

**INFORME SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE ARCILLA
HECHAS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD
NACIONAL DE MINAS ***

POR
REINALDO ELLWANGER
QUIMICO

* Nota de los Editores: El presente trabajo es un resumen del contenido de cuatro anexos al informe "Arcillas de Antioquia" (Anexo A — Referencias Literatura Extractos; Anexo B — Gráficos Arcillas Antioquia, Grupo 1º; Anexo C — Ensayos Arcillas de Antioquia; Anexo D — Curvas Termodiferenciales).

CONTENIDO:

	Págs.
INTRODUCCION	59
GRUPO 1º. Ferrería Amagá (Muestras 1, 2, 3, 4)	63
GRUPO 2º. El Loro, Antioquia .. (Muestras 5, 6, 7, 8, 9, 10)	73
GRUPO 3º. El Guayabal (Muestras 11, 71, 78)	78
GRUPO 4º. Angelópolis (Muestras 12, 13, 14, 15)	83
GRUPO 5º. La Unión (Muestras 16, 17, 18, 19, 20, 21) ...	86
GRUPO 6º. Las Ovejas — San Pe- dro (Muestras 22, 23, 24)	91
GRUPO 7º. Llano Las Matas — Rionegro (Muestras 25, 26, 27, 28)	94
GRUPO 9º. Erecos — Rionegro . (Muestras 31, 32, 33, 34)	98
GRUPO 10. Sajonia — Rionegro. (Muestras 35, 36)	101
GRUPO 11. Dioritas descompues- tas (Muestras 37, 38)	103
GRUPO 12. Abejorral — Pantani- llo (Muestras 39, 40)	106
GRUPO 13. Rionegro (Muestra 41)	106
GRUPO 14. Rocas verdes descom- puestas (Muestras 42, 43, 44)	109
GRUPO 15. Sondajes en La Unión (Muestras 45 a 64)	111
GRUPO 16. Santa Elena (Muestras 65, 66, 67, 68, 69, 70) ...	115
GRUPO 17. Sonsón (Muestra 72)	120
GRUPO 18. Municipio de Girar- dota (Muestra 73)	120
GRUPO 19. Tarso (Muestra 74)	120
GRUPO 20. Municipio de Arcadia (Muestra 75)	120
GRUPO 21. Liborina (Muestra 76)	123
GRUPO 22. Mesopotamia (Muestra 77)	123
GRUPO 23. Betania (Muestras 79, 80)	125
GRUPO 24. Andes (Muestras 81, 82)	127
GRUPO 25. San José — Andes .. (Muestra 38)	129
GRUPO 26. Jardín (Muestra 84)	129
CONCLUSIONES	130
BIBLIOGRAFIA	132

INTRODUCCION

La investigación moderna de arcillas se basa en el estudio de la red molecular. En estos estudios se usan rayos X, ensayos termodiferenciales y exámenes con el microscopio electrónico.

Esta investigación debe ser completada con:

- 1º Análisis químicos completos;
- 2º Estudios mineralógicos corrientes y en preparados ópticamente orientados;
- 3º La determinación de la pérdida al fuego (en lo posible con una balanza térmica que dibuja automáticamente una curva para el intervalo de temperatura desde "medio ambiente" a 1000° o más);
- 4º Y el estudio de intercambiabilidad de iones.

DE ESTE PROGRAMA PODEMOS HACER NOSOTROS LO SIGUIENTE:

- 1º Desde el 7 de junio al 6 de octubre de 1965 estábamos en condiciones de usar un aparato termodiferencial;
- 2º Análisis químicos de las arcillas se efectuaron por el Departamento Químico de la Facultad Nacional de Minas;
- 3º La determinación de la pérdida al fuego. (Esta se pudo hacer solamente para temperaturas arbitrariamente escogidas, usando un horno de registro automático de temperaturas. El procedimiento era muy demorado);
- 4º Hemos podido hacer determinaciones ópticas corrientes;
- 5º Hemos podido verificar en algunos casos un cambio de iones por comparación de curvas termodiferenciales tras un trato químico adecuado.

Además, nos hemos basado sobre un segundo programa de investigaciones: el del *Geological Survey de Ohio* (1938, y Grim, 1953), que hemos podido cumplir casi completamente.

BASADOS SOBRE UNA COMBINACION DE ESTOS DOS SISTEMAS, HEMOS SEGUIDO EL SIGUIENTE PROGRAMA DE INVESTIGACION:

1º Investigación microscópica. Binocular, ampliación 96 veces; Microscopio Petrográfico, ampliación hasta 500 veces aproximadamente. Por lo general, se examinaron polvos tamizados —lavados—.

2º El análisis químico del Departamento de Química de la Facultad Nacional de Minas, y que indicaba el contenido de SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; CaO ; MgO y pérdida al fuego.

3º La trituración de las muestras para los ensayos físicos y químicos, ópticos, etc., se hizo con pestil y mortero donde era necesario. Pero donde esta forma de desmenuzar no tenía sentido por la pequeñez de los componentes, o porque no se deseaba eliminar componente alguno, se usó una quebrantadora de quijada, seguida por una pulverizadora. Generalmente debían ser secadas las muestras antes de poder triturarlas.

4º Análisis de tamizadura. Lo indicado es tamizadura combinada con lavado. Así se procedió en un principio, pero como no hemos podido conseguir mallas nuevas, y como las viejas ya no resistían ese trato, hemos tenido que tamizar en seco.

5º La pérdida al fuego se estableció para la muestra natural, para materiales en pasta sin eliminación de componente por tamaño, y para material en pasta con eliminación de componentes por tamaño (generalmente impurezas).

6º Confección de cuerpos de prueba para exámenes térmicos y otros:

a) *Galletas*: Las galletas son discos circulares levemente cónicos. En su confección se usan moldes de 14 a 16 cm^3 de contenido que tienen más o menos un centímetro de grueso y más o menos 2,5 cm de diámetro. Los moldes tienen fondo.

Estos moldes se llenan paulatinamente con arcilla en pasta, golpeando el fondo del molde cada vez fuertemente en contra de la mesa de trabajo. Así se produce un empaque denso de la pasta en el molde y se provoca la salida del aire contenido en la pasta.

b) *Barritas*: Ellas se confeccionan en moldes prismáticos de sección cuadrada. Estos moldes no tienen fondo; de los seis lados encierra el molde solo 4, quedando dos paralelogramos abiertos. El molde tiene dos marcas a 10 cm de distancia.

Debido a su forma abierta, no se puede golpear para dar salida al aire contenido en la pasta, y para un buen empaque. La contracción de las barritas en el proceso de secadura, y más tarde en la cochura, se mide directamente. Como base para determinar la contracción linear medida, se toma el largo del cuerpo de prueba secado a 105°C, es decir, un importe siempre menor de los 10 cm. Las barritas se contraen a menudo diferentemente (más en una que en otra dirección), resultando cuerpos deformados.

c) *Cubos*: El molde encierra solo 4 de los 6 lados del cubo, de modo que no puede ser golpeado. La compactación es deficiente y queda aire encerrado en la pasta.

Los cubos, las galletas y las barritas se secan primero al aire libre y después 24 horas en un secador a 105°C. Un secador con circulación de aire controlada y con control de la humedad del aire usado en la secadora no lo tenemos. Los cubos se llevan a diferentes temperaturas de cochura y se rompen a presión en el laboratorio de resistencia.

La confección de la galleta se aproxima en buenas cuentas al trabajo "en vacío" de los tejares; pero en la de los cubos queda aire en la pasta deficientemente compactada. De modo que los valores para la resistencia a la compresión encontrada experimentalmente será siempre menor de lo que se puede conseguir en la práctica (Tejar moderno).

7º Pruebas de plasticidad:

Se prueba la firmeza de extracción con el aparato de Ohio, del cual Peldar nos facilitó una fiel reproducción (Niggli 1948). Además, se hacen los ensayos para establecer los límites de plasticidad y de Rieke.

8º El uso de los cuerpos de prueba:

a) Las galletas en verde.

Sirven para determinar:

- El agua de plasticidad;
- El agua de contracción;
- El agua de poros;
- El peso volumen húmedo.

b) Las galletas en el proceso de secadura:

- La pérdida de volumen por peso: en la secadura;
- La contracción volumétrica: en la secadura;
- La contracción linear calculada: en la secadura;

La porosidad aparente en el cuerpo secado a 105°C.
 El peso específico aparente del cuerpo secado a 105°C.
 El peso volumen del cuerpo secado a 105°C.

c) Las galletas en la cochura, a diferentes temperaturas:

La pérdida de peso;
 El cambio de volumen;
 La contracción linear;
 La contracción volumétrica;
 La pérdida de volumen por peso;
 La porosidad aparente en;
 El peso volumen;
 El peso específico aparente;
 Color y dureza mineralógica.

d) Las barritas en verde y en la cochura:

Medición directa de largos.—Estos se refieren tanto para la contracción en la secadura como para la contracción en la cochura, siempre al largo medido entre las marcas después de terminado el proceso de secadura. (24 h aire libre + 24 horas secador a 105°C).

e) Los cubos en la cochura:

Se utilizan para los ensayos de firmeza a la compresión. Los cubos de 5 cm de largo de canto en el molde (es decir, de material húmedo), se deforman generalmente en la secadura y subsiguiente quema. Para que la presión se ejerza parejamente, se enyesan estos productos.

9º *Otros ensayos:* Determinación de los pesos específicos de los especímenes y de los cuerpos de prueba a diferentes temperaturas de cochura. Se usa el procedimiento del pignómetro. Sirve para constatar o confirmar grandes cambios mineralógicos y para calcular, basando en el peso específico verdadero a determinada temperatura, la porosidad total y la efectiva a esas temperaturas.

Estos ensayos se hicieron con el espécimen secado a 105º, determinando en esa ocasión su contenido de humedad natural en la muestra; además, con la pasta sin eliminación de componentes por tamizadura, y secada igualmente a 105°C; además, eliminando componentes (impurezas), ensayando con mayor o menor granulación y dotación de agua.

De la comportación a diferentes temperaturas y con diferente preparación de material se hicieron deducciones sobre la posible arcilla presente; y se estudiaron las influencias de las impurezas.

Pero todo esto quedó muy simplificado desde el 7 de junio de 1965, fecha en que se tomó en uso el aparato termo-diferencial, que demuestra directamente en la curva que traza la clase de arcilla presente.

Combinando los resultados leídos en las curvas termodiferenciales con la pérdida al fuego establecida hasta 900°C, se puede calcular la cantidad de arcilla presente, si se toman en cuenta las impurezas y su actuación termodiferencial.

Los ensayos de Ohio nos dan las cualidades físicas de los cuerpos de prueba.

En el informe detallado nos referiremos a estos ensayos y a las curvas termo-diferenciales (DT). También para cada grupo de arcillas que siguen, destacaremos solamente algunos de los datos recopilados en estos ensayos; y los datos en especial, por ejemplo, las diferentes porosidades deben ser estudiadas directamente desde las listas de ensayos referidas. Compararemos solamente algunos datos a través de todos los grupos, salvo en el Grupo 1º, que nos da en forma gráfica una recopilación total.

INFORME ESPECIAL

GRUPO 1º: FERRERIA DE AMAGA

Los especímenes:

- M 1: Arcilla esquistosa o pizarra arcillosa dura, de color gris con pintas rojizas.
- M 2: a) Pizarra manchada con rojo.
b) La misma pizarra en variedad más granulosa, gris verdosa.
Ambas variedades son menos duras que M 1, son más meteorizadas. El tipo "b" de la pizarra es algo más pesado que el tipo "a".
- M 3: Pizarra arcillosa de estructura laminar y algo más untuosa al tacto. Color: gris-azuloso. Es una arcilla esquistosa dura como M 1.
- M 4: Pizarra con material carbonoso, piritas, unas costras amorfas blanquecinas, y fraguada por un cemento un poco más rico en carbonatos que las muestras anteriores.
También aquí hay dos variedades. Una arcilla laminada más clara, de menos dureza, así como M 2; y otra tan dura como M 1 y M 3.

Las impurezas en las arcillas de este grupo:

Cuarzo, restos de feldespato, sericita, clorita, mineralizaciones de hierro, pigmentos ferríferos más o menos hidratados, marcasitas, poca hornblenda, carbón, rutilo y carbonatos.

Las cuatro muestras se distinguen en las proporciones diferentes en que estas impurezas están repartidas en ellas.

- M 1 tiene más remanentes de feldespato que las otras;
- M 2 parece tener más mineral metálico, óxidos e hidróxidos de hierro, titanita;
- M 3 tiene más sericita;
- M 4 tiene más carbón, marcasita en repartición fina y un cemento más carbonático.

Las cantidades en que aparecen estas impurezas varían mucho, hasta en el mismo manto. Por lo general está muy escaso el carbonato. Bajo el microscopio se puede observar una efervescencia en frío, pero las burbujas salen esporádicamente de uno u otro grano de polvo. Examinando polvos tamizados (menor tamaño 1/16 mm) se encuentran granos de polvo que son verdaderos conglomerados: cuarzo, feldespato, sericita, todo en un cemento de arcilla, óxido de hierro, hidróxidos y carbonatos. En M 4 es el burbujeo un poco mayor al aplicar HCl.

CLASE DE ARCILLA PRESENTE EN EL GRUPO 1º

Se hicieron 3 diagramas termo-diferenciales.

- DT 1 con material presecado a 105°C, tamaños 230 y 270=1/16 a 1/20 mm, sensibilidad 10%. Muestra los efectos térmicos de caolinitas y varios efectos secundarios. Para ver si estos efectos secundarios son propios de alguna impureza soluble en HCl o si son propios de la arcilla, para ver si se trata de una caolinita mal organizada o de una halloysita en M 2, o de halloysita admixta a la caolinita, se hicieron las curvas:
- DT 2 y DT 3 presecadas a solamente 40° durante dos días y tratadas con HCl. Daremos a continuación solamente una referencia a DT 2 (muestras M 1 y M 2) y DT 3 (muestras M 3 y 4) con 5 y 10% de sensibilidad.

CURVAS TERMO-DIFERENCIALES DT 2 Y DT 3:

	Inicia	Culmina	Termina	Extensión en grados	Amplitud en mm.	Otras observaciones
M 1 aprox.	75	—	175	100	3	Agua absorbida, curva muy débil.
	520	595	650	130	11	Endoterm. ppl.
	922	962	986	64	4	Exoterm. ppl.
M 2	50	—	200	150	13	Agua absorbida.
	520	595	650	130	21	Endoterm. ppl.
	922	962	986	64	5	Exoterm. ppl.
M 3	500	587	700	113	18	Endoterm. ppl.
	920	962	996	76	3	Exoterm. ppl.
M 4	250	—	500	250	12	Exoterm. carbón.
	520	589	638	118	14	Endoterm. ppl.
	922	958	992	76	3	Exoterm. ppl.

Para la amplitud se tomó 5% de sensibilidad. Para la comparación de las amplitudes de los efectos debe considerarse que la sensibilidad 10% es lo doble de la sensibilidad 5%. En los grupos que vienen más adelante hemos elegido generalmente la sensibilidad 5% por razones prácticas. Para tener amplitudes comparables entre los diferentes grupos, indicaremos la “amplitud en mm”, siempre referidos a sensibilidad 5%. La extensión de las curvas es independiente de la sensibilidad escogida, porque los efectos se producen siempre en las mismas temperaturas para un material dado; de modo que los grados de temperatura que dure un efecto, indicarán su “extensión”.

Si comparamos DT 1 con DT 2 y DT 3, podemos constatar que las curvas del material presecado a solo 40°C y pretratado con HCl, son lisas y libres de efectos secundarios; en cambio, el agua absorbida de M 2 aparece muy bien en la Curva de DT 2. En DT 1 esta curva falta, demostrando que calentada la muestra a 105°C (—o sea a más de 60°C—) se pierde este efecto. Halloysita calentada a más de 60°C pierde la cualidad de rehidratarse.

M 1, M 3 y M 4 contienen caolinita de baja cristalinidad; M 2 contiene, aparte de caolinita, una cantidad apreciable de halloysita.

Para el estimo, o cálculo estimativo de la participación de arcilla en las muestras. Si M 1, M 3 y M 4 son caolinitas, y si M 2 tiene una mezcla de 50% de halloysita y 50% de caolinita, recibimos las siguientes proporciones de sustancia arcillosa:

M 1	.....	37%
M 2	.....	25%
M 3	.....	36%
M 4	.....	34%

El hierro en las muestras está contenido generalmente como hidróxido, además en poca cantidad como marcasita, y en algunas muestras como carbonato. El valor tan bajo de sustancia arcillosa en M 2 se debe a que la química acusó para M 2 casi 22% de hierro calculado en forma de Fe_2O_3 . Contenido está este hierro casi exclusivamente como $\text{Fe}(\text{OH})_3$, como se ve con el microscopio. Hidróxido de hierro pierde su agua alrededor de los 300° , es decir, también dentro del intervalo de temperatura considerado para el cálculo de la cantidad de arcilla presente. (Intervalo máximo, 105 a 900°C . Esto redujo la cantidad de arcilla calculada para M 2. Efectivamente, contiene M 2 más arcilla.

Estos son los datos recién calculados:

Muestra	Tamizado-lavado	Calculado con base en la química
M 1	38,70%	37%
M 2	35,47%	25%
M 3	36,85%	36%
M 4	32,51%	34%

Como bajo “tamizado lavado” están incluidos los óxidos e hidróxidos de hierro, parte de la sílice libre que no pueden ser separados en esta forma, queda el rubro “tamizado lavado” más alto que el calculado que da el contenido de sustancia arcillosa.

Es de suponer que M 2 no contiene alrededor de 22% de hierro en forma de Fe_2O_3 . La muestra analizada, $\frac{1}{2}$ gramo retirado de 1 kg pulverizado, seguramente no era representativa. M 2 tiene un peso específico más bajo que por ejemplo M 1 y M 3 (menos meteorizados). Si M 2 tuviera efectivamente un contenido de 22% de Fe_2O_3 , su peso específico debiera fluctuar entre 3 y 4, pero el término medio de cuatro determinaciones del peso específico con cada vez 100 gramos dio 2,70. Podemos concluir que la participación de la sustancia arcillosa en M 2 corresponde más bien al análisis granulométrico con lavado-tamizado, rebajando algo por impurezas extremadamente finas.

Podemos concluir, con respecto a la participación de sustancia arcillosa en las cuatro muestras, que ésta será alrededor de 30%, máximo 33% del espécimen.

LA PASTA:

El material del Grupo 1º es demasiado duro para tratarlo dentro de un tiempo prudentemente corto por maduración a la intemperie o por enfosaje. Era por esto impracticable separar solamente las componentes más gruesas con lavado. (Cuarzo libre, feldespatos, marcasitas, carbón). Nos vimos obligados a pulverizar el material mecánicamente. En los granos más finos obtenidos aún había un porcentaje subido de granos “conglomeráticos” dentro de un cemento esencialmente arcilloso. La composición monocristalina, esencialmente cuarzo y calcedonia, están fragmentados por la pulverización.

Con este material se hicieron dos tipos de pasta.

La 1ª serie con material pulverizado sin tamizar; y

La 2ª serie con material menor de $\frac{1}{4}$ mm (malla 60).

Por consiguiente, fueron eliminados en la pasta “serie 2ª” fragmentos mayores de $\frac{1}{4}$ mm de cuarzo libre, marcasita, carbón, etc., pero también con los granos conglomeráticos una parte de la arcilla. Por esto queda a primera vista dudoso si habrá una diferencia apreciable entre las dos pastas. Pero la hay.

La pasta de serie 1ª necesitaba generalmente más agua de plasticidad que la de serie 2ª; a pesar de esto, era la contracción en pasta “serie 2ª”, mayor. En la pasta 2ª se había concentrado algo la sustancia arcillosa con respecto a la pasta “serie 1ª”, lo que queda especialmente evidente en M 1.

Las pruebas de plasticidad se hicieron con la pasta “serie 1ª”. El Servicio Geológico de Ohio toma como índice “el largo extruído”, e indica que largos mayores de 20 cm pueden producir dificultades en la secadura, agrietándose el material, pero admite que la mayor parte de las arcillas industriales tienen un largo extruído mayor de 8”, o sea 20 cm.

En cerámica se usa mucho el índice de Rieke para indicar la plasticidad. Su límite superior es 10.

Por consiguiente, serían las cuatro pastas aceptables, según Rieke, y demasiado plásticas según la forma de averiguar la plasticidad por extrusión. Las dos formas son netamente empíricas, basándose la una en el límite de adelgazamiento y la otra en el largo extruído, usando un dispositivo de dimensiones estandarizadas. El sistema de Casagrande no era siempre aplicable. Es un sistema más bien para investigar suelos y no sustancias cerámicas. Además, los resultados obtenidos con el largo extruído y con el

sistema de Rieke no se excluyen, se complementan más bien, y se pueden resumir los resultados en este caso en: aceptables, pero hay que tener cuidado en la secadura.

En plasticidad hay factores positivos para una masa cerámica, y estos son: la clase de arcilla misma que tiene cualidades plásticas, según si es montmorillonita, o si es caolinita; el agua suministrada para hacer la pasta; la forma de trabajar; y hay factores negativos en sentido de la plasticidad, que son las impurezas no plásticas contenidas en la arcilla.

LA SECADURA:

Se secó primeramente al aire libre y después en un secador a 105°C por 24 horas. En la secadura difieren las dos series que se hicieron.

Serie 1ª —sin tamizar—: Los cuerpos de prueba se contrajeron según su grado de meteorización. El orden de ésta es de mayor a menor: M2, M4, M3, M1.

Serie 2ª —tamizada—: Aquí la secuencia de contracción era en cambio: M1, M2, M4, M3.

Evidentemente, han quedado las concentraciones de sustancias arcillosas en este último orden, después de tamizado. M1 es más silicificada, y en la tamizadura del material pulverizado salieron esos componentes, quedando un material relativamente más rico en arcilla. M2 contiene una arcilla que es más plástica por naturaleza que la caolinita pura; por consiguiente, de esta pasta no fueron eliminadas tantas impurezas relativamente. M3 ocupa ahora el último lugar, contrae menos que las otras, y esto se debe a que la sericita que contiene no fue eliminada con malla 270.

Ninguno de los cuerpos de prueba sufrió agrietamiento en la secadura, no en la forma “serie 1ª”, y tampoco en la forma más rica en arcillas serie 2ª.

LA COCHURA:

Debemos anteponer a la evaluación de estos ensayos que las temperaturas de oxidación de las impurezas son otras en el interior de una pasta bien compactada y de la cual se ha eliminado el aire en lo posible, que en un polvo relativamente suelto colocado en el aparato termo-diferencial.

En las partes interiores de una galleta que no están comunicadas a la superficie por poros, puede ser oxidado un componente

solamente si la sustancia vecina puede entregar oxígeno en su descomposición. Sulfuros, carbón, etc., no se consumen tan pronto en una galleta como en el polvo de prueba puesto al aparato termodiferencial.

En las galletas se pueden comprobar los efectos con el microscopio. Así aparecen las pecas azulosas, señal de la oxidación de piritas y marcasitas solamente después de haber estado expuesta la galleta a unos 1200°C y más. En el aparato termodiferencial muestra la curva estos efectos antes de haberse producido la deshidratación de los caolines, por ejemplo.

La calcinación de los carbonatos se produce en los productos cerámicos generalmente en temperaturas tan altas como 1100°C o más. La oxidación del carbón no requiere temperaturas altas, pero en el interior de una galleta se puede producir solamente si el vecino entrega oxígeno, por ejemplo si se reduce hierro trivalente a hierro bivalente en presencia de carbón. Si sucede esto y el gas CO₂ producido no tiene salida por poros, se agrieta la galleta o se ampolla; lo mismo sucede si se oxidan sulfuros o calcinan carbonatos. De modo que observando las galletas se puede determinar, según los cambios sucedidos en la mineralización, en qué intervalo de temperatura se ha producido uno u otro fenómeno.

