evitar la longitud del tornillo de presión, y para sostener el volante a la misma altura, se coloca sobre el tablero un pedestal o base de madera forrada de badana, para sostener los moldes de modo que debajo del tornillo solo quede la altura suficiente para introducir y retirar cómodamente aquéllos. Como la altura de los moldes varía según la diferencia de las piezas, se tienen varios macizos o zócalos de diversos tamaños.

Actualmente se emplean prensas de gran potencia

en la confección de ladrillos prensados, de baldosas, de los tubos de saneamiento y de las chimeneas y otros artefactos, pero como éstos son trabajos de ramos especiales nos ocuparemos de ello cuando llegemos a sus respectivos capítulos, donde veremos que estas prensas pueden ser de diferentes clases, trabajando unas como hileras, otras por percusión, otras por compresión, etcétera, pudiendo ser ya movidas a brazo, ya por motor, ya por la fuerza hidráulica, y elaboran en ellas ya pastas húmedas, ya pastas secas.

Cuando una pieza está bien moldeada, cuando los gruesos están bien conservados y no se ha deformado durante la desecación, puede decirse que están terminadas las tres cuartas partes de su trabajo. El moldeador puede disminuir o regularizar los espesores con hojas de cuchillo y herramientas que corten bien, sirviéndose a veces de calibre de hierro.

Toda pieza de tapa debe, cuando sale del molde, recibirla en su sitio, porque al secar juntas, luego ajustan mejor y se conservan con más precisión las formas.

COLADO

El procedimiento del *colado* no estaba antes en uso más que para la fabricación de tubos, retortas, placas para pintores, etc.; pero actualmente ha recibido grandes ampliaciones, que desgraciadamente no pueden aplicarse más que a las pastas finas, porque el grado de finura de las pastas que hay que emplear en la operación, se opone siempre a que este sistema se emplee en las fabricaciones comunes, a más de que el número grande de moldes necesarios y su pronto de-

terioro hacen el procedimiento costoso y sólo aplicable a los artículos de lujo.

Se emplea para el *colado* barbotina o papilla muy diluída; esta papilla se compone generalmente de 50 por 100 de pasta secca y 50 por 100 de agua; a veces se mezcla la pasta nueva con la mitad de su peso de torneaduras o recortaduras de operaciones anteriores, y después se añade agua hasta formar una barbotina poco espesa, que se pasa por un tamiz fino de latón, agitando suavemente por algún tiempo hasta que adquiera la necesaria homogeneidad.

Si se vierte o se hace llegar de un modo cualquiera esta barbotina sobre un molde de yeso, éste absorbe una parte del agua de esta papilla, y una porción de la pasta forma en la superficie del molde una capa adherente, que se nota separando la barbotina que ha quedado al estado fluido. Dejando la barbotina estacionar más o menos tiempo en el molde, se obtienen, o piezas delgadas, o piezas de mayor o menor espesor.

De esta suerte, llenando de barbotina moldes de tazas, cafeteras, etc., y dejando a la absorción sólo obrar durante algunos segundos, se producen esas piezas tan finas y delicadas, llamadas de cáscara de huevo que por los medios hasta ahora expresados serían imposibles de obtener.

Si, por el contrario, se llena de barbotina un molde grande y se deja obrar la absorción durante muchas horas, se llegan a fabricar piezas que llegan a tener los espesores que podrían obtenerse por los procedimientos de moldeado.

Como ejemplo de estas operaciones, tomemos como tipo el colado de un tubo de porcelana. Hemos de ad-

vertir antes que el molde está formado de dos partes iguales, presentando cada una un semicilindro hueco, terminado por dos canales más pequeñas *a*, *b*, figura 73; se reúnen estas dos partes del molde por medio de collares de tuerca *l l*, figura 74, y se obtiene así un canal cilíndrico, terminado por dos aberturas en sus extremos.

Antes de ajustar las dos partes del molde, se ha

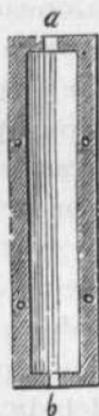


Figura 73.
Semimolde de un
tubo.



Figura 74.
Moldeado de un
tubo por colado.

dado un baño a sus caras interiores con barbotina muy clara, usando un pincel de tejón para esta operación; la barbotina destinada al colado está contenida en un recipiente provisto de una llave; debajo de éste hay otro guarnecido de una traviesa de madera, la cual lleva en su centro un tapón saliente y cónico de piel; se coloca la abertura inferior del molde sobre este tapón, de

modo que cierre exactamente, y la abertura superior debe quedar exactamente debajo de la llave del recipiente superior, en el que está la barbotina; abriendo, pues, esta llave, el canal del molde debe llenarse de papilla.

El nivel baja inmediatamente en el molde, a consecuencia de la absorción del agua, y puede restablecerse por la adición de nueva cantidad de barbotina; después

se separa el molde del tapón, y la papilla que no está adherida cae al recipiente inferior.

Como la capa adherida no tiene aún bastante grueso, se abandona el molde a sí mismo por algunos minutos, durante los cuales se hace el mismo colado en otros cuatro moldes.

Se toma otra vez el primer molde y se le llena de nuevo, pero después de haberle invertido de modo que la extremidad que estaba en bajo en el primer colado, se encuentre en alto en el segundo; si el tubo no tuviese aún bastante espesor, se procederá a un tercero, teniendo cuidado de invertirle otra vez. Al cabo de tres o cuatro horas, la pasta está bastante endurecida para poder abrir el molde; las rebabas que se encuentran en la juntura de las dos partes del molde se quitan por medio de un instrumento cortante.

Cuando se han de fabricar piezas huecas de un diámetro o altura considerable, se puede proceder a su colado por medio de un sifón, introduciendo la papilla de abajo arriba, sea por la simple presión debida a la diferencia de nivel, sea inyectándola por medio de un pistón o émbolo.

Los platos delgados que constituyen las bandejas y adornos de mesa, compuestos de hojas delgadas, se hacen también por el colado; pero en vez de llenar un molde de pasta fluida, se hace resbalar ligeramente el molde por un baño de barbotina; de esta suerte se recubre interior y exteriormente de pasta, cuyo espesor es proporcional al tiempo que ha permanecido sumergido en la papilla; se limpia el molde por fuera, se quita con un cuchillo la parte adherente al exterior, y al mismo tiempo se levantan ligeramente los bordes por

medio de una punta de hierro para facilitar el desprendimiento. Se examina con atención si se hacen grietas durante la desecación y contracción, y se detienen por un trazo atravesado, hecho con una punta a la extremidad de la hendidura.

El colado de placas de porcelana se hace sobre placas de yeso húmedo, guarnecidas de un reborde de madera; por efecto de la absorción llega la pasta a adquirir la suficiente consistencia, y entonces se quitan los rebordes y se recorta la placa alrededor, dejando una faja de cinco centímetros para las mayores, con objeto de facilitar la contracción; se rebate la placa sobre otra de yeso muy seca, y al cabo de quince días se recoge sobre otra placa de tierra cocida y se lleva al horno, en donde se la coloca con una inclinación de 45 grados.

El colado de las retortas y otras piezas de curvatura se practica de diferente manera; el molde es de varias piezas; se rodea cada una de ellas de otra pieza no absorbente, y se cuele separadamente cada una de las piezas; cuando la capa de pasta tiene el suficiente espesor, se quitan las cubiertas no absorbentes y se reúnen las partes del molde, comprimiendo la pasta sobrante y trabando así perfectamente las junturas; se termina pasando en el interior de la pieza un poco de barbotina, que se vierte por la abertura.

Para vaciar los moldes en el tiempo preciso para obtener objetos de espesor conveniente, constantemente igual en toda la partida de objetos, se emplean avisadores eléctricos. De esta manera el operario trabaja con varios moldes, los cuales va llenando sucesivamente de barbotina sin preocuparse de observar el

tiempo que llevan llenos los anteriormente llenados, pues a su debido tiempo se lo advertirá el timbre del avisador.

REMATADO

La operación de rematado al salir de los moldes tiene por objeto perfeccionar, pulir, adornar y completar una pieza ya preparada por las precedentes operaciones, y exige grandes conocimientos y habilidad, a más del gusto delicado, que hace necesarios para esta operación verdaderos artistas en vez de operarios.

El rematado y vaciado de piezas moldeadas consisten, el primero, en quitar las rebabas de los moldes o las líneas que marcan las juntas; hay que tener presente, que lejos de quitar estas rebabas con la espátula, y hacerlas entrar en la pasta del objeto, es necesario quitarlas con un instrumento cortante y dentado llamado gradilla; el reparado consiste en tapar con pasta los huecos, cavidades y rajaduras que suelen presentarse en el moldeado o que resultan por el secado o torneado.

Cuando una pieza ha de tener claros o aberturas que atraviesan su espesor, como los canastillos, fruteros, etcétera, no pudiendo hacerse por medio del moldeado, hay que hacerlos a la mano, lo cual es operación larga y difícil; el moldeado forma las partes salientes y deja profundas y delgadas las que deben quitarse para producir los claros, y con una hoja de cuchillo muy delgada y afilada, el reparador abre estos claros, debiendo evitar hacer fuerza sobre la pieza, que fácilmente podría deformarse o romperse.

REUNIÓN DE PARTES O GUARNECIDO

Las manipulaciones hasta ahora dichas no producen más que porciones de los objetos que a veces se trata de construir; es necesario, por lo tanto, que en toda clase de fábricas, desde las de objetos más comunes a las de los más finos, exista un taller en el que se haga el conjunto de las piezas y se les agreguen los picos, asas, pies, etc., y, en determinados casos, los adornos salientes; después hay que reunir estas piezas accesorias, que ordinariamente se llaman las guarniciones, a la pieza principal, por medio de la barbotina. La preparación de las guarniciones no difiere nada de la de las piezas ordinarias, pero su colocación es operación sumamente delicada. La mayor parte de las guarniciones son moldeadas; otras, sin embargo, se hacen por un procedimiento que se asemeja al estirado de los metales dúctiles en la hilera.

Las piezas de guarnición separadas del molde deben ser reparadas y concluidas en seguida, colocándolas para que se endurezcan, en soportes de yeso o tierra cocida que absorben la humedad.

Cuando las guarniciones están dispuestas y las piezas sobre las que han de aplicarse terminadas, sólo resta unir las de un modo sólido, siendo la condición esencial para un buen resultado que las dos piezas que se han de unir estén próximamente en el mismo estado de humedad o sequedad.

El obrero, para verificar esta operación, procede, como ya lo hemos indicado al hablar del moldeado, teniendo en cuenta la contracción de la pasta en la cocción al fijar las asas y otros objetos algo largos.

