Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Posgrado

Las arcillas del sistema de la Cadena del Tandil : Datos para su estudio

Zamboni, Mario Alberto

1920

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Zamboni, Mario Alberto. (1920). Las arcillas del sistema de la Cadena del Tandil : Datos para su estudio. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0133_Zamboni.pdf

Cita tipo Chicago:
Zamboni, Mario Alberto. "Las arcillas del sistema de la Cadena del Tandil : Datos para su estudio". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1920. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0133_Zamboni.pdf

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS y NATURALES

- LAS ARCILLAS DEL SISTEMA DE LA CADENA DEL TANDIL -

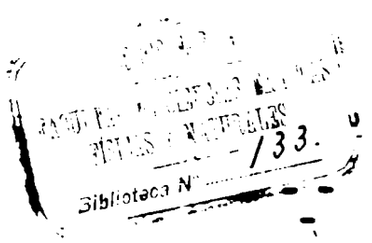
(Datos para su estudio)

TESIS

desarrollada para optar el grado de Doctor en Química

por

MARIO A. ZAMBONI



Buenos Aires

AÑO de 1930-

---- La Facultad no se hace solidaria de las opiniones vertidas en la presente Tesis ----------

PADRINO DE TESIS

Dr. ATILIO A. BADO

Señores Consejeros:

Señores Profesores:

Sin la pretensión de realizar una obra completa ni un estudio original, y convencido de la importancia de los productos naturales en lo que á industrias se refiere, he tenido el propósito de cooperar con el siguiente trabajo, al mayor conocimiento y divulgación de una de las tantas riquezas de nuestro suelo, y que á no dudarlo, han de ser los factores de su desenvolvimiento futuro.

Aprovecho la oportunidad para formular mi mayor agradecimiento al Doctor Atilio A. Bado, por el honor que me dispensa al patrocinarme en este acto, asi como por la gentileza con que ha contribuido, poniendo á mi alcance y disposición cuanto ha creido me fuese útil en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Ensayos de Materiales de las Obras Sanitarias de la Nación, de su digna dirección.

Mi reconocimiento al erudito profesor Doctor Enrique Herrero Ducloux, porque gentilmente me proporcionó datos de valor y me esbozó el plan general de trabajo.

Quiero lo mismo expresar mi gratitud a los distinguidos amigos Dres Eduardo D. García y Juan José Nájera, por la valiosa y desinteresada cooperación que en todo momento tuve en el desarrollo de esta monografía.

DATOS GEOLOGICOS Y PETROGRAFICOS DE LOS YACIMIENTOS

El sistema de la cadena del Tandil, que forma la serie de peque ñas sierras que se extienden desde las proximidades de Olavarría hasta Mar del Plata, pertenece a la unidad geológica denominada "Las Sierras Pampeanas", en la cual se incluyen tambien las sierras de S. Luis, Córdoba, Rioja, Catamarca, etc.

El conocimiento de nuestro sistema, desde el punto de vista geológico, geográfico y químico, constituye hasta el presente, podríamos decir, un trabajo por hacer, y exceptuando algunas memorias o monografías de autores como Aguirre, Valentin, Backlund, Nágera, etc que se refieren a puntos aislados de la Cadena; queda muy poco digno de mención. No obstante, resumiendo aquellos conocimientos que pueden ofrecernos una orientación, diremos de acuerdo con Nágera: que los horizontes sedimentarios paleozoicos que cubren en discordancia la "base cristalina" arcaica del sistema, son los siguientes en los lugares que la serie se presenta mas completa:

Horizonte:	"Calcareo" (1)
"	"De las arcillas"
"	"Cuarcítico superior"
"	"Dolomítico"
"	"Cuarcítico inferior"
"	"Base cristalina"(2)

Siguiendo lo anteriormente dicho, la parte geológica no se conoce perfectamente; sin embargo se pueden anotar más o menos, los lugares del sistema en que se encuentran las rocas sedimentarias que forman los horizontes ya nombrados, aunque en muchos casos será difícil definir, tratándose del horizonte cuarcítico, si se trata del superior o del inferior.

---

(1) La Base cristalina que aflora en muchos cerros de la cadena, se encuentra a la altura del Jardin Zoológico de Buenos Aires a una profundidad de m. 291.50(Nágera J.J. Contribución a la geología de la Capital Federal - Bol. Consejo Nacional Educación.Agosto 1918).

(2).- Nágera, La Sierra Baya, etc.

Horizonte "Cuarcítico inferior".- Se caracteriza por la existencia de cuarcitas, conglomerados, areniscas, arcillas esquistosas a veces micàceas, etc: Sierra Baya.

Horizonte "Dolomítico".- Constituido por dolomita, con interc laciones de arcillas de colores diversos y á veces capas lenticulares delgadas de areniscas y cuarcitas: La loma negra, Sierra Baya, Cerro Soltero.

Horizonte "Cuarcítico superior".- Formado por cuarcitas a menudo con gruesos mantos lenticulares de arcillas: Sierras de Balcarce, Sierra Baya, Mar del Plata, Sierra de la Tinta, Sierra del Volcán y Sierra de los Padres.

Horizonte de las arcillas.- Constituido por arcillas de colores variados. Sierra Baya.

Horizonte "Calcareo".- Caracterizado por calcáreos coloreados en negro, pardo negro azulado, etc: La Loma Negra, La Tinta, Cerro Puntudo, Cerro de las palomas, Partido(1), Sierra Baya.

Base Cristalina.- Está constituida por granito, gneias, pegmatita, etc.

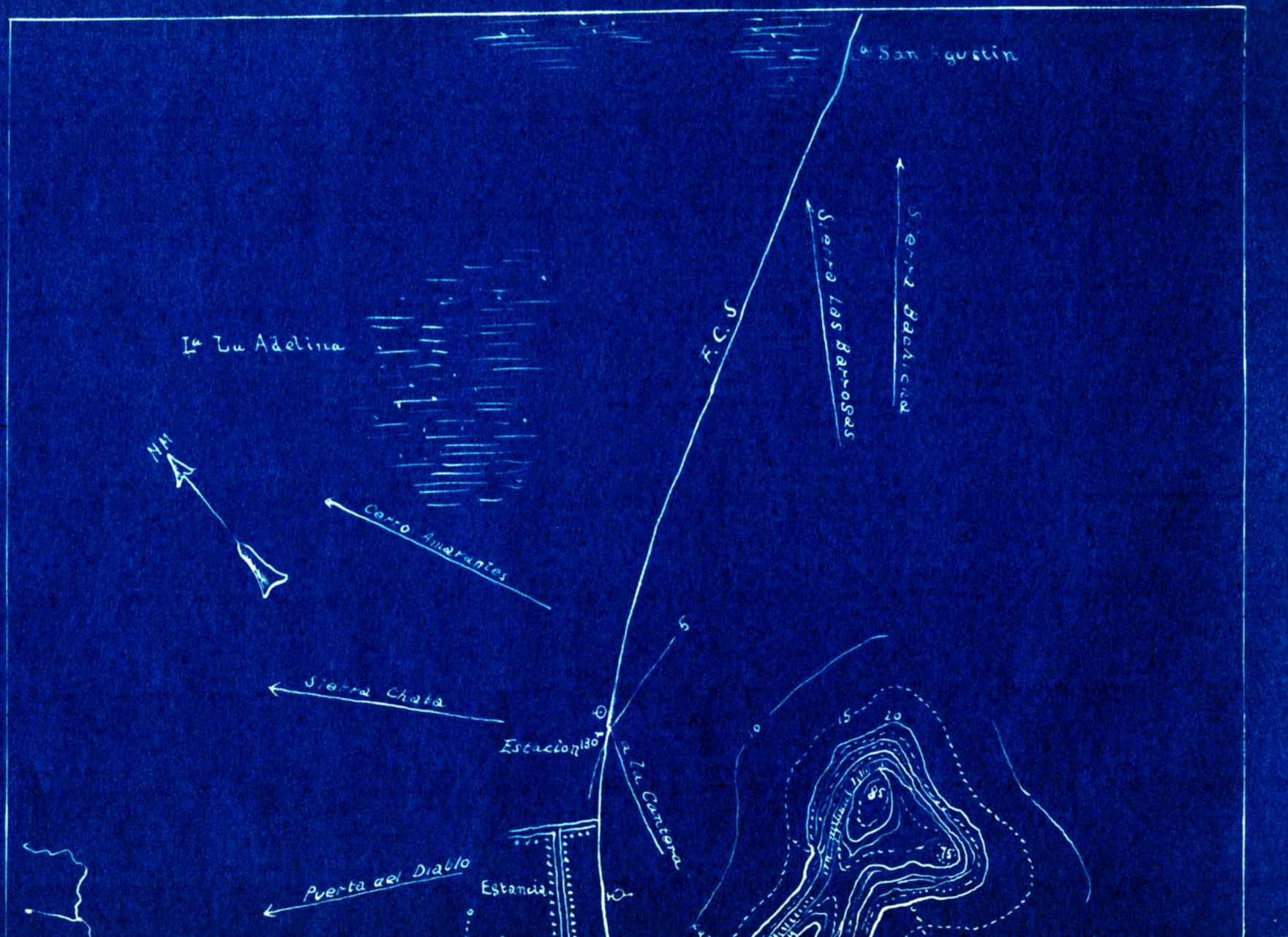
La edad estratigráfica de estos horizontes sedimentarios parece definitivamente resuelta con el descubrimiento hecho por Nágera de una flora fòsil; por ésta se atribuye a las cuarcitas que la guardan en su seño una edad ordovicíana (silúrico inferior).

Cerro SAN AGUSTIÑ - BALCARCE

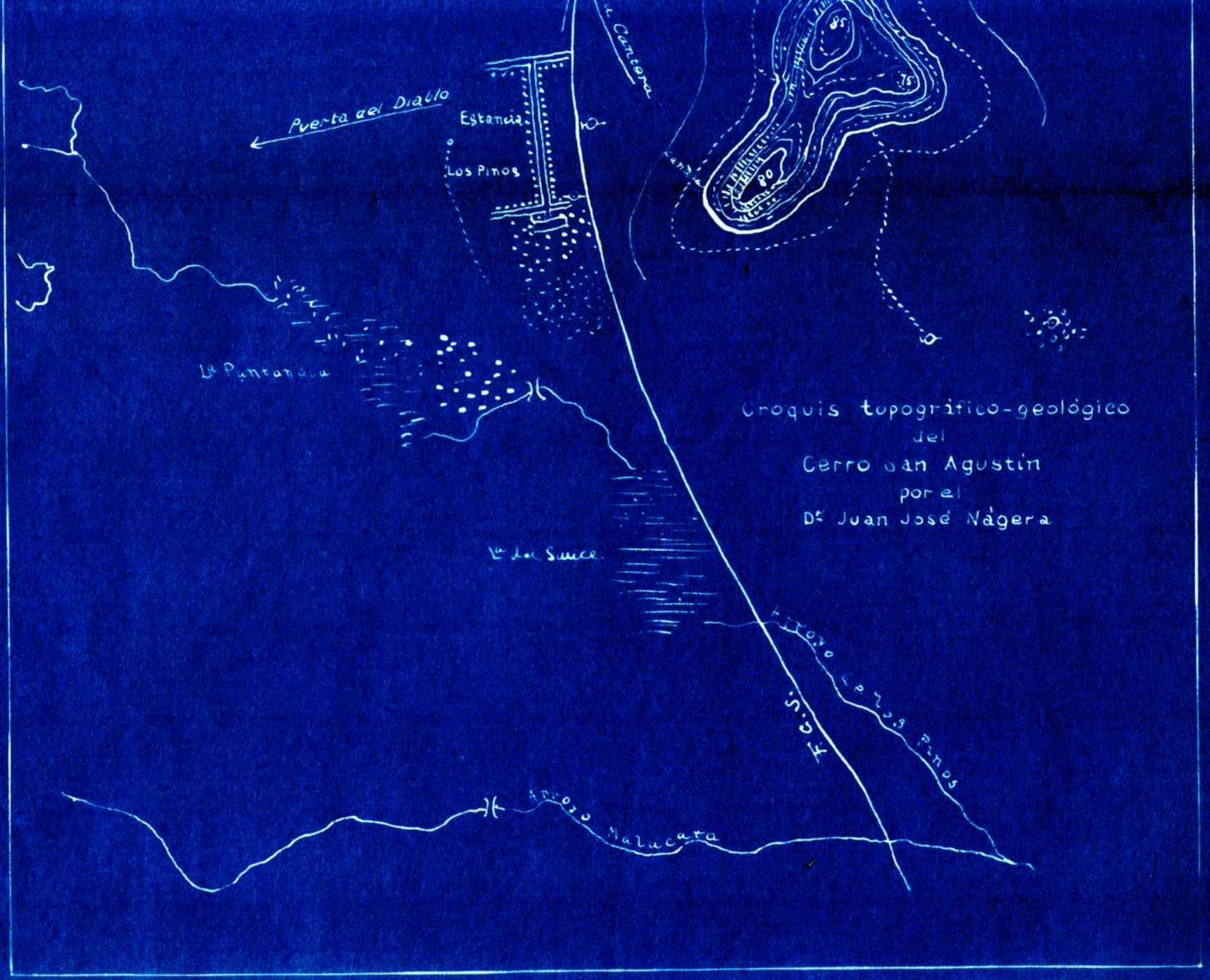
Después del resumen anterior, nos basta para explicar la posición geológica del lugar, el mapa y perfiles que acompaño(2). La cuarcita que es la roca sedimentaria dominante del Cerro San Agustin y cuyo espesor excede de 60 metros, intercala los bancos lentiformes de arcillas (objeto de nuestro estudio), y algunos conglomerados cuyo cemento es la cuarcita dominante.

Esta roca llamada popularmente "Piedra Blanca", "Piedra de Fuego", etc., se presenta en bancos desde m. 0.25 a m. ? de espesor, más ó menos, y su color, que por lo general es blanco, hállase ma

(1).- Como yacimiento local se agrega la arcilla ocrácea(almagre) del lugar denominado "Mina de la Pintura" en Sierra Baya, situada entre el horizonte dolomítico y el cuarcítico superior.



San Agustin
Sierra Bachicha
Sierra Las Barrosas
F.C.S.
La Adelina
NM
Cerro Amarantes
Sierra Chata
Estacion
130
La Cantera
Puerta del Diablo
Estancia
5
10
15
20
85
75



Croquis topográfico-geológico
del
Cerro San Agustín
por el
Dr Juan José Nágera

zado de amarillo, rosa, violeta, etc

--

"CUARCITA".- Descripción macroscópica general. Se trata de una roca generalmente de aspecto homogéneo y muy compacta. Su cemento que es siliceo, es imperceptible en las variedades de grano muy fino y en algunas de grano grueso, suele notarse con una lente de poco aumento.

Su color por lo común blanco, y en detalle transparente, cambia en algunas capas debido a impregnaciones de materiales ferruginosos y la intensidad de la coloración depende naturalmente de la mayor o menor cantidad de la sal que incluye la cuarcita.

Es una roca resistente al golpe de martillo y se fractura irregularmente, desprendiendo al choque del acero chispas de fuego, a las cuales debe su nombre vulgar "Piedra de Fuego".

