



e. n. adaro

ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS
ESTERILES DE CARBON DE SIENOSA.

ANEXOS TOMO II (2)

PLAN ENERGETICO NACIONAL

SEPTIEMBRE 1981

empresa nacional adaro de
investigaciones mineras, s.a.
enadimsa

50452

TITULO	ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS ESTERILES DE CARBON DE SIBOSA. ANEXOS TOMO II (2)
CLIENTE	PLAN ENERGETICO NACIONAL
FECHA	SEPTIEMBRE 1981

Referencia: PB/14/281

Departamento: Plantas Mineralúrgicas

ANEXOS - TOMO II (2)

ANEXOS TOMO II (2)

Contenido:

6.- PRUEBAS DE LABORATORIO

- . CON MENUDOS
- . CON FINOS
- . CON GRANOS
- . CON ESTERILES Y SERRIN
- . DE AHORRO ENERGETICO

7.- ANALISIS

- . INFORME DE LA E.T.S.I.M.O. DE MAYO 1978
- . INFORME DE LA E.T.S.I.M.O. DE DICIEMBRE 1980
- . F.L. SMIDTH
- . FULLER COMPANY
- .

8.- PRUEBAS INDUSTRIALES

- . INFORMES
- . OBJETIVOS
- . COMENTARIOS AL INFORME
- . ANALISIS DE LAS MUESTRAS

6.- PRUEBAS DE LABORATORIO

- . CON MENUDOS
- . CON FINOS
- . CON GRANOS
- . CON ESTERILES Y SERRIN
- . DE AHORRO ENERGETICO

1. INTRODUCCION

Entre las posibles utilizaciones de los estériles de los lavaderos se encuentra la fabricación de productos cerámicos para la construcción, es decir, ladrillos, bovedillas y tejas, ya que dichos estériles poseen una composición similar a la de las arcillas usadas corrientemente. Además su contenido calorífico - permite, en principio, reducir el consumo de combustible.

Su utilización puede efectuarse de dos maneras:

- Solos
- Mezclados con arcillas

En el primer caso, existen , en la actualidad, dos posibilidades:

- Adquisición de tecnología extranjera (Surchiste, en Francia.
- Elaboración de una técnica propia con o sin aprovechamiento de las instalaciones actuales.

En cuanto a la primera supondría el establecimiento de los contactos oportunos para llevarla a cabo, por lo que no se entrará en detalles sobre la misma ya que se contemplará en el estudio correspondiente.

La segunda parece, en principio, viable, aunque con ciertas reservas en cuanto a la cocción, y supondría usar una tecnología propia, la exención de royaltys, asistencia técnica extranjera, etc., es decir, independencia en cuanto al exterior y un apro-

vechamiento de los conocimientos, equipo y maquinaria ya existentes.

Con relación al segundo caso, el tema se simplifica ya que sería añadir un material al que actualmente se está usando, aunque, lógicamente, es necesario efectuar los correspondientes ensayos, pero, el aprovechamiento de las instalaciones actuales sería máximo.

No obstante, y al igual que en la introducción de cualquier producto nuevo, es necesario una campaña de mentalización de los usuarios potenciales, para patentizar su utilización práctica y sus ventajas. Esto llevó a la realización de las presentes pruebas en laboratorio las cuales servirán, asimismo, para los posteriores estudios, tanto a escala piloto como a escala industrial, que se deberán realizar.

Por ello, se mantuvieron contactos con Forjados Rubiera ya que ésta disponía de los medios adecuados para tal fin. De dichos contactos establecidos, a través de conversaciones y cartas, sobre la posibilidad de utilización de los estériles de los lavaderos de HUNOSA, dicha firma se mostró muy interesada en el tema y se ofreció a disponer su laboratorio y colaboración técnica para la realización de los ensayos oportunos para ver su viabilidad industrial.

Los motivos, a priori, por los que están interesados son:

- (a) aprovechamiento del contenido energético de los estériles con la consiguiente reducción de fuel y su incidencia en el costo.
- (b) homogeneidad del producto, la cual no tienen en las canteras que actualmente están usando.
- (c) escasez de arcilla y falta de calidad de las mismas en Asturias.

- (d) agotamiento de las canteras relativamente próximas a la zona de ubicación de las fábricas, con lo que tendrían que transportarlas desde lugares más lejanos con el correspondiente incremento en el coste.
- (e) garantía de suministro continuo y desde los mismos lugares.
- (f) ahorro de búsqueda de canteras, ensayos, etc.

Por ello, en la reunión celebrada el día 24 de Junio de 1.980 entre ENADIMSA y ADARO, se acordó contactar con Forjados Rubiera para el conocimiento de las pruebas. Asimismo, se acordó con esta firma que en la realización de las mismas participaría un miembro del equipo encargado del estudio del "Aprovechamiento de los Estériles del Carbón".

Las pruebas se realizarán en Rubiera Cedefasa, sita en Pontón de los Vaqueros (Oviedo).

Posteriormente, se mantuvieron contactos con el resto de los fabricantes de ladrillos.

2. OBJETO

El fin que se persigue con estas pruebas es la realización de los oportunos ensayos a escala laboratorio, en principio, que sirvan de base para su posterior extrapolación a escala industrial por medio de una tecnología, a poder ser, propia y conseguir datos característicos para llevar a cabo una difusión del material.

3. TRABAJO PREVIO

Se tomaron muestras de estériles de los Lavaderos de Mieres:

granos, menudos y finos y de Modesta: granos y menudos. No se tomó muestra de finos en este último debido a que estaban realizando con ellos otras pruebas que podrían alterar los fines de este estudio por lo cual se decidió aplazar su toma hasta que las terminen.

Las cantidades que se entregaron por Lavadero, fueron:

- granos = 30 Kg
- menudos = 30 Kg
- finos = 30 Kg

Debido a que no se disponía de molino adecuado para una primera trituración de los granos, y como quiera que su composición no varía, a los efectos prácticos, con respecto a los menudos, además de que ello acarrearía a escala industrial, una elevación de los costes, se excluyó, en principio, la realización de pruebas con dichos tamaños. Por tanto, se decidió continuarlas con los menudos y finos.

Como, por otra parte, estos tienen una composición análoga en ambos lavaderos, según se desprende de los análisis efectuados sobre los mismos, se eligió realizar los ensayos con el material del Lavadero de Mieres.

En la Foto Nº 1 se puede observar la muestra Mi-M-1 con los tamaños naturales, una vez seca.

Se realizó un primer tanteo para observar el comportamiento del material. A este efecto se molieron en un molino de aspas, Foto Nº 2, que equivale a un molino de martillos, unas cantidades de menudos secos y se mezclaron con los finos. A continuación se añadió agua hasta alcanzar una humedad teórica del 14 % aproximadamente con lo cual la pasta adquirió un estado próximo al se-

milíquido y se introdujo en la máquina de extrusión foto N° 2 previa homogeneización de la pasta.

Se observó que en la mezcla por el tornillo sinfin y su paso por la rejilla para la obtención de los "churros", se prensaba sobre la rejilla y el material soltaba parte de la humedad no consiguiendo la fabricación de los "spaguetti". Asimismo, el material no adquiría la suficiente plasticidad.

Lo anterior indicaba que la humedad del 14 % era excesiva. No obstante, con objeto de tener conocimiento previo sobre su comportamiento se dejó secar hasta que adquirió un aspecto más pastoso y se decidió eliminar la rejilla y se observó que el material que estaba adherido a ella poseía una dureza excepcional, de lo cual se deduce que si en lugar de trabajar con máquina de extrusionar se trabajase con prensa, la realización del moldeo sería más fácil de conseguir, posibilidad esta a tener en cuenta.

Una vez eliminada la rejilla, se realizó otra prueba con la mezcladora con tornillo sinfin presionado y se observó que el material tenía una relativa plasticidad y que el moldeo se realizaba con dificultad consiguiendo una pastilla continua de la máquina de extrusión, aunque sin calidad de textura suficiente.

También se probó lograr la pastilla operando en vacío la máquina de extrusión pero no se consiguió debido a la entrada de aire por falta de la rejilla para tapar huecos.

En las rejillas conseguidas se observaron granos de 2 mm y algunos mayores, así como grietas, etc.

De los resultados anteriores se deduce que la mezcla de menudos y finos se puede moldear y, en principio, el material es apto para la realización de las pruebas.

En consecuencia, se elaboró el siguiente plan para los menudos.

4. PRUEBAS CON LOS MENUDOS

4.1. Plan de trabajo

Se enviarán muestras de este tipo de estériles a Rubiera Cedefasa, en cantidades suficientes para la realización de los ensayos en una o más veces.

Estas muestras se dejarán secar al aire hasta una humedad adecuada para que pueda ser molida.

Dichas muestras se molerán en un molino de aspas.

Dado que en la fabricación de ladrillos existen cuatro fases:

- 1ª) Preparación de la pasta y fabricación de las probetas.
- 2ª) Secado.
- 3ª) Cocción.
- 4ª) Características del material.

se efectuarán ensayos y controles en cada una de ellas.

Las pruebas se efectuarán con las siguientes granulometrías:

Tamiz mm.	(1)	(2)	% retenido (3)	(4)
3 - 2	2	2	2	2
2 - 1	8	8	8	8
1 - 0,5	20	20	20	20
0,5-0,1	65	55	35	25
< 0,1	5	15	35	45

aunque se podrán modificar a la vista de los resultados obtenidos.

La eliminación de las partículas mayores de 3 mm tiene como objeto el que la relación diámetro agujeros rejilla / tamaño superior partícula sea mayor que 3.

En cada muestra se determinará la humedad en seco para poder calcular el agua a añadir.

Con cada granulometría se operará a diferentes humedades para lo cual se añadirá el agua necesaria.

Se hará un amasado previo para lo cual se añadirá agua, en principio, hasta que la humedad sea del 10 % .

Homogeneizada la masa se añadirá agua hasta conseguir la humedad conveniente.

Se fabricarán las pastillas en la máquina de extrusión del Laboratorio operando en vacío.

Obtenidas las pastillas con la humedad adecuada se tomarán muestras para humedad en:

- masa de material entrante en la amasadora
- masa de los "espaguetis"
- masa de la pastilla

Las muestras para la determinación de humedad y granulometrías se enviarán a los Laboratorios de HUNOSA.

A la vista de los resultados de las probetas fabricadas con

las diferentes granulometrias se determinarán las óptimas.

El secado se realizará de diversas formas, a 6 y a 9 horas en mufla a 50° C y en hornos industriales cuyas características se enumerarán en el momento de hacer referencia al mismo para las diferentes muestras.

En cuanto a la cocción, se efectuará tanto en mufla a diferentes temperaturas como en hornos industriales con el objeto de comparar los resultados obtenidos en la misma.

Referente a los ensayos de contracción en el secado, resistencia en verde y cocida, etc, el modo de realización y los medios utilizados se describirán en los apartados correspondientes.

En el caso de que se efectue alguna variación con respecto a lo previsto se explicarán las causas por las cuales se va a operar de diferente manera, al igual que si se introduce alguna prueba o ensayo.

4.2. MUESTRA Mi - M - 1 A

La muestra de estériles ensayada fué la Mi - M - 1, Foto Nº 1.

Se trituró parte del material ya que al estar con la humedad natural con que sale del Lavadero no se podría triturar, por lo cual se dejó secar, factor este a tener en cuenta en la molienda a escala industrial.

C U A D R O I

Muestra Mi - H - 1 - A

Granulometría

<u>Tamiz</u>	<u>mm</u>	<u>%</u>
>	2	2
2	- 1	19
1	- 0,5	32
0,5	- 0,1	32
<	0,1	15

Humedad seca: 2,1 %

Humedad pasta: 11,1 %

Humedad "spaguetti": -

Humedad pastilla: 10,3 %

Del material molido se tomó una muestra (Mi-M-1A), Foto N° 3 mediante cuarteo y se llevó al Laboratorio de Trabanquin de HUNOSA para que se realizase el correspondiente análisis granulométrico, el cual dió los resultados que figuran en el Cuadr I.

Aunque no coincidía exactamente con ninguna de las granulometría previstas, se decidió continuar con ella para ver el efecto de la sustitución de finos por gruesos, ya que se podría considerar que en la granulometría (2) se habrían sustituido parte de los retenidos por el tamiz 0,5 - 0,1 mm. por los de entre los tamices 1 - 0,5 y 2 - 1 mm.

Una vez triturado el material, se tomó parte y se añadió agua hasta que su humedad fué del 7 % para un primer amasado, se pasó el material húmedo por el tornillo sinfin con el objeto de homogeneizar la humedad dentro de todo el material y a continuación se volvió a añadir agua para que su humedad fuese del 9 % aproximadamente, pasando otra vez por el tornillo sinfin para que se amasase y distribuyese homogéneamente la humedad.

Después se empezó a añadir a la máquina de extrusión pero se observó que no salían los "spaguetti". Desmontada la rejilla se vió el mismo efecto que en el caso de prueba, es decir, una masa de estéril prensada sobre la rejilla completamente seca, Foto N° 4. En la Foto N° 5 se pueden observar los agujeros de la rejilla impresos en la masa de material.

A continuación se probó con una humedad del 10 % aproximadamente. Después de homogeneizar la masa húmeda se echó en la máquina de extrusión y se observó que salían los "spaguetti" con cierta dificultad hasta que llegó un momento

en que la máquina no tuvo la suficiente potencia observándose asimismo que, a primera vista, los "spaguetti" estaban más secos que el material de entrada.

Se probó, por tanto, con una humedad del 11 % observándose que si bien salían con más facilidad los "spaguetti" que en el caso anterior, la máquina iba muy forzada y la pasta se obturó en la boquilla del molde, formando una masa muy compacta, Foto Nº 4. De ello se dedujo que en todo el proceso había una pérdida de humedad lo cual fué comprobado posteriormente al determinar las humedades.

Por lo dicho anteriormente se decidió trabajar sin rejilla, con la humedad del 11 %, viéndose que la pastilla salía de la máquina de extrusión rota, con falta de textura, grietas y muy seca, Foto Nº 4.

Las muestras para determinar las humedades de la pasta y la pastilla se tomaron en el momento en que salía esta última de la máquina de extrusión con el objeto de soslayar en el caso de la pasta las pérdidas de humedad por agua adherida al recipiente de amasado, temperatura del laboratorio, tiempo transcurrido desde que se comienza hasta que se sale la pastilla, etc.

De los resultados de los análisis se observa que en el proceso existe una pérdida de humedad de un 1 %.

A continuación se probó con un 12 %, resultando la operación análoga a con el 11 %, es decir, roturas, falta de textura y grietas en la pastilla.

Se añadió agua hasta un 13 % pero se observó que la pasta tenía una consistencia semilíquida y en el segundo amasado, el agua era expulsado a través de la rejilla y la amasadora de tornillo sinfin no podía trabajar con el material.

En el Cuadro II se refleja un resumen de los resultados obtenidos con la muestra Mi - M - 1 A.

<u>CUADRO II</u>	
Humedad %	R e s u l t a d o s
9	Compresión en rejilla. No salían "spaguettis"
10	Dificultad en la salida de "spaguettis". La máquina no tuvo suficiente potencia.
11	Menor dificultad en la salida de "spaguettis" que en el caso anterior. Se trabajó sin rejilla. Pastilla con roturas, falta de textura, grietas y muy seca. Se comprobaron pérdidas de humedad en el proceso.
12	Igual al 11 %.
13	Pasta semi-líquida . La amasadora no lo podía trabajar. Expulsión de agua por rejilla.

Se observó, como se dijo anteriormente, una pérdida de humedad en el proceso como se puede apreciar en los resultados de las humedades, Cuadro I, lo cual es debido al rozamiento del mate-

rial con las paredes, compresión sobre la rejilla, de los tubos y tornillos sin fin de la máquina de extrusión.

5.3. MUESTRA Mi - M - I - B

Dado que la granulometría de la muestra Mi-M-1 A no coincidía con las previstas, se preparó una artificialmente con la granulometría (2), la cual corresponde a la muestra Mi-M-1 B Foto N° 6 y que se refleja en el Cuadro III, con el objeto de ver la influencia de la sustitución de material grueso por fino

Se probó en principio con la humedad del 9 % (con un amasado previo al 7 % de humedad), observándose que al igual que en la Mi-M-1 A se obturaba en la rejilla, lo cual daba unas masas muy compactas, Fotos 7 y 8.

Con el 10 % de humedad, el resultado fue idéntico al de la Mi-M-1 A con la misma humedad.

Se probó entonces con el 11 % y se observó que si bien los "spaguettis" salían con más facilidad que con la humedad del 10 %, la máquina iba muy forzada y la pasta se obturó en la boquilla del molde, formando una masa muy compacta, Foto N° 7 y 8. De ello se dedujo, igual que en la muestra Mi-M-1 A que en todo el proceso había una pérdida de humedad.

Por lo dicho se decidió trabajar sin rejilla, por lo cual no se pudo hacer el vacío, viéndose que la pastilla salía de la máquina de extrusión rota, con falta de textura, con grietas y aspecto seco, Fotos N° 7 y 8, análogamente al caso de la muestra Mi-M-1 A con la humedad del 11 %.

CUADRO III

Muestra Mi-M-1B

Granulometría

<u>Tamiz</u> <u>(mm)</u>	<u>%</u>
> 2	2
2 - 1	8
1 - 0,5	20
0,5-0,1	55
< 0,1	15

Humedad seca :	2,1%
Humedad pasta	10,8%
Humedad "spaguetti":	-
Humedad Pastilla:	9,9%

Las muestras para humedades se tomaron, asimismo, en el momento en que salía la pastilla del molde.

Con el 12 % de humedad se observaron los mismos efectos que en la Mi-M-1 A.

En el Cuadro IV se recogen los resultados de la muestra Mi-M-1 B de forma extractada.

Se comprobó, asimismo, una pérdida de humedad en el proceso, como se puede observar en el Cuadro III, de los resultados de las humedades y que se puede cifrar en un 1 %.

La falta de textura es debida a la carencia de partículas finas, lo cual se comprueba por su poca plasticidad, por lo cual se decidió no ensayar la granulometría prevista con solamente un 5 % de material menor de 0,1 mm.

Por otra parte, se deduce que la sustitución de parte del material grueso por material mas fino en las cantidades aquí señaladas, caso de las granulometrías de la muestra Mi-M-1 A y Mi-M-1 B no existe variación apreciable en los resultados, por lo cual cuando no exista diferencia sensible de la granulometría resultante del molido con las previstas, se ensayará aquella.

5.4. MUESTRA MI-M-1C

Por ello, se volvió a triturar en el molino de aspas con el objeto de obtener una granulometría con mayor contenido de finos, de los cual resultó la muestra Mi-M-1 C, Foto N° 9, cuya granulometría se refleja en el Cuadro V, que coincide bastante aproximadamente con la (3) prevista.

C U A D R O I V

Muestra Mi - M - 1 B

Humedad	R E S U L T A D O S
9	Compresión en la rejilla, no salían "spaguettis"
10	Dificultad en la salida de "spaguettis". La máquina no tuvo suficiente potencia.
11	Menor dificultad en la salida de "spaguettis" que en el caso anterior. Se trabajó sin rejilla. Pastilla - con roturas, falta de textura, grietas y con aspecto seco. Se comprobaron pérdidas de humedad en el proceso.
12	Igual que en 11 %.
13	Pasta semi-líquida. La amasadora no lo podía trabajar. Expulsión agua por rejilla.

Con esta granulometría se probaron diversas humedades.

En principio se ensayó con un 10 %, muestra Mi-M-1C-1, (un 8 % en el amasado previo) pero la pasta se comprimía contra la rejilla con lo cual no salían por ella los "spaguettis". Obteniéndose una masa compacta, Fotos N^o 10 y 11. Por tanto, se decidió operar sin rejilla, sin embargo la pasta se obturaba en el molde, obteniéndose, asimismo, una masa compacta y muy seca aparentemente, Fotos N^o 10 y 11.

C U A D R O V

Muestra Mi - M - 1C

Granulometría

<u>Tamiz</u> <u>(mm)</u>	<u>%</u>
> 2	2,1
2 -1	13,4
1 - 0,5	18,4
0,5-0,1	41,7
< 0,1	25,4
Humedad seca:	1,3
Humedad pasta:	-
Humedad "spaguetti":	-
Humedad pastilla:	-

A continuación se probó con una humedad teórica del 12 % aproximadamente, muestra C 2 de la Mi-M-1, observándose que los "spaguettis" salían con relativa facilidad y que aunque la pastilla salía no sin cierta dificultad se podía trabajar, por lo cual se comenzó a trabajar en vacío, a una depresión del vacuómetro de 60 mm columna de agua, observándose que la pastilla salía rota, con grietas profundas y sin cohesión, Foto N° 12.

Las humedades de la pasta, "spaguetti" y pastilla, figuran en el Cuadro VI.

Después se probó con la humedad teórica del 13 %, muestra C 3 de la Mi-M-1, observándose que los "spaguettis" salían bien y que lo mismo ocurría con la pastilla, por lo cual se trabajó en vacío a dicha depresión. En la pastilla se observaba una mejor textura aunque deficiente para fines prácticos. En el Cuadro VI figuran las humedades determinadas en el laboratorio de la pasta, "spaguetti" y pastilla. Asimismo en el amasado manual de la pasta se podía notar una mayor plasticidad, aunque no suficiente, que en la de la muestra Mi-M-1B.

Como se puede apreciar entre la humedad teórica de la pasta por adición de agua y la que realmente posee cuando se toma la muestra existe una pérdida, asimismo, de aproximadamente, un 1 %. Esto es debido, principalmente a la preparación, por manipulación manual de la pasta, agua adherida al recipiente donde se realiza la preparación y a la temperatura del laboratorio, la cual en estos días fué por término medio, de 20-22° C. No obstante, se considera que esta pérdida de humedad en la escala industrial no se va a presentar, o sería mínima, no afectándola en el grado en que aquí ocurre, lo cual viene confirmado por el hecho de que en la amasadora se le añade -

CUADRO VI

Muestra Mi-M-1C

Granulometría

<u>Tamiz</u> <u>(mm)</u>	<u>%</u>		
2	2,1		
2 - 1	13,4		
1 - 0,5	18,4		
0,5-0,1	41,7		
0,1	25,4		
Humedad seca:	1,3		
		<u>2</u>	<u>3</u>
Humedad pasta:	11,25		12,0
Humedad "spaguetti":	10,31		11,6
Humedad pastilla:	10,01		10,6

el agua del moldeo que previamente fue determinada en la pastilla que se obtiene en las pruebas de laboratorio. Por otra parte, en la escala industrial no existe manipulación alguna antes de añadir la pasta a la amasadora y el agua es añadida directamente a la misma, con lo cual se eliminan una serie de pasos que de alguna manera influyen en la pérdida de humedad.

A continuación se probó con la humedad teórica del 14%, observándose que la pasta adquiriría un relativo estado semilíquido y la amasadora no trabajaba bien. Con una humedad del 15% la pasta era prácticamente líquida y no se podía lograr el amasado.

El Cuadro VII refleja el resumen de los resultados de la muestra Mi-M-1-C.

En todas las pruebas realizadas en que se han obtenido pastillas hasta este momento, se ha observado un fuerte calentamiento del molde, sobre todo a medida que transcurre el tiempo en un funcionamiento continuo.

Por tanto se hicieron 44 probetas de dimensiones teóricas de 12 x 2,5 x 1,4 cm, con la humedad teórica del 13%, de las cuales en la Foto nº 13 figura una parte de ellas.

El secado se realiza de la siguiente manera:

- 10 pastillas, números 1 al 10, en estufa a 50°C durante 6 h.
- 10 pastillas, números 11 al 20, en estufa a 50°C durante 9 h.
- 12 pastillas, 21 a 32, en el secadero industrial de Tubiera Cedeasa a 60°C durante 36 horas.
- 12 pastillas, números 33 a 44, en el secadero industrial tipo semicontinuo de Cerámica La Lloral a 60°C durante 24 horas.

C U A D R O VII

Humedad Teórica	R e s u l t a d o s
%	
10	Compresión en la rejilla. No salían "spaguettis"
12	Salida con relativa facilidad de los "spaguettis". La pastilla salía con cierta dificultad. Pastilla con roturas, falta de textura, grietas y aspecto seco. Se comprobaron pérdidas de humedad en el proceso.
13	Mayor facilidad de salida de los "spaguettis" que en el caso anterior. La pastilla con mayor textura pero deficiente para fines prácticos.
14	Pasta con relativo estado semilíquido y la amasadora trabajaba con cierta dificultad.
15	Estado semilíquido.

En las Fotos Nº 14 y 15 se puede apreciar el horno mufla usado.

En cuanto a la contracción en el secado, en parte de ellas se hicieron unas marcas de 65 mm y en otras se midió su longitud en (mm) antes de proceder al secado y se volvieron a medir después del secado, para determinar la retracción lineal, siendo los resultados los reflejados en el Cuadro VIII.

De los datos de dicho Cuadro se pueden observar principalmente dos cosas:

- La contracción varía prácticamente en todas las probetas entre el 1,1 y el 1,5 %, lo cual es un % muy bajo comparándolo con el de las arcillas que se usan normalmente en la fabricación de ladrillos en la región asturiana, no existiendo diferencias entre las secadas por los distintos procedimientos.
- Existe un gran número de roturas, principalmente debido a su manipulación para transportarlas de un lugar a otro, - lo cual indica que son bastante frágiles y que se debe tener un cuidado muy esmerado en su transporte para evitar las roturas. Tampoco se aprecian más roturas de probetas en unos procedimientos que en otros.

En las probetas rotas se observa una buena compactación del material pero no así una correcta cohesión, lo cual puede verse por el aspecto laminar (similar al de las pizarras en la naturaleza) que da cierta fragilidad.

El color después de secas es un gris oscuro, no distinguiéndose por el mismo si están secadas por diferentes procedimientos.

C U A D R O VIII

Muestra Mi - M - 1 - C3

RETRACCION EN EL SECADO

Número probeta	Dimensiones (cm)		R ² Retracción
	Antes de secar	después de secar	
1	6,5	6,42	1,2
2	6,5	Rota en manipulación	-
3	6,5	6,42	1,2
4	6,5	6,40	1,5
5	6,5	6,43	1,1
6	6,5	6,43	1,1
7	6,5	6,40	1,5
8	6,5	6,42	1,2
9	6,5	Rota en manipulación	-
10	6,5	6,42	1,2
Media			1,3
11	6,5	6,42	1,2
12	6,5	6,41	1,4
13	6,5	6,43	1,1
14	6,5	No se pudo medir por defecto marca	-
15	6,5	Rota en manipulación	-
16	6,5	6,40	1,5
17	6,5	6,41	1,4
18	6,5	6,42	1,2
19	6,5	No se pudo medir por defecto marca	-
20	6,5	Rota en manipulación secado	-
Media			1,3

Sigue

C U A D R O VIIIMuestra Mi - M - 1 - C3RETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones (cm)		% Retracción
	Antes de secar	Después de secar	
21	6,5	Rota	-
22	6,5	6,42	1,2
23	6,5	Rota en manipulación	-
24	6,5	6,41	1,4
25	6,5	6,61	1,4
26	6,5	Rota en manipulación	-
27	6,5	6,40	1,5
28	6,5	6,42	1,2
29	6,5	6,42	1,2
30	6,5	6,42	1,2
31	6,5	6,43	1,1
32	6,5	6,40	1,5
Media			1,3
33	11,6	11,47	1,1
34	12,0	11,87	1,1
35	11,9	Rota	-
36	10,4	10,28	1,2
37	11,9	11,76	1,2
38	11,8	Rota	-
39	12,5	12,32	1,4
40	11,9	11,73	1,4
41	11,8	11,64	1,4
42	12,3	Rota	-
43	12,3	No se pudo medir por defecto marca	-
44	12,2	12,00	1,6
Media			1,3
Media Total			1,3

Asimismo, tampoco se observaron en las rotas los diferentes procesos empleados en el secado.

En las Fotos Nos. 16 y 17 se pueden ver las pastillas una vez secas. Asimismo, se observa la falta de textura de las pastillas para fines prácticos ligeramente más acusada y las grietas más potentes.

Con las probetas secas en los diferentes tipos de secaderos mencionados anteriormente, se han realizado los siguientes pasos:

- Parte se llevaron al Laboratorio de Hormigones y Suelos , S.A. para la determinación de la resistencia en seco.
- Parte se cocieron a las temperaturas que se indican más adelante.

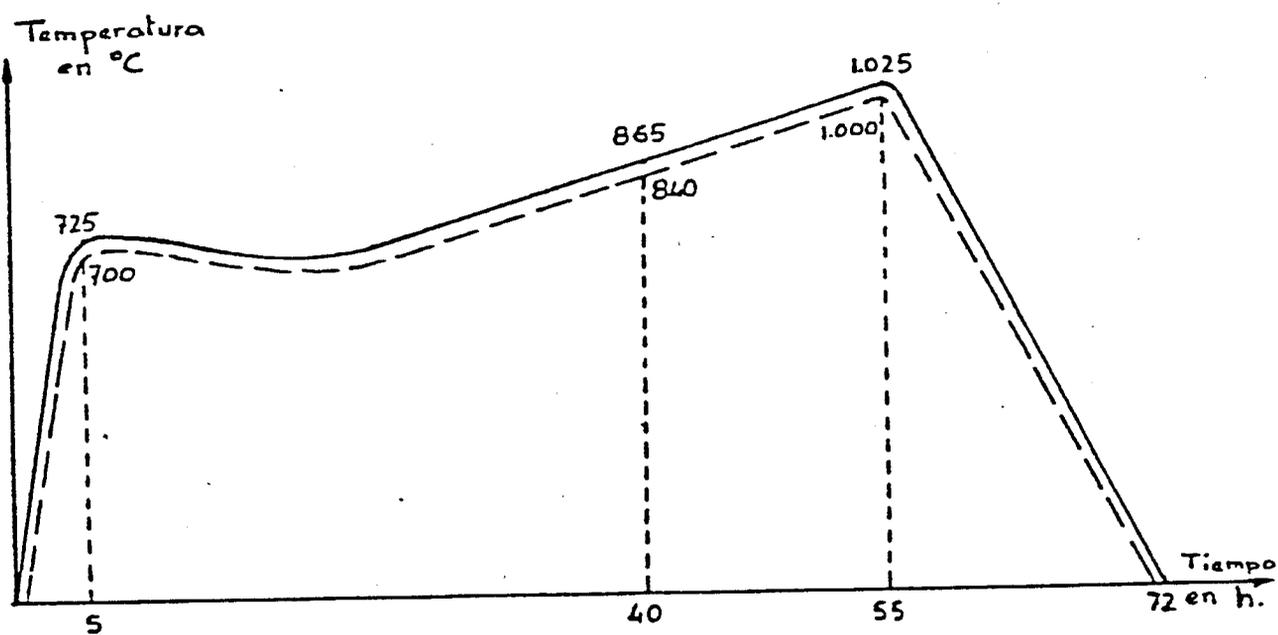
De las probetas que se llevaron para la determinación de la resistencia en seco se rompieron 3 durante el transporte, debido a su gran fragilidad comentada anteriormente.

Para la determinación de la rotura a compresión en verde se ha usado una prensa Multitester con anillos dinamométricos que iban desde 500 a 5.000 Kp, Foto Nº 18. No obstante, no se ha podido determinar la carga de rotura ya que cuando teóricamente rompe la probeta no existe un corte en la lectura del comparador debido a que queda contrarrestado por un efecto de compactación de la misma al ser presionada por el pistón de la máquina. Por ello, y aunque se han usado probetas sin refrentar y refrentadas para evitar los posibles deficientes asentamientos de aquellas, no se puede decir cual es su resistencia a la compresión en verde, lo cual daría un orden de idea sobre su resisten-

cia a la compresión una vez cocida y su fragilidad en la manipulación.