La barbotina basta para unir sólidamente, antes de la cocción, una guarnición húmeda sobre otra húmeda; pero cuando las dos piezas están secas, como tienen gran avidez por absorber el agua, la barbotina se seca antes de poder aplicar las piezas una contra otra; es necesario, para evitar esta absorción, empapar de agua engomada las dos superficies de aplicación, y engomar del mismo modo la barbotina, con objeto de hacerla tomar una adherencia suficiente para sostenerlas antes que la cocción la haya completado.

II.—Desecación de las piezas moldeadas.

DESECACIÓN AL AIRE LIBRE

Una vez dada la forma a las piezas, deben desecarse perfectamente, para esto deben ponerse en condiciones a propósito para que vayan perdiendo el agua con que se preparó la pasta.

Para conseguir esta desecación en las fábricas de poca importancia en que se elaboran productos ordinarios se exponen dichos objetos en eras, a la acción de los rayos solares; pero este medio no produce muy buenos resultados, porque no solo no se verifica completamente la separación del agua, y puede además traer pérdidas sensibles una repentina lluvia que no dé tiempo a recoger las piezas expuestas al aire libre, sino que variando de unos días a otros el grado de humedad del aire no puede preverse el tiempo que tardarán en desecarse los objetos y se está asimismo expuesto a que por su desecación irregular se produzcan deformaciones en las piezas.

Tampoco es recomendable, por sus inconvenientes,

la desecación en locales cubiertos y paredes de celosía, para que circule libremente el aire ambiente.

DESECACIÓN ARTIFICIAL

CONDICIONES QUE SE REQUIEREN PARA LOGRAR UNA BUENA DESECACIÓN

Para obtener una desecación eficaz y regular de las piezas han de someterse al contacto de un ambiente seco, o relativamente seco, y no dejar que se prolongue más de lo conveniente dicho contacto. Cuanto más alejado esté el ambiente del punto de su saturación húmeda, más eficaz será la desecación porque más rápidamente la humedad de las piezas se difundirá por el aire. Ello no obstante, debemos recordar que no es conveniente la desecación demasiado rápida de las piezas de barro húmedo por el riesgo que se corre de que se produzcan grietas en las piezas por no desecarse a la par su región interior y su superficie; es más, es práctica corriente que determinadas piezas en que por su forma podría acelerarse la desecación en las regiones de mucha superficie y poca masa o retardarse en las de mucho volumen y poca superficie, se cubran parcialmente con trapos húmedos con objeto de uniformar la desecación en toda la masa, y también, en ocasiones, se rodea todo el objeto para que sea más lenta la evaporación de su humedad.

El contacto de las piezas húmedas con el aire que ya se ha saturado de humedad por efecto de dicho contacto, es evidente que no puede prolongarse desde el momento que dicho aire, por estar saturado de ella, ya no puede robar más humedad al barro húmedo. Deberemos, pues, disponer la desecación en condiciones tales

que el aire, a medida que va saturándose de humedad, vaya siendo renovado, y esta renovación o cambio de ambiente habrá de ser efectuada de tal manera, que no haya irregularidad o cambios bruscos en la saturación, que sólo podrían ser perjudiciales para los objetos en elaboración. Dispondremos, por consiguiente, la circulación o corriente de aire de manera que al principio la desecación sea lenta, para que la humedad interior tenga tiempo de irse propagando hacia las regiones superficiales del objeto, que son las primeras, naturalmente, que el aire deseca, y luego iremos aumentando paulatinamente la rapidez de dicha desecación, por no haber ya tanto peligro de que las piezas se deterioren.

Otro punto importantísimo hay que tener en cuenta en la desecación. El aire no se apodera con igual avidez del agua a todas las temperaturas. En efecto: la tensión del vapor de agua, esto es, la propensión del agua a convertirse en vapor, varía de unas a otras temperaturas. En la tabla siguiente se da, en gramos, la cantidad de vapor de agua que puede contener un metro cúbico de aire a diversas temperaturas.

Grados.	Gramos.	Grados.	Gramos.	Grados.	Gramos.
0°	4,9	22°	19,4	40°	51,0
5	6,8	23	20,5	50	82,7
10	9,4	24	21,6	60	130,0
15	12,8	25	23,0	70	197,0
16	13,6	26	24,3	80	291,0
17	14,4	27	25,7	90	421,0
18	15,1	28	27,1	100	592,0
19	16,3	29	28,6	120	1120,0
20	17,2	30	30,2		
21	18,3	35	39,5		

de manera que la cantidad de agua que puede contener un metro cúbico de aire aumenta muy rápidamente a medida que la temperatura de dicho aire es mayor. Nos convendrá, pues, para principiar la desecación, emplear aire relativamente frío y hacerlo circular en corriente poco rápida; y a medida que los objetos vayan perdiendo su humedad, convendrá que aumentemos la temperatura y la velocidad de la corriente de aire para lograr una desecación más rápida.

Todavía ha de salvarse otra circunstancia si se quiere obtener una desecación eficaz. Es sabido que para hacer pasar el agua del estado líquido al de vapor debe calentarse, esto es, ha de comunicársele calor, y si por circunstancias especiales, el agua pasa espontáneamente al estado de vapor, robará del ambiente y de los cuerpos que estén en su contacto, la cantidad de calor necesaria para su transformación en vapor. De ahí resulta, volviendo a la desecación de que estamos tratando, que la evaporación del agua líquida que contienen las piezas puestas a desecar ocasiona un descenso de temperatura de dichas piezas y del aire que está en contacto de ellas. Si baja la temperatura del aire, es evidente, como se ve por el cuadro anterior, que su capacidad para contener vapor de agua disminuirá, y si resulta que la temperatura de este aire baja hasta tal punto que la cantidad de vapor que contiene llega a ser superior a la que naturalmente puede contener como máximo a dicha temperatura, el vapor de agua se condensará nuevamente, depositándose sobre la superficie de los objetos más fríos que encuentre en su recorrido. En consecuencia, no solo será conveniente aumentar la temperatura del aire para obtener una

deseccación eficaz, sino que deberá calentarse más de lo preciso para evitar el contratiempo de posibles condensaciones de rocío sobre los objetos puestos a desecar. Puede ser conveniente, conocer los metros cúbicos de aire que a distintas temperaturas es necesario teóricamente hacer circular por un secadero para eliminar un kilogramo de agua de los objetos que se están desecando.

a 5°....	147	metros cúbicos	
10....	106,4		—
15....	78,1		—
20....	58,5		—
25....	43,8		—
30....	33,1		—
35....	25,5		—
50....	12,1		—

con lo cual se pone de manifiesto la gran diferencia que hay en los volúmenes de aire que son necesarios mover para lograr un mismo grado de desecación, según sea alta o baja la temperatura a que esta desecación se efectúe.

SISTEMAS VARIOS DE DESECACIÓN ARTIFICIAL

La desecación artificial puede lograrse en general de diferentes maneras, que en primer término pueden clasificarse en dos grandes grupos, a saber:

1.º Desecación con el empleo de procedimientos mecánicos.

2.º Desecación mediante la acción del calor.

Haciendo caso omiso de algunos sistemas de desecación mecánica, que son de aplicación absolutamente imposible en cerámica para la desecación de los objetos

moldeados, como son, por ejemplo, la torsión, compresión, centrifugado, etc., podemos considerar como sistema mecánico de desecación aquel en que se ponen los objetos en contacto de una corriente de aire seco. No insistiremos en él, no obstante, porque nunca se aplica en cerámica, pues a lo sumo podría considerarse como tal la desecación que sufren los objetos cuando al salir ya moldeados de las manos del obrero son colocados en estantes que se tienen a lo largo de las paredes del local en que se practica el moldeado.

En las fábricas de productos cerámicos hay siempre calores perdidos. Veamos, pues, los sistemas de desecación del 2.º grupo, en los que se pueden aprovechar dichos calores perdidos si no se considera preferible, y es muy corriente, alimentar hogares especialmente destinados a esta operación.

Los sistemas de desecación por medio del calor son muy numerosos, y hasta se hace difícil exponerlos sucesivamente en una clasificación bien ordenada.

Los desecadores de aire previamente calentado empleados en cerámica, suelen consistir en estanterías colocadas en locales dispuestos, ya encima de los mismos hornos de cocción para aprovechar los calores que en ellos se pierden por efecto de su enfriamiento o radiación, ya situados independientemente de los referidos hornos, pero llevando a ellos los productos de la combustión.

En fábricas de alguna importancia interesa muchas veces no someter la desecación a la marcha de los hornos de cocción, y entonces los secaderos son locales calentados por medio de hogares especiales, y si se trata de producciones en grande escala, es conveniente

recurrir entonces a los secaderos de funcionamiento metódico por las ventajas económicas que reportan, pues son de funcionamiento continuo, se utiliza en ellos todo el calor y son de mano de obra reducida al mínimo coste.

La circulación del aire caliente por el secadero puede ser natural o en corriente forzada por medios mecánicos; en los secaderos bien estudiados resulta preferible este último sistema, porque es posible graduar en todo momento, según la clase de productos que estén en elaboración, la circulación más conveniente. Además, es posible también, empleando la corriente forzada, someter las distintas regiones de los secaderos a la temperatura más a propósito para el grado de desecación que ya hayan alcanzado las piezas en obra.

En su lugar ya describiremos con todo detalle varios modelos de secaderos, pues allí podremos estudiarlos durante el funcionamiento con los productos para cuya desecación fueron ideados.



SEGUNDA PARTE

Cocción.

CAPÍTULO PRIMERO

COMBUSTIBLES

Hemos llegado a la parte más importante de las industrias cerámicas, bajo el punto de vista económico, a causa de la gran cantidad de combustible que es necesario emplear en la cocción de estos productos. En efecto; se ha observado, según experiencias practicadas en varios hornos, que la cocción de un kilogramo de porcelana exige 15 kilogramos de leña u 8 kilogramos de hulla; por lo tanto, 800 kilogramos de porcelana fabricados, consumen 12.000 kilogramos de leña o 6.500 de hulla, que son aproximadamente 40 metros cúbicos o esterios de leña y 81 hectolitros de hulla. Es muy cierto, sin embargo, que para estos 800 kilogramos de objetos cocidos, ha sido preciso calentar a la temperatura de cocción, 12.000 kilogramos de cajas, soportes, etc.

Según lo manifestado, se comprende perfectamente que en general debe ser más económico transportar las pastas ya preparadas a puntos inmediatos a las minas de hulla o al yacimiento de los combustibles, que el hacer llegar éstos cerca de las canteras de kaolín, por lo que, reemplazando la hulla al carbón, estas industrias vendrán, como acontece a otras varias, a agruparse alrededor de dichas minas en los países en que se encuentran.