LA PERDIDA AL FUEGO DE LA PASTA:

En general, tienen las pastas de serie 2^a mayores pérdidas de agua hasta los 900° que las pastas de serie 1^a. En el intervalo de temperatura arriba de 900°, serie 1^a, tiene mayores pérdidas. Esto se debe a las impurezas: piritas y sideritas. Comprobación: pecas azulosas a 1200°; ampolladuras a 1400°; en M 1, que no se ampolló, aumento de la porosidad de 5,10 a 13,10%. Pérdida de sustancia comprobada con la balanza.

Un caso especial tenemos en M 4. En serie 1^a pierde M 4 muy poca agua, mientras que en serie 2^a la pérdida es normal. Esto no se puede deber a un aumento de la sustancia arcillosa en proporciones tan exorbitantes. Se debe a cambios en las cualidades de la arcilla presente. En M 4 habíamos constatado dos tipos de muestra. Recogiendo las muestras, se procede generalmente desde arriba hacia abajo y normal al buzamiento. Lo último que cayó a la bolsa era lo más cercano al manto de carbón. Esta parte quedó encima. Fue ensayada primero. Incendios son frecuentes en mantos de carbón en Amagá. Así se ensayó primero una arcilla de la cual ya había salido gran parte del agua por haber estado expuesta a temperaturas mayores durante algún tiempo en el mismo manto.

ENSAYOS EN LOS CUERPOS DE PRUEBA:

En el Grupo 1º se hicieron 39 gráficos que ilustran los resultados de los ensayos, procedimiento que teníamos que abandonar más adelante en los grupos restantes, por resultar un trabajo muy voluminoso.

Cambios de volumen: Vea gráfico número 1 para M 1 (y para M 2, M 3, M 4 los gráficos números 5, 9, 13, respectivamente).

- 105- 950°: La contracción volumétrica es porcentualmente algo mayor en este intervalo que la pérdida al fuego. Ambos factores se deben en este intervalo a la salida de H₂O y (OH).
- 950-1200°: En este intervalo disminuye el volumen abruptamente, mientras que la pérdida de sustancia es mínima. Se produce una expansión interna, llenando los poros en parte con cristalizaciones nuevas y vidrio, ambos de mayor volumen, de modo que el peso específico aparente baja y el peso volumen sube. Vea además gráficos 2, 6, 10, 14.
- 1200-1400°: El volumen sigue disminuyendo fuertemente en M 1 y disminuye también en las demás muestras. Se produce la salida de SO₂ y CO₂, nuevo aumento de porosidad y ampolladuras.

Las curvas representadas en este gráfico: cambio de volumen por peso, contracción linear, y pérdida al fuego tienen cursos similares.

El peso específico aparente y el peso volumen:

Los pesos específicos y específicos aparentes tienen sus mayores valores alrededor de 950°, habiendo salido el componente liviano. Pasado 950°, bajan los valores por cambios de cristalización y formación de vidrio.

El peso volumen aumenta levemente entre 650 y 950°, y fuertemente pasada esa última temperatura, baja la porosidad simultáneamente. Entre 1200 y 1400°, la formación de vidrio disminuye paralelamente el peso específico y el peso volumen. La mayor aproximación de ambos pesos ocurre a 1200°.

La porosidad aparente:

a 1200°: Los gráficos 3, 7, 11, 15 confirman que entre las temperaturas tomadas por nosotros en estos ensayos las galletas son menos porosas. Entre 1200 y 1400 se pierde nuevamente esta densidad por los motivos ya nombrados. En esos mismos gráficos se puede ver también la relación entre porosidad total, efectiva, sellada y aparente.

En M 1 se ve que la porosidad aparente (embimbimiento), es menor que la efectiva (calculada); esto indica que la porosidad comunicada es en parte muy fina.

En M 2, 3 y 4, gráficos 7, 11, 15, llama la atención el gran número de poros sellados a mayor temperatura. Son estas las muestras que se ampolllaron fuertemente a 1400°.

Si la selladura de los poros se produjo antes de que había salido de SO₂ y CO₂ se ampolllan los productos.

Para evitarlo, hay dos caminos:

1º Eliminar los causantes, lavando con ácido.

En la práctica, se hará esto:

a) Se expone el material durante algunas semanas y después de triturado (las arcillas pizarrosas son muy duras!) a la intemperie, y si no llueve, se riegan los montones periódicamente. Se procura que les dé el sol.

b) Se enfosa el material que había estado expuesto por semanas a la intemperie por otras semanas en agua acidulada.

2º Demorar más los tiempos de cochura a temperatura baja, porque en estos casos saldrá CO₂ y SO₂ a esas temperaturas bajas, habiendo aún suficiente porosidad.

El procedimiento 2º parece el más caro. Una combinación de ambos sistemas con una moderada prolongación de la cochura a temperatura baja es lo más indicado.

La resistencia a la compresión y la dureza superficial.

950° Durezas superficiales de 2½ y 3; firmezas a la compresión en M 3 y M 4, 144,24 kg/cm² y 127,60 kg/cm². Colores usados claros. Uso alfarería, ladrillos, tejas.

- 1200° Con durezas de 4 y 5, y resistencias a la rotura por compresión de 405 kg/cm² en M 1, y 311,40 kg/cm² en M 4, su uso puede ser: loza sanitaria e industrial. La resistencia a la compresión de M 2 es 185,5 y la de M 3 de 192,32 kg/cm² y la dureza para ambas 4.
- 1400° Es una temperatura bastante alta para cerámica. M 1 tiene 490 kg/cm² y M 4 solamente 184,8 kg/cm² de resistencia; M 4 está fuertemente ampollado. Las durezas de estas dos muestras son 6 y 5½. El color es café por fuera y negro por dentro. En M 2 y M 3 los colores son iguales y las resistencias son de 257,3 y 465,2 kg/cm² y la dureza es de 5½ en ambas. Pero también estas muestras están fuertemente ampolladas.

Entre 1400 y 1600°C se fundieron todos los cuerpos de prueba de las cuatro muestras.

Manto de M 1: Madurando el material y levigando ácido se puede obtener una arcilla cuyas principales impurezas son sílice y feldespato. Es la mejor arcilla del grupo.

Manto de M 2: Contiene halloysita. Halloysita tiene su temperatura crítica en que pueden reventar piezas que se cuecen en el horno. En M 2 esto no sucedió; caolinita admixta.

M 3 y M 4: Trabajando con levigación ácida quedarán las impurezas como sericita en M 3 y carbón en M 4. Sericita puede producir planos de separación en los productos; y el carbón puede producir ampolladuras. Lo último puede ser contrarrestado con quemas prolongadas a baja temperatura. También es posible una separación hidro-mecánica del material, para lo cual se necesitaría trituración muy fina. Se recomienda quemar M 3 no más allá de 1000° y de usar este material para ladrillos de construcción, gres, alfarería.

M 4 puede ser llevado a 1200° teniendo precaución por el carbón o eliminándolo.

OBSERVACIONES GENERALES:

Hasta los 1200° no se ampolla el material de las cuatro muestras, siendo éstas tamizadas o no; arriba de 1200° sí se ampollan las cuatro muestras, siendo tamizadas o no. Las componentes causantes de la ampolladura a mayores temperaturas están en la fracción "menor ¼ mm" y pueden ser separadas por disolución levigando ácido, salvo en M 4 (carbón). Pero a 1200° *no había* ampolladura.

En la Serie 2ª, material menor de $\frac{1}{4}$ mm, parece el mejor producto de alta temperatura de cocido a 1100°C. Colores claros. Contracción moderada. Porosidad aparente baja; por consiguiente, también la permeabilidad para agua baja. Eliminando sulfuros y carbonatos y hierro, levigando ácido y separando carbón y sericita, todas las arcillas son buenas para loza.

GRUPO 2º: "EL LORO" — ANTIOQUIA

Especímenes M 5 a M 10. Numeraciones de campo: El Loro N° 1 - 6.

- M 5: Pizarra arenosa pero laminada. La penetración de soluciones oxidadas siguió en algunos ejemplares la laminación, alterando laminillas pigmentadas de óxido e hidróxido de hierro con laminillas verdosas; en otros ejemplares se produjeron manchones rojos. La fractura es irregular y granulosa.
- M 6: a) Arcilla fuertemente micácea y de buena laminación. El espécimen es blando, se desmorona fácilmente entre los dedos y es de color verde-gris.
Fractura normal a la laminación, dentada.
Fractura en dirección de la laminación, lisa, con micas claras y oscuras (biotitas más o menos meteorizadas) en los planos producidos.
- b) Arcilla *dura*, fuertemente silicificada y con mucho menos mica.
- M 7: Arcilla compacta. Color gris-verde; contiene costrillas blancas y costrillas negras. Los carbonatos del cemento escasos.
- M 8: Arcilla compacta con laminación finísima, posiblemente de presión. Color gris-verde.
- M 9: Arcilla dura de componentes muy pequeños. El pigmento es ocasionalmente hidróxido de hierro en capitas. Colorido general: gris-verde.
- M 10: Arcilla compacta, no-laminada y poco dura. Color gris con manchas rojas ocasionalmente concéntricas. Carbonatos presentes.

LAS IMPUREZAS CONTENIDAS EN LOS ESPECIMENES
DEL GRUPO 2º:

- M 5: Calcedonia en costras, cuarzo, feldespatos alterados, hornblenda, biotitas meteorizadas. En la tamización quedan en las clases entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{20}$ mm costras de calcedonia, costras de limonita, micas alteradas, aglomeraciones de arcilla, restos de una mineralización clara y otra oscura, aparentemente feldespatos y hornblendas. En la clase menor de $\frac{1}{20}$ mm queda arcilla, cuarzo muy fino, micas, y en menor cantidad fragmentaciones varias producidas en la trituración.
- M 6: Calcedonia en costras y de relleno; cuarzo cristalino; micas ocasionalmente grandes; además sericita; sulfuros de hierro; también unos pocos granates pardos y varias componentes fraccionadas negras. M 6 contiene minerales propios al metamorfismo regional.
- M 7: Calcedonia botroidal, costras de limonita, costras negras que pueden ser de wad, hojitas negro-verdosas de clorita. Los minerales de roca como feldespatos, hornblendas, micas en cantidades secundarias.
- M 8: Calcedonia y cuarzo en todas las clases, a menudo teñidos en variados colores, piritas pequeñas pero abundantes; biotitas meteorizadas y fragmentos de componentes negros son escasos.
- M 9: Cuarzo y calcedonia en todas las clases de tamaño. Las micas aparecen solamente en la fracción menor de $\frac{1}{4}$ mm. Como sustancias raras tenemos algo de fluorita y andalusita. En el cemento hay carbonatos.
- M 10: Calcedonia y cuarzo. Carbonatos presentes. Hay algunas piritas y pirotinias.

Nota: En M 5 y M 6 debe estar presente además siderita, posiblemente en forma microgranular mezclada con arcilla, como se verá más adelante. La efervescencia se nota solamente en caliente.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE EN EL GRUPO 2º:

Se hicieron las siguientes curvas termo-diferenciales:

- DT 4: de M 5, M 6, M 7, M 8, M 9, M 10, con material presecado a 105°C ; y de estos M 5, M 6, M 7, M 8 sin tamizar; M 9

tamizado, menor malla 60; y M 10 tamizado, menor malla 270. Sensibilidad para todos, 10%.

DT 5: de M 5, M 6, M 7 y repetido M 7 (por canal desviado). Todos con material pretratado con HCl y presecado a 40°C; M 5 y M 6, sensibilidad 10%; M 7, sensibilidad 5%. Tamaños, decantación lavado.

DT 6: de M 8, M 9, M 10, y repetido M 10. Material pretratado con HCl y presecado a 40°C. M 8 y M 9, sensibilidad 10%; M 10, sensibilidad 5%. Tamaños, decantación, lavado.

En la lista que viene a continuación están recopilados los datos de DT 5 y DT 6; además, están indicadas las amplitudes relativas, reducidas todas a

SENSIBILIDAD DE 5% Y EXPRESADAS EN mm.

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES DT 5 Y DT 6

Muestra	Inicia	Culmina	Termina	Extensión en grados	Amplitud 5% en mm.	Observaciones
M 5 ...	85	115	150	65	2,5	Agua absorbida int.
	287	305	326	39	2,5	Endot. Limonita
	500	593	625	125	23	Endot. Ppl. arcilla
	900	963	993	93	6	Exot. Ppl. arcilla
M 6 ...	50	115	160	110	1,5	Agua absorbida int.
	287	303	326	39	1	Endot. Limonita
	500	592	625	125	15	Endot. Ppl. arcilla
	900	962	993	93	4	Exot. Ppl. arcilla
M 7 ...	87	115	150	63	1,5	Agua absorbida int.
	500	591	625	125	16	Endot. Ppl. arcilla
	925	962	993	69	4	Exot. Ppl. arcilla
M 8 ...	80	150	184	104	1	Agua absorbida int.
	350	...	500	150	2,5	Exot. oxidación imp.
	500	594	637	137	18	Endot. Ppl. arcilla
	931	968	994	63	4	Exot. Ppl. arcilla
M 9 ...	80	150	184	104	1	Agua absorbida int.
	350	...	500	150	2,5	Exot. oxidación imp.
	500	594	637	137	15	Endot. Ppl. arcilla
	931	968	994	63	3,5	Exot. Ppl. arcilla
M 10 ..	500	598	637	137	25	Endot. Ppl. arcilla
	931	966	994	63	6	Exot. Ppl. arcilla

En DT 4 no existen efectos *endotérmicos* iniciales por agua absorbida “interlayer” (entrepuesto entre las capas). Secado a 105°.

En DT 5 y DT 6 tienen en cambio todas las arcillas, exceptuando M 10, este efecto. Secado a 40°C.

Puede suponerse que todas estas arcillas tienen un poco de halloysita admixta. Halloysita pierde su capacidad de reabsorber esta agua tras un calentamiento mayor a 60°C.

El efecto que culmina a 300° aproximadamente se encuentra en DT 4 en todas las arcillas, salvo M 8; en DT 5, en cambio, solamente en M 5 y M 6.

En DT 5 se trató la arcilla durante 24 horas con HCl al 10%. La limonita fue disuelta y desapareció en el lavado. En M 5 y M 6 se formó por este trato con HCl nuevamente limonita, tras la descomposición de siderita. El efecto endotérmico a 300° en DT 4 pertenece a limonita de los especímenes; el efecto en DT 5 en las muestras M 5 y M 6 a limonita regenerada desde componentes férricos.

El curso general de las seis curvas es el de una caolinita con adiciones de halloysita. La cristalinidad es moderadamente buena. La distribución de tamaños es algo mayor en M 8, M 9, M 10, que en M 5, M 6, M 7, cuya selección es algo mejor.

Participación de la sustancia arcillosa en los especímenes.

Los especímenes del grupo 2º contienen más y más variadas impurezas que los del grupo 1º. El cálculo de la participación del componente arcilla es por esto en este caso especialmente difícil. Nos valemos por esto de la granulometría.

Granulometría — tamizado y lavado.

Ahí restaban para <i>arcilla</i> :	M 5	...	...	...	27,53%
	M 6	...	...	...	30,60%
	M 7	...	...	...	23,16%
	M 8	...	...	...	23,61%
	M 9	...	...	...	24,90%
	M 10	...	...	...	32,70%

Los valores del “lavado tamizado” dan un poco más del puro contenido de arcilla.

LA PASTA:

Los especímenes del grupo 2º eran duros en general y debieron ser pulverizados mecánicamente. Se usó material menor malla 60 = 1/4 mm para las pastas. El material eliminado por tamizadura contenía, aparte de componentes "gruesas" monocristalinas, fragmentos de costras de calcedonia, ópalo, limonita, aglomeraciones de arcilla mezcladas con impurezas finas.

El material menor de 1/4 mm representa una concentración relativa de arcilla, pero contiene también las mismas impurezas en menor proporción. Que subió el contenido de arcilla lo prueba el monto de agua de contracción, que refleja directamente el contenido de arcilla. Para ello se debe tomar en cuenta la clase de arcilla presente, que conocemos de los gráficos termo-diferenciales.

Las pruebas de plasticidad dan resultados semejantes a los del grupo 1º. El Índice de Rieke debajo de 10, los largos extruídos Mayores de 8". Es decir: arcillas aceptables, pero debe tenerse cuidado en la secadura. No había agrietamiento en la *secadura*. *Las contracciones en la secadura* son normales, pero generalmente un poco mayor que en el grupo anterior.

RECOPIACION DE ALGUNOS DATOS DE COCHURA
PARA 1000° Y 1200°

1000°	Tacto	Color	Firmeza kg/cm ²	*D	Fractura	Porosidad aparente	Peso vol.	Peso esp. aparente	Con- tracción
M 5	liso	rosado claro	137	4	granular	31,61%	1,83	2,74	6,42%
M 6	liso	rosado claro	191	4	angular a astillosa	25,16%	2,01	2,73	4,70%
M 7	liso	rosado claro	165	2½	angular a astillosa	31,92%	1,87	2,76	3,20%
M 8	liso	rosado claro	123	3	angular	29,90%	1,77	2,49	3,30%
M 9	liso	rosado claro	204	5	granular	32,07%	1,82	2,72	1,83%
M 10	liso	rosado claro	102	4	granular	32,85%	1,82	2,36	2,56%
1200°									
M 5	algo áspero	gris pardo claro	172	6	angular	10,—%	2,32	2,54	10,50%
M 6	algo áspero	gris pardo claro	138	4	astillosa	7,15%	2,38	2,53	8,50%
M 7	algo áspero	pardo (*)	(*)	6	angular	11,59%	2,35	2,62	8,60%
M 8	algo áspero	bleo. amarillento	185	4	angular	18,88%	2,09	2,56	5,20%
M 9	algo áspero	pardo claro	137,5	5½	angular	15,02%	2,19	2,55	7,10%
M 10	algo áspero	pardo claro	135,7	5	angular	11,75%	2,30	2,62	8,30%

(*) M 7 tiene a 1400°C una firmeza de compresión 303 kg/cm² y es con este valor la muestra de mayor firmeza de este grupo a 1400° pero para 1200° falta la prueba.

- 1000°: Las seis arcillas sirven igual como las del grupo 1° a esta temperatura de cochura para ladrillos de construcción, pequeñas tejas y artículos de alfarería.
- 1200°: A esta temperatura debe destacarse solamente M 8 porque quema bastante clara y tiene una resistencia suficiente para artículos de loza; y en la cerámica vitrificada para artículos de gres cerámico, por ejemplo: baldosas, tubos de gres para canalización, artículos industriales químicos y de economía doméstica; y levigando: como gres fino.

Como esta materia prima tiene mucha impureza, será lo más indicado de usar las seis arcillas a 900 a 1000°. A mayor temperatura no ganan mucho en resistencia.

GRUPO 3º: EL GUAYABAL

Muestras	M 11	M 71	M 78.
Tipo de arcilla	Plástica	Plástica	Plástica (barro).
Color	Pardo	Gris-amarillento	Café.
Dureza mineralógica. 1	1	1	1.
Sectilidad	Corte liso toda dirección	Corte liso toda dirección	Corte liso toda dirección.
Fractura en la muestra secada	Terrosa	Irregular	Terrosa.
Prueba de carbonatos	Negativa	Negativa	Negativa.
Impurezas:			
Cuarzo libre	No muy abundante; algunas partículas gruesas de origen coloidal; generalmente grano fino	En todas las fracciones (tamizadura) especialmente abundante en residuo malla 170.	Especialmente en residuo de malla N° 170.
Feldespatos	Restos alterados	Restos alterados	Restos alterados.
Micas	En la fracción fina, pero no muy abundante	Prácticamente ausente.	Prácticamente ausente.
Minerales de hierro	Pigmentoso, ocre. Restos de laterita	Semejante a M 11	Semejante a M 11.
Restos vegetales y carbón	Escasos	Frecuentes	Presentes.
Carbonatos	Prácticamente ausente en las tres muestras.		
Sulfuros de hierro	Prácticamente ausente en las tres muestras.		

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

Se hicieron dos series de análisis termo-diferenciales: DT 7 y DT 8.

Para tener en lo posible pura arcilla presente en el examen termo-diferencial, se hicieron ambas series con arcilla decantada.

DT 7 se secó a 105°C; M 11 y M 71 con 10% de sensibilidad; M 71 repetida a 5% de sensibilidad; M 78 también 5% de sensibilidad.

DT 8 se secó a 40°C y se pretrataron las muestras con HCl. Las sensibilidades son las mismas de DT 7; M 11 y M 71 con 10%, mientras que los canales 3 y 4 que estaban ocupados esta vez por M 78, tenían ambas veces 5%. (Canal 3 desviado).

Puede observarse que en DT 8 todos los efectos se inician algo más temprano que en DT 7.

LAS CURVAS DT 8:

CURVAS TERMO-DIFERENCIALES

Muestra	Inicia	Culmina	Termina	Extensión en grados	Amplitud 5% en milímetros	Observaciones
M 11 . . .	110	—	225	115	2 mm	Endot. inicial (agua).
	225	—	330	105	1,5 mm	Endot. limonita.
	400	—	500	100	1,5 mm	Exot. oxidación impur.
	500	591	610	110	20 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	870	935	962	92	6 mm	Exot. Ppl. arcilla.
M 71 . . .	110	200	250	140	1 mm	Endot. inicial (agua).
	300	—	500	200	1,5 mm	Exot. oxidación impur.
	500	574	610	110	7 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	860	891	943	83	2 mm	Exot. Ppl. arcilla.
M 78 . . .	0	—	150	150	1,5 mm	Combust. raicillas.
	300	—	500	200	1,5 mm	Exot. oxidación impur.
	500	579	610	110	10 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	870	910	943	73	2 mm	Exot. Ppl. arcilla.

Nota: La oxidación de impurezas se puede deber a carbón y la limonita recién deshidratada, por ejemplo, en M 11.

Los efectos *endotérmicos principales* son en M 11 de buena amplitud, relativamente agudos y culminan próximos a 600°; la amplitud de estos mismos efectos es en M 71 y M 78 menor y los efectos son menos agudos.

Los efectos *exotérmicos principales* son en *M 11* buenos y agudos; en *M 71* y *M 78* pequeños y aplanados. La culminación de estos mismos efectos se produce en *M 11* a una temperatura más baja de lo que sucede normalmente en caolinitas; y esta situación empeora aún en *M 71* y *M 78*.

Todas las muestras acusan: agua absorbida entre sus capas y que sale a baja temperatura. Este efecto es en todas las muestras débil. Todas las muestras acusan presencia de materia oxidante entre 400 y 500°; y *M 11* además deshidratación de limonita.

M 11 es una caolinita de una cristalinidad moderadamente buena; los tamaños de sus cristales parecen estar entre 0,1 y 0,2 micrones, a juzgar por los efectos térmicos. La distribución de tamaños es regular. Aparentemente caolinización *in situ*.

M 71 y *M 78* también son caolinitas pero de baja cristalinidad y de tamaños pequeños. Los efectos tan anticipados en la exoterma *ppl.* y la forma de la endoterma inducen a creer que *illitas* están admixtas. Los tamaños de los componentes de la sustancia arcillosa son a juzgar de los efectos térmicos para la caolinita 0,1 a 0,05 micrones; puede ser que esta caolinita haya tenido un transporte con redepositación, sufriendo los cristallitos fraccionamiento.

El análisis de granulometría se pudo hacer para *M 11* aun según el método de tamizado-lavado. Según este análisis, había 36,65% de componentes finos, arcillas, pigmentos de hidróxidos de hierro, sílice tamaño silt, etc.

LA PASTA:

De *M 11* se hicieron dos pastas, de las cuales ninguna es normal.

M 11 A: Se hizo con demasiada agua; *M 11 B* con un mínimo de agua. A pesar de todo, este mínimo de agua de la pasta *M 11 B* requirió más agua para una moderada plasticidad que *M 71* y *M 78* para una plasticidad grande respectivamente excesiva.