En cuanto a la cocción se ha realizado el siguiente proceso:

- Con las probetas secadas en horno mufla durante 6 horas y 9 horas, se siguió la curva de cocción del proceso francés "Surchiste" representada a continuación:



Para ello, la temperatura se ha ido subiendo de la siguiente forma:

<u>Un día</u>	<u>° C</u>
<u>Hora</u>	
9	100
10	250
11	400
12	500
13	600
14	700

Día siguiente

17 : 750
21 : 800

Día siguiente

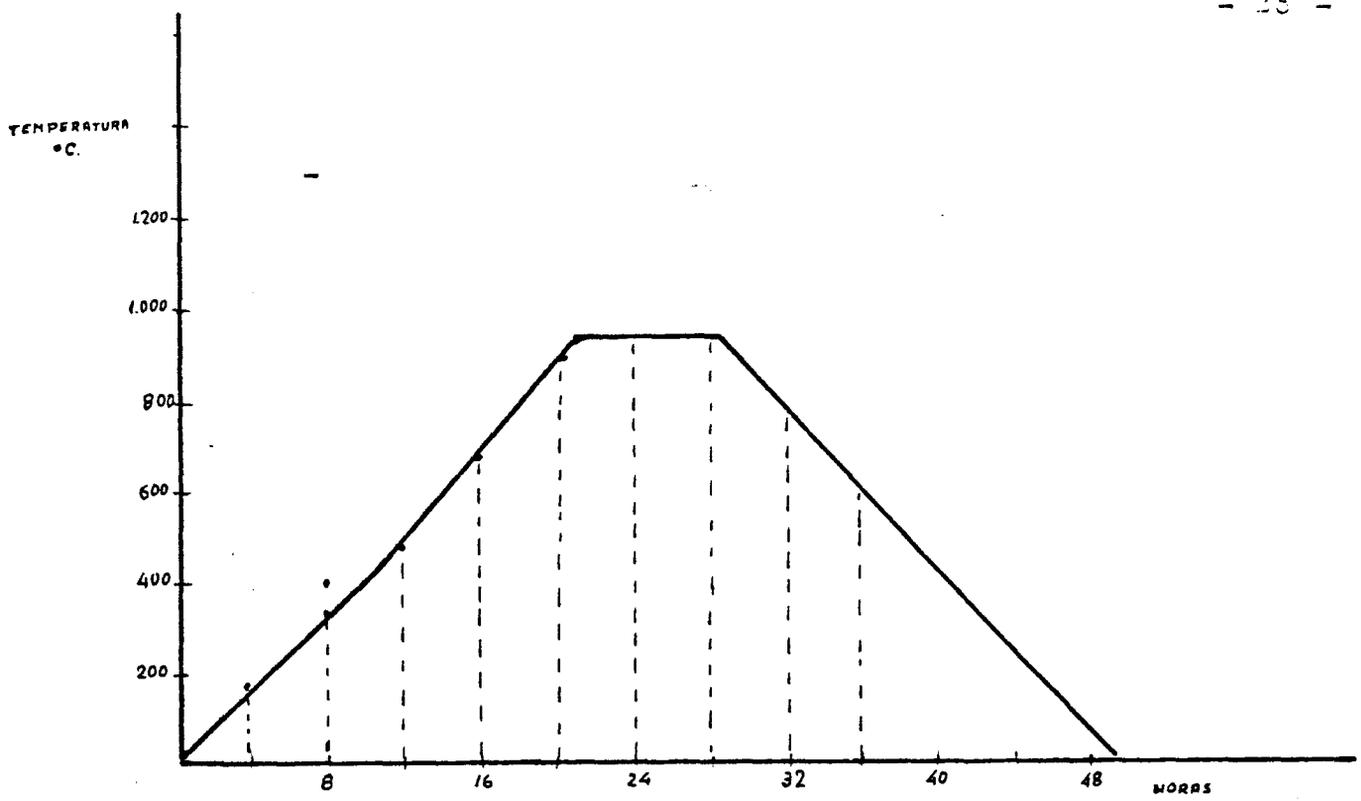
1 : 850
3 : 875
5 : 900
7 : 925
9 : 950
11 : 975
13 : 1000
15 : 1025
17 : 1050
19 : Enfriar

Día siguiente

10 : Sacar probetas

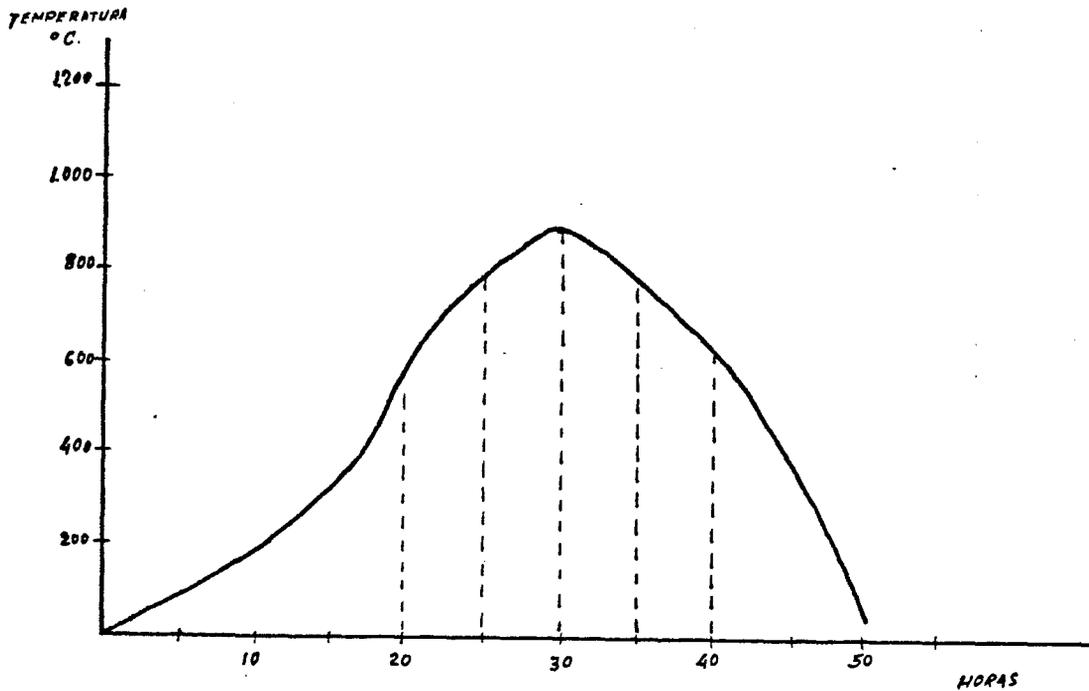
- Las secadas en Rubiera Cedefasa, se han cocido en el horno túnel de la instalación, siguiendo el proceso normal de la fábrica, a una temperatura de 920°C, siendo el tiempo transcurrido desde la entrada hasta la salida de 48 horas.

La curva de cocción figura en la página siguiente.



- Las secadas en Cerámica La Lloral se han cocido en el horno túnel de la instalación, siguiendo el proceso normal de fabricación, a una temperatura de 900 °C, siendo el tiempo transcurrido desde la entrada hasta la salida de 48 horas.

La curva de cocción es la siguiente:



En las fotos números 17, 19 y 20 se pueden ver las probetas cocidas.

Como se puede observar en las mismas se aprecia el estado granuloso y se han hecho más patentes las grietas y la falta de textura, aunque su presentación es mejor que después de secas, ya que tienen una estructura compacta y continua.

Hay que señalar que las probetas números 4 - 8 - 10 -17 y 18 cocidas en mufla sólo lo fueron hasta 900 °C debido a una avería en la misma, mientras que con las 13 y 19 se alcanzó la temperatura prevista de 1050 °C. Estas probetas rompieron en la manipulación para cocerlas.

El color de las probetas varía desde un rosa pálido en las cocidas en hornos túnel hasta un marrón claro en las de 1050 °C, Foto nº 19, debido a las transformaciones químicas de los compuestos a estas temperaturas. Además se observa en las cocidas en mufla una mejor continuidad de color en toda la probeta que en las cocidas en hornos túnel.

También se observa, aunque no de forma muy acusada, que las probetas cocidas a mayor temperatura presentan un sonido más metálico.

Asimismo, se comprueba que al romper las probetas cocidas en horno túnel presentan un "corazón negro", mientras que las cocidas en mufla a 1050 °C, no lo presentan, como se puede apreciar en la Foto nº 21. La presencia de ese corazón negro es debido, principalmente, a una combustión incompleta, es decir, necesitan un mayor tiempo para la combustión de carbón, aunque también influyen otros factores como clase de atmósfera, oxidante o reductora, tiempo de cocción, aire abundante o escaso, etc.

Una vez cocidas las probetas, en parte se ha determinado la resistencia a compresión y en parte la absorción en cada uno de los diferentes tipos de cocción enumerados anteriormente.

La determinación de la resistencia a compresión se ha realizado en una prensa Ibertest, Foto Nº 22, del Laboratorio de Hormigones y Suelos S.A., sito en Bobes (Siero), que posee diferentes escalas de carga. Para ello se han refrentado con azufre, Foto Nº 23, análogamente al proceso seguido en la rotura de probetas de hormigón, rompiéndose en la escala de 200 tn. En la foto Nº 24 puede verse una probeta rota en donde se observa, además de la rotura, el "desmigajamiento" producido. Los resultados figuran en el Cuadro IX.

Es de hacer notar que si bien son pocas probetas las que se han roto a compresión para que la muestra sea totalmente representativa, debido a que esta prueba se hizo, con esta granulometría, para poseer un orden de ideas, no obstante, se estima que los datos están muy cerca de la realidad.

De dicho cuadro se desprende que:

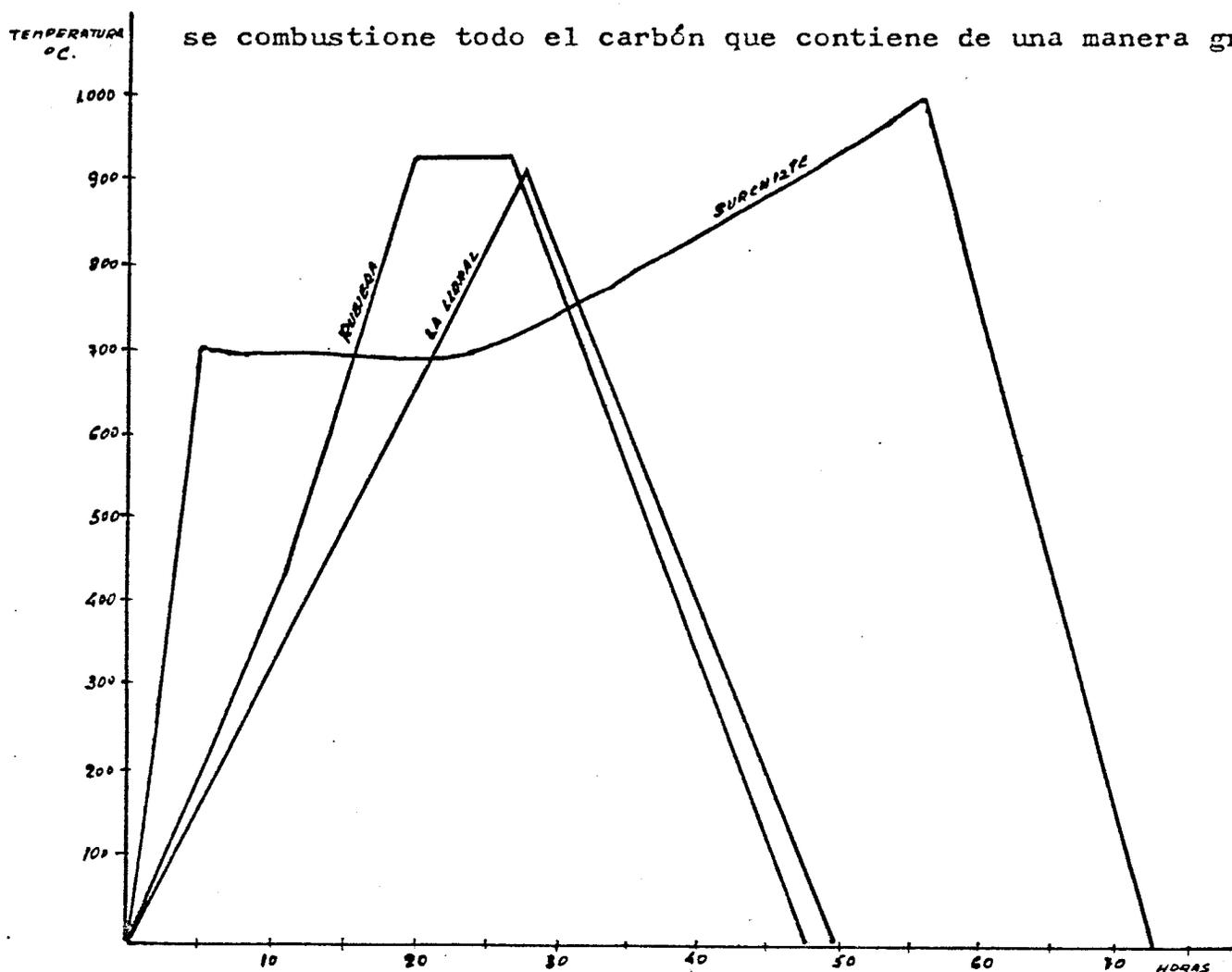
- Los valores de las resistencias para una misma temperatura están bastante dispersos, pues en algunos casos, la diferencia entre los extremos y la media es del 20 %.

C U A D R O IXMuestra Mi - M - 1 - C3Resistencia a Compresión

<u>Temperaturas</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Dimensiones (cm)</u>		<u>Superficie cm²</u>	<u>Carga rotura Kg.</u>	<u>Resistencia Kg/cm²</u>	<u>Medias</u>
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>				
900° C	34	11,95	2,58	30,83	5.750	187	
	36	11,77	2,57	30,25	5.950	197	
	40	12,07	2,56	30,90	7.100	230	
	41	11,92	2,56	30,52	6.300	206	
	43	12,25	2,55	31,24	6.600	211	
	44	11,92	2,56	30,52	7.550	247	213
920° C	25	11,84	2,54	30,07	6.900	229	
	27	12,05	2,55	30,73	6.350	206	
	29	11,79	2,64	31,13	5.850	188	208
900° C	4	R o t a p o r c a i d a					
	8	11,83	2,54	30,05	7.400	246	
	10	11,72	2,55	29,89	6.050	202	
	17	11,95	2,56	30,59	5.650	185	
	18	11,92	2,54	30,28	5.650	186	205
1050° C	13	12,04	2,52	30,34	10.100	333	
	19	11,96	2,63	31,45	12.250	390	361

- Los valores de las resistencias para 900. 920° C y en horno industrial y 900° C en mufla, son practicamente iguales.
- En general, a medida que aumenta la temperatura, aumenta la resistencia, aunque no de forma lineal, como se puede ver por los valores de las medias, representadas en el Cuadro X.

La ligera disminuci3n producida en la resistencia al pasar de los 900 a 920° C entendemos es debida a que en el primer caso se cuece m1s lentamente mientras que en el segundo la elevaci3n de la temperatura se produce m1s r1pidamente, lo cual al producirse las transformaciones de forma r1pida va en perjuicio del material. Esto viene confirmado por la cocci3n en el sistema franc3s, como se puede ver en la representaci3n de los tres tipos de curva empleados, ya que tiene una precocci3n muy dilatada, es decir, este material necesita una cocci3n lenta con objeto de que se combustione todo el carb3n que contiene de una manera gradual.



Para determinar la absorción se han secado las probetas durante 24 horas a 105-110 °C y una vez frías se han pesado. A continuación se sumergieron totalmente en agua durante, al menos 24 horas, y se han vuelto a pesar, después de quitar el agua superficial con un paño.

Los resultados de la misma figuran en el Cuadro XI, del cual se deduce que la absorción varía, como era de esperar, inversamente con el aumento de temperatura, Cuadro XII, o, lo que es igual, con la resistencia, concordando con los datos de ésta, como se aprecia en el Cuadro XIII.

C U A D R O X I

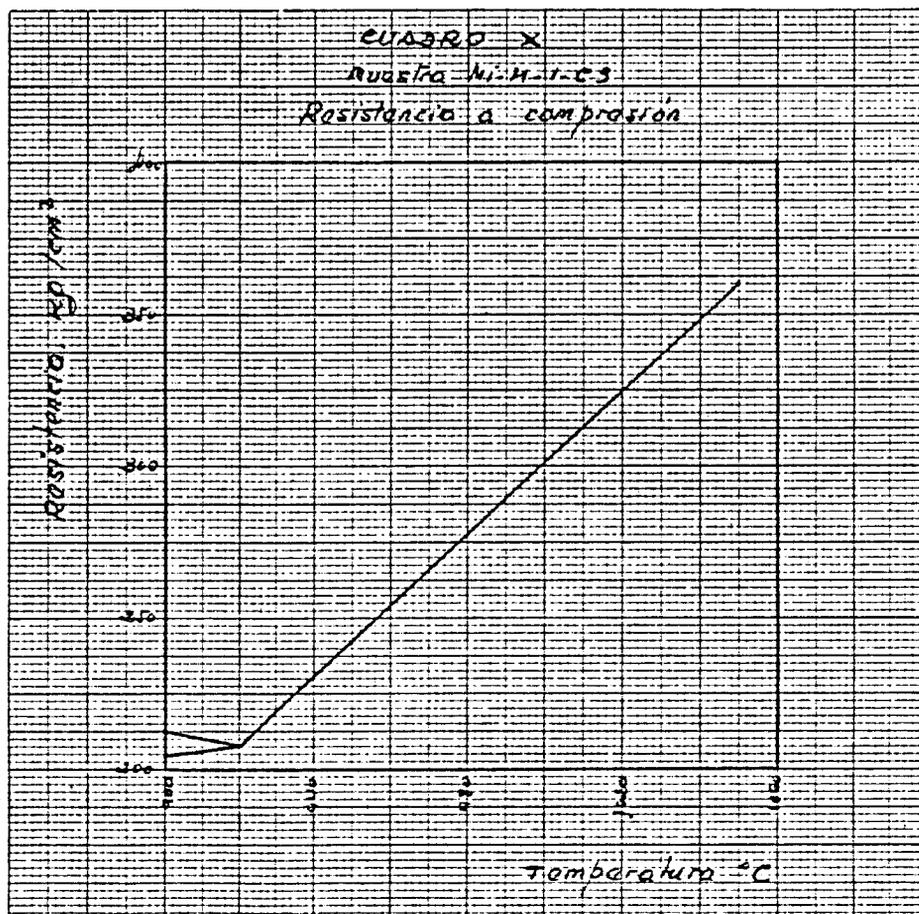
Muestra Mi - M - 1 - C3

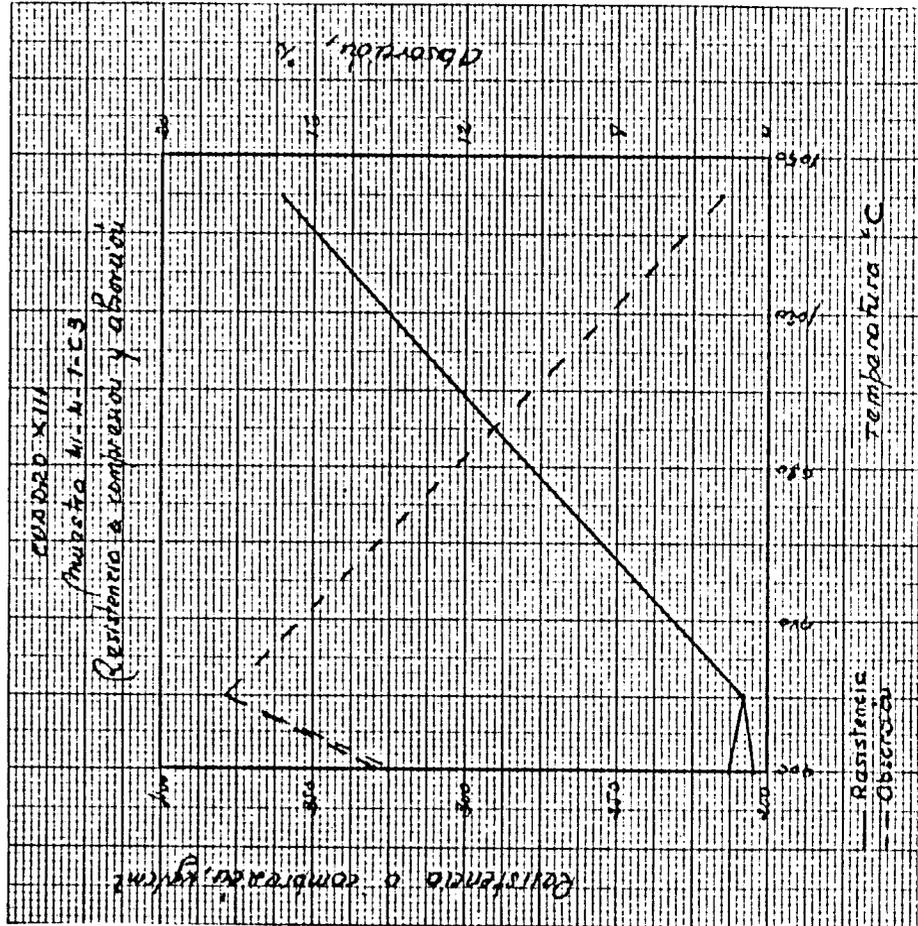
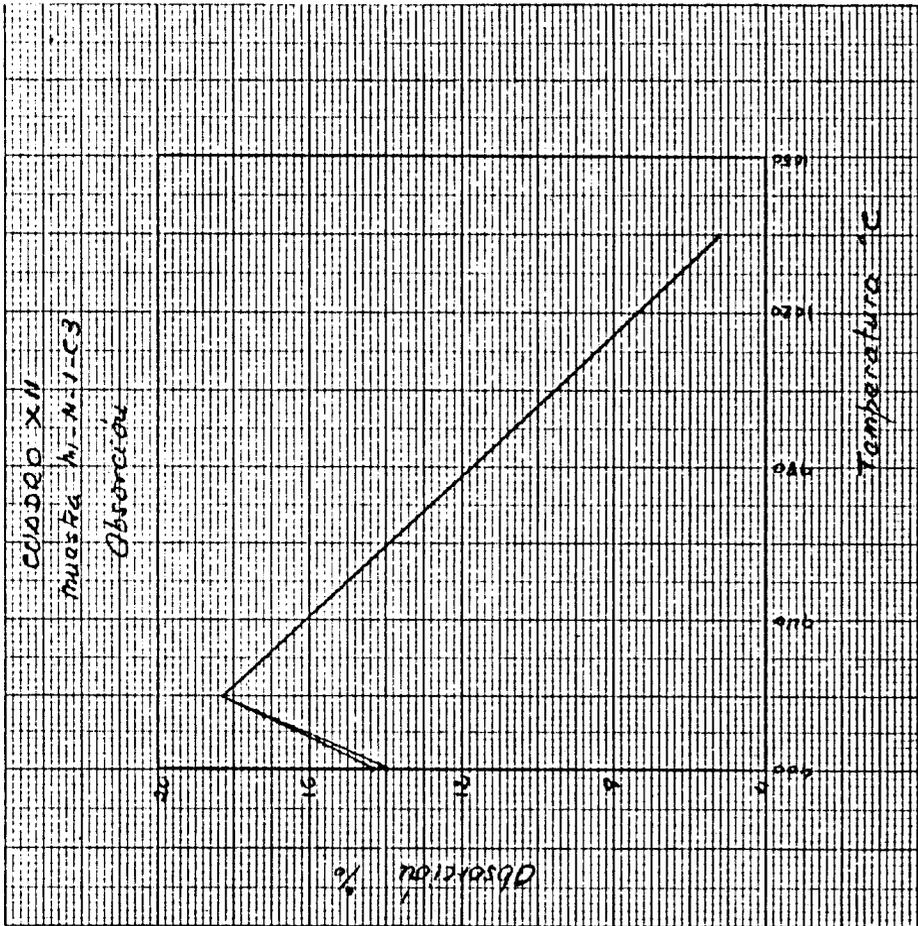
Absorción

<u>Temperatura</u> <u>° C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>Absorción</u> <u>%</u>	<u>Media</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>		
900	33	28,88	33,04	14,4	14,4
900 mufia	7	37,17	42,37	14,0	14,0
920	27	31,53	37,14	17,8	18,3
	29	34,67	41,19	18,8	
1.050	13	28,02	29,59	5,6	5,3
	19	27,88	29,27	5,0	

- Al aumentar la temperatura a 1.050° C, se hace aproximadamente, 3 - 4 veces menor, que con respecto a las 900-920° C
- Es prácticamente igual en las probetas cocidas a 900° C en horno industrial y en mufla.
- Aumenta en las probetas cocidas a 920° C, coincidiendo con la ligera disminución producida en la resistencia al pasar de 900 a 920° C, lo cual viene a corroborar los motivos expuestos para la resistencia.

No obstante, esta prueba al igual que la anterior, con esta granulometría, se hizo con el objeto de poseer un orden de magnitud, motivo por el cual se ensayaron pocas probetas, sin embargo, se considera que los datos están próximos a la media y pueden servir para comparación.





5.5. MUESTRA Mi - M - 1 - D

El material se ha vuelto a moler para conseguir una de las granulometrías previstas, en este caso la (3) o similar, pero dado que con el molino que se disponía, moliendo cuatro veces, se alcanzó la granulometría:

<u>Tamiz</u> <u>mm</u>	<u>%</u>
3 -1	5,7
1 -0,5	23,3
0,5-0,1	44,6
< 0,1	26,4

es decir, no se alcanzó el % correspondiente al tamaño menor de 0,1 mm, se preparó la muestra de modo artificial, o sea, añadiendo el peso oportuno de cada uno de los tamaños, por tanto, la granulometría obtenida se refleja en el Cuadro XIV.

A la vista de los resultados de las humedades usadas en las pruebas anteriores y de que a mayor cantidad de tamaños menores de 0,1 mm necesita más humedad, se optó por no probar con las más bajas, ya que lo que se obtendría sería la obturación en la rejilla o en la boquilla del molde, al igual que en los casos anteriores.

Por ello se operó con la humedad teórica del 12 % pero la pastilla que se obtenía estaba seca y salía agrietada. En la preparación manual de la pasta se observó una mayor plasticidad que en el caso anterior.

A continuación se operó con la humedad teórica del 13 % observándose que los "spaguettis" salían con facilidad y que la probeta - salía con menos grietas que con la humedad anterior, no obstante, tenía una relativa falta de textura y se observaban grietas, sin embargo, comparándolas con las de la muestra Mi-M-1-C3 habían mejorado tanto en la textura como en la cohesión y grietas menos acusadas.

C U A D R O X I V

Muestra Mi - M - 1 - D

Granulometría

<u>Tamiz</u> <u>(mm)</u>	<u>%</u>
> 2	2
2 - 1	8
1 - 0,5	20
0,5 - 0,1	35
< 0,1	35
Humedad seca:	1,0
Humedad pasta:	13,0
Humedad "spaguetti"	-
Humedad pastilla	10,99

En ambos casos se pudo comprobar un calentamiento en el molde, lo cual era originado por el rozamiento de la pasta, particularmente por los granos de los tamaños grandes, así como una pérdida de humedad en el transcurso del proceso, aproximadamente en la misma cuantía que en los casos anteriores.

En el Cuadro XV se resumen los resultados de la muestra Mi-M-1 - D.

Por tanto, se hicieron 44 probetas de las mismas dimensiones que en el caso anterior, con la humedad del 13 %, de las que figuran parte de ellas, una vez secas, en la Foto Nº 25, para los fines expuestos.

El secado se realizó de la siguiente manera:

- Las probetas números del 4 al 13, ambos inclusive en estufa a 50° C durante 6 horas.
- Las probetas números del 14 al 24, ambos inclusive en estufa a 50° C durante 9 horas.
- Las probetas números 25 a 27 y 50 a 57, ambos inclusive, en Rubiera Cedefasa.
- Las probetas números 28 al 39, ambas inclusive, en Cerámica La Lloral.

En cuanto a la contracción en el secado se hicieron en todas ellas una marca de 10 cm antes de proceder a su secado, la cual

C U A D R O X V

Muestra Mi - M - 1 - D

Humedad teórica

%

R E S U L T A D O S

- | | |
|----|---|
| 12 | Salida con relativa facilidad de los "spaguettis".
La pastilla salía con grietas, aspecto seco y falta de textura. |
| 13 | La pastilla salía con aspecto menos seco que en el caso anterior; tenía grietas y relativa falta de textura. Mejoraron con respecto a las de la Mi - M - 1 - C - 3. |
| 14 | Pasta con cierto estado semilíquido. La amasadora trabajaba con dificultad. |

se volvió a medir una vez hecho el proceso, para determinar la retracción en retracción lineal, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro XVI.

De los datos de dicho cuadro se pueden sacar las conclusiones siguientes:

- La contracción varía prácticamente en todas las probetas entre el 1,8 y 2,5 %, el cual es muy bajo comparándolo con el de las arcillas que se usan normalmente en la fabricación de ladrillos en la región asturiana.
- No se puede deducir que en un procedimiento de secado la retracción sea mayor que en otro.
- La contracción es mayor que en el caso de las probetas de la muestra Mi-M-1-D3, como se puede deducir del Cuadro XVII, lo cual es debido a la mayor cantidad menor de 0,1 mm empleada.
- Existe un número de roturas, principalmente debido a su manipulación para transportarlas de un lugar a otro, lo cual indica que son frágiles y que se debe guardar cuidado en su transporte para evitar su rotura.
- No se puede deducir que con un procedimiento de secado se producen más roturas que con otro.
- Comparándolas con las de la muestra Mi-M-1-D3 se puede observar que la cantidad de roturas es menor, aunque es-

C U A D R O X V IMuestra Mi - M - 1 - DRETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
4	100	97,8	2,2	
5	100	97,9	2,1	
6	100	98,1	1,9	Muestra en verde H U N O S A
7	100	97,7	2,3	
8	100	97,9	2,1	
9	100	97,5	2,5	
10	100	98,2	1,8	
11	100	98,2	1,8	
12	100	98,1	1,9	Rota
13	100	97,7	2,3	
Media			2,1	
14	100	98,1	1,9	
15	100	97,8	2,2	
16	100	97,8	2,2	
17	100	98,2	1,8	
18	100	97,9	Rota	
19	100	97,7	2,3	
20	100	97,5	2,5	
21	100	97,6	2,4	Muestra en verde RUBIERA - Rota
22	100	97,5	2,5	
23	100	97,8	2,2	
24	100	97,8	2,2	
Media			2,2	
25	100	97,9	2,1	

C U A D R O XVI

Muestra Mi - M - 1 - D

RETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
26	100	97,6	2,4	
27	100	98,2	1,8	
50	100	98,1	1,9	
51	100	98,2	1,8	
52	100	97,5	2,5	
53	100	97,5	2,5	
54	100	97,6	2,4	
55	100	97,7	2,3	
56	100	97,8	2,2	
57	100	97,8	2,2	
Media			2,2	
28	100	97,8	2,2	
29	100	97,8	2,2	
30	100	97,8	2,2	
31	100	97,6	2,4	
32	100	97,5	2,5	
33	100	97,5	2,5	
34	100	98,2	1,8	
35	100	98,1	1,9	
36	100	97,8	2,2	
37	100	97,8	Rota	
38	100	98,2	1,8	
39	100	97,5	2,5	
Media			2,2	
Media Total			2,2	

te dato debe tomarse solo a título orientativo, ya que habria que hacer un estudio más exhaustivo.

En las probetas rotas se observa una buena compactación y una cohesión más correcta que en la muestra anterior, debido a la mayor cantidad de material menor de 0,1 mm, pero que sigue teniendo cierta fragilidad.

El color después de secas es un gris oscuro, no distinguiéndose por el mismo se están secadas por diferentes procedimientos. Asimismo, tampoco se observaron en las probetas rotas, los distintos tipos de secado.

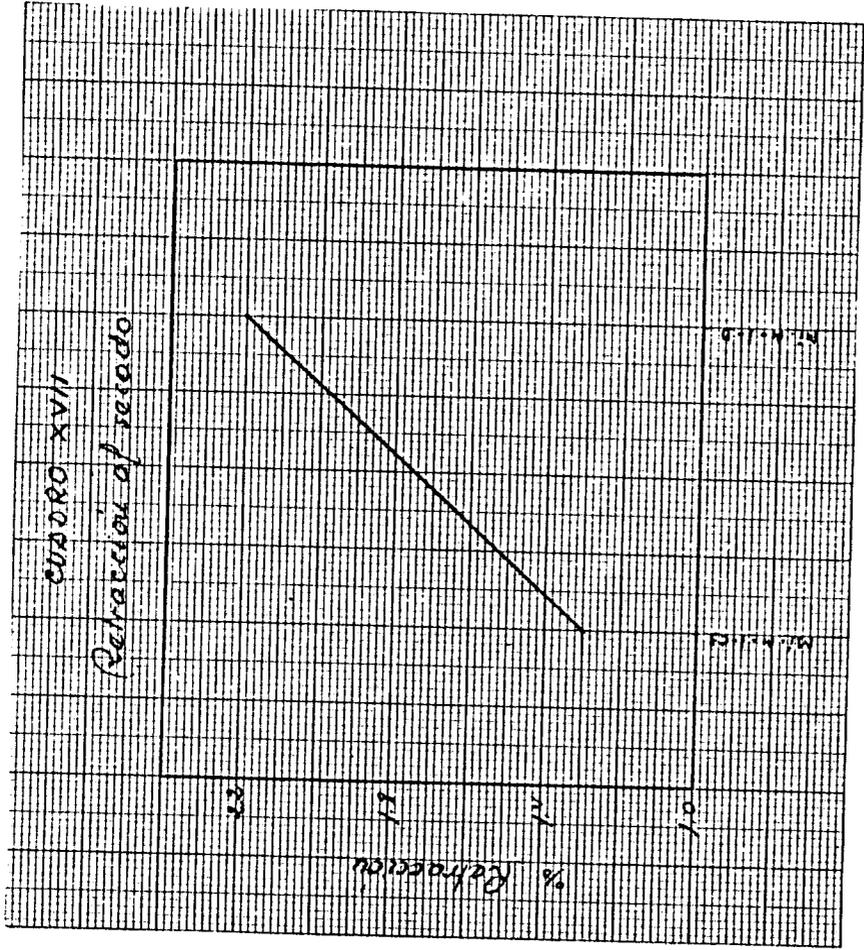
En la Foto Nº 25 se pueden ver parte de las probetas una vez secas.

Se observa una cierta falta de textura en las pastillas para fines prácticos y las grietas más patentes que en las húmedas, aunque su presentación es mejor.

Con las probetas secas se realizaron los mismos pasos que los indicados para la muestra Mi-M-1-C3.

Para la determinación de la rotura a compresión en verde se ha utilizado la prensa Multitester mencionada anteriormente, pero no se pudo conocer la carga de rotura por lo expuesto en la muestra Mi-M-1-C3.

En cuanto a la cocción se ha seguido el mismo criterio que en el caso de la referida muestra.



En las Fotos números 26 y 27 se pueden ver las probetas cocidas. Como se puede observar el repelamiento es menor y el acabado mejor que para la muestra anterior.

El color varía, asimismo, del rosa pálido al marrón, al aumentar la temperatura, Fotos Nº 26 y 27. También se observa que en las probetas cocidas en mufla existe una mejor continuidad del color que las cocidas en horno túnel industrial.

Las probetas, por otra parte, presentan un mejor sonido que las del caso anterior y a mayor temperatura el sonido es más metálico.

Se puede ver que al romper las probetas cocidas en horno túnel presentan un "corazón negro", mientras que las cocidas en mufla a 1.050° C no, análogamente a la muestra Mi-M-1-C3, por las razones expuestas para el mismo punto en dicha muestra.

Por otro lado, se ha observado una contracción en las probetas cocidas, que si bien a las temperaturas de 900 y 920° C es muy pequeña, un 0,3 % con respecto a la seca, en las cocidas a 1.050° C es mayor, aunque al no disponer de datos no se pudo calcular, lo cual hay que tener en cuenta en la cocción ya que puede causar problemas.

Una vez cocidas las probetas se ha seguido el mismo camino que en el caso de la muestra Mi-M-1-C3.

Los resultados de la rotura a compresión se reflejan en el Cuadro XVIII.