Exigiendo la cocción de los productos cerámicos temperaturas a veces muy elevadas, y dando en todos los casos lugar a un consumo considerable de combustible, tenemos que estudiar aquellos de que más ordinariamente se hace uso, bajo el punto de vista de su inmediata aplicación.

Llámanse industrialmente combustible a las sustancias que pueden proporcionar una cantidad útil de calor, y en buenas condiciones económicas.

Todos los combustibles contienen en mayor o menor cantidad, según su naturaleza, carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

Las condiciones que debe tener un buen combustible industrial, son las siguientes:

1.º Arder fácilmente en el aire, produciendo por el acto de su combustión un calor suficiente para seguir ardiendo.

2.º Que la combustión se verifique entre ciertos límites de tiempo, esto es, que no sea instantánea ni muy lenta.

3.º Que produzca una determinada elevación de temperatura, temperatura que es distinta para cada combustible, con lo cual cada uno puede ser dedicado especialmente a determinadas aplicaciones.

4.º Debe ser abundante y de poco precio.

5.º Que los gases y residuos producidos por su combustión no perjudiquen a los cuerpos que han de recibir su calor, ni a los vegetales ni animales de las proximidades o alrededores del sitio donde se verifique la combustión.

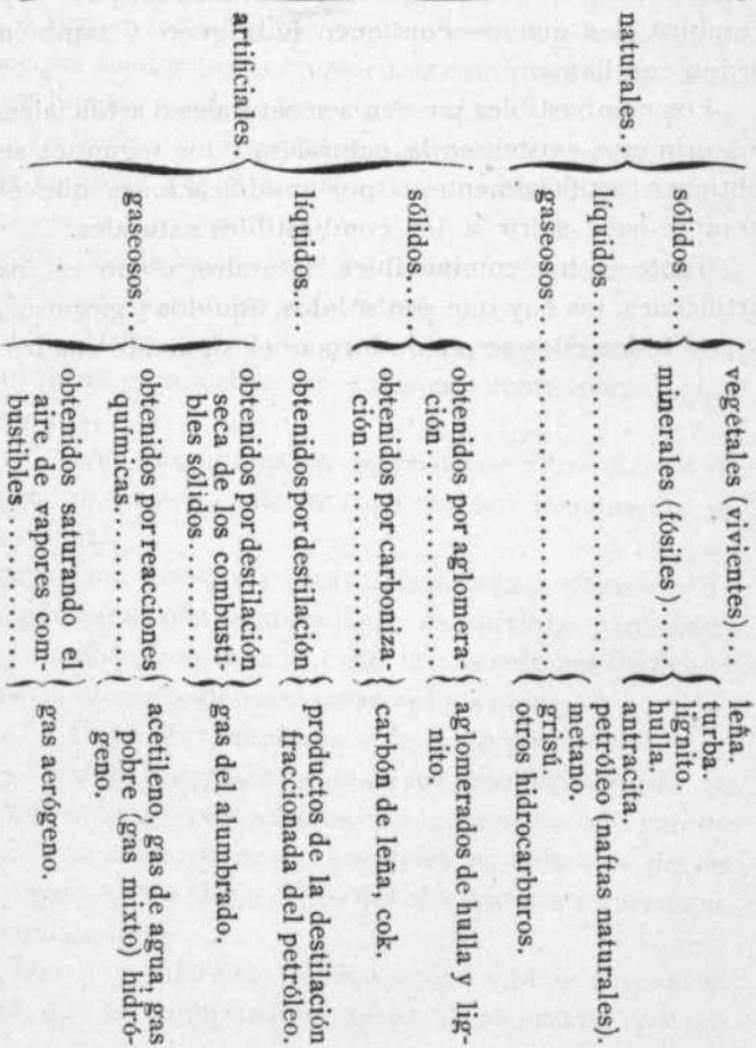
Los combustibles pueden arder con o sin llama. Para que un combustible dé llama es preciso que sea

un gas o que antes de arder se volatilice o descomponga dando productos gaseosos y, al mismo tiempo, que la temperatura no baje de unos 800 grados. De un modo general puede decirse que un combustible arderá con llama tanto mayor cuanto más hidrógeno entre en su composición, si bien esto es solo aproximado, pues hay combustibles que no contienen hidrógeno y también arden con llama.

Los combustibles pueden ser naturales o artificiales; los primeros existen en la naturaleza y los segundos se obtienen artificialmente o por modificaciones que el hombre hace sufrir a los combustibles naturales.

Tanto en los combustibles naturales, como en los artificiales, los hay que son sólidos, líquidos y gaseosos, y con todos ellos se puede formar el siguiente cuadro:

COMBUSTIBLES..



Pueden, pues, utilizarse los combustibles al estado sólido, líquido o gaseoso; los combustibles líquidos están consagrados especialmente al alumbrado, y los gaseosos, sirven, según su naturaleza, para producir luz o calor.

Pueden considerarse como materias primeras combustibles las leñas, las turbas y los varios combustibles fósiles, como son: lignito, hulla y antracita. Sometiendo estas materias a un calor suficiente, se obtienen los otros productos que hemos llamado artificiales, que contienen mucho menos hidrógeno, oxígeno y nitrógeno que el combustible primitivo, y que llevan según su procedencia el nombre de carbones de leña, de cok, etc.

Veamos, ahora, ya conocidas estas indicaciones preliminares, la descripción de los combustibles más empleados en las operaciones cerámicas, tratando con suficiente amplitud de los principales, esto es, de la madera, del carbón en sus diferentes formas (turba, lignito, hulla y antracita), del petróleo y de algunos gases (gas de aire, gas de agua y gas natural).

LEÑA

Los combustibles vegetales están formados por raíces, troncos, ramas y hojas, pero de todas estas partes las que preferentemente se utilizan como combustibles son el tronco y las ramas.

En el estado de árbol, la leña sabemos que está formada por un tejido fibroso, al través del cual circula un líquido llamado savia.

Examinada químicamente la leña, dista mucho de ser un cuerpo elemental; tratada la madera reducida a

polvo fino, sucesivamente por el agua, los álcalis diluidos, el ácido clorhídrico, el alcohol y el éter, se separan productos cuya naturaleza y proporción relativa varían según la especie; así, por ejemplo, las maderas resinosas ceden al alcohol una parte de su peso mucho mayor que las otras maderas.

El tejido fibroso de la madera, privado por la acción de disolventes adecuados de las sustancias extrañas que le acompañan, es lo que se llamaba antiguamente el *leñoso* y era considerado como una sustancia idéntica y común a todos los árboles. Observaciones posteriores demostraron que el leñoso no era una sustancia homogénea, sino una materia formada por la yuxtaposición de células alargadas y tapizadas en su interior por otra sustancia dura y amorfa, en capas más o menos irregulares

La sustancia que forman las células ha sido designada modernamente con el nombre de *celulosa*, la cual constituye aproximadamente el 95 ó 96 por 100 del tejido de todas las plantas y las hojas de todos los vegetales, y cuando está bien purificada, presenta una composición constante que contiene:

Carbono....	44,4	
Hidrógeno..	62,0	} Estos dos elementos se encuentran en la misma proporción que en el agua.
Oxígeno....	49,4	

la cual nos dice que la composición de la celulosa es idéntica a la del almidón.

En cuanto a la sustancia que forma las incrustaciones en las células del tejido *leñoso*, la cual es conocida con el nombre de *materia incrustante*, parece que está

formada de muchos principios inmediatos y diferentes, más abundantes en el corazón que en la corteza, por lo que en la madera se nota una sensible diferencia de densidad y dureza entre estos sitios de las plantas leñosas.

Se encuentra también mayor cantidad de materia incrustante en las maderas designadas con los diversos nombres de *obscuras*, *pesadas* o *duras*, que en las conocidas por los de *blancas*, *ligeras* y *tiernas*. La composición de la materia incrustante varía en estas diversas clases de maderas, pues según sean éstas, dicha materia incrustante está compuesta de

Carbono	de 52 a 54	por 100.
Hidrógeno	de 62 a 65	»
Oxígeno	de 39,5 a 40,8	»

Vemos, pues, que es mucho más rica en carbono que la celulosa, y, por lo tanto, debe dar mucho más calor por la combustión en proporción al carbono y el hidrógeno que se encuentran en exceso sobre el oxígeno; así, pues, las maderas duras poseen una potencia calorífica mucho mayor que las maderas tiernas.

Las observaciones que acabamos de indicar proceden de materias leñosas desecadas a 100 grados; pero la madera, en su estado ordinario, está lejos de poseer la composición que antes hemos dicho. Con efecto; la leña verde, en el momento de cortarse, contiene una cantidad de agua que varía entre 38 a 45 por 100, que se le puede hacer perder por una desecación a 100 grados, sin alterar su composición.

Después de estar expuesta al aire durante un año, la leña retiene aún un 25 por 100 de agua higrométrica;

una leña seca a 100 grados y expuesta de nuevo al aire a la temperatura ordinaria, recobra de 8 a 12 por 100 de agua.

Al comprar la leña debe ensayarse la cantidad de agua que contiene, con objeto de fijarle el precio en relación al agua que se pesa; para esto se toma una porción de ella reducida a serrín fino, y se calienta a una temperatura superior a 100 grados, para lo cual puede colocarse el recipiente que lo contiene en un baño de aceite o de agua saturada de sal; cuando el serrín, que debe agitarse a menudo, no desprende vapores, se pesa de nuevo, y la diferencia de pesos es el agua contenida en la leña.

Además del carbono, el hidrógeno y el oxígeno que constituyen la parte combustible de las leñas, contienen éstas también sustancias minerales fijas que permanecen después de la combustión y constituyen las cenizas. La proporción de las cenizas es, generalmente, una pequeña fracción del peso de la leña, y varía según las diferentes partes del vegetal quemado; así las hojas y la corteza dan mayor cantidad de ceniza que las ramas, y éstas, a su vez, más que el tronco.

Repetidas observaciones de Berthier dan la siguiente tabla de cenizas por 100 partes en peso de leña:

Alamo blanco, arce, alcornoque....	0,20 por 100
Boj	0,36 » »
Encina, fresno, olivo, abeto.....	0,40 » »
Espino	0,50 » »
Alamo	0,60 » »
Algodonero	1,00 » »
Ebano, caoba.....	1,60 » »
Ramajes en haces.....	2,20 » »
Helechos.	4,50 » »

Las cenizas de la leña se componen de sales alcalinas solubles en el agua y de sustancias insolubles. Las sales alcalinas contienen potasa y sosa combinadas con los ácidos carbónico, sulfúrico y clorhídrico. Las sustancias insolubles contienen ácido carbónico, ácido fosfórico y cal, magnesia, óxidos metálicos y sílice. La proporción de ácido carbónico que queda depende de la temperatura de combustión; la de sales alcalinas es muy variable, pues mientras el pino de Noruega llega a la mitad del peso total de las cenizas, en otras maderas sólo producen un 8 por 100 de ellas.