Un fragmento de esta roca escogido como variedad dominante presenta observada al microscopio sus granos de cuarzo transparantes, cualidad muchas veces disminuida por las inclusiones que acompañan a los mismos. Observado en nicoles cruzados, la forma de los granos es bastante irregular, pudiendo admitirse en líneas generales un aspecto de pavimento antiguo, notablemente desfigurado por los bordes irregulares de los granos, que alargándose en direcciones distintas, llenan los lugares intersticiales que existirían si estos elementos fuesen redondeados, ocupando asi una gran parte de lo que debiera ser el cemento, en este caso muy exiguo.

Las inclusiones más ó menos circulares y a veces con una burbuja móvil, forman muchas veces líneas paralelas a lo largo de la mayor longitud del grano, no apareciándose en este, extructuras cataclásticas, que indicarían, si las hubiese, que el grano ha sufrido fuertes presiones sin recristalización ulterior.

- -

- ARCILLAS -

La palabra arcilla proviene del latin "argilla", y esta de "argillos" en griego, derivada de "argos", blanco.

Son rocas terrosas, extremadamente difundidas, cuyo constituyente principal es un silicato de aluminio hidratado que responde a la fórmula $2\ Si\ O_2,\ Al_2O_3,\ 2\ H_2O$, la kaolinita.

Tienen la particular propiedad de dar con el agua una pasta de caracter plástico que puede moldearse y que se contrae y endurece bajo la acción de una temperatura más ó menos elevada. La arcilla no es una roca primitiva, es un producto secundario originado en la descomposición de las rocas feldespáticas bajo la influencia del agua saturada de anhidrido carbónico.

En estas condiciones, el feldespato ó silicato-alcalino-aluminoso dá origen a la kaolinita insoluble, ó silicatos alcalinos y á álcalis libres solubles que son eliminados por las aguas.

Las diferentes sustancias que con la kaolinita pueden existir en las arcillas son muy variables, desde que, los fenómenos geológicos que han actuado en la región de formación son tambien múltiples. Esas diferentes sustancias serían: residuos de rocas en descomposición, granito, pórfido, gneiss, mica, cuarzo, etc. Productos de descomposición, aparte de la kaolinita: carbonato de calcio, carbonato de magnesio, carbonato de hierro, óxido de hierro, etc, etc. Productos llevados por las aguas y depositados con la arcilla: materias orgánicas, materias vegetales, etc.

Con esta diversidad de sustancias podrían explicarse las diferencias notables existentes en las arcillas aunque sea común su origen, por ejemplo lo que concierne al grado de intensidad de coloración de ellas, lo que es relativo a sus propiedades plásticas que cambian notablemente a veces entre arcillas de composición casi análoga.

Volviendo al origen de la arcilla por la alteración de las rocas, puede decirse que esta alteración se produce por capas sucesivas siendo la externa la mas profundamente afectada como consecuencia inmediata de los agentes externos. Se observan tres zonas de destrucción en los feldespatos: la primera, de color rodado o amarillento debido á la hidratación y superoxidación del hierro existente en

la mayoría de las rocas feldespáticas; la segunda es verdosa, debido tambien á la oxidación del hierro aunque en menor grado; la tercera es, al parecer, intacta, presenta tambien algunas señales de alteración en la transparencia y aspecto de los cristales. Por fin existe una cuarta zona en la que la masa del mineral se halla intacta.

Varias circunstancias se oponen a la descomposición de las rocas; otras en cambio la favorecen.

Las rocas de textura homogénea resisten más que las heterogéneas, las de grano fino y estructura compacta no se descomponen ni destruyen con la misma facilidad que las compuestas de elementos de gran tamaño aunque sean cristalinas.

En la categoría de las transformaciones o alteraciones de las rocas hay que distinguir principalmente dos acciones: una acción mecánica y otra química; esta es casi siempre precedida por aquella, hecho que facilmente se comprende y que facilita en mucho la acción de los agentes de destrucción.

Las alternativas de humedad, de frío, los tránsitos bruscos del estado líquido al sólido y viceversa, el calor, el poder mecánico de las raices, la vida de las plantas, son todas, poderosas fuerzas de destrucción que transformarán las rocas, si se quiere fisicamente, medio que facilitará en mucho la acción química ulterior.

El aire húmedo actúa notablemente sobre los silicatos manifestándose su influencia destructiva en el anhidrido carbónico (acción de kaolinización de feldespatos) y en el poder de oxidación. La sílice expulsada de sus combinaciones es llevada en solución como silicato alcalino, o en pseudo-solución como anhidrido silícico coloidal, para reaparecer en una u otra de sus numerosas formas (cuarzo, ágata, ópalo, etc).

En las profundidades y á las temperaturas a las que se han formado las rocas, el $Si\ O_2$, es por el contrario el más poderoso de todos los cuerpos capaces de generar ácido. Practicamente no volátil a temperaturas á las cuales muchos otros se volatilizan o son descompuestos, el anhidrido silícico destruye é impide la formación de compuestos á base de otros radicales ácidos, y una vez satisfechas las afinidades de las bases en presencia, el exceso de sílice

Entre otras acciones de alteración pueden tambien citarse la acción de los ácidos orgánicos producidos por la alteración de los vegetales, siendo frecuentemente poderosos agentes de reducción.

En el estado actual de los conomimientos, resulta dificil describir con absoluta exactitud todos los fenómenos de la transformación de las rocas y feldespatos en caolines o productos análogos, que constituye la caolinización, fenómeno que puede brevemente resumirse asi: los feldespatos son descompuestos por la acción de diversos agentes destructores, los silicatos alcalinos y alcalino-terreos que intervienen en su composición son arrastrados y disueltos por las aguas, junto con el anhidrido silícico, quedando como producto final un residuo insoluble de silicato de aluminio, más o menos puro, análogo al caolin.

Existen varias fórmulas destinadas a interpretar esas transformaciones pudiéndose esquematizarlas de la manera siguiente:

	SiO_2 % 64.86			SiO_2 % 43.24
ORTOSA:	Al_2O_3 " 18.29	H_2O absorbida 6.45%	-Pierde	
	K_2O " 16.85			K_2O " 16.85

El caolin formado (46.36%) contiene:

21.62 de sílice, 18,29 de alúmina y 6.45 de agua

-

	SiO_2 % 68.81			SiO_2 %44.85
ALBITA:	Al_2O_3 " 19.40	H_2O absorbida 6.85%	- Pierde	Na_2O "11.79
	Na_2O " 11.79			

El caolin formado contiene: (cantidad formada 49.19)

28.94 de sílice, 19.40 de alúmina y 6.85 de agua

-

	SiO_2 % 43.30			
ANORTITA:	Al_2O_3 " 36.63	H_2O absorbida 12.92 %	- Pierde	CaO %20.07
	CaO " 20.07			

El caolin(92.85%) está formado por:

43.30 de sílice, 36.63 de alúmina y 12.92 de agua

En fórmulas:

ORTOSA: $K_2Al_2Si_6O_{16} - 4\ SiO_2 - K_2O - 2H_2O = H_4Al_2Si_2O_9$

ALBITA: $Na_2Al_2Si_6O_{16} - 4\ SiO_2 - Na_2O - 2\ H_2O = H_4Al_2Si_2O_9$

ANORTITA: $CaAl_2Si_2O_8 - CaO - 2\ H_2O = H_4Al_2Si_2O_9$

Se han emitido infinidad de hipótesis para explicar la caolinización. Leopoldo V. Buch y Haüz, apoyándose en el hecho de la aparición del caolin en la formación estannífera de Cornouaille y de la presencia de fluorina en los caolines de Halle, lo atribuía a fenómenos neumatolíticos.

En el estudio del yacimiento caolínico de Karlsbad, Kassai admite que en la erupción de un basalto, el agua sobre la cual se encontraban los granitos, había experimentado una alta temperatura, produciendo la descomposición de la roca granítica secundada por los agentes químicos del basalto.

Kaul, sin antecedentes sobre los trabajos de Kassai, sostiene que aguas calientes que contengan anhidrido carbónico que acompañaban al basalto y provenían de fuentes situadas en las profundidades del granito, podían originar la caolinización; sin embargo las condiciones locales de Bohemia y sobre todo las de Alta Franconia no están de acuerdo con las teorías precedentes.

Varias teorías se han emitido, sin explicar hechos que las fundamenten, hasta que, Rösler, en un trabajo magistral, llega a resolver de una manera elegante la cuestión de las causas de la formación del caolin generalizado por un gran número de yacimientos.

Rösler sostiene que la atmosferización ~~xxxxxxxx~~, la mas avanzada, no conduce jamás a la formación del caolin y ha demostrado que es muy característico que los fenocristales de feldespato en los granitos queden todavía frescos durante largo tiempo, desde que la pasta experimenta bien pronto la descomposición por ruptura; lo contrario acontece en la caolinización, no se producen rupturas mecánicas preliminares. Aun más, cuando la caolinización se produce en rocas compactas, son los feno-cristales los primeros en atacarse.

Estos resultados finales - descomposición y caolinización- muestran que la descomposición por atmosferización no conduce jamás a la formación del caolin y que el granito semi-caolinizado por descomposición, no puede ser mas caolinizado.

La consecuencia mas importante, consiste en que se encuentra en el caolin un gran número de formaciones minerales nuevas y de constituyentes accesorios, en donde el modo de formación es típicamente neumatolítico.

CAOLINES Y ARCILLAS

- Su diferenciación

Si se considera la cuestión del origen del caolin como resuelta por las investigaciones de Rösler, interesa tambien conocer el grado de relación entre caolines y arcillas.

Se ha tratado de diferenciarlos sosteniendo que los caolines son productos primarios y que las arcillas son productos de origen secundario; sin embargo se ha comprobado la existencia de verdaderos caolines en yacimientos secundarios.

Igual dificultad se encuentra al querer establecer una rigurosa separación, teniendo en cuenta la composición química. Sin embargo; casi todas las arcillas propiamente dichas, comparadas con los caolines, revelan un tanto por ciento mayor en álcalis, óxido de hierro y otras impurezas; por el contrario, se observa una menor proporción de agua.

La diferenciación basada en los constituyentes accesorios presenta las mismas dificultades, dado que existen los mismos constituyentes en ambas formaciones.

Constitución física de las arcillas.- Algunas arcillas dejan entrever, con un aumento suficiente, una forma cristalina; otras tienen la apariencia de fragmentos informes o de partículas extremadamente finas. En todas ellas, sobre todo en el caso en que se puede observar cristales, se reconoce laminillas hexagonales, a menudo agrupadas en haces prismáticos.

Schumacher sostiene que la arcilla está formada de partícula irregulares encontrándose la plasticidad ligada estrechamente a l dimensión de dichas partículas, siendo éstas de muy pequeña dimensión en las arcillas grasas y al contrario, de dimensiones mayores en los caolines. Hussak, estudiando varios caolines conocidos llega a la conclusión de que la caolinita es monoclínica, aproximándose mucho por sus ángulos al sistema hexagonal, presentándose siempre en los caolines como en las arcillas, bajo la misma forma de pequeñas escamas.

Aron, por observación con un aumento de 750 diámetros, de las partes más finas de diversas arcillas, sostiene la forma esférica y ha podido observar que el volumen de las cavidades que aun se encuentran en las arcillas, después de su completa desecá-

ción, es constante e igual al 35 % del volumen de la arcilla.

Para muchos investigadores el caolin tiene forma monoclínica, para otros cristaliza en el sistema triclínico, no faltando quien haya observado formas monoclínicas que por sus ángulos se aproximen en mucho al sistema hexagonal.

El Dr. Bernaola en su tesis doctoral sostiene que la diversidad de formas observadas puede muy bien ser debida à que los caolines son formas seudo-mórficas de los feldespatos de que derivan y por consiguiente, pueden existir en forma monoclínica o triclínica.

Color de las arcillas.- A menudo se presenta con un color grisaceo, otras veces azulado, negro, amarillo, rojizo o parduzco. El color de una arcilla es producido, o bien por partículas sólidas en suspensión en una masa fluida turbia, o bien por sustancias disueltas.

Entre las sustancias colorantes fijas mezcladas mecanicamente figuran las partículas de carbón; entre las sustancias en disolución las materias orgánicas y húmicas que dan una coloración parduzca.

El hierro produce tambien coloraciones muy variadas que van del rojo al verde con intensidades diferentes. El manganeso que se encuentra à menudo en las arcillas juega el rol de modificador para las coloraciones debidas al hierro.

A menudo las arcillas cambian de coloración por efecto del calentamiento, dependiendo tambien para un grado de calor relativamente moderado, la constitución química de los gases de combustión, el predominio de una atmósfera oxidante ò reductora de los hornos.

Seger clasifica las arcillas según las coloraciones que pueden producirse por la cocción, en la siguiente manera:

a) Ricas en alúmina y pobres en hierro - no se altera la coloración blanca ò si lo hacen es apenas perceptible el tinte - en estas se incluye al caolin, la tierra de pipas, etc, etc.

b) Ricas en alúmina y medianamente ricas en hierro - la coloración va del amarillo claro al pardo claro por cocción - en esta categoría pueden incluirse el mayor número de arcillas plásticas de 20 á 30 % de alúmina y de 1 á 5 % de hierro expresado en óxido, arcillas que se utilizan para las ramas superiores de la cerámica y como materiales refractarios.

c) Pobres en alúmina y ricas en hierro - que según la temperatura de cocción toman un color rojo, rojo intenso, rojo violeta,

y por fin azul negro.

d) Pobres en alúmina, ricas en hierro y en cal - que por cocción aparecen amarillas. Con el aumento de temperatura, el cólor que al ppincipio es rojizo, aparece siempre más claro, por fusión se producen coloraciones que van del verde amarillo hasta el negro. Este último grupo y el anterior no son refractarios.

Plasticidad y contracción de las arcillas.- La plasticidad es una propiedad que poseen las arcillas en distinto grado. Depende de la absorción mecánica del agua, de modo que al desaparecer ésta á alta temperatura, desaparece completamente la plasticidad. Biedermann sostiene que las arcillas conservan la propiedad de ser plásticas hasta temperaturas vecinas de los 415°C.

La plasticidad se atribuye al silicato de aluminio hidratado, la alúmina sola no es el elemento determinante, puesto que existen arcillas ricas en alúmina y que son poco plásticas.

Se denominan arcillas muy plásticas, grasas o largas, á aquellas que siendo ricas en sustancia arcillosa se caracterizan por su gran deformabilidad y ductilidad; denomínanse en cambio arcillas magras o cortas, las que debido a un porcentaje elevado de sustancia no arcillosa (cuarzo, arena, feldespato) tienen un caracter más ó menos arenoso y son poco plásticas.

Se han emitido diversas hipótesis para explicar la plasticidad de las arcillas. Aron atribuye a las partículas de arcilla forma esférica y explica la plasticidad por el fenómeno físico de la suspensión. Considera una pasta plástica, como un líquido en el cual las partículas de arcilla se encuentran en suspensión permanente; según la ley de la gravedad esas pequeñas esferas se deberían depositar poco á poco y por consiguiente despues de un cierto tiempo se formarían dos capas distintas; pero si el espesor de la capa de agua, entre las esferas aisladas no pasa por un cierto mínimo, ésta separación es imposible puesto que el frotamiento entre el agua y las pequeñas esferas se opone a la acción de la gravedad sobre estas últimas.