De dicho cuadro se desprende que:

C U A D R O XVIIIMuestra Mi - M - 1 - DRESISTENCIA A COMPRESION

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Dimensiones (cm)</u>		<u>Superficie cm²</u>	<u>carga rotura Kg.</u>	<u>Resistencia Kg/cm²</u>	<u>Medias</u>
		<u>Largo</u>	<u>ancho</u>				
900	29	11,60	2,62	30,39	8.000	263	
	30	11,47	2,61	29,94	8.700	291	
	32	11,45	2,60	29,77	9.700	326	
	34	11,37	2,55	28,99	8.900	307	
	35	11,51	2,58	29,70	8.800	296	297
920	26	5,03	2,59	13,03	2.900	223	
	50	6,32	2,58	16,31	4.200	258	
	51	11,82	2,60	30,73	8.100	264	
	52	11,77	2,61	30,72	7.200	234	
	54	6,49	2,60	16,87	3.600	213	
	55	5,70	2,62	14,93	3.500	234	238
1.050	4	11,14	2,50	27,85	11.650	418	
	5	5,63	2,51	14,13	5.750	407	
	7	9,81	2,45	24,03	10.400	434	
	10	5,58	2,48	13,84	5.350	387	
	11	10,86	2,44	26,50	9.850	372	
	14	11,08	2,45	27,15	12.100	446	
	17	6,35	2,48	15,75	6.650	422	
	20	10,95	2,52	27,59	13.400	486	
23	6,57	2,45	16,10	7.050	438	423	

- Al igual que en el caso de la muestra Mi-M-1-C3, los valores de las resistencias para una misma temperatura, están dispersos, pues en algunos casos, la diferencia entre los extremos y la media es mayor del 10 %.

- Se observa que en el paso de 900 a 920° C se produce una disminución de resistencia, la cual se apuntaba en la curva de la muestra anterior, aunque no de forma tan acusada, para a continuación, al elevar la temperatura aumentar considerablemente la resistencia, como se puede ver en el Cuadro XIX. La disminución mencionada se estima que es debida a las causas ya dichas y no porque al aumentar la temperatura se produzca un descenso de la resistencia.

- Las curvas de la resistencia a la compresión son muy similares para las muestras estudiadas hasta ahora, como se puede observar en el Cuadro XIX. Asimismo de éste y del XXI se puede deducir que al aumentar la cantidad menor de 0,1 mm en la granulación se produce un aumento en la resistencia. Ello es debido a una mayor homogeneidad en la curva granulométrica de los finos, lo cual da, en principio, una mayor cohesión y una mejor distribución del material dentro de la masa, así como un más adecuado relleno de los huecos producidos por los tamaños mayores.

En cuanto a la absorción los resultados se reflejan en el Cuadro XXI, del cual se deduce, entre otras que:

- Varía, como es lógico, inversamente con la temperatura o, lo que es lo mismo, con la resistencia, Cuadro XIX, concordando con los datos de ésta.

C U A D R O XXI

Muestra Mi - M - 1 - D

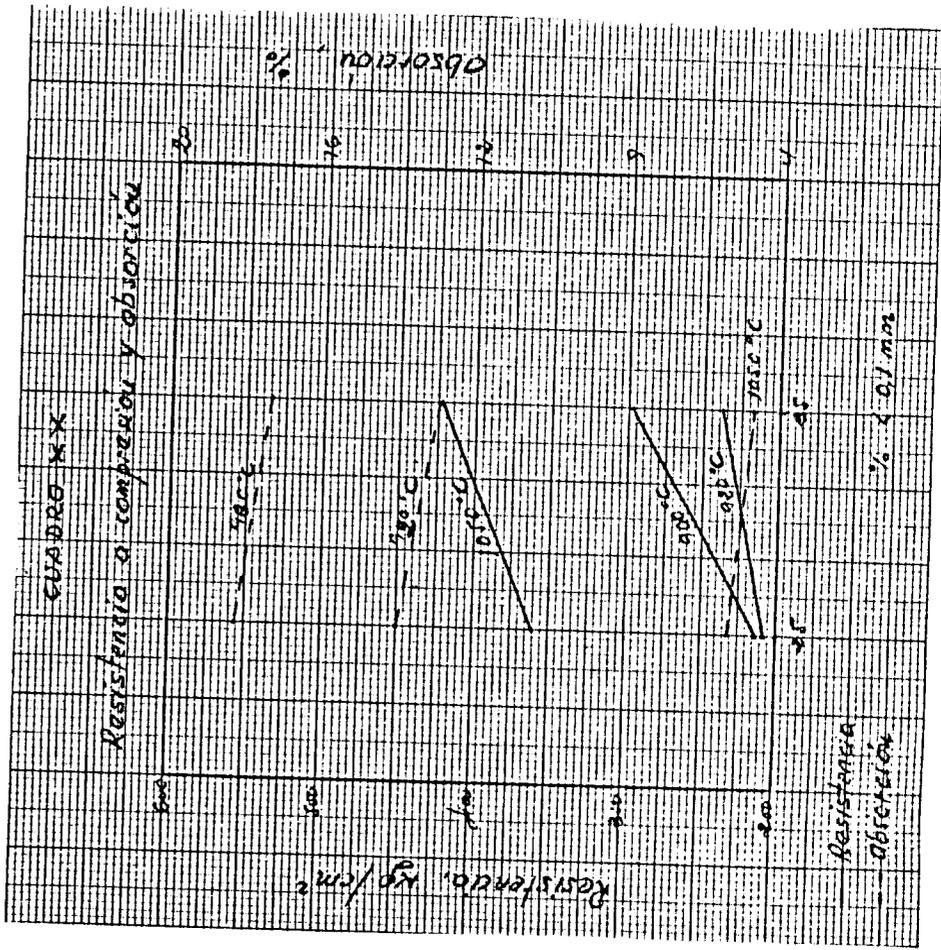
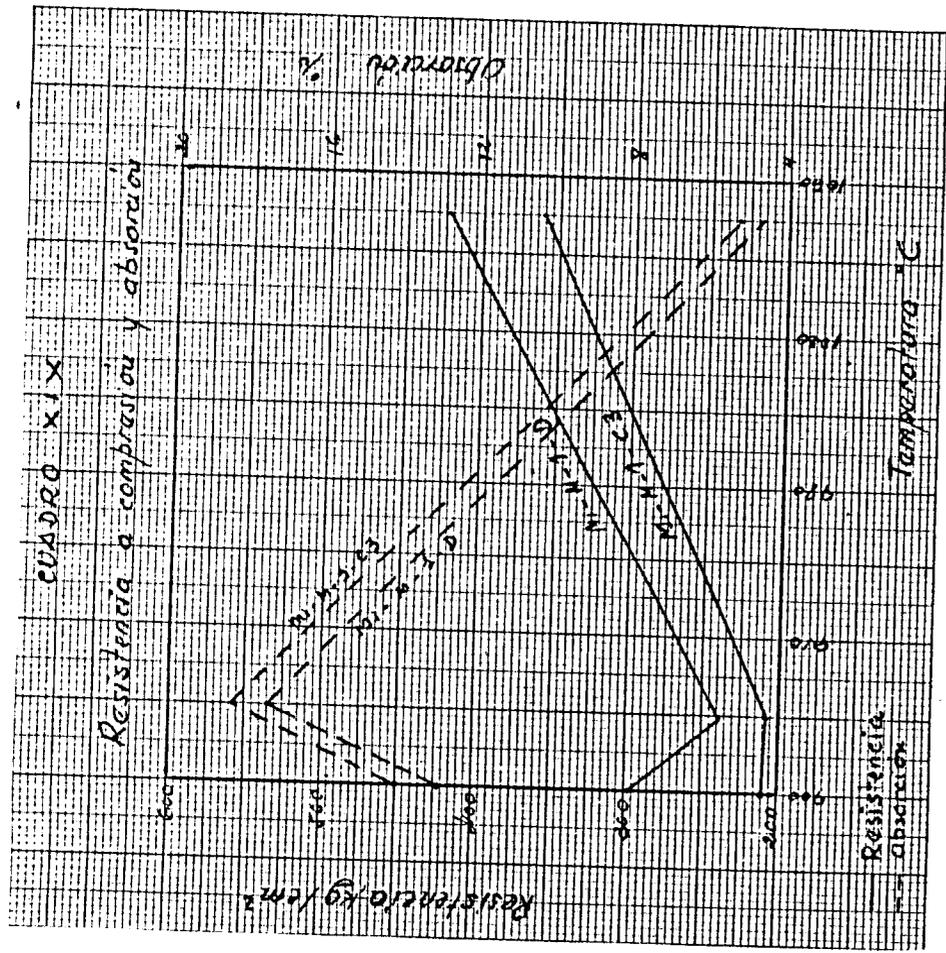
Absorción

<u>Temperatura</u> <u>° C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Peso en g.</u>		<u>Absorción</u>	<u>Media</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>	<u>%</u>	
900	36	16,35	18,46	12,9	12,9
	26	36,00	42,30	17,5	
	50	30,82	36,09	17,1	
920	55	29,28	34,39	17,5	17,4
	5	32,72	34,27	4,7	
1.050	10	32,88	34,47	4,8	
	17	29,35	30,75	4,8	
	23	27,60	28,87	4,6	4,7

- Al aumentar la temperatura a 1.050° C se hace, aproximadamente, 3 - 4 veces menor que con respecto a las de 900 y 920° C

Aumenta en las probetas cocidas a 920° C, coincidiendo con la disminución que se produce en la resistencia. Los motivos ya han sido expuestos al estudiar esta característica de la muestra Mi-M-1-C3. Por otra parte dicho aumento se hace tan patente como la disminución de la resistencia.

- La curva es paralela a la de la muestra anterior.



- La absorción con respecto a la muestra anterior ha disminuido muy poco, lo cual es debido a las características de este material.

5.6. MUESTRA Mi - M - 1 - E

Análogamente a como en la muestra Mi-M-1-D se ha preparado una muestra artificial por acumulación de cantidades comprendidas entre diferentes tamaños, cuya granulometría corresponde a la (4) prevista y que se refleja en el Cuadro XXII.

Asímismo y basándonos en los resultados de las experiencias realizadas, se siguieron los mismos criterios en cuanto a la humedad, secado, cocción, etc., que para las muestras anteriores.

Con la humedad teórica del 13 % la pastilla salía relativamente seca aunque de mejor aspecto que en los casos ya expuestos, por lo que se probó con una humedad teórica del 14 %, observándose una mejor textura de la probeta que podría servir para fines prácticos, aunque no fuese todo lo perfecta que se deseaba, pero que a escala industrial no plantearía problemas relativamente. También se observó una menor cantidad de grietas más pequeñas y una mejor cohesión en comparación con las muestras ensayadas. Además en la preparación de la pasta se comprobó una mayor plasticidad de ésta lo que se traduce en una mejor moldeabilidad y mejora de los factores que se indican. Por otra parte la extrusionadora trabajaba más cómodamente, aunque el molde seguía calentándose pero en menor grado.

Con la humedad teórica del 15 % la amasadora ya trabajaba con algo de dificultad debido al mayor contenido de agua de la pas-

ta, notándose agua libre en la superficie de la misma. No obstante, las probetas salían bien.

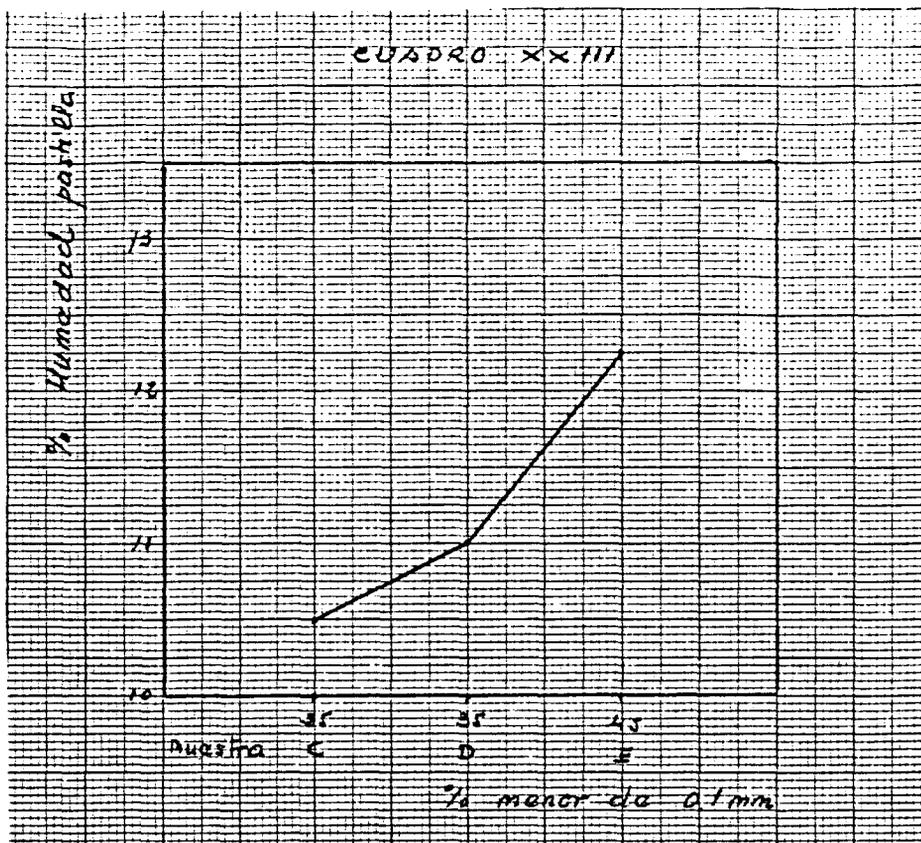
C U A D R O XXII

Muestra Mi - M - 1 - E

Granulometría

Tamiz (mm)	%
3 - 2	2
2 - 1	8
1 - 0,5	20
0,5- 0,1	25
< 0,1	45
Humedad Seca :	1
Humedad pasta :	14
Humedad "spaguetti" :	12,2
Humedad pastilla :	12,6

De lo mencionado hasta ahora en las muestras ensayadas, se deduce como era de esperar, que a medida que aumenta la cantidad de tamaños menores de 0,1 mm es necesaria una mayor humedad para conseguir su moldeabilidad adecuada. En el Cuadro XXIII se puede apreciar lo dicho anteriormente pero teniendo en cuenta que la humedad a la que se operó puede no ser exactamente la óptima.



En el Cuadro XXIV se resumen los resultados obtenidos en la extrusionadora con esta muestra.

Por tanto, se hicieron 75 probetas con la humedad teórica del 14 %, de las que pueden verse parte en la Foto N° 28.

El secado se realizó de la siguiente manera:

- Las probetas N° 14 a 26 y 68 y 70 en estufa a 50° C durante 6 horas.
- Las probetas N° 27 a 39 y 69 y 72 en estufa a 50° C durante 9 horas.
- Las probetas N° 1 a 13 y 71, 74, 75, y 76 en Rubiera Cede-fasa.
- Las probetas N° 40 a 52 en Cerámica La Lloral.

En cuanto a la contracción en el secado se hicieron unas marcas

C U A D R O X X I V

Muestra Mi - M - 1 - E

Humedad
%

R E S U L T A D O S

-
- | | |
|----|---|
| 13 | La pastilla salía relativamente seca. No existieron problemas en lo otros pasos. |
| 14 | La pastilla salía Húmeda; mejor textura, cohesión y menos grietas que en las muestras anteriores. La pasta adquiriría bastante plasticidad. |
| 15 | La amasadora trabajaba con alguna dificultad. La pastilla prácticamente igual que con el 14 % |
-

antes de secarlas que se volvieron a medir una vez secas, para determinar la contracción lineal, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro XXV.

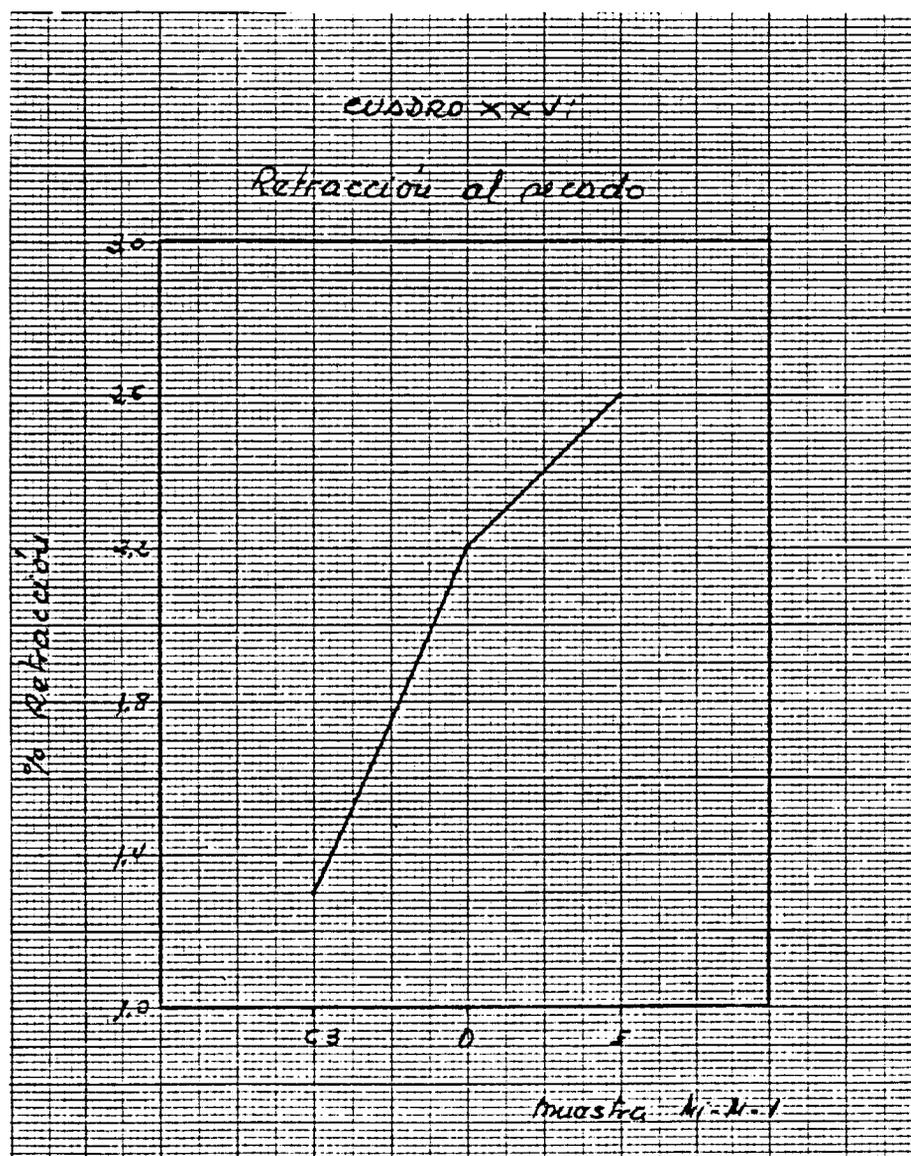
De los datos de este Cuadro se pueden deducir las mismas conclusiones que para la muestra Mi-M-1-D, es decir:

- La contracción es baja comparándola con la de las arcillas que se usan normalmente en la fabricación de ladrillos en la región asturiana.

- No se puede deducir que en un procedimiento de secado la

retracción sea mayor que en otro.

- La contracción es mayor que en el caso de las probetas de las muestras anteriores, como se puede ver en el Cuadro XXVI, lo cual es debido al aumento del % de las partículas menores de 0,1 mm.



- El número de roturas debidas principalmente a la manipulación disminuyó considerablemente, como consecuencia de

C U A D R O XXV -

Muestra Mi - M - 1 - E

RETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
14	100	97,3	2,7	
15	100	97,5	2,5	
16	100	97,4	2,6	
17	100	97,2	2,8	
18	100	97,5	2,5	
19	100	97,3	2,7	
20	100	97,4	2,6	
21	100	97,5	2,5	
22	100	97,4	2,6	
23	100	97,4	2,6	
24	100	97,5	2,5	
25	100	97,3	2,7	
26	100	97,6	2,4	
68	100	97,3	2,7	Muestra en verde
70	100	97,4	2,6	HUNOSA. Rota
Media			2,6	
27	100	97,3	2,7	
28	100	97,3	2,7	Muestra en verde
29	100	97,3	2,7	Rubiera
30	100	97,5	2,5	
31	100	97,4	2,6	
32	100	97,4	2,6	Muestra en verde
				Rubiera

C U A D R XXV

Muestra Mi - M - 1 - E

RETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
33	100	97,5	2,5	
34	100	97,3	2,7	
35	100	97,4	2,6	
36	100	97,6	2,4	
37	100	97,6	2,4	
38	100	97,4	2,6	
39	100	97,5	2,5	
69	100	97,3	2,7	
72	100	97,4	2,6	
Media			2,6	
1	100	97,3	2,7	
2	100	97,2	2,8	
3	100	97,2	2,8	
4	100	97,4	2,6	
5	100	97,3	2,7	
6	100	97,4	2,6	
7	100	97,5	2,5	
8	100	97,5	2,5	
9	100	97,3	2,7	
10	100	97,3	2,7	
11	100	97,2	2,8	
12	100	97,4	2,6	

C U A D R O XXV

Muestra Mi - M - 1 - ERETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
13	100	97,4	2,6	Muestra en verde Rubiera. Rota
71	100	97,4	2,6	
74	100	97,3	2,7	
75	100	97,5	2,5	
76	100	97,4	2,4	
Media			2,6	
40	100	97,3	2,7	
41	100	97,2	2,8	
42	100	97,3	2,7	
43	100	97,4	2,6	
44	100	97,5	2,5	
45	100	97,5	2,5	
46	100	97,5	2,5	
47	100	97,6	2,4	
48	100	97,4	2,6	
49	100	97,3	2,7	
50	100	97,3	2,7	
51	100	97,4	2,6	
52	100	97,4	2,6	
Media			2,6	

un aumento de tamaños pequeños en la granulometría que hace un mejor relleno de huecos. No obstante, seguían siendo frágiles.

En probetas que se rompieron para comprobar su fragilidad se observó una buena compactación y una mayor cohesión por los motivos aducidos anteriormente.

En cuanto al resto de las consecuencias, color, etc, son las mismas que para las muestras anteriores.

Se observa una mejor textura y presentación que puede servir para fines prácticos.

Con las probetas secas se siguieron los pasos indicados para las otras muestras.

En cuanto a la resistencia a compresión en verde, para lo cual se llevaron varias probetas de cada tipo de secado, aconteció lo dicho para las de las muestras Mi-M-1-C3 y D.

Respecto a la cocción se ha seguido el mismo criterio que en dichas muestras. En la Foto 29 se pueden ver las probetas cocidas, en donde se observa que el repelamiento es menor y el acabado mejor que en casos anteriores.

El color varía, igualmente, del rosa pálido al marrón, al aumentar la temperatura, Foto Nº 29. También se observa que en las probetas cocidas en mufla existe una mejor continuidad del color que las cocidas en horno industrial.

Las probetas presentan una mejor sonoridad que las del caso anterior y a mayor temperatura el sonido es más metálico.

Se puede ver que al romper las probetas cocidas en horno industrial presentan un "corazón negro" pero de menor tamaño que en casos anteriores, mientras que las cocidas en mufla a 1.050° C no, por las razones ya expuestas.

Por otro lado, se ha observado una contracción en las probetas cocidas. Las medidas realizadas después de cocidas figuran en el cuadro XXVII

C U A D R O XXVII

Muestra Mi - M - 1 - E

RETRACCION LINEAL EN LA COCCION

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Medida (mm)</u>			<u>% Retracción de la cocción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
920	1	100	97,3	97,2	2,8	0,1
	2	100	97,2	97,0	3,0	0,2
	3	100	97,2	97,1	2,9	0,1
	4	100	97,4	97,2	2,8	0,2
	5	100	97,3	97,1	2,9	0,2
	6	100	97,4	97,2	2,8	0,2
	7	100	97,5	97,4	2,6	0,1
	8	100	97,5	97,5	2,5	-
	9	100	97,3	97,1	2,9	0,2
	10	100	97,3	97,2	2,8	0,1
	Media				2,8	0,15

Temperatura ° C	Pribeta Número	Medida (mm)			% Retracción de la cocción sobre	
		Húmeda	Seca	Cocida	Húmeda	Seca
900	40	100	97,3	96,8	3,2	0,5
	41	100	97,2	96,7	3,3	0,5
	42	100	97,3	97,0	3,0	0,3
	45	100	97,5	97,0	3,0	0,5
	47	100	97,6	96,7	3,3	0,9
	50	100	97,3	97,0	3,0	0,3
	51	100	97,4	97,1	2,9	0,3
	Media				3,1	0,5
1.050	14	100	97,3	92,7	7,3	5,0
	19	100	97,3	92,7	7,3	5,0
	22	100	97,4	92,7	7,3	5,1
	20	100	97,4	92,5	7,5	5,3
1.050	15	100	97,5	92,7	7,3	5,2
	27	100	97,3	92,7	7,3	5,0
	29	100	97,3	92,6	7,4	5,1
	30	100	97,5	92,5	7,5	5,4
	31	100	97,4	92,6	7,4	5,2
	32	100	97,4	92,5	7,5	5,3
	33	100	97,5	92,8	7,2	5,1
	34	100	97,3	92,7	7,3	5,0
	35	100	97,4	92,6	7,4	5,2
	38	100	97,4	92,7	7,3	5,1
	39	100	97,5	92,7	7,3	5,2
	Media				7,4	5,15

De este Cuadro se deduce que:

- Las cocidas en horno industrial a 920° C tienen practicamente la misma retracción que sufrieron en el secado, es decir, la retracción por la cocción es muy pequeña.
- Las cocidas en horno industrial a 900° C tienen una retracción pequeña, aumenta en un 0,5 la de secado en la cocción, pero mayor que en el caso anterior, lo cual viene a confirmar lo dicho para las muestras anteriores que la cocción en este caso es más prolongada que en el anterior por lo que es como si se cociese a mayor temperatura.
- Las cocidas en mufla a 1.050° C tienen una contracción mayor que en los casos anteriores, lo cual concuerda con el aumento de la temperatura. Esta contracción, de 7,4 % con respecto a la húmeda, coincide con la contracción - experimentada en el secado por las arcillas usadas para la fabricación de productos cerámicos. No obstante, hay que destacar que es mayor la contracción en la cocción que en el secado.

Una vez cocidas las probetas se ha seguido el mismo criterio que en el caso de las muestras anteriores.

Los resultados de la rotura a compresión se reflejan en el Cuadro XXVIII, del cual se desprende que:

- Al igual que en las muestras anteriores, los valores de las resistencias para una misma temperatura están dispersos, pues en algunos casos, la diferencia entre los extremos y la media es del 38 %. No obstante es de hacer notar que la bajada tan considerable de dos muestras en

las cocidas a 1.050° C en mufla pudo haber sido debido a varios factores, entre los cuales se encuentran un refrentado para proporcionar caras paralelas y un abultamiento producido en esas dos muestras por un gránulo de carbón bién por un deficiente amasado, homogeneización u otra causa. Aunque en circunstancias normales no se debería reflejar, se hace con objeto de si se vuelven a producir en otras muestras considerarlo y estudiar las causas de su formación. Sin embargo, a"priori", se estima que fué casual.

- Se observa que en el paso de 900 a 920° C se sigue produciendo una disminución de la resistencia, análogamente a las muestras anteriores, para, a continuación, al elevar la temperatura, aumentar considerablemente la resistencia, como se puede ver en el Cuadro XXIX.

C U A D R O XXVIII

Muestra Mi - M - 1 - E

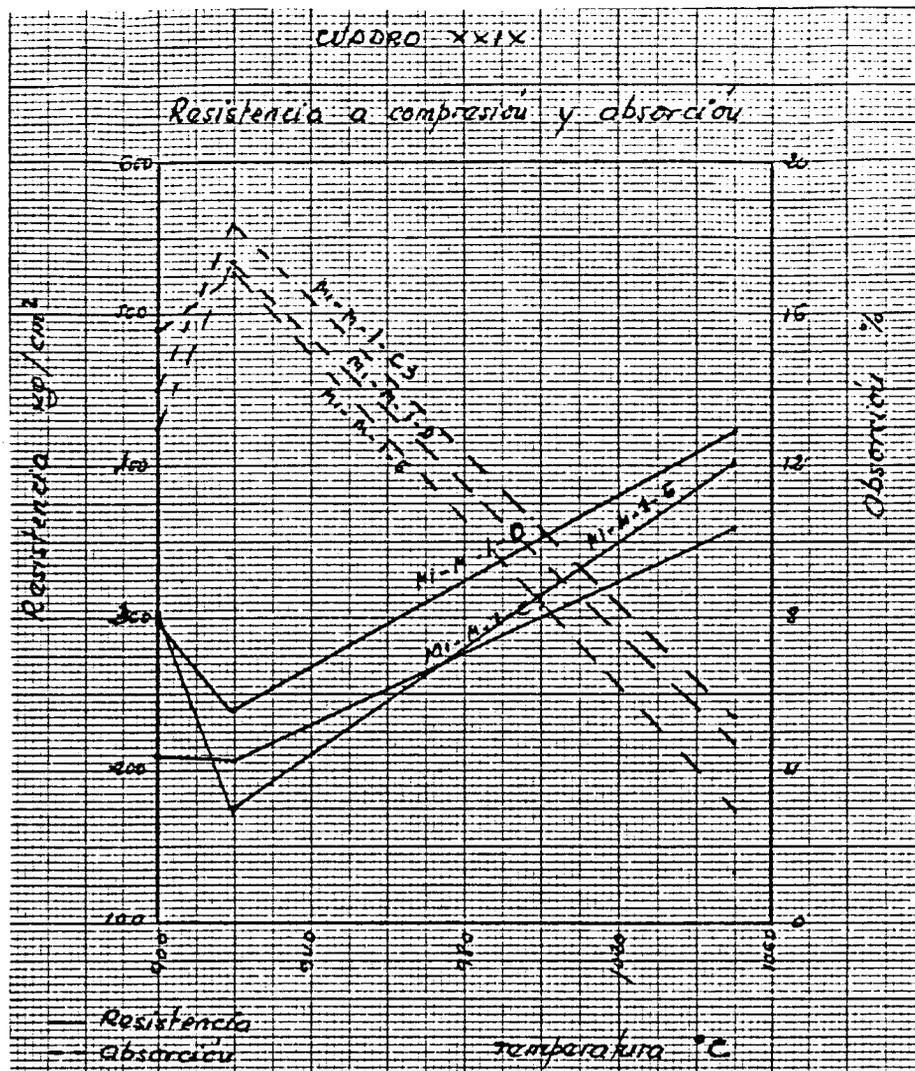
RESISTENCIA A COMPRESION

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Dimensiones cm²</u>		<u>Superficie cm²</u>	<u>Carga rotura Kg.</u>	<u>Resistencia Kg/cm² Media</u>	
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>				
900	40	11,5	2,54	29,21	10.050	344	
	41	11,61	2,68	31,11	10.600	341	
	42	8,52	2,62	22,34	5.600	251	
	45	11,82	2,63	31,10	8.150	262	
	50	11,60	2,49	28,94	9.850	340	
	51	8,35	2,58	21,54	6.200	288	304

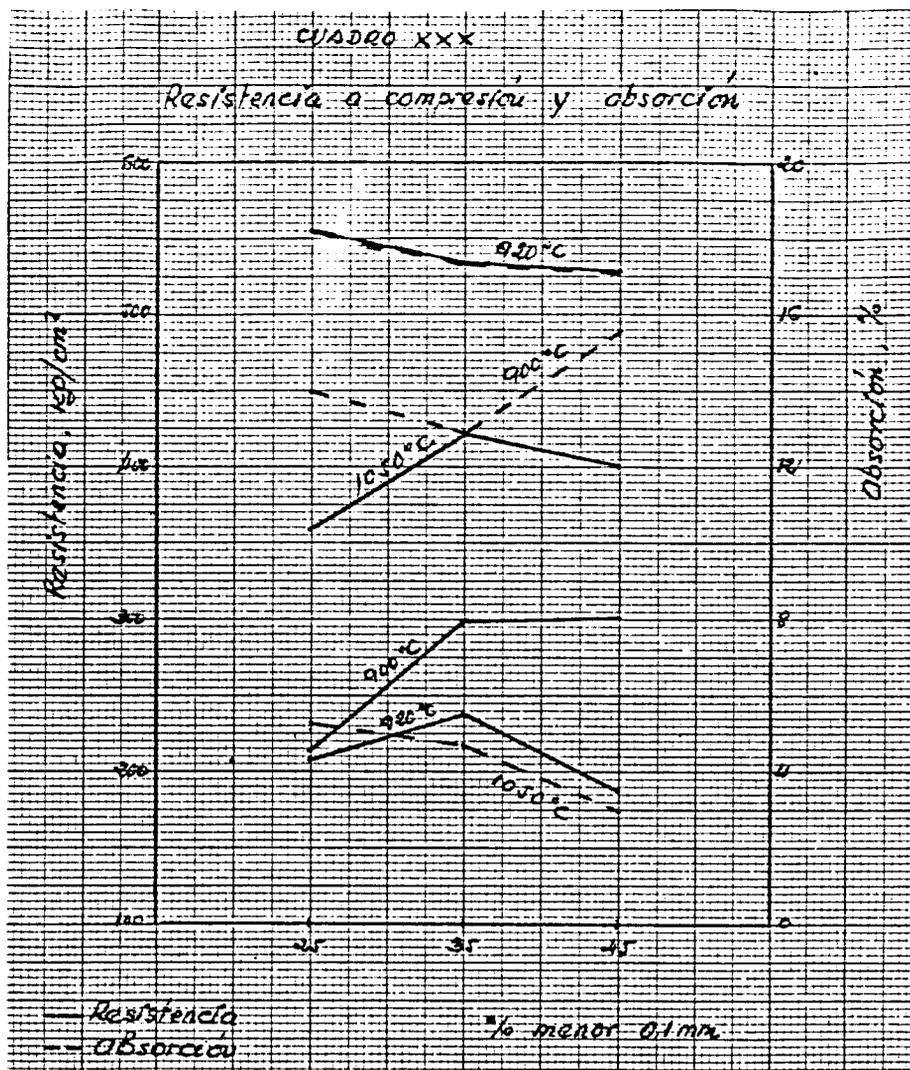
Temperatura ° C	Probeta Número	Dimensiones cm ²		Superficie cm ²	Carga rotura Kg.	Resistencia Kg/cm ²	Media
		Largo	Ancho				
920	1	6,22	2,62	16,30	3.050	187	
	2	6,23	2,72	16,95	2.600	153	
	5	11,66	2,60	30,32	4.950	163	
	6	11,68	2,61	30,48	6.000	197	
	9	11,70	2,60	30,42	5.500	181	176
1.050	15	4,43	2,51	11,12	5.350	481	
	16	6,07	2,44	14,81	5.200	351	
	21	11,21	2,49	27,91	11.750	421	
	23	11,22	2,45	27,49	12.550	457	
	26	11,17	2,44	27,25	12.550	461	
	32	5,43	2,57	13,96	4.100	294	
	33	11,22	2,58	28,95	12.200	421	
	34	6,26	2,50	15,65	8.050	514	
	35	11,32	2,57	29,09	11.400	392	
	38	11,33	2,53	28,66	10.400	363	
	39	11,40	2,63	29,98	7.450	249	401

- La curva es similar a las de las muestras anteriores, como se puede ver en el cuadro XXIX. Sin embargo, existen variaciones con respecto a ellas.