La gran capacidad higroscópica puede interpretarse en arcillas como índice de un tamaño de componentes pequeños cuando está acompañado por una gran moldeabilidad y una fuerte contracción en la secadura.

Comparemos estos tres factores en las tres arcillas.

Muestra	Pérdida de agua en la secadura	Contracción linear en la secadura	Largo extruído en cm.
(M 11 A)	(72,52)	(17,60)	(14,90 cm) (*)
M 11 B	49,82%	11,78%	11,50 cm
M 71	29,48%	9 %	69 cm
M 78	40,57%	11,19%	150 cm

(*) M 11 A: Un exceso de agua no mejoró la plasticidad más que moderadamente.

Confrontemos estos datos con los correspondientes para dos dioritas descompuestas:

M 37	41,61%	3,09%	6,80 cm
M 38	45,71%	3,20%	7 cm

Estudiando estos datos podemos decir que M 11 es una arcilla que contiene aún una buena porción de roca descompuesta de tamaño pequeño, mezclada a la sustancia arcillosa. Lo que reacciona en el aparato termo-diferencial es la arcilla, y lo hace en M 11 en la forma y en las temperaturas propias de una caolinita de cristalización pequeña, pero buena. Todo esto concuerda con la suposición de que M 11 está aún *in situ*.

M 71 y M 78 las hemos considerado arcillas transportadas y deterioradas en transporte. A ambas se les agregó en el transporte arena en tamaño silt, y una segunda clase de arcilla, que es mucho más plástica, illita.

La *Plasticidad* muestra, según los largos extruídos, valores excesivos. Según Rieke, da: M 71, un índice de 6,31 es decir a pesar de su gran largo extruído de 69 cm, un valor por debajo de 10; y M 78, un índice de 11,58, es decir, superior a 10.

Evidentemente, conviene magrar las arcillas según su aplicación, por ejemplo para tejas con harina de desperdicios de ladrillos; para ladrillos de construcción con arena lavada y harina de ladrillos.

Se trata aquí de arcillas de ladrilleras, y debemos ocuparnos especialmente de la secadura del producto verde.

LA SECADURA:

Muestra	Contracción linear en la secadura	Contracción linear en la coadura a 1000°
M 11 A	17,60%	3,20%
M 11 B	11,78%	4,10%
M 71	9 %	2,59%
M 78	11,19%	3,03%

La contracción lineal en la secadura y en la cochura se refieren ambos al largo de la muestra secada a 105°C, medida a temperatura de medio ambiente.

Estas arcillas se contraen mucho más en la secadura que después en la cochura. La contracción en la *secadura* está relacionada directamente con la cantidad de agua empleada en la confección de la pasta, pero no es exactamente proporcional a ella. Conviene reducir la cantidad de agua.

Hoy en día se trabaja en la industria ladrillera con prensas al vacío. El vacío reduce el agua necesaria para una pasta de ladrillos a 15-25%, de modo que en estas arcillas bastaría la humedad natural.

Además, se nota una moldeabilidad mayor y necesidad de menos agua aún, empleando mayores presiones en el prensado.

El proceso mismo de secadura difiere mucho en la práctica del trato que le hemos dado al producto en el laboratorio. Hemos secado al aire libre y 24 horas en un secador de laboratorio, con aire prácticamente seco.

Los secadores técnicos de los tejares emplean aire moderadamente cálido y húmedo, así que se carga paulatinamente con el agua que se desprende de la superficie del ladrillo. Dentro del ladrillo afluye por las capilares el agua muy lentamente a la superficie.

El caso en que la ladrillera no dispone de secadores con regulación de aire por minuto y con control de humedad, *obliga a secar al aire libre en galpones techados*. En este caso se debe disponer de espacio y tiempo. El proceso sería el siguiente:

Que tenga la arcilla 75% de peso de arcilla y 25% de peso de agua, lo que equivale a 55% de volumen de arcilla y 45% de volumen de agua. *En las primeras 12 horas al aire libre saldrá el agua de los intersticios de las partículas, y el balance final de estas 12 horas será:*

55% vol. de arcilla; 39% vol. de agua; 6% volumen de contracción. (= 2% vol. linear).

Después de más o menos 2½ días, habrá salido el agua que envuelve las partículas mismas, y el balance será:

55% vol. de arcilla; 12% vol. de agua; 22% vol. contracción; 12% vol. de poros. (7-8% contracción linear).

Después de 5½ a 6 días en total, el balance será:

55% vol. de arcilla; 0% vol. de agua; 22% vol. contracción; 23% vol. de poros. (7-8% contracción linear).

Naturalmente, no era posible seguir este método con 84 muestras en total, si el proceso de cochura subsiguiente necesitaba más o menos una semana por muestra. Pero también así nuestras muestras no se agrietaron, a pesar del largo de extrusión excesivo. La práctica moderna de los tejares trabaja en forma más favorable que nuestras condiciones en el laboratorio, y menos se agrietarán.

LA COCHURA:

RECOPIACION DE DATOS DE COCHURA A 900° Y A 1000°:

Muestra	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	Color	Dureza min. °D	Tacto	Peso vol.	Contracción lineal
900°							
M 11 A . . .	49 %	94,30	rosado	2½	algo áspero	1,45	2,60%
M 71	32,65%	194,96	ladrillo claro	6	liso	1,82	1,07%
M 78	35,75%	178	ladrillo	2½	liso	1,67	1,80%
1000°							
M 11 A . . .	47,50%	67	rosado	4	algo áspero	1,45	3,20%
M 71	28,50%	167,40	ladrillo claro	8	liso	1,90	2,59%
M 78	34,33%	127,10	ladrillo	3½	liso	1,75	3,03%

USO: Ladrillo de construcción: M 11, M 71 y M 78.

Tejas: M 71, magrando con harina de ladrillo bien cocido, para más bien bajar que no aumentar la porosidad, y mantener dureza y firmeza.

GRUPO 4º: ANGELOPOLIS

Los especímenes: M 12, M 13, M 14, M 15, con la numeración de campo: BTU 1, BTU 2, BTU 3, BTU 4

Indicaciones de campo:

M 12 — BTU 1 . . . 11,80 m de espesor, situado entre vetas 1 y 2.

M 13 — BTU 2 . . . 3 m de espesor, situado sobre la veta 1.

M 14 — BTU 3 . . . 3 m de espesor, situado entre vetas 2 y 3. San Pedro.

M 15 — BTU 4 . . . no lleva más indicación que "San Pedro".

MINERALIZACION DE LOS ESPECIMENES:

Muestra	Abundante	Frecuente	Presente	Escaso
M 12	Arcilla, cuarzo libre.	Biotita, clorita, herrumbre, arena feldespática.	Piritas, sustancia carbonosa.	Calcita en el cemento; siderita, fibras de broncita?
M 13	Arcilla, biotita, clorita, cuarzo libre también en la fracción fina.	Arena feldespática, herrumbre, sustancia carbonosa.	Magnetita, piritas, espinclas.	Calcita, siderita.
M 14	Arcilla, biotita, cuarzo, también en la fracción más fina.	Arenas feldespáticas, herrumbre, sustancia carbonosa.	Cloritas, piritas, también de tamaño grande. Magnetita.	Calcita en el cemento, siderita.
M 15	Arcillas, arenas feldespáticas.	Cuarzo. Calcedonia.	Carbón y mineral de hierro.	

Nota: En el cemento hay carbonatos y éstos deben haber sido mucho más abundantes originalmente. Apparently penetraron aguas acidulas en estos mantos. Se encuentran cristales de arena en M 13, que muestran formas de escaledros típicos para calcita. El relleno de los cristales es arena feldespática con pequitas negras.

Además, se pueden observar reemplazos en M 12 y M 14. En M 14 fueron reemplazadas piritas, pero también hay aún piritas grandes intactas.

LA ARCILLA PRESENTA:

DT 9 materiales naturales sin tamizar. Sensibilidad 10%. Curva comparativa M 11 del grupo 3º. Presecado a 105°C.

DT 10 material menor malla 230. Tratado con HCl y presecado a 40°; sensibilidad 10% en M 12 y M 13; sensibilidad 5% en M 14 y M 15.

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES DT 10

DT 10 Muestra	Inicia	Culmina	Termina	Extensión en grados	Amplitud 5% en milímetros	Observaciones
M 12	100	—	400	300	2,5 mm	Agua, limonita y finalmente goetita.
	500	593	650	150	17 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	934	967	995	61	4,5 mm	Exot. Ppl. arcilla.
M 13	300	—	500	200	2 mm	Exot. impurezas.
	500	593	650	135	10 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	934	969	1000	66	3,5 mm	Exot. Ppl. arcilla.
M 14	300	—	500	200	6 mm	Exot. impurezas.
	500	593	635	150	15 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	940	966	988	48	4,5 mm	Exot. Ppl. arcilla.
M 15	500	593	635	135	16 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	940	966	988	48	3 mm	Exot. Ppl. arcilla.
M 14	ocupa el canal que se desvía.					

Las curvas termo-diferenciales de las cuatro muestras tienen las características de caolinitas. Tanto en las curvas DT 9 como en las DT 10 influyen impurezas. M 13 y M 14 muestran en DT 10 (trato con HCl, secado a 40°) fuertes efectos exotérmicos de oxidación entre 300 y 500°; en ambas muestras la sustancia carbonosa es frecuente.

La participación porcentual de arcilla en las muestras:

Muestra	Arcillas + pigmentos y sílice (silt)	Estimativo arcilla sola
M 12	34 %	30 % arcilla
M 13	27,47%	25 % arcilla
M 14	29,50%	27 % arcilla
M 15	31,50%	28,5% arcilla

LA PASTA:

Se usó material menor malla 60 = 1/4 mm. Se necesitó alrededor de 20% de agua de plasticidad en estas muestras, de la cual era 50% en término medio agua de contracción, y la otra mitad agua de poros. Se alcanzó con poca agua una plasticidad suficiente.

Según los largos extruidos, M 12, M 13, M 14 y M 15 son "arcillas aptas para tejas huecas". El peso volumen de la muestra secada es relativamente alto; en todas las muestras mayor de 2.

RECOPIACION DE ALGUNOS DATOS DE COCHURA PARA TEMPERATURAS
DE 1000 Y 1200°

Cochura	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Color	Tacto	Peso vol.	Contracción lineal
1000°							
M 12	33,32%	96,30	6	rosado-claro	Liso	1,87	0,75%
M 13	31,29%	84,70	5	rosado-claro	Liso	1,86	0,28%
M 14	35,61%	88,50	5	rosado-pardo	Liso	1,83	0,90%
M 15	30,43%	107,20	5	rosado	Liso	1,92	2,06%
1200°							
M 12	3,87%	430	6	rosado-claro	poco áspero	2,23	7,30%
M 13	12,51%	317	6	pardo-claro	poco áspero	2,26	6,90%
M 14	15,16%	(*)	7	pardo-rojizo	poco áspero	2,26	7,44%
M 15	14,20%	194,30	6	pardo-amarillo	poco áspero	2,25	6,30%

N o t a

1000° Los cubos de M 13, M 14, M 15 estaban en el interior descoloridos, amarillo claro.

1200° Los cubos de M 13 y M 14 tenían concreciones interiormente; en M 14 se formaron escorias en el cubo de 5 cm × 5 cm × 5 cm que sobrepasaban la cara del cubo en un lado por 3 cm. Pero otro cubo fue llevado a 1400° y quemó bien interior y exteriormente. Esa arcilla tiene concreciones de carbonatos que ocasionalmente resultan molestos. M 15 estaba interior y exteriormente bien cocido.

(*) M 14. No había cubo para la prueba de firmeza a la compresión por los incidentes descritos. Pero a 1400° este material alcanzó una firmeza a la compresión de 477 kg/cm². El valor de M 14 a 1200° debe ser parecido al de M 13. Si se libra este material de los carbonatos por levigación ácida, se eliminará el peligro de la escoria. Las piritas grandes pueden ser eliminadas por lavado, y las finas levigando ácido. El efecto también puede deberse a las piritas.

Uso: Las cuatro Arcillas pueden ser usadas:

- a 1000° Para alfarería, ladrillos y tejas;
- a 1200° Loza sanitaria e industrial. M 13, y especialmente M 14, que ambas queman interiormente negras, necesitan preparación, como ya se ha mencionado. Un uso arriba de 1200° no se recomienda.

GRUPO 5º: LA UNION

LOS ESPECIMENES:

El grupo consta de los especímenes M 16 a M 21. Todas estas muestras son blandas, terrosas, desmoronables; el blanco puede variar un poco de blanco grisáceo a blanco amarillento.

M 16: *58½% del espécimen eran mayores de ¼ mm (residuo malla 60); y constaban esencialmente de pelotoncitos aglomerados de arcilla blanca, cuarzo libre y un mineral hojoso de color parduzco claro, frecuentemente nacrado en la base. El mineral hojoso se encuentra también en librillos y unido a ópalo o calcedonia.*

41½% del espécimen eran menor de ¼ mm, y constaban de los mismos componentes, pero en otras proporciones. La sílice libre de esta fracción está frecuentemente en forma de agujas, astillas, esquirlas, trocitos irregulares, fragmentados. Recuerda a cenizas volcánicas.

M 17: Contiene menos del mineral hojoso que tenía M 16. Por lo general son las impurezas las mismas; también los pigmentos de hidróxido de hierro en capitas finas y manchones. También sílice en fracción fina como M 16.

M 18: A simple vista está ausente el mineral hojoso. La muestra contiene fragmentos vegetales y de carbón. En lo demás son las impurezas las mismas de las muestras anteriores.

M 19: No se ve el componente hojoso a simple vista. Los componentes claros y transparentes pequeños son evidentemente elásticos, pero los grandes parecen subredondeados. Se ven cristales botroidales de calcedonia y agrega-

dos de gibbsita que a menudo adoptan esas mismas formas.

- M 20: También falta el mineral escamoso grueso. Como en las demás muestras, hay manchoncitos o capitas de hidróxido de hierro. Con el microscopio se distinguen escamitas, posiblemente diasporo. Se puede comprobar la presencia de carbonatos en pequeña cantidad.
- M 21: Esta muestra tiene una pequeña cantidad de carbonatos. En las partes blancas grisáceas a cremosas de la muestra se distinguen unas pequitas negras que meteorizan rojo amarillento y manchan un poco la arcilla.

Nota: Salvo el mineral escamoso grueso, no hay en las seis muestras un solo mineral mayor de $\frac{1}{4}$ mm de diámetro; pues los pelotoncitos de arcilla que aglomeran arenas, pueden ser deshechos fácilmente lavando.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

Se hicieron las siguientes curvas termo-diferenciales:

- DT 11: *Curvas de las seis muestras*, tamizadas a 1/16 mm, secadas a 105°C y tomadas con una sensibilidad de 10%, más una curva de M 21 en duplicado, con sensibilidad 5%.
- DT 12: Curvas termo-diferenciales de M 16 y M 17; material tamaño decantación; tratado con HCl; presecado a 40°C; sensibilidad 5%.
- DT 13: Curvas termo-diferenciales de M 18 y M 19; material tamaño decantación; tratado con HCl; presecado a 40°C; sensibilidad 5%.
- DT 14: Curvas termo-diferenciales de M 20 y M 21; material tamaño decantación; tratado con HCl; presecado a 40°C; sensibilidad 5%.
- DT 15: Curvas termo-diferenciales del material hojoso contenido en los especímenes de La Unión; escogido de M 16 y M 18; tamaño natural; presecado a 105°C; sensibilidad 10%.

Nota: En el material usado para DT 12, DT 13, DT 14 están eliminados por decantación los componentes gruesos del material hojoso.

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES DT 12, DT 13, DT 14.

	Cul- Inicia	Ter- mina	Extensión en grados	Amplitud 5% en mm	O b s e r v a c i o n e s	
					Forma de la curva	
DT 12						
M 16	540 950	600 981	640 1000	100 50	25 mm 11 mm	Endot. Ppl. arcilla / simétrica semi-aguda. Exot. Ppl. arcilla / simétrica semi-aguda.
M 17						
	285	—	328	43	1 mm	Endot. Exot. impurezas.
	540	598	640	100	28 mm	Endot. Ppl. arcilla / simétrica semi-aguda.
	950	987	1000	50	15 mm	Exot. Ppl. arcilla / simétrica aguda.
DT 13						
M 18						
	100	—	120	20	1 mm	Endot. Inicial, Agua.
	400	—	500	100	2 mm	Exot. Carbón.
	530	597	630	100	23 mm	Endot. Ppl. arcilla / simétrica semi-aguda.
	940	975	1010	70	8 mm	Exot. Ppl. arcilla / simétrica algo redonda.
M 19						
	20	—	100	80	3 mm	Exot. sust. orgánica.
	100	—	150	50	2 mm	Endot. Inicial, Agua.
	280	305	330	50	20 mm	Endot. Gibbsita.
	500	591	607	107	22 mm	Endot. Ppl. arcilla / asimétrica, redondeada.
	965	990	1008	43	12 mm	Exot. Ppl. arcilla / asimétrica, aguda.
DT 14						
M 20						
	515	605	618	103	30 mm	Endot. Ppl. arcilla / asimétrica, semi-aguda.
	960	992	1010	50	20 mm	Exot. Ppl. arcilla / simétrica, aguda.
M 21						
	485	597	615	130	28 mm	Endot. Ppl. arcilla / asimétrica, semi-aguda.
	960	989	1010	50	26 mm	Exot. Ppl. arcilla / simétrica, aguda.

Nota: M 16, M 17 y M 18 son caolinitas, distribución de tamaños normal, cristalización normal. M 19, M 20 y M 21 son arcillas mixtas, caolinita con halloysita. M 19 contiene gibbsita. En M 19, M 20 y M 21 se inician las curvas endotérmicas muy temprano. Vea al respecto DT 15 con el mineral hojoso. Este está en forma muy fina contenida en estas muestras. Estas últimas 3 muestras tienen también amplia distribución de tamaños. El mineral hojoso contiene ópalo y diasporo.

A estos resultados a que llegamos ahora tan fácilmente con el análisis termodiferencial también habíamos llegado anteriormente.

La clase de arcilla presente en la muestra y su participación porcentual en el espécimen la controlábamos con la pérdida al fuego a 900°, los análisis químicos y ópticos, y el peso específico a diferentes temperaturas, que cambia con el cambio de mineralización en la cochura.

Así hemos obtenido valores de hasta poco más de 40% de sustancia arcillosa para los especímenes de este grupo. Los valores parecen muy altos. M 19 acusó el mayor contenido de arcilla; es la muestra más hidratada. Contiene halloysita, y el hidróxido de aluminio también en su forma más hidratada, como gibbsita. La composición e hidratación de un manto sedimentario será siempre variable.

LA PASTA

M 16 se hizo con una pasta sin tamizar, y luego otra.

M 16A con el material menor de malla 60 = 1/4 mm, eliminando lo más grueso del mineral hojoso.

Las dos pastas eran de baja calidad. Los largos de extrusión dieron valores buenos 17 cm y 24 cm. A pesar de esto, no sirvieron

las pastas. Quedó evidenciado que el componente hojoso no se aglomera; secando la pasta, pierde toda coherencia. En la cochura no fraguan estas escamas con la arcilla y demás componentes; queda un cuerpo extraño dentro de la pasta y le resta firmeza.

Hemos examinado ese cuerpo escamoso que contiene diasporo y hemos obtenido *las curvas DT 15*. Ese material tiene sus efectos endotérmicos próximos a los de la caolinita, pero sus formas son redondeadas y acusan una amplia distribución de tamaños. Diasporo tiene su culminación a los 560, la caolinita a 600 y nuestras curvas la tienen a 580. Diasporo no tiene ningún efecto exotérmico, y nuestras curvas lo tienen a 960 a 970 e igualmente en forma redondeada. Aparte de diasporo, reacciona aquí una caolinita mal cristalizada.

M 17 se hizo igualmente con material menor de $\frac{1}{4}$ mm y con resultados parecidos. Falta de coherencia, a pesar de buenos largos extruídos. El agua envuelve las escamas y éstas se adhieren, pero solamente mientras que están en contacto con agua dan efectos plásticos. Una vez secada la pasta, se desmorona fácilmente.

M 17A se hizo con una pasta menor de malla 200. En esta pasta ya existe una mejor relación de agua de contracción a agua de poros, indicando que ya no hay participación tan grande de sustancias no arcillosas, que al secar dejan intersticios vacíos.

Desde 17A en adelante, en M 18, M 19, M 20 y M 21 se hizo la pasta con material menor malla 200. En M 20 y M 21 aumentan las impurezas por sílice libre.

LA COCHURA

De las M 16, M 16A, M 17 (sin tamizar, respectivamente malla 60).

	Porosidad aparente	Contracción lineal	Peso vol.	Peso esp. aparente	Observaciones
900°					
M 16	44,08	0,01	—	2,40	Dureza, uno; Firmeza aprox. 3 kg/cm ² ; desmoronable. Color blanco plateado.
M 16A	56,04	+0,83	1,07	2,43	Más o menos lo mismo. (M 16).
M 17	50,70	0,71	1,20	2,48	Dureza, 1; Firmeza 11 kg/cm ² ; color blanco, desmoronable.

El estado a 1000° de estas tres pastas no es muy diferente. Aún destiñen al tocarlas.

	Porosidad aparente	Contracción lineal	Peso vol.	Peso esp. aparente	Observaciones
1400°					
M 16	40,02	3,14	1,47	—	Firmeza, casi 7 kg/cm ² .
M 16A	51,12	6,60	1,34	2,45	Firmeza, 44,10 kg/cm ² .
1350°					
M 17	47,10	2,90	1,31	2,46	Firmeza, 25 kg/cm ² .

De estos ensayos se desprende que la separación de impurezas hasta solamente $\frac{1}{4}$ mm de diámetro es insuficiente.

Muestras M 17A, M 18, M 19, M 20 y M 21 tamizadas a menor malla N° 200 = 0,075 mm.

Escogeremos las temperaturas 1100° y 1350°.

	Porosidad aparente	Contracción lineal	Peso vol.	Peso esp. aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Color	Tacto
1100°								
M 17A	54,60	3,10	1,14	2,51	24,33	1	blanco	destiñe
M 18	49	4,40	1,26	2,48	—	1	blanco	destiñe
M 19	43	3,70	1,55	2,78	82,33	2½	blanco	liso
M 20	46,42	3,90	1,40	2,63	32	1½	blanco	liso
M 21	44,65	4,50	1,47	2,63	—	2½	blanco	liso (agrietado)
1350°								
M 17A	47,21	8,45	1,41	2,66	59,70	1	blanco	liso
M 18	41,79	9	1,60	—	93,66	1½	blanco	poco áspero
M 19	20,33	9,40	1,96	—	—	3	blanco	poco áspero
M 20	35,63	9,20	1,76	2,72	100	5	blanco	liso
M 21	27,76	10,25	1,92	—	—	6	blanco	liso

Para producir porcelana de este material debe ser purificado mucho, aun la materia prima, levigándola cuidadosamente. Una porcelana debe tener una porosidad muy baja (0,01 a máximo 6% de poros sellados, pero 0% de poros comunicados; la porosidad aparente es porosidad comunicada).

Esta gran densidad se obtiene con adiciones de feldespato (generalmente potásico) que produce masas que funden fácil. Porcelana dura se fabrica generalmente con 50% de caolín, 25% de cuarzo y 25% de feldespato. Se considera densa una porcelana solamente si absorbe menos de 0,1% de agua. La porcelana es transparente, blanca y dura.

Según las adiciones, se pueden confeccionar diferentes porcelanas: porcelana dura, porcelana blanda, porcelana fritada, porcelana de hueso, porcelana japonesa, etc.; pero primera condición es producir un caolín puro, y segunda condición agregarle las adiciones requeridas en el porcentaje necesario.