Biedermann y Herzfeld que han estudiado al microscopic un número grande de arcillas no han encontrado las esferas que Aron afirma que existen, al contrario, han observado formas cristalinas bien definida

Biedermann sostiene que la cantidad de cristales es proporcional al grado de plasticidad y la considera debida a las variaciones de la

fuerza de cohesión y adhesión, relacionándolas a la ley de Newton, segun la cual las atracciones de dos cuerpos son proporcionales a las masas e inversamente proporcional a los cuadrados de las distancias que los separan.

Seger explica el distinto grado de plasticidad en las arcillas por la diversidad molecular de las pequeñas partes, denominadas "sustancia arcillosa".

Le Chatelier busca las causas fuera de la arcilla, es decir en las sustancias accesorias.

Schloessing observa el estado coloidal de la sustancia arcillosa como la causa de la plasticidad. Orten propuso teorías atribuyendo la plasticidad a la kaolinita, al agua de constitución o al clivaje perfecto de pequeñas capas de kaolinita.

Rösler sostiene que la plasticidad es debida a varias causas: la movilidad de las pequeñas partículas, su adhesión, la presencia de un medio fluido interpuesto, la constitución de la superficie, el tamaño de las partículas.

Es necesario tambien agregar la idea a menudo emitida atribuyendo a las bacterias la plasticidad de las arcillas, hipótesis muy combatida por Hecht y Kosmann.

La teoría de Zschokke sobre la plasticidad está fundada sobre investigaciones de caracter microscópico.

A pesar de las varias hipótesis pasadas en revista, no existe una que satisfaga plenamente tan característica propiedad. La propiedad de la plasticidad está intimamente ligada a la contracción o mejor dicho al encogimiento de la arcilla, siendo tambien esta un factor importante.

En la contracción de la arcilla hay que distinguir la que se produce al aire seco y la que se manifiesta por cocción al rojo, siendo ésta la mas importante. Tanto al rojo como a la sequedad del aire las partículas de arcilla se acercan unas á otras, ocupan el lugar de las partículas de agua y de los constituyentes agregados.

Esta contracción tiene gran interés y es de un gran valor desde el punto de vista de las aplicaciones para los objetos fabricados en arcilla y en particular para los productos refractarios. Un ladrillo refractario, por ejemplo, no debe sufrir alteraciónes de volumen por acción de altas temperaturas.

La contraccion al aire y a temperaturas elevadas se manifiesta para arcillas distintas, de maneras esencialmente diferentes. Asi por ejemplo, las arcillas grasas, que contienen agua, o que la retienen especialmente, experimentan un importante encogimiento por un calor moderado, mientras que, es menor para los kaolines magros; por el contrario, á temperatura elevada, las arcillas grasas se contraen menos y mas rápidamente que los caolines. Seger ha podido constatar que la contracción de una arcilla plástica comienza a una temperatura más baja para los caolines; por otra parte, ya se ha visto que hay razón para que tal cosa ocurra, dado que los caolines contienen por regla general mayor cantidad de agua de combinación que las arcillas.

El agua que se encuentra entre las partículas de arcilla se encuentra en contacto molecular segun el fenómeno de adhesión, es decir, que una capa molecular de agua toca inmediatamente la superficie de una molécula de arcilla, de manera que una atrae la otra, mientras que las moléculas de agua se atraen en virtud de la cohesión. Si una parte de la molécula de agua desaparece en forma gaseosa, otras se acercan y desde que las partículas de arcilla movibles están unidas con el agua por cohesión, ellas tambien se mueven con el agua y se acercan, y, finalmente, cuando la última capa de agua se evapora a la temperatura elevada, las partículas de arcilla se reunen de tal manera que están en contacto por varios puntos y se atraen por adhesión.

Para las arcillas de constitución homogenea es necesario considerar segun Aron una contfacción uniforme según todas las direccion

La medida de la contracción según una sola dirección es la que está constituida por la contracción lineal; segun dos, la contracci cuadrática; segun tres, o sea todo el volumen, la contracción cúbic

Como la medida de la contracción cuadrática o cúbica de la arcilla, de mezclas de arcillas, etc., presenta dificultades en la pr tica, no se mide sino la contracción lineal, calculando luego para las restantes, admitiendo que la contracción cuadrática es dos veces y la cúbica es trés veces mayor que la lineal, resultando esto que sin ser exacto, son de un valor bastante aproximado. En las determinaciones que he efectuado he calculado solamente la contracción lineal, calculada ella sobre la aristas de superficie mayor de

las pirámides sometidas al ensayo. Como disponía de moldes que se deformaban ligeramente por la presión, he efectuado en todos los casos el dibujo sobre papel milimetrado, de dicha arista, en forma tal, que después de verificado el ensayo de fusión notaba la contracción. Esto lo incluyo para mejor comprensión del"modus operandi" en capítulo aparte, en el que se detallan los utensilios de que se ha dispuesto para el ensayo de fusión.

Clasificación de las arcillas.- Se han propuesto infinidad de clasificaciones basadas en las aplicaciones a que se destinan, en la pureza del producto, en la composición química, en los fenómenos térmicos observados, etc, etc.

Desde el punto de vista de la cerámica y sus aplicaciones conexas, han sido divididas, arcillas y caolines, en cuatro grandes grupos, según se trate de productos más ó menos livianos, débil o fuertemente plásticos:

1) LOS CAOLINES, constituidos por granos de silicato de aluminio hidratado, menos finos que los de las arcillas; son más livianos y menos plásticos. Segun su composición química se subdividen en caolines puros, alcalinos(micas y feldespatos), silíceos(cuarzo,alcalinosilíceo, ferruginoso).

2) LAS ARCILLAS REFRACTARIAS, constituidas por arcillas bastante puras y que se quedan intactas a 1500°C.

3) LAS ARCILLAS VITRIFICABLES, que se vitrifican a 1350°C más ó menos y quedan intactas a 1200°C, generalmente empleadas para la fabricación del gres.

4) LAS ARCILLAS FUSIBLES, que son las más importantes, vitrifican y se deforman a una temperatura inferior a los 1200°C.

Le Chatelier teniendo en cuenta los fenómenos térmicos observados y la composición química, ha clasificado las arcillas en cinco categorías distintas:

1) HALOYSITAS. Son las más abundantes, comprende la totalidad de las arcillas sedimentarias y la mayor parte de las químicas. Las primeras estan formadas según Schloessing por una mezcla de cuarzo silicato de aluminio cristalizaco y arcilla coloidal, de constitución compleja. Las químicas, al contrario, después de perder el agua higrométrica a 250°C tienen una composición muy regular, aná-

loga a los caolines. La haloysita tipo es una arcilla de propiedades poco plásticas que responde a la fórmula 2 SiO_2, Al_2O_3, 2 H_2O, Aq., designándose por Aq. una cantidad de agua indeterminada que desaparece alrededor de los 300°.

2) CAOLINES. Los ácidos actúan de una manera distinta a la de las haloysitas; responden a la fórmula: 2 Si O_2, Al_2O_3, 2 H_2O. El agua de combinación desaparece a 700°C.

3) ALÓFANAS. Sin importancia cerámica, formando un pequeño grupo de arcillas; respondiendo a la fórmula: Al_2O_3, Si O_2, Aq. Pierden agua entre 150 y 400°C.

4) PIROFILITAS. Responden a la fórmula 4 SiO_2, Al_2O_3, H_2O. La deshidratación se produce entre 700 y 850°C y no ofrecen fenómeno térmico alguno a 1000°C.

5) MONTMORILONITAS. Contienen un notable exceso de agua, son impuras y sin importancia cerámica. Responden a la fórmula: 4 SiO_2, Al_2O_3, H_2O , Aq.

Como se ve, en las anteriores clasificaciones hay que adoptar un convencionalismo marcado, por cuyo motivo omitiré la enunciación de otras muchas.

Poder refractario de las arcillas.- Las arcillas son más ó menos refractarias, según la temperatura que puedan soportar sin fundirse ni deformarse. Es una propiedad importante y digna de tener en cuenta para el sinnúmero de aplicaciones industriales a que se les destina.

Se ha reservado la denominación de arcillas refractarias a aquellas que poseen la cualidad de ser infusibles al más alto grado.

Los diversos constituyentes de las arcillas tienen marcada influencia en el punto de fusión; asi la influencia de la sílice al estado libre, como lo ha notado Bischof, no es la misma que al estado combinado; la alúmina puede decirse que disminuye la fusibilidad; los óxidos alcalinos y alcalino-térreos conocidos con el nombre de fundentes tienen acción marcada en el punto de fusión, aumentándolo en casi todos los casos y tanto más cuanto menor es el peso moleculas del fundente. Varios investigadores entre ellos Seger, Bischof, Kochs y Seifert, han propuesto fórmulas para obtener el grado de fusibilidad sacando valores bastante aproximados.

Teniendo en cuenta el rol que desempeñan los óxidos como fundentes

tes y de su relación al Al_2O_3 y a la $Si\ O_2$, Fischof ha propuesto para determinar lo que denomina el cuociente refractario o de fusibilidad, la fórmula siguiente:

$$Q.R. = \frac{A}{B} = \frac{a:c}{b:a} = \frac{a^2}{b.c}$$

siendo a el número de equivalentes Al_2O_3

b " " " " $Si\ O_2$

c " " " " de los fundentes

Seger, criticando la fórmula anterior, propone la siguiente:

$$Q.R. = X\left[(a - b) - y\frac{b}{a}\right]$$

a y b designan las relaciones del Al_2O_3 y del $Si\ O_2$ al fundente tomado como unidad; X es un coeficiente que representa la influencia que ejercen el número y la naturaleza de los componentes al fundente.

Koche y Seyfert proponen la siguiente:

$$q = \frac{\dfrac{T:102}{\left(\dfrac{A}{Ma} + \dfrac{B}{Mb} + \dfrac{C}{Mc} + \ldots \dfrac{N}{Mn}\right.}}{\dfrac{K:60}{T:102}}$$

siendo q el cuociente refractario

K tanto por ciento de sílice

T " " " " alúmina

A, B, C,.....N % de materiales que juegan el papel de fundentes

M_a, M_b, ...M_n los pesos moleculares correspondientes

- MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS -

Para examinar la calidad de la arcilla de un yacimiento una muestra cualquiera, sustraida de un punto arbitrario no tendrá en si el valor necesario para una apreciación en conjunto. Los diferentes mantos de arcilla superpuestos, varían en su composición y propiedades, pudiendo decir que esta particularidad se extiende a menudo a una sola y misma capa. El examen de una muestra aislada no puede tener sino el valor de un ensayo de orientación, de un ensayo preliminar.

Para poder valorar un yacimiento será necesario, pues, efectuar numerosos análisis correspondientes à muestras extraidas en diversos sondajes; esto permite establecer al mismo tiempo la cantidad de la arcilla de que se podrá disponer en caso de explotación "in extenso".

Se repartirá sobre la totalidad del terreno una red regular de sondajes hasta encontrar el origen del yacimiento, anotando al mismo tiempo las propiedades de las distintas capas, como ser la resistencia, el aspecto, la sensación que produce la masa arcillosa a la compresión por el tacto, y todos aquellos caracteres que pudieran considerarse de utilidad ulterior.

La extracción de muestras por medio de la sonda tiene a menudo el inconveniente de fracturar las materias granulosas de la arcilla, asi como tambien en los sondajes profundos el de encontrar por la caida, ny en cantidades apreciables, arcillas de las capas superiores

Para obtener muestras realmente satisfactorias, será necesario efectuar excavaciones donde el número varíe según la extensión del yacimiento y las indicaciones de los sondajes. La anchura de las excavaciones será de más ó menos un metro; la longitud estará basada en la profundidad efectuada en los sondajes; siendo cómodo que sea igual a la profundidad, dejando a cada metro una grada de un metro de ancho, de manera de obtener una escalera con tantas gradas como metros de profundidad tenga la excavación. Sobre las paredes verticales asi obtenidas, será facil reconocer la potencia de las diversas capas de arcilla y de su dirección.

Efectuada la excavación en las condiciones anteriores, se operará de la siguiente manera: con la ayuda de una espátula se recorta

un bando vertical de arriba hacia abajo sobre la pared excavada, luego se extienden las masas extraidas en cada capa sobre un area conveniente. Los trozos más gruesos se fragmentan o reducen al tamaño de una nuez, sin triturar las piedras que puedan contener. Las muestras de cada capa se mezclan y empaquetan ordenadamente (alrededor de 10 kilos)

Frecuentemente se observa en un yacimiento arcilloso, capas qu poseyendo un aspecto distinto tienen un mismo valor.

El ensayo de la arcilla es extremadamente variable, según al uso que se le de destino. El análisis completo es importante para las arcillas refractárias cuando se trata de establecer la relación existente entre la sílice y la alúmina y de determinar la cantidad de fundente. El análisis racional es de una importancia decisiva para la fabricación de la porcelana y de la loza, desde que en estos casos es importante mantener una relación determinada entre la materia arcillosa, el cuarzo y el feldespato; en ciertos casos, si se trata de yacimientos profundos puede ser de mucho interés desde el punto de vista cerámico el estudio de las sales solubles en el agua contenidas en la arcilla.

El análisis por levigación, que tiene por objeto clasificar la diferentes partes que constituyen la arcilla, aunque no dá relaciones exactamente matemáticas, es de gran interés para la fabricación de los artículos de cerámica fina.

METODOS ANALÍTICOS

- Levigación -

Reblandeciendo arcilla y diluyendo en un gran volumen de agua puede constatarse que las partes finas quedan en suspensión, mientras que las partes pesadas precipitan; ahora bien, cuando se deja de agitar, las partes en suspensión se depositan más ó menos rápidamente, según la densidad y tamaño de los gránulos. El análisis mecánico o por levigación, está basado sobre esta observación que en principio consiste en someter a la arcilla a corrientes de agua de velocidad creciente, arrastrando los productos de más en más pesados, pudiéndose así establecer una clasificación proporcional. La levigación da resultados interesantes para poder apreciar arcillas que se destinan a cerámica fina. Proporciona tambien un rápido método de control, para asegurar la identidad de las diferentes capas de un yacimiento.

Los aparatos mas empleados para efectuar el análisis por levigación son el de Schultze y el de Schöne.

Como en mis investigaciones he utilizado el aparato de Schöne de que dispone el Laboratorio de Análisis de Aguas y de Ensayo de Materiales de las Obras Sanitarias de la Nación, pasaré a describirlo así como tambien a explicar el formulismo que conduce a la interpretación de la constante del aparato y al cálculo del nivel a que debe elevarse el líquido en el tubo piezométrico para tener una velocidad determinada en la cámara cilíndrica.

La parte principal del aparato es el embudo de levigación de forma cilindro-cónica. Se compone de un recipiente de vidrio, en el que la parte superior debe ser perfectamente cilíndrica, prolongándose inferiormente por un cono muy alargado y terminado por un pequeño tubo curvado en semi-círculo y levantado verticalmente.