En primer lugar la resistencia no aumenta como ocurrió en el paso de la C-3 a la D, sino que se encuentra por debajo de la C-3 como sucede en las cocidas en el horno industrial a 920° C, Cuadro XXX. El no aumentar la resistencia se estima es debido a que si se observa la granu-



lometría de esta muestra existe un aumento considerable de la cantidad menor de 0,1 mm con respecto a la de los tamaños 0,5 - 0,1 mm, lo cual hace que la curva granulométrica no posea una distribución tan homogénea como en el caso de las anteriores. La bajada en el caso de las cocidas a 920° C se cree es debida a una cocción deficiente, bien por inadecuada colocación en el horno o por otra causa. No obstante se considera, a la vista de las resistencias de las probetas cocidas a las otras temperaturas que su resistencia está próxima a la de la muestra Mi-M-1-D.



En cuanto a la absorción los resultados se reflejan en el Cuadro XXXI, de cual se deduce, entre otras que:

- Varía inversamente con la temperatura, o lo que es lo mismo con la resistencia, Cuadro XXIX, concordando con los datos de ésta.
- Al aumentar la temperatura a 1.050° C se hace aproximadamente 5 veces menor en relación con las de 900 y 920° C.
- Aumenta en las probetas cocidas a 920° C, coincidiendo con

C U A D R O XXXIMuestra Mi - M - 1 - EAbsorción

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>Absorción %</u>	<u>Media</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>		
900	42	20,15	23,26	15,4	
	51	18,84	21,81	15,8	15,6
920	1	30,04	35,15	17,0	
	2	30,24	35,46	17,3	17,1
1.050	15	30,40	31,32	2,7	
	16	30,28	31,13	2,8	
	32	45,72	47,35	3,6	
	34	35,50	36,30	2,3	2,9

la disminución que se produce en la resistencia, por los motivos expuestos para las muestras anteriores.

- La curva, aunque sigue la misma tónica que las anteriores, presenta algunas variaciones. En primer lugar, al igual que con la resistencia, cabía esperar una disminución de la absorción (en la resistencia un aumento), lo cual ocurre en dos de las temperaturas, pero no en la de 900° C. En segundo lugar y dado que la resistencia es similar a la de la muestra Mi-M-1-D, la absorción debería seguir un camino paralelo. La razón está en el aumento de la cantidad de tamaños menor de 0,1 mm, los cuales rellenan mejor

los huecos haciendo que sean menos absorbentes. En tercer lugar, la bajada pronunciada de absorción a 1.050° C se explica porque existe un principio de vitrificación lo que significa, a estos efectos, una ligera película impermeable.

Asimismo y con objeto de comprobar si se podían fabricar ladrillos huecos con este material, usando un molde de laboratorio, se obtuvieron una serie de ladrillos, parte de los cuales se pueden apreciar en la Foto N° 29, que fueron cocidos a diferentes temperaturas. La fabricación de estos ladrillos no planteó problema alguno.

5.7. MUESTRA Mi - M - 1 - F

Aunque las pruebas anteriores demostraban que los estériles de lavaderos se podían utilizar para la fabricación de ladrillos, por lo menos a nivel de laboratorio, usando solamente este material y que las características de contracción al secado, resistencia y absorción eran mejoradas claramente. No obstante y aunque su textura se estimaba suficiente para la fabricación industrial, se estimó oportuno ensayar otras granulometrías que no contuviesen tamaños mayores de 0,5 mm con objeto de comprobar si se mejoraba y las características que se obtenían para caso de otras aplicaciones.

Por ello y análogamente a como en las dos muestras últimas se preparó una muestra artificial por acumulación de cantidades comprendidas entre diferentes tamaños, cuya granulometría corresponde a la que se refleja en el Cuadro XXXII.

Asimismo y basándonos en los resultados de las experiencias realizadas, se siguieron los mismos criterios en cuanto a humedad, secado, cocción, etc, que para las muestras anteriores.

C U A D R O X X X I I

Muestra Mi - M - 1 - F

Granulometría

<u>Tamiz</u> <u>(mm)</u>	<u>%</u>
< 2	-
2 - 1	-
1 - 0,5	-
0,5 - 0,1	50
> 0,1	50
Humedad seca :	1
Humedad pasta :	15,5
Humedad "spaguetti" :	14,3
Humedad pastilla :	13,5

Con la humedad teórica del 14 % se tuvieron problemas de compresión en la rejilla al estar la pasta relativamente seca. Con la humedad del 15 % se mejoraba pero continuaba estando seca. Con el 16 % la pastilla salía sin problema alguno, observándose una excelente textura y presentación, ya que no presentaba grietas, la cohesión muy buena y el corte impecable, Fotos Nº 30 y 31. De la comparación visual con probetas fabricadas con arcilla se

observó que eran más perfectas que éstas.

Además en la preparación de la pasta se comprobó que poseía una gran plasticidad lo que traduce en una mejor moldeabilidad y mejora de los factores indicados.

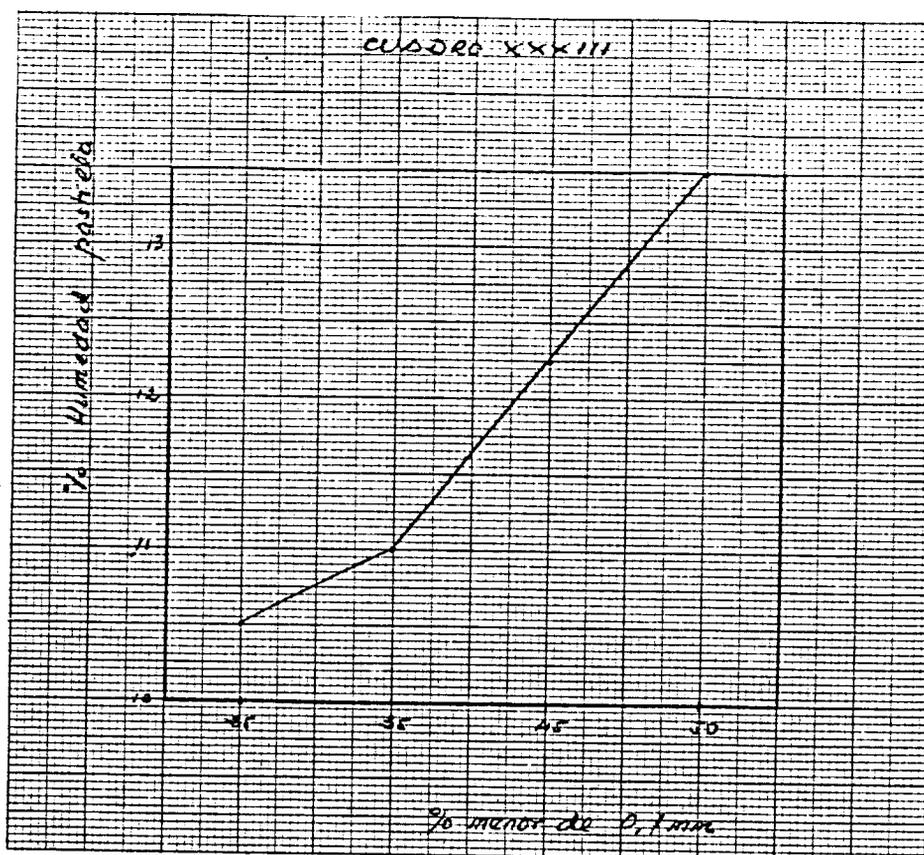
Por otra parte, la extrusionadora trabajaba sin problemas, observándose que el molde no se calentaba, lo cual hace suponer, en principio, que además de otra causas, era debido al rozamiento de las partículas mayores de 0,5 mm.

Con la humedad teórica del 17 % las pastillas salían igual que con el 16 % aunque un poco más húmedas y no existían problemas de calentamiento ni otra índole.

A partir de humedades teóricas del 18 % se observaba agua libre en aumento, análogamente a como sucedió en las muestras anteriores.

Las humedades de la pasta, "spaguettis" y pastilla de las muestras tomadas al mismo tiempo, figuran en el Cuadro XXXII.

De lo mencionado hasta ahora en las muestras ensayadas, se puede ver como era de esperar que a medida que aumenta la cantidad de tamaños menores de 0,1 mm es necesaria una mayor humedad para conseguir la moldeabilidad adecuada. En el Cuadro XXXIII se puede apreciar lo dicho anteriormente teniendo en cuenta que la humedad a la que se operó no tiene porque ser exactamente la óptima.



En el Cuadro XXXIV se resumen los resultados obtenidos en la extrusionadora con la muestra en cuestión.

C U A D R O X X X I V

Muestra Mi - M - 1 - F

Humedad
teórica
%

R E S U L T A D O S

- | | |
|----|--|
| 14 | Problemas con el amasado por estar relativamente seca la pasta. |
| 15 | La pastilla salía con dificultad por no tener la suficiente humedad. |
| 16 | La pastilla salía bien y muy lograda. No tenía grietas, |

Humedad
teórica

R e s u l t a d o s

%

la textura y cohesión muy buenas. El melde no sufría calentamiento alguno. La pasta tenía una plasticidad como una arcilla

17 Igual que con el 16 %

Por tanto, se hicieron 76 probetas con la humedad teórica del 17 %, de las que pueden verse parte en la Foto N° 32. Hay que hacer notar que debido a problemas en el mecanismo de vacío de la extrusionadora, la mayoría de las probetas se hicieron sin vacío. La anotación de qué número se hicieron con o sin vacío era difícil por lo cual no se anotó este dato. En las dos muestras anteriores y debido al mismo problema algunas también se hicieron sin vacío pero en cantidad mucho menor que en este caso.

El secado se realizó de la siguiente manera:

- Las probetas números 12, 16 a 20; 22 a 25; 28 a 30; 37 a 40, 69 y 70 en estufa a 50° C durante 6 horas.
- Las probetas números 42, 45 a 48; 50 a 52, 54, 55, 58 a 63; 66 a 68, en estufa a 50° C durante 9 horas.
- Las probetas números 1 a 7, 10, 11, 13, 21, 31, 33, 35, 36, 41, 71 a 76 en Rubiera Cedefasa.

- Las probetas números 8, 9, 14, 15, 26, 27, 32, 34, 43, 44, 49, 53, 56, 57, 64 y 65 en Cerámica La Lloral.

En cuanto a la contracción en el secado se hicieron unas marcas que fueron medidas antes y después de secadas, para determinar la contracción lineal, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro XXXV, del cual se puede deducir las mismas conclusiones que para las muestras anteriores, es decir:

- La contracción media es del 3 ‰, continuando baja comparándola con la de las arcillas que se usan normalmente en la fabricación de ladrillos de la región asturiana.
- No se puede deducir que en un procedimiento de secado la contracción sea mayor que en otro.
- La contracción es mayor que en el caso de las probetas de las muestras anteriores, como se puede ver en el Cuadro XXXVI, lo cual es debido al aumento del ‰ de las partículas menores de 0,1 mm.
- El número de roturas fué prácticamente nulo, como consecuencia de la mejor cohesión al disminuir tamaños gruesos. No obstante seguían siendo frágiles aunque menos que los anteriores. En probetas que se rompieron para comprobar su fragilidad se observó una buena compactación y cohesión por los motivos aducidos anteriormente.

En cuanto al resto de las características, color, etc, son las mismas que para las muestras anteriores.

C U A D R O X X X V

Muestra Mi - M - 1 - F

RETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
12	100	97,0	3,0	
16	100	97,1	2,9	
17	100	96,8	3,2	
18	100	96,9	3,1	
19	100	97,0	3,0	
20	100	96,9	3,1	
22	100	97,1	2,9	
23	100	97,0	3,0	
24	100	97,3	2,7	
25	100	97,0	3,0	
28	100	96,8	3,2	
29	100	97,0	3,0	
30	100	96,8	3,2	
37	100	96,9	3,1	
38	100	96,9	3,1	
39	100	97,0	3,0	
40	100	97,0	3,0	
69	100	97,0	3,0	
70	100	97,00	3,0	
Media			3,0	
42	100	97,1	2,9	
45	100	97,0	3,0	

C U A D R O X X X VMuestra Mi - M - 1 - FRETRACCION EN EL SECADO

<u>Número Probeta</u>	<u>Dimensiones en mm</u>		<u>% Retracción</u>	<u>Observaciones</u>
	<u>Antes de secar</u>	<u>Después de secar</u>		
46	100	97,1	2,9	
47	100	97,0	3,0	
48	100	97,0	3,0	
50	100	97,0	3,0	
51	100	97,1	2,9	
52	100	96,8	3,2	
54	100	96,9	3,1	
55	100	97,0	3,0	
58	100	97,0	3,0	
59	100	97,0	3,0	
60	100	97,0	3,0	
61	100	97,2	2,8	
62	100	96,7	3,3	
63	100	96,9	3,1	
66	100	96,8	3,2	
67	100	97,0	3,0	
68	100	97,0	3,0	
Media			3,0	
1	100	97,0	3,0	
2	100	97,0	3,0	
3	100	97,0	3,0	
4	100	97,0	3,0	

C U A D R O X X X V

Muestra Mi - M - 1 - F

RETRACCION EN EL SECADO

Número Probeta	Dimensiones en mm		%	Observaciones
	Antes de secar	Después de secar		
5	100	97,0	3,0	
6	100	96,8	3,2	
7	100	96,8	3,2	
10	100	96,9	3,1	
11	100	96,9	3,1	
13	100	96,9	3,1	
21	100	97,00	3,0	
31	100	96,8	3,2	
33	100	96,8	3,2	
35	100	97,0	3,0	
36	100	97,0	3,0	
41	100	97,0	3,0	
69	100	97,0	3,0	
70	100	96,9	3,1	
71	100	96,9	3,0	
72	100	97,1	2,9	
73	100	97,1	2,9	
74	100	97,3	2,7	
75	100	97,1	2,9	
76	100	97,0	3,0	
Media			3,0	

C U A D R O X X X V

MUESTRA Mi - M - 1 - F

RETRACCION EN EL SECADO

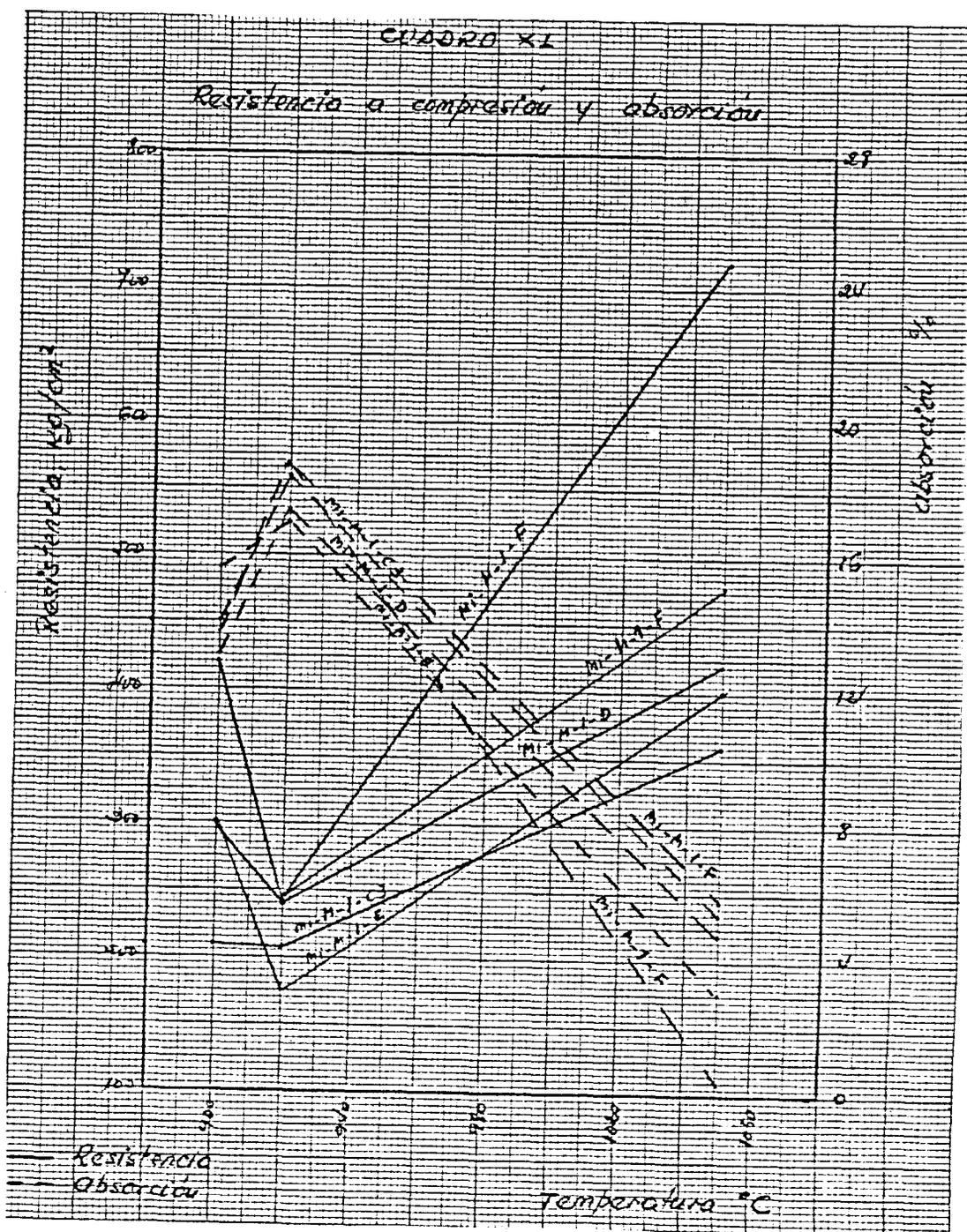
<u>Probeta Número</u>	<u>Dimensiones en mm</u>		<u>% Retracción</u>
	<u>Antes de Secar</u>	<u>Después de secar</u>	
8	100	96,8	3,2
9	100	96,8	3,2
14	100	96,9	3,1
15	100	96,9	3,1
26	100	97,0	3,0
27	100	97,0	3,0
32	100	96,8	3,2
34	100	96,9	3,1
43	100	97,0	3,0
44	100	97,0	3,0
49	100	97,1	2,9
53	100	96,9	3,1
56	100	97,2	2,8
57	100	97,0	3,0
64	100	97,1	2,9
65	100	96,9	3,1
Media			3,0

Se observa claramente, una textura y presentación muy adecuadas para fines prácticos que inclusive mejoran las de las probetas realizadas con arcilla.

Con las probetas secas se siguieron los pasos indicados para las muestras anteriores.

Para la resistencia a compresión en verde se ensayaron varias probetas de cada tipo de secado. En este caso sí se notó un corte claro en la lectura del comparador que se correspondía con la rotura de la probeta

Los datos figuran en el cuadro XXXVII.



C U A D R O X X X V I IRESISTENCIA A COMPRESION EN VERDE

Superficie por cm ²	Dimensiones (cm)		Carga Kg.	Resistencia Kg/cm ²
	Largo	Ancho		
16,06	6,25	2,57	11,58	0,72
9,89	3,85	2,57	9,65	0,98
11,74	4,57	1,57	22,19	1,89
15,46	6,04	2,56	21,23	1,37

Como se desprende del cuadro las resistencias son muy bajas lo cual da idea de la fragilidad de las pastillas y coincide en cierto modo, con las diferencias que aparecen en las resistencias a compresión del material cocido; por otro lado existe una diferencia considerable entre unas probetas y otras, lo cual puede ser explicado porque unas están hechas con vacío y otras sin él.

En cuanto a la cocción se ha seguido el mismo criterio que en las anteriores. En la Foto N^o 33 se pueden ver las probetas cocidas, en donde se puede observar, de forma visual, su calidad.

El color varía de rosa pálido al marrón oscuro, al aumentar la temperatura. También se puede comprobar un sonido metálico en las probetas cocidas a 1.050^o C.

Al romper las probetas cocidas en hornos industriales a 900 y 920° C se ve un núcleo amarillento con puntos oscuros, lo que significa que ha disminuido el "corazón negro" con respecto a las de las muestras anteriores. Ello es debido a la eliminación de los tamaños mayores, por lo que se produce mejor la combustión. Evidentemente en el caso de las cocidas a 1.050° C no existe este efecto.

Por otro lado, se ha observado una contracción en las probetas cocidas. Las medidas realizadas después de la cocción figuran en el Cuadro XXXVIII.

C U A D R O XXXVIII

RETRACCION LINEAL EN LA COCCION

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>M e d i d a (mm)</u>			<u>% Retracción de la cocción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
1.050	16	100	97,1	91,1	8,9	6,6
	17	100	96,8	91,3	8,7	6,0
	20	100	96,9	91,3	8,7	6,1
	22	100	97,1	92,2	7,8	5,3
	23	100	97,0	91,2	8,8	6,4
	24	100	97,3	91,2	8,8	6,7
	25	100	97,0	91,2	8,8	6,4
	28	100	96,8	91,1	8,9	6,3
	29	100	97,0	91,5	8,5	6,0
	30	100	96,8	91,2	8,8	6,1
	37	100	96,9	91,3	8,7	6,1
	38	100	96,9	91,3	8,7	6,1
	39	100	97,0	91,9	8,1	5,5

Temperatura ° C	Probeta Número	M e d i d a (mm)			% Retracción de la cocción sobre	
		Húmeda	Seca	Cocida	Húmeda	Seca
1.050	40	100	97,0	92,0	8,0	5,4
	70	100	97,0	91,1	8,9	6,5
	Media				8,6	6,1
1.050	42	100	97,1	90,8	9,2	6,9
	45	100	97,0	91,0	9,0	6,6
	46	100	97,1	91,0	9,0	6,7
	47	100	97,0	90,5	9,5	7,2
	50	100	97,0	90,8	9,2	6,8
	51	100	97,0	91,6	8,4	5,9
	52	100	96,8	91,2	8,8	6,1
	54	100	96,9	90,5	9,5	7,1
	58	100	97,0	90,8	9,2	6,8
	59	100	97,0	90,3	9,7	7,4
	60	100	97,0	90,7	9,3	6,9
	61	100	97,2	91,3	8,7	6,5
	62	100	96,7	91,3	8,7	5,9
	63	100	96,9	90,3	9,7	7,3
	66	100	96,8	90,3	9,7	7,2
	67	100	97,0	90,8	9,2	6,8
	Media				9,2	6,7
920	1	100	97,0	96,0	4,0	1,0
	2	100	97,0	96,1	3,9	0,9
	3	100	97,0	96,2	3,8	0,8
	4	100	97,0	96,1	3,9	0,9
	5	100	97,0	96,1	3,9	0,9
	6	100	96,8	96,2	3,8	0,6
	7	100	96,8	96,3	3,7	0,5

Temperatura ° C	Probeta Número	M e d i d a (mm)			% Retracción de la cocción sobre	
		Húmeda	Seca	Cocida	Húmeda	Seca
920	10	100	96,9	96,0	4,0	0,9
	11	100	96,9	96,1	3,9	0,8
	13	100	96,9	96,2	3,8	0,7
	71	100	96,9	95,9	4,1	1,1
	74	100	97,3	95,8	4,2	1,6
	75	100	97,1	96,0	4,0	1,1
	76	100	97,0	95,8	4,2	1,2
	Media				3,9	0,9
900	8	100	96,8	95,5	4,5	1,4
	9	100	96,8	95,6	4,4	1,3
	14	100	96,9	95,6	4,4	1,4
	15	100	96,9	95,6	4,4	1,4
	27	100	97,0	95,7	4,3	1,4
	32	100	96,8	95,4	4,6	1,5
	43	100	97,0	95,6	4,4	1,5
	44	100	97,0	95,4	4,6	1,7
	49	100	97,1	95,6	4,4	1,6
	57	100	97,0	95,5	4,5	1,6
	64	100	97,1	95,5	4,5	1,7
	65	100	96,9	95,4	4,6	1,6
	Media				4,5	1,5

De este cuadro se deduce que:

- Las retracciones por la cocción en hornos industriales a 900 y 920° C aumentan 1,5 y 1 %, respectivamente sobre

el secado, siendo por tanto, la total, con respecto a muestra húmeda de 4,5 y 3,9, las cuales están por debajo de las contracciones que experimentan las arcillas usadas normalmente en las cerámicas asturianas.

- La retracción en horno industrial a 900° C es mayor que a 920° C, siguiendo en la línea de la muestra anterior y corroborando lo mencionado en cuanto a las temperaturas de cocción.
- Las cocidas en mufla a 1.050° C tienen una contracción considerable en la cocción, 9,2 y 6,7 % con respecto a las muestras húmeda y seca, respectivamente, siendo por tanto la relación de la retracción de Cocción/secado = 3,1 cifra que indica claramente la diferencia.
- Existe una pequeña diferencia entre las secadas a 6 y 9 horas y cocidas a 1.050° C; no obstante, se considera que no está relacionada con el secado, sino en otros factores tales como la falta de vacío, etc.
- La retracción aumenta, como es lógico, con el aumento de la temperatura (téngase en cuenta lo dicho en cuanto a las temperaturas de cocción de los hornos industriales usados.)

Una vez cocidas las probetas se ha seguido el mismo criterio que en el caso de las muestras anteriores.

Los resultados de la rotura a compresión se reflejan en el Cuadro XXXIX, del cual se desprende que:

- Al igual que en las muestras anteriores, los valores de las resistencias para una misma temperatura están dispersos, pues en algunos casos la diferencia entre los extremos y la media es del 20 %.
- En el caso de 900 a 920° C se sigue produciendo una disminución de la resistencia, análogamente a las muestras anteriores, para, a continuación, al elevar la temperatura, aumentar considerablemente la resistencia, como se puede ver en el Cuadro XL.
- La curva es similar a la de las muestras anteriores, como se puede observar en el Cuadro, aunque aquí la caída en la resistencia de las probetas cocidas en horno industrial a 920° C es más pronunciada que para los otros casos.
- En la resistencia de la cocidas en mufla a 1.050° C existen dos niveles claramente diferenciados. Uno es el formado por las probetas que figuran con un asterisco y cuya media está entre paréntesis y el otro formado por las restantes. Esta diferencia tan acusada es debido a que las primeras estaban colocadas, a la hora de cocer en la mufla, cerca de la entrada a la misma lo cual significa que se cocieron a una temperatura más baja. Esto se aprecia en la Foto Nº 33 por las tonalidades más claras de las probetas cocidas a 1.050° C. Asimismo se estima que la influencia de la fabricación con o sin vacío no influye de una manera acusada en esa proporción tan elevada, como se verá más adelante. No obstante, en la gráfica se representan las líneas correspondientes a las dos medias.

C U A D R O X X X I XMuestra Mi - M - 1 - FRESISTENCIA A COMPRESION

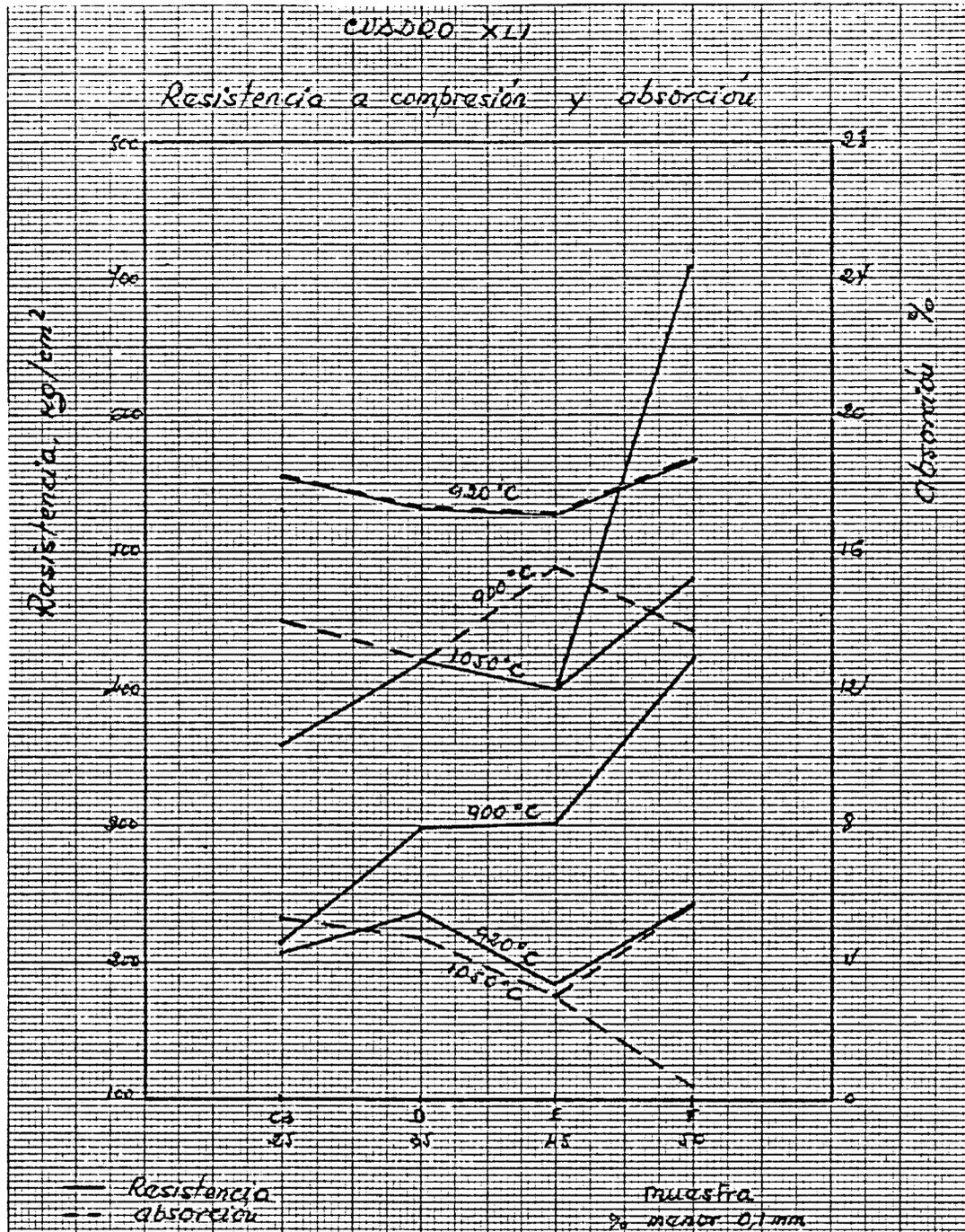
<u>Tempera</u> <u>tura °C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimens. (cm)</u>		<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Carga ro</u> <u>tura Kg.</u>	<u>Resistencia</u> <u>Kg/cm²</u>	<u>Medias</u>
		<u>Largo</u>	<u>ancho</u>				
	9	11,37	2,50	28,42	12.450	438	
	14	7,77	2,49	19,35	8.900	460	
	15	11,08	2,49	27,58	10.450	379	
900	32	11,30	2,48	28,02	9.950	355	
	49	6,77	2,47	16,72	6.600	395	
	64	10,95	2,47	27,05	12.900	477	
	65	7,77	2,47	19,19	8.500	443	421
	1	11,40	2,57	28,96	6.350	219	
	2	11,43	2,56	29,26	7.500	256	
	3	8,12	2,56	20,79	4.750	228	
920	4	11,53	2,55	29,40	6.450	219	
	5	5,58	2,55	14,23	3.300	232	
	6	11,41	2,53	28,87	7.750	268	
	10	8,45	2,53	21,38	5.800	271	242
	22	10,90	2,38	25,94	20.250	781	
	23	10,75	2,36	25,37	11.550	455	
	24	10,79	2,32	25,03	18.350	733	
1.050	29	5,89	2,34	13,78	8.800	639	
	30	7,43	2,35	17,46	15.100	865	
	37	10,55	2,37	25,00	12.000	480	
	38	6,60	2,33	15,38	11.450	744	

Temperatura °C	Probeta Número	Dimsnes. (cm)		Superficie cm ²	Carga rotura Kg.	Resistencia Kg/cm ²	Medias
		Largo	Ancho				
1.050	39	10,51	2,39	25,12	18.350	730	
	40	5,45	2,37	12,92	6.200	480	
	35	7,27	2,34	17,01	12.500	735	
	45	10,57	2,35	24,84	11.100	447	
	46	6,76	2,35	15,89	11.450	721	
	51	10,95	2,39	26,17	13.300	508	
	52	6,40	2,34	14,98	7.450	497	
	54	10,65	2,37	25,24	16.650	660	
	60	10,63	2,32	24,66	15.700	637	
	61	6,96	2,32	16,15	10.700	663	719

- Las resistencias para cada temperatura, son más altas que las de las granulometrías ensayadas anteriormente, como se aprecia en los Cuadros XL y XLI.

En cuanto a la absorción los resultados se reflejan en el Cuadro XLII, del cual se deduce que:

- Varía inversamente con la resistencia c , lo que es lo mismo, con la temperatura de cocción, Cuadro XL, concordando con los datos de aquella.
- Al aumentar la temperatura la absorción disminuye considerablemente. En este caso, se observan dos niveles, al igual que en la resistencia, claramente definidos. Uno el formado por las probetas que figuran con un asterisco y cuya media está entre paréntesis y el otro formado por las



restantes. Esta diferencia tan acusada estimamos es debida a que las primeras, como se dice al explicar la causa en la resistencia, estaban colocadas en la mufla a la entrada con la cual la temperatura de cocción fue, en realidad, más baja. Por otra parte, la absorción tan pequeña

C U A D R O XLIIMuestra Mi - M - L - FABSORCION

<u>Temperatu</u> <u>ra ° C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>Absorción</u> <u>%</u>	<u>Media</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>		
900	14	20,25	17,79	13,8	
	42	24,00	21,03	14,1	
	65	21,15	18,70	13,1	13,70
920	3	22,51	18,91	19,0	
	5	23,73	19,99	18,7	
	10	19,72	16,67	18,3	18,7
1.050	29	29,37	29,25	0,4	
	30	19,53	19,46	0,4	
	38	20,81	20,71	0,5	
	40	32,56	30,67	6,2 *	0,4
	46	22,75	22,65	0,5	
	52	25,99	24,56	5,5 *	(5,8)
	61	20,86	20,80	0,3	

en el segundo grupo es debido a que a la temperatura de 1.050° C. empieza un principio de vitrificación lo que hace, a efectos prácticos, que se forme una capa superficial impermeable que impide la entrada de agua. No obstante, se representan las líneas correspondientes a las

dos absorciones medias.