Nosotros hemos establecido que se trata en M 16, M 17 y M 18, en lo esencial, de caolinita pura en cuanto a la sustancia arcillosa

se refiera, que este material contiene además 1 a 1,5% de hidróxido de hierro, unos 10 a 12% de diásporo; 1,5% de carbonatos; unos 40% de sílice y feldespato; y que los M 19, M 20 y M 21 contienen parte de su sustancia arcillosa en forma de halloysita, y el hidróxido de aluminio en forma de gibbsita.

Nuestros ensayos han mostrado que especialmente molesta es la impureza hojosa, a pesar de que este componente también da un diagrama termo-diferencial que acusa presencia de caolinita también en esa sustancia.

Que un material tan rico en caolinita debe usarse como materia prima para porcelana es evidente, pero también para loza necesita purificación por lavado, ante todo eliminación del componente hojoso. La halloysita puede ser molesta si su participación en la sustancia es grande.

GRUPO 6º: LAS OVEJAS - SAN PEDRO

M 22: De este espécimen hay dos tipos.

M 22: Fue recogida en un manto de 70 cm de grueso, situado inmediatamente debajo de la capa vegetal. Es una arcilla plástica de color gris-pardo, con raicillas visibles, y veteadas de limonita color naranja con pequeños granos de cuarzo.

M 22A: Es material del mismo manto, pero recogido en la cancha. Se trata de material secado al aire libre. Su color es casi blanco. No se ven raicillas. La muestra está veteadas de limonita y tiene cuarzo de grano fino.

M 23: Es una capa de igualmente 70 cm de espesor, que sigue inmediatamente debajo del manto de M 22. Arcilla gris clara, plástica. Contiene cuarzo fino granular.

M 24: Pertenece a una capita de 30 cm de espesor, debajo del manto de M 23. La participación de arena, especialmente cuarzo, es algo mayor que en las otras muestras de este grupo. Contiene impurezas más gruesas muy meteorizadas y mineralizaciones ocasionales como andalusita o sillimanita.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

Hemos hecho las curvas DT 16 con material tamizado a malla 230 y presecado a 105°; sensibilidad 10 y 5%; y las curvas DT 17

con material tamaño decantación, lavado y presecado a 40°C. En DT16 se ve el efecto del cuarzo libre en M 22, sensibilidad 10%, a 573° aproximadamente, y se puede verificar también en M 22, sensibilidad 5%, ahí mismo; pero en DT17 ya no se ve este efecto, de modo que el rebalse del material lavado ya no contenía sílice tamaño silt.

Curvas DT 17, sensibilidad 5%, presecado 40°, tamaño decantación (menor "silt"); el lavado se hizo con agua. (No se usó ácido).

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES

Mues- tra	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión en grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva	OBSERVACIONES Forma de curva
M 22	300	—	500	200	3 mm	Exot. impurezas,	—
	500	598	624	124	24 mm	Endot. Ppl. arcilla.	Asimétrica, aguda, amplia distribución.
	950	992	1007	57	9 mm	Exot. Ppl. arcilla.	Aguda.
M 23	500	589	624	124	16 mm	Endot. Ppl. arcilla.	Asimétrica, semi-aguda, amplia distribución tamaños.
	950	981	996	46	7 mm	Exot. Ppl. arcilla.	Redondeada.
M 24	300	—	500	200	3 mm	Exot. impurezas.	—
	500	590	619	119	17 mm	Endot. Ppl. arcilla.	Asimétrica, semi-aguda, amplia distribución tamaños.
	956	984	1010	60	8 mm	Exot. Ppl. arcilla.	Aguda a semi-aguda (desviada).

La arcilla presente en estos especímenes contiene halloysita en mayor proporción.

LA PASTA:

La pasta fue hecha con material menor malla 230, es decir, contenía arena en tamaño silt.

	M 22	M 24
M 22 y M 24 tenían valores similares para el		
agua de plasticidad	30,55%	30,99%
Largos de extrusión en centímetros	28 %	34,30%
Contracción linear	6,55%	8,50%

M 22A M 24

M 22A y M 23 requirieron 40,78% y 39,53 de agua de plasticidad; los largos extruídos eran 59 y 78 cm, y la contracción linear 8,25 y 11%, respectivamente.

M 22 y M 22A se asemejan menos que M 22A y M 23.

M 22A y M 23 son más ricas en sustancia arcillosa, si suponemos que hay una sola clase de arcilla o una misma mezcla de arcillas en todo el yacimiento.

Si M 22A fue tomada en la cancha y si corresponde al manto superficial, entonces fue tomada en las proximidades de M 23, que según descripción sigue hacia abajo de M 22.

Según los *largos extruídos*, se debe tener cuidado en la secadura. Efectivamente, se partieron algunas galletas en la secadura y debieron ser reemplazadas por otras hechas bajo las mismas condiciones. Para el uso industrial debe ser magrado este material.

Según cálculo basado en el análisis químico, óptico y la pérdida al fuego, el contenido de arcilla era entre 35 y 40%, es decir, sumamente subido.

LA COCHURA

RECOPIACION DE ALGUNOS DATOS DE COCHURA A 950° Y A 1100°

	Porosidad aparente	F i r m e z a kg/cm ²	°D	C o l o r	Tacto	Peso volumen	Contracción lineal
950°							
M 22	37,22	—	2½	crema rosado	liso	1,63	1,37
M 22A	30,77	90	2½	crema rosado	liso	1,54	2,57
M 23	38,10	—	6	blanco	liso	1,61	2,50
M 24	38,56	135,17	6	blanco	liso	1,60	0,40
1100°							
M 22	40,20	87,91	5	blanco tinte rosado	liso	1,64	1,86
M 22A	42,84	—	5	blanco crema	liso	1,59	3,75
M 23	29,18	157,35	8	blanco	liso	1,88	6,50
M 24	32,02	173,45	7	blanco	liso	1,69	2,80

A 1350° baja la porosidad aparente en M 22 y M 22A a valores de 23 a 24%, en M 23 a 1,04% y en M 24 a 15,96%. La firmeza no sube mucho en M 24, de 173,45 a 1100° a 196,28 kg/cm² a 1350°. La dureza sube mucho, en todas las muestras entre 7 y 8.

M 23 ya muestra *grandes deformaciones* a 1100° y mayores aún a 1350°.

Cubos de las siguientes muestras reventaron en el horno:

Antes de llegar a 800°	Antes de llegar a 950°	Antes de llegar a 1100°
M 22A, M 23, M 24	M 22	M 22, M 22A, M 23

Además, se agrietaron fuertemente otros cubos de M 22A y M 23 antes de llegar a 1350°.

En el grupo anterior habíamos visto que ciertas galletas tomaban con Kerosene tintes liláceos; eran aquellas que según sus curvas termo-diferenciales eran halloysitas. En el grupo 6º sucede lo mismo.

Galletas echadas al Kerosene tomaron tintes

liláceos a 800° M 22A, M 23, M 24
Y antes de llegar a 1100° M 22

Podemos concluir: los especímenes son ricos en arcilla. Esta arcilla contiene mucha halloysita. La plasticidad de la arcilla es grande. El agrietamiento en la secadura se debe a contracción dispereja, que también se produce a causa de distribución dispereja del agua en la masa. La distribución dispereja del agua en la pasta se acentúa por diferencias de temperatura en la masa; por ejemplo, interior de la masa y superficie. En buenas cuentas, el riesgo de agrietamiento disminuirá mecanizando el proceso de secadura en forma exactamente controlable.

La arcilla sola no dará buenos resultados, pero ella podría ser magrada con harina de ladrillo u otro degasante para usarla para ladrillos de construcción y posiblemente como tejas.

GRUPO 7º: LLANO LAS MATAS, RIONEGRO

Este grupo consta de 4 muestras:

- M 25: Es de color café oscuro, contiene raicillas y pertenece a la capa superficial de 1 m de espesor. La muestra es terrosa.
- M 26: Es de color café claro, pertenece a una capa de 50 cm que sigue debajo de M 25, y es una arcilla plástica.
- M 27: Pertenece a la capa siguiente hacia abajo, tiene una potencia de 70 cm y es de color gris oscuro; también es una arcilla plástica.
- M 28: Es de color gris claro, también es una arcilla plástica y pertenece a la capa inferior de 1 m de espesor.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES

Mues- tra DT18	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión en grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva	OBSERVACIONES
							Forma de curva
M 25	290	308	323	33	3	Endot. limonita.	—
	500	560	590	90	3	1ª Endot. de Illita.	Débil, redonda.
	—	700	—	—	2	Inflexion Montmorillonita?	Débil.
	800	—	950	150	2	2ª Endot. Illita.	Débil.
M 26	290	308	323	33	3	Endot. limonita.	—
	500	560	600	100	14	Endot. Ppl. Halloysita.	Asimétrica, redondeada.
	950	974	993	43	3	Exot. Ppl. Halloysita.	Redondeada.
M 27	284	308	325	41	3	Endot. limonita.	—
	500	583	611	111	13	Endot. Ppl. Halloysita.	Asimétrica, redondeada.
M 28	486	584	616	130	23	Endot. Ppl. Halloysita.	Asimétrica, semi-aguda.
	937	969	993	56	10	Exot. Ppl. Halloysita.	Aguda.

En DT 18 se encontró que hay dos diferentes capas de arcilla en este yacimiento. Para verificar si M 25 es efectivamente Illita, se hizo DT 18A.

DT 18A: Se hicieron dos curvas con sensibilidad 10%, una de ellas tratada con agua y otra con HCl; además, se hicieron 2 curvas con sensibilidad 5%, una tratada con agua, la otra con soda.

Tamaño de todas: “decantación”; todas presecadas a 40°.

Se confirma que M 25 es illita, posiblemente con algo de montmorillonita.

LA PASTA

La pasta se hizo en M 25 y M 26 sin eliminación de tamaños por tamización, y en M 27 y M 28 eliminando el material mayor de 1/4 mm, en lo esencial aglomeraciones arcillosas, arenas y micas.

	Muestras sin eliminación de tamaños		Muestras con eliminación de tamaños=menor 1/4 mm	
	M 25	M 26	M 27	M 28
Agua de plasticidad	33,94%	37,78%	39,58%	55,81%
Pérdida de volumen en la secadura	10,70%	16,49%	15,30%	36,21%
Largos extruídos	15,60 cm	30,50 cm	60 cm	103 cm
% de agua de contracción en el agua de plasticidad	31,6 %	43,65%	38,91%	64,88%

Que se debe tratar aquí de dos arcillas diferentes, se confirma.

M 26, sin eliminación de componentes, es más plástico que M 25 sin eliminación de componentes. Eliminando impurezas, sube entonces la plasticidad considerablemente en M 27 y excesivamente en M 28.

Con este respecto es también interesante de comparar la relación sílice-alúmina en estas 4 muestras:

	E s p e c í m e n e s			
	M 25	M 26	M 27	M 28
% SiO ₂ / % Al ₂ O ₃	6	1,4	1,5	1

M 25 contiene mucha arena silícica. M 26 contiene más o menos tanta sílice libre como M 27, y en M 28 muy poca. Esto, considerando que en M 25 la arcilla contiene Illita con una proporción de sílice a alúmina de casi 1 a 1; mientras que en M 26, M 27 y M 28 la arcilla contiene creciente participación de halloysita.

Según los largos extruídos, es M 25 la única de estas 4 arcillas que no tiene mayor cuidado en la secadura.

Los largos extruídos de las otras tres arcillas, con o sin separación de impurezas mayores de 1/4 mm, son tan grandes, que en la práctica no podrán ser usadas sin magrantes o sin mezclarlas con otras arcillas.

LA COCHURA

Trataremos la M 25 por separado, y las otras 3 muestras en conjunto.

M 25	Porosidad aparente	F i r m e z a kg/cm ²	°D	Color	Tacto	Peso vol.	Contracción lineal
950°	39,53%	26,53	2½	blanco-cremoso	liso, grietas finas superficiales	1,52	+ 0,90%
1100°	43,12%	29,79	3	blanco-cremoso	liso, grietas finas superficiales	1,52	0,08%
1350°	38,20%	146,03	3	crema-amarillento	liso, grietas finas superficiales	1,68	0,25%

La calidad esencial de este material es que no se contrae prácticamente. Debido a que se expande hasta los 950°, no tiene firmeza. La porosidad es muy subida, y a 1350° aún no bajó mucho.

Como la muestra contiene mucha sílice libre, debiera hacerse un ensayo hasta próximo a los 1600° de temperatura, el punto de fusión del cuarzo y con calentamiento prolongado para producir su forma más refractaria, la cristobalita.

RECOPIACION DE DATOS DE COCHURA PARA LAS MUESTRAS M 26, M 27, M 28

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Color	Tacto	Peso vol.	Contracción lineal
950°							
M 25	42,25%	144,32	3	blanco-rosado	grietas finas	1,46	3,80%
M 27	38,73%	—	4	blanco-cremoso	agrietado	1,51	2 %
M 28	42,38%	124,49	5	crema-claro	agrietado	1,48	4,50%
1100°							
M 26	39,03%	232,77	6	blanco-cremoso	grietas finas	1,61	5,30%
M 27	36,25%	—	6	blanco-cremoso	agrietado	1,71	5,40%
M 28	39,16%	124,49	6	blanco-cremoso	agrietado	1,23	5,90%
1350°							
M 26	12,14%	290,24	6	crema	grietas muy fuertes	2,31	12,30%
M 27	5,73%	—	6	blanco-cremoso	grietas muy fuertes	2,36	11,93%
M 28	1,52%	68,84	7	gris	levemente áspero	2,52	14,10%

Mientras que M 25 no tenía incidente de cochura, en las muestras M 26, M 27 y M 28 había varias:

En M 26, que no tenía eliminación de lo mayor de $\frac{1}{4}$ mm y por consiguiente la proporción de sustancia arcillosa era menor, había nada más que agrietamientos que aumentaban con mayor temperatura.

En M 27 y M 28, con eliminación de lo mayor de $\frac{1}{4}$ mm, había los siguientes incidentes de cochura:

M 27 después de 800°, y antes de llegar a 1100° se reventaron barritas respectivamente cubos; a 1350° los cubos eran tan fuertemente agrietados que su resistencia a la compresión sufrió mucho, como se puede comprobar de la lista de arriba.

M 28: se reventó una barrita en el horno entre 800 y 950°; los cubos se agrietaron fuertemente en todas las temperaturas bajando aquí también la firmeza.

Del comportamiento en la cochura se deduce que estas muestras son de una arcilla muy grasa que no puede ser usada sin desgrasantes o sin ser mezclada con otras arcillas magras. Con Kerosene toman las muestras colores liláceos a diferentes temperaturas.

GRUPO 8º:

Comprende dos muestras: M 30 y M 29. Estas muestras habían sido entregadas sin procedencia y resultó más tarde que ambas no corresponden al contrato. M 30 es una arcilla tixotrópica y con un contenido muy subido de sílice libre.

GRUPO 9º: ERECOS, RIONEGRO

Este grupo consta de cuatro muestras de un mismo yacimiento.

M 31 tiene color gris claro; M 32 es de un gris algo más oscuro; M 33 es café; M 34 es de un gris blancuzco. Esta última lleva la leyenda que ha sido recogida en la cancha.

A juzgar por los colores, es M 33 la *capa superior*, la superficie terrosa; lo sigue hacia abajo la M 32, y la más profunda debe ser M 31.

La M 34, de la cancha, parece ser recogida originalmente de los estratos de M 32 o de M 31.

Las cuatro arcillas son plásticas; solamente M 34 está endurecida por la secadura al aire libre en la cancha.

Las muestras contienen mucha arenita de sílice y aparentemente también algo de detrito de roca serpentizada; además, contiene costras de hidróxido de hierro, restos vegetales, carbón. Los restos vegetales están ocasionalmente silicificados.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE

En la lista de los efectos térmicos que sigue colocaré solamente los efectos principales propios de caolines, y me referiré en seguida a los demás efectos que se interceptan en parte, lo que dificulta su registro en una lista.

DT 19: CURVAS TERMO - DIFERENCIALES DE EFECTOS TERMICOS PRINCIPALES DE CAOLINES

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma de la curva
M 31	470	586	617	147	12 mm	Endot. Ppl. caolín, muy abierta, asimétrica y redondeada.
	918	950	994	76	4 mm	Exot. Ppl. caolín, muy débil, muy extensa, aplanada.
M 32	450	580	600	150	16 mm	Endot. Ppl. caolín, simétrica, abierta, culmina en punta semi-aguda.
	900	950	1000	100	4 mm	Exot. Ppl. caolín, débil, extensa y aplanada.
M 33	520	580	600	80	9 mm	Endot. Ppl. caolín, muy débil, asimétrica, semi-aguda.
	920	960	990	70	2 mm	Exot. Ppl. caolín, débil, redondeada.
M 34	500	580	620	120	15 mm	Endot. Ppl. caolín, simétrica abierta, semi-aguda.
	940	980	1000	60	5 mm	Exot. Ppl. caolín, débil, redondeada.

Según esta lista, se puede tratar de una caolinita de cristalinidad deficiente; o de caolinita con halloysita admixta, ambas mal cristalizadas.

M 32, M 33 y M 34 tienen además una inflexión endotérmica a los 318°, propia de limonita. Aparte de este efecto, se manifiesta especialmente en M 33 materia oxidable entre 350 y 500°. En esa misma muestra hay un efecto endotérmico inicial que se extiende hasta cerca de 250°.

En las 4 muestras se inicia el efecto exotérmico pasados los 900°, pero en M 31 y M 32 se puede apreciar una pequeña inflexión endotérmica al iniciarse la curva exotérmica, lo que es propio de las illitas.

M 33 y M 34 no tienen tal inflexión a los 900° y son caolinitas mal cristalizadas solas. M 33 la muestra terrosa café, que difiere tanto de la muestra M 34 blanca, endurecida, tienen curvas semejantes.

La razón sílice-alúmina da para las cuatro muestras:

$$M\ 31 = 2,18 / M\ 32 = 1,51 / M\ 33 = 2,65 / M\ 34 = 1,62$$

Es decir, en este respecto M 34 (recogida de la cancha) se asemeja más a M 32. La composición de los mantos es variable dentro de un mismo manto.

LA PASTA:

La pasta se hizo para todas las muestras de este grupo con material tamizado a malla 200.

M 31	requirió	27,75%	agua de plasticidad.
M 32	requirió	32,47%	agua de plasticidad.
M 33	requirió	34,43%	agua de plasticidad.
M 34	requirió	31,49%	agua de plasticidad.

De esta agua de plasticidad eran 39,31% agua de contracción y 60,68% agua de poros en la muestra M 31.

Para comparar estos valores en las cuatro muestras, los ordenaremos en una pequeña lista:

Del total de agua de plasticidad (= 100% para cada muestra), eran:

		Agua de contracción	Agua de poros	Sumas
(27,75% de)	M 31	39,31%	60,69%	100%
(32,47% de)	M 32	55,22%	47,78%	100%
(34,43% de)	M 33	53,88%	46,12%	100%
(31,49% de)	M 34	64,40%	35,60%	100%

Otros datos de plasticidad son :

	M 31	M 32	M 33	M 34
Largos extruídos en cm	31,00	29,60	57,50	22,30
Indice de Rieke	7,91	8,92	10,82	12,92
Contracción linear <i>en la secadura</i> .. .	6,95	9	9,85	10,50

Según estas listas, decrece el contenido de arcilla desde la superficie a la profundidad y en el mismo orden decrece la plasticidad.

Según el Indice de Rieke, son M 33 y M 34 plásticas en exceso; según los largos extruídos, debe tenerse cuidado en buenas cuentas con todas las cuatro arcillas, especialmente con M 33.

LA COCHURA:

El material de las muestras M 31 y M 32 aumenta su porosidad entre 700 y 1100°, es decir, debe contener un material volátil que sale después del agua de hidróxido (caolinita a 600°) y que contiene los poros comunicados abiertos y hasta aumenta su volumen de poros.

ALGUNOS DATOS DE COCHURA A 1100 Y 1350°

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ² °D	Color	Tacto	Peso vol.	Peso esp. aparente	Contracción linear	
1100°								
M 31	35,74%	161,79	5	blanco grisáceo	liso	1,71	2,64	0,63%
M 32	36,28%	229,14	6	crema claro	liso	1,70	2,67	2,60%
M 33	32,16%	199,51	5	crema claro	liso	1,73	2,56	2,76%
M 34	36,19%	174,89	4	crema oscuro	liso	1,67	2,61	2,70%
1350°								
M 31	26,61%	297,09	6	crema moteado	liso	1,87	2,55	3,40%
M 32	14,91%	357,50	6	amarillo moteado	poco áspero	2,05	2,41	7,10%
M 33	22,06%	327,38	7	pardo-amarillo moteado	poco áspero	1,90	2,43	6,15%
M 34	24,80%	226,74	6	crema moteado	poco áspero	1,86	2,48	5,20%

El comportamiento en la quema era normal en M 31, M 32 y M 34. En M 33 se reventó un cubo solo cuando fue llevado de 700 a 900°C. Un tinte violáceo no pudo ser comprobado en esta muestra en Kerosene. Tomó un color café oscuro en Kerosene; posiblemente el café tapó el tinte violáceo. Si se desea usar este material como refractario, debe ser levigado en ácido para eliminar los óxidos metálicos, hierro, etc., e incluso de álcalis. La alta porosidad a 1350° y la diferencia entre peso volumen y peso específico indican que se puede alzar aún la temperatura; esto especialmente en M 31, donde la contracción con respecto a su estado secado a 105° es solamente 3,40%. Los colores claros de estas muestras y su firmeza también justificarían su uso como loza, para lo cual conviene bajar la porosidad y aumentar la firmeza agregando feldespato. Agregando mucho feldespato se podría intentar bizcocho de porcelana, especialmente en M 32, donde la relación sílice-alúmina es baja. Sin preparación alguna sirven todas estas arcillas a 900° como material para ladrillos huecos, y ladrillos ordinarios. Como a esa temperatura ya son muy claros, pueden ser teñidos fácilmente al tono que se desea. Para tejas huecas debiera magrarse algo con harina de ladrillo.

GRUPO 10: SAJONIA RIONEGRO

Este Grupo consta de dos muestras: M 35 y M 36.

Espécimen:

M 35 es una arcilla plástica blanca, con poco hidróxido de hierro en costras. Impurezas del tipo "arenita" faltan; en cambio se ven de vez en cuando sustancias terrosas cafés a negras en moldes cristalográficos. La curva termo-diferencial muestra que gibbsita está presente. Vea en C/I —11—, donde queda demostrado que la muestra natural tiene más de 50% de su peso en unidad absorbida que sale a 105°C. Manto muy hidratado.

M 36 es una arcilla plástica blanca grisácea. Su humedad natural es más de 40% y también gibbsita está presente. Esta muestra contiene además "arenita" de minerales claros y mica meteorizada.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

DT 20, tamaño malla 230, presecado 105°, sensibilidad 5%.

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES — OBSERVACION

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión en grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y su forma
DT 20						
M 35	275	334	359	84	35 mm	Endot. de gibbsita, muy amplia.
	521	574	600	79	11 mm	Endot. Ppl. de un caolín, débil, redondeada.
	963	996	1015	52	4 mm	Exot. Ppl. de un caolín, débil, redondeada.
M 36	275	324	350	75	26 mm	Endot. de gibbsita, amplia, pero menos que la anterior (M 35).
	500	575	600	100	17 mm	Endot. Ppl. caolín, redondeada.
	963	996	1015	75	8 mm	Exot. Ppl. caolines, semi-aguda.

Nota: Las curvas propias de caolines o halloysita son más marcadas en M 36 que en M 35.

LA PASTA:

La pasta de ambas muestras se hizo con material menor malla 120.

	Largo extruído	Índice Rieke	Agua de plasticidad	Agua de contracción
M 35	9 cm	13,20	42,19%	10,72%
M 36	17,52 cm	14,18	43,63%	12,03%

La contracción en la secadura era para M 35 = 4,60% y para M 26 = 5,20%.