En la parte superior cilíndrica el aparato se estrecha y forma un cuello en donde se adapta un tapón perforado. Este agujero comunica el pasaje al tubo piezométrico que indica la velocidad de la corriente de agua. Este tubo está recurvado dos veces a 45°; en el vértice del último ángulo existe un orificio de escurrimiento de 1.5 m.m. de diámetro de 1.5 m.m.

La velocidad del agua en la parte cilíndrica del embudo, que es donde la levigación se efectúa en realidad, está indicada por la altura de la columna de agua del tubo piezométrico. Una corriente de agua de determinada velocidad corresponde a un grosor de grano perfectamente determinado de la masa levigada. Para poder alcanzar mayores velocidades, el embudo principal está precedido de otro en donde el diámetro de la parte cilíndrica no es sino la mitad de la del anterior, siendo por consiguiente la velocidad del agua que lo recorre, dos veces más grande que la del embudo principal.

Para efectuar un ensayo de levigación se utilizan 40 gramos de arcilla secada al aire y pasada sobre tamiz de 900 mallas. La muestra pesada en cápsula de porcelana se recubre de agua adicionada de 1 cc. de soda caústica concentrada, lo que produce una disgregación de las partículas de arcilla. Se hace hervir, agitando continuamente con una varilla de vidrio hasta que las partículas arcillosas estén completamente disgregadas. Asi preparada la masa para la levigación, se lavan los bordes de la cápsula con una pisceta, se deja enfriar y el líquido se decanta en el embudo grande, reservándose el residuo granuloso que queda en la cápsula para verterlo en el pequeño embudo. Se abre con precaución el robinete de escurrimiento. El agua que viene de un gran recipiente y que pasa primeramente por el pequeño embudo arrastrando consigo los granos finos, sube en el embudo mayor y arrastra partículas mas finas que las anteriores, por ser la velocidad mitad de la anterior. Penetra luego en el tubo piezométrico, donde se eleva a una altura que está en relación directa con la velocidad, y sale por fin en el orificio del tubo, donde se curva por segunda vez formando un ángulo de 45°.

Se regula el escurrimiento de tal manera que el nivel en el tubo piezométrico corresponda a una velocidad de 0 mm.2 por segundo y se continúa el lavaje a esta velocidad hasta que el agua que escurra sea perfectamente clara. La operación es larga para llegar a este resultado, sin embargo, no presenta inconvenientes; desde que el aparato puede abandonarse a si mismo, con la precaución de mantener el recipiente del agua a una misma altura de nivel, para lo cual está munido de un flotador.

Para la levigación en el aparato de Schöne se admite actualmente los siguiente límites:

1) Las partes arrastradas por una corriente de una velocidad de 0.2 m.m. por segundo se designan con el nombre de arcilla; el grosor máximo de las partículas es de 0.01 m.m.

2) Las partes arrastradas por una velocidad de corriente de 0.7 m.m. por segundo son designadas con el nombre de arena arcillosa; el grosor de las partículas es de 0.025 de m.m. como máximo.

3) Lo arrastrado por una corriente de una velocidad igual á 1.5 m.m. por segundo se designa con el nombre de arena pulverulenta y está formado por gránulos cuyo diámetro máximo es de 0.04 de m.m.

4) Lo que se arrastra con una velocidad que corresponde a gránulos de un diámetro máximo de 0.2 de m.m. se denomina arena fina. Requiérese para esto una velocidad de 2.5 m.m. por segundo.

5) El residuo corresponde á arena fina mediana la que queda en el embudo mayor; la que queda en el embudo menor se denomina arena fina pesada. El diámetro de estos residuos es mayor de 0.2 m.m.

Se suele tambien determinar arena gruesa a lo que queda en el tamiz de 900 mallas. En nuestro caso, como se procedía por pulverización mecánica, el dato no interesaba mayormente, dado que no tenía valor alguno. Se han efectuado los ensayos mecánicos para control, si se quiere, de los datos del análisis químico y racional.

Antes de efectuar el análisis por levigación como acaba de indicarse, es necesario tarar el aparato piezométrico, es decir, determinar la constante del aparato.

Se puede proceder por el cálculo, por medio de la ley del escurrimiento de los líquidos, o bien experimentalmente. En los dos casos es indispensable determinar previamente la sección exacta de la parte cilíndrica del embudo a levigación. Para esto se pegan dos bandas de papel horizontalmente a una distancia exactamente conocida, 10 cm. por ejemplo. Se vierte agua en el embudo, hasta el menisco-inferior de la banda inferior de papel, mejor dicho hasta enrase de la parte superior de la banda inferior de papel. Por medio de una bureta graduada se vierte entonces, agua hasta la parte inferior del papel superior y se mide asi el volumen interno de la sección cilíndrica. Dividiendo este resultado por la altura tenemos la superficie de la sección del embudo mayor. De la misma manera se determina la sección del aparato-embudo pequeño.

Por medio del cálculo se determina asi:

Se hace escurrir un litro de agua, una vez con la mas pequeña velocidad posible, otra segunda con la máxima. Se anotan en cada caso las alturas h' y h" en milímetros en el piezómetro y los tiem t' y t" en segundos, necesarios para el escurrimiento de un litro. Se tiene entonces la siguiente relación teórica:

$$\frac{h_1 - K}{h_2 - K} = \frac{\left(\frac{1.000}{t_1}\right)^2}{\left(\frac{1.000}{t_2}\right)^2} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

siendo K una constante para cada aparato, debida a la atracción capilar del tubo piezométrico y á la resistencia al frotamiento opuesta al pasaje del agua por la pequeña abertura.

Los valores del aparato de Schöne de que dispuse son los siguientes:

1 litro a 50 m.m. tardó 767 segundos

1 " 8700 " " 185 "

y sustituyendo:

h' = 50 t' = 767

h" = 700 t" = 185

y aplicando la fórmula:

$(50 - K) : (700 - K) :: 1.30^2 : 5.40^2$,

siendo $1.30^2 = (1000:767)^2$ y $5.40^2 = (1000:185)^2$

tenemos que K = 10

Calculando las alturas en milímetros correspondientes a velocidades de 0.3; 0.7; 1.5 y 2.5 m.m. por segundo; habrá que aplicar la siguiente fórmula:

$(h' - K):(X - K) :: \left(\frac{1000}{t'}\right)^2 : v^2 s^2$ de donde se despeja X.

Aplicando y sustituyendo, se tiene:

1.5 cm. para el primer caso

4.6 " " "segundo "

24.8 " " " tercer "

44.8 " " " cuarto "

Es decir, que colocando el nivel de agua en el tubo piezométrico a las alturas anteriormente citadas, tendremos para cada altura el correspondiente tamaño de grano de la masa levigada.

Fracciones de levigación.- A medida que aumenta la velocidad del pasaje del agua, los gránulos son más ricos en sílice y mas pobres en óxidos de hierro y de aluminio. Quise constatar si en alguna de las arcillas ensayadas, la relación entre el porcentaje de sílice y el de los óxidos citados, seguía alguna relación matemática. Tomada la arcilla N° 10, que contiene sesenta por ciento de sílice y treinta y uno con diez de óxidos, he obtenido los siguientes resultados:

Fracción 1a.- Arcilla:

SiO_2	% gr.	47.62	Relación SiO_2/Oxidos	1.42
Al_2O_3, Fe_2O_3	" "	33.50		
		81.12		

Fracción 2a.- Arena arcillosa:

SiO_2	% gr.	62.62	Relación SiO_2/Oxidos	2.26
Al_2O_3, Fe_2O_3	" "	27.70		
		90.32		

Fracción 3a.- Arena pulverulenta:

SiO_2	% gr.	68.80	Relación SiO_2/Oxidos	2.84
Al_2O_3, Fe_2O_3	" "	24.20		
		93.00		

Fracción 4a.- Arena fina:

SiO_2	% gr.	71.52	Relación SiO_2/Oxidos	3.24
Al_2O_3, Fe_2O_3	" "	21.70		
		93.22		

Fracción 5a.- Residuo: (mayor de 0.2 m.m.)

SiO_2	% gr.	75.48	Relación SiO_2/Oxidos	3.70
Al_2O_3, Fe_2O_3	" "	20.00		
		95.48		

Las diferencias que se observan en las relaciones de sílice a óxidos son para las cinco fracciones: 0.84 - 0.58 - 0.40 y 0.46, es decir, van decreciendo a medida que aumenta el tamaño de las partículas. Es este un medio, si se quiere, para contralorear la constancia de composición de las pastas destinadas al uso cerámico, facilitando la aplicación industrial de la arcilla. En la fabricación de cerámica fina, este contralor resulta indispensable.

Análisis químico

Para la determinación cuantitativa de los elementos que constituyen las arcillas se han elegido métodos que reunan suficientes condiciones de exactitud. Varios elementos, dado su bajo porcentaje en las arcillas estudiadas (titano, manganeso, hierro), han sido determinados cuantitativamente por métodos colorimétricos, operando con soluciones tipos en forma comparativa.

La determinación del conjunto de los óxidos de aluminio y de hierro que precipitan conjuntamente con parte del anhidrido titánico, se ha efectuado redisolviendo dicho precipitado en ácido clorhídrico y volviendo a peprecipitar por amoníaco. En esta forma se tiene la seguridad de que no se producen arrastres debidos a los álcalis que se utilizan en la fusión.

La determinación de sílice se ha llevado a cabo separando previamente con ácido clorhídrico y tratando la sílice obtenida, después de calcinada y pesada por ácido fluorhídrico para determinar su pureza. Se ha operado la volatilización en medio sulfúrico para impedir la volatilización del aluminio que se iría al estado de fluoruro si no se agregara ácido sulfúrico. El residuo, constituido por óxidos de aluminio y de hierro, sulfatos de sodio y potasio, anhidrido titánico, etc., se agrega a la solución en que se hallan los demás elementos, previa fusión con carbonato de sodio, de dicho residuo.

Dada la pequeña cantidad de muestra que se toma para las determinaciones cuantitativas se ha procedido con especial cuidado, observando los detalles mas nimios, a fin de poder obtener resultados comparables. La suma de algunos de los análisis pasa de cien; debe esto atribuirse a varias causas (oclusión de álcalis en los precipitados, hierro que se dá como férrico estando en la arcilla al estado ferroso, etc, etc).

La fusión se ha efectuado en crisol de platino, con muestra bien pulverizada, pasada por tamiz de 4900 mallas y secada en estufa a 105-110° durante cinco horas, (en muchos casos se ha dejado secar la arcilla de un día para otro, es decir, aproximadamente alrededor de dieciocho horas. Un gramo de arcilla en estas condiciones, se mezcla intimamente con 5 á 6 veces su peso de carbonato

sódico-potásico (partes equimoleculares), la fusión debe llevarse cautelosamente, de manera que no ocurran proyecciones. En todos los casos se ha operado con mechero Bunsen al principio de la fusión, con tapa de platino que coronaba perfectamente la boca del crisol, finalizando la fusión con soplete durante unos veinte minutos hasta fusión tranquila.

Una vez conseguido esto, se sumerje el crisol hasta la mitad en agua destilada fría, con la precaución de que no penetre agua en la masa fundida. Con este procedimiento se consigue desprender más facilmente el producto de la fusión del crisol que lo contiene. Se coloca el crisol con la masa fundida en una cápsula de platino grande, (para determinaciones no muy precisas puede recurrirse al uso de la porcelana), cubriendo con un embudo invertido para recoger las proyecciones ulteriores; se añade entonces ácido clorhídrico diluido al tercio por pequeñas porciones hasta que no se observe desprendimiento de anhidrido carbónico; terminado esto se retira el embudo que se lava prolijamente con agua hirviendo, llevando la cápsula al baño-maría donde se evaporará a sequedad su contenido.

Llevado el residuo a sequedad, se trata nuevamente con ácido clorhídrico, esta vez concentrado, llevando de nuevo a sequedad. Se repite el tratamiento. Se lleva a estufa a 110-120°C cuidando de no pasar de esta última temperatura, durante dos horas.

Se deja enfriar la cápsula, se añaden 10-20 gotas de ácido clorhídrico, 2-3 gotas de ácido nítrico concentrado y unos 30-40 cc. de agua; se calienta a baño-maría para disolver las sales básicas que pudieran haberse formado, fíltrase luego sobre papel de filtro tarado en cenizas y recógese el líquido en balón de 500 cc. con enrase.

Sílice.- El residuo que queda sobre el filtro se lava con agua acidulada clorhídrica y caliente, luego con agua destilada caliente, recogiendo unos 400 cc. El filtro con su contenido se coloca en cápsula de platino en la que se seca y se calcina. Se obtiene así sílice impurificada. Se pesa después de enfriada en desecador sulfúrico y se trata luego por agua y ácido fluorhídrico en presencia de algunas gotas de ácido sulfúrico. Volatilizada la sílice, se pesa el residuo y por diferencia se obtiene la cantidad real de anhidrido silícico contenido en la cantidad de arcilla tomada. Este dato es aproximado, pues los álcalis que se hallaban en ella ocluidos se encuentran ahora al

estado de sulfatos. De cualquier manera, la cantidad de ellos no es tan grande para que influyan mayormente.

El residuo que queda en la cápsula, en todos los casos muy pequeño, se funde con pequeña cantidad de carbonatos alcalinos, se disuelve luego en agua y se añade a la solución filtrada anteriormente llevando el todo a 500 cc, agitando a fin de hacer homogeneo al líquido. La solución se utiliza para determinar Fe, Al, Ti, Ca, Mg y SO_3.

Oxidos de aluminio y de hierro, anhidrido titánico.- 100 cc. de la solución anterior (0.2 gr) se vierten en un vaso de precipitados y se calienta hasta ebullición naciente. Se añaden unas gotas de ácido nítrico y pequeña cantidad de cloruro amónico, concentrando luego . Se vierte amoníaco gota a gota hasta débil alcalinidad. Se lleva a ebullición tranquila hasta que no se perciba sino un ligero olor amoniacal, se filtra y se obtiene asi un precipitado que contiene aluminio al estado de hidrato ($Al(OH)_3$), hierro al estado de hidrato férrico, $Fe(OH)_3$ y titano al estado de $Ti(OH)_4$. Por calcinación se determina la suma de Alúmina, Oxido de hierro y anhidrido titánico. Consideramos que no se produce precipitación de manganeso por la cantidad de cloruro de amonio agregado y teniendo en cuenta los trabajos de Steiger, que llega a la conclusión de que el manganeso se precipita irregularmente al precipitar hidratos de hierro y de aluminio, oxalato de calcio y fosfato-amónico-magnésico; preferimos determinarlo en muestra aparte, por métodos colorimétricos, como se indica al tratar del manganeso en particular.

Anhidrido titánico.- El precipitado obtenido anteriormente, despues de calcinado se trata por bisulfato de potasio en crisol tapado, sobre mechero Bunsen a debil llama. Una vez frío se disuelve en ácido sulfúrico diluido y caliente y la solución se evapora en cápsula de platino a baño de arena, se adiciona nuevamente ácido sulfúrico en pequeña cantidad y se sigue evaporando hasta desprendimiento de anhidrido sulfúrico. Se disuelve el residuo en agua caliente y se deja 10 - 15 minutos en baño de arena. Se filtra sobre papel de 7 cm. de diámetro y se lleva a volumen de 70-80 cc., se añade una vez frío, 2-3 cc. de agua oxigenada al 3 % y se lleva a 100 cc. con ácido sulfúrico al 5 %. Este tiene por objeto impedir la reversión parcial en ácido metatitánico que no da coloración con agua oxigenada. La valoración se efectua por el método Weller, teniendo en cuenta lo aconsejado por Treadwell, Hille-

brand y otros autores.