- La curva es similar a las anteriores, aumentando en las probetas cocidas en hornos industriales, al pasar de los 900 a 920°C coincidiendo con las disminución que se produce en la resistencia, por los motivos expuestos para las muestras anteriores y a continuación disminuye considerablemente al elevar la temperatura a 1.050° C.

Asimismo y dado que la presentación de las probetas era idónea, se fabricaron ladrillos huecos, como se puede ver en la Foto - Nº 34 una vez cocidos a distintas temperaturas y en la 34, - húmedos, con un acabado mejor que los de la muestra Mi-M-1-E.

5.8. Muestra Mi - M - 1 - G

Dado que en la muestra anterior se conseguía una presentación similar e incluso mejoraba la lograda con las arcillas, se estimó conveniente ensayar eliminando los tamaños mayores de 0,1 mm. Por ello la granulometría usada fue del 100 % menor de 0,1 mm, Cuadro XLIII.

Asimismo, basándonos en los resultados de las experiencias realizadas, se siguieron los mismos criterios en cuanto a humedad, secado, cocción, etc, que para las muestras anteriores.

Con la humedad teórica del 17 % se tuvieron problemas de compresión en la rejilla al estar la pasta relativamente seca. Con la humedad del 18 % se mejoraba pero seguía estando seca. Con el 19 % la pastilla ya salía bien, aunque con aspecto, asimismo, de seca. No obstante, no presentaba problemas en su manejo y observaba una excelente textura y presentación, ya que no pre-

sentaba grietas, ni rugosidades, el corte era limpio, etc. De la comparación visual con probetas fabricadas con arcilla se comprobó que las mejoraban.

Además en la preparación de la pasta se comprobó que poseía una gran plasticidad, análoga a una arcilla, lo que se traduce en una mejor moldeabilidad y mejora de los factores indicados.

Por otra parte, la extrusionadora trabajaba sin dificultad, comprobándose que el molde no se calentaba al igual que en la muestra Mi-M-1-F.

Con la humedad teórica del 20 % las pastillas salían fácilmente y evidentemente, con un aspecto más húmedo que con el 19 %. Las propiedades eran iguales que con la humedad anterior. Por

C U A D R O X L I I I

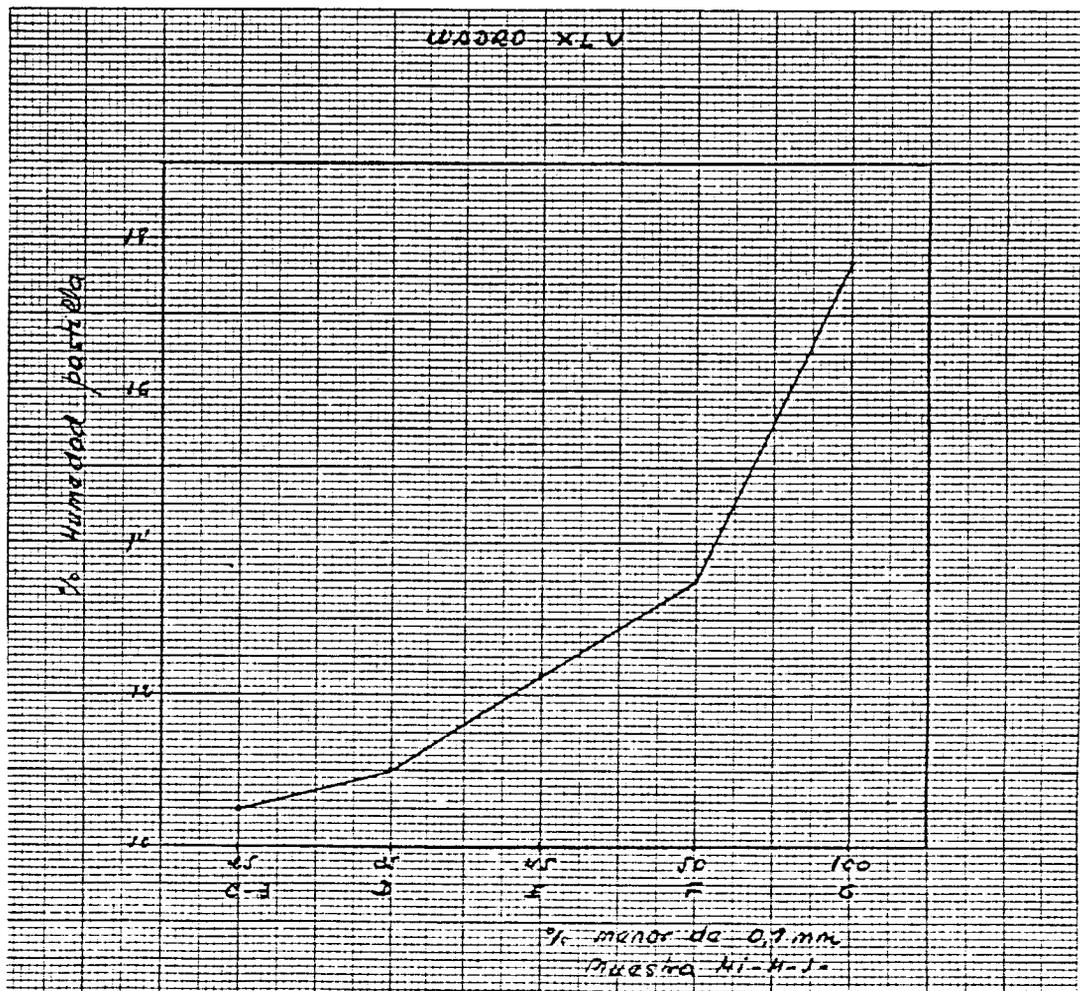
Muestra Mi - M- 1 - G

Granulometría

<u>Tamiz</u> <u>(mm)</u>	<u>%</u>
> 2	r
2 - 1	-
1 - 0,5	-
0,5 - 0,1	-
< 0,1	100
Humedad seca	0,8
Humedad pasta	19,3
Humedad "spaguetti"	19,0
Humedad pastilla	17,7

tanto, la fabricación de las pastillas se realizó con la humedad teórica del 20 %. Las humedades de la pasta, spaguetis^m y pastilla de la muestra tomadas al mismo tiempo, figuran en el Cuadro XLIII.

A partir de dicha humedad se observa que el agua libre aumentaba, análogamente a como sucedía en las muestras anteriores. En el Cuadro XLIV se resumen los resultados obtenidos en la extrusionadora con la muestra en cuestión. De lo mencionado hasta ahora en las muestras ensayadas, se puede ver, como era de esperar, que a medida que aumenta la cantidad de tamaños menores de 0,1 mm es necesaria una mayor humedad para conseguir la moldeabilidad adecuada. En el Cuadro XLV se puede apreciar lo dicho anteriormente teniendo en cuenta que la humedad que se representa es la que se operó por lo que en algunas ocasiones puede no coincidir con la óptima.



C U A D R O X L I V

Muestra Mi - M - 1 - G

Humedad teó
rica %

R e s u l t a d o s

- | | |
|----|--|
| 17 | Pasta seca. |
| 18 | Pasta relativamente seca. La máquina trabajaba con dificultad por no tener suficiente humedad. |
| 19 | La pastilla salía bien, aunque con aspecto seco. No tenía grietas, la textura y presentación eran excelentes. El molde no sufría calentamiento alguno. La pasta tenía la plasticidad de una arcilla. |
| 20 | Igual que con el 19 %; la pastilla tenía aspecto húmedo. |
-

Por tanto se hicieron 97 probetas con la humedad teórica del 20 %, de las que pueden verse parte en la Foto N° 35. Hay que hacer notar que, al igual que en la muestra Mi-M-1-F, debido a problemas en el mecanismo de vacío de la extrusidora, la mayoría de ellas se hicieron sin vacío.

El secado se realizó de la siguiente manera:

- Las probetas nos. 1 al 15, 75, 77 y 79 en estufa a 50° C durante 6 horas.
- Las probetas números 16 a 29 y 80 a 82 en estufa a 50° C durante 9 horas.

- Las probetas números 30 a 53 en Lúbiera Cedefasa.
- Las probetas números 54, 70 a 78, 83 a 88 y 95 a 97 en Cerámica La Lloral

El resto de las probetas se usan para las pruebas de fabricación de gres.

En cuanto a la retracción en el secado se hicieron unas marcas de una longitud determinada que fueron medidas después, para conocer la contracción lineal, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro XLVI, del cual se pueden deducir las mismas conclusiones que para las muestra estudiadas anteriormente, es decir:

- La contracción media es del 3,5 %, continuando siendo baja con respecto a la de las arcillas que normalmente se usan en la fabricación de ladrillos de la región asturiana.
- No se puede deducir que en un procedimiento de secado la contracción es mayor que en otro.
- La contracción es mayor que en el caso de las muestras, como se puede ver en el Cuadro XLVII, lo cual es debido al aumento del % de partículas menores de 0,1 mm.
- El número de roturas fue prácticamente nulo, como consecuencia de la mejor cohesión que se produce en las partículas más finas. No obstante seguían siendo frágiles, lo cual se pudo comprobar al romper algunas.

C U A D R O XLVI

Muestra Mi - M - 1 - G

RETRACCION EN EL SECADO

Probeta Número	Dimensiones en mm		Retracción %
	Antes de secar	Después de secar	
1	100	96,5	3,5
2	100	96,5	3,5
3	100	96,5	3,5
4	100	96,5	3,5
5	100	96,5	3,5
6	100	96,5	3,5
7	100	96,5	3,5
8	100	96,5	3,5
9	100	96,5	3,5
10	100	96,4	3,6
11	100	96,5	3,5
12	100	96,5	3,5
13	100	96,6	3,2
14	100	96,5	3,5
15	100	96,5	3,5
75	100	96,3	3,7
77	100	96,3	3,7
79	100	96,5	3,5
Media			3,5
16	100	96,5	3,5
17	100	96,5	3,5
18	100	96,5	3,5

Probeta Número	Dimensiones en mm		Retracción
	Antes de secar	Después de secar	
19	100	96,5	3,5
20	100	96,5	3,5
21	100	96,5	3,5
22	100	96,5	3,5
23	100	96,5	3,5
24	100	96,5	3,5
25	100	96,5	3,5
26	100	96,5	3,5
27	100	96,4	3,6
28	100	96,4	3,6
29	100	96,5	3,5
80	100	96,5	3,5
81	100	96,4	3,6
82	100	96,5	3,5
Media			3,5
30	100	96,4	3,6
31	100	96,4	3,6
32	100	96,5	3,5
33	100	96,5	3,5
34	100	96,4	3,6
35	100	96,5	3,5
36	100	96,6	3,4
37	100	96,5	3,5
38	100	96,4	3,6
39	100	96,5	3,5
40	100	96,6	3,4
41	100	96,5	3,5
42	100	96,6	3,4
43	100	96,4	3,6

Probeta Número	Dimensiones en mm		%
	Antes de secar	Después de secar	
44	100	96,5	3,5
45	100	96,5	3,5
46	100	96,6	3,4
47	100	96,4	3,6
48	100	96,6	3,4
49	100	96,5	3,5
50	100	96,4	3,6
51	100	96,4	3,6
52	100	96,3	3,7
53	100	96,4	3,6
Media			3,5
54	100	96,5	3,5
70	100	96,5	3,5
71	100	96,5	3,5
72	100	96,5	3,5
73	100	96,4	3,6
74	100	96,4	3,6
75	100	96,5	3,5
78	100	96,5	3,5
83	100	96,5	3,5
84	100	96,5	3,5
85	100	96,5	3,5
86	100	96,5	3,5
87	100	96,4	3,6
88	100	96,4	3,6
95	100	96,5	3,5
96	100	96,5	3,5
97	100	96,5	3,5
Media			3,5

En cuanto al resto de las características, color, etc, son las mismas que para las muestras anteriores.

Se observa claramente, una textura y presentación muy adecuadas para fines prácticos que inclusive mejoran las de las probetas realizadas con arcilla.

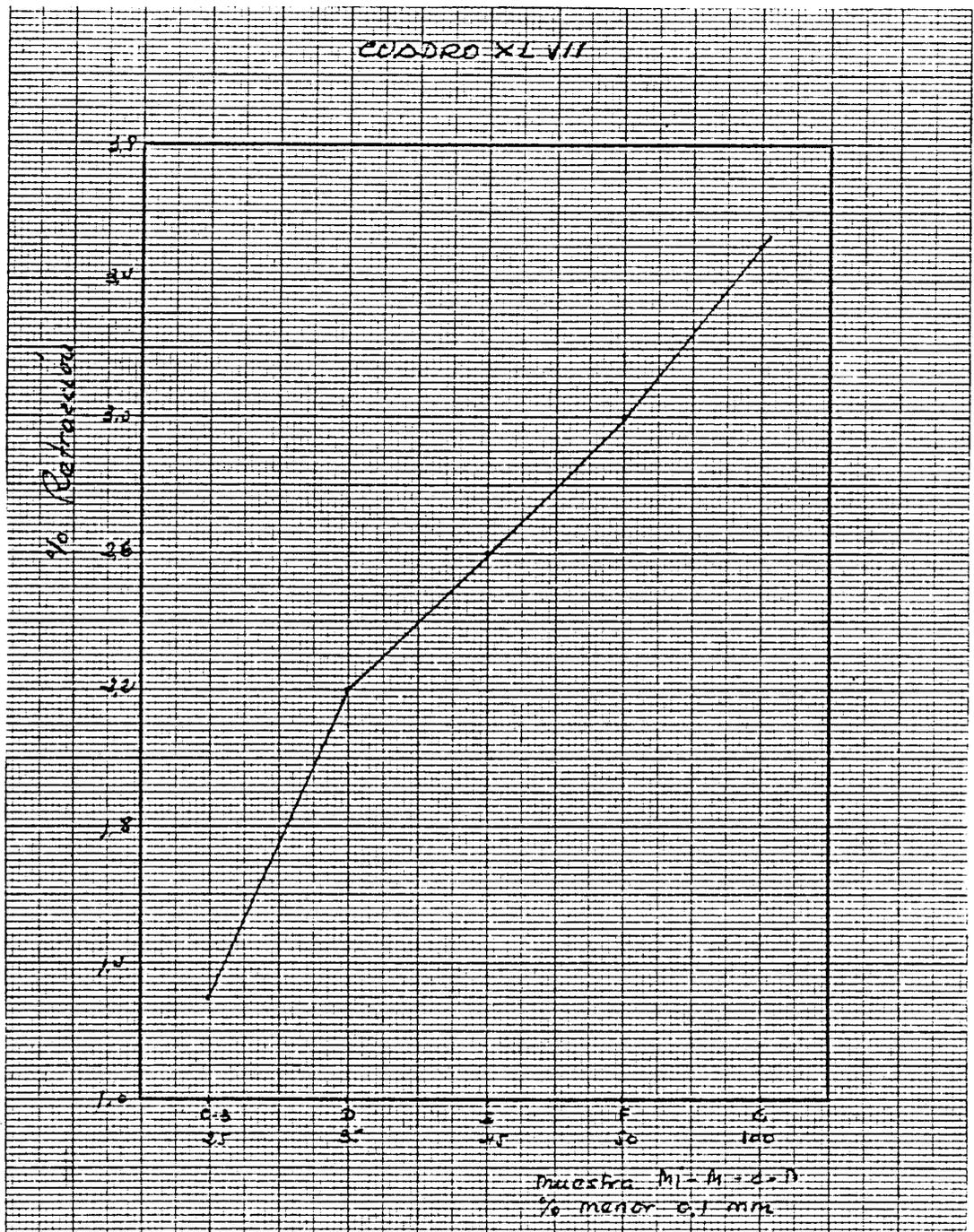
Con las probetas secas se siguieron los pasos indicados para las muestras anteriores.

Para la resistencia a compresión en verde se ensayaron varias probetas de cada tipo de secado. En este caso, al igual que en la Mi-M-1-F, se notó un corte claro de la lectura del comparador que correspondía a la lectura de la probeta. Los datos figuran en el Cuadro XLVIII.

CUADRO XLVIII

Resistencia a la compresión en verde

Probeta Número	Dimensiones (cm)		Superficie cm ²	Carga Kg.	Resistencia Kg/cm ²
	Largo	Ancho			
10	5,65	2,58	14,58	14,48	1,0
18	5,36	2,54	13,61	15,44	1,1
19	4,86	2,56	12,44	13,51	1,1
21	5,73	2,54	14,55	15,44	1,1
82	6,93	2,55	17,67	15,44	0,87
83	6,67	2,57	17,14	15,44	0,9
84	6,48	2,56	16,59	16,40	1,0
85	5,50	2,57	14,13	15,44	1,1



Como se desprende del Cuadro las resistencias son muy bajas lo cual da idea de la fragilidad de las pastillas. Además se observa, comparándolas con las de la muestra Mi-M-1-F que en algunos casos son del mismo orden pero que en otros son más bajas, por

lo cual cabe predecir que las resistencias una vez cocidas serán para una misma temperatura, más bajas que las correspondientes a la citada muestra.

En cuanto a la cocción se ha seguido el mismo criterio que en las anteriores salvo que por imperativos de las muflas en estas sólo se puede llegar a 980° C pero manteniendo esta temperatura durante 6 horas, lo cual equivale a la cocción a una mayor temperatura durante menor tiempo. En la Foto Nº 36 se puede ver parte de las probetas cocidas, pudiendo comprobarse se forma visual su calidad.

El color varía del rosa pálido al marrón oscuro, al aumentar la temperatura. También se constata en las cocidas en mufla a 980° C un sonido metálico.

Al romper las probetas cocidas en hornos industriales a 900 y 920° C se ve un núcleo amarillento con puntos oscuros lo que significa que ha disminuido el "corazón negro" por las razones expuestas en la Mi-M-1-F.

Por otro lado se ha observado una contracción en las probetas cocidas. Las medidas realizadas después de la cocción figuran en el Cuadro XLIX, del cual se deduce que:

- Las retracciones por la cocción en hornos industriales a 900 y 920° C aumentan 2,6 y 0,5 %, respectivamente, sobre el secado, siendo, por tanto, con respecto a la muestra húmeda del 6,0 y 4,0 %, estando por debajo de las contracciones que experimentan las arcillas usadas normalmente en las cerámicas asturianas.

- La retracción en horno industrial a 900° C es mayor que a 920° C, siguiendo en la línea de las muestras anteriores y corroborando lo mencionado en cuanto a las temperaturas de cocción.
- No figuran los datos relativos a las cocidas en mufla a 980° C debido a que no se tomaron las correspondientes medidas.

C U A D R O X L I X

Muestra Mi - M - 1 - G

Retracción lineal en la Cocción

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>M e d i d a (cm)</u>			<u>% Retracción de la cocción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
900	70	100	96,5	95,0	5,0	1,6
	71	100	96,5	94,2	5,8	2,4
	75	100	96,5	93,7	6,3	2,9
	85	100	96,5	94,0	6,0	2,6
	87	100	96,4	93,1	6,9	3,4
	Media					6,0
	34	100	96,4	95,0	5,0	1,5
	35	100	96,5	95,2	4,8	1,3
	36	100	96,6	96,4	3,6	0,2
	38	100	96,4	96,1	3,9	0,3
	39	100	96,5	96,1	3,9	0,4
	40	100	96,6	96,3	3,7	0,3
	41	100	96,5	96,0	4,0	0,5
	42	100	96,6	96,2	3,8	0,4

Temperatura ° C	Probeta Número	M e d i d a (cm)			% Retracción de la cocción sobre	
		Húmeda	Seca	Cocida	Húmeda	Seca
920	43	100	96,4	96,2	3,8	0,2
	44	100	96,5	96,5	3,5	0
	45	100	96,5	96,3	3,7	0,2
	47	100	96,4	95,8	4,2	0,6
	49	100	96,5	96,0	4,0	0,5
	50	100	96,4	96,3	3,7	0,1
	52	100	96,3	95,7	4,3	0,6
	53	100	96,4	95,6	4,4	0,8
	Media				4,0	0,5

- En relación con la muestra Mi-M-1-F se observa que en el caso de los 920° C la retracción es prácticamente la misma, mientras que en los 900° C existe una mayor contracción en las Mi-M-1-G.

Una vez cocidas se ha seguido el mismo criterio que para el caso de las muestras anteriores.

Los resultados de la rotura a compresión se reflejan en el Cuadro L, del cual se desprende que:

- Al igual que en las muestras anteriores, los valores de las resistencias para una misma temperatura están dispersas, pues en algunos casos la diferencia entre los extremos y la media es del 27 %.
- Las medias se han calculado sin contar con las señaladas con un asterisco.

- En el paso de 900 a 920° C se sigue produciendo una disminución de la resistencia, análogamente a las muestras anteriores, para a continuación, al elevar la temperatura, aumenta considerablemente la resistencia, como se puede ver en el Cuadro LI.
- La curva es similar a la de las muestras anteriores, como se puede observar en este Cuadro.
- En la resistencia de las cocidas en mufla a 980° C y en horno industrial a 920° C existen dos niveles claramente diferenciados. Uno es el formado por las probetas que figuran con un asterisco y el otro formado por las restantes. Estas diferencias tan acusadas son debidas a las colocaciones en la mufla ya que las de menor resistencia

C U A D R O L

Muestra Mi - M - 1 - G

Resistencia a Compresión

<u>Temperatura °C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Dimensnes. (cm)</u>		<u>Superficie cm²</u>	<u>Carga r^o tura Kg</u>	<u>Resisten- cia Kg/cm²</u>	<u>Media</u>
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>				
900	70	7,33	2,51	18,40	5.350	291	
	85	11,10	2,47	27,41	11.050	403	
	87	4,25	2,50	10,62	4.800	452	
	96	10,93	2,50	27,32	10.050	358	378
920	35	4,77	2,57	12,26	2.400	196	
	36	11,33	2,55	28,89	6.000	208	
	38	11,38	2,52	28,68	5.650	197	
	39	6,89	2,56	17,64	3.800	215	
	41	11,36	2,56	29,08	3.800	131*	
	43	7,99	2,52	20,13	2.950	147*	

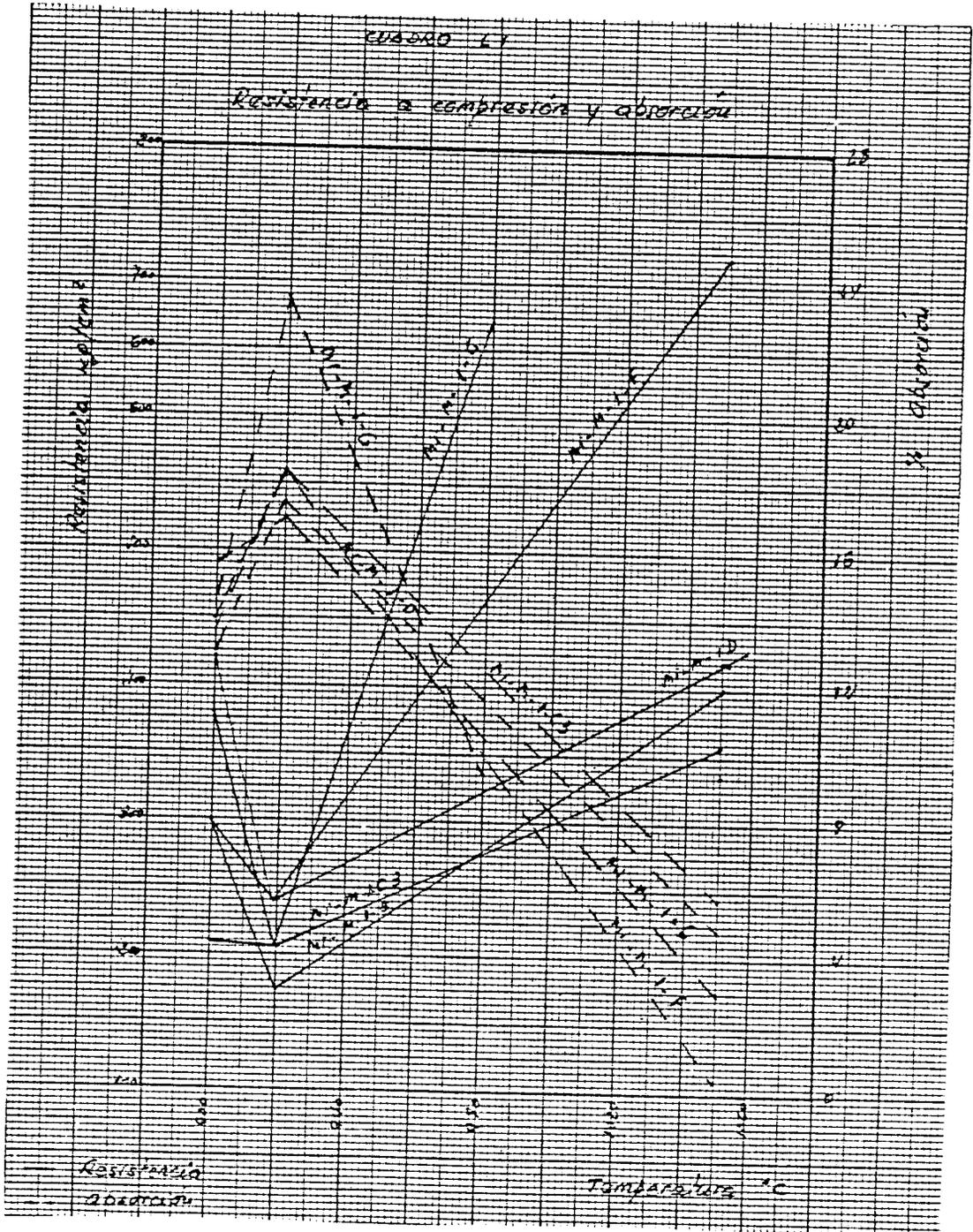
Temperatura °C	Probeta Número	Dimensnes. (cm)		Superficie cm ²	Carga ro- tura Kg	Resisten- cia Kg/cm ²	Media
		Largo	Ancho				
920	45	11,14	2,53	28,18	5.900	209	
	47	11,18	2,52	28,17	5.700	202	
	50	7,72	2,51	19,38	3.150	163*	
	52	11,06	2,52	27,87	5.650	203	204
980	1	8,09	2,44	19,74	4.100	208*	
	3	9,19	2,42	22,24	5.600	252*	
	7	11,16	2,44	27,23	9.100	334*	
	9	7,52	2,43	18,27	6.250	342*	
	13	10,82	2,40	25,97	16.650	641	
	14	7,45	2,35	17,51	14.950	854	
	16	6,23	2,35	14,64	10.850	741	
	18	5,21	2,39	12,45	2.550	205	
	21	11,19	2,30	25,74	11.150	433	
	22	7,44	2,37	17,63	8.500	482	
	23	10,64	2,32	24,68	19.100	774	
	29	6,86	2,32	15,92	12.450	782	672

estaban más cerca de la entrada de aquellas, lo cual significa que cocieron a temperaturas mas bajas, esto se puede apreciar, de forma general, en las dimensiones de las probetas.

Otro factor que influye, aunque se estima que no de una manera tan acusada, es su fabricación con o sin vacío, como se verá más adelante.

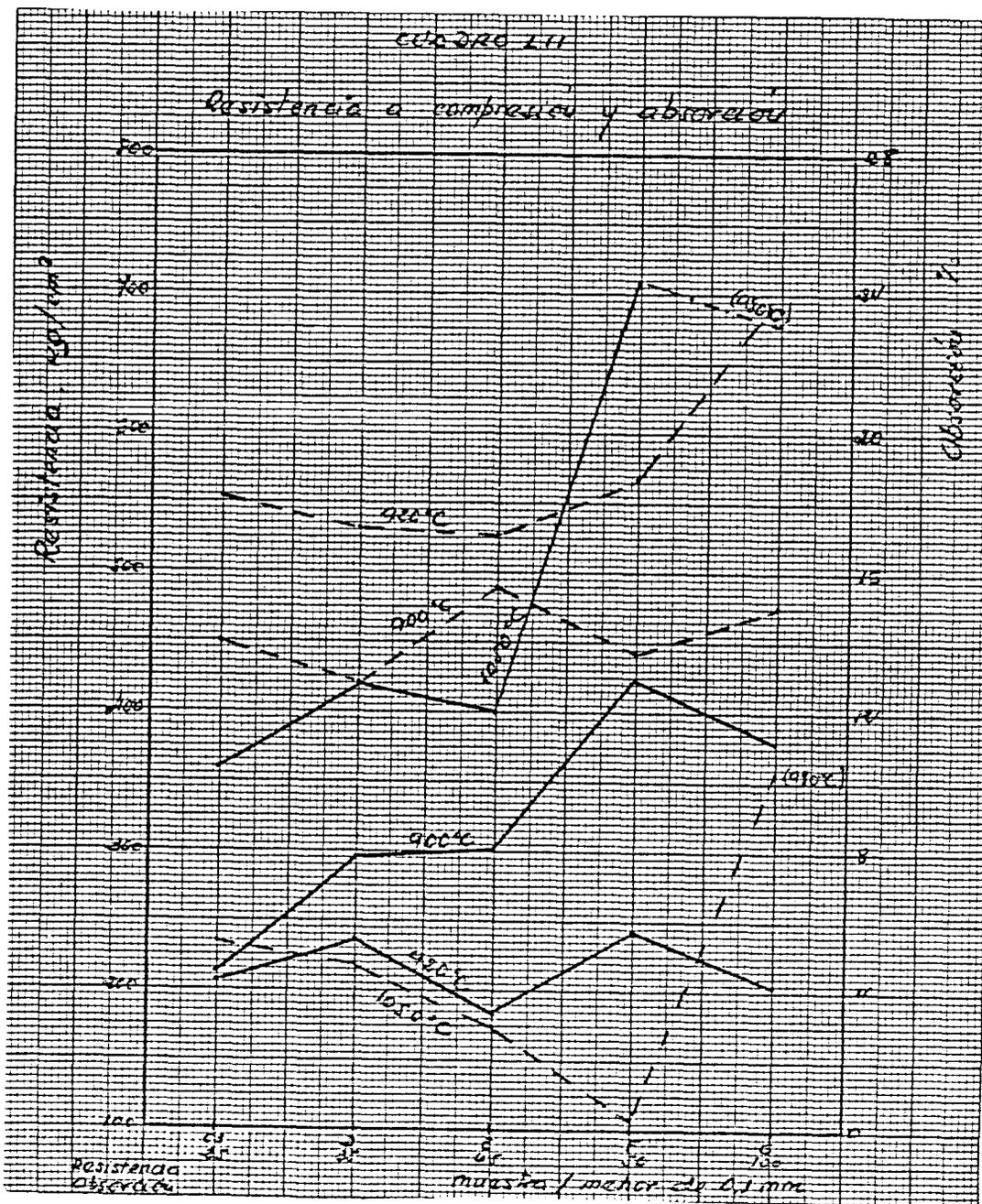
- Las resistencias, para cada temperatura, en el caso de las cocidas en hornos industriales a 900 y 920° C son más ba-

jas y practicamente con la misma diferencia en ambas que las de la Muestra Mi-M-1-F, como se aprecia en los cuadros LI y LII. Con respecto a las cocidas en mufla a - 1.050° C no se puede realizar comparación ya que, debido a imperativos de disponibilidad de muflas, se ha tenido que cocer a 980° C pero durante 6 horas. No obstante, se



estima que en una cocción similar a la de la muestra mencionada a 1.050° C sería, asimismo, menor, ya que además debe tenerse en cuenta que los granos entre 0,5/0,1 mm - son mucho más resistentes que las menores de 0,1 mm.

En cuanto a la absorción los resultados se reflejan en el Cuadro LIII, del cual se deduce que:



- Varía inversamente con la resistencia o lo que es lo mismo, con la temperatura de cocción, Cuadro LI, concordando con los datos de aquella.

- Al aumentar la temperatura la absorción disminuye, haciéndose 1,5 y 2 veces menor para las cocidas a 980° C con respecto a las cocidas a 900 y 920° C en horno industrial. Se observa en las cocidas en mufla que existen, al igual que en la resistencia, dos niveles bastante diferenciados, correspondiendo, evidentemente el más alto a las de menor resistencia. Estas no se han tenido en cuenta para calcular la media, análogamente a como se ha hecho para calcular la de la resistencia.

- La curva es similar a la de las anteriores, aumentando al pasar, en las probetas cocidas en hornos industriales, de 900 a 920° C por las razones aducidas.

- La absorción es mayor que en las muestras anteriores. Ello es debido a que en las muestras que tenían granos mayores de 0,1 mm, las menores de este tamaño eran las que cubrían y cerraban huecos, mientras que en la Mi-M-1-G al ser todo menor de 0,1 mm, forman una estructura más porosa ya que, como es sabido sucede en las arcillas, la formación de canalículos es muy grande.

C U A D R O L I I IMuestra Mi - M - 1 - GA B S O R C I O N

<u>Temperatu</u> <u>ra ° C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>%</u> <u>Absorción</u>	<u>Media</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>		
900	70	16,41	19,54	19,1	15,0
	87	29,34	32,58	11,0	
920	35	7,90	9,82	24,3	23,6
	39	15,81	19,26	21,8	
	43	15,35	19,04	24,0	
	50	16,80	20,89	24,3	
980	1	13,74	15,94	16,0 *	10,3
	9	16,45	18,80	14,3 *	
	14	15,40	17,07	10,8	
	16	15,53	17,14	10,4	
	22	13,72	15,25	11,2	
	29	16,62	18,08	8,8	

5.9. MUESTRA F

De lo expuesto en el desarrollo de los apartados anteriores, se observa que si bien con las probetas cocidas a 1.050° C se mejoran las características de los ladrillos en cuanto a resistencia a compresión, en la absorción los resultados pueden causar inconvenientes en relación a la puesta en obra.