Las cualidades plásticas de la pasta son deficientes y será necesario eliminar la gibbsita, para luego magrar otra vez las arcillas, según los fines industriales para que se necesitará o destinará la arcilla.

LA COCHURA:

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Peso vol.	Peso esp. aparente	Contracción lineal	Color	Tacto
1100°								
M 35	57,22%	—	4	1,20	2,87	4,60	blanco	liso
M 36	51,70%	36,77	6	1,32	2,73	5,60	blanco cremoso	liso
1350°								
M 35	42,83%	78,47	4	1,46	2,87	8,50	blanco	finamente áspero
M 36	38,84%	150,98	6	1,26	2,75	11,10	blanco cremoso	finamente áspero

Las galletas tomaron un tinte lila: M 35 a 1100° en Kerosene, pardo lila.

M 36 a 900° en Kerosene, pardo con brillo liláceo.

Los cubos (5 cm × 5 cm × 5 cm): M 35 desde 1100° hasta 1350°, grietas finas.

M 36 desde 1100° hasta 1350°, grietas fuertes.

La porosidad es aún grande a 1350°C, e igualmente la diferencia entre peso específico y peso volumen. Falta mucho por aglomerar, y la firmeza es por esto aún baja. Si hasta los 1350° la firmeza es tan pequeña, esto se debe evidentemente a la gibbsita. El gran contenido de gibbsita queda demostrado en la curva DT 20. En 330 pierde gibbsita parte de su agua y se convierte en diásporo; el diásporo pierde entonces su agua alrededor de 560° y se convierte en corindón. En DT 20 culmina la endotérmica ppl. en 575°, es decir, a un punto más próximo al efecto de la gibbsita-diásporo, que al de caolinita. También la relación sílice-alúmina, para M 35 = 0,39 y para M 36 = 0,70 es en ambos casos sumamente baja, a pesar de que M 36 contenía "arenita" en el espécimen.

La transformación de gibbsita en diásporo y en corindón se produce en la cochura de una masa cerámica a temperaturas más altas que en el aparato termo-diferencial. El corindón producido no se aglomera a temperaturas que hemos investigado aquí faltando fundentes.

El material es por consiguiente una materia prima para refractarios. Debe ser levigado ácido el material y además debe ser separada la "arenita" de M 36. La arcilla misma (halloysita ya desde 950° y caolinita a 1200°) forman igualmente corindón cúbico (gama) que reacciona antes de convertirse en corindón alfa. Si no tiene con qué reaccionar y no habiendo fundentes (óxidos de metales, hierro y óxidos de álcalis), se formará una masa homogénea muy rica en alúmina, un refractario a base de corindón y arcilla pura. Estos ensayos deben hacerse en temperaturas más altas que las que podemos producir.

GRUPO 11: DIORITAS DESCOMPUESTAS

M 37, CHAQUIRO, SANTA ROSA — M 38, CAROLINA, GUADALUPE

Los especímenes:

- M 37: Aspecto terroso; color café rojizo con pecas blancas. Con el microscopio binocular se distinguen, aparte de las porciones terrosas, cuarzo, mica y materia caolinizada, posiblemente de feldespatos. La mica es biotita meteorizada, en parte rubilana.
- M 38: Las impurezas son las mismas, el color es más claro.

Curvas termo-diferenciales DT 21. Sensibilidad 5%. Material menor malla 230. Presecado a 105°C.

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
DT 21						
M 37	300	—	500	200	4 mm	Oxidación impurezas.
	525	591	620	95	22 mm	Endot. Ppl. arcilla, simétrica, abierta.
	939	995	1010	71	8 mm	Exot. Ppl. arcilla, abierta.
M 37	536	590	615	79	17 mm	Endot. Ppl. arcilla, simétrica, abierta.
MICA	935	955	990	55	3 mm	Exot. Ppl. arcilla, abierta y muy plana.
M 38	525	589	620	95	20 mm	Endot. Ppl. arcilla, abierta y con inflexión cuarzo.
	929	950	1000	71	3 mm	Exot. Ppl. arcilla, abierta y plana.

La clase de arcilla es de un caolín de cristalización deficiente y de amplia distribución de tamaños; en M 37 mica, parecen predominar tamaños pequeños. Las micas habían sido separadas cuidadosamente, lavadas y secadas, dieron reacción de caolines, deben estar caolinizadas también en gran parte.

LA PASTA:

La pasta se hizo con material menor de malla 120 (1/8 mm).

En ambas pastas se produjo una cierta concentración de arcilla en la tamización.

	Las pérdidas al fuego eran entre 105° y 900°C	En el espécimen	La pasta sin tamizar	En lo menor de malla 120
M 37	8,54%	9,77%	13,30%
M 38	8,20%	8,60%	13 %

Los largos extruídos eran en M 37 = 6,80 cm y en M 38 = 7 cm.

Los índices de Rieke eran en M 37 = 6,29 cm y en M 38 = 6,99; demostrando una plasticidad muy baja.

La humedad natural había sido en M 37 = 17,25% y en M 38 = 24,88%; y las pastas se hicieron en M 37 = 41,61% y en M 38 = 45,71% de agua; de la cual eran agua de contracción M 37 = 8,99% y en M 38 = 9,91%, siendo la mayor parte de ella agua de poros, en M 37 = 32,62% y en M 38 = 35,80%.

Con lo cual queda demostrado que había un exceso de materia no transformada en sustancia arcillosa y en cuyos intersticios se almacenó el agua.

Conforme a estos datos, era la porosidad aparente en la parte secada $M\ 37 = 50,50\%$ y en $M\ 38 = 49,64\%$, mientras que la contracción lineal era en $M\ 37 = 3,09\%$ y en $M\ 38 = 3,20\%$.

La relación de sílice es en $M\ 37 = 1,5$ y en $M\ 38 = 1,4$, es decir, no muy diferente, y ambas muestras tienen con $8,13\%$ y $6,81\%$ un contenido de Fe_2O_3 alto y el contenido de cal es $2,35\%$ en $M\ 38$.

La pasta es en ambos casos de poca coherencia, debido a las muchas impurezas muy porosa, de poca cantidad de sustancia arcillosa y contiene bastantes fundentes.

LA COCHURA:

La pasta quedó en la cochura de muy poca firmeza hasta los 1100° , y solamente más allá, a los 1350° , ya no desteñía al tocarla y ya no se desmoronaba.

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm^2	$^{\circ}D$	Peso volumen	Peso. esp. aparente	Contracción lineal	Color	Tacto
1100°								
M 37	48,84%	8,60	1½	1,31	2,55	3,40%	vermellón	destiñe
M 38	48,76%	11,21	1	1,27	2,49	4,95%	ladrillo	destiñe
1350°								
M 37	41,75%	41,07	3½	1,53	2,60	6,50%	gris-verdoso	áspero
M 38	21,76%	191,81	4	1,63	2,24	10,10%	gris-amarillento	áspero

Los materiales de estas muestras son moderadamente firmes a solo 1350° , es decir, a una temperatura bastante subida. La cochura de ladrillos se hace a $900 - 1000^\circ C$.

Las piezas como barras se deformaron a 1350° , curvándose. El material puede usarse como magrante si se libra del hierro y de la cal levigando ácido, pero con esta preparación y el transporte resultará caro.

Prácticamente este material no tendrá uso.

GRUPOS 12 Y 13:

Las curvas termo-diferenciales de las Muestras M 39, M 40 del Grupo 12, y M 41 del Grupo 13, están representadas juntas en DT 22, y trataremos por esto los dos grupos a la vez.

GRUPO 12: ABEJORRAL - PANTANILLO

M 39: Es una arcilla blanca, terrosa, desmoronable, con mucha sílice libre de tamaño silt.

M 40: Es una arcilla gris clara, laminada en capas delgadas, quebradizas. También en esta muestra es la participación de sílice libre tamaño fino bastante grande. Aspecto general: esquistoso, micáceo, pirofilita.

GRUPO 13: RIONEGRO

M 41: Arcilla gris pardusca clara. También aquí es la arenita clara la impureza dominante, pero su cantidad es menor que en las muestras del Grupo 12. Hidróxido de hierro está presente.

LAS CLASES DE ARCILLAS PRESENTES:

DT 22: M 39, M 40 y M 41, con sensibilidad 5%, de tamaño malla 230, presecado a 105°C.

Grupo	Muestra	Inicia	Culmina	Termina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
12	M 39	535	584	617	82	21	Exot. arcilla, simétrica, vigorosa, pero redondeada.
		950	976	991	41	3	Exot. arcilla, extensa, plana.
	M 40	535	585	594	59	5	Endot. arcilla, extensa, abierta, débil y aplanada.
		975	(1000?)	(?)	(?)	2	Exotérmica en su iniciación; puede tratarse de una filita.
13	M 41	519	580	600	81	10	Endot. Ppl. arcilla, abierta, con inflexión de sílice.
		950	985	1000	50	7	Exot. Ppl. arcilla, semi-aguda.

La sustancia arcillosa en las tres muestras es un caolín, pero en M 40 participa pirofilita en la composición.

En M 39 la relación sílice-alúmina es 2,88; en M 40 = 2,65; en M 41 = 1,96. La participación de hierro, cal y magnesio es pequeña; sin embargo, parece que M 40 contiene mucho fundente y que se encuentran en lo "no determinado", muy posiblemente álcalis.

LA PASTA PLASTICA:

	M 39	M 40	M 41
Agua de plasticidad	39,69%	23,78%	29,58%
Agua de contracción	9,18%	1,65%	10,67%
Agua de poros	31,51%	22,13%	18,94%
Largo extruído	11 cm	26,37 cm	51 cm
La pasta se hizo con material menor de malla	Nº 200	Nº 100	Nº 200
La contracción lineal en la secadura	4,30%	0,88%	8,55%

De esta lista se desprende que la arcilla de M 40 recibe muy poca agua y que su cantidad además es reducida. A pesar de todo es plástica.

La plasticidad de las arcillas con agua se debe:

- 1º A la carga negativa de las partículas de arcilla;
- 2º A la forma escamosa de las partículas de arcilla;
- 3º A la absorción de agua a las partículas de arcilla, y
- 4º A la tensión superficial del agua.

De los cuatro puntos citados, es el primero el motivo para el tercero. La red caolinítica es electrónicamente neutral y recibe su carga negativa de los iones (OH) adsorbidos desde el agua. Las arcillas micáceas tienen una red ionizable; la forma de sus partículas es plana y tienen gran tensión superficial. *La porosidad aparente de M 40* (que había necesitado menos agua de plasticidad en la confección de la pasta) confirma además que la pasta contiene mucho elemento no arcilloso, pero que con agua dan efectos plásticos y en la secadura dejan intersticios vacíos, poros.

Las masas secadas a 105° C mostraron las siguientes *porosidades aparentes*:

M 39	=	21,10%
M 40	=	35,35%
M 41	=	32,86%

LA COCHURA:

Grupo	Muestra	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	Peso esp. vol. °D	Peso aparente	Contracción lineal	Color	Tacto
900°C								
12	M 39	45,06	12,76	1½	1,37	2,48	+ 0,50	blanco rosado liso
	M 40	35,70	12,65	2	1,52	2,37	+ 0,76	blanco rojizo liso
13	M 41	38,75	115,26	2½	1,60	2,59	0,85	blanco cremoso liso
1100°C								
12	M 39	41,35	71,53	2	1,47	2,48	1,93	blanco rosado liso
	M 40	24,80	142,36	4	1,74	2,33	3,40	blanco rojizo liso
13	M 41	36,49	184,85	4	1,68	2,68	2,04	blanco cremoso liso
1350°								
12	M 39	21,12	566,90	8	1,86	2,40	8	blanco salmón poco áspero
	M 40	2,80	381,63	8	2,04	2,11	7,70	gris claro poco áspero
13	M 41	24,97	242,36	6½	1,93	2,56	6,70	blanco cremoso liso

900°: Todos los cuerpos de prueba eran blandos y solo M 41 muestra firmeza suficiente para artículos de alfarería, gres o ladrillo de construcción.

1100°: A esta temperatura las galletas son lisas, pero los cubos, que son más gruesos ($5 \times 5 \times 5$ cm), tienen leves grietas superficiales. Las M 40 y 41 han mejorado su firmeza; los colores son buenos y claros, solo la porosidad es aún algo subida. Convendría agregar fundentes, adiciones que bajen el punto de fusión como feldespatos y que al mismo tiempo mejore la calidad, así que se justifique el gasto por la temperatura. Así las tres muestras con adición de feldespatos en proporción adecuada —hasta unos 25%— darían gres cerámica.

1350°: A esta temperatura las galletas de M 39 y 40 no tenían grietas; las de M 41 grietas leves. De los cubos (5×5 cm) M 39 tenía leves grietas, pero M 40 y 41 grietas muy fuertes.

M 40, que aparentemente contiene algún fundente, bajó su porosidad a 2,8% y llegó con esto muy próximo al límite de temperatura aplicable. La diferencia entre peso específico y peso-volumen confirma lo mismo. La dureza y resistencias son buenas. El color gris sucio claro puede ser mejorado con el vidriado, usando colores cerámicos, óxidos metálicos, etc.

Uso: gres cerámico resistente, algo así como los jarrones de cerámicas bávaras.

Las muestras M 39 y M 41 tienen a esta temperatura aún una porosidad de 20 a 25% (porosidad comunicada). Los colores son buenos. Este material también puede ser usado como gres cerámico si se elimina el cuarzo libre y se agrega un 25% de feldespatos.

Lo más indicado para esta temperatura y temperaturas más subidas sería su uso como chamota.

Se exige para una chamota:

	Punto mínimo de fusión	Porosidad total	Peso específico efectivo	Conglutamiento		Resistencia compresión kg/cm ²
				Inicia	Termina	
NORMA:	CS-28-25					
	1630° - 1730°	15 - 35%	2,5 - 2,7	1200/1300	1300/1600	200 - 1000 (350)
Las Muestras:						
M 39	?	30,08	2,66	id.	?	566,90
M 41	?	26	2,64	id.	?	242,36

Hay margen para bajar la porosidad, para un mayor aglutinamiento, aumentando las temperaturas de cochura. Con ello la firmeza aumentará. M 39, con solo leves grietas superficiales a 1350°, dará evidentemente buenos resultados.

GRUPO 14: ROCAS VERDES DESCOMPUESTAS

M 42, Carretera Caldas / M 43, Prado - Heliconia / M 44, la Ceja - Medellín.

- M 42: El espécimen tiene color rosado con pecas blancas y negras; su consistencia es terrosa. La componente "cuarzo libre" es escaso. Hierro en forma de goethita, limonita presente.
- M 43: Espécimen terroso, color ocre, contiene algunas raicillas y bastante arenita feldespática y silícica. No hubo eferescencia con ácido, a pesar de que el análisis acusa mucho CaO. (Se probó en frío).
- M 44: El espécimen es terroso, color pardo claro y tiene en su componente "arenita", mucho cuarzo libre.

Como los análisis químicos no concuerdan con lo observado ópticamente, damos a continuación un extracto de algunos datos entregados por la química:

	Relación SiO ₂ /Al ₂ O ₃ según análisis	Fe ₂ O ₃	CaO	No determinado
M 42	2,22	3,31	0,60	0,06
M 43	1,41	3,27	7,94	6,22
M 44	1,29	9,6 ^a	0,92	11,79

Vea más detalles C/I —19—.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

DT 23: Todas las tres muestras: sensibilidad, 5%; tamaño malla, 230; presecado, 105°C.

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión en grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y su forma
M 42	534	590	650	116	11 mm	Endot. Ppl. arcilla; abierta; efect. SiO ₂ .
	910	950	987	77	6 mm	Exot. Ppl. arcilla; abierta.
M 43	50	125	150	100	3 mm	Endot. Inicial, insignificante.
	525	583	625	100	3 mm	Endot. Ppl. Insignificante.
	275	920	970	95	3 mm	Exot. Ppl. Insignificante.
M 44	63	125	275	212	6 mm	Endot. Inicial.
	287	324	350	63	15 mm	Endot. Gibbsita, vigorosa, relativamente.
	500	560	583	83	2 mm	Endot. Ppl. arcilla o diásporo.
	900	—	1000	100	1 mm	Exot. muy plana, dudosa.

- M 42 demuestra cierto grado de caolinización, cristales pequeños de cristalización deficiente, dentro de masas aún no caolinizadas.
- M 43 muy débil caolinización, semejante a iniciación de caolinización en micas.
- M 44 en lo esencial gibbsita, con poco material caolinizado, dominan impurezas.

LA PASTA:

La pasta se hizo con material menor malla 100 en las tres muestras. En esta forma fue concentrado el componente "sustancia arcillosa" en cierto grado dentro del material de la pasta, pero se conservó también buena parte de las impurezas.

En la confección de las pastas se usó:

	M 42	M 43	M 44	
Agua de plasticidad	35,20%	35,70%	42,21%	
Agua de contracción	9,27%	10,16%	2,96%	
Agua de poros	25,93%	25,54%	39,25%	
Largos extruídos en cm	7,70 cm	9,40 cm	?	Los trocitos eran menos de 3 cm
Contracción en la secadura (linear)	4,48%	3,45%	1,20%	

M 44 muestra los efectos típicos de la gibbsita (diásporo).

Las pruebas plásticas de M 42 y M 43 tampoco son satisfactorias, pero mejores.

LA COCHURA:

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	Firmeza "D"	Color	Tacto	Peso vol.	Peso espec. aparente	Contracción linear
1100°								
M 42	34,18%	15,96	2	rosado	destiñe	1,45	2,22	1,04%
M 43	43,69%	70,31	2	ladrillo claro	liso	1,51	2,69	3 %
M 44	—	—	1½	ladrillo claro	arenoso	—	—	—
1350°								
M 42	41,82%	105,53	3	casi blanco, pintas pardas	áspero	1,53	2,64	2,78%
M 43	—	—	—	—	—	—	—	—
M 44	—	—	8	pardo oscuro, color de hierro quemado	áspero y duro	—	—	—

Nota: La M 44 no se pudo echar al Kerosene a 1100° sin que se desmoronara; no se pudo tomar más que la dureza a esa temperatura.

Al ser llevada la muestra M 43 de 1100° a 1350° se fundió, dañando las muestras de M 44. Por estas razones no se pudieron tomar todas las medidas acostumbradas.

La *contracción linear* a 1350° se pudo apreciar, sin embargo, en M 44 y es del orden de 40%.

Las muestras 43 y 44 pueden ser quemadas a máximo 1100°, pero no dan ningún producto útil a tal temperatura.

M 42 tiene aún gran porosidad a 1350°; su diferencia entre peso volumen y peso específico es aún grande; tiene aún buen color y ya una moderada firmeza a la compresión; podría ensayarse su comportamiento a temperatura más subida, para lo cual conviene trato con aguas aciduladas para librar la muestra de Fe_2O_3 y CaO. También una serie de ensayos con adiciones de feldespato pueden dar buenos resultados, disminuyendo porosidad, aumentando firmeza, pero rebajando en algo las cualidades refractarias.

GRUPO 15: SONDAJES EN LA UNION

Se hicieron varios sondeos. De éstos llegó el

“Pozo N° 1” a una profundidad de 150’;

“Pozo N° 2” a una profundidad de 120’;

“Pozo N° 3” a una profundidad de 137’;

sin que ninguno de estos 3 barrenos hubiera llegado a roca firme.

Pozo N° 4 dio a las 58’ con roca firme.—Del testigo (corazón) se hicieron secciones delgadas, demostrando que se trata de una diorita con amplia participación de plagioclasas, esencialmente oligoclasas, menos cuarzo, y unas pocas ortoclasas nubadas. Además, había en pequeña cantidad biotitas y hornblendas parcialmente cloritizadas.

Las Muestras de “Pozo 1, 2, 3” son de detrito de barrenadura suelto.

Pozo N° 1 y Pozo N° 3 son macroscópicamente de color rojizo, microscópicamente amarillento; el detrito del Pozo N° 2 es más fresco y contiene aún elementos máficos. En Pozo N° 1 y Pozo N° 3 abundan componentes escamosos.

Pozo N° 1. Muestra M 45: El material escamoso es muy abundante en esta muestra. Este material se asemeja mucho al que habíamos identificado como diásporo con capas de sílice en los especímenes de La Unión (M 16 a M 21). La observación del detrito del Pozo N° 1, Muestra M 45, y de la sección delgada del Pozo N° 4, hacen muy probable que se trata de descomposición de plagioclasas. Las franjas de anortita se transformaron en gibbsita y sílice coloidal, emigrando el carbonato de calcio en su mayor parte. El ópalo se depositó en capas delgadas sobre las escamas restantes.

Bajo el microscopio se pueden ver en este detrito hojitas de feldespatos (albita?) que conserva aún su microtextura de listoncitos; además otras escamitas envueltas por ópalo, y diásporo en costras pardas-amarillentas.

Si continuamos examinando el detrito, veremos que M 46 contiene también abundante cantidad de escamas semejantes, habiendo cambiado únicamente el color. Macroscópicamente tienen ahora (a profundidad algo mayor) estas escamas un color rosado; bajo el microscopio se verá que son las mismas escamas amarillentas pero con un borde rojizo, hierro coloidal, que tampoco tenía salida y se precipitó nuevamente sobre los minerales. Las escamas aparecen generalmente en "librillos" de diferentes capas y con los bordes teñidos rojos. En M 47 y hasta M 52 se repite lo mismo, y siempre es la cantidad tan exageradamente grande, que no se puede admitir que se trata de biotitas alteradas, pues ellas son relativamente pocas en la roca firme y la sericitación es también escasa en la roca firme examinada. Por esto se sugiere la descomposición de plagioclasas como las explica Niggli.

Pozo N° 3 tiene en sus muestras la misma abundancia del material escamoso; solamente su color es más amarillento a pardo, hierro en menos cantidad y en forma de limonita.

Pozo N° 2 aumenta el componente transparente claro no escamoso, tiene además muchos componentes máficos y entre ellos también escamas de un color verde oliva, vistos bajo el microscopio. Biotitas están presentes. Se trata de una región menos meteorizada y de composición diferente.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

En las siguientes discusiones de los gráficos termo-diferenciales DT 24, DT 25 y DT 26 de los Pozos I a III, se confrontan dos tipos de componentes. Uno en estos gráficos llamado "*mica*" y que es el mineral compuesto escamoso, y otro llamado "*arcilla*", y que es menor de malla 230, con amplia determinación del componente escamoso. El Pozo I y el Pozo III tienen el componente escamoso, con muy poca participación de biotitas alteradas; en Pozo II la participación de biotitas alteradas es más importante.

LAS CURVAS TERMO - DIFERENCIALES:

Muestra	Profundidad (en pies)	Tipo de componente	Amplitud del efecto		OBSERVACIONES
			Endotérmico, aprox. entre 550 y 650° en mm	Exotérmico, aprox. entre 950 y 1000° en mm	
Pozo N° I					
DT 24					
M 47	25' a 30'	"mica"	10 mm	5 mm	Ambas curvas abiertas, redondeadas y extensas.
		"arcilla"	18 mm	10 mm		Ambas curvas abiertas, redondeadas y extensas, pero más vigorosas.
M 50	65' a 85'	"mica"	8 mm	5 mm	Ambas relativamente más abiertas, redondeadas, etc.
M 52	100' a 140'	"arcilla"	20 mm	8 mm	Más vigorosas.
		"mica"	6 mm	4 mm	Abiertas, redondeadas, etc.
		"arcilla"	20 mm	8 mm	Más vigorosas. Todas las curvas son simétricas.
Pozo N° II					
DT 25					
M 54	10' a 30'	"mica"	5 mm	2 mm	Ambos efectos extensos y débiles.
M 56	50' a 70'	"arcilla"	15 mm	7 mm	Algo más vigorosos.
		"mica"	2 mm	1 mm	Ambos efectos debilísimos.
		"arcilla"	8 mm	1 mm	El exot. especialmente débil para una "arcilla".
M 58	100' a 120'	"mica"	2 mm	1 mm	Ambos efectos debilísimos.
		"arcilla"	5 mm	2 mm	Ambos efectos extensos y débiles. Pozo II, menos meteorizado, menos caolinizado.
Pozo N° III					
DT 26					
M 60	30' a 55'	"mica"	8 mm	3 mm	Como en DT24 y DT 25, todas las curvas extensas, de poca amplitud, redondeadas, abiertas; y cada vez "mica" más débil que "arcilla".
		"arcilla"	13 mm	8 mm	
M 61	55' a 70'	"mica"	6 mm	2 mm	id. id.
M 64	100' a 137'	"arcilla"	15 mm	8 mm	id. id.
		"mica"	2 mm	2 mm	id. id.
		"arcilla"	15 mm	6 mm	id. id.