Oxido férrico.- Se efectúa fundiendo con bisulfato de potasio la totalidad de los óxidos de aluminio, hierro y de anhidrido titánico, del precipitado anterior calcinado. El producto fundido se trata por algunos cc. de agua y por 2-3 gotas de ácido sulfúrico e igual cantidad de ácido nítrico. Se lleva a un volumen de 100 cc. y se valora el hierro colorimetricamente por medio del tinte producido por agregado de ferrocianuro de potasio. Se compara con solución tipo de alumbre de hierro oxidado y tratado en análoga forma. Si la cantidad de hierro es mayor de 0.70 ú 0.80 por ciento, puede recurrirse a métodos gravimétricos.

Oxido de aluminio.- Se obtiene por diferencia, restando del precipitado obtenido por el amoníaco, la suma de óxido férrico y anhidrido titánico.

Oxido de calcio.- Se utiliza el filtrado en que se ha separado aluminio, hierro y titano. Se lleva a ebullición lenta y se concentra hasta 40-50 cc.; se añade entonces 5-10 cc. de oxalato de amonio en solución saturada y se deja en ebullición tranquila (baño de arena), durante media hora. Se deja enfriar se añaden unas gotas de amoníaco y se deja en reposo hasta el siguiente día. Se filtra, se lava con solución de oxalato amónico al 1 % (tibio), bastan seis lavajes para lavar completamente.

El filtro con el precipitado se coloca en cápsula de platino y se calcina. Luego se deja enfriar y se le añade unas gotas de agua y otras de ácido sulfúrico al 25 %. Se coloca a baño de arena y una vez que cesa el desprendimiento de anhidrido sulfuroso se calcina a mechero con cuidado.

La cantidad de sulfato de calcio obtenida, multiplicada por el factor 0.411942 nos dá la cantidad de óxido de calcio en gr. 0.2 de la arcilla.

Oxido de magnesio.- El líquido de filtración del calcio se lleva a 40-50 cc. Se añade 4-5 cc. de fosfato de amonio y se deja enfriar. Se agrega la mitad del volumen de amoníaco al medio dejando que precipite completamente el magnesio de un día para otro.

Se filtra, se lava con agua amoniacal al 2,5 %, hasta que el líquido que pase no de reacción de cloruros con nitrato de plata, previa acidificación con ácido nítrico. El precipitado se coloca en cápsula de porcelana, se calcina después de seco y se trata el calcinado por unas

gotas de ácido nítrico para transformar el fosfato magnésico en pirofosfato $Mg_2P_2O_7$. La cantidad de pirofosfato multiplicada por 0.362199 nos dá la cantidad de óxido de magnesio en la cantidad de arcilla tomada (gr. 0.2).

Anhidrido sulfúrico.- En el filtrado para la determinación del hierro por colorimetría (100 cc. originales, igual a 0.2 gr. de arcilla) se precipita el anhidrido sulfúrico por medio del cloruro de bario añadido gota a gota a la solución previamente acidificada por ácido clorhídrico. Filtrado en sulfato de bario obtenido y calcinado con las precauciones indicadas por Treadwell, se tiene la cantidad de anhidrido sulfúrico multiplicando la pesada por el factor 0.342928.

Oxido manganoso.- He utilizado el método de Marshall, modificado por Ledebur, y aplicado segun lo hace este último autor para el dosaje de manganeso en productos siderúrgicos.

0.2 gramos de arcilla se funden con 1 gr. de mezcla fundente de carbonato sódico- potásico y luego se disgrega la masa fundida por ácido nítrico evaporando luego a sequedad para separar completamente la sílice. Se añaden unas gotas de ácido nítrico y después 5-6 cc. de ácido sulfúrico. Se filtra y recoge en balón de 200 cc. Se toman 100 cc. de líquido, se trata por 5-6 cc. de persulfato de amonio al 6% y unas 15-20 gotas de nitrato de plata al 10%; se coloca en baño-maría hasta que no se note aumento de coloración.

Se compara el tinte obtenido con el obtenido con una solución muy diluida de permanganato de potasio de valoración conocida. El ácido sulfúrico debe preferirse al nítrico, pues, como Ledebur ha comprobado, no descompone al ácido permangánico que se forma. La cantidad de manganeso se determina como oxido manganoso (Mn O). La he restado del calcio determinado al estado de óxido.

Determinación de álcalis.- He utilizado el método de Lawrence Smith. Consiste este en tratar la sustancia con una mezcla formada por una parte de cloruro de amonio y ocho partes de carbonato cálcico. Por calentamiento a temperatura algo elevada, todos los álcalis se transforman en cloruros; los metales en óxidos y el ácido silícico en silicato de calcio, de acuerdo con la ecuación que sigue:

$$2\ K\ Al\ Si_3O_8 - 6\ Ca\ CO_3 - 2\ NH_4Cl =$$
$$H_2O - 6\ Ca\ Si\ O_3 - 6\ CO_2 - Al_2O_3 - 2\ KCl - 2\ NH_3$$

Tratando la masa por agua, quedan en solución los álcalis y el clo-

ruro de calcio, quedando el resto como insoluble.

El "modus operandi" se efectúa asi: en un mortero de ágata se colocan 0.5 de arcilla y otro tanto de cloruro de amonio, exento de álcalis este último; se agregan enseguida cuatro gramos de carbonato de calcio puro, mezclando el todo íntimamente.

El contenido se vierte en un crisol de platino munido de tapa y se calienta con pequeña llama, en posición ligeramente inclinada. Comienza enseguida a desprenderse amoníaco durante unos quince minutos, más ó menos. Se calienta fuertemente con un pico Teclú durante 3/4 de hora y luego se deja ebfriar.

La masa fundida se puede extraer facilmente del crisol, de lo contrario se hace digerir unos minutos con agua caliente, lo que es suficiente para poderlo transportar a una amplia cápsula de porcelana, ó mejor de platino. Se continúa calentando todavía hasta que la masa se desagregue completamente, se filtra y se lava con agua caliente. Puede reconocerse si la disgregación ha sido completa tratando el residuo por ácido clorhídrico que lo disuelve completamente.

Para precipitar el calcio el líquido que se encuentra en la cápsula se trata por amoníaco y carbonato de amonio, se calienta y se filtra. Como este precipitado puede contener pequeñas cantidades de álcalis se redisuelve en ácido clorhídrico y se trata nuevamente por carbonato de amonio. Los filtrados se unen y evaporan a sequedad; se expulsan las sales amoniacales con mucha precaución, moviendo continuamente la llama.

Se deja enfriar, se mezcla el residuo con poca agua y se precipitan las últimas trazas de calcio con amoníaco y oxalato amónico; después de 12 horas se filtra el oxalato de calcio y se recoge el filtrado en un crisol tarado o en una cápsula, se lleva a sequedad y se calienta ligeramente.

Después de enfriamiento se humedece la masa con poco ácido clorhídrico para transformar en cloruro el poco carbonato que pudo eventualmente formarse, se evapora de nuevo, se calienta hasta que termine la decrepitación y se pesa. Se obtiene asi la suma de los álcalis al estado de cloruros. He calculado al estado de óxidos determinando cloro y calculando para cada dos átomos de cloro uno de oxígeno. No he separado sodio de potasio por tratarse de ínfimas cantidades.

Análisis racional

El método de análisis de las arcillas, conocido con el nombre de análisis racional se atribuye a Forchhammer, quien lo aplicó al estudio de una larga serie de arcillas. Este investigador atacaba la arcilla calcinada, por medio de ácido sulfúrico diluido y separaba la sílice soluble del cuarzo por medio de una solución de carbonato de sodio.

Brongniart y Malaguti sustituyeron en el método anterior, el carbonato por la potasa caústica para la separación de las dos variedades de la sílice.

Hacia 1870, y por consejo de Seger y Aron, el análisis racional fué empleado corrientemente en Alemania para el estudio técnico de las arcillas. Estos investigadores emplean tambien soda cáustica para diferenciar el origen de la sílice.

Mientras Michaelis sostiene en sus investigaciones que la lejía de soda caústica al 10 % no ataca al cuarzo; Lunge y Schocher-Tscherny demuestran la solubilidad del cuarzo en las lejías alcalinas. Mas tarde Milberg y Lunge estudian en detalle la acción de los álcalis cáusticos y carbonatados sobre el cuarzo y la sílice soluble. Estos investigadores han demostrado que el cuarzo, empleado en forma de cristal de roca pulverizado, se disuelve en cantidades apreciables por la acción de la lejía de soda hirviente. La solubilidad del cuarzo depende de una parte del grado de división y por otra parte de la concentración de la lejía, y asi, finamente pulverizado es completamente disuelto por la soda al 1% % después de 30 horas de ebullición; siendo el poder disolvente de la soda, en condiciones iguales, muy superior a la lejía de potasa.

Los carbonatos alcalinos disuelven aunque en menor grado, al cuarzo pulverizado. La sílice resultante de la descomposición de los silicatos por los ácidos se disuelve completamente después de un cuarto de hora de tratamiento en baño-maría con una solución de carbonato de sodio al 5 %. Lunge y Milberg aconsejan la sustitución de la soda caústica por el carbonato de sodio.

Koerner constata la exactitud de las indicaciones anteriores; sin embargo no ha llegado a realizar la separación aún aproximada de sílice combinada y de cuarzo, calentando durante 15 minutos en baño-maria con solución de carbonato sódico al 5 %. Calentando durante media hora

Koerner ha obtenido resultados satisfactorios.

Lo que no ha sido suficientemente estudiado aun es la relación entre la cantidad de sustancia empleada y el volumen del disolvente.

La soda caustica acelera la disolución de la sílice favoreciendo la rapidez del depósito del residuo. Para evitar entonces esa rapidez de disolución, será mas conveniente emplear una solución de carbonato de sodio adicionada de una pequeña cantidad de hidrato sódico, abreviando lo mas posible el calentamiento en baño-maría. Puede llegarse asi a separar facilmente las dos modificaciones de la sílice sin temor de disolver cantidades apreciables de cuarzo. La solución tendrá un 10 % de carbonato de sodio y de 1 á 2 % de soda cáustica.

Tambien ha sido objeto de muchos ensayos el ácido sulfúrico empleado para el ataque de la arcilla, en lo que se refiere a la concentración y asi Seger emplea 50 cc. de ácido concentrado y 100-150 cc. de agua para cinco gramos de arcilla; en otros casos, el mismo autor indica 100 á 200 cc. de agua para las mismas cantidades de ácido y de arcilla. Sabeck considera la proporción de 100 de agua por 50 de ácido, como la mas ventajosa, prque se evita asi una ebullición tumultuosa del líquido y porqué manteniéndose más ó menos al nivel, las partículas de arcilla adheridas son atacadas de manera uniforme por el ácido. Tratando la masa arcillosa por 100 cc. de agua y 50 cc. de ácido, el feldespato no es sensiblemente atacado, aún á una ebullición de cuatro horas.

Si la arcilla contiene materias orgánicas, será necesario y conveniente adicionar una pequeña cantidad de ácido nítrico.

Kreiling indica el siguiente método: 5 gramos de arcilla secada a 120°C, se colocan en cápsula de platino o porcelana de 250 cc. de capacidad y se adicionan de 50 cc. de agua. Se agregan 50 cc. de ácido sulfúrico concentrado y se mezcla bien el todo; finalmente se añaden 50 cc. de agua. La cápsula se recubre con un vidrio de reloj y se calienta hasta ebullición, continuando hasta desprendimiento abundante de anhidrido sulfúrico. Se deja enfriar, se trata por agua y se remueve la masa con una varilla. Al cabo de un tiempo, el líquido que está sobrenadando se aclara, se puede entonces decantar sobre un filtro.

El residuo se humedece con ácido clorhídrico diluido y la cápsula se calienta a baño-maría, aproximadamente quince minutos, al cabo de los cuales el líquido claro se filtra.

Con la ayuda de la pisceta, se recogen las materias sólidas retenidas en el filtro; esto se vierte todo en la cápsula; este tratamiento ácido se repite hasta que el ácido clorhídrico empleado no se coloree. El residuo se coloca entonces sobre el filtro y se lava con agua caliente. Se coloca nuevamente en la cápsula con ayuda de la pisceta y se diluye a 250 cc.; se añaden 25 gramos de carbonato de sodio cristalizado, 2.5 gr. de soda caustica y se calienta de 1-2 minutos en baño-maría. Este tratamiento se repite hasta completa solubilización de la sílice separada por ácidos. Se pueden efectuar tres tratamientos sucesivos de cinco minutos á baño-maría, suficientes para disolver la totalidad de la sílice de parte atacable. Finalmente el residuo se coloca sobre el filtro y se lava con agua alcoholizada o agua amoniacal. El residuo calcinado y pesado representa la totalidad del feldespato y cuarzo contenido en la arcilla.

Este residuo obtenido se trata por ácido fluorhídrico y unas gotas de ácido sulfúrico, determinando el aluminio solubilizado. La cantidad de alúmina multiplicada por 5,41 dá la proporción de feldespato contenida en la arcilla.

El análisis racional dá excelentes resultados cuando la arcilla contiene una mezcla de kaolinita, cuarzo y feldespato; siendo muy incierto en el caso de mezclas complejas de diferentes silicatos.

M. Vogt ha deducido las siguientes conclusiones sobre la composición racional de las arcillas y de los caolines:

1°.- la kaolinita es el elemento eminentemente plástico que constituye la casi totalidad de caolines y arcillas refractarias.

2°.- que los álcalis que se encuentran en los caolines y arcillas se deben sobre todo a la muscovita o mica blanca; mineral que finamente pulverizado adquiere una plasticidad y propiedades análogas a las de la caolinita.

3°.- que la materia arcillosa de las margas y que es de naturaleza distinta a la caolinita parece ser en gran parte formada por restos de minerales magnesianos.

ENSAYO DE FUSION DE LAS ARCILLAS

Los datos de fusión que van consignados en cada uno de los análisis y cuya máxima temperatura ha sido de 1480°C, hansido efectuados en el horno á petroleo de que dispone el Laboratorio de análisis de aguas y de ensayo de materiales de las Obras Sanitarias de la Nación. Este horno, muy moderno y propio para estos ensayos, es alimentado por un conductor de petróleo que desemboca en un quemador al que llega una corriente de aire regulable por una llave colocada en una cámara de aire. La temperatura se regula por un pirómetro eléctrico capaz de registrar hasta 1600°, contralereado hasta los 1500°C.

La llegada del petróleo se regula teniendo en cuenta el color del humo que sale por la chimenea, teniendo especial cuidado de no "ahogar" el horno, y tratando de que el humo sea siempre poco oscuro. La puesta a punto se ha realizado siempre por medio de madera dura, cargando "de atrás", es decir, dejando un espacio libre, suficiente para las operaciones ulteriores necesarias.