Al verificarse la combustión de la leña en presencia del aire, el agua que contiene se evapora, el oxígeno e hidrógeno se combinan, formando agua que se transforma en vapor, y si hubiese hidrógeno en exceso, toma el oxígeno necesario del aire para formar agua. El carbono con el oxígeno del aire, forma ácido carbónico, gas que se desprende con los demás vapores, quedando solamente los residuos fijos, que son las cenizas.

Si la formación de estos productos se ha verificado con la suficiente cantidad de aire, no habrá más cuerpo en los productos de la combustión; pero si la cantidad de oxígeno no ha sido suficiente, habrá otros productos, tales como el ácido *piroleñoso* y óxido de carbono, y algunas maderas podrán producir en estado de vapores, resinas, breas y los productos derivados de éstas; todos estos residuos, con algunas partículas de carbón muy dividido arrastrado mecánicamente por los gases, forman lo que se llama generalmente humo.

La madera fraccionada en trozos pequeños, llamados astillas, arde mejor, porque el aire necesario a su combustión tiene con ella más superficie de contacto, produ-

ciendo una llama larga y brillante, muy útil en determinadas circunstancias; sea compacta o floja la madera, siempre, a igualdad de peso, produce la misma cantidad de calor si está en igual grado de humedad; su potencia calorífica, según los tratados de física, es tal que un kilogramo de madera seca al aire, conteniendo 25 por 100 de agua, puede producir de 3,800 a 3,900 calorías. La siguiente tabla puede dar una idea de las diversas clases de leña:

NATURALEZA DE LA LEÑA	Densidad.	POTENCIA CALORÍFICA Calorías desprendidas por la combustión de un kilogramo de madera.	PESO del metro cúbico o estero de madera seca.	Calorías producidas por la combustión de un metro cúbico de madera.
Encina de varias clases.....	0,808 a 0,872	4,248	350 a 380	1.576,100
Álamo blanco.....	0,796	4,486	330	1.500,000
Abeto.....	0,493	4,123	312	1.386,376
Pino.....	0,559	4,454	256	1.140,375
Ramaje de encina.....	0,800	4,248	317	1.346,772
Ramaje de álamo.....	0,730	4,485	269	1.206,536
Ramaje de abeto.....	0,620	4,310	273	1.176,858
Ramaje de pino.....	0,490	4,454	283	1.260,600

La leña tiene hoy poca aceptación en las fábricas de productos cerámicos, siendo substituída cada vez más por los combustibles fósiles. Puede decirse que su uso solo ha continuado en aquellos países o comarcas en que el aprovisionamiento de carbón resulta difícil.

Sin embargo, a veces es insustituible porque el azufre que contienen casi siempre las hullas, es sumamente perjudicial en la cocción de cierta clase de productos cerámicos.

CARBÓN VEGETAL

Sabemos que el carbón de madera se obtiene haciendo arder la madera de modo que el aire sea solo en pequeña cantidad, con objeto de que el agua, oxígeno, hidrógeno y demás cuerpos volátiles contenidos en ella sean sólo los que se marchen, quedando un residuo negro compuesto de carbono y las sustancias fijas que constituyen las cenizas.

El carbón de leña de buena calidad es de un negro brillante, frágil y sonoro; la densidad, reducido a polvo, es, poco más o menos, doble de la del agua; pero su densidad aparente es mucho menor, en razón a los poros de su masa; estando comprendida entre 0,625 y 0,845; se admite, en general, que el metro cúbico de carbón de leña dura pesa de 210 a 230 kilogramos, y el de carbón de leña tierna de 180 a 200 kilogramos.

El carbón tiene una potencia calorífica comprendida entre 6,500 y 7,000; es un sólido que arde sin llama, formando ácido carbónico, que es un gas invisible, o con llama azulada si no encuentra bastante oxígeno para arder, que es la del óxido de carbono que se forma en este caso. El buen carbón se conoce por su

dureza y sonoridad, no se rompe fácilmente y es brillante en su fractura; si está muy quemado, se rompe y hace mucho cisco, es menos compacto y absorbe mucha humedad, y si está poco quemado, contiene tizos que por el mucho humo que desprenden impiden su empleo en los usos a que generalmente se aplica, a causa de su propiedad de arder sin dar humos.

Es de poca aplicación en cerámica.

TURBA

Este combustible es el producto de la alteración que sufren en los sitios húmedos y pantanosos ciertas plantas acuáticas; se la encuentra sobre todo a lo largo de los ríos cuyo curso es muy lento; pero se encuentran también considerables depósitos en las llanuras elevadas, y siempre está en bancos horizontales, a veces muy gruesos, llegando algunos a una potencia de ocho o diez metros; en la parte superior presentan la forma de vegetales entrelazados, perdiéndose ésta en la profundidad; de suerte que en los bancos gruesos se encuentra una masa homogénea.

Se ha supuesto que las turbas son el origen de todos los demás combustibles minerales, y se concibe, que descompuestas por la acción del tiempo y la presión de las capas de terrenos que sobre ellas puedan sobrevenir por los arrastres, dan origen a los lignitos, los cuales, descomponiéndose más con el transcurso de los siglos, pierden ya completamente el carácter orgánico para convertirse en hullas, las cuales pasan, a su vez, también por la acción del tiempo, al estado de antracitas; esta teoría se confirma también por la respec-

tiva posición que los combustibles minerales citados ocupan en la capa terrestre.

Se pueden distinguir dos especies diferentes de turba, a saber: la turba compacta, que es negra o de un pardo oscuro con muy escasos residuos vegetales, que es la más susceptible de producir elevadas temperaturas; y la turba herbácea, que es esponjosa, de un color pardo claro, completamente formada de restos evidentemente vegetales.

La turba se explota en la primavera, dragándola o arrancándola y formando con la masa húmeda ladrillos que se exponen al aire, con objeto de que pierdan su agua; esta desecación les produce una contracción considerable, que varía de $\frac{3}{5}$ a $\frac{4}{5}$.

El peso específico de la turba es muy variable, en razón al estado más o menos adelantado de la descomposición de las substancias vegetales de que está formada; el peso del metro cúbico está comprendido ordinariamente entre 250 y 400 kilogramos.

Varios análisis de turbas de buena calidad, secadas en estufas, han dado:

Carbono.....	de 57,07 a 58	por 100
Hidrógeno.....	de 5,60 a 6,12	»
Oxígeno.....	de 29,00 a 30,00	»
Nitrógeno.....	de 2,00 a 2,10	»
Cenizas.....	de 4,60 a 5,60	»

Comparando esta composición con la de las materias leñosas no alteradas, se ve que el carbono ha aumentado, y que el hidrógeno está en exceso con relación al oxígeno. La potencia calorífica de esta turba, calculada según el precedente análisis, sería próximamente de 4,500 calorías; pero es preciso tener en cuen-

ta que la turba pierde ordinariamente del 15 al 30 por 100 de su peso por la desecación a 100 grados, y que la proporción de cenizas raramente es tan escasa como la consignada; se puede, sin embargo, admitir que la potencia calorífica de la turba está comprendida entre 3,000 y 3,500 calorías.

Las cenizas que dejan las turbas contienen casi siempre sales alcalinas, pero en proporción más pequeña que las leñas; su composición es variable en razón del terreno de yacimiento de las capas; en los terrenos calcáreos, las cenizas se componen casi exclusivamente de carbonato de cal y arcilla, mientras que son arenosas en las zonas formadas en terrenos primitivos; en cuanto a la proporción total de cenizas es muy variable, llegando en algunas a 18 y 20 por 100.

En España se encuentran turbas en mucho sitios, desde Toledo, junto a Navalucillos, hasta la costa cantábrica; hay turberas en la provincia de Madrid, en Chozas, en la de Cuenca y Santander, y en la de Oviedo existen capas muy gruesas, particularmente en Gijón, cuyos fosos están abiertos en un banco de turba de cuatro a cinco metros de potencia; a pesar de esto, solo se explotan en pocos puntos, por ejemplo en los alfaques del Ebro, en Castellón, Torreblanca, Oropesa y Almenara. También hay turba en Andalucía, en las marismas del Guadalquivir y en las marismas del golfo de Rosas.

La turba es un combustible que puede adquirirse a buen precio, y que puede producir algunas ventajas cuando no haya que emplear gastos de transporte, siendo capaz de arder como la leña, si bien con menos llama.

Se emplea la turba en la cocción de objetos cerámicos, aun en la de los que necesiten fuertes temperaturas; pero es preciso estar en guardia contra las cenizas, porque conteniendo sales alcalinas, al ser éstas arrastradas por la corriente de la combustión, pueden fijarse sobre los objetos puestos a cocer, y añadiendo estas cenizas más fusibilidad a las pastas, pueden producirse deformaciones en los objetos; esta precaución debe tenerse en general para todos los combustibles, y es la razón por la que los productos cerámicos finos se someten a la cocción en las cajas o estuches de que ya nos hemos ocupado.

COMBUSTIBLES MINERALES O FÓSILES

Estos combustibles se dividen ordinariamente en tres grandes grupos, que son el lignito, la hulla y la antracita; ésta y la hulla pertenecen por su yacimiento a los terrenos metamórficos o de transición y a los terrenos secundarios; los lignitos son los combustibles que se encuentran en los terrenos terciarios. La mayor parte de las hullas se explotan en la formación superior de los terrenos de transición, llamados por esta razón *formación carbonífera*; en la parte inferior de esta formación no se encuentra nunca más que un combustible muy seco, el cual pierde muy poco de su peso por la calcinación, y que lleva el nombre de antracita. La hulla propiamente dicha se encuentra en las capas superiores conocidas con el nombre de terreno hullero.

Todos los combustibles fósiles, desde el lignito hasta la antracita, son evidentemente el producto del depósito y alteración de substancias vegetales; en los lignitos, cuya formación se aproxima más a la época

actual, se encuentran aún fragmentos que presentan restos de organización vegetal, y que enlazan estos combustibles a las turbas, dando lugar a la formación de la teoría que al hablar de éstas hemos apuntado y que viene corroborada por el siguiente estado de composición media de los carbones derivados de la leña, que pone en evidencia el aumento paulatino del carbono de los distintos combustibles en él citados y su disminución en oxígeno y en hidrógeno.