En DT 24 hemos antepuesto una curva termo-diferencial de una *biotita inalterada* de San Rafael. Se puede apreciar que biotita fresca no tiene efectos termo-diferenciales.

En DT 24 y DT 26 (Pozos I y III) decrecen los efectos termo-diferenciales para el componente que hemos llamado "mica" hacia la profundidad, mientras que estos efectos se mantienen y hasta aumentan para los componentes que hemos llamado "arcillas" hasta las 140' de profundidad.

En DT 25 (Pozo II, el menos meteorizado), disminuye el efecto endo-exotérmico en el componente "mica" y en el componente "arcilla" paulatinamente con mayor profundidad.

La cristalinidad del material arcilloso es mejor en Pozo I y Pozo III que en Pozo II. En el Pozo I y Pozo III hay más cantidad del material escamoso compuesto tanto dentro de lo que hemos llamado "mica" como dentro de lo que hemos llamado "arcilla" (DT 24 y DT 26). En el intervalo en que se produce el efecto endotérmico en caolines pueden reaccionar aquí tanto caolinita como también diásporo. Diásporo culmina en 560 y caolinita próximo a 600°. Vea al efecto también el componente "mica" en DT 25.

LA PASTA:

La pasta se hizo con material menor de malla 170; el componente escamoso compuesto estaba solamente parcialmente eliminado. La cantidad de material entregada de cada muestra era pequeña. Alcanzó para hacer algunas galletas, pero no para cubos y barritas.

Se ha necesitado mucha agua de plasticidad para la preparación de las pastas. El material del Pozo I requirió algo más de 50% (de peso) de agua de plasticidad, y el de los Pozos II y III algo menos de 50%.

De esta agua de plasticidad son aproximadamente 7% agua de contracción; todo lo demás se depositó en los intersticios de las impurezas.

Esta situación también se refleja en la secadura. Se puede ver que la contracción lineal en la secadura ni alcanza unos 3% (excepcionalmente se aproxima alguna vez a 4%). Todo esto demuestra el bajo porcentaje de sustancia arcillosa presente en las muestras. Para pruebas de plasticidad con la máquina de extrusión no alcanzó el material. (Pasando por la máquina, se pierde siempre cierta cantidad por contacto con aceite).

LA COCHURA:

1200°	Profundidad	Porosidad aparente	Contracción lineal	°D	Tacto	Color
Pozo I	total 150'					
	parte superior	de 49,74 a 48,30%	de 4,80 a 4,07%	2	arenoso, destiñe	rosado, casi blanco
	parte central	de 48,30 a 52,94%	4,07%	3 a 4	arenoso, destiñe	rosado, casi blanco
	parte inferior	de 52,94 a 46,53%	de 4,07 a 5,02%	2	arenoso, destiñe	rosado carmesí
Pozo II	total 120'	de 48,06 a 36,90%	de 4,39 a 6,13%	5 a 7	aspereza fina	gris blanco a gris claro
Pozo III	total 137'					
	parte superior	de 45,98 a 48,83%	de 4,87 a 5,78%	3	arenoso, destiñe	rosado
	parte inferior	de 48,83 a 47 %	de 5,78 a 5,69%	4	arenoso, destiñe	rosado

Pozo II da un producto de aspereza fina, duro y firme a los 1200°; la dureza y la contracción aumentan progresivamente hacia la profundidad en la cual fue tomada la muestra; la porosidad disminuye en la misma dirección. Aparentemente hay más sustancia arcillosa a 120' de profundidad que a 30'.

Pozo I y Pozo III: La cantidad del material compuesto escamoso es grande y llega a su máximo en las partes centrales. Más de 50%. Esto impedirá una preparación económica del material si no se le encuentra una aplicación al material escamoso también. Posiblemente como material refractario de alta temperatura. Ensayos al respecto faltan. La influencia de ese componente la hemos visto ya en M 16 y M 17 hasta 1350° y 1400°.

GRUPO 16: SANTA ELENA

M 65 a M 70.

Los especímenes M 65 a M 70:

De M 65 y M 66 se hicieron dos exámenes de granulometría: uno, el que está copiado en C/I —8— y que aquí para ambas muestras recibirá la designación "A", y otro que en ambas muestras se designará con "B" y que es un examen de granulometría tamizando y lavando simultáneamente.

M 65: Clases de tamaños.

Forma:	1 mm	½ mm	¼ mm	0,125 mm	0,09 mm	0,02 mm	menor 0,02 mm	Total
"A"	0 %	0,08%	7,92%	9,90%	27,11%	51,87%	3,12%	100%
"B"	0,78%	0,99%	2,54%	2,77%	3,16%	3,46%	86,30%	100%
<i>M 66:</i>								
"A"	—	0,26%	16,70%	27,77%	34,58%	20,37%	0,52%	100%
"B"	0,23%	1,50%	5,30%	11,24%	17,16%	10,51%	54,06%	100%

Las pastas se hicieron con lo menor de malla 100, es decir, menos las primeras cuatro clases de tamaño. La suma de las primeras 4 clases es en A por 10% mayor que en B para la M 65, y en la M 66 por 16¼% mayor. Las dos diferencias se deben a aglomeraciones de componentes finos en una masa de arcilla.

En M 65 son 13,70% en total menores de malla 270 (0,02 mm) lo más fino que podemos separar, como lo demuestra Forma "B". Tenemos pues la posibilidad de examinar que está en los componentes gruesos (mayor de malla 270) como impureza; y que en lo menor de 0,02 mm.

Mayor de 0,02 mm tiene la mayor parte sílice libre. Los 13,7% se pueden repartir en 10% sílice libre y 3,7% elementos máficos y poco de feldespato caolinizado o fuertemente meteorizado.

Lo menor de malla 270 contiene también sílice fina, fragmentos de biotitas meteorizados, unas hojitas finas irisantes que podrían ser talco, y pequeños cristallitos máficos de esfena, espinelas de hierro, magnetita, costrillas fragmentadas, arriñonadas casi negras de calvas pardas, además pigmentos rojos y amarillentos de óxidos e hidróxidos de hierro.

El análisis químico demuestra que la relación de sílice a alúmina es 1,5 y que hay 7,52% de Fe_2O_3 , y 3,20% de CaO.

En M 66. Es el total de impurezas menores de 0,02 mm = 54,06% y por consiguiente lo mayor = 45,94%.

En lo mayor de malla 270 abunda el componente arenita, esencialmente sílice libre, varios elementos máficos y feldespatos alterados fuertemente, solo en proporción mayor que en M 65; y lo mismo se puede decir de *lo menor de malla 270*, que son en lo esencial las mismas impurezas, pero que su proporción relativa es algo menor que en M 65.

El análisis químico demuestra una relación sílice-alúmina de 1,8; acusa 11,12% de Fe_2O_3 y 4,38% de CaO; es decir, sílice, hierro y cal más que en M 65, y además 4,38% “no determinado”, muy posible álcalis.

M 67 y M 69 son ambas muestras secadas al aire libre, pero su arcilla es la misma arcilla plástica de M 65 y M 66. Su color es gris amarillento porque están secas. Las impurezas de estos dos especímenes son esencialmente claras; las máficas faltan casi por completo. Hay más impurezas relativamente grandes, es decir, más de aquellas que se eliminan en las primeras 4 clases que no entran en la pasta.

M 68: su color y su plasticidad natural es semejante a M 65. Los componentes máficos son más escasos que en M 65, pero están presentes aunque fuertemente meteorizados. También aquí se separan por tamización relativamente muchas impurezas en las primeras cuatro clases que no entran en la pasta.

M 70: tiene relativamente menos impurezas gruesas que se eliminan en la tamización para la pasta, y las máficas son frecuentes, especialmente las meteorizadas.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

DT 27. Las seis muestras de Santa Elena; sensibilidad 5%; malla 270; presecado 105°.

LAS CURVAS TERMO - DIFERENCIALES

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
DT 27						
M 65	293	306	329	36	2 mm	Endot. limonita.
	529	589	615	86	16 mm	Endot. Ppl. arcilla, asimétrica.
	907	950	981	74	3,5 mm	Exot. arcilla, con inflexión aprox. 900° abierta.
M 66	110	310	329	219	5 mm	Endot. Inicial + limonita.
	529	589	615	86	16 mm	Endot. Ppl. arcilla, asimétrica.
	907	964	981	74	3,5 mm	Exot. Ppl. arcilla, con inflex. a 900°.
M 67	525	589	641	116	25 mm	Endot. Ppl. arcilla, simétrica, muy abierta.
	907	938	981	74	10 mm	Exot. Ppl. arcilla, semi-aguda.
M 68	530	589	620	90	16 mm	Endot. Ppl. arcilla, asimétrica.
	900	950	990	90	2,5 mm	Exot. Ppl. arcilla, débil. Inflexión aprox. 900°.
M 69	280	—	320	40	1 mm	Endot. limonita, débil.
	523	579	600	77	13 mm	Endot. Ppl. arcilla, simétrica, abierta, redondeada.
	940	957	980	40	2,5 mm	Exot. Ppl. débil. Inflexión aprox. 900°.
M 70	292	306	327	35	2 mm	Endot. limonita.
	523	579	600	77	10 mm	Endot. Ppl. arcilla, abierta.
	650	700	750	100	4 mm	Endot. 2ª de alta temp.
	890	950	970	80	2,5 mm	Exot. Ppl. arcilla. Inflexión aprox 900°.

El aspecto general de las curvas es el de un caolín; puede tratarse de caolinita mal cristalizada o fracturada, como sucede en redepositaciones, o de una halloysita. La presencia de limonita en mayor escala induce que ha tenido lugar una redepositación de sedimentos. Pero con caolinita mal cristalizada no lo podemos explicar todo. Ciertos aspectos de las curvas termo-diferenciales confirman que existe una mezcla de arcillas en este yacimiento —es decir, redepositación—.

En *M 70* tenemos un segundo efecto endotérmico de alta temperatura que culmina en 700°C, y que es propio de montmorillonita. Además, el efecto exotérmico final está precedido por una pequeña inflexión endotérmica propia tanto de las illitas como de las montmorillonitas. El efecto endotérmico inicial es por lo general para las montmorillonitas un efecto muy vigoroso; aquí no lo es. Es difícil decidir si aquí se trata de una mezcla caolinita-illita, o de una mezcla caolinita-montmorillonita. Debemos recurrir al estudio de otras pruebas hechas para tomar una decisión.

De las muestras M 65 y M 66 tenemos aún análisis químicos. M 65 tiene 7,52% Fe_2O_3 y que M 66 11,12% de Fe_2O_3 .

Además, M 65 pierde en su espécimen 8,24% y M 66 = 9,99% de sustancia en la cochura entre 105 a 900°C.

Si el Fe_2O_3 del análisis estuviera contenido completamente en forma de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ en los especímenes, hubiera

2,54% de H_2O en M 65, y

3,76% de H_2O en M 66, combinados al hierro.

En verdad, no todo es limonita, pero también así, si rebajamos por completo los 2,54% y respectivamente los 3,76%, restarían para el agua de cristalización de la sustancia arcillosa contenida todavía, en M 65 = 4,98%, y
en M 66 = 7,36%.

Si toda la muestra fuera illita pura, sin impurezas, = 100% de illita, ella no podría contener más que unos 3,6% de peso de agua. Pero los especímenes no son 100% de arcilla; su contenido en sustancia arcillosa es entre 30 y 35%. De una mezcla de caolinita y montmorillonita pueden salir fácilmente los porcentajes de agua restantes para la sustancia arcillosa. (Salida entre 105 y 900°).

Podemos ver, además, en DT 27, que M 65 y M 66 tienen una pequeña culminación exotérmica a 870°C (no mencionada expresamente en la lista, pág. 117). Esta puede ser interpretada como presencia de nontronita, produciéndose este efecto térmico por la descomposición de la red ya deshidratada, recristalizando el hierro de la posición octaedral, formándose hematita o magnetita. Montmorillonita en forma de nontronita explicaría también el alto contenido de hierro de los especímenes.

Se trata de una arcilla mixta caolinita con montmorillonita-nontronita.

LA PASTA:

De las seis muestras en referencia, se hizo con material menor malla 100, salvo M 68, que se hizo con material menor malla 170.

Los valores de los largos extruídos, los para los índices de Rieke y las contracciones lineares en la secadura, acusan valores demasiado altos. Plasticidad en exceso.

RECOPIACION DE ALGUNOS DATOS IMPORTANTES DE LA COCHURA

1° para la temperatura de 900°

	Contracción lineal	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	^o D	Tacto	Color	Peso esp. apar.	Peso vol.
900°								
M 65	0,64%	41,37%	100,77	3	liso	rosado claro	2,68	1,55
M 66	0,60%	43,13%	90,14	3	liso	rosado claro	2,61	1,48
M 67	3,70%	47,48%	44,93	3	liso	crema	2,61	1,57
M 68	2,50%	45,43%	78,96	7	liso	salmón	2,58	1,38
M 69	1,19%	48,35%	67,97	5	liso	rosado claro	2,87	1,34
M 70	2,29%	45,10%	57,89	5	liso	rosado pardo	2,76	1,50
1200°								
M 65	5,72%	31,68%	261,31	5	aspereza fina	crema	2,71	1,86
M 66	6,68%	28,25%	146,36	5½	aspereza fina	crema	2,56	1,84
M 67	8,15%	18,45%	181,75	7	liso	crema claro	2,73	--
M 68	9,10%	(32,03 a 1100°)	61,50	8	aspereza fina	crema amarillenta	2,68	1,83
M 69	8,36%	31,25%	156,93	8	aspereza fina	crema amarillenta	2,63	1,79
M 70	6 %	37,70%	211,28	7	liso	crema pardo	2,73	1,70

Quemadas las muestras a 900°C, estas muestran poca firmeza; las condiciones mejoran a 1200°C. Como la porosidad todavía es grande y las diferencias entre peso específico y peso volumen también, puede suponerse que aglomerando más a mayor temperatura mejorarían las condiciones de firmeza.

Gran dureza superficial significa vitrificación superficial, que si se produce a muy baja temperatura puede causar agrietamientos. En M 65 y M 66 la dureza superficial a 1200° es aún baja; la porosidad al mismo tiempo alta. El alto contenido de hierro y posiblemente como constituyente de la arcilla misma (nontronita) puede causar una vitrificación rápida y completa (pero también fundición) a temperaturas poco más altas. También el gran contenido de cal favorece la vitrificación total. Por consiguiente, se podrían hacer ladrillos vitrificados, cuidando que su enfriamiento, después de cocidos, sea lento. Se podría producir un producto que no absorbe agua, que es duro (sonoro) y que se emplea con mortero hidráulico en puentes, cimientos, revestimiento de fosas de aguas servidas, etc., etc.

A temperatura más baja, parece que este material no da productos lo suficientemente resistentes sin adiciones. Pero agregando feldespato a M 67 a M 70, estas arcillas grasas, que deben contener álcalis (montmorillonitas) pueden servir como gres cerámica cociendo de CS 9 (1280°C) en adelante. Cal debiera ser eliminada. Si no se puede sacar la cal, quedaría siempre el uso como loza calcárea a la cual se le suele agregar de 5 a 20% de creta y casi iguales partes de cuarzo (más o menos 40%), y de hidrosilicato de aluminio (40 a 45%).

Los grupos 17, 18, 19 y 20 están representados con las M 72, M 73, M 74 y M 75 en la hoja de gráficos termo-diferenciales DT 28; y los trataremos por esto juntamente.

GRUPO 17: SONSON

El espécimen M 72:

El aspecto general del espécimen es el de una caolinita. Su color es blanco, su consistencia terrosa, ambas cosas en estado seco. Muestras húmedas son gris-amarillentas. Los especímenes tienen segregaciones en capitas de limonita parda.

Bajo el microscopio se nota en todas las clases separadas por tamizadura una fuerte participación de sílice. La curva termo-diferencial es la de una caolinita que tiene cuarzo finamente mez-

GRUPO 18: MUNICIPIO DE GIRARDOTA

La muestra M 73 es de la Ladrillería "San Diego", Municipio Girardota.

El color del espécimen es gris verdoso con manchas rojizas a amarillentas. La participación de arcilla es pequeña. Entre las impurezas dominan los componentes claros transparentes, cuarzo y feldespatos (albita?). El contenido de hierro es importante. Las impurezas son subangulares. El aspecto general es el de una cuarzo-diorita descompuesta.

GRUPO 19: TARSO

Tarso, Andesita descompuesta.

El espécimen M 74 es de color rojo y contiene mucho hierro, poco de rutilo y carbonatos. Feldespatos alterados son frecuentes.

GRUPO 20: MUNICIPIO ARCADIA

Municipio Arcadia, carretera Támesis-Palermo.

El espécimen M 75 contiene vidrio fragmentado, feldespato, mineral de hierro y pigmento de hierro.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

DT 28, Grupos 17, 18, 19 y 20 / M 72, M 73, M 74 / Muestras presecadas 105°; tamaños menor malla 270; sensibilidad 5%.

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES

Grupo	Mst.	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
DT 28							
17	M 72	500	590	620	120	17 mm	Endot. Ppl. arcilla; abierta, interfiere efecto exot. del cuarzo.
		962	990	1010	48	16 mm	Exot. Ppl. arcilla; aguda, bien marcada.
18	M 73	50	110	150	100	2 mm	Endot. inicial.
		500	576	615	115	12 mm	Endot. Ppl. arcilla; simétrica, muy abierta.
		870	917	950	80	2 mm	Exot. Ppl. arcilla; muy plana, débil, extensa.
19	M 74	65	117	180	115	6 mm	Endot. inicial; algo más pronunciada.
		517	583	612	95	15 mm	Endot. Ppl. arcilla; asimétrica, abierta.
		900	947	982	82	6 mm	Exot. Ppl. arcilla; redondeada.
20	M 75	65	110	171	106	5 mm	Endot. Inicial.
		500	576	600	100	12 mm	Endot. Ppl. arcilla; abierta, extensa.
		869	910	960	91	4 mm	Exot. Ppl. arcilla; muy plana, débil, extensa.

M 72: Sonsón: La cristalinidad es buena, los cristales de arcilla son grandes; el cuarzo admixto es de granulación fina. Caolinita + algo de halloysita.

M 73: Girardota: Caolinita mal cristalizada y de cristales pequeños + illita; presencia de feldespatos no caolinizados.

M 74: Bolombolo: Caolinita de cristalinidad moderadamente buena dentro de mucha impureza.

M 75: Arcadia: Caolinita de mala cristalinidad y de cristales pequeños + illita.

LA PASTA:

M 72: La pasta se hizo con material menor de malla 100.—La muestra tenía mucho cuarzo de tamaño silt; éste quedó dentro de la pasta. La cantidad de agua de plasticidad era relativamente grande y solamente aproximadamente $\frac{1}{4}$ de ella formó el agua de contracción. La extensión dio un largo de 19 cm; esto se debe en parte al cuarzo fino, pues la arcilla no es muy abundante, máximo 30%. Conforme a esto, la contracción en la secadura era pequeña y el volumen de poros en la pasta secada, grande.

M 73; M 74; M 75: La pasta se hizo en M 73 y M 74 con material menor malla 270, y en M 75 con material menor malla 100.

Los largos extruídos eran en M 73 = 56 cm; en M 74 = 2 a 3 cm; en M 75 = 11 cm. De esto se desprende que las impurezas no plásticas de M 73 fueron eliminadas con malla 270; mientras que en M 74 no; y en M 75 en poca cantidad, pero estas últimas usando malla 100.

LA COCHURA:

Recopilación de algunos datos a 900° y a 1200° de cochura.

		Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Color	Tacto	Peso vol.	Peso esp. aparente	Contracción lineal
900°									
Gr. 17	M 72:	48,18	?	3	rosado claro	liso	1,82	2,60	2,81
Gr. 18	M 73:	38,89	131,06	3	café claro	liso	1,65	2,60	1,46
Gr. 19	M 74:	44,52	161,06	3	ladrillo	liso	1,54	2,77	4,84
Gr. 20	M 75:	39,21	200,10	3	ladrillo	liso	1,63	2,68	2,40
1200°									
Gr. 17	M 72:	36,54	?	6½	blanco	liso	1,70	2,68	8,95
Gr. 18	M 73:	9,96	194,18	7	vermellón	liso	2,15	2,38	8,38
Gr. 19	M 74:	19,40	525,79	5	ladrillo	liso	2,27	2,82	12,75
Gr. 20	M 75:	29,39	270,86	5	ladrillo	levemente áspero	1,94	2,71	6,86

NOTAS

M 72: No tiene pruebas de compresión. Los cubos se reventaron en el horno poco antes de llegar a 600°. Con las barritas sucedió lo mismo, mientras que las galletas, que son más delgadas y de confección diferente, no sufrieron daño. Según Salmang, comienza la vitrificación en ladrillos ricos en fundentes a 525°; la conversión del cuarzo se produce alrededor de 573°. Ambos efectos se producen antes de llegar a 600° y ambos con aumento de volumen. Este mayor volumen podría ser absorbido por la porosidad, pero la porosidad subió entre 350 y 600° —y hasta 800° también—. Esto lo prueban los ensayos.

En el mismo intervalo, antes de llegar a 600°, se produce también la deshidratación en el Aparato Termo-Diferencial. En la Cochura de las pruebas el intervalo de deshidratación llegó en M 72 hasta 800°. La deshidratación mantuvo los poros abiertos y hasta aumentó su volumen. Así en las galletas.

En los cuerpos de prueba más gruesos, ya semejante a trozos de ladrillo, el agua no estaba tan bien distribuida en toda la masa por los defectos de confección de estos cuerpos. (Vea pág. 61 de este informe). Los caminos a la superficie son más largos, el calentamiento interior y exterior es disperejo, especialmente por mala distribución, mala homogenización de la pasta. Las capas exteriores ya pueden comenzar a vitrificarse haciendo fundentes, mientras que en el interior aún se producen tensiones por expansiones de volumen (vidrio y cuarzo) y por la presión de vapor del agua de hidroxilo que sale hasta los 800° en este caso.

Los cuerpos de prueba dieron en Kerosene colores violáceos y podría culparse a la halloysita de estos efectos (A/I —8— (x_g) Grim), pero la temperatura de 600° parece muy baja para este caso.

Debemos suponer que homogenizando bien el material en malaxadoras, trabajando al vacío y con prensas mecánicas poderosas no sucederá en la práctica lo que ocurrió en el laboratorio.

M 73: No estaba agrietada y tampoco destiñó a 900°; y a los 1200° estaba firme.

M 74: Mostraba fuertes agrietamientos en sus galletas a 900 y 1200°.

M 75: Mostraba fuertes agrietamientos en sus galletas a 900 y 1200°.

Uso: Por los sucesos en la cochura, es difícil indicar algún uso para el material de M 72. La contracción de la galleta es moderada, la porosidad aún alta, la diferencia entre peso específico y de volumen también es grande aún. Podría suponerse que subsanando la dificultad en la cochura como indicado, que podría servir el material como refractario a base de sílice. Posiblemente chamota.

Pero como no se conoce análisis químico, es difícil expresarse sobre el caso.

M 73: Con una porosidad aparente de 9,96, y una total de 14%, este material está a 1200° no muy distante de su punto de vitrificación total, pero su resistencia es a esa temperatura apenas 200 kg/cm².