Por otra parte, las pruebas de la cocción en horno industrial a 920° C no son lo suficientemente buenos desde el punto de vista de mejoramiento de las características de las arcillas, ya que, además, se observa que les falta cocción. Sin embargo, las cocidas en horno industrial a 900° C muestran unas notables características de resistencia y absorción.

No obstante, se estimó oportuno probar diferentes temperaturas de cocción en mufla, para ver su comportamiento con el fin de obtener una mejor relación resistencia/absorción desde el objetivo de colocación en obra, y poseer más datos que condujesen a un mejor conocimiento del material, con la granulometría de la muestra Mi-M-1-F Cuadro XXXII y con la humedad que se obtuvo como adecuada para su meldeabilidad.

Por tanto, se hicieron 90 probetas con la humedad teórica del 17 %, de las cuales se usaron 75 para el fin de esta prueba y 15 para la realización de ensayos desde el punto de vista de la obtención de gres. Al igual que en los casos anteriores y debido a algunos inconvenientes del mecanismo de vacío la mayoría de las probetas se hicieron sin vacío.

El secado se realizó en estufa a 50° C la mitad durante 6 y la otra mitad en 9 horas. Los resultados son prácticamente iguales, como era de preveer a los obtenidos en la muestra Mi-M-1-F, y se recogen en el Cuadro LIV, por lo cual son válidas las deducciones obtenidas en cuanto al secado en la exposición de dicha muestra.

Como las resistencias en seco no variarían al ser las mismas condiciones no se realizó esta, por lo que se cocieron en mufla de la manera siguiente:

- Las probetas Números 51 a 75 hasta una temperatura máxima de 980° C.
- Las probetas números 26 a 31 y 33 a 50 hasta una temperatura máxima de 1.000° C.
- Las probetas números 1 a 25 y 32 hasta una temperatura máxima de 1.025° C.

La curva de temperatura/tiempo es coincidente con la empleada para conseguir 1.050° C pero con la diferencia de estar al mismo tiempo en la temperatura máxima, por lo cual el programa de elevación de temperatura quedó como sigue:

	°C		
	<u>980</u>	<u>1.000</u>	<u>1.025</u>
<u>Un día</u>			
<u>Hora</u>			
9	100	100	100
10	250	250	250
11	400	400	400

12	500	500	500
13	600	600	600
14	700	700	700

Día siguiente

17	750	750	750
21	800	800	800

Día siguiente

1	850	850	850
3	875	875	875
5	900	900	900
7	925	925	925
9	950	950	950
11	980	980	980
13	Corte	1.000	1.000
15	-	Corte	1.025
17	-	-	Corte

Día siguiente

6	Sacar	-	-
8	-	Sacar	-
10	-	-	Sacar

Los colores varían del marrón relativamente oscuro en las cocidas a 1.025° C, a colores más claros en las cocidas a menores temperaturas.

Si se rompen las probetas se observa que en las cocidas a 1.025 y 1.000° C no existe "corazón negro", así como en las cocidas a 980° C, salvo en las que al estar cerca de la entrada de la mufla y, en consecuencia, menos cocidas, tienen un ligero núcleo amarillento, sin importancia.

Por otro lado, se verifica una contracción en las probetas cocidas. Las medidas realizadas antes y después de la cocción se reflejan en el Cuadro LIV. En este se puede comprobar que a medida que aumenta la temperatura se produce, como era de esperar, una mayor contracción, la cual es de un 1 % por cada 25° C de aumento, aproximadamente. Comparando estos datos con los obtenidos en la cocción a 1.050° C en la Muestra-Mi-M-1-F, se observa una gran concordancia.

Asimismo se ha comprobado la pérdida de peso de las probetas, para lo cual se han pesado secas y una vez cocidas, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro LV. No se observa ninguna relación con la temperatura, pero los datos coinciden aproximadamente -- con las pérdidas a la calcinación que sufre el material, (16 % con una desviación típica de 1,8).

C U A D R O L I V

MUESTRA F

Retracción en la cocción

<u>Temperatura Cocción ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>M e d i d a s (cm)</u>			<u>% Cotracción Cocción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
	51	100	96,8	92,7	7,3	4,2
	* 52	100	97,0	92,7	7,3	4,4
	* 53	100	97,0	92,9	7,1	4,2
	54	100	97,0	93,0	7,0	4,1
	* 55	100	97,0	92,8	8,2	4,3
	56	100	96,7	93,6	6,4	3,2
	* 57	100	96,7	92,9	7,1	3,9
	* 58	100	97,3	93,7	6,3	3,7
	* 59	100	96,6	93,3	6,7	3,4
	* 60	100	96,6	93,3	6,7	3,4
	* 61	100	97,1	93,8	6,2	3,4
	62	100	96,8	93,4	6,4	3,5
	63	100	96,8	94,0	6,0	2,9
980	64	100	96,8	94,0	6,0	2,9
	65	100	97,2	94,0	6,0	3,3
	66	100	97,2	94,2	5,8	3,1
	67	100	97,2	93,3	6,7	4,0
	68	100	96,8	93,0	7,0	3,9
	69	100	96,8	94,6	5,4	2,3
	70	100	97,3	94,7	5,3	2,7
	71	100	97,3	95,6	4,4	1,7
	72	100	97,3	Rota por caída	-	-
	73	100	96,7	Rota por caída	-	-
	74	100	97,0	96,6	3,4	0,4
	75	100	97,1	96,7	3,3	0,4
	Media				6,2	3,4

* Mancha morada con puntos azules o negros

C U A D R O L I VMuestra FRetracción en la cocción

<u>Temperatura Cocción ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>M e d i d a s (cm)</u>			<u>% Contracción Cocción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
	1	100	96,9	93,1	6,9	3,9
	2	100	97,2	92,4	7,6	4,9
	3	100	97,2	93,2	6,8	4,1
	4	100	97,2	92,7	7,2	4,6
	5	100	97,2	92,8	7,2	4,5
	6	100	97,3	92,5	7,5	4,9
	7	100	97,1	93,1	6,9	4,1
	8	100	97,1	Rota por caída	-	-
	9	100	97,4	93,6	6,4	3,9
	10	100	97,2	93,1	6,9	4,2
	11	100	97,2	Rota por caída	-	-
	12	100	97,1	93,0	7,0	4,2
	13	100	97,3	92,6	7,4	4,8
1.000	14	100	97,3	92,5	7,5	4,9
	15	100	97,2	92,6	7,4	4,7
	16	100	97,1	92,6	7,4	4,6
	17	100	97,2	93,0	7,0	4,3
	18	100	97,0	92,6	7,4	4,5
	19	100	97,2	93,0	7,0	4,3
	20	100	97,0	91,9	8,1	5,3
	21	100	96,9	91,8	8,2	5,3
	22	100	97,0	92,7	7,3	4,4
	23	100	97,0	92,7	7,3	4,4
	24	100	97,0	92,7	7,3	4,4
	25	100	97,1	93,2	6,8	4,0
	32	100	96,7	92,9	7,1	3,9
					7,2	4,5

C U A D R O L I V

Muestra F

Retracción en la cocción

<u>Temperatura Cocción ° C</u>	<u>Prueba Número</u>	<u>M e d i d a s (cm)</u>			<u>% Contracción Cocción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
	26	100	97,0	91,1	8,9	6,1
	27	100	96,5	92,3	7,7	4,4
	28	100	97,3	92,0	8,0	5,4
	29	100	96,8	92,6	7,4	4,3
	30	100	97,0	92,0	8,0	5,2
	31	50	48,5	46,0	8,0	5,2
	33	100	96,8	92,0	8,0	5,0
	34	100	96,9	90,9	9,1	6,2
	35	100	96,8	91,6	8,4	5,4
	36	100	96,7	91,7	8,3	5,2
1.025	37	100	96,7	91,8	8,2	5,1
	38	100	96,9	91,4	8,6	5,7
	39	100	97,2	92,3	7,7	5,0
	40	100	97,4	91,6	8,4	6,0
	41	100	97,4	91,7	8,3	5,9
	42	100	96,8	91,7	8,3	5,3
	43	100	96,8	91,1	8,9	5,9
	44	100	97,0	91,6	8,4	5,6
	45	100	97,0	91,3	8,7	5,9
	46	100	97,0	91,5	8,5	5,7
	47	100	96,8	91,5	8,5	5,5
	48	100	96,8	91,6	8,4	5,4
	49	100	97,2	92,2	7,8	5,1
	50	100	96,9	91,3	8,7	5,8
					8,3	5,4

C U A D R O L VPérdidas PesoMuestra F

<u>Temperatura Cocción ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>% Pérdida</u>
		<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	
	51	85,41	72,05	15,64
	52	85,72	72,25	15,71
	53	87,08	76,66	11,97 (1)
	54	87,60	74,07	15,44
	55	85,48	72,16	15,58
	56	86,75	73,32	15,48
	57	87,02	73,39	15,66
	58	86,69	73,24	15,52
	59	84,09	71,03	15,53
	60	85,96	72,70	15,43
	61	87,99	74,45	15,39
	62	85,08	71,74	15,68
	63	85,09	71,66	15,78
980	64	85,56	71,93	15,93
	65	87,15	73,42	15,75
	66	85,20	72,04	15,43
	67	87,04	73,50	15,56
	68	84,60	71,46	15,53
	69	85,81	72,49	15,52
	70	85,69	72,40	15,51
	71	87,00	73,59	15,41
	72	86,82	74,30	14,42
	73	87,52	74,79	14,55
	74	85,28	72,77	14,67
	75	87,52	74,76	14,58
	Media			15,40

(1) Sin incluir en la media

C U A D R O L VPérdidas PesoMuestra F

<u>Temperatura Cocción ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Peso (g)</u>		<u>% Pérdida</u>
		<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	
	1	85,97	73,75	14,21
	2	84,16	72,10	14,33
	3	85,25	73,03	14,33
	4	84,60	72,63	14,15
	5	85,12	73,17	14,04
	6	83,56	71,78	14,10
	7	83,85	72,02	14,11
	8	84,36	72,46	14,11
	9	83,83	71,92	14,21
	10	83,34	71,55	14,15
	11	84,68	72,70	14,15
1.000	12	84,97	73,00	14,09
	13	85,00	73,06	14,05
	14	86,39	74,23	14,08
	15	84,38	72,44	14,15
	16	86,24	74,03	14,16
	17	86,46	74,39	13,96
	18	85,84	73,86	13,96
	19	83,59	71,92	13,96
	20	84,99	72,92	14,20
	21	85,31	73,30	14,08
	22	86,07	73,85	14,10
	23	84,44	72,34	14,33
	24	84,12	71,74	14,72
	25	84,25	71,76	14,82
	32	84,00	71,22	15,21
	Media			14,22

C U A D R O L V

Pérdida Peso

Muestra F

<u>Temperatura Cocción ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>% Pérdida</u>
		<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	
	26	86,18	-	-
	27	84,71	72,13	14,85
	28	85,01	72,18	15,09
	29	84,69	72,13	14,83
	30	84,18	71,58	14,97
	31	68,06	57,79	15,09
	33	84,72	71,73	15,33
	34	84,89	72,06	15,11
	35	83,72	71,01	15,18
	36	83,94	71,11	15,28
	37	83,26	70,59	15,22
	38	81,90	69,47	15,18
1.025	39	84,15	71,24	15,34
	40	85,00	71,99	15,31
	41	86,74	73,34	15,45
	42	84,41	71,47	15,33
	43	84,66	71,74	15,26
	44	84,61	71,82	15,42
	45	84,38	71,56	15,20
	46	85,03	72,04	15,28
	47	85,78	72,16	15,88
	48	85,53	71,98	15,14
	49	86,00	72,31	15,92
	50	83,57	72,37	13,40 (1)
	Media			15,29

(1) Sin incluir en la media

Una vez cocidas las probetas se ha seguido el mismo criterio que en el caso de las muestras anteriores.

Los resultados de la resistencia a compresión se reflejan en el Cuadro LVI, del cual se desprende que:

- Los valores de las resistencias para una misma temperatura están bastante dispersos. En algunos casos no se han considerado para el cálculo.
- A medida que aumenta la temperatura aumenta asimismo la resistencia, Cuadro LVII, coincidiendo con los resultados obtenidos en las probetas cocidas a 1.050° C de la muestra Mi-M-1-F.
- No se han considerado para el cálculo de las medias algunos resultados de las resistencias ya que son anormalmente bajas. Estas últimas corresponden a las probetas que fueron cocidas cerca de la entrada de la mufia, lo que viene a significar que fueron cocidas a menor temperatura que la que realmente se fijó.
- La fabricación de las probetas con vacío no influye de una manera acusada en la resistencia, aunque quizá, den resultados menos dispersos.

En cuanto a la absorción, los resultados se reflejan en el Cuadro LVIII, del cual se deduce que:

- Varía inversamente con la resistencia o, lo que es lo mismo, con la temperatura de cocción, Cuadro LVII, concordando

C U A D R O LVIMUESTRA FResistencia a Compresión

<u>Temperatu</u> <u>ra ° C</u>	<u>Prbeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimnses. (cm)</u>		<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Carga ro</u> <u>tura Kg.</u>	<u>Resistencia</u> <u>Kg/cm²</u>	<u>Media</u>
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>				
980	52	10,95	2,40	26,28	16.300	620	
	53	5,29	2,42	12,80	11.250	879	
	56	11,09	2,45	27,17	13.950	513	
	57	10,96	2,43	26,63	13.150	494	
	60	5,27	2,47	13,02	9.250	711	
	62	11,00	2,46	27,06	14.600	540	
	65	8,53	2,44	20,81	13.700	658	
	66	12,00	2,48	29,76	11.750	395	
	69	7,90	2,46	19,43	10.900	561	
	70	11,80	2,47	29,15	15.100	518	
	71	12,00	2,52	30,24	12.200	403	
	73	6,93	2,60	18,02	3.550	197 (1)	
	74	7,17	2,55	18,28	5.050	276 (1)	
	75	11,56	2,58	29,82	3.800	127 (1)	572
	1.000	2	7,87	2,42	19,04	15.350	806
7		10,68	2,45	26,17	10.950	418	
8		6,80	2,43	16,52	10.400	630	
11		5,57	2,49	13,87	7.200	519	
12		10,93	2,40	26,23	19.250	734	
13		10,79	2,39	25,79	11.650	452	
15		5,12	2,49	12,75	9.100	714	
16		10,80	2,39	25,81	19.400	752	
17		10,90	2,37	25,83	15.800	612	
18		6,14	2,37	14,55	11.050	759	
22		10,94	2,38	26,04	18.950	728	
23		11,14	2,52	28,07	8.900	317 (1)	
25		5,57	2,59	14,43	7.800	541	
32	10,89	2,36	25,70	13.900	541	631	

(1) No consideradas para el cálculo de la media

C U A D R O L V I

Muestra F

Resistencia a Compresión

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Dimens. (cm)</u>		<u>Superficie cm²</u>	<u>Carga rotura Kg.</u>	<u>Resistencia Kg/cm²</u>	<u>Media</u>
		<u>Large</u>	<u>Ancho</u>				
1.025	27	10,74	2,35	25,23	19.050	755	
	28	5,73	2,35	13,47	12.050	895	
	29	10,78	2,33	25,12	12.900	514	
	31	8,64	2,37	20,48	13.550	662	
	36	6,06	2,40	14,54	8.550	588	
	38	5,40	2,38	12,85	9.950	774	
	39	10,74	2,38	25,56	10.700	419	
	40	10,74	2,36	25,35	17.400	686	
	41	10,74	2,40	25,78	15.400	597	
	43	4,77	2,40	11,45	8.650	755	
	45	10,67	2,35	25,07	19.500	778	
	50	6,21	2,37	14,72	11.800	802	685

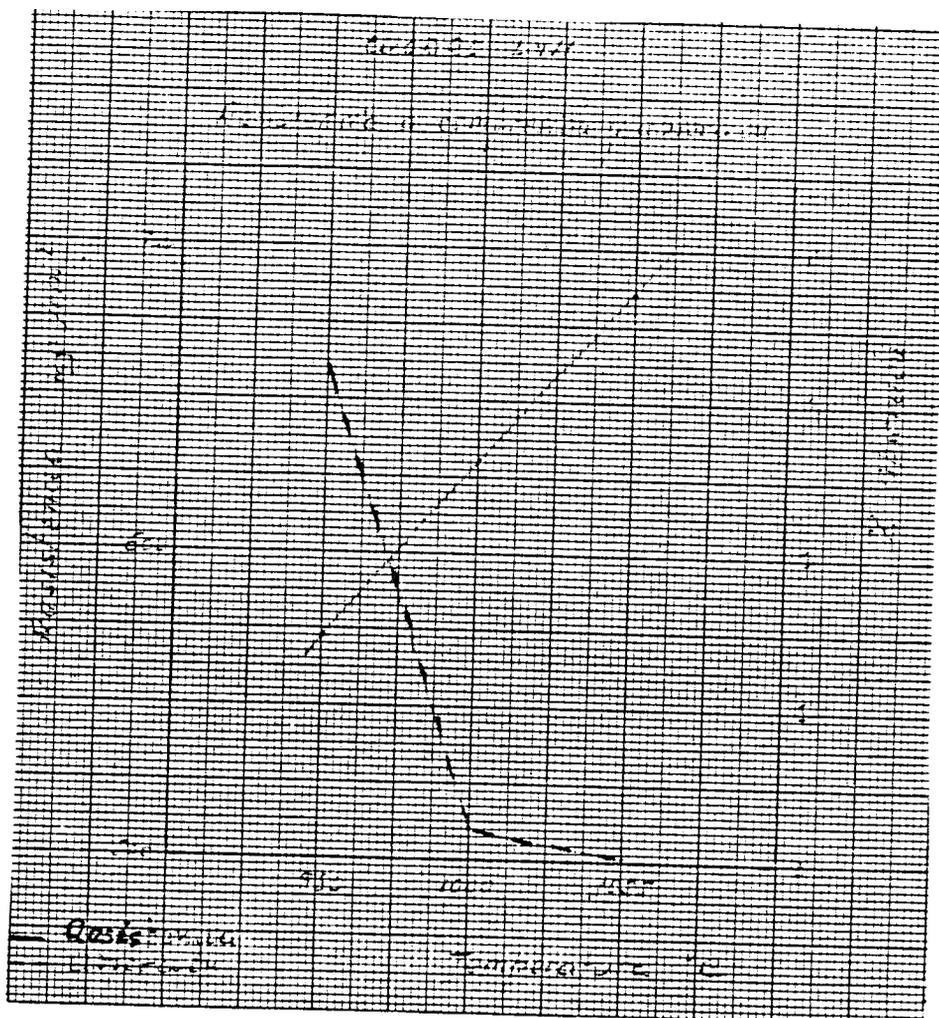
con los datos de aquella.

- Al aumentar la temperatura la absorción disminuye considerablemente debido al principio de vitrificación que se comienza a producir en la superficie a partir de los 1.000 ° C.

C U A D R O L V I I I

<u>Temperatura ° C</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Muestra F Absorción</u>		<u>% Absorción</u>	<u>Media</u>
		<u>P e s o (g)</u>			
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>		
980	53	37,62	40,35	6,7	
	60	33,24	36,55	9,1	
	65	16,96	18,94	10,4	
	69	16,92	19,13	11,5	9,4
1.000	2	17,74	18,40	3,6	
	8	24,96	25,92	3,7	
	11	33,53	34,67	3,3	
	15	31,60	32,78	3,6	
	18	34,24	35,22	2,8	
	25	31,20	32,27	3,3	3,4
	28	32,55	33,56	3,0	
1.025	36	30,03	31,15	3,6	
	38	17,02	17,57	3,1	
	43	24,12	24,84	2,9	
	50	26,11	26,75	2,4	3,0

- Coincide con los resultados de las probetas cocidas a 1.050° C de la muestra Mi-M-1-F.



5.10. CONCLUSIONES

De lo expuesto en los apartados anteriores se deduce que los menudos de los estériles de lavadero pueden servir para la fabricación de productos cerámicos para la construcción.

Para ello se ha elegido "a priori" unas granulometrías determinadas pero que se podían variar a partir de los resultados que se fuesen obteniendo. Las granulometrías ensayadas y las muestras correspondientes fueron.

C U A D R O L I X

Granulometría mm	Muestra Mi-M-1				
	C - 3	D	E	F	G
3 - 2	2	2	2	-	-
2 - 1	13	8	8	-	-
1 - 0,5	18	20	20	-	-
0,5- 0,1	42	35	25	50	-
< 0,1	25	35	45	50	100

Para ello se partió de una muestra de los menudos del Lavadero de Mieres, Mi - M - 1, ya que los del Lavadero de Modesta tienen las mismas características y darían análogos resultados. Algunas de las granulometrías se obtienen por trituración directa del material seco en un molino de aspas, equivalente a un molino de martillos y otras por la mezcla de las cantidades adecuadas dentro de cada intervalo de tamaños.

Esto lleva a dos consideraciones muy importantes a tener en cuenta en la preparación:

- La trituración debe hacerse con un contenido pequeño de humedad, lo cual por una parte tiene el inconveniente de tener que secar el material pero por otra parte tiene la ventaja de la gran sencillez de la instalación.
- Los molinos a usar deben ser, por tanto, de martillos o

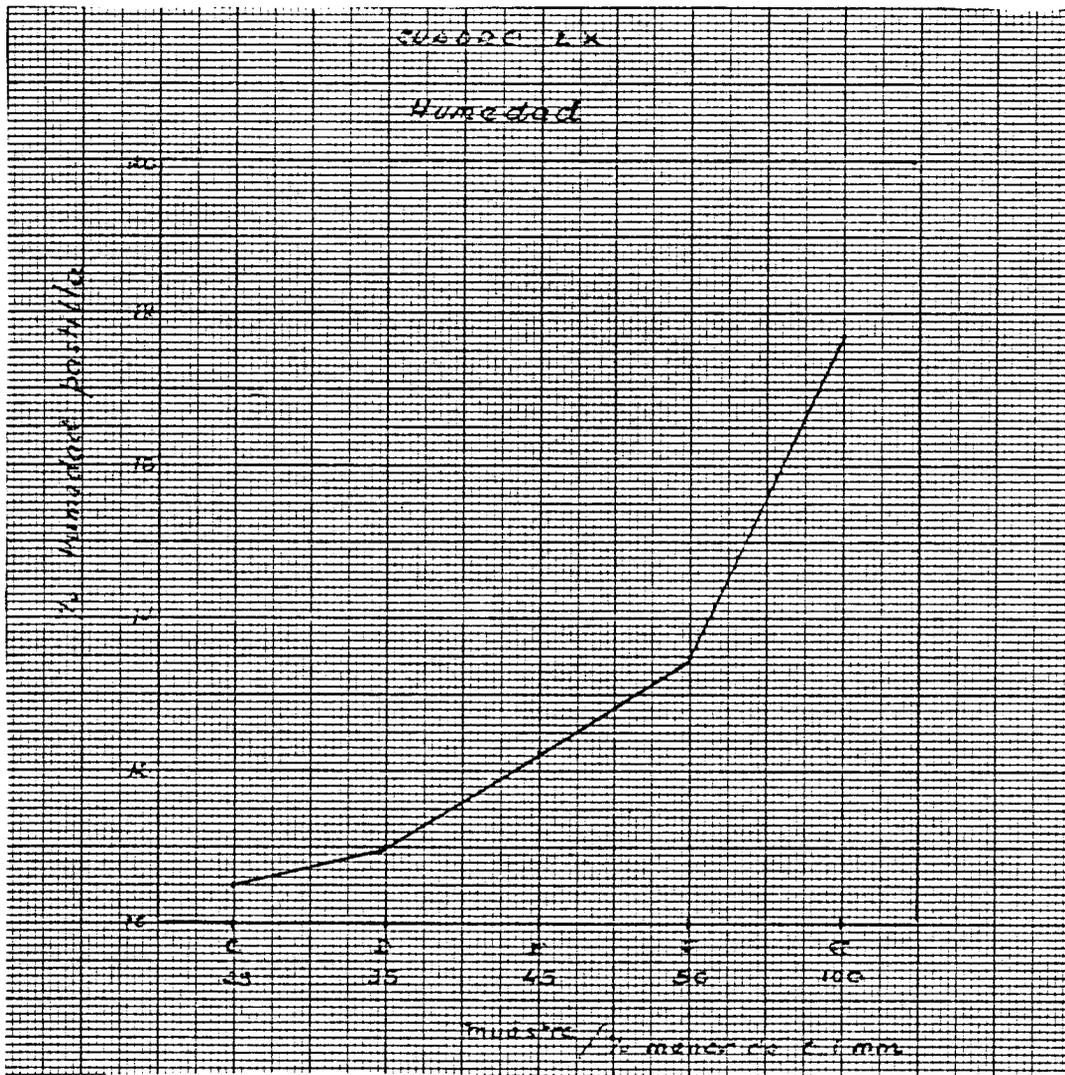
similares, ya que al tratarse de un material duro los tradicionales de la vía húmeda, rulos y laminadores, no consiguen la finura adecuada.

A cada granulometría se fueron adicionando diferentes proporciones de agua para conseguir una humedad adecuada u óptima. Aunque se observaron pérdidas de humedad debidas principalmente a la manipulación manual, rozamiento de la extrusionadora, calentamiento del molde, etc, entre la humedad teórica de la pasta y la humedad que tenía la pastilla al salir de la extrusionadora, en este apartado sólo se consideran las de ésta ya que parte de dichas causas en el proceso industrial se eliminan y además la humedad óptima deberá ir referida a la de la pastilla.

En el Cuadro LX se reflejan las humedades de las pastillas obtenidas para cada granulometría. De dicho cuadro se deduce que:

- La humedad crece de forma casi exponencial a medida que se pasa de la granulometría C a la G, es decir, a medida que aumenta el tanto por ciento de tamaños menor de 0,1 mm.
- La humedad de las pastillas es menor que las humedades a las cuales se trabaja normalmente en las cerámicas asturianas, factor muy importante ya que, además del menor consumo de agua, habrá un menor consumo de energía en el secado así como un menor tiempo, lo cual puede conducir a una mayor producción.

No obstante debe tenerse en cuenta que el intervalo de humedad para trabajar con este material no es muy grande, aproximadamente



damente \pm 1 % de las obtenidas, lo cual puede causar ciertos inconvenientes en las plantas industriales a menos de que se dispongan de los medios de control adecuados, tales como pesada del material, etc.

Asimismo se observa en la preparación manual de la pasta un aumento de la plasticidad sobretodo en las muestras F y G, considerablemente igual a la de las arcillas usadas en las cerámicas.

Por otra parte, se comprueba que a medida de que se pasa de las granulometrías C a G, se mejora la textura, se elimina la repelación, aumenta la cohesión y el corte se hace impecable, máxime - en las granulometrías F y G.

Por otra parte se observó que en estas granulometrías el molde de la extrusionadora no calentaba, lo cual hace suponer, en principio, que además de otras causas, que es debido al rozamiento - de las partículas mayores de 0,5 mm, aunque cabe suponer que este efecto en la industrial se verá muy atenuado e incluso no se producirá.

Con la humedad adecuada en cada granulometría, se fabricaron una serie de probetas que fueron secadas según diversos procesos:

- Una parte se secó en estufa a 50° C durante 6 horas.
- Otra parte se secó en estufa a 50° C durante 9 horas.
- Otra parte se seco en secadero industrial a 60° C durante 36 horas.
- Otra parte se secó en secadero industrial semicontinuo a 60° C durante 24 horas.

Para la medida de la retracción lineal en el secado se realizaron en las probetas unas marcas antes de secar que fueron medidas después de secadas, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro LXI, del cual se desprende que:

C U A D R O LXI

Retracción en el secado

Tipo de Secado	M U E S T R A				
	C	D	E	F	G
Estufa a 50° C durante 6 horas	1,3	2,1	2,6	3	3,5
Estufa a 50° C durante 9 horas	1,3	2,1	2,6	3	3,5
Secadero industrial a 60° C en 36 horas	1,3	2,2	2,6	3	3,5
Secadero industrial semicontinuo a 60° C	1,3	2,2	2,6	3	3,5
M e d i a	1,3	2,2	2,6	3	3,5

- La contracción es la misma, dentro de cada granulometría, en los diferentes tipos de secado. Esto es un punto muy importante a tener en cuenta en la fabricación industrial ya que por una parte se reduciría el tiempo de secado, con lo cual se podría aumentar la producción, y por otro, se reduciría el consumo de energía ya

que pueden ser secadas en menor tiempo.

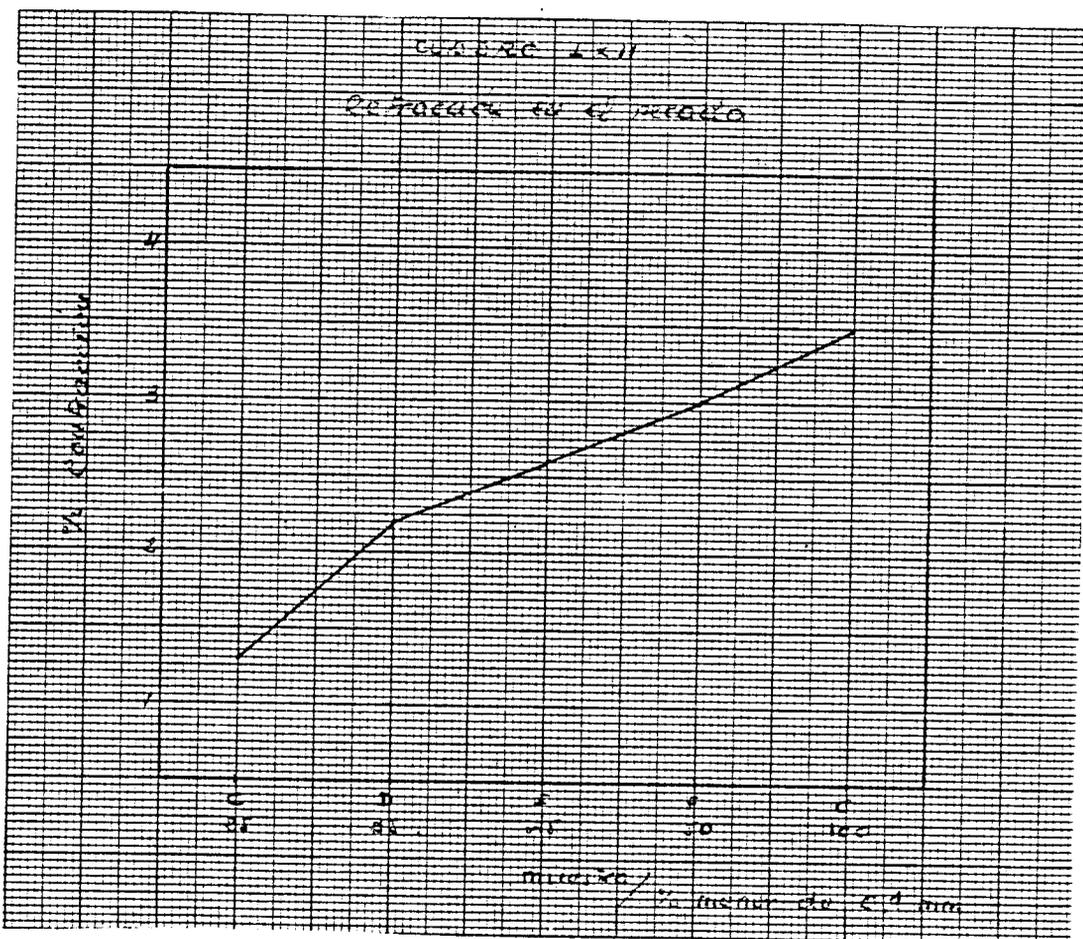
- La contracción aumenta al pasar de las granulometrías C a G, es decir, a medida que se incrementa el tanto por ciento de los tamaños menores de 0,1 mm, Cuadro LXII.
- El aumento en las contracción al pasar de una granulometría a otra es, practicamente, del 0,5 %, excepto en el paso de la C a la D, que es un poco mayor.

Por otra parte y de lo expuesto en los capítulos anteriores se deduce que si bien en las primeras granulometrías existía un número de roturas por manipulación, igual para cada procedimiento de secado, en las últimas, sobre todo en la F y G era nulo, lo cual es debido a la mejor coherencia que presentan éstas. Las roturas dan idea de la fragilidad de las probetas, factor a tener en cuenta en las plantas industriales, la cual viene corroborada por su pequeña resistencia a la compresión en "verde".

En cuanto al color es gris oscuro.

Una vez secas las probetas, parte se usaron para determinar la resistencia a compresión en "verde" y parte se cocieron a diferentes temperaturas y según diferentes procedimientos.

Para la determinación de la resistencia a compresión en "verde" se usó una máquina multitester pero en la mayoría de las probetas no se pudo determinar debido a que no existía un corte claro en la lectura del comparador ya que al efecto de compresión seguía una compactación del material que impedía la determinación de aquélla. No obstante en aquella en que se pudo determi-



nar, granulometrías F y G era muy baja, lo cual corroboraba la fragilidad de las probetas mencionadas anteriormente y que se debe tener en cuenta en relación a la manipulación mecánica en las plantas industriales.

En cuanto a la cocción se ha realizado a diferentes temperaturas y con procedimientos diferentes:

- En horno industrial túnel a 900° C.
- En horno industrial túnel a 920° C.
- En mufla a 1.050° C.

Además en la granulometría F se han cocido a temperaturas de 980, 1.000 y 1.025° C para ver el efecto de la variación de esta.

En las fotos números 37 y 38 se pueden ver parte de las probetas una vez cocidas. Del conjunto de ellas se puede deducir lo siguiente:

- El color varía del rosa pálido al marrón oscuro a medida que aumenta la temperatura.
- El sonido es más metálico al incrementarse la temperatura.
- El "corazón negro" existente en las probetas cocidas a bajas temperaturas no por falta de cocción, sino por una insuficiente combustión del carbón, desaparece en las probetas cocidas a temperaturas más elevadas y empleando mayor tiempo de cocción.
- Se observa una contracción en la cocción sobre muestra seca

que si bien en las cocidas por encima de 1.025° C puede ser importante, superior, generalmente, al 6 %, en las cocidas a menores temperaturas como en el caso de la muestra Mi-M-1-F se encuentra en un 4 %, paroximadamente, que es un nivel aceptable.