Las pirámides de arcilla, construidas como indica la generalidad de los autores, fueron colocadas convenientemente secadas previamente, sobre un ladrillo refractario, tomando de cada una de ellas el dibujo sobre papel milimetrado, a fin de determinar luego la contracción lineal.

Para llegar hasta los 1480°C fueron necesarias seis horas, durando el ensayo en total, nueve horas. En las tres horas, en que las arcillas estuvieron colocadas en esas condiciones (1480°), no se observaron sino ligeras inclinaciones de algunos de los vértices y contracciones ligeras que se anotan al tratar de cada arcilla.

Estos datos concuerdan en un todo con los suministrados por el Sr. Director Técnico de la explotación industrial, segun los cuales, funden alrededor de los 1600°C.

De los datos que anteceden, pueden clasificarse dichos productos como "arcillas refractarias".

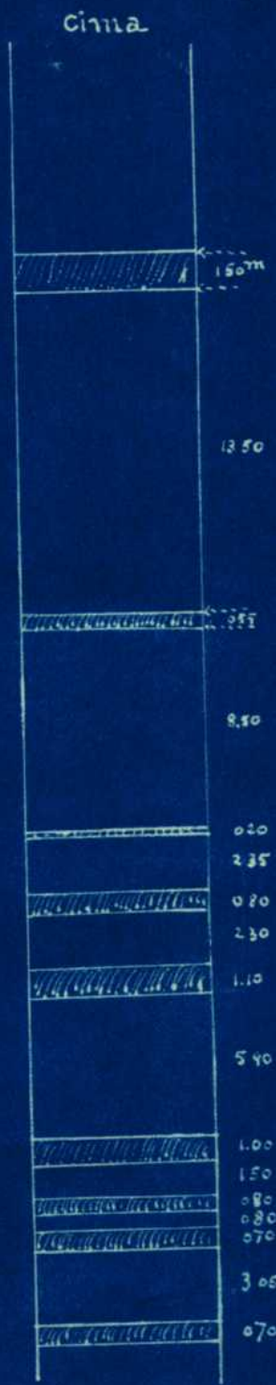
- MUESTRAS Y RESULTADOS -

Al iniciar este estudio, fué mi propósito reunir el mayor número de arcillas para obtener, sino toda la representación arcillosa de la cadena del Tandil, la mayor parte de las variedades que ella encierra; sin embargo, muy a pesar mío, hube de desistir de dicho propósito a causa de las dificultades insalvables, concretándome a limitarlo. Causa de esto fué el no poder disponer de tiempo necesario para extraer personalmente muestras, pues, las que tuve a mano para completar este trabajo, no me daban las seguridades necesarias para llegar a buenos resultados por no conocer su ubicación precisa, profundidad, espesor de la lenteja, y otros datos que complementan el trabajo del químico.

Las arcillas que he estudiado, cuyo número alcanza a doce corresponden: nueve (designadas con los números: 0, 0', 4, 6, 8, 10, 13, 15 y 17), al perfil que se acompaña y cuyo estudio fué realizado por Nágera desde el punto de vista geológico; una (la N° 21) a una arcilla de un costado de la cantera; las otras dos son de Sierra Baya y una de ellas corresponde al cerro conocido por "Mina de la Pintura". Todas esas muestras las debo a la amabilidad de mi estimado amigo el Dr. Juan J. Nágera, perteneciendo las diez primeras al cerro de San Agustín, cuya geología él ha estudiado.

Debo hacer constar que en muchos casos la muestra se ha reducido a dos o tres trozos grandes de arcilla, dado que, el estudio geológico, iniciado antes que este, no llevaba miras de ser completado por el estudio químico. De ahí que mis resultados no tienen la pretensión de ser completos. Va en contra de esto, y en favor del trabajo, el hecho de haberse estudiado todas las variedades existentes en el cerro de San Agustín, de ahí que, sea este estudio, si se quiere, una guía útil para el conocimiento de las arcillas de las diversas lentejas que allí existen y puedan ser utilizados sus resultados para una mejor explotación desde el punto de vista de sus aplicaciones industriales, motivo que me ha guiado a emprender el presente trabajo.

Respecto a los datos de caracter químico, obtenidos en los diversos análisis, debo hacer constar la falta de uniformidad. Así por ejemplo, la arcilla N° 10 es de caracter francamente cuarzoso feldes-



Referencias

Cuarcitas, etc. Arcillas

pático, deducido esto de su elevado porcentaje de sílice y álcalis, de su bajo porcentaje de alúmina y del resultado del análisis racional simple que denota la presencia de solo un ventiocho por ciento de parte soluble en álcalis. Es la arcilla más profunda y la más pobre en agua de combinación.

Observando atentamente los resultados analíticos en conjunto, se observa que á mayor porcentaje de sílice corresponde un mayor porcentaje de álcalis (óxidos de sodio y potasio); al mismo tiempo se nota que la cantidad de parte insoluble en el análisis racional (cuarzo y feldespato) está en relación directa con la cantidad de sílice y de álcalis.

La arcilla N° 0', que está separada de la anterior por un manto cuarcítico de m. 3.05, es de composición netamente distinta a la anterior. Tiene un veinte por ciento menos de sílice, mayor porcentaje de alúmina, menor de álcalis y una mayor pérdida al rojo. Esto todo está de acuerdo con el análisis racional que dá un porcentaje de casi setenta y cuatro por ciento se parte soluble en los álcalis, después de la disgragación sulfúrica. Los resultados nos permiten suponer una roca feldespática transformada, es decir, caolinizada. Se observa en dicha muestra lo que afirmáramos al hablar de caolines, en estos la proporción de agua de combinación es mayor.

La muestra N° 4, que está separada de la anterior por una capa de cuarzo de m. 0,80, se acerca en algo a la N° 0' por su composición siendo de un caracter más netamente feldespático (menor porcentaje de soluble en álcalis, mayor de sodio y potasio y de sílice). El agua de combinación ha bajado en algo más de uno por ciento. Puede clasificarse como la anterior.

La muestra N° 6 recuerda la N° 4 de la que está deparada por m. 1.50 de cuarzo. Es algo más caolinizada (porcentaje menor de álcalis que concuerda directamente con el porcentaje de soluble en álcalis y los demás datos. Dá un porcentaje alto de arcilla por levigación (0.01 de m.m.) y puede ser considerada como un feldespato en transformación caolínica.

La semejanza resulta mayor comparando las arcillas N° 8 y N°10. Algo más caolinizada la N° 8, contiene mayor cantidad de agua de combinación y menor de sodio y potasio. En la arcilla 10 se observa el porcentaje más alto de titano.

Pero donde se observa una caolinización bien neta es en las Nos 13 y 15. Se obtienen para sílice y alúmina, respectivamente:

N° 13 48.96 (SiO_2) y 35.05 (Al_2O_3)

N° 15 52.70 " 32.90 "

la suma de ambos datos (84.01 y 85.60) es análoga, teniendo, como los caolines, elevada proporción de agua de combinación.

La muestra N° 17 es de una arcilla feldespática. La N° 21 es una arcilla caolinizada en parte.

He tratado de ver si había relación directa entre la cantidad de sílice contenida en la arcilla y el espesor de los mantos cuarcíticos que encerraban a la lenteja arcillosa. No he podido notar relación alguna, pues, á lentejas encerradas entre mantos cuarcíticos de poco espesor presentan porcentajes elevados de sílice, y viceversa.

En todos los casos la plasticidad es fuerte, salvo la arcilla N° 0 que no lo es. El color es por regla general blanco grisáceo, algunas como la N° 8 presentan zonas blanco-rosadas en las interposiciones de los estratos. La estructura es compacta en todas ellas, en muchas estratificada, en algunas como en la 17, fácilmente desagregable

Todas ellas son untuosas al tacto, excepción hecha de la N° 0 que no lo es.

El color de la arcilla sometida al ensayo de fusión (tres horas a 1480°C) es variable y no está en relación con la proporción de hierro contenido en la arcilla; el color varía desde el blanco-amarillento hasta el amarillo rojizo.

En lo que se refiere a las arcillas de Sierra Baya que se han estudiado tienen semejante composición, haciéndose notar su desigual comportamiento para con los álcalis. La N° 2 presenta mayor porcentaje de soluble, debido seguramente a una mayor caolinización. Como no interesaba mayormente su estudio no se han completado las determinaciones de caracter análítico.

Resumiendo: las arcillas de San Agustin presentan caracteres de arcillas feldespáticas más ó menos caolinizadas, no presentando relaciones algunas con lo que respecta al manto cuarcítico que las encierra. Algunas de ellas son caolines casi puros, conteniendo proporción elevada de soluble en álcalis.

- MUESTRA N° 0 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	0.70
" " " capa cuarcítica inferior	"	-
" " " " " superior	"	3.05

Color Amarillo-grisaceo

Aspecto Capas yuxtapuestas con intersecciones ricas en mica

Estructura Compacta (Estratos de mas de 2 m.m. de espesor

Plasticidad Débil

- Análisis químico -

Anhidrido silícido	%	gr.	77.01
" titánico	"	"	0.31
Oxido de aluminio	"	"	16.05
" férrico	"	"	0.35
" manganoso	"	"	0.08
" de calcio	"	"	0.90
" " magnesio	"	"	0.49
" " sodio y potasio	"	"	1.21
Anhidrido sulfúrico	"	"	1.13
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	2.62

- Análisis racional -

Sóluble en álcalis(Na(OH) y Na_2CO_3)	%	gr.	28.47
Insoluble " - -	"	"	71.53

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	17.75
Arena arcillosa(0.025 m.m.)	"	"	3.87
Arena pulverulenta(0.040 m.m.)	"	"	8.45
Arena fina(0.2 m.m.)	"	"	3.37
Residuo(de mas de 0.2 m.m.)	"	"	66.56

--

Ensayo de fusión.- Sometida la arcilla a una temperatura de 1480°C durante tres horas, no se observó principio de fusión. Se observa una ligera contracción. Color del cono después del ensayo: blanco amarillento.

- MUESTRA Nº 0' -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	0.70
" " " capa cuarcítica inferior	"	3.05
" " " " " superior	"	0.80

Color	Amarillo-grisácea
Aspecto	Uniforme, untuosa al tacto
Estructura	Compacta, estratificada
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	57.10
" titánico	"	"	0.23
Oxido de aluminio	"	"	29.00
" férrico	"	"	1.02
" manganoso	"	"	0.09
" de calcio	"	"	3.65
" de magnesio	"	"	0.79
" de sodio y potasio	"	"	0.38
Anhidrido sulfúrico	"	"	0.31
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	7.56

- Análisis racional -

Soluble en álcalis Na(OH) y Na_2CO_3	%	gr.	73.88
Insoluble " " "	"	"	26.12

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	30.99
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	7.09
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	14.35
Arena fina (0.20 m.m.)	"	"	4.50
Residuo (mayor de 0.2 m.m.)	"	"	43.07

Ensayo de fusión.- Sometida la arcilla a una temperatura de 1480°C durante tres horas, no se observó principio de fusión. Se observa una ligera contracción. Color del cono fundido: amarillento débil.

- MUESTRA N° 4 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	0.50
" " " capa cuarcítica inferior	"	0.80
" " " " " superior	"	1.50

Color	Amarillo-grisáceo
Aspecto	Uniforme-untuosa al tacto
Estructura	Compacta
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	63.98
" titánico	"	"	0.24
Oxido de aluminio	"	"	23.30
" férrico	"	"	3.40
" manganoso	"	"	0.15
" de calcio	"	"	0.73
" " magnesio	"	"	1.36
" " sódio y potasio	"	"	1.02
Anhidrido sulfúrico	"	"	0.48
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	6.40

- Análisis racional -

Soluble en álcalis (Na(OH) y Na_2CO_3)	%	gr.	63.22
Insoluble " "	"	"	36.78

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	39.00
Arena arcillosa (0.035 m.m.)	"	"	18.65
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	13.75
Arena fina (0.200 m.m.)	"	"	4.80
Residuo (mayor de 0.2 de m.m.)	"	"	23.80

Ensayo de fusión.- Sometida la pirámide de arcilla a 1480°C durante tres horas se observó ligera inclinación del vértice y color amarillento. Se nota contracción igual a 1/9(lineal).

- MUESTRA N° 6 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	1.00
" " " capa cuarcítica inferior	"	1.50
" " " " " superior	"	5.90

Color	Blanco grisáceo
Aspecto	Uniforme-untuosa al tacto
Estructura	Compacta
Plasticidad	Fuerte

θ Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	62.53
" titánico	"	"	0.17
Oxido de aluminio	"	"	22.95
" férrico	"	"	3.34
" manganoso	"	"	0.06
" de calcio	"	"	2.12
" " magnesio	"	"	2.86
" " sodio y potasio	"	"	0.71
Anhidrido sulfúrico	"	"	0.68
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	4.76

- Análisis racional -

Soluble en Na(OH) y Na_2CO_3	%	gr.	68.82
Insoluble en alcalis	"	"	31.18

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	47.00
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	4.27
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	20.72
Arena fina (0.200 m.m.)	"	"	4.00
Residuo (mayor de 0.2 m.m.)	"	"	24.01

Ensayo de fusión.- Sometida la pirámide de arcilla durante tres horas a 1480°C no presentó signos de fusión incipiente. El color era amarillento y la contracción despreciable a simple vista.

- MUESTRA Nº 8 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	1.10
" " " capa cuarcítica inferior	"	5.90
" " " " " superior	"	2.30

Color	Blanco grisáceo(zonas blanco-rosadas)
Aspecto	Uniforme-untuoso al tacto
Estructura	Compacta - estratificada
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	60.52
" titánico	"	"	0.21
Oxido de aluminio	"	"	27.02
" férrico	"	"	1.50
" manganoso	"	"	Vestigios
" de calcio	"	"	2.88
" de magnesio	"	"	0.86
" de sodio y potasio	"	"	0.59
Anhidrido sulfúrico	"	"	Vestigios
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	7.24

- Análisis racional -

Soluble en álcalis Na(OH) y Na_2CO_3	%	gr.	76.83
Insoluble	"	"	23.17

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	34.25
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	4.50
Arena pulverulenta(0.040 m.m.)	"	"	17.50
Arena fina (0.2 de mom.)	"	"	4.50
Residuo (mayor de 0.2 m.m.)	"	"	39.25

Ensayo de fusión.- La muestra de arcilla sometida a la temperatura de 1480°C durante tres horas presenta ligera inclinación del vértice, un color amarillento ligeramente rojizo y una contracción de 1/10,5 (lineal).

- MUESTRA N° 10 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	0.80
" " " capa cuarcítica inferior	"	2.30
" " " " " superior	"	2.35

Color	Blanco grisáceo
Aspecto	Uniforme- untuosa al tacto
Estructura	Compacta- estratificada
Plasticidad	Fuerte

- Analisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	60.02
" titánico	"	"	0.45
Oxido de aluminio	"	"	29.90
" férrico	"	"	1.30
" manganoso	"	"	Vestigios
" de calcio	"	"	1.47
" de magnesio	"	"	0.61
" de sodio y potasio	"	"	0.90
Anhidrido sulfúrico	"	"	Vestigios
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	6.10

- Analisis racional -

Soluble en álcalis Na(OH) y Na_2CO_3	%	gr.	64.40
Insoluble en álcalis	"	"	35.60

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	17.50
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	5.25
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	16.25
Arena fina (0.2 m.m.)	"	"	5.75
Residuo (mayor de 0.2 de m.m.)	"	"	55.25

Ensayo de fusión.- Sometida la arcilla a la temperatura de 1480°C durante tres horas se observó una contracción algo menor de 1/12, color amarillo claro y no se notó ninguna alteración de fusión incipiente.