900°: *M 73, M 74, M 75*: tienen resistencia a la rotura moderada, buen color para ladrillo y su porosidad hace de este material un buen ladrillo de construcción para muros interiores; aísla, y es liviano a la vez.

M 74: tiene buena resistencia a la rotura a 1200°, pero las galletas estaban fuertemente agrietadas a 900° y 1200°. Un análisis químico no existe, pero se puede ver que la muestra tiene mucho hierro y que tiene carbonato. Si se quiere seguir adelante sin sacar el hierro y la cal, alentado por la buena firmeza obtenida, se pueden aun aumentar estos fundentes agregando óxido de hierro y tiza para la fundición mejor. El agrietamiento se debió seguramente al carbonato. Por consiguiente, debe procederse a calentar por largo tiempo a temperatura baja para sacar el CO₂ antes de que empiece la vitrificación. Igualmente, habiéndose conseguido finalmente vitrificación completa o casi completa, debe enfriarse igualmente lentamente. Se podría intentar así producir ladrillos vitrificados; pero también se puede sacar el hierro y la cal levigando ácido y se pueden probar adiciones de feldespato para producir loza.

GRUPOS 21 Y 22: LIBORINA Y MESOPOTAMIA

Muestras: *M 76 y M 77*.

Los especímenes:

- Gr. 21/*M 76*: El espécimen es laminado, de color gris-amarillento con manchas color naranja. Contiene piritas, hematitas y otros minerales de hierro, y clorita. Las impurezas principales son cuarzo y feldespato.
- Gr. 22/*M 77*: El espécimen contiene mucho cuarzo y otros minerales transparentes, además clorita y grafito opaco. El espécimen es estratificado, aparenta ser una filita descompuesta. En estado seco se siente arenoso y es entonces desmoronable.

LAS CLASES DE ARCILLA PRESENTES:

Curvas termo-diferenciales; sensibilidad, 5%; tamaños menor malla 270; presecado a 105°C.

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
DT 29:						
Gr. 21/M 76	300	—	540	240	3 mm	Exot. impurezas.
	540	590	630	90	8 mm	Endot. Ppl. arcilla; simétrica, abierta.
	—	900	—	—	—	Leve inflexión.
	900	980	1000	100	1 mm	Exot. Ppl. arcilla; plana, debilísima.
Gr. 22/M 77	350	—	540	190	2 mm	Exot. impurezas.
	540	590	630	90	19 mm	Endot. Ppl. arcilla; simétrica, abierta,
	—	—	—	—	—	semi-aguda.
	970	1000	1030	60	12 mm	Exot. Ppl. arcilla; simétrica y aguda.
En 76 se trata de una caolinita de cristalinidad deficiente.						
En 77 de una caolinita bien cristalizada, de cristales grandes.						

LA PASTA PLASTICA:

En ambos casos se hizo la pasta con material menor malla 270.

M 76 necesitó 25,67% de *agua de plasticidad*, mientras que M 77 necesitó 40,28%.

La relación de agua de contracción a agua de plasticidad era

$$\begin{aligned} &\text{en M 76} = 1/3 \\ &\text{y en M 77} = 1/4 \end{aligned}$$

La relación de agua de poros a agua de plasticidad era

$$\begin{aligned} &\text{en M 76} = 2/3 \\ &\text{y en M 77} = 3/4 \end{aligned}$$

Los largos de extracción eran

$$\begin{aligned} &\text{en M 76} = 19 \text{ cm} \\ &\text{y en M 77} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

La contracción linear en la *secadura* era

$$\begin{aligned} &\text{en M 76} = 5,72 \\ &\text{y en M 77} = 5,09 \end{aligned}$$

El volumen de intersticios entre las impurezas eran en M 77 más o menos el doble de M 76. Esta diferencia en el volumen de vacíos no se debe solamente a la cantidad de impurezas sino también a su forma. Colores de interferencia concéntricos en los granos de cuarzo de M 77 prueban que éstos son gruesos; en M 76

las formas son más planas. M 77 tiene por esto desde un principio una predisposición a mayor porosidad y menor firmeza por debilitación de la coherencia.

LA COCHURA:

Recopilación de algunos datos tomados a 900 y a 1200°C.

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Color	Tacto	Peso vol. aparente	Peso esp. aparente	Contracción lineal
900°C								
Gr. 21/M 76	36 %	54,05	2½	ladrillo claro	liso	1.78	2.65	+ 0,20%
M 77	44,96%	22,09	2½	blanco	finamente áspero	1.33	2.43	+ 0,01%
1200°C								
Gr. 21/M 76	9,76%	428,88	5	pardo	liso	2,27	2,52	8,76%
M 77	41,46%	78,64	4	blanco	liso	1,57	2,53	3,78%

A 900° había expansión en vez de contracción lineal, debido a la sílice libre finamente repartida. El mayor aumento lineal era a 800° con + 0,46 en M 76 y + 0,02% en M 77. También aquí se manifiesta el crecimiento más en M 76 con menor volumen de poros, que en M 77 con mayor volumen de poros, donde parte del crecimiento de las partículas pudo ser absorbida por los poros.

La mayor firmeza de M 76 a 1200° se produce por la contracción, debido al contenido de hierro que actúa como fundente. A esa temperatura M 76 ya está próxima al límite de contracción, mientras que M 77 aún tiene una gran porosidad y poca firmeza; y baja dureza superficial. A 1200° su dureza superficial es solamente 4; es decir, podemos llevar sin peligro a M 77 a temperaturas más altas, así que aglomere y forme un producto duro. Es de suponer que en M 77 tenemos un buen material refractario. Sin análisis es difícil decir más.

GRUPO 23: BETANIA

Los especímenes M 79 y M 80:

M 79: El espécimen es una arcilla blanda de color gris con manchas anaranjadas. Contiene impurezas claras, generalmente no transparentes, subangulares, restos de feldespatos, cuarzo secundario, calcedonia botroidal. El pigmento de los elementos opacos es limonita. *Betania, Mina Vieja.*

M 80: También este espécimen es una arcilla blanda. Las impurezas cristalinas son subangulares, claras, pero rara vez transparentes. Pigmentos pardo amarillos y alguna vez verdosos. Elementos oscuros son raros, salvo trozos grandes angulares a subangulares de chert negro.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
DT 30						
Gr. 23/M 79	50	—	200	150	1 mm	Endotérmica inicial; débil, doblete.
	521	574	600	79	8 mm	Endot. Ppl. (se inicia y culmina temprano); simétrica, abierta.
	—	610	—	—	—	Una débil inflexión.
	750	—	850	100	1 mm	Endot. 2ª; débil.
	923	945	968	45	2 mm	Exot. Ppl. (con débil inflexión inicial).
M 80	50	—	200	150	3 mm	Endot. inicial; débil, doblete.
	250	—	490	140	2 mm	Exot. impurezas.
	490	563	600	110	6 mm	Endot. Ppl. (inicia y culmina temprano); simétrica, abierta.
	—	610	—	—	—	Débil inflexión.
	750	—	850	100	2 mm	Endot. 2ª, débil.
	850	900	1000	150	2 mm	Exot. Ppl. (con pequeña inflexión inicial).

Se trata de una arcilla mixta. Illita y montmorillonita; la cristalinidad de ambas es baja. M 79 tiene más illita; M 80 más montmorillonita. El componente montmorillonita es cálcico.

La pasta plástica:

Ambas arcillas son ampliamente plásticas. El largo de extrusión de M 80 es 112 cm y el de M 79 = 66 cm.

M 79 necesitó 28,56% de agua de plasticidad, de la cual correspondieron 13,75% a agua de contracción y 14,81% a agua de poros.

M 80 necesitó 38,03% de agua de plasticidad, y de ésta correspondió 24,57% a agua de contracción, mientras que 13,46 eran agua de poros.

La disponibilidad para la futura porosidad es en ambos casos casi igual. En cambio, es la contracción linear en la secadura muy diferente: en M 80 = 13,24% y en M 79 = 7,78%.

LA COCHURA:

Recopilación de algunos datos correspondientes a 900° y a 1200°.

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	"D	Color	Tacto	Peso vol.	Peso esp. aparente	Contracción lineal
900°								
Gr. 23/M 79	35,54%	165,78	5	ladrillo claro	liso	1,71	2,64	0,13%
M 80	35,20%	129,03	4	ladrillo claro	liso	1,73	2,66	1,16%
1200°								
Gr. 23/M 79	26,24%	279,24	8	pardo-rojizo	áspero	1,92	2,66	4,44%
M 80	3,04%	315,65	6	rojo indio	liso	2,09	2,14	6,55%

A 1200° M 80: Un cubo sufrió fuertes agrietamientos, las galletas estaban igualmente agrietadas en forma más leve. La porosidad *total* es aún 15,7 y el peso específico *verdadero* 2,48. El peso específico bajo se debe a la formación de vidrio.

M 79: Las muestras demuestran primeramente un crecimiento por sílice libre repartida, especialmente en M 79 a 600°. Por lo general son los valores de M 79 a 1200° mejores que los de M 80, salvo la resistencia a la compresión.

El mejor intervalo de temperatura para este material parece ser el entre

900 - 1000° para ladrillos y tejas. Trabajando con prensas y con galleteras al vacío, mejorarán los valores de firmeza mucho. A esas temperaturas los colores son buenos y el peso volumen bajo. Sin adición alguna servible como ladrillo, muros interiores por su porosidad.

GRUPO 24: ANDES

Los especímenes M 81 y M 82:

M 81: *Andes = Tejar del Municipio, Barrio San Pedro.*

El espécimen es una arcilla gris verdosa con costras pardo-rojizas intercaladas. Aparte del pigmento de hidróxido de hierro hay impurezas transparentes cristalinas a translúcidas, esencialmente sílice.

M 82: *Andes = Aereouerto (Adobe).*

Los componentes no-arcillosos son semejantes a los en M 81, pero contiene además guijarros de esquistos no cuarzosos.

LAS ARCILLAS PRESENTES:

DT 31: Tamaño menor malla 270; sensibilidad 5%; presecado a 105°C.

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES

	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
M 81	—	130	—	—	1 mm	Inflexión endotérmica.
	—	310	—	—	1 mm	Endot. limonita.
	350	—	550	200	4 mm	Exot. impurezas.
	550	580	600	50	6 mm	Endot. Ppl. arcilla; débil, efecto de SiO ₂ .
	900	957	990	90	4 mm	Exot. Ppl. arcilla; débil.
M 82	100	—	170	70	2 mm	Endot. Inicial.
	—	310	—	—	—	Inflexión.
	500	570	594	94	9 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	850	920	1000	150	1 mm	Exot. Ppl. de alta temperatura, muy plana, e inicia muy temprano.

La arcilla presente es una arcilla mixta, illita + halloysita.

La pasta plástica: M 81 con material menor malla 100, y M 82 menor malla 170. Los largos extruídos eran excesivamente largos: M 81 = 87 cm y M 82 = 104 cm. La contracción *en la secadura* era para M 81 = 11% y para M 82 = 11,60%, es decir, muy grandes.

LA COCHURA: A 900° Y A 1200°.

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	Firmeza °D	Color	Tacto	Peso vol.	Peso esp. aparente	Contracción linear
900°								
M 81	38,69%	176,63	4	ladrillo	liso	1,66	2,72	1,34%
M 82	36,35%	151,76	4	ladrillo oscuro	liso	1,71	2,68	1,33%
1200°								
M 81	20,89%	283,28	6	pardo rojizo	algo áspero	2,08	2,64	7,38%
M 82	7,39%	268,30	7	chocolate	algo áspero	2,34	2,42	8,40%

Nota: A 900° se reventó una galleta entre 800 y 900° en la M 81, y se trizó un cubo de esa misma pasta

En M 82 se agrietaron los cubos.

A 1200° se trizó un cubo de M 81, y los cubos de la 82 se agrietaron.

M 82 está a 1200° próximo al límite de temperatura a que puede quemarse.

900° - 1000° son las temperaturas más favorables para M 81 y M 82.

Uso: Ladrillos de construcción.

GRUPOS 25 Y 26: MUNICIPIOS DE ANDES Y JARDIN

M 83: Municipio Andes, Corregimiento San José.

M 84: Municipio Jardín, Tejar de la Parroquia.

Los especímenes:

M 83: Un adobe, contiene una cantidad moderada de arena.

M 84: Contiene casi ninguna arena.

LA CLASE DE ARCILLA PRESENTE:

CURVAS TERMO - DIFERENCIALES						
	Ini- cia	Cul- mina	Ter- mina	Extensión grados	Amplitud 5% en mm	Clase de curva y forma
M 83	70	119	172	102	5 mm	Endot. Inicial.
	524	570	612	88	7 mm	Endot. Ppl. arcilla; poco asimétrica.
	—	900	—	—	—	Débil inflexión.
	900	918	975	75	2 mm	Exot. Ppl. arcilla; muy plana.
M 84	70	119	172	102	6 mm	Endot. Inicial.
	519	570	612	83	9 mm	Endot. Ppl. arcilla.
	—	900	—	—	—	Débil inflexión.
	900	918	974	74	6 mm	Exot. Ppl. arcilla.

La arcilla es en ambos casos una mezcla de illita y caolinita.

LA PASTA PLASTICA:

Se hizo en ambos casos con material tamizado menor malla 170.

Los largos extruídos son en ambos casos muy grandes:

$$M 83 = 75 \text{ cm};$$

$$M 84 = 109 \text{ cm}.$$

La contracción linear en la secadura era:

$$M 83 = 13,74\%;$$

$$M 84 = 16,61\%.$$

M 84: Una galleta se dañó ya en la secadura.

LA COCHURA: A 900 Y A 1200°

	Porosidad aparente	Firmeza kg/cm ²	°D	Color	Tacto	Peso vol.	Peso esp. aparente	Contracción linear
900°								
M 83	37,62%	156,71	4	ladrillo claro	liso	1,69	2,70	0,83%
M 84	36,04%	162,45	4	pardo rojizo	liso	1,68	2,63	2,18%
1200°								
M 83	26,10%	315,31	4	ladrillo	áspero	1,93	2,66	7,38%
M 84	19,92%	370,02	6	rojo indio	liso	2,07	2,59	7,65%

Nota: M 84. Todas las galletas se agrietaron ya desde 700° en adelante; a 1200° se trizó un cubo. El material es demasiado graso; deben usarse magrantes.

Uso: M 83 y M 84 a 900 - 1000° ladrillos de construcción.

CONCLUSIONES

TIPOS DE ARCILLAS EXAMINADAS:

Pizarras arcillosas y arcillas duras, cuya explotación se hace posiblemente con explosivos y que tienen necesidad de trituración mecánica antes de todo otro trato:

Amagá: M 1, 2, 3, 4 / *El Loro*, Antioquia, M 5, 6, 7, 8, 9, 10.
Angelópolis: M 12, 13, 14, 15.

Arcillas blandas blancas: cuya explotación se puede hacer con medios manuales o palas mecánicas, etc.

Amagá: M 1, 2, 3, 4. *El Loro*, Antioquia, M 5, 6, 7, 8, 9, 10.
Rionegro: M 41 / *Sonsón:* M 72.

Levigación, etc., necesaria para purificar y concentrar la cao-
linita como materia prima.

Arcillas de Tejares: explotación con medios manuales, palas
mecánicas, etc.

El Guayabal: M 11, M 71, M 78 / *Girardota:* M 73.
Betania: M 79, 80 / *Andes:* M 81, 82 / *Andes, Jardín:* M 83, 84.

Arcillas plásticas: explotación con medios manuales, palas
mecánicas, etc.

Las Ovejas: M 22, 23, 24 / *Las Matas, Rionegro*: M 25, 26, 27, 28.

Erechos, Rionegro: M 31, 32, 33, 34 / *Sajonia, Rionegro*: M 35, 36.

Santa Elena: M 65, 66, 67, 68, 69, 70.

Rocas descompuestas:

Dioritas = Chaquiro — Sta. Rosa M 37, 38.

Rocas Verdes = Carretera Caldas M 42 / Prado, *Heliconia* M 43

Andesitas = Bolombolo: M 74.

Filitas = Liborina M 76 / Mesopotamia M 77.

USOS:

LOZA: ALFARERIA, TEJARES Y ESPECIALMENTE LADRILLOS DE CONSTRUCCION ORDINARIOS:

900 - 1000°: *Amagá*: M 1, 2, 3, 4 / *El Loro*: M, 5, 6, 7, 8, 9, 10 / *El Guayabal*: M 11 / *Angelópolis*: M 12, 13, 14, 15 / *Las Ovejas*: M 22, 23, 24 / M 71, M 78 / *Erechos*: M 31, 32, 33, 34 / *Rionegro*: M 41 / *Girardota*: M 73 / *Bolombolo*: M 74 / *Arcadia*: M 75 / *Betania*: M 79, 80. *Andes*: M 81, 82 / *Andes, Jardín*: M 83, 84.

1200° *Loro*: M 78 / *Erechos, Rionegro*: M 31 / *Carretera Caldas*: M 42.

GRES:

1100° *Loro*: M 8 / *Abejorral*: M 39, 40 / *Rionegro*: M 41.

REFRACTARIOS:

Erechos: M 31, 32, 33, 34 / *Sajonia, Rionegro*: M 35, 36.

La Unión: M 19 / *Carretera Caldas*: M 42 / *Rionegro*: M 41.

LADRILLOS VITRIFICADOS (CLINCA).

1200° *Amagá*: M 1, 2, 3, 4 / *Santa Elena*: M 65, 66.

PRACTICAMENTE SIN USO:

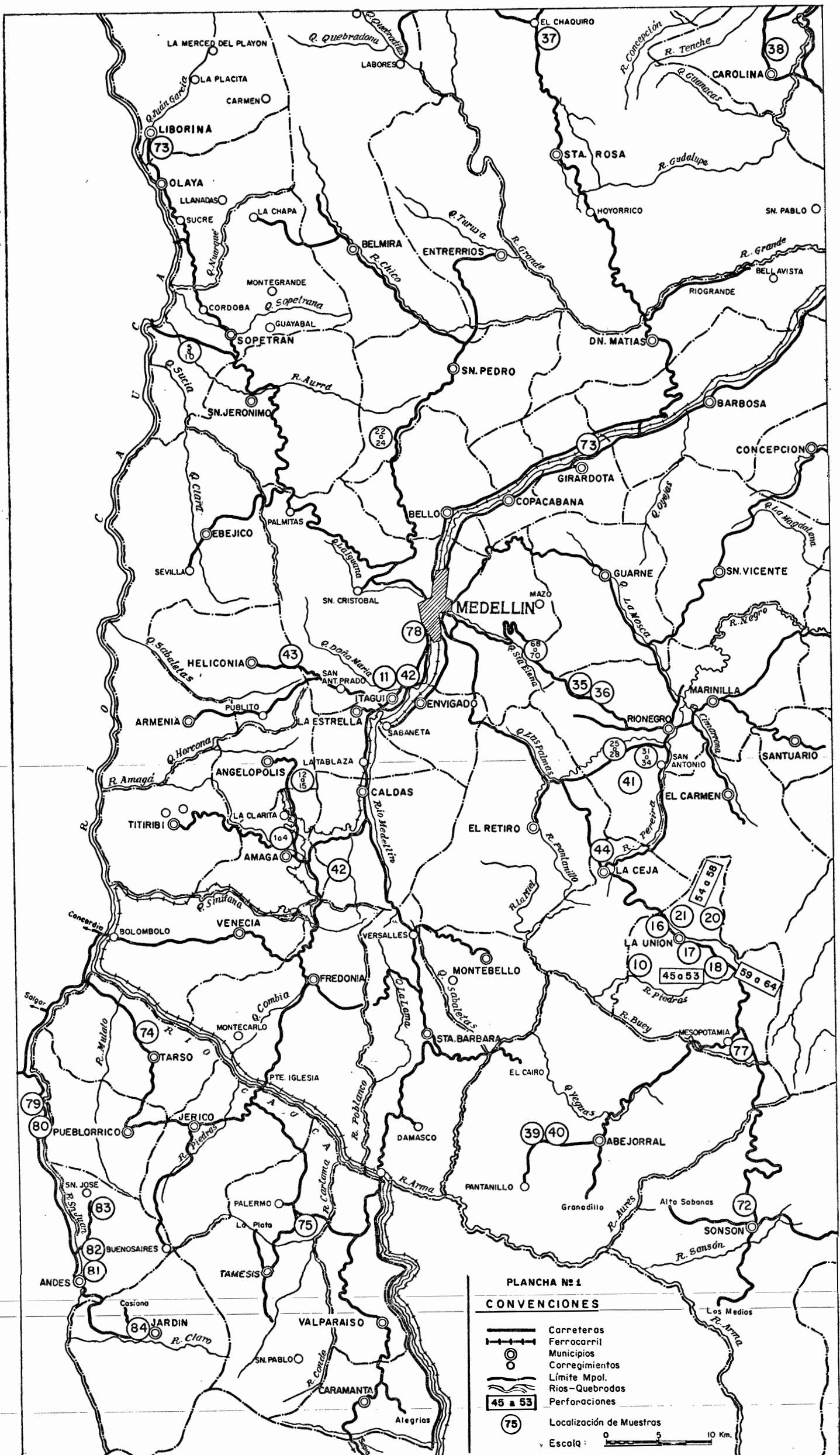
Chaquiro - Santa Rosa: M 37,38 / Prado, *Heliconia*: M 43.

La Ceja - Medellín: M 44.

Nota: Los ensayos se hicieron casi siempre con material tamizado, es decir, excluyendo muchas de las impurezas y concentrando la arcilla a cierto grado.

BIBLIOGRAFIA

- ADLER, HANS, M. — Bray, Ellis E. and Stevens, Nelson P.; Hunt, John M.; Kellar, W. D. and Pickett, E.E.; and Kerr Paul, Infrared Spectra of Reference Clay Minerals, Preliminary Report N° 8, Columbia University, 1950.
- DAVIS, D. W. — Rockow, T. W.; Rowe, F. G.; Fuller, M. L.; Kerr, Paul and Hamilton, Peggy Kay, Electron Micrographs of Reference Clay Minerals, Preliminary Report N° 6, Columbia University, 1950.
- ERECOS. — Estudios Generales sobre Materiales Refractarios, 1963.
- GRIM, RALPH E. — Clay Mineralogy, 1953.
- GRIM, RALPH E. — Applied Clay Mineralogy.
- KERR, PAUL, Kulp, J. Lawrence and Hamilton, P. K., Differential Thermal Analysis of Reference Clay Minerals, Preliminary Report N° 3, Columbia University, 1949.
- KERR, PAUL, Main, M. S., and Hamilton, P. K., Occurrence and Microscopic Examination of Reference Clay Minerals, Preliminary Report N° 5, Columbia University, 1950.
- KERR, PAUL; Hamilton, P. K.; Pill, R. J.; Wheeler, C. V.; Lewis, Donald R.; Benkhardt, W.; Rene, Duane; Taylor, Garerin, L., Analytical Data on Reference Clay Minerals, Preliminary Report N° 7, Columbia University, 1950.
- LANBORN, E.; Austin Chester R.; and Schaaf, Downs; Shale and Surface Clays of Ohio, Geological Survey of Ohio, 1938.
- LIPINSKI, BOLLENBACH, Das Keramische Laboratorium.
- LIPINSKI, BOLLENBACH, Keramische Reckentafeln.
- NIGGLI, PAUL, Gesteine und Minerallagerstätten, 1948.
- SALMANG, H., Die Keramik - Physikalische und Chemische Grunegen, 1958.
- SILVA MEJÍA, FRANCISCO, Análisis Termomodiferencial de algunos Suelos de Colombia y su Aplicación en la Fertilidad y Clasificación de Suelos. Pub. I.T. 8, 1961.
- SMOTERS, W. J. and CHIANG, YAO, Differential Thermal Analysis, Theory and Practice, Ohio Brass Company.