- Se puede comprobar una pérdida de peso que varía entre el 14 - 16 %, que coincide con la de las arcillas usadas normalmente.

De ello se puede deducir que:

- La obtención de colores diferentes según la temperatura puede ser importante en una planta industrial puesto que se evitaría la adición de colorantes con los inconvenientes que plantea su mezcla. No obstante sería necesario hacer un estudio económico del mayor consumo de combustible comparándolo con el coste del colorante.
- Para evitar el "corazón negro" es necesario alargar el tiempo de cocción y elevar la temperatura, lo cual es importante en la planta industrial.

Una vez cocidas las probetas se han determinado sus características de resistencia a la compresión y absorción.

En el Cuadro LXIII figuran las medias de la resistencia a la compresión obtenidas para cada muestra a diferentes temperaturas, y del que se sacan las siguientes conclusiones:

- En cada muestra al pasar de las cocidas en los hornos indus-

triales de 900 a 920° C disminuye la resistencia. Ello es debido a que, como se explicó en su momento, en el primer caso la curva de cocción está más tendida que el segundo, lo cual equivale a que se combustione mejor el carbón. A continuación al pasar a temperaturas más elevadas la resistencia aumenta; por lo dicho se puede afirmar que en esos intervalos de temperatura la resistencia aumenta al incrementarse la temperatura.

- Para cada tipo de cocción se observa que al pasar de la granulometría C a D, la resistencia aumenta para luego bajar en la E, volver a subir hasta un máximo en la F y bajar otra vez en la G, Cuadro LXIV. La bajada en la E se justifica por el hecho de que existe una descompensación en las cantidades

C U A D R O LXXII

Resistencia a la Compresión

Tipo de Cocción	M u e s t r a				
	C	D	E	F	G
Horno industrial a 900° C	213	297	304	421	378
Horno industrial a 920° C	208	238	176	242	204
Mufla a 980	-	-	-	572	-
Mufla a 1.000	-	-	-	631	-
Mufla a 1.025	-	-	-	685	-
Mufla a 1.050	361	423	401	719	672

de los intervalos 0,5/0,1 y 0,1/0 mm, es decir la granulometría no es uniforme. La subida en la E es debida a la homogeneidad de la granulometría y a que existe un $\%$ adecuado de 0,5/0,1 mm que muestra gran resistencia, lo cual se corrobora al eliminar este $\%$ de dicho intervalo y disminuir la resistencia, caso de la G.

- En las temperaturas por encima de 980° C las resistencias son muy altas si se comparan con las de las arcillas usadas normalmente.

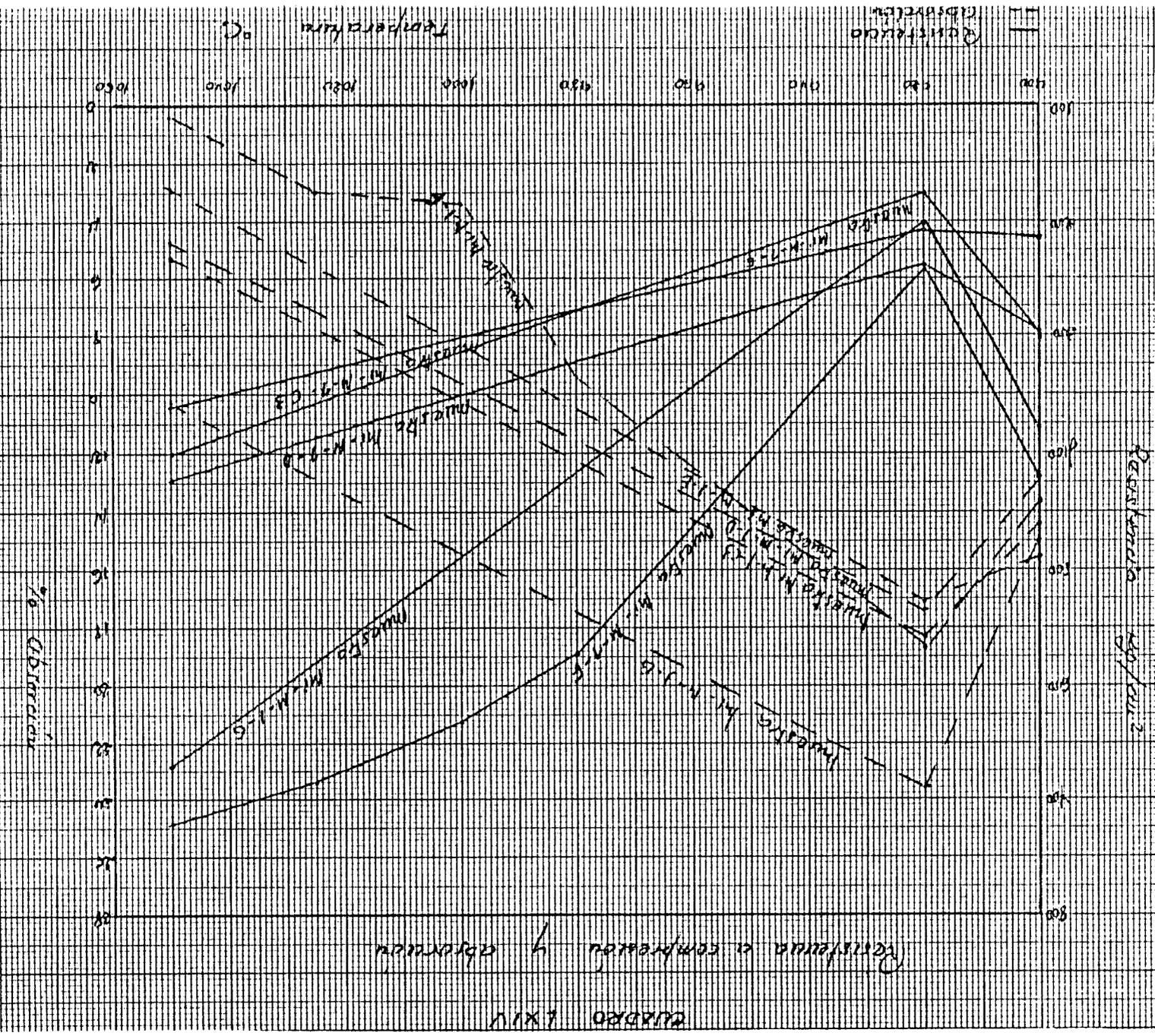
En cuanto a la absorción, los resultados se reflejan en el Cuadro LXV, del cual se deduce que:

- Al aumentar la temperatura en cada granulometría la absorción disminuye variando, por tanto, inversamente con el aumento de la resistencia, lo cual se puede apreciar en el Cuadro LXIV.
- En cada temperatura para cada proceso la cocción se produce, de una manera general, ya que intervienen otros factores como la vitrificación a temperaturas elevadas, etc, una curva inversa a la obtenida en la resistencia para el mismo supuesto.
- La absorción a temperatura altas es muy pequeña.

En resumen se puede decir que los estériles de menudos sirven para la obtención de ladrillos a escala laboratorio, lo cual se ha confirmado obteniendo pequeños ladrillos y que sus características mejoran en cierto modo los fabricados con arcilla.

CUADRO LXIV

Resistencia a compresión y abrasión



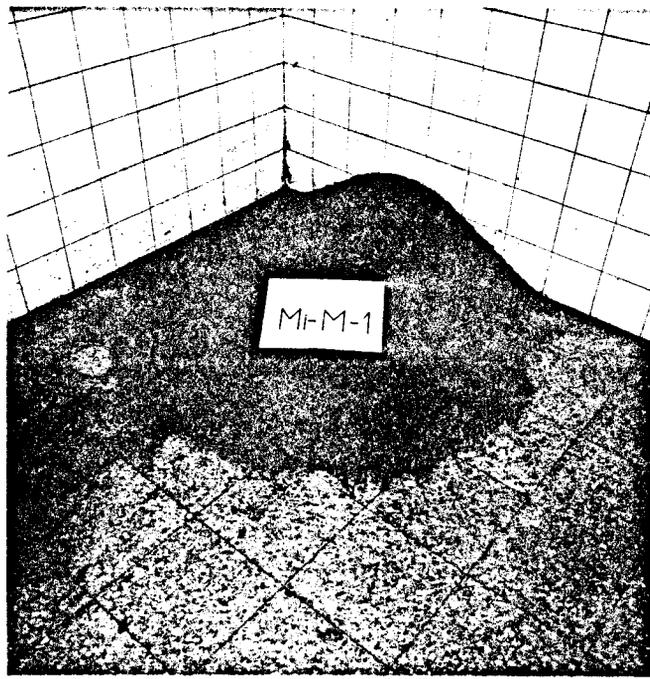
C U A D R O L X VAbsorción, %

Tipo de cocción	M u e s t r a				
	C	D	E	F	G
Horno industrial 900 ° C	14,4	12,9	15,6	13,7	15,0
Horno industrial 920 ° C	18,3	17,4	17,1	18,7	23,6
Mufla 980° C	-	-	-	9,4	-
Mufla 1.000° C	-	-	-	3,4	-
Mufla 1.025° C	-	-	-	3,0	-
Mufla 1.050° C	5,3	4,7	2,9	0,4 (5,8)	10,3

La granulometría que parece más adecuada a partir de los resultados obtenidos es la correspondiente a la F, es decir la que posee un 50 % de tamaños menores de 0,1 mm y un 50 % entre 0,5-01 mm, aunque se estima que pueden incluirse tamaños comprendidos entre 1 - 0,1 mm en una proporción similar, o sea, 50 %, sin que existan variaciones apreciables en las características mencionadas, siempre y cuando la curva granulométrica sea uniforme. No obstante, la granulometría a usar deberá venir fijada por las pruebas industriales a tal efecto ya que hay que tener en cuenta otros condicionantes tales como economía, capacidad de producción, etc.

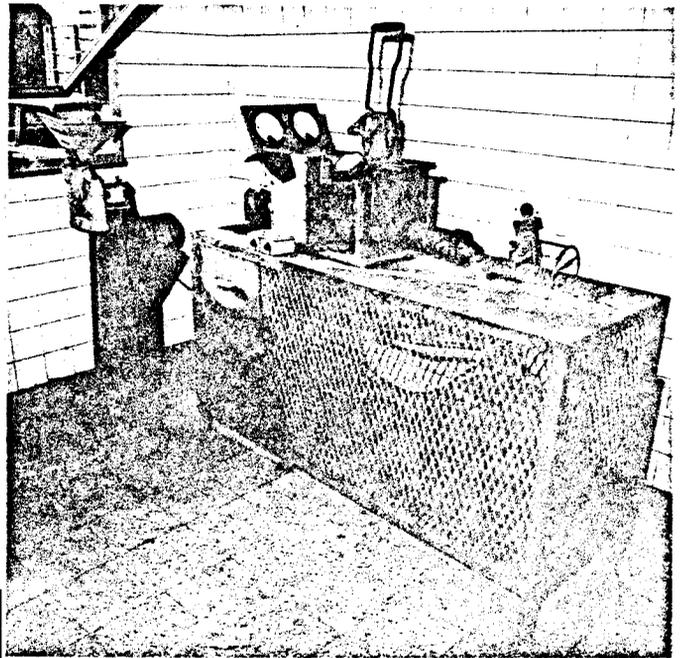
En cuanto a la temperatura, si se conjugan las características de color, contracción, resistencia y absorción, condiciones estas dos últimas a tener en cuenta a la hora de la puesta en obra de los productos cerámicos, y los económicos ya que a mayor temperatura mayor costo, la más adecuada es la de 980-1.000° C porque con ella se consiguen las características idóneas de absorción con una elevada resistencia, una contracción que no plantearía problemas en el horno y unos menores costos de energía. Además a dicha temperatura no aparecería "corazón negro". No obstante, en casos concretos, como es el de cambio de color, pudiera interesar la elevación de la temperatura, aunque para ello - habría que efectuarse el correspondiente estudio económico del mayor gasto de energía en comparación con la adición de aditivos.

Por las características obtenidas, este material parece debe dirigirse más que a bovedillas y tejas hacia la producción de ladrillos y sobretodo a los denominados "cara vista" y ladrillos especiales para fachadas, etc.

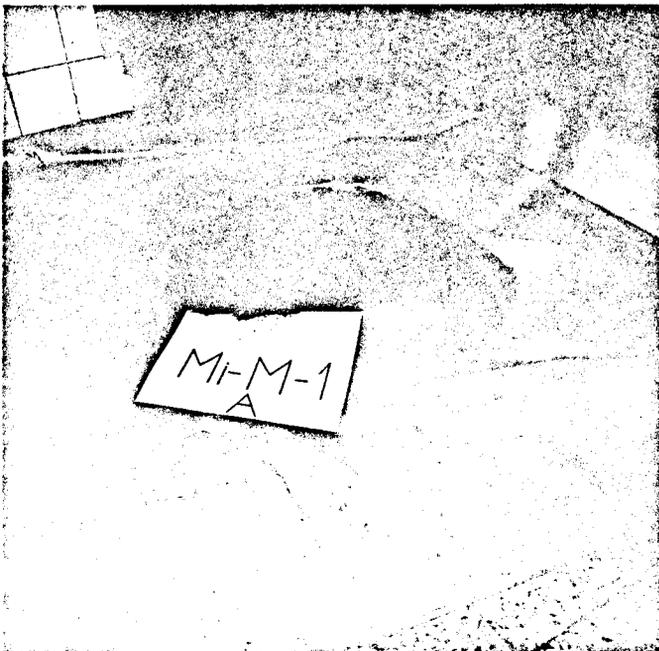


1

2



3



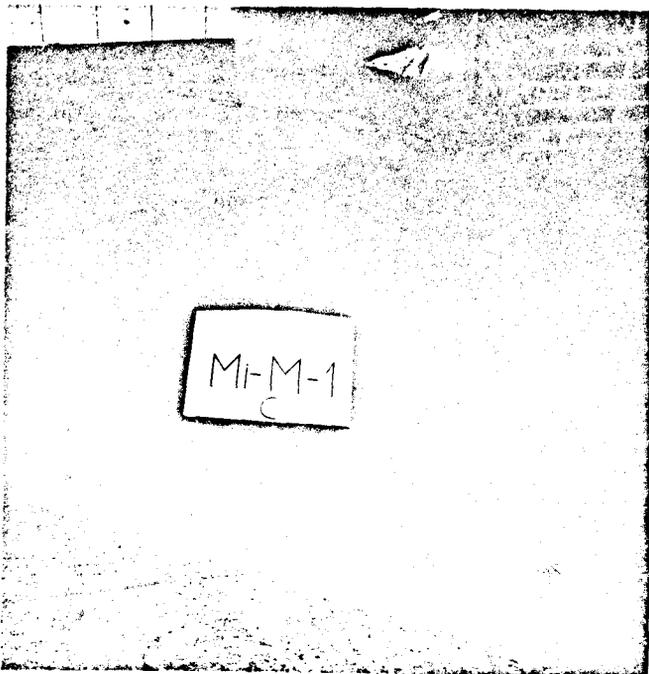
4



5

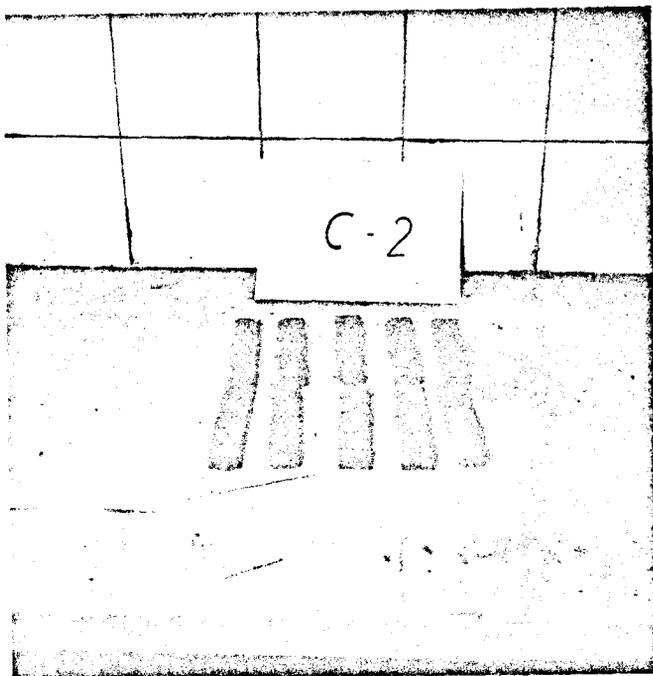


6

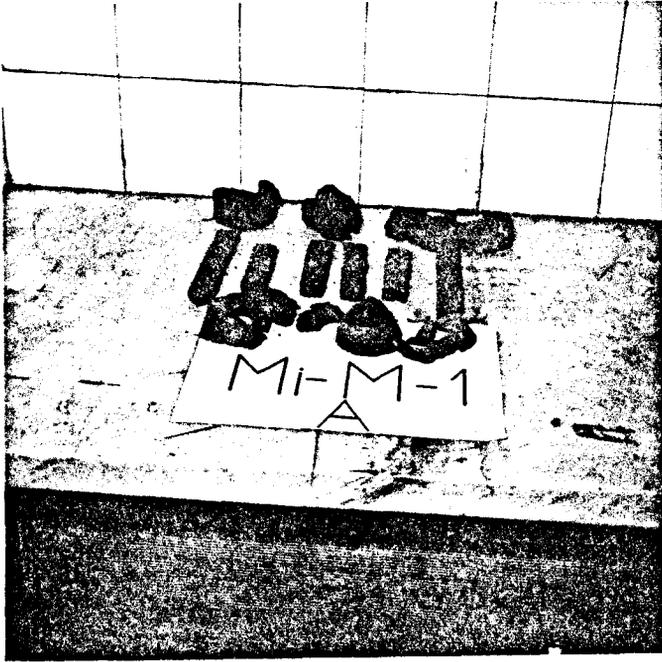


HUNOSA

Dirección de Desarrollo Industrial



10

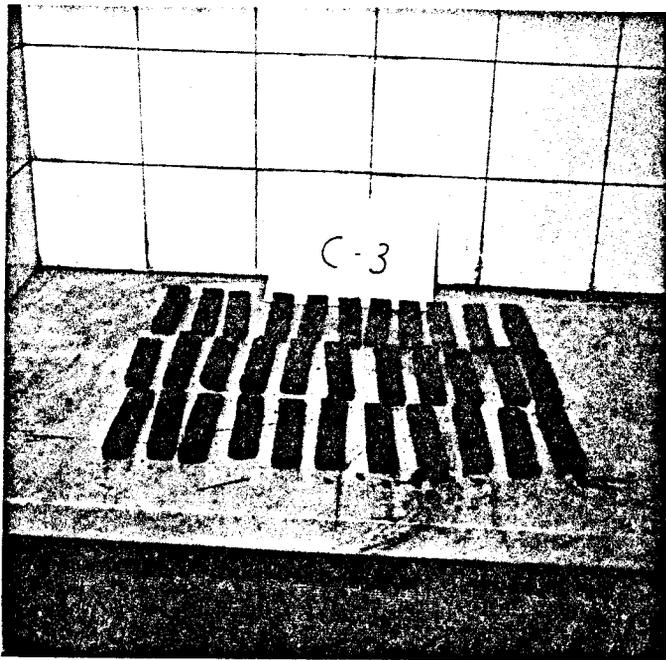


11

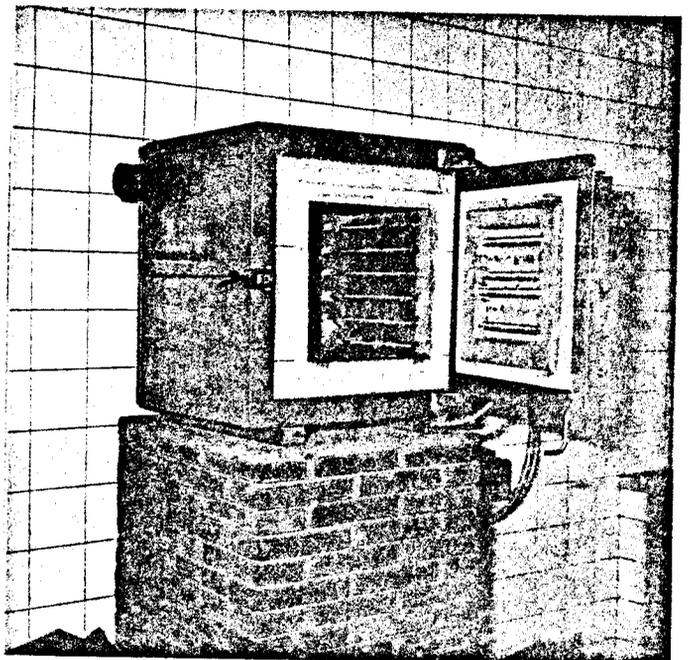


12

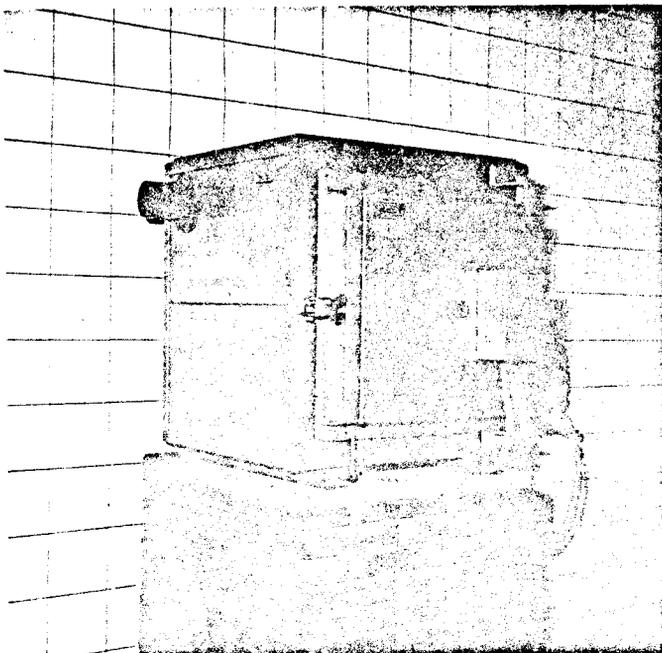




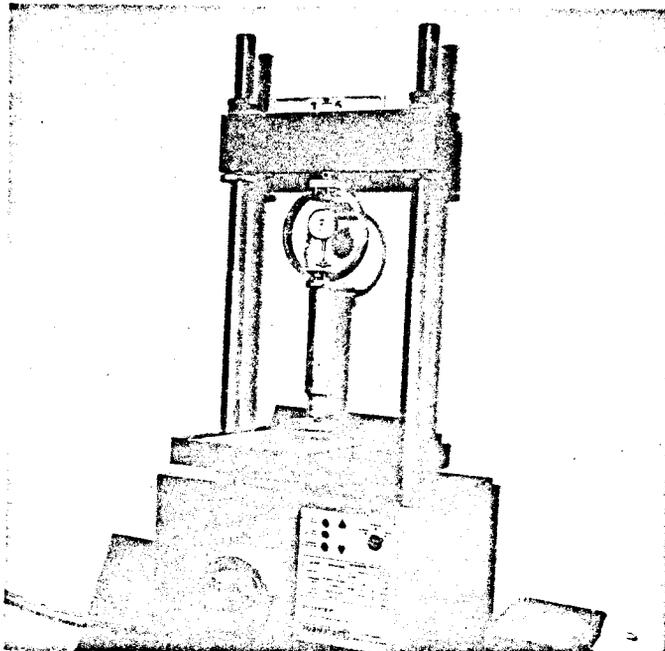
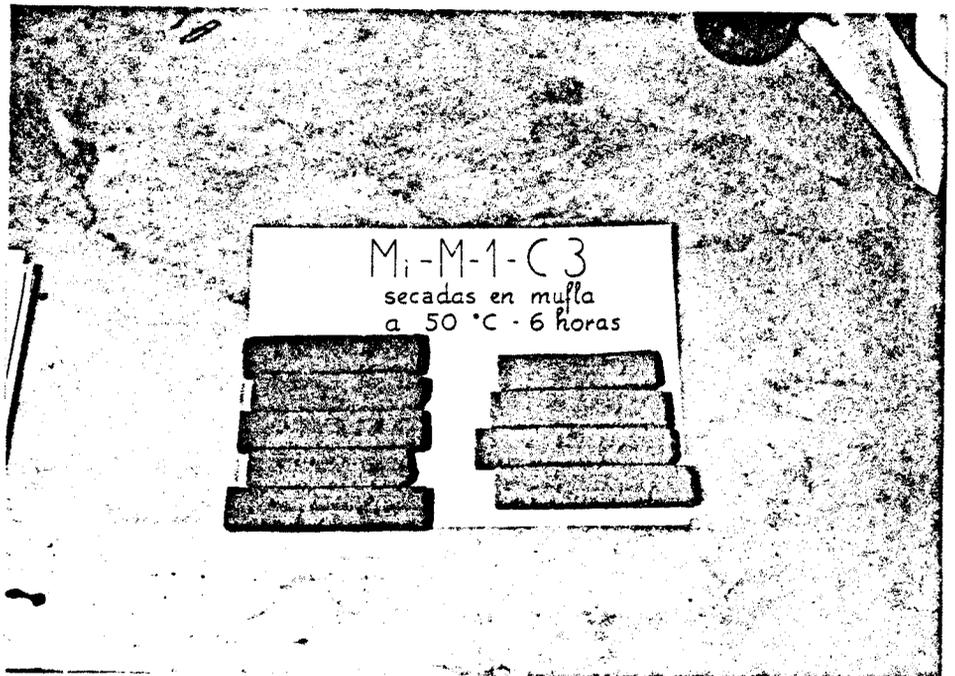
13

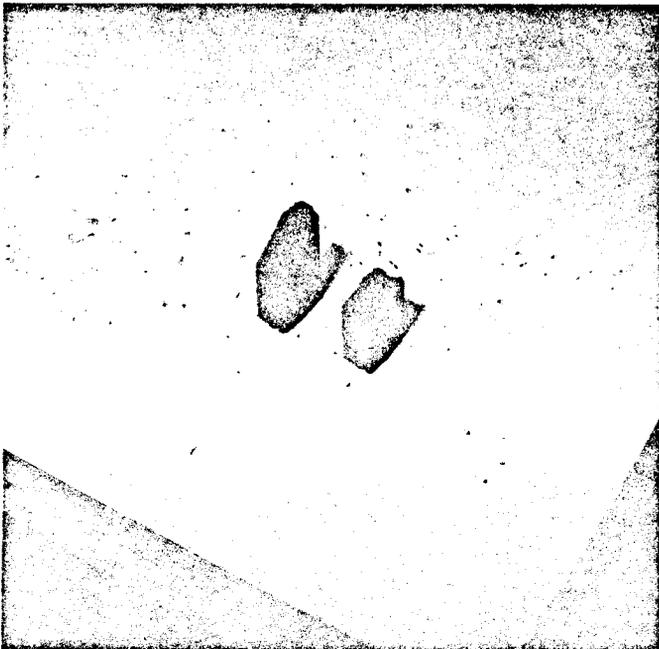


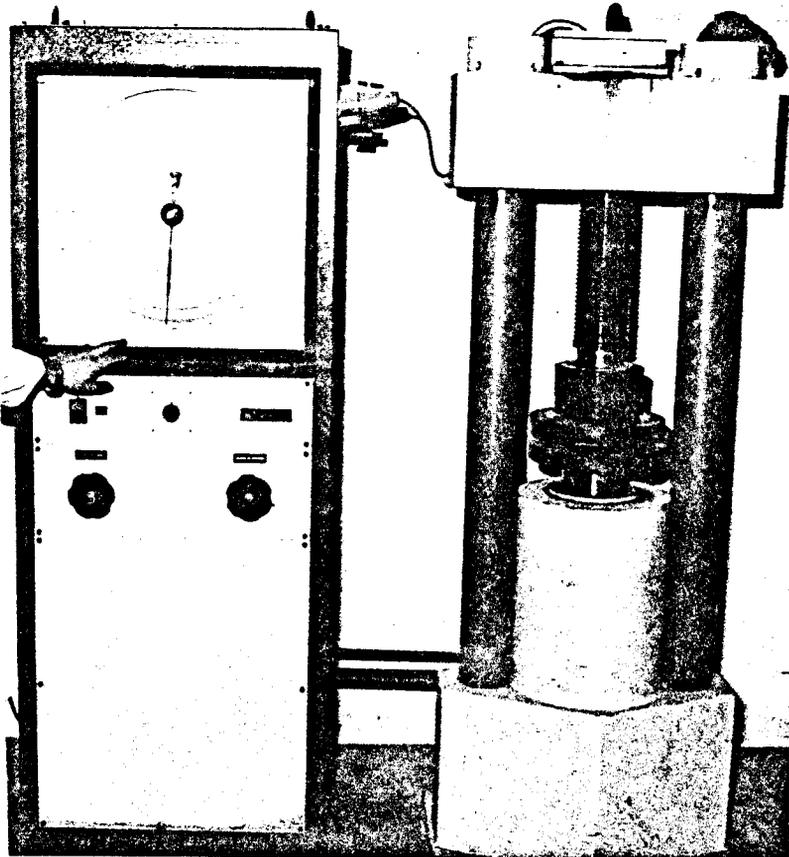
14



15





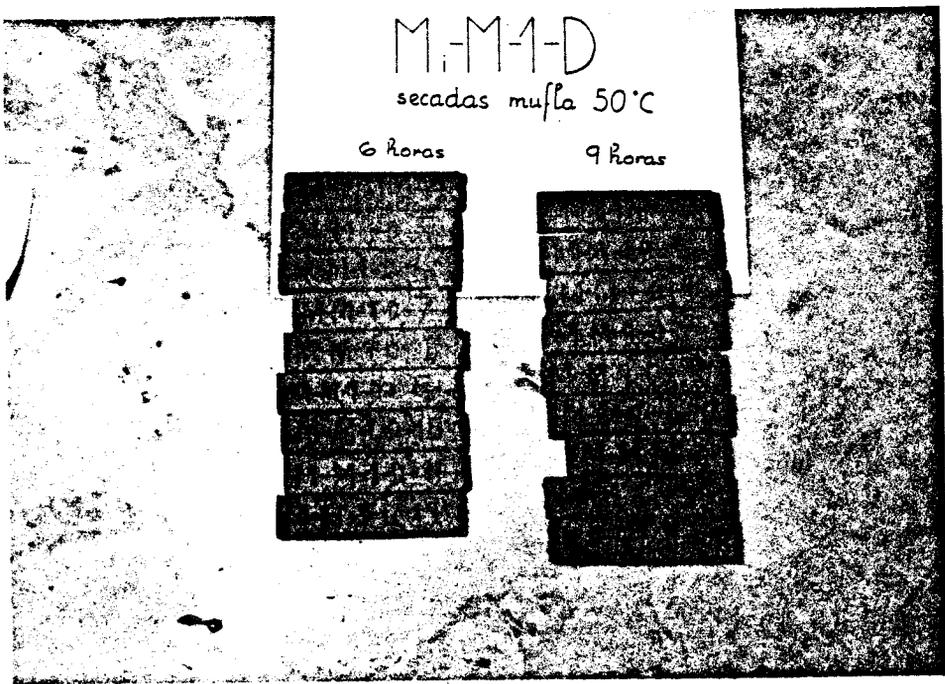


23



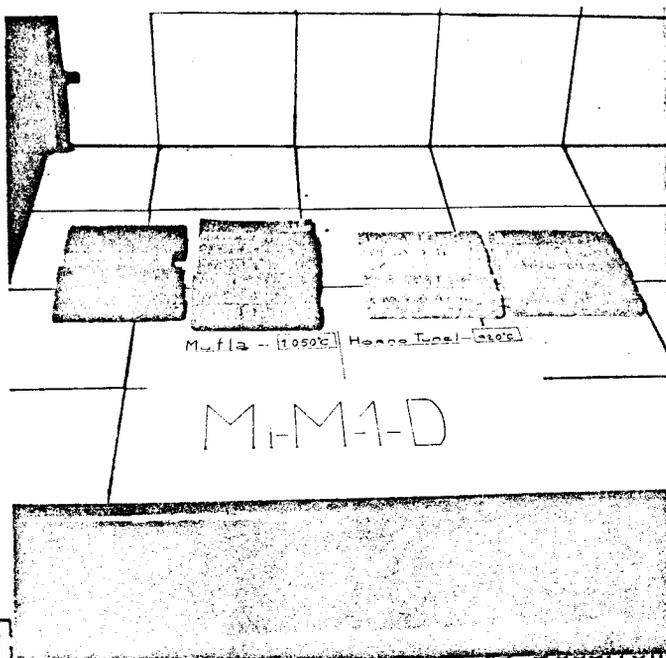
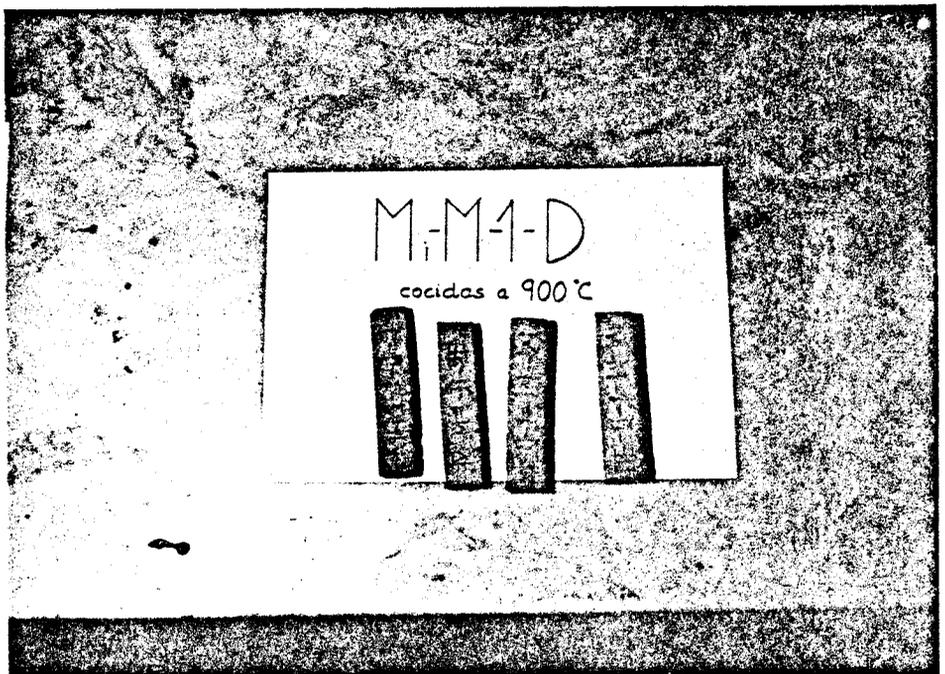
24