	Carbono.	Hidrógeno	Oxígeno.
Celulosa.....	44,44	6,18	49,38
Leña.....	49,74	6,30	43,96
Turba.....	60,00	6,20	33,80
Lignito.....	67,50	5,50	27,00
Hulla.....	85,10	4,90	10,00
Antracita.....	94,00	2,75	3,25

LIGNITOS

El lignito es una substancia, como ya hemos dicho, que se encuentra en las capas más modernas que la hulla en los terrenos terciarios. El color de los lignitos es pardo o negro, su aspecto térreo y su masa más o menos homogénea, conservando a veces la estructura vegetal, pero con una fragilidad que ocasiona la fácil pulverización de la materia; todos los lignitos se emplean en la combustión, siendo mejores los que más se acercan a las hullas. El lignito puede dividirse en tres tipos, cuya composición es la siguiente:

CLASE	Carbono....	Hidrógeno...	Oxígeno y nitrógeno...	Cenizas....	Potencia calorífica....
Lignito imperfecto.....	60,36	5,00	25,62	9,02	4830
Lignito perfecto.....	69,52	5,59	19,90	5,00	5790
Lignito bituminoso.....	74,84	7,25	14,00	4,00	6580

Los lignitos son menos ricos en nitrógeno que las hullas, y por ello en la combustión de las hullas se desprenden productos amoniacales, mientras que los lignitos dan todavía, como las leñas, productos de reacción ácida por contener aún ácido acético.

Por ser un combustible que se desmenuza mucho, suelen fabricarse con él conglomerados que permiten su mejor utilización.

En España va cada día en aumento la explotación de los yacimientos de lignito; los hay en las provincias de Zaragoza y Lérida, en Mequinenza y Granja de Escarp en una extensión de dos leguas, formando capas de un metro de potencia. En Alicante y Alcoy también se encuentran lignitos que se explotan en varias fábricas. En las provincias de Barcelona, Gerona, Huesca, Santander, Teruel y Oviedo hay también lignitos que se explotan en algunas pequeñas fábricas de destilación de aguardientes, y en Carreñas se dedican a la explotación de esta substancia extrayendo el azabache, que no es más que el lignito abrillantado.

HULLAS

Ya hemos explicado anteriormente el origen y formación de las hullas, las cuales, sometidas a la destila-

ción seca, desprenden gran cantidad de materias volátiles y gases inflamables, experimentando antes de su descomposición un principio de fusión; el carbón que dejan, llamado cok, presenta el aspecto de una masa más o menos esponjosa. La propiedad que tienen las hullas de ablandarse y fundirse bajo la acción del calor, depende, sobre todo, de la relación entre el hidrógeno y el oxígeno; tanto mayor sea la cantidad de hidrógeno, mayor será esta propiedad; y cuando el hidrógeno existe en cantidades considerables, como sucede en los betunes, no queda cok después de la destilación, porque casi todo el carbono se volatiliza al estado de carburo de hidrógeno.

Las hullas se clasifican en cinco clases distintas, según sus diversas cualidades y las aplicaciones a que éstas dan lugar en la industria:

1.^a clase. *Hullas grasas*.—Estas arden formando como una pasta, y producen un cok muy esponjoso y no de muy buena calidad; quemadas sobre rejilla, se adhieren a ella, y la obstruyen si no se tiene mucha vigilancia; producen un gran calor, y son excelentes para los hornos de reberbero; su aspecto es graso.

2.^a clase. *Hullas grasas de llama larga*.—Estas hullas no se hacen apenas pastosas y producen un cok que no es tan esponjoso, pero que sin embargo es de mala calidad; arden bien en rejilla, y por su larga llama son muy empleadas en casi todas las industrias; su aspecto es muy semejante al de las anteriores.

3.^a clase. *Hullas grasas duras*.—Las hullas de esta clase no funden mucho al arder, y producen un cok poco poroso y bastante denso, empleado muy ventajosamente; estas hullas son las mejores en la fabricación de cok.

4.^a clase. *Hullas secas de llama larga.*—Arden estas hullas con llama en el primer período de la combustión y producen un cok que se rompe fácilmente; no producen tanto calor como las anteriores, y suelen emplearse en la alimentación de generadores de vapor.

5.^a clase. *Hullas secas sin llama.*—Estas hullas arden con dificultad, produciendo un cok pulverulento; a pesar de sus malas cualidades, se emplean en la cocción de ladrillos y otros productos baratos que no necesitan una gran temperatura.

La composición de la hulla, según el resultado de muchos análisis, es bastante variable en la cantidad de sus componentes; todas contienen carbono, hidrógeno ázoe y agua; además contienen otros cuerpos fijos que constituyen las cenizas. La siguiente tabla presentan la composición media de estas cinco clases antes expresadas:

	Potencia ca- lorífica...	Centzas...	Nitrógeno...	Oxígeno...	Hidrógeno li- bre...	Hidrógeno to- tal...	Carbón...	Peso del cok por 100...	Densidad...
Hullas grasas.....	7990	1,80	2	4,40	4,50	5,26	88	68,50	1,30
Grasas de llama larga.....	7850	5,54	2	10,30	4,70	5,67	85	67,50	1,36
Grasas duras.....	7890	3	2	4,50	4,30	4,90	89,30	76,30	1,33
Secas de llama larga.....	6690	2,50	2	14,60	3,10	5,24	76,60	55	1,37
Secas sin llama.....	5590	19,50	2	17,70	2,78	4,38	63,40	51,50	1,45

Las hullas suelen contener a veces piritas metálicas que perjudican en sumo grado a la fabricación cerámica, produciendo cenizas ferruginosas coloreadas, que manchan los objetos o producen durante la carga gastos notables con objeto de tomar precauciones para evitar estos inconvenientes. La proporción de las cenizas en la práctica es superior a la consignada en la tabla anterior, porque las muestras tomadas para el análisis son siempre escogidas; es corriente que llegue a elevarse hasta el 15 o el 20 por 100.

Las cenizas de la hulla, generalmente arcillosas, contienen algunas veces carbonato y sulfato de cal; este último resulta de la presencia de las piritas, que, como hemos dicho, se encuentran en cantidad notable en algunas hullas.

La importancia de este combustible y sus numerosas aplicaciones, nos obligan a consignar los puntos que en España producen carbones minerales, muchos de ellos conceptuados de inmejorable calidad.

El punto más importante en el día es Asturias, en donde hay criaderos en una extensión de 12 leguas de longitud por 6 de ancho, si bien las capas están interrumpidas en varios puntos; el número de éstas es grande, y algunas de bastante potencia; los puntos notables son los concejos de Langreo, Siero, Mieres, Lena, Tudela y Avilés; se explota para el consumo de la industria del país, y además se exporta una cantidad que pasa de un millón de quintales métricos al año. En Cataluña hay formaciones hulleras en la cuenca de San Juan de las Abadesas, en una extensión de 4 leguas, existiendo hasta 8 capas con potencias de 1 a 18 metros, siendo de 17 la notable capa de Plá den Dolce, a

22 leguas de Barcelona; los puntos más notables son los de Mare de Deu, Juncá, Pinté, Covas y Gallina. En la provincia de Córdoba existen los criaderos de Espiel y Bélmez, que producen ricos carbones que se traen hasta Madrid. En Palencia existen los criaderos de Orbó en una gran extensión, aunque poco explotados; en Santander hay las minas de Barruelos, en León existe la cuenca del Sabero sin explotar apenas; en Sevilla hay una pequeña cuenca; en Villanueva del Río a las márgenes del río Huesna, la cual produce carbones muy bituminosos; en Cuenca existe la gran zona carbonífera de Henarejos, que no se explota por la falta de vías económicas de extracción; en Teruel existen también carbones en la cuenca de Utrillas, poco explotados a causa de la dificultad de los transportes, y, finalmente, en Vizcaya hay también carbones, aunque en poca cantidad. Aún pudieran citarse algunos otros puntos en los que se encuentran hullas; pero o no se explotan éstas, o son pobres los criaderos. No es posible clasificar las hullas que hemos citado, porque en muchos criaderos hay hullas de todas clases, lo cual no debe extrañarse, atendiendo a la gran extensión que abrazan y las varias capas que los constituyen; pero puede asegurarse que en España se pueden tener carbones tan buenos como los de otros países y de fácil explotación cuando los medios de extracción estén en las condiciones que exige este importante producto, como sucede en otras naciones, cesando entonces la concurrencia que a nuestros mercados vienen a hacer a los carbones nacionales los carbones extranjeros.

A continuación damos una tabla analítica de las hullas de diversos criaderos españoles.

LOCALIDAD	PROVINCIA	Peso especí- fico.	Cok product- do por 100.	Gases volatí- les por 100.	Centza por 100.	Potencia ca- lorífica.	ASPECTO Y CLASE
Langreo.....	Oviedo.....	1.2483	70	30	6,20	6387	Laminosa, brillante frágil. 4. ^a clase
Mieres.....	Idem.....	1.2321	64	36	5	7072	Laminosa compacta..... 2. ^a »
Avilés.....	Idem.....	1.3072	67	33	6	7103	Grasa, cok esponjoso..... 1. ^a »
Mare de Deu.....	Gerona.....	1.2735	72	28	4,30	7040	Bituminosa, buen cok.... 3. ^a »
Junca.....	Idem.....	1.3172	78	22	4	6967	Compacta brillante..... 4. ^a »
Pinté.....	Idem.....	1.2965	73	27	6,50	6802	Bituminosa, buen cok.... 3. ^a »
Covas.....	Idem.....	1.3476	70	30	7,20	5841	Compacta piritosa..... 5. ^a »
Plá den Dolce.....	Idem.....	1.5637	64	36	13,50	5256	Compacta piritosa..... 5. ^a »
Gallina.....	Idem.....	1.4275	69	31	9	5268	Bituminosa piritosa..... 2. ^a »
Espiel.....	Córdoba.....	1.3256	68	32	4,30	7328	Compacta laminosa..... 2. ^a »
Orbó.....	Palencia....	1.2727	65	35	5,60	6897	Compacta dura..... 2. ^a »
Sabero.....	León.....	1.2738	67	37	6,20	6902	Compacta brillante..... 2. ^a »
Reinosa.....	Santander..	1.3019	62	38	4,30	7005	Laminosa frágil, buen cok 3. ^a »
Villanueva del Río	Sevilla.....	1.2708	65	35	6,70	6798	Muy bituminosa..... 2. ^a »
Henarejos.....	Cuenca.....	1.3883	62	38	7,30	6683	Compacta laminosa..... 4. ^a »
Vizcaya.....		1.3148	63	37	5,10	6582	Escamosa brillante dura.. 4. ^a »

ANTRACITAS

Las antracitas, cuyo origen y formación ya hemos indicado anteriormente, apenas cambian de aspecto por la calcinación; sus fragmentos conservan las aristas vivas y no se adhieren unos a otros; arden difícilmente con una llama débil, pero son susceptibles de producir muy elevadas temperaturas cuando su combustión se practica en circunstancias a propósito; muy a menudo se pulverizan al arder, lo cual es uno de los mayores inconvenientes en su empleo; generalmente se usan para la cocción de ladrillos.