9 MUESTRA Nº 13 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	0.20
" " " capa cuarcítica inferior	"	2.35
" " " " " superior	"	8.50

Color	Blanco grisáceo
Aspecto	Uniforme - untuoso al tacto
Estructura	Compacta - estratificada
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	48.96
" titánico	"	"	0.32
Oxido de aluminio	"	"	35.05
" férrico	"	"	0.75
" manganoso	"	"	0.07
" de calcio	"	"	3.21
" de magnesio	"	"	1.01
" de sodio y potasio	"	"	0.52
Anhidrido sulfúrico	"	"	1.51
" carbónico	"	"	vestigios
Pérdida al rojo	"	"	9.48

- Análisis racional -

Soluble en álcalis	%	Gr.	91.38
Insoluble	"	"	8.62

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m)	%	gr.	33.75
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	7.37
Arena pulverulenta (0.04 m.m.)	"	"	15. 00
Arena fina (0.2 m.m.)	"	"	3.70
Residuo (mas de 0.2 m.m.)	"	"	40.18

Ensayo de fusión.- No se observa contracción apreciable después de someter la arcilla a una temperatura de 1480°C durante tres horas. No se nota principio de fusión y el color del producto sometido a dicha temperatura es amarillo claro.

- MUESTRA N° 15 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	0.55
" " " capa cuarcítica inferior	"	8.50
" " " " " superior	"	13.50

Color	Blanco grisáceo
Aspecto	Uniforme - untuoso al tacto
Estructura	Compacta- estratificada
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	52.70
" titánico	"	"	0.12
Oxido de aluminio	"	"	32.90
" férrico	"	"	00.60
" manganoso	"	"	Vestigios
" de calcio	"	"	1.82
" de magnesio	"	"	1.30
" de sodio y potasio	"	"	0.60
Anhidrido sulfúrico	"	"	1.10
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	9.32

- Análisis racional -

Soluble en álcalis	%	gr.	90.24
Insoluble	"	"	9.76

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.-	31.40
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	8.24
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	12.73
Arena fina (0.2 m.m.)	"	"	5.20
Residuo (mayor de 0.2 m.m.)	"	"	42.43

Ensayo de fusión.- Sometida a temperatura de 1480°C se observó una contracción aproximada de 1/9, coloración amarillo-ligeramente rojiza en el producto sometido a dicha temperatura y se notó ligerísima inclinación en el vértice de la pirámide.

- MUESTRA Nº 17 -

Espesor de la lenteja arcillosa	m.	1.50
" " " capa cuarcítica inferior	"	13.50
" " " " " superior	"	-

Color	Blanco grisáceo
Aspecto	Untuoso al tacto
Estructura	Compacta estratificada - facilm. disgregable
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	67.12
" titánico	"	"	00.16
Oxido de aluminio	"	"	20.20
" férrico	"	"	3.60
" manganoso	"	"	0.12
" de calcio	"	"	1.40
" de magnesio	"	"	0.86
" de sodio y potasio	"	"	1.13
Anhidrido sulfúrico	"	"	0.58
" carbónico	"	"	-
Pérdida al rojo	"	"	5.52

- Análisis racional -

Soluble en alcalis	%	gr.	60.14
Insoluble	"	"	39.86

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	37.24
Arena arcillosa (o.025 m.m.)	"	"	18.38
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	15.17
Arena fina (0.[illegible]0 m.m.)	"	"	5.10
Residuo(mayor de 0.2 m.m.)	"	"	26.21

Ensayo de fusión.- No funde a 1480°C mantenida a esta temperatura durante tres horas. El color de la arcilla sometida a esta temperatura es amarillo claro. No se nota principio de fusión.

- MUESTRA N° 31 -

Situación:	Costado de la cantera
Color	Blanco grisáceo
Aspecto	Uniforme - Debilm. untuosa
Estructura	Compacta (dura)
Plasticidad	Fuerte

- Análisis químico -

Anhidrido silícico	%	gr.	63.48
" titánico	"	"	0.37
Oxido de aluminio	"	"	23.70
" férrico	"	"	0.60
" manganoso	"	"	Vestigios
" de calcio	"	"	1.39
" de magnesio	"	"	1.19
" de sodio y potasio	"	"	0.82
Anhidrido sulfúrico	"	"	1.54
Anhidrido carbónico	"	"	Vestigios
Pérdida al rojo	"	"	8.28

- Análisis racional -

Parte soluble en álcalis	%	gr.	82.80
Insoluble	"	"	17.20

- Análisis mecánico -

Arcilla (0.01 m.m.)	%	gr.	43.20
Arena arcillosa (0.025 m.m.)	"	"	20.51
Arena pulverulenta (0.040 m.m.)	"	"	13.15
Arena fina (0.2 m.m.)	"	"	5.20
Residuo (Mas de 0.2 m.m.)	"	"	17.94

Ensayo de fusión.- Mantenida a 1480°C durante tres horas no presenta principio de fusión; la contracción es de 1/10; el color amarillo ligeramente rojizo.

ARCILLA DE LA "MINA DE LA PINTURA" SIERRA BAYA (1)

Color			Ocre rojo
Estructura			Compacta
Aspecto			Uniforme - Untuoso
Plasticidad			Fuerte
Análisis químico			
Anhidrido silícico	%	gr.	68.29
Oxido de aluminio	"	"	19.00
Oxido férrico	"	"	7.20
Oxido de calcio	"	"	1.35
Oxido de magnesio	"	"	0.57
Anhidrido sulfúrico	"	"	0.71
Pérdida y no dosado	"	"	3.88
Análisis racional			
Soluble en álcalis	%	gr.	34.86
Insoluble	"	"	65.14

ARCILLA DE SIERRA BAYA (2)

Color	Rojo violáceo
Aspecto	Uniforme - untuoso al tacto
Estructura	Compacta estratificada
Plasticidad	Fuerte

Análisis químico

Anhidrido silícico	%	gr.	66.33
Oxido de aluminio	"	"	15.70
Oxido férrico	"	"	9.60
Oxido de calcio	"	"	0.70
Oxido de magnesio	"	"	1.59
Anhidrido sulfúrico	"	"	1.44
Pérdida y no determinado	"	"	4.64

Análisis racional

Soluble en alcalis	%	gr.	72.76
Insoluble	"	"	27.24

- APLICACIONES A LA CERAMICA -

Hacer historia de la Cerámica sería tarea vasta, que apartaríase de la índole de esta monografía. Bastará decir que los hombres primitivos fabricaron, con el limo depositado a orillas de los ríos, vasijas groseras que desecaron al sol. Como el agua las destruía, constituyó un gran progreso el descubrimiento, debido sin duda a la casualidad, de que el inconveniente mencionado desaparecía con el calentamiento.

Los mas antiguos"monumentos de ladrillo" se han encontrado en el Egipto. Algunos de ellos como el templo de Belus, datan de 12.000 años! Tambien se construyeron algunas pirámides de ladrillo. En una pirámide de esta clase,erigida por el rey Asychis, está grabada la siguiente inscripción, sobre una lápida: "No me desprecies al compararme con las pirámides de piedra; yo guardo con ellas la misma relación que existe entre Jupiter 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 ma ha construido".

En China, Japón y en las Indias Orientales utilizaron los ladrillos desde tiempo inmemorial. Los griegos y los romanos hacían mucho uso de ellos.

Desde Roma se extendió su fabricación por Italia, Francia, Gran Bretaña, Alemania y España. En Alemania la mas antigua construcción en encuentra en la Catedral de Treves, que al parecer data del tiempo de Augusto.

Sin embargo, en el siglo XVII, la fabricación de ladrillos en Alemania era todavía defectuosa y estaba reservado a los tiempos modernos no solo el perfeccionamiento de la parte mecánica, sino tambien la deducción de los primeros datos científicos que permitieron formarse una cabal idea de la naturalesa de las arcillas y de los procesos que acompañan a su cocción. Tambien se conoce desde los tiempos mas remotos el barnizado de la alfarería.

En Europa los etruscos se distinguían por su habilidad, asi como por los distintos coleres dados a sus objetos de alfarería. Los primeros barnices que se emplearon, consistieron en silicatos alcalinos, y hasta el siglo XII ó XIII, no apareció el barniz al plomo que fué descubierto por un alfarero de Schlestadt en 1823.

La adición de óxido de estaño, que proporcionó el barniz blanco y opaco y lo transformó en esmalte, constituyó un gran progreso en la industria alfarera. La capa de esmalte blanco tapaba el color rojizo de la arcilla cocida y realzaba la belleza del objeto fabricado. La alfarería de tierra esmaltada se extendió hasta Italia y fué creciendo en belleza a consecuencia de las mejoras aportadas, tanto en la manera de prepararla como en el empleo de las mejoras materiales, mejoras debidas prôncipal mente a los esfuerzos de Lucca delàa Robbia de Florencia, hacia el año 1480; de Fontana, de Pésaro, allá por el año 1540, inventores de la alfarería conocida con el nombre de mayólica.

En Alemania descubrió Bötticher en 1704 la porcelana jaspeada parda y en 1710 la porcelana blanca o dura.

Tan solo a principios del siglo XIX se introdujo àa fabricación de la pasta dura con la instalación de la manufactura de Sevres que tanto renombre ha adquirido.

En Inglaterra, las artes cerámicas no tomaron verdaderamente un gram vuelo hasta el año 1725, en que Astbury añadió sílice pulverizada a la pasta que antes se preparaba solo con arcilla plástica. Los chinos creen haber descubierto la porcelana hace 3000 años; pero esta opinión es érrónea, porque no se le encuentra con el nombre de "yao" hasta el siglo IX y hasta un siglo más tarde igneraban el empleo del azul en el barnizado.

Clasificación de las cerámicas.- Teniendo en cuenta la extructura interior de la masa cocida, es decir, la pasta, se pueden dividir en: cerámicas compactas y cerámicas porosas.

Las compactas han sido suficientemente calentadas para que su pasta se haya semivitrificado; son vidriosas en su fractura, traslúcidas e impermeables al agua. La cerámica porosa no está vitrificada en su masa, es poco coherente, su fractura es terrosa, su masa friable, da paso algún agua cuando no está barnizada y se pega a la lengua.

La pasta cocida,sea dura o porosa, permanece rugosa, en cuyo caso la cerámica se denomina simple, o bien se la recubre con una masa vidriosa, el barniz o cubierta.

Segun esto pueden dividirse las cerámicas en la siguiente manera:

Cerámicas compactas que comprenden la porcelana, distinguiéndose entre esta los tres grupos siguientes: 1°. la porcelana dura, que se fabrica exactamente con arreglo a las indicaciones de Böttticher, y que contiene en su masa, aunque con algunas variaciones, cerca de un 80 a 75 % de caolin con 20 á 25 % de feldespato, recubierto el todo por un barniz formado por caolin, cuarzo y una cierta cantidad de feldespato y del cal.

2°.- la porcelana cuarzosa, en la que cerca de un 20 % del caolin es reemplazado por cuarzo, recibiendo un barniz formado por cantidades variables de feldespatos y residuos de calcáreos cuarzosos.

3°.- La porcelana tierna en las que un 40 á 45 % de la sustancia arcillosa es reemplazada por fundentes, como el cuarzo y el feldespato.

Gres.- Pasta densa, sonora, finamente granulosa, homogena, apenas transparente, blanca o de color.

Las cerámicas porosas comprenden:

1°.- Loza fina barnizada con un barniz transparente y que contiene borax y feldespato.

2°.- Loza con barniz opaco o loza comun, que se compone de marga arcillosa con barniz estannífero opaco, blanco o de color.

3°.- Alfarería común, cacharrería, compuesta de pasta de marga arcillosa o arcilla comun, siempre de color rojizo, tierna y porosa, que constituye la verdadera cacharrería.

4°.- Ladrillos, baldosas, tierras cocidas, ladrillos refractarios, compuestos de pasta terrosa, siempre de color, puesto que no se blanquea al fuego, porosa, facilmente fusible, poco sonora y opaca.

Sustancias que intervienen en la composición de las pastas cerámicas.- Las sustancias anti-plásticas que pueden ser empleadas en cerámica pertenecen a dos grupos distintos: los materiales rebajadores o desengrasantes, y los materiales fusibles.

Los materiales rebajadores tienen por objeto dar a las arcillas muy grasas la posibilidad de ser trabajadas, corrigiendo asi dus defectos, de exceso de plasticidad.

Los materiales fusibles son tambien sustancias antiplásticas, siendo su rol mas complejo, pues provocan durante la cocción fenómenos químicos en la masa, vitrificando el producto.

Entre los primeros se puede anotar la arcilla deshidratada, arcilla sometida a la acción de una temperatura elevada, que tambien se denomina cemento.

Tambien se utiliza el"tiesto"que no es sino el resto de vasijas y que se introduce pulverizado en las pastas.

Los productos silíceos que ocupan el lugar preferente como sustancias antiplásticas están constituidas por arenas cuarzosas, calcedonia, silex, etc, etc.

Entre los materiales fusibles se puede anotar el feldespato, la pegmatita, micas, calcareos, amianto, talco, etc.

Entre las sustancias que intervienen en la composición de las cubiertas, se puede citar la sílice, a menudo ácido bórico unido a álcalis, tierras alcalinas y óxido de plomo. Los esmaltes y colores estan formados por una composición fusible, conteniendo un elemento colorante, disuelto en el esmalte y en suspensión en los colores.

Los compuestos empleados en la preparación de los colorantes son numerosos pudiendo citarse la alúmina, el óxido de cromo, los cromatos el óxido de cobalto, el fosfato de cobalto, el carbonato de cobalto, el carbonato de nickel, el óxido ferrico, los óxidos de manganeso, zinc antimonio, cobre, uranio; el arsénico, el cloruro de plata, la plata metálica, el oro, el platino, el óxido de iridio, el titano, el tungsteno, glucinio, etc, etc.

Preparación de las pastas cerámicas.- Las arcillas y las sustancias antiplásticas, convenientemente trituradas, tamizadas, sin elementos extraños que perjudiquen ulteriormente el sinnúmero de aplicaciones, levigadas, etc.; operaciones todas efectuadas en aparatos mecánicos variados, se mezclarán de distintas maneras. Si son secas se operará por volumen o por pesada; si provienen de un aparato de trituración pueden encontrarse diluidas en agua, pudiéndose asi mezclar en este estado. Para ciertas fabricaciones se utilizan las arcillas sin tratamiento previo para purificarlas, tal cual salen de los yacimientos; siendo suficiente mezclarlas con o sin adición de materiales antiplásticos de manera de obtener una masa en donde la plasticidad convenga para el trabajo. La mezcla por volumen está indicada en este caso. En otras fabricaciones, en cambio, la arcilla se lava antes de emplearla y las materias duras se trituran en el agua, encontrándose asi, diluidos los elementos que intervienen en las composiciones de las pastas cerámicas.