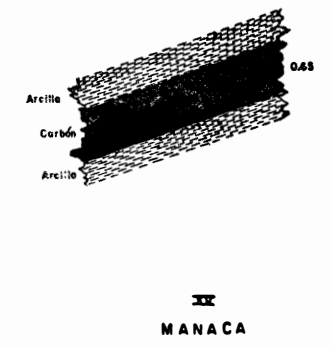
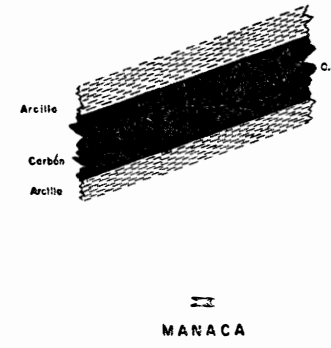
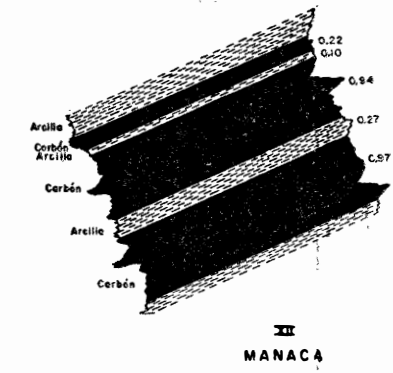
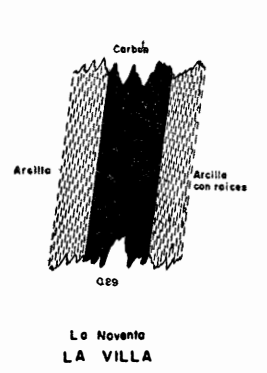
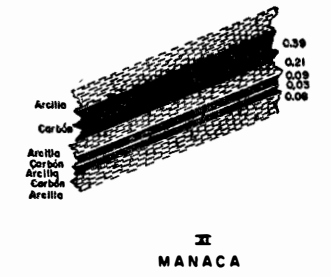
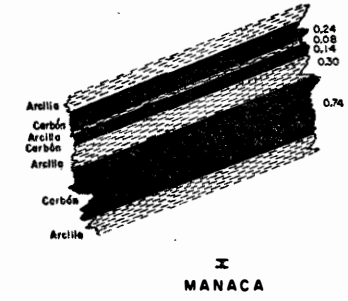
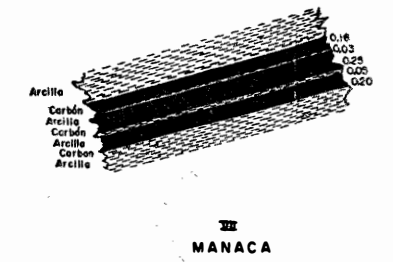
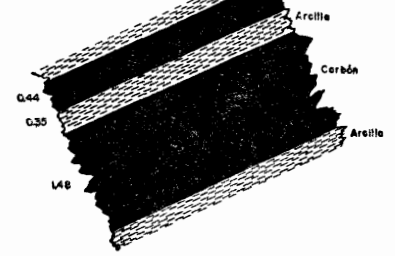
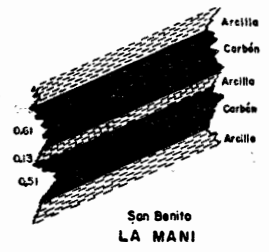
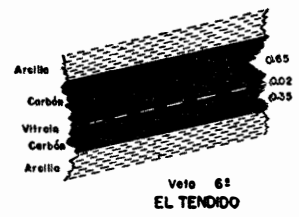
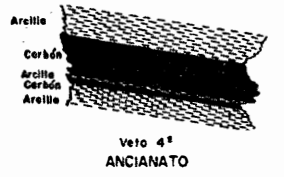
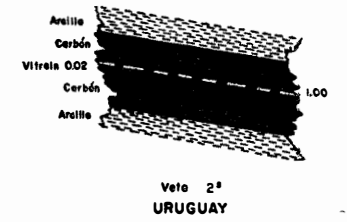
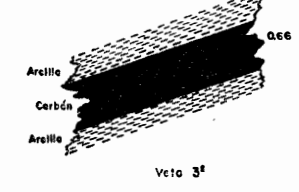
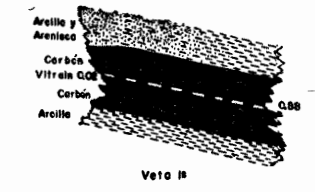
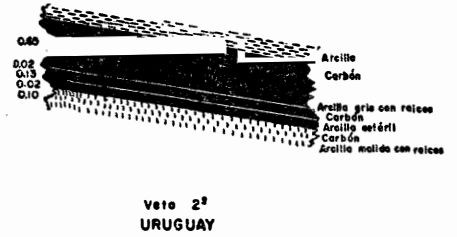
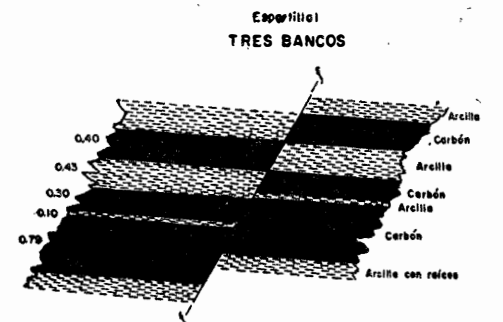


Pl. 1 - MAPA DE LOCALIZACION DE YACIMIENTOS

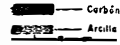
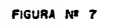
ARCILLAS TRANSPORTADAS RECIENTES O ALUVIALES, DE IMPORTANCIA ECONOMICA

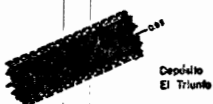
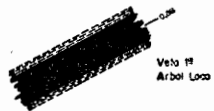
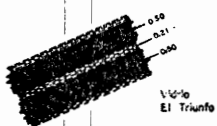
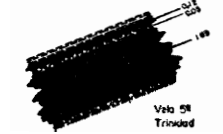
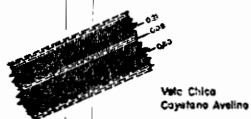
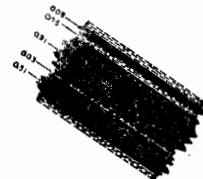
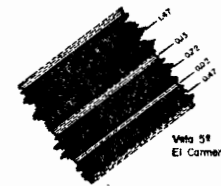
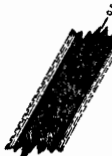
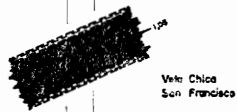
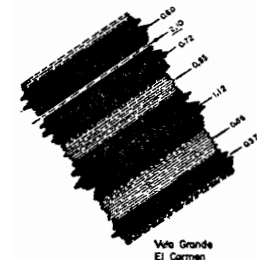
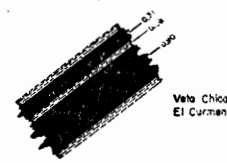
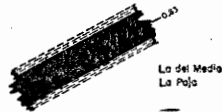
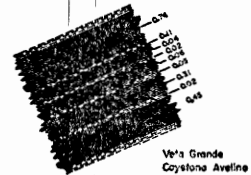
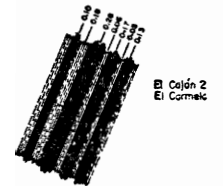
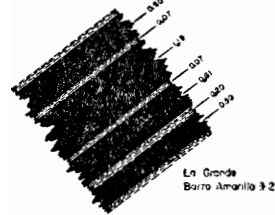
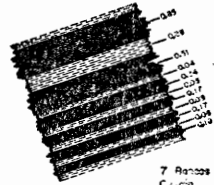
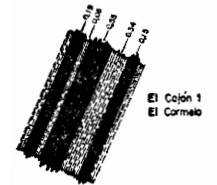
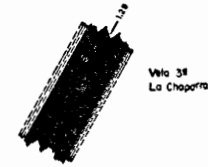
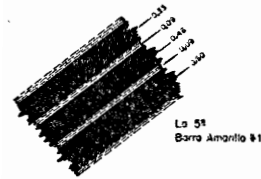
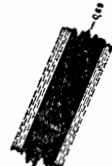
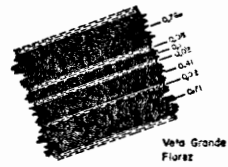
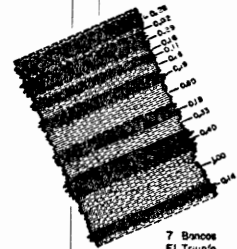
C U A D R O N° 12

MUESTRA N°	PROCEDENCIA	GRANULOMETRIA											ANALISIS QUIMICO								PROPIEDADES EN ESTADO PLASTICO Y SECO										PROPIEDADES RELACIONADAS A LA COCHURA DE LA PASTA																				MUESTRA N°																																																												
		MUESTRAS SECADAS A 105°C.											MUESTRAS SECADAS A 105°C.								% AGUA DE DURANTE EL SEDADO A 105° C.										DATOS REFERENTES AL ESTADO SECO										PESO ESPECIFICO											POROSIDAD																																																											
		Menor que 270											Menor que 270								+ Indica Dilatación										Cambio de Volumen por peso %										Contracción lineal %											Contracción volumétrica %										Peso específico por picnómetro g/cm³										Peso específico aparente (kerosene), g/cm³										Total % Vol. Efectiva % volumen										Aparente (Exp. con kerosene) % Volumen										Resistencia a Rotura por Comp. kg/cm²									
		18	35	50	60	80	100	120	170	200	230	Menor que 230	Menor que 270	Menor que 270	Humedad a 105°C	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Ca O	Mg O	Indeterminado	Perdida al Fuego a 900°C	Tamaño utilizado en el análisis	Agua de Plasticidad %	Agua de Contracción %	Agua de Porosidad %	Volumen de Contracción	Contracción lineal %	Perdida de Peso %	Porosidad aparente %	Peso Volumen	Gravedad Especifica aparente	Módulo de Rotura g/cm²	Resistencia a la extrusión cms	MUESTRA N°	700°C	800°C	1100°C	1350°C	700°C	800°C	1100°C	1350°C	700°C	800°C	1100°C	1350°C	Ambiente	1100°C	1350°C		700°C	800°C	1100°C	1235°C	1100°C	1350°C	1100°C	1350°C	700°C	800°C	1100°C	1350°C	900°C	1100°C	1350°C																																													
M-22	Las Ovejas, San Pedro	3.4	23.0		26.5			12.7					33.6	0.8								23.45	45.45	36.62	1.23	2.14	0.86	2.79	10.91	Menor que	30.55	11.16	19.39	20.93	6.55	30.55	39.80	1.73		52.0	230	M-22		3.06	3.28	11.17		1.70	1.86	6.20		5.31	5.71	19.69	2.56	2.75	2.74		2.57	2.75	2.62	40.36	29.93	40.36	25.55		37.42	40.20	23.38		87.91		M-22																																						
M-23	" " "	4.0	13.5		25.0			6.0					51.0	0.5								36.80	42.62	35.61	1.38	3.60	2.39	3.79	10.61	Malla No. 200	39.53	21.62	17.91	36.83	11.00	39.53	33.90	1.57	2.58	115.10	78.00	M-23		2.64	12.20	22.01		1.60	6.50	11.20		4.71	20.83	37.43	2.63	2.62	2.56		2.51	2.65	2.40	28.24	7.81	29.18	1.56		38.37	29.18	1.04		157.4	68.4	M-23																																						
M-24	" " "	8.0	29.0		31.0			2.0					30.0									21.61	49.23	31.90	1.67	5.06	2.76	1.30	8.03	Menor que Malla No. 120	30.99	10.47	20.52	23.07	8.15	30.99	35.40	1.74	2.66	73.9	34.30	M-24		+0.10	4.99	12.73		+0.01	2.80	6.90		+0.71	8.57	22.08	2.67	2.64	2.54		2.56	2.44	2.43	35.98	20.87	28.41	16.53		37.05	32.02	15.96		173.5	196.3	M-24																																						
M-25	Llano Matas, Rionegro		1.3		16.4			18.0					63.0	1.3								32.01	67.65	11.88	3.63	2.11	0.83	4.85	9.05	TODO TAMANO	33.94	10.70	23.24	17.66	5.55	33.94	32.43	1.65	2.20	30.0	15.60	M-25		+0.31	0.14	0.44		+0.20	0.08	0.25		+0.61	0.23	0.74	2.48	2.66	2.58		2.53	2.67	2.45	42.86	34.88	42.23	29.34		40.22	43.12	38.20		29.8	146.0	M-25																																						
M-26	" " "		5.1		27.3			21.0					43.1	3.5								14.13	43.04	32.25	4.48	2.06	0.67	9.03	7.57	Menor que	37.78	16.49	21.29	26.34	8.02	37.78	35.94	1.60	2.49	48.0	30.50	M-26		3.83	9.86	26.10		1.75	5.30	12.30		5.34	15.81	41.62	2.54	2.71	2.64		2.57	2.68	2.55	40.59	12.50	39.48	9.09		42.70	39.03	12.14		232.8	290.2	M-26																																						
M-27	" " "	0.7	6.2		30.0			16.5					46.0	0.6								40.95	44.32	29.05	5.40	1.36	0.81	6.50	12.52	Menor que	39.58	15.30	24.18	24.91	7.07	39.58	38.13	1.61	2.61	106.0	60.0	M-27		3.23	10.73	24.77		1.72	5.40	11.90		5.25	17.15	40.11	2.56	2.68		2.59	2.70	2.51	54.10		36.25	5.73		41.66	36.25	5.73				M-27																																							
M-28	" " "	3.0	8.0		33.0			15.0					40.0	1.0								54.85	36.32	36.22	3.79	1.61	0.53	7.79	13.74	Malla No. 60	55.81	36.21	19.80	35.91	10.80	36.21	45.01	1.49	2.86	137.6	103.0	M-28		7.55	12.45	32.97		3.70	5.90	14.10		11.25	18.72	48.80	2.55	2.68	2.60		2.63	2.70	2.56	54.10	3.08	39.16	1.63		44.53	39.16	1.52		124.5	63.8	M-28																																						
M-29	Balcázar	2.0	10.6		29.5			16.1					40.4	1.4								5.80	66.42	14.49	2.99	4.62	2.29	2.72	6.47	TODO TAMANO	39.09	15.02	24.07	24.19	7.50	39.09	37.78	1.61	2.57	47.0	15.0	M-29		9.11	2.47	3.60		0.60	1.31	1.90		1.78	3.96	5.69	2.65		2.54	2.46	2.33					39.13	36.95	30.79				M-29																																									
M-30	Cadavid		1.3		67.6			19.72					11.38									0.09	90.67	4.67	0.14	2.08	0.68	0.96	0.80	Menor que	32.30	7.52	24.78	9.37	3.00	32.30	18.30	1.24	2.08			M-30		+1.82	1.64	+2.88		+0.81	0.72	+1.32		+2.45	2.17	+3.85	2.64	2.63	2.47		2.59	2.56	2.41	52.85	52.63	46.39	50.20		51.13	50.80	49.0				M-30																																						
M-31	Erecas, Rionegro	4.85	17.14	9.98		12.63							25.92	2.13	27.35							27.16	54.76	25.08	3.90	0.47	0.39	7.11	8.29	Menor que	27.75	10.91	16.84	13.80	6.95	27.75	30.66	1.81	2.64	41.20	31.00	M-31	0.10		1.04	5.87	0.06		0.63	3.40	0.19		1.90	10.69	2.65	2.71	2.71	2.54		2.64	2.55	37.04	31.0	34.32	25.09	32.50		35.74	26.61	136.6	161.8	237.1		M-31																																					
M-32	" " "	7.08	20.67	13.52		14.62							23.82	2.31	17.98							36.72	50.73	33.63	2.46	0.27	2.29		10.96	Menor que	32.47	16.96	15.51	29.78	9.00	32.47	32.24	1.76	2.58	44.84	29.66	M-32	1.29		4.52	12.94	0.75		2.60	7.10	2.26		8.0	22.91	2.59	2.70	2.74	2.49		2.67	2.41	37.03	25.18	35.93	13.14	34.54		36.78	14.91	166.4	229.1	357.5		M-32																																					
M-33	" " "	4.0	16.0	11.83		15.35							30.17	3.41	19.24							28.89	59.29	22.37	5.66	2.86	0.56	1.45	7.81	Menor que	34.43	18.55	15.88	32.57	9.85	34.43	33.17	1.76	2.59	83.35	57.50	M-33	0.51		4.86	10.16	0.30		2.76	6.15	0.90		8.50	19.71	2.60	2.73	2.66	2.52		2.56	2.43	36.63	28.57	30.40	19.92	35.51		32.16	22.06		199.5	327.4		M-33																																					
M-34	" " "	3.53	18.12	13.10		15.29							20.66	3.41	25.83							4.25	49.55	30.62	7.80	2.16	0.84	0.07	8.96	Malla No. 120	31.49	20.28	11.21	34.94	0.50	31.49	32.24	1.72	2.51	32.10	22.50	M-34	0.94		4.85	9.36	0.54		2.70	5.20	1.61		8.30	16.30	2.62	2.72	2.68	2.54		2.61	2.48	38.49	30.47	34.36	23.13	38.40		36.10	24.80	195.8	174.9	226.7		M-34																																					
M-35	Sajonia, Rionegro	0.75	18.62	18.84		38.40							9.0	10.93	3.46							50.31	18.72	46.85	2.83	2.00	0.48	6.86	22.96	Menor que	42.19	10.72	31.47	14.53	4.60	42.19	42.82	1.68	2.38	6.0	9.00	M-35	5.40		10.70	23.01	2.40		4.60	8.50	7.36		14.47	30.52	2.46	2.93	3.14	2.89		2.87	2.87	58.18	53.43	57.00	44.90	60.56		57.22	42.83	44.4		78.47		M-35																																					
M-36	" " "	0.56	14.78	18.78		29.43							31.93	1.71	2.81							41.29	31.69	44.88	1.95	0.45	0.37	3.26	17.40	Malla No. 200	43.63	12.03	31.60	16.39	5.20	43.63	44.24	1.68	2.45	11.0	17.52	M-36	5.57		12.67	27.01	2.46		5.60	11.10	7.58		17.21	36.56	2.52	2.76	3.10	2.79		2.73	2.75	52.17	59.35	51.09	48.07	56.67		51.70	38.84	21.5	36.8	151		M-36																																					
M-41	Rionegro	0.06	4.40		29.55		13.10						33.23	9.44	0.27	9.95						18.95	57.36	29.17	1.29	0.47	0.58	2.66	8.47	Menor que Malla No. 200	29.58	10.64	18.94	17.99	8.55	29.58	32.86	1.69	2.52	19.902	51.00	M-41	0.65		3.65	12.84	0.40		2.04	6.70	1.10		6.23	21.49	2.63	2.65	2.64	2.59		2.68	2.56	36.60	26.0	36.49	23.86	39.67		36.49	24.97	115.3	18.49	242.4		M-41																																					
M-73	Ladrillera San Diego, Girardota	0.10	1.49		32.41		21.01		15.26				27.35	2.38	10.61							31.25	14.42	16.83	25.42	7.84	31.25	28.82	1.76	2.47	85.55	56.00	M-73		1.64		3.59 (1200°C)		0.93		8.38 (1200°C)		2.88		27.28 (1200°C)	2.60		2.50 (1200°C)	2.66		2.38 (1200°C)	35.33		32.33 (1000°C)	9.20 (1200°C)		39.31		9.96 (1200°C)	131.1		194.2 (1200°C)				M-73																																													



CUENCA CARBONIFERA DE TAUSA-CUCUNUBA
Cortes esquemáticos de los mantos

CONVENCIONES
 Carbón
 Arcilla
FIGURA Nº 7



CUENCA CARBONIFERA DE GUACHETA

Cortes esquemáticos de los mantos

CONVENCIONES



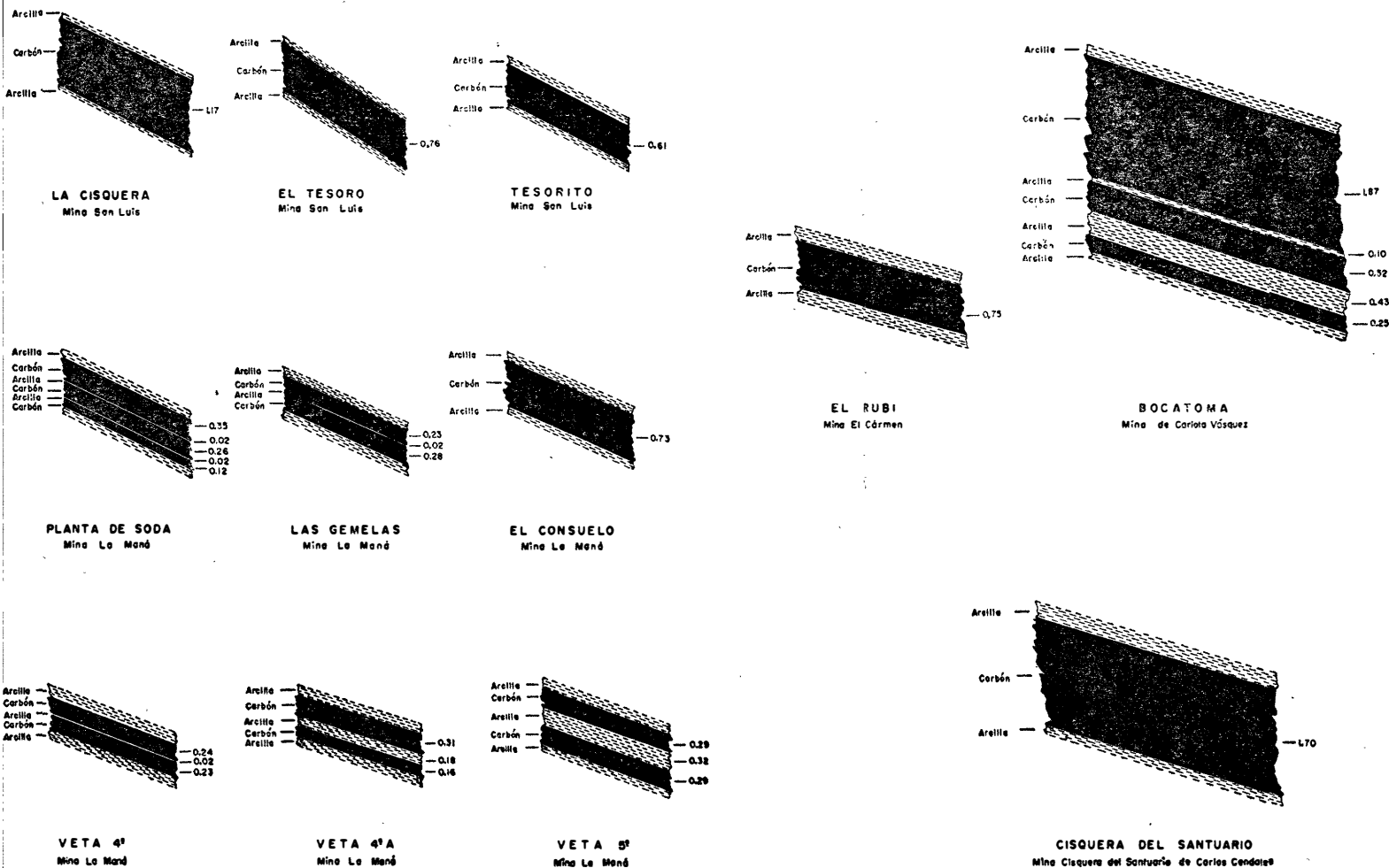
 — Carbón
 — Arcilla

FIGURA N° 8

NOTA- Las vetas El Milagro y Aracuara no aparecen en esta lámina por no haberse conocido trabajos en dichas vetas



CUENCA CARBONIFERA DE "TAUSA-GUACHETA"
CORRELACION ESTRATIGRAFICA DE LOS
MANTOS DE CARBON

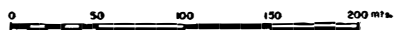


FIGURA Nº 5