Las antracitas contienen mucha mayor cantidad de carbono que los demás combustibles minerales; se ve por el siguiente análisis de tres clases de antracitas, que el hidrógeno y el oxígeno se encuentran en menor cantidad en ellas que en las hullas y lignitos.

PROCEDENCIA	Densidad	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno y ní- trógeno	Cenizas...	Potencia ca- lorífica...
Pensilvania.....	1,462	89,21	2.43	3.69	4.67	*
País de Gales...	1,348	91,29	3.33	4.80	1.58	7300
Lamure.....	1,362	88,54	1.67	5.22	4.57	6800

En España, aunque son poco explotadas, existen antracitas en varios puntos, entre ellos en Colungas (Asturias), Vernam (Guipúzcoa) y en Córdoba.

COK

Cuando la hulla se somete a una calcinación convenientemente dispuesta, los cuerpos volátiles se desprenden y se obtiene un residuo que lleva el nombre de cok. Este combustible arde con dificultad si no está en bastante cantidad, y como se compone casi en su totalidad de carbono, arde sin llama; debe el cok ser denso y duro, y no debe tener muchas cenizas ni cuerpos extraños.

Los carbones no se emplean en el día en las artes cerámicas, a causa de que no producen llama, que es una de las condiciones más necesarias en los combustibles que se usan en esta industria.

COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Esta clase de combustibles todavía no se ha generalizado en la industria cerámica, pero seguramente su empleo ha de ir siendo mayor cada día en los países en que disponen de minas petrolíferas.

Sólo daremos unas ligeras indicaciones sobre el más abundante de ellos.

PETRÓLEO

El petróleo es un combustible líquido que se presenta naturalmente en ciertas localidades. Es una mezcla de hidrocarburos que, en bruto, tiene una densidad comprendida entre 0,75 y 0,98; analizado, ha dado los resultados siguientes:

COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE VARIOS PETRÓLEOS

	Carbono.	Hidrógeno.	Origeno.
Aceites pesados de la Virginia occidental..	83,5	13,3	3,2
— ligeros de la Virginia occidental...	84,3	14,1	1,6
— del Estado de Ohio (Estados Unidos)	84,2	13,1	2,7
Petróleo de Parma.....	84,0	13,4	1,8
— de Galitzia occidental.....	85,3	12,6	2,1
Foo-Choo-Foo (China).....	83,5	12,9	3,6
Egipto	85,8	11,8	0,9

Principia a hervir a los 170 grados, y entra en franca ebullición a los 180 grados.

COMBUSTIBLES GASEOSOS

Hace ya muchos años viene ocupando la atención de los industriales una cuestión de transcendental importancia, cual es la aplicación de los gases combustibles a los caldeos fabriles; se ha intentado su aplicación a las artes cerámicas, después de usarse este sistema ventajosamente en las fábricas de vidrio de Suiza.

Sabemos que en el empleo de los combustibles sólidos, las disposiciones son de tres géneros: o el combustible está en contacto inmediato con la substancia a la acción del fuego, que solo puede emplearse en la cocción de objetos que nada tengan que temer del contacto del combustible y de sus cenizas, como sucede en la cocción de ladrillos y en los altos hornos, para obtener la fundición de hierro; o bien se interponen entre el fuego y la substancia que se trata de calentar ciertos aparatos como calderas, retortas o cubilotes; o finalmente, aunque el combustible está separado de los

objetos que se han de cocer, éstos están en contacto con la llama, que es lo que sucede en los hornos de productos cerámicos cuando éstos no están protegidos por las cajas, pero en todo caso, la llama circula por el horno viniendo de un hogar separado.

Este tercer género de caldeo pone en camino del sistema de que vamos a ocuparnos.

Consiste este sistema en transformar de un modo económico los combustibles sólidos en gases combustibles para aplicarlos a las necesidades de la industria; ofrece la ventaja, en determinadas circunstancias, de utilizar combustibles sin valor o de responder a determinadas y especiales exigencias de fabricación.

Seguramente que han de resultar grandes ventajas en la cocción de objetos finos, con el empleo de combustibles que no dejen cenizas al arder, pues por este medio se obtiene gran economía en las cajas y carga, aparte de que el empleo de combustibles, que no den humo, hacen fácil la instalación de fábricas en el interior de las poblaciones; sin embargo, la generalización de estos sistemas exigen una lucha contra las prácticas rutinarias que todavía ha de durar bastante tiempo.

TRANSFORMACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES SÓLIDOS EN GASEOSOS

Sabido es que el gas del alumbrado se obtiene sometiendo la hulla grasa, colocada en vasos cerrados o retortas de tierra refractaria, a la temperatura de unos 1,100 grados. En estas condiciones 100 kilogramos de hulla, que ocupan un volumen de 120 litros, producen unos 25 metros cúbicos de gas purificado, 3,50 kilogramos de brea, y quedan en la retorta 180 litros de cok.

La mitad de este cok se utiliza para el caldeo de las retortas, y el resto se vende. El hectolitro de cok pesa 41 kilogramos, y dando el mismo valor al cok que a la hulla, vemos que con el precio de 80 kilogramos de hulla, obtenemos 25 metros cúbicos de gas. Este precio mínimo, tratándose del gas que debe servir para el alumbrado, puesto que los 25 metros cúbicos equivalen a la luz producida por 9 kilogramos de aceite de oliva sería muy elevado para aplicar el gas producido al caldeo en grande de un modo continuo; el gas del alumbrado, purificado, es una mezcla de carburos de hidrógeno análogos al gas de los pantanos, de óxido de carbono y de hidrógeno.

Si resulta poco económico el uso del gas del alumbrado, hay en cambio otros gases combustibles más económicos que están compuestos en su mayor parte de óxido de carbono. De ellos el más importante es el *gas pobre*.

Sabido es que en los hogares de rejilla importa mucho impedir entre el carbón al rojo y el ácido carbónico la reacción que da lugar a la formación del óxido de carbono; pues por el contrario, en la obtención de gases para calefacción, es necesario favorecer en lo posible esta reacción.

Para lograr este fin se hace pasar una corriente de aire a través de una gruesa capa de carbón al rojo, (figura 75), se forma desde luego en la primera zona una mezcla de ácido carbónico y nitrógeno (20,8 del primero y 79,2 del segundo), y después este ácido carbónico en la segunda zona de carbón al rojo, se cambia en óxido de carbono, que es el gas combustible, produciendo 34,2 de óxido de carbono y 65,80 de nitrógeno;

el ácido carbónico y el nitrógeno son incombustibles. Este óxido de carbono es sumamente fácil quemarle en el laboratorio de un horno cerámico, introduciendo aire por un gran número de pequeños orificios de modo que se mezcle bien con él. Para esto se hace llegar el gas en una capa delgada por un conducto colocado delante de una caja de aire taladrada por un gran número de agujeros, en la cual se inyecta aire por una máquina soplante después de haberlo calentado haciéndolo pasar por un sistema de tubos expuestos al calor



Figura 75.—Gasógeno.

perdido de algún horno. Ebelmen ha construido un generador de gases combustibles aplicables a los hornos de reberbero, en el cual el generador de gases es un horno de cuba ancha y profunda, que recibe el aire atmosférico por unas toberas semejantes a las que inyectan aire en los altos hornos y cubilotes del hierro; se carga de combustible esta cuba y se cierra perfectamente el orificio de carga colocado en su parte superior, y produciendo la combustión en la parte inferior del combustible, se da lugar a las reacciones que antes hemos dicho; los gases marchan por un canal y llegan a la plaza del horno delante de una caja de aire que los quema en la misma plaza; el aire que produce la combustión de los gases se calienta antes de llegar a la caja por su paso a través de tubos colocados de modo que se caldeen por el calor perdido del hogar, y su temperatura llega a 300 grados.

Todos los combustibles pueden emplearse en los

generadores de producción de gases combustibles; pero según su naturaleza, varían las disposiciones de estos generadores. Este sistema ofrece la ventaja de poder hacer arder con llama combustibles como el cok y la antracita, y la de poder emplear combustibles de poco valor que arderían en las rejillas con mucha dificultad; además el gas presenta también sobre los combustibles ordinarios la ventaja de un fuego que puede regirse instantáneamente y a voluntad, produciendo las temperaturas deseadas.

Este sistema, destinado indudablemente a ventajosas aplicaciones, ha sido ya ampliamente aplicado en diferentes hornos cerámicos.

El *gas de agua* es una mezcla de óxido de carbono y de hidrógeno que se obtiene haciendo pasar una corriente de vapor de agua sobre carbones incandescentes a unos 1000 grados de temperatura. A menos temperatura también se produciría gas de agua, pero se compondría casi exclusivamente de hidrógeno, lo cual representaría la pérdida de todo el carbón del combustible empleado, pues solo se utilizaría su pequeña proporción de hidrógeno y el hidrógeno del vapor de agua.

El gas de agua, generalmente, tiene una composición aproximada a la siguiente:

	en peso	en volumen.
Anhídrico carbónico..	9,4	3,4
Óxido de carbono....	76,9	43,6
Metano	0,5	0,5
Hidrógeno	5,1	48,5
Nitrógeno.....	7,1	4,0
		100,0

que teóricamente nos da por unidad de peso 3715 calorías, y por unidad de volumen 2650 calorías.

GAS NATURAL

En Norteamérica y en algunas otras comarcas del globo, se encuentran manantiales de gases carburados naturales, que se desprenden del suelo en cantidad y riqueza suficientes para servir como combustibles industriales. Son gases muy ricos en metano, pues tienen la siguiente composición media:

Metano	93	por 100
Hidrógeno	2	»
Nitrógeno	3	»

En los Estados Unidos se han aplicado hace ya muchos años a la calefacción de los hornos cerámicos de loza fina, porcelana tierna y porcelana dura.

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CALORÍFICA DE LOS COMBUSTIBLES

Para obtener de los combustibles su máximo rendimiento, es necesario efectuar las combustiones en condiciones adecuadas, las cuales principalmente son dos:

1.º Que el combustible esté a temperatura suficientemente elevada, esto es, que haya alcanzado su temperatura de inflamación.

2.º Que esté en contacto de suficiente cantidad de oxígeno. Si la cantidad de oxígeno es excesiva, la temperatura obtenida es inferior a la que hubiera podido obtenerse con la cantidad justa de oxígeno, pues evidentemente, una cierta parte del calor desprendido por el combustible se emplea en calentar dicho exceso de oxígeno; y si la cantidad de oxígeno es insuficiente, no

se obtiene tampoco la elevación de temperatura que hubiera podido producir el combustible, porque no se consume éste en el tiempo que hubiera debido consumirse, sino en otro más largo.