Será entonces suficiente mezclar los volúmenes de los distintos líquidos en proporciones convenientes una vez conocida la riqueza de cada uno de ellos.

Sobre el cálculo de las pastas me limitaré a decir que se puede proponer, conociendo la composición de una pasta, la preparación de una de composición idéntica, de diversas maneras:

Trabajo de las pastas.- Las pastas preparadas con materiales simplemente humedecidos poseen una plasticidad suficiente para poder moldearlas, careciendo en cambio, de una homogeneidad física, que habrá que corregir mediante el amasamiento y así darle a todo el conjunto una plasticidad igual. Las pastas que tengan agua abundante en su composición, tendrán que ser sometidas a una sustracción del exceso de este elemento. Esta consolidación se efectúa por medio de filtros-prensa.

Los aparatos para el amasamiento, así como los filtros son muy variados.

Abandonadas al repose las pastas; cuando tienen compuestos ferruginosos y materias orgánicas, se ha podido constatar el desprendimiento de hidrógeno sulfurado y el envejecimiento de la masa por consecuencia de la formación de sulfuro de hierro, o por el carbón finamente dividido; cuerpos que oxidados a su vez, blanquean la pasta. Se admite que estas reacciones, que le han hecho dar al fenómeno el nombre de "pudrimento", tienen un efecto saludable sobre la masa; los desprendimientos gaseosos apertarían un trabajo interno análogo al amasamiento. Sobre este asunto se han bordado teorías poco verosímiles y así, a los Chinos, se les atribuye este hecho: el haber dejado reposar sus pastas cerámicas durante un siglo.

El trabajo a que luego se someten las pastas es, podríamos decir, de orden mecánico, y así, desde la torneadura, la molienda, el calibrado, el vaciado en los moldes, etc., hasta la desecación y cocción ulterior: pasa la pasta por un variado número de aparatos cuya perfección corre paralela con la de la cerámica misma.

Los productos cerámicos se someten luego a la desecación, para sustraerles así una gran parte del exceso de agua que contienen, debiendo operarse gradualmente para evitar las contracciones externas, causas del rajamiento de la masa.

Segun la naturaleza de las pastas, se observarán diferencias en la rapidez de la desecación y en el valor de la contracción. La desecación se efectúa al aire libre ó en desecadores especiales; una vez esto cumplido, se someten las piezas a la cocción en los hornos.

La colocación en los hornos exige precauciones que varían con la naturaleza y forma de los objetos. La cocción tiene por objeto transformar los silicatos y sustancias hidratadas que forman las pastas, en sustancias anhidras. Durante la cocción la pasta se consolida y adquiere la dureza conveniente; al costado de este hecho se pueden anotar tambien durante la cocción, otra serie de fenómenos, y asi ciertas pastas que contienen elementos fusibles experimentan transformaciones internas que le dan una extructura vitrificable, volviendo impermeable el producto.

Los aparatos destinados a la cocción de los productos cerámicos son muy numerosos. A pesar de la diversidad de tipos se los podría reducir a dos grupos bien distintos: los hornos intermitentes y los hornos cóntinuos. En la primera división se pueden distinguir los hornos a eje vertical y a eje horizontal. Los hornos continuos son menos incómodos, a causa de la diversidad de principios que presiden a la construcción. Sobre estos modelos y otros más ampliados y complicados omitiré descripciones.

Dos palabras mas sobre las cubiertas y los esmaltes. En el lenguaje corriente se hace una confusión lastimosa de los diversos términos que se utilizan para esas designaciones; asi se emplea mas particularmente la palabra"cubierta" para designar el vidriado de la porcelana. El término "esmalte" debría reservarse especialmente a los esmaltes propiamente dichos, es decir, a las composiciónes fusibles plumbíferas que tuvieran colorantes disueltos. Por "barniz" se entiende a menudo las composiciones empleadas para destruir la impermeabilidad de las tierras cocidas. El término "Glaçure", "vidriado" debría utilizarse para denominar todo lo que es suceptible de vitrificarse por el calor.

El estudio químico de las cubiertas y esmaltes, es un capítulo extenso en cerámica. Se aparta de la índole del presente trabajo por lo que omito descripciones. Baste saber que se utilizan para tal fin la casi totalidad de los metales conocidos, algunos de ellos raros, como el uranio, el títano, el iridio, etc.

Las industrias que en el pais utilizan como materia prima los yacimientos arcillosos, han tenido durante los últimos tiempos un fuerte impulso, con resultados altamente satisfactorios.

Dignas de especial mención son las canteras de S. Agustín, en la

estación "Los Pinos", del partido de Lalcarce, en la provincia de Buenos Aires, en donde el Sr. Juan B. Iraizos, entusiasta propulsor de la industria cerámica nacional ha invertido capitales cuanticosos para la explotación industrial, trabajando en ellas varios centenares de obreros.

Las vías del F.C.S. llegan hasta el pié de las grandes canteras y huelga pensar lo que ello representa, desde que se elimina por completo el transporte en carros.

El geólogo Dr. Nágera, que fué comisionado para que estableciera la condición geológica de las arcillas ha constatado que se prestan para una explotación duradera, operando en gran escala.

Con estas arcillas, el Sr. Iraizos ha logrado reproducir, como puede verse por las adjuntas fotografías, cacharros, jarrones, y otras vasijas de uso ornamental de verdadero mérito artístico.

Los modelos mas antiguos de la industria cerámica le han servido para fabricar objetos que son un primor y que pueden rivalizar con los similares extrangeros.

Se elaboran ademas, baldosas y tejas de muy buena calidad, y con la cuarcita que esta intercalada entre las arcillas, se hacen estucos y marmol artificial de variados colores.

Esta industria nacional que ha adquirido verdadero desarrollo, debe valorarse con verdadera sorpresa y justo orgullo patriótico.

- Objetos fabricados -

1 2 3

Fotografía 1

4 5

Fotografía 2

Nota.- Clasificación de objetos:

Nos 1 y 6.- Vasos calchaquíes

3, 5 y 9.- Vasos mejicanos

2.- Vasos peruanos

4.- Vasos centro americanos

7 y 8.- Mayólicas

10.- Plata persa a reflejos metálicos

- Objetos fabricados -

6 7 8

Fotografía 3

9 10

Fotografía 4

- CEMENTO PORTLAND ARTIFICIAL -

En una serie de experiencias iniciadas en el año 1818, Vicat demostró que se obtienen cementos preparando artificialemente mezclas de composición química establecida.

Como aplicaciones prácticas de este importante estudio, Aspdin en Inglaterra, consigue obtener un cemento hidráulico por medio de la cocción a alta temperatura, de una mezcla de cal apagada y arcilla, denominándolo cemento portland por su analogía en propiedades con la piedra cementicia portland, tan apreciada en las construcciones. Desde entonces puede decirse se inicia en Inglaterra el desarrollo de la industria del cemento portland; adquiriendo en estos últimos tiempos una gran importancia.

Teoricamente con materiales puros, bastaría mezclar diez y nueve a veinte por ciento de arcilla y 80 á 81 por ciento de carbonato de calcio, para obtener despues de cocción un cemento portland; practicamente para evitar un posible exceso de cal se dá preferencia á un exceso de arcilla y así ordinariamente, segun la materia prima, se parte de veinte a veinticinco por ciento de arcilla y 75 á 80 por ciento de calcáreo. Un exceso de arcilla puede resultar tambien nocivo, pues, durante la cocción, en vez de silicato trieálcico se forma tambien silicato bicálcico, que aumenta la friabilidad transformándose facilmente en polvo durante el enfriamiento.

Salvo el caso de margas arcillosas y las piedras cementicias, en las cuales se encuentra ya naturalmente unida en justa relación la arcilla y el calcáreo, en todos los demás casos será necesario corregir las margas naturales, o establecer "a priori" las relaciones exactas de materia prima para formar los cementos artificiales, teniendo presente el tipo de cemento que se prefiera obtener y al cual corresponda un índice determinado de hidraulicidad.

Para los cementos a fraguado lento el índice de hidraulicidad oscila entre 0.45 y 0.60 y el de fraguado rápido entre 0.6 y 1.2. El valor del índice se puede calcular introduciendo en la siguiente fórmula el porcentaje de los diversos componentes hallados en el análisis:

$$X = \frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3 + SiO_2}{CaO + MgO + K_2O + Na_2O}$$

Otros autores proponen el módulo de hidraulicidad "y" que es el inverde de "x", letra con la que se designa el índice de hidraulicidad., es decir

$$y = \frac{CaO + MgO + K_2O + Na_2O}{Al_2O_3 + Fe_2O_3 + Si O_2}$$

oscilando entre los límites 0.8 y 2.2. En esta fórmula como en la anterior son despreciables en el cálculo, las cantidades de álcalis.

Cálculo de fabricación del cemento portland.- [redacted] denominando con S_1 la cantidad de silicato de aluminio y hierro del cáleáreo, con S_2 la de la arcilla, con C_1 la cal y magnesia del calcáreo y con C_2 la cal y magnesia de la arcilla, se tiene:

$$\frac{y\,S_2 - C_2}{C_1 - y\,S_1}$$ siendo "y" el módulo [redacted]

Las operaciones que conducen a la preparación del cemento son variadas y deben efectuarse con extrema precisión y estudiarse en sus mas íntimos detalles para obtener así los mejores resultados.

Para el ensayo de cemento artificial se ha prodedido en la siguiente manera: se pulverizan 300 gramos de cada una de las arcillas analizadas: 0' - 4 - 6 - 8 - 13 - 15 y 17, es decir, siete muestras; mezcladas intimamente y para obtener un promedio se ha practicado el análisis, investigando los datos mas esenciales para poder aplicar la fórmula que conduce a la obtención del cemento; siendo los resultados los que se indican:

$Si\ O_2$	%	gr.	61.06	(Suma 92.46 %)
Al_2O_3 y Fe_2O_3	%	"	31.40	
Ca O		" "	1.12	
Mg O		" "	0.90	

El calcáreo elegido para mezclarlo con la arcilla y que procede de Sierras Bayas tiene la siguiente composición:

$Si\ O_2$	%	grs.	7.32	7.98
Al_2O_3	"	"	0.18	
Fe_2O_3	"	"	0.48	
Ca O	"	"	52.00	
Mg O	"	"	0.40	
$S\ O_3$	"	"	0.08	
$C\ O_2$	"	"	38.41	
Pérdida al rojo		"	0.99	

En posesión de los datos anteriores, aplicando la fórmula se llega al cálculo siguiente:

$$\frac{\text{Calcareo}}{\text{arcilla}} = \frac{2 \times 92.46 - (7.12 + 0.90)}{152 + 0.44 - 2 \times 7.98} = \frac{182.90}{36.44} = 5$$

Es decir, para una parte de arcilla, habrá que agregar cinco de calcareo.

Se efectuó el ensayo de obtención de los klinckers en el mismo horno en que se determinó el ensayo de fusibilidad de las arcillas. Se obtuvieron las siguientes temperaturas: (Abril 12 de 1920.).

2.10 p.m.	800°		7.30 p.m.	1380°	
2.20	1100°		8.00	1380°	
2.50	1225°		8.30	1390°	(Máxima)
3.10	1240°		9.00	1390°	
período de arreglo -			9.15	1380°	
3.45 p.m.	800°		9.20	1350°	
4.30	1250°		9.30	1200°	
5.00	1310°		Terminación del petroleo.		
6.00	1350°				
6.45	1370°				

Los klinckers obtenidos tenían poca consistencia, se desmenuzaban con relativa facilidad y presentaban una composición aproximada de:

26.94	%	de anhidrido silícico
12.57	"	" oxidos de hierro y aluminio
58.11	"	" óxidos de calcio
1.90	"	" de anhidrido sulfúrico

Los ensayos efectuados no merecen ser consignados por no presentar el producto obtenido las características de un cemento.

LADRILLOS REFRACTARIOS "R I A M"

Estos ladrillos, fabricados con materiales provenientes de las mismas canteras, presentan una composición media aproximada siguiente:

Anhidrido silícico	%	gr.	74.18
Oxido de aluminio	"	"	20.20
" " hierro	"	"	5.00
" " calcio	"	"	0.57
" " magnesio	"	"	0.13
Anhidrido sulfúrico	"	"	Vestigios
Pérdida al rojo	"	"	0.30

El largo es de 227 m.m.; el ancho de 60 m.m. y el alto de 108 m.m. El peso es de 3.970 gramos.

Densidad real : 3.605 Densidad aparente: 3.059

Grado de compacidad igual a 0.790

Poros : 210

Resistencia de la compresión (aparato de Schiekert)

297 - 300 - 319 kg. por cm^2 - término medio 272.

Absorción: peso en seco 0.362 gramos

" mojado 0.382 gramos diferencia : 0.20

Absorción por ciento : 7.63

- CONCLUSIONES -

ARCILLAS.-

Las arcillas del Cerro de San Agustín presentan caracteres de ARCILLAS FELDESPÁTICAS MAS O MENOS CAOLINIZADAS, todas ellas de propiedades fuertemente plásticas. Algunas de ellas son caolines casi puros y presentan elevados porcentajes de parte soluble en álcalis.

No se observan relaciones de composición química entre arcillas de lentejas vecinas; tampoco existen relaciones entre la composición química y el espesor de los mantos cuarcíticos intercalados.

El ensayo de fusión permite clasificarlas como ARCILLAS REFRACTARIAS. Todas ellas funden sobre los 1500°C. La contracción lineal máxima observada es de 1/9.

APLICACIONES.-

La composición química de las arcillas permite obtener productos cerámicos de superior calidad.

La aplicación a materiales de construcción (cementos) y a materiales refractarios (ladrillos), no es aconsejable, dado que el precio de la arcilla es elevado y que el rendimiento económico que se obtiene en la cerámica es excelente.

Con el mejoramiento en lo que atañe a la fabricación, a no dudarlo, esta industria reciente, podrá competir en un futuro no lejano con la producción extrangera.

Mario A. Fantini

- BIBLIOGRAFÍA -

AUSCHER.- Les Industries Ceramiques

AUSCHER.- Technologie de la Ceramique

BERNAOLA Victor J.- Feldespatos y arcillas (Tesis)

BISCHOF Ch.- Argiles refractaires

BREHM A.E.- Historia Natural

EDO J. M.- Tobas volcánicas argentinas (Tesis)

FRESENIUS R.- Traité d'analyse chimique

GRANGER A.- Ceramique Industrielle

GUARESCHI I.- Enciclopedia di Chimica

HILLEBRAND W.F.- The analyses of silicates and carbonate rocks

LAPPARENT A. de.- Traité de Geologie

LEDUC et CHENU.- Chaux, Ciments, Plâtres

LEDUC et CHENU.- Materiaux de Gros-Oeuvres

LUNGE L.- Analyse chimique industrielle

MEURICE Albert.- Analyse quantitative des matieres minérales

MOLINARI H.- Química Inorgánica

NÁJERA J.J.- La Sierra Baya

POST y NEUMANN.- Traité complet d'analyse chimique appliqué aux essais industriels

TREADWELL F.P.- Tratado di Chimica Analítica

WAGNER, FISCHER y GAUTIER.- Química Industrial