La combustión rara vez puede llevarse o conducirse con la cantidad justa, precisa de oxígeno; es más, empleando ya exceso de oxígeno, ya defecto de él, puede comunicarse a la llama y a la atmósfera del recinto en que se verifica la combustión, determinadas propiedades que son necesarias para conseguir efectos especiales. Precisamente, en cerámica, es conveniente operar unas veces en atmósfera oxidante (combustión con exceso de oxígeno) y otras en atmósfera reductriz (combustión con defecto de oxígeno), y en lo que sigue ya tendremos ocasión de ver la diversidad de productos que es posible obtener operando de una u otra manera.

El rendimiento que puede dar un combustible se mide prácticamente por su potencia calorífica, esto es, por el número de calorías que pueden desarrollarse por la combustión de un kilogramo del combustible de que se trate.

La potencia calorífica puede determinarse de varias maneras, pero no todas dan resultados completamente satisfactorios, aunque son, por lo general, suficientes para las necesidades prácticas.

Nosotros describiremos el método de Berthier, que da resultados siempre inexactos, pero que es muy cómodo y sencillo de ejecutar, y el método fundado en el llamado análisis inmediato de los combustibles.

No describiremos el método por la bomba calorimétrica, que solo puede efectuarse disponiendo de una instalación costosa, pero haremos constar que es el mé-

todo que se emplea en las investigaciones científicas, por ser el que da resultados completamente exactos.

Al final de la obra, en un apéndice, veremos la manera de hacer el ensayo de los gases combustibles y de los productos de la combustión, puntos muy esenciales para la buena marcha económica de un negocio cerámico por el ahorro de combustible que supone a veces variar ligeramente la marcha de la combustión.

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA CALORÍFICA POR EL MÉTODO DE BERTHIER

La determinación de la potencia calorífica por el método de Berthier, se funda en que el poder calorífico de los combustibles es proporcional a la cantidad de oxígeno que consumen en su combustión. Por consiguiente, si ponemos un combustible en contacto con una materia que contenga oxígeno y que pueda fácilmente cedérselo, y elevamos convenientemente la temperatura de la mezcla, por la cantidad que de dicha materia oxidante se haya descompuesto, podremos deducir el poder calorífico del combustible.

La materia oxidante generalmente empleada es el litargirio, y mejor todavía el oxiclورو de plomo, porque funde a temperatura más baja que el litargirio (y no hay peligro de que se descomponga la hulla) que ya sabemos que es un óxido de plomo (pág. 136). La química enseña que una parte de carbono puro reduce una cantidad de litargirio suficiente para dar 34 partes de plomo.

Por otra parte, sábese por numerosas experiencias efectuadas por renombrados químicos, que un kilogramo de carbono puro puede dar 8080 calorías, o sea que las

34 partes de plomo corresponden a 8080 calorías y por consiguiente $\frac{8080}{34}$ serán las calorías que corresponden a cada parte de plomo reducido, o sea 237,6 calorías por cada parte de plomo reducido.

De manera que si suponemos que con una parte de un cierto combustible hemos obtenido c partes de plomo reducido, es evidente que $c \times 237,6$ será la potencia calorífica o las calorías que un kilogramo del combustible en cuestión puede desarrollar.

En la práctica se opera del siguiente modo:

Se pulveriza el combustible hasta que quede reducido a polvo muy fino.

Se pesa un gramo de este polvo y 40 gramos de oxícloruro de plomo.

Se mezclan bien las dos materias y la mezcla se pone en un crisol de tierra refractaria. Por encima de la mezcla se ponen todavía otros 30 gramos de oxícloruro de plomo y una capa de unos 6 milímetros de espesor de vidrio machacado.

Se embadurna todo el borde del crisol con barro refractario, se coloca la tapa del crisol y se aplica más barro para que el interior del crisol no tenga absolutamente comunicación con la llama ni con los productos de la combustión del hogar y luego se pone el crisol a calentar.

Se introduce el crisol en el horno de tiro donde se le calienta, elevando progresivamente la temperatura en unos 35 ó 40 minutos. Al final se da un golpe de fuego que dure 10 minutos, con objeto de que se reúna en el fondo del crisol, formando una sola masa o botón el plomo reducido y se deja enfriar lentamente.

Se rompe el crisol, se desmenuza con cuidado la masa fundida para que no quede en ella ninguna partícula de plomo, se limpia bien el botón de plomo y se pesa.

El peso del botón (y de las granallas si las hubiera habido en la masa fundida), multiplicado por 237,6 nos da la potencia calorífica del combustible ensayado.

Determinación de las cenizas.—Para determinar las cenizas que deja un combustible sólido al arder, se pesan de 2 a 5 gramos de dicho combustible previamente reducido a polvo fino, se ponen en una cápsula de porcelana y se incineran, esto es, se exponen a una temperatura elevada en un horno de mufla. Después de dos horas de estar en el horno el combustible ha quedado reducido a un polvo blanco o amarillento, lo cual indica que ya se ha quemado toda la parte combustible que contenía; se pone entonces a enfriar en un desecador y luego se pesa.

Según sea la clase de combustible hay que operar, tomando a veces determinadas precauciones. Entre ellas es siempre de rigor, y muy especialmente cuando se trata de las hullas, de principiar colocando la cápsula cerca de la entrada de la mufla y luego se va introduciendo más para que se eleve gradualmente la temperatura de incineración, pues de lo contrario puede formarse en el fondo de la cápsula una masa de cok que luego es muy difícil de hacer arder por completo.

Dosificación de las materias volátiles.—Para dosificar las materias volátiles el procedimiento más recomendable es el de Muck, a saber: Se pesa un gramo de combustible que se pone en un crisol de platino, el cual se somete a la acción de la llama de un buen mechero

Bunsen y se calienta hasta que ya no se vean arder en la rendija que deja la tapa y el crisol, los productos volátiles. Luego se pesa el crisol con el cok que ha quedado en él y se resta este peso del que había dado antes el crisol con el gramo de combustible tomado para hacer el ensayo, Así se obtiene el valor de V de la anterior fórmula de Goutal.

Dosificación del carbono fijo o cok.—En el ensayo anterior, después de pesar el crisol con el cok, se disminuye de este peso la tara del crisol. El resultado o diferencia representa el peso del cok más las cenizas del combustible. Si ahora, pues, se disminuye el peso de las cenizas antes halladas, se tendrá el valor de C de la fórmula citada, esto es, el peso de carbono contenido en el combustible.

Valores del coeficiente a de la fórmula de Goutal.—Al valor de a que ha de aplicarse en cada caso es el que se indica en el siguiente estado:

Cantidad de materias volátiles	Valor de a
entre 2 y 15 0/0	13.000
15 y 30	10.000
30 y 35	9.500
35 y 40	9.000

CÁLCULO DE LA POTENCIA CALORÍFICA MEDIANTE LOS DATOS SUMINISTRADOS POR EL ANÁLISIS INMEDIATO DEL COMBUSTIBLE

Un método que da la potencia calorífica de los combustibles con mucha aproximación, es el que utiliza la llamada fórmula de *Goutal*, que es la que sigue:

$$P = 8150 C + a V$$

En esta fórmula P representa la potencia calorífica del combustible, esto es, las calorías que puede producir la combustión de un kilogramo de él; C es la cantidad de carbono (cok menos cenizas) por ciento contenido en el combustible, y V es su riqueza o tanto por ciento de materias volátiles y a es un coeficiente que no es siempre el mismo sino que varía según sea el tanto por ciento de estas materias volátiles. Vemos, pues, que para la aplicación de esta fórmula se requiere hacer tres ensayos, uno para dosificar el carbono del combustible, otro para determinar la cantidad de cenizas que se obtienen al quemarlo y otro para dosificar sus materias volátiles. Estas determinaciones o dosificaciones se ejecutan como sigue.



CAPÍTULO II

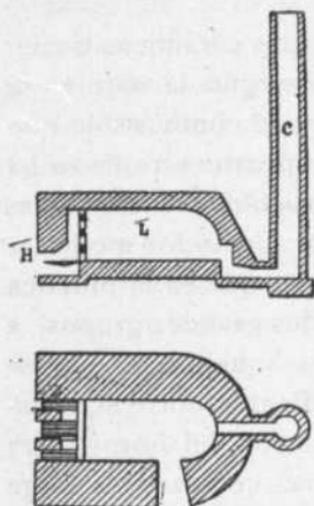
HORNOS

Los hornos empleados en las artes cerámicas tienen dimensiones y formas diferentes, según la naturaleza de los objetos que se han de cocer, el combustible que se ha de emplear, el grado de temperatura a que se ha de verificar la cocción y la composición de la atmósfera que debe haber dentro del horno. De todos modos, a pesar de la gran diversidad de tipos que en la práctica se emplean, pueden reunirse en dos grandes grupos, a saber: hornos intermitentes, o sea aquellos en que se procede por cocciones independientes entre sí, separadas por un enfriamiento suficiente del horno para permitir la descarga de las materias cocidas y la carga de las que se han de cocer; y hornos continuos en los que se procede casi indefinidamente desde el momento del primer encendido, efectuándose la carga y descarga durante el funcionamiento del horno, esto es, sin interrumpir la combustión en el hogar.

En las artes cerámicas, la corriente de aire necesaria para la combustión se establece casi exclusivamente por medio de chimeneas, esto es, sin recurrir a las máquinas soplantes empleadas en otras industrias, en las que es preciso que el aire atraviese gruesas capas de combustible.

Los hornos, en general, constan de tres partes principales, que son: el *hogar*, que es el sitio en que se verifica la combustión; la *plaza* o *laboratorio*, que es la capacidad o espacio donde se colocan los objetos que

se han de cocer, y la *chimenea*, que es la encargada de producir el tiro para tomar el aire necesario a la combustión, y arrojar sus productos a la atmósfera. Por ejemplo, en el horno, representado en las figu-



Figuras 76 y 77. —Horno cerámico intermitente.

ras 76 y 77, que es un horno intermitente, pueden verse distintamente el hogar H, la plaza L y la chimenea C.

Hogares.—La combustión puede verificarse en los hornos cerámicos adoptando cuatro disposiciones diferentes: 1.º haciendo arder el combustible entre los objetos que han de sufrir la cocción; 2.º, haciendo arder el combustible sobre rejillas de hogares comunes; 3.º, empleando hogares llamados alanderas u hogares invertidos, y 4.º, transformando los com-

combustibles en gases y haciendo luego arder éstos en hogares gasógenos.

El primer medio, o sea la combustión entre los objetos que se han de cocer, sólo se emplea algunas veces en la fabricación de tierras cocidas a baja temperatura, y que no puedan ser perjudicadas por el contacto de las cenizas ni del combustible incandescente. Este sistema es el más económico como principio, porque utiliza todo el calor: por esta razón es preferible su empleo cuando las circunstancias lo permiten, y con él pueden emplearse las leñas en fajinas, las hullas secas, el lignito y la turba.

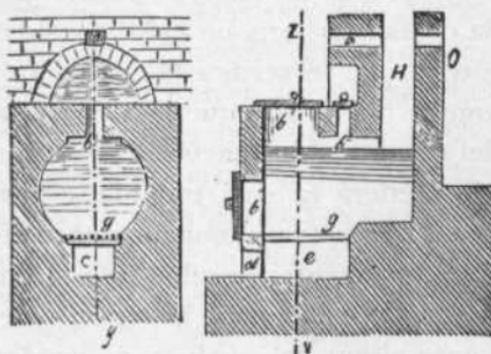
La segunda disposición, o sean los hogares de rejilla, es la más generalizada, sin duda, porque se presta a la cocción de todos los productos cerámicos y admite el empleo de toda clase de combustibles, con tal de que la rejilla esté convenientemente dispuesta. El combustible se extiende sobre la rejilla de modo que forme una capa uniforme, dejando pasar el aire suficiente para la combustión.

Si el aire que verifica la combustión pasa solamente por encima del combustible, estaría muy poco en contacto con él, y, por lo tanto, debería pasar mucha cantidad, la cual absorbería un calor considerable; pero si el espacio en que se verifica la combustión está dispuesto de modo que el aire que la ha de alimentar pase a través del combustible, encontrándose más en contacto con él, perderá la casi totalidad de su oxígeno, necesitándose, por lo tanto, mucho menos aire para una combustión determinada. Resulta, por lo tanto, que el combustible ha de estar, para arder en buenas condiciones, a cierta altura del suelo, y colocado sobre una superficie que permita el paso del aire; nada llena estas condiciones como una serie de barras de hierro colocadas a la conveniente distancia entre sí y suspendidas a la suficiente altura del suelo.

Las dimensiones del cenicero no tienen más limitación que la comodidad del operario que ha de operar en él; en cuanto a la rejilla, ha de tener, por lo menos, un tercio de la superficie total de claro entre las barras para dar paso al aire; generalmente se da a las rejillas un decímetro cuadrado de superficie total por kilogramo de hulla y hora, y la mitad de esta superficie cuando en los hornos se emplea la leña como combustible.

Las figuras 78 y 79 representan los detalles de un hogar de esta clase para el empleo de la hulla en un horno de cocer loza fina en bizcocho; este hogar tiene una forma particular, que Janney, su inventor, considera sumamente favorable a la conducción del fuego y a la economía de combustible; la primera de dichas figuras representa el corte transversal por la línea V Z de la otra y esta última figura el corte longitudinal por la sección *y x* de la primera.

El combustible (hulla) se pone en la rejilla *g*, intro-



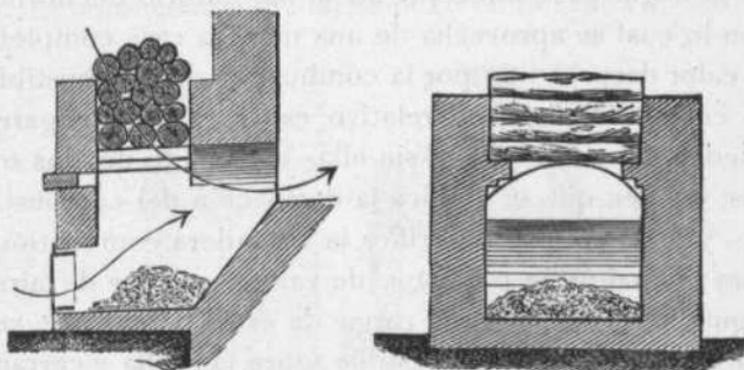
Figuras 78 y 79.—Horno cerámico con hogar de parrilla.

duciéndole por la abertura *b'* que está cerrada, permaneciendo abierta la puerta *d* del cenicero *e*; la puerta *b* del hogar sirve para retirar el combustible cuando no es necesario, y las aberturas *b'* y *o* sirven para regular la combustión y hacer la llama más o menos oxidante, permitiendo o no la entrada del aire; la chimenea *H*, separada de la plaza del horno por el muro *O*, tiene por objeto hacer que las llamas entren en el laboratorio a cierta altura; al tratar de cada producto en particular veremos las aplicaciones de hogares a cada especialidad

según las condiciones de los objetos que se someten a la cocción.

Los hogares alanderos que son una especialidad de la industria cerámica vienen a tener generalmente la forma de unas cubas rectangulares o cuadradas adosadas a uno o varios de los muros del horno, o bien encajadas en huecos expresamente dispuestos en dichos muros. En estos muros, se dejan además unas aberturas de dimensiones a propósito para que la llama producida en el hogar pase directamente al laboratorio del horno, con lo cual se aprovecha de una manera casi completa el calor desprendido por la combustión. El combustible se coloca en capas de relativo espesor, y los hogares pueden ser con rejilla o sin ella, constando de dos zonas: una, en que se verifica la destilación del combustible, y otra, en que se verifica la verdadera combustión, para lo cual están provistos de varias entradas de aire, regulables a voluntad; la carga de estos hogares se verifica colocando el combustible sobre la rejilla y cerrando el cenicero; de este modo, al verificar la combustión, el aire tiene que entrar por la parte superior del combustible, y al atravesarle produce una destilación que da por resultado una llama muy larga, que se regula dando entrada al aire lateralmente; estos hogares son susceptibles de producir altas temperaturas, pero exigen gran vigilancia; en ellos puede emplearse la leña y la hulla de llama larga; las figuras 80 y 81 representan el corte de un hogar alandero cargado con leña. Para ponerlo en marcha se llena la cuba de maderos a los que se prende fuego, y se tapa o cierra la abertura superior, esto es, la que en la figura se ve ocupada por la leña. De esta manera tiene lugar una combustión

pausada, por la cual, al cabo de varias horas, se ha producido una cantidad de ascua y ceniza que casi alcanza a la abertura que hay encima de la puerta del cenicero (que está obturada en la figura). El horno, entonces, ha alcanzado ya una temperatura bastante elevada y es el momento en que ya debe ponerse en condiciones de empezar su funcionamiento normal. Para ello se cierra la puerta del cenicero, se abre la abertura superior y se carga de leña, esto es, con leños de longitud apropiado

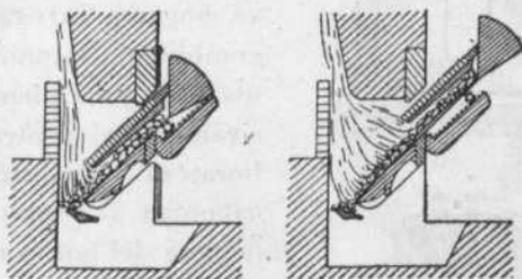


Figuras 80 y 81.—Hogar alandero para leña.

para que queden apoyados en los rebordes o salientes que se ven en la figura. Esta leña, expuesta así a la radiación del ascua acumulada en el fondo de la cuba, principia a destilar y los productos gaseosos producidos por esta destilación se inflaman espontáneamente, con lo cual principia a arder la carga de leña y se establece el tiro marcado por las flechas. El tiro se regula con un dispositivo especial que permite aumentar o disminuir la superficie de leña en combustión activa.

Los hornos alanderos alimentados con carbón son más dificultosos de conducir, puesto que si se introduce

poca cantidad de combustible en cada carga, se tiene que abrir muy a menudo el hogar y entra demasiado aire, con lo cual se enfría éste, y si se carga mucha hulla de una vez, ésta destila demasiado abundantemente y se tiene luego en el laboratorio una atmósfera reductriz que en ocasiones puede perjudicar a las materias que están en cocción. Se ha impuesto pues modificar de modo conveniente estos tipos de hornos para evitar estos inconvenientes, y también, en ocasiones, se han ideado mecanismos, muy ingeniosos a veces, con el mismo objeto. Entre estos últimos citaremos el de Kraft, mediante el cual (figuras 82 y 83) puede regu-

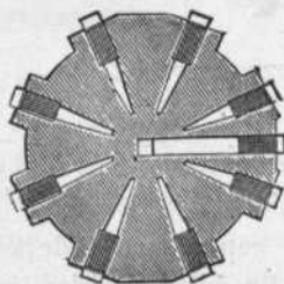
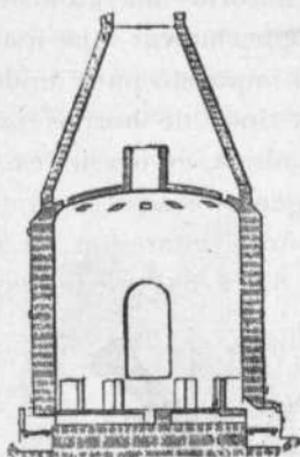


Figuras 82 y 83.—Horno alandero regulable, sistema Kraft.

larse según las necesidades del momento la cantidad de superficie de carbón en combustión activa.

Los gasógenos son hogares especiales independientes de los hornos, en los que los combustibles son transformados en gases que se conducen a los hornos (en los que arden en mecheros especiales) por medio de canalizaciones; este sistema se adopta a toda clase de aplicaciones, pero hay que tener en cuenta que resulta excesivamente costoso; los solos combustibles que pueden emplearse son la hulla, el lignito y algunas veces el cok.

Plaza o laboratorio.—Ya hemos dicho que recibe este nombre el sitio destinado a recibir los objetos para su cocción; los hornos, en relación a su laboratorio, reciben el nombre de redondos cuando la plaza es circular o elíptica, y cuadrados cuando son cuadradas o rectangulares.



Figuras 84 y 85.
Horno de Creil y Montereau.

circular o elíptica, y cuadrados cuando son cuadradas o rectangulares.

En los hornos redondos, el eje de tiro suele ser vertical. Las figuras 84 y 85 representan el horno de Creil y Montereau, con nueve hogares laterales, de combustión natural. Uno de los hogares calienta exclusivamente el centro del laboratorio y los otros ocho calientan al propio tiempo la plaza del horno mediante unos conductos especiales, y la parte alta por los tragantes verticales que se ven alrededor del horno.

A veces no se da salida a la llama por la bóveda del horno, sino que, por estar ésta cerrada, se ve obligada a invertirse y dirigirse a la plaza del horno donde están los tragantes de evacuación de los gases calientes (figura 86).

En los hornos cuadrados el eje de tiro puede ser vertical u oblicuo; en los hornos para gres cerámico y