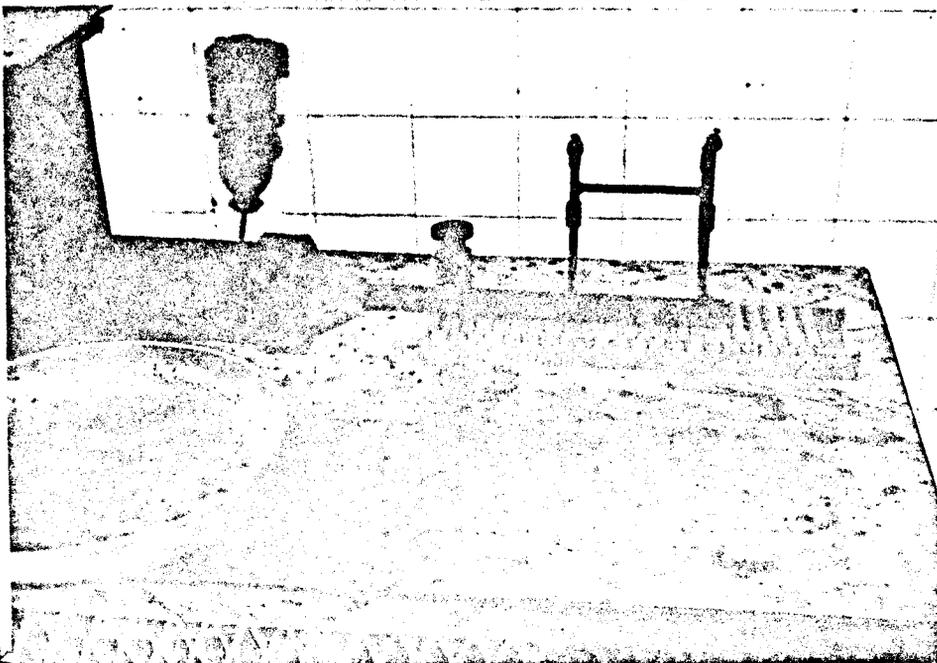
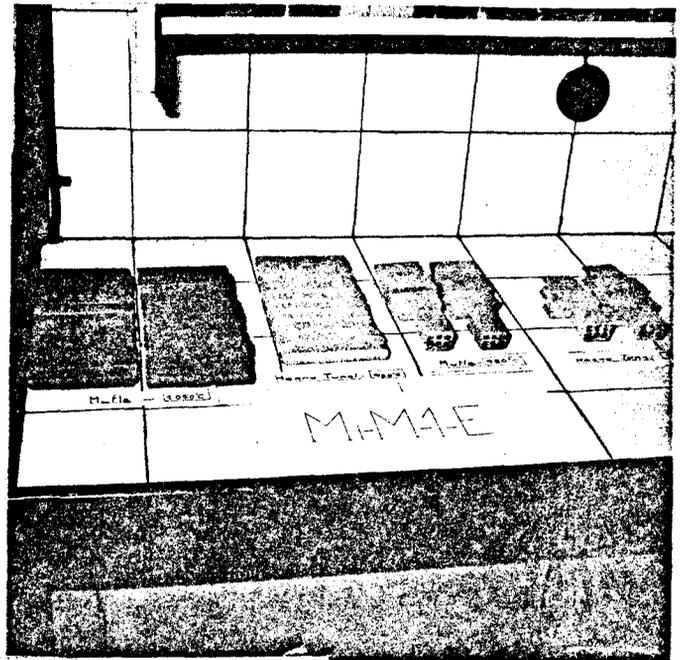
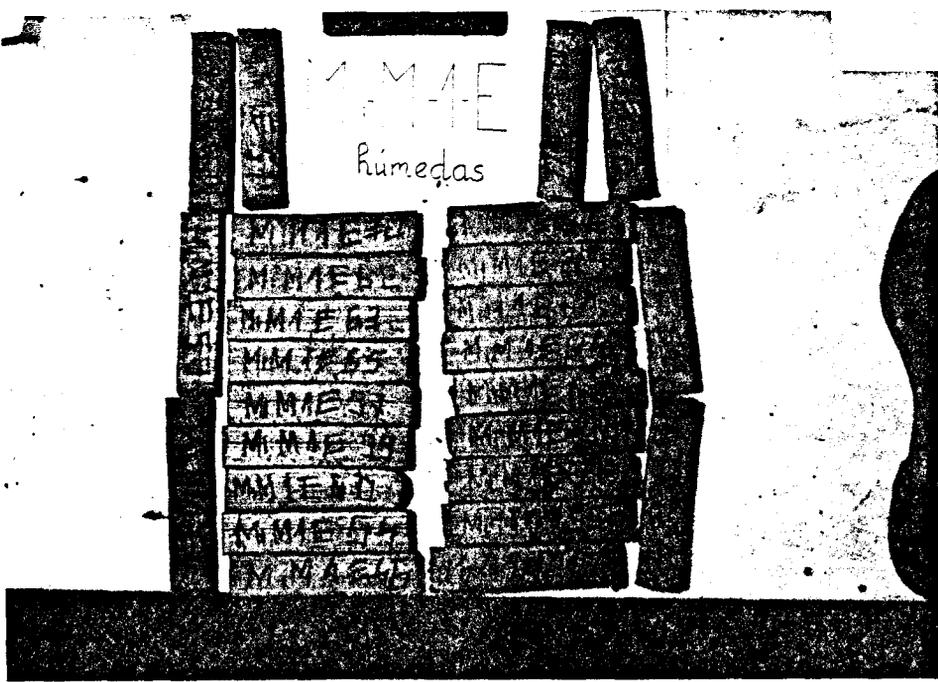
25

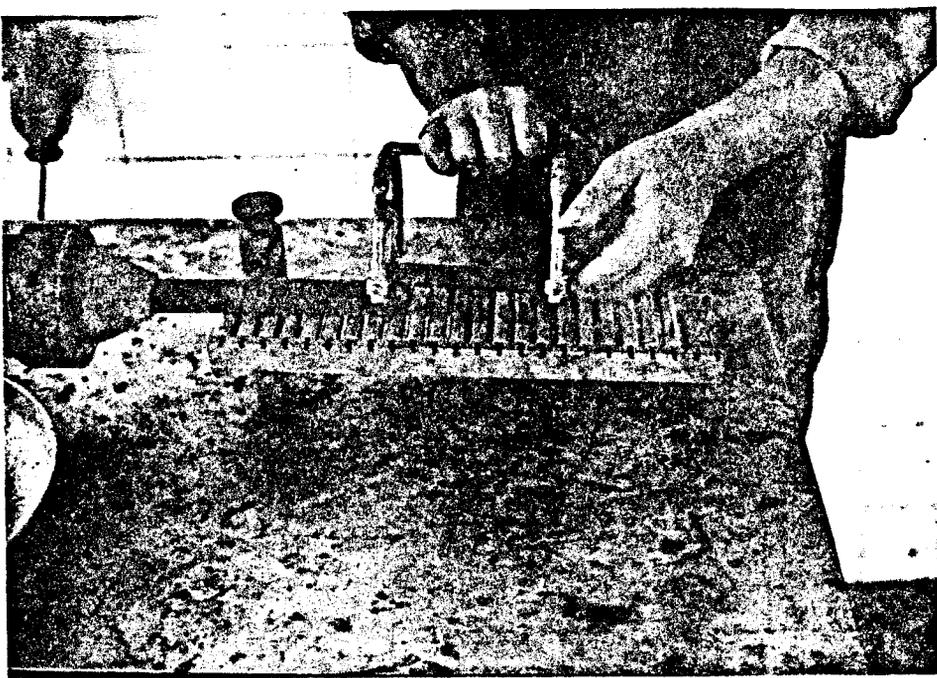
26



27

Industrial



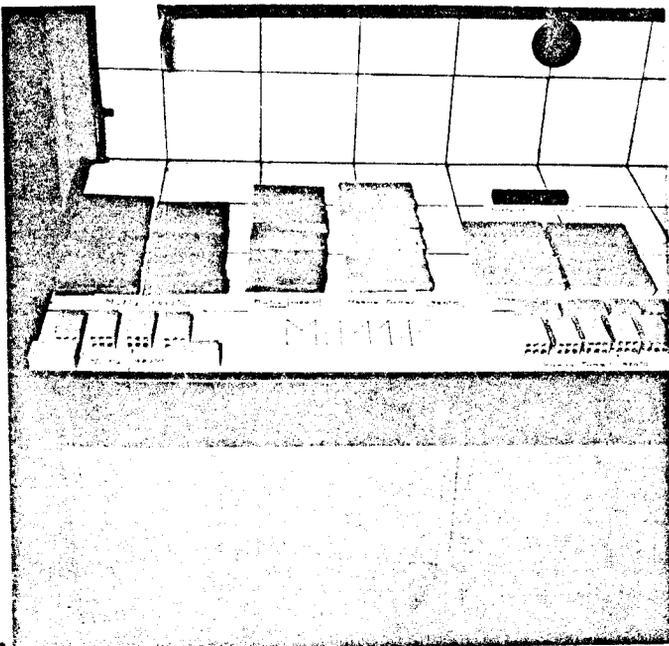


31

32

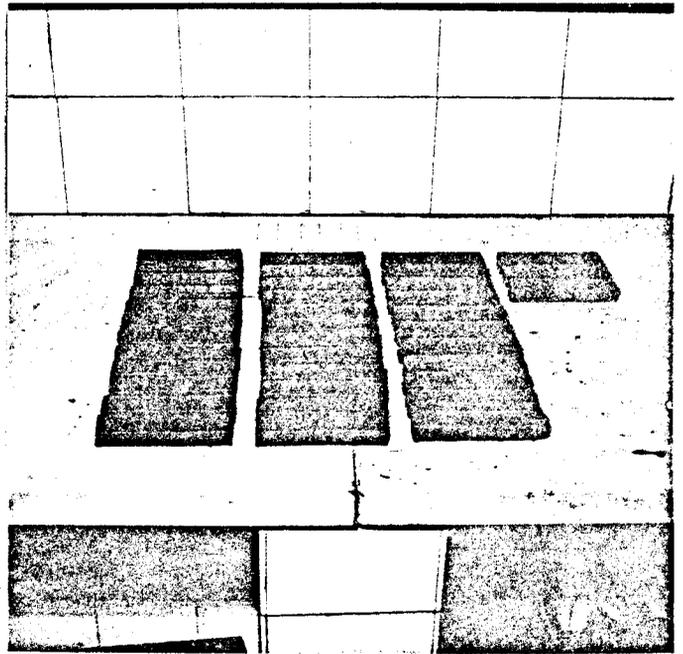


33

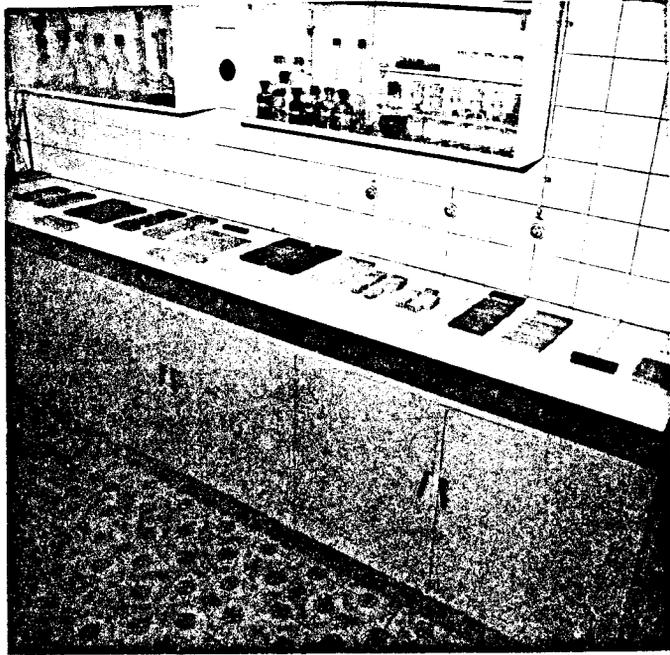




M-M-A-F
ladrillos huecos



M-M-A-G



37

38



6 - PRUEBAS CON LOS FINOS

Para la realización de las pruebas con este material se tuvieron en cuenta, entre otras, las características siguientes del mismo:

- Su poder calorífico, ~ 1.200 Kcal/Kg, le hace prácticamente inutilizable por sí sólo ya que plantearía problemas en la cocción debido a la gran cantidad de calor que se desprendería.
- Su granulometría, < 1 mm., hace pensar en no realizar una molienda con él, lo cual redundaría en un menor gasto de la preparación del material.
- La humedad con que sale del lavadero, 20-25 %, ya que al mezclarlo con la arcilla, menos húmeda, y realizar la preparación del material por vía húmeda se evitaría a reduciría la adición de agua. Caso de usarse la vía seca su secado sería costoso.

6.1 - Plán de trabajo

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se ha seguido el mismo plan de trabajo que para las pruebas con los menudos, salvo en los dos puntos que se especifican a continuación:

- Dada la granulometría y el resto de las características se realizarán pruebas:

- a) Con el material sólo.
- b) Mezclándolo con arcilla.

En este último caso se usará un único tipo de arcilla y se añadirán diferentes proporciones de estériles de finos, que, dado su aporte de calor, se consideran como adecuados 20 - 30 y 40%, pa-

ra un aprovechamiento máximo del mismo.

- No se han comprobado diferentes tiempos y tipos de secado ya que por una parte va a influir la clase de arcilla que se use y en estas pruebas solamente se va a utilizar una y por otra, como se ha comprobado en las de los menudos, el uso de éstos reduce el tiempo de secado, con lo cuál cabe esperar una reducción del mismo — cuanto mayor sea la proporción de estériles de finos que se use. Por ello se ha utilizado el mismo procedimiento para todas, es decir, se han secado todas las probetas en el secadero industrial de Rubiera Cedefasa.

6.2 - Estériles solos

La muestra de estériles ensayada fué la Mo-F-1, cuya granulometría figura en el Cuadro I.

C U A D R O I

Muestra Mo - F - 1

Granulometría
(Realizada con agua)

<u>Tamiz (mm)</u>	<u>%</u>
>0,5	25
0,5 - 0,2	37
0,2 - 0,1	16
0,1 - 0,08	4
< 0,08	18

A continuación se fué añadiendo agua en diferentes proporciones con el objeto de amasar el material, sin embargo no se logró el correcto amasado debido a la falta de plasticidad del material, aunque se probó cuando se tuvo un cierto amasado pero la extrusionadora expulsaba el agua libre.

Esta prueba pone de manifiesto que no se puedan usar los estériles - de finos solos. Por otra parte, efectuar un molido de los mismos para que adquieran la suficiente finura, y por lo tanto plasticidad, no es aconsejable por los motivos siguientes:

- Su poder calorífico es muy elevado para la fabricación de ladrillos, lo cual plantearía problemas en la cocción difíciles de solucionar en el horno.
- La humedad con que sale del lavadero es elevada con lo que habría que realizar un gasto adicional para secarlos, además de la gran - polución que acarrearía, lo que trae consigo una mayor inversión - y coste.

6.3 - Mezclas de arcilla y estériles de finos

El resultado de la prueba anterior reafirma la idea de su utilización mezclándolos con arcilla. En este caso se efectuarán las mezclas de arcilla con un 20 - 30 y 40% de finos por las razones aducidas anteriormente.

Asimismo y al objeto de poseer algunos datos referentes al producto que se obtiene con la misma y poder compararlos posteriormente con los logrados con las mezclas, se han realizado pruebas con aquella.

6.3.1 - Arcillas

En este caso sólo se utilizó una clase de arcilla que es la que se usa normalmente en la fábrica donde se elaboraron las probetas,

Para ello, una vez seca y molida la arcilla en el molino de aspas, se le añadió la cantidad de agua necesaria hasta con-

seguir el tanto por ciento de humedad al cual trabajan. Determinado en el Laboratorio, el resultado fué del 18,2.

En la preparación manual de la pasta se observó una buena plasticidad de la arcilla.

Con dicha humedad se elaboraron las probetas, denominadas = A, pudiéndose comprobar que no existía calentamiento alguno en el molde y que la máquina de extrusión trabajaba correctamente. En este caso se trabajó con vacío.

Por otra parte, se observó que las probetas salían sin dificultad, con ausencia prácticamente total de grietas, una buena textura, un corte fácil y una buena cohesión. En la foto N° 1 se pueden ver húmedas.

Una vez fabricadas las probetas se secaron en el secadero de la fábrica, al igual que las hechas con las mezclas, por los motivos expuestos anteriormente.

En cuanto a la retracción en el secado se hicieron en todas ellas una marca de 10 cm. antes de proceder a su secado, la cual se volvió a medir una vez hecho el proceso, para determinar la retracción lineal, cuyos resultados se reflejan en el cuadro N° II .

C U A D R O II

Muestra de arcilla

Retracción en el secado

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimensiones mm</u>		<u>Retracción</u>
	<u>Antes de secar</u>	<u>Despues de secar</u>	
1	100	93,7	6,3
2	100	93,7	6,3
3	100	93,9	6,1
4	100	93,9	6,1
5	100	93,9	6,1
6	100	93,7	6,3
7	100	93,8	6,2
8	100	93,8	6,2
9	100	93,9	6,1
10	100	93,9	6,1
11	100	93,9	6,1
12	100	93,9	6,1
13	100	93,7	6,3
14	100	93,7	6,3
15	100	93,9	6,1
16	100	93,7	6,3
17	100	93,7	6,3
18	100	94,0	6,0
19	100	94,0	6,0
20	100	93,7	6,3
21	100	93,7	6,3
22	100	93,8	6,2
23	100	93,8	6,2
24	100	93,7	6,3
25	100	93,7	6,3
26	100	93,9	6,1
27	100	93,7	6,3

MEDIA

6,2

De dicho cuadro se deduce que la media es del 6,2% y si se com
para con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas
con los menudos se observa que la retracción en el secado de
la arcilla es bastante más elevado que la de éstos, aproxima

damente el doble.

Se verificó que no hubo probetas rotas ni por manipulación ni por secado. Tampoco se observó la aparición de grietas. Además se comprobó que la textura seguía siendo buena, al igual que su cohesión.

El color de las probetas una vez secas es beige. En la Foto N° 2 se pueden ver las mismas.

En cuanto a la resistencia en seco se ha usado la misma máquina Multitester que para las pruebas de los menudos. En este caso de las 6 probetas probadas tan sólo en una se pudo apreciar un corte claro en la lectura del comparador, por lo cual aunque en realidad no sea representativa, si da un orden de la resistencia a compresión en verde. El resultado en dicha probeta fué de 4,52 Kg/cm².

A continuación se cocieron en un horno mufla con dos curvas de cocción diferentes, una siguiendo la dada por el procedimiento francés hasta 1.025 °C y cuyo programa de aumentos de temperatura ya fué detallado en la descripción de las pruebas de los menudos y otra siguiendo la misma curva que en el horno industrial de Rubiera Cedefasa, para lo cual se fué aumentando la temperatura de la manera siguiente:

Un día

<u>Hora</u>	<u>Temperatura °C</u>
9	100
11	125
13	175
15	250
17	320
19	400
21	475
23	575

Día siguiente

1	700
3	750
5	920
7	920
9	920
11	920
13	Apagado

En las Fotos Nº 3 y 6 se pueden ver las probetas cocidas. - Se observa que no ha aparecido repelamiento alguno y que el acabado es bueno. El color es rojo y el sonido es más metálico en las cocidas a 1,025 °C.

En cuanto a la retracción lineal en cocido, se ha medido la marca realizada en las probetas después de cocidas siendo - los resultados los reflejados en el Cuadro III.

C U A D R O III
Muestra de arcilla
Retracción en la cocción

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Antes de</u> <u>secar</u>	<u>Después de</u> <u>secar</u>	<u>Cocida</u>	<u>% Retracción</u>	
					<u>Sobre</u> <u>Húmeda</u>	<u>sobre</u> <u>seca</u>
920	2	100	93,7	92,7	7,3	1,1
	3	100	93,9	92,9	7,1	1,1
	4	100	93,9	92,7	7,3	1,3
	5	100	93,9	92,0	8,0	2,0
	6	100	93,7	92,5	7,5	1,3
	7	100	93,8	92,2	7,8	1,7
	8	100	93,8	92,5	7,5	1,4
	9	100	93,9	92,9	7,1	1,1
	11	100	93,9	92,9	7,1	1,1
	12	100	93,9	92,5	7,5	1,5
	13	100	93,7	92,2	7,8	1,6
	14	100	93,7	92,7	7,3	1,1
	16	100	93,7	93,0	7,0	0,7
	19	100	94,0	92,5	7,5	1,6
	21	100	93,7	92,7	7,3	1,1
	22	100	93,8	92,5	7,5	1,4
	23	100	93,8	92,1	7,9	1,8
	24	100	93,7	92,0	8,0	1,8
	25	100	93,7	92,2	7,8	1,6
	26	100	93,9	92,7	7,3	1,3
	MEDIA				7,5	1,4

.../...

(Continuacion C U A D R O III)

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>número</u>	<u>% Retracción</u> <u>Sobre muestra seca</u>	
1.025	1	1,25	
	2	1,00	
	3	1,15	
	4	1,15	
	5	1,25	
	6	1,10	
	7	1,35	
	8	1,10	
	10	1,00	
	11	1,20	
	12	1,20	
	14	1,20	
	15	1,20	
	17	1,20	
	18	1,00	
	19	1,30	
	20	1,10	
	21	1,00	
	22	1,00	
	23	1,10	
	24	1,30	
		MEDIA	1,15

De este se deduce claramente que las retracciones medias por cocción son pequeñas, 1,4 y 1,15%, en comparación con la del secado. Por otro lado también es menor que la de los menudos según se puede ver en el informe elaborado sobre estos.

Asimismo, ambas contracciones son casi iguales para las dos temperaturas.

Por otra parte, se ha observado una pérdida de peso en las probetas cocidas como se puede ver de los resultados de las probetas pesadas antes y después de cocer y que se relacionan en el Cuadro IV. Las pérdidas medias fueron de 12,8 y 12,5% a 920 y 1.025 °C respectivamente, es decir, prácticamente la misma.

C U A D R O IV

Muestra de arcilla

Pérdida de peso en la cocción

Temperatura °C	Probeta Número	Peso (g)		% Pérdida	
		Seca	Cocida		
920	2	84,51	73,58	12,9	
	3	85,64	74,59	12,9	
	4	84,00	73,16	12,9	
	5	83,73	73,04	12,8	
	6	83,15	72,65	12,6	
	7	84,13	73,53	12,6	
	8	84,49	73,85	12,6	
	9	82,36	72,01	12,6	
	11	88,84	77,62	12,6	
	12	82,32	71,88	12,7	
	13	82,63	72,07	12,8	
	14	82,82	72,37	12,6	
	16	83,12	72,71	12,5	
	19	83,14	72,61	12,7	
	21	82,56	71,86	13,0	
	22	86,31	75,14	13,9	
	23	83,10	72,90	12,3	
	24	82,65	71,95	12,9	
	25	82,45	71,83	12,9	
	26	84,24	73,27	13,0	
	27	84,00	72,99	13,1	
		MEDIA			12,8
	1,025	1	81,53	71,32	12,5
		2	85,16	74,48	12,5
		3	86,22	75,42	12,5
		4	82,64	72,30	12,5
		5	80,51	70,34	12,6
6		82,89	72,43	12,6	
7		80,20	70,17	12,5	
8		80,58	70,40	12,6	
10		81,44	71,27	12,5	
11		81,10	70,93	12,5	
12		80,59	70,64	12,4	
14		85,60	74,99	12,4	
15		80,26	70,29	12,4	
17		80,13	70,07	12,6	
18		84,17	73,27	12,4	

(Continuación CUADRO IV)

Temperatura °C	Probeta Número	Peso (g)		% Pérdida
		Seca	Cocida	
1,025	19	83,77	73,26	12,5
	20	81,10	70,97	12,5
	21	81,03	70,86	12,5
	22	81,90	71,71	12,5
	23	81,95	71,70	12,5
	24	81,62	71,43	12,5
		MEDIA		

En cuanto a la resistencia a compresión, los resultados se reflejan en el Cuadro V.

C U A D R O V

Muestra de arcilla

Resistencia a compresión

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimensiones (cm)</u>		<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Carga rotura</u> <u>Kg</u>	<u>Resistencia</u> <u>Kg/cm²</u>
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>			
920	2	11,37	2,44	27,74	10.250	370
	4	11,32	2,44	27,62	8.500	308
	6	11,10	2,44	27,08	12.150	449
	8	11,00	2,43	26,73	10.000	374
	12	11,06	2,44	26,99	9.250	343
	14	11,10	2,44	27,08	10.800	399
	16	11,22	2,44	27,38	6.950	254
	21	11,10	2,44	27,08	12.600	465
	22	11,60	2,42	28,07	12.000	427
	24	11,01	2,44	26,86	5.750	214
	26	11,24	2,43	27,31	11.800	432
	MEDIA					367
1.025	1	11,01	2,44	26,87	9.900	368
	3	11,65	2,44	28,43	14.450	508
	7	10,82	2,44	26,40	10.000	379
	11	11,03	2,45	27,03	12.100	448
	15	10,87	2,44	26,53	7.750	292
	17	10,89	2,44	26,58	8.150	307
	19	11,35	2,43	27,58	9.050	328
	21	10,97	2,43	26,66	7.100	266
	23	11,10	2,43	26,98	8.400	311
		MEDIA				

Del mismo se deduce que los valores medios son 367 y 356 Kg/cm² para las probetas cocidas a 920 y 1,025 °C, respectivamente, o sea, apenas existe variación entre la cocción a diferentes temperaturas.

Asimismo se observa que los valores de las resistencias están bastante dispersos, al igual que sucedía con los de los menudos ya que en algunos casos la diferencia entre esos valores y la media es mayor del 25%.

El menor valor de la resistencia obtenida para las probetas cocidas a 1,025 °C concuerda con los menores valores de pérdida por cocción, con tracción, etc.

Para la absorción los datos se reflejan en el Cuadro VI

CUADRO VI
Muestra de arcilla
Absorción

Temperatura °C	Probeta Número	Peso (g)		% Absorción
		antes	Despues	
920	3	38,63	41,22	6,7
	7	38,19	40,60	6,3
	9	38,34	40,74	6,3
	11	45,53	48,32	6,1
	19	37,85	40,36	6,6
	25	41,95	45,92	9,5 (*)
	MEDIA			
1,025	4	35,86	38,97	8,7
	6	39,18	42,12	7,5
	8	38,65	41,93	8,5
	10	47,92	52,26	9,1
	14	37,19	40,56	9,1
	16	46,47	51,99	11,9
	20	44,75	51,32	14,7 (*)
	22	43,18	49,22	14,0 (*)
	24	37,65	41,14	9,3
	26	45,38	50,13	10,5
MEDIA				9,3 (***)

(*) Con grietas

(**) Sin contar la probeta número 25

(***) Sin contar con las probetas Nros. 20 y 22

En este se observa que los valores medios son 6,5 y 9,3 % - para las probetas cocidas a 920 y 1.025 °C respectivamente, variando inversamente con la resistencia.

Dado que la mayoría de los valores no se diferencian mucho, al objeto de comparar con las mezclas de arcillas y finos, se tomarán las correspondientes a las probetas cocidas a 920 °C

5.3.2 - Mezclas de arcilla y 20% de estériles de finos (A - F 20)

En este caso se ha mezclado arcilla y estériles de finos en una proporción en peso del 80 y 20%, respectivamente.

Los estériles se han añadido sin efectuar con ellos ningún tipo de molienda ya que la plasticidad necesaria la aporta la arcilla y, por otra parte, interesa conocer las características del producto adicionándolos sin ningún tratamiento por las razones ya aducidas.

Por ello, una vez realizada la correspondiente mezcla de los dos materiales para que fuese homogénea la masa, se adicionó agua hasta conseguir la humedad adecuada.

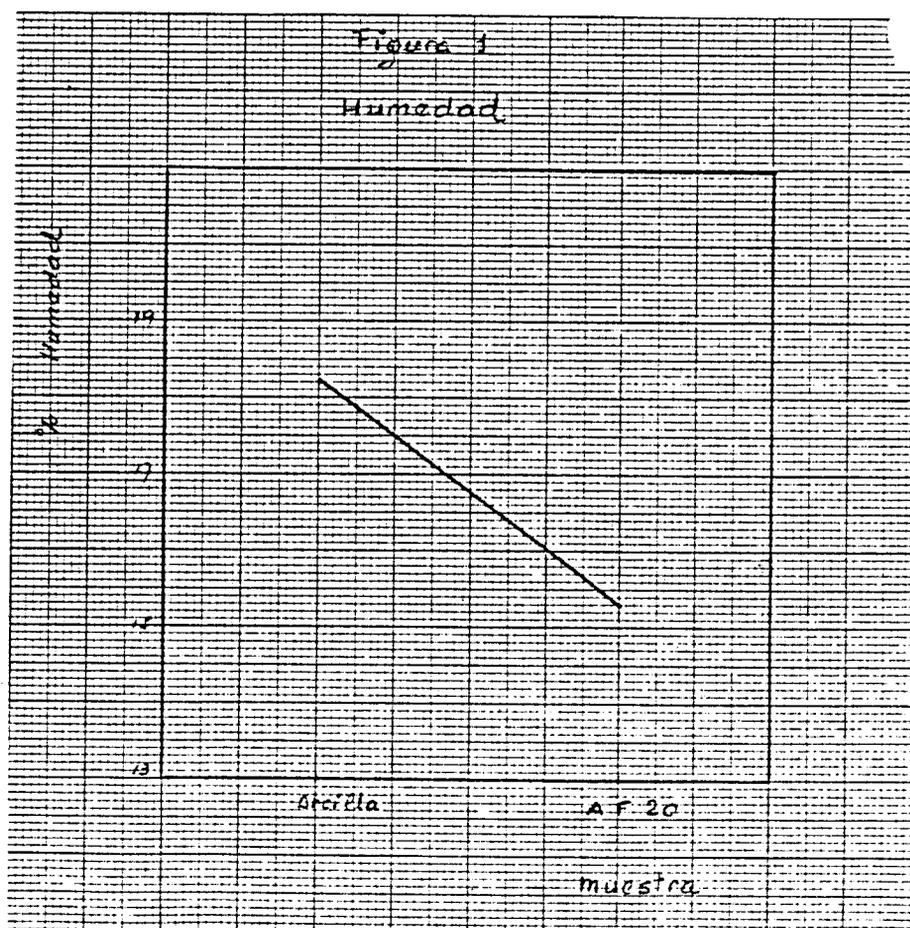
La muestra, tomada de la misma forma que para los menudos, dió un valor del 15,3%, de donde se deduce que cuando se adicionan estériles es necesario una menor humedad que cuando se usa arcilla sola, Figura 1. Esto era previsible puesto que en las pruebas de los menudos las humedades adecuadas eran más pequeñas. La razón de ello estriba en que los estériles absorben el agua en una cantidad mucho menor que las arcillas, lo cual se puede comprobar en los mismos a la salida de los lavaderos, observándose que el agua que poseen es superficial, no estando dentro del material.

Por otra parte también se acercan los límites de operabilidad, es decir, el intervalo de humedad en el que se puede trabajar es más pequeño que en el caso de las arcillas, al pasar más rápidamente a un estado semilíquido, lo cual indica que es conveniente el establecimiento de un control de la humedad, análogamente a como se estimaba para los menudos.

La preparación de la pasta de esta mezcla con dicha humedad no presentó problemas ya que la misma poseía suficiente plasticidad para la ligazón del material.

La fabricación de las probetas en la extrusora, trabajando con vacío, no produjo calentamiento en el molde y no presentó inconvenientes ya que la pastilla salía sin dificultades, con ausencia de grietas, aristas vivas, buena textura, corte fácil y una buena cohesión.

En cuanto al color se observó un tono más oscuro debido a la presencia de los estériles, como se puede ver en la Foto Nº 1.



Una vez fabricadas las probetas se secaron en el secadero industrial de la fábrica.

En cuanto a la retracción en el secado se hicieron al igual que en las muestras anteriores una marca de 10 cm que fué - medida después de seca y cuyos resultados se reflejan en el Cuadro VII.

C U A D R O VII
Muestra A - 20
Retracción en el secado

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimensiones (mm)</u>		<u>%</u> <u>Retracción</u>
	<u>Humedad</u>	<u>Seca</u>	
1	100	94,8	5,2
2	100	94,9	5,1
3	100	94,8	5,2
4	100	94,8	5,2
5	100	94,8	5,2
6	100	94,9	5,1
7	100	94,8	5,2
8	100	94,9	5,1
9	100	94,9	5,1
10	100	95,0	5,0
11	100	95,0	5,0
12	100	94,8	5,2
13	100	94,9	5,1
14	100	94,9	5,1
15	100	94,9	5,1
16	100	94,9	5,1
17	100	95,0	5,0
18	100	95,0	5,0
19	100	95,0	5,0
20	100	94,9	5,1
21	100	94,8	5,2
22	100	94,8	5,2
23	100	95,0	5,0
24	100	94,9	5,1
25	100	94,9	5,1
26	100	94,9	5,1
27	100	94,9	5,1
28	100	95,0	5,0
29	100	95,0	5,0
MEDIA			5,1

De dicho cuadro se deduce que:

- La media es del 5,1%
- La adición de estériles a las arcillas en un 20% implica una disminución de la retracción en el secado ya que la de éstas es del 6,2%, como se vé en la Fig. 2.
- Con la adición de estériles de finos en un 20% no se consigue la retracción lograda cuando se usan los menudos solos.

Se verificó que no hubo probetas rotas ni por manipulación ni por secado. Tampoco se observó la aparición de grietas. Además se comprobó que la textura seguía siendo buena, al igual que su cohesión.

El color de las probetas una vez secas es beige pajizo, como se puede ver en la Foto N° 2.

En cuanto a la resistencia en seco no existe un corte claro en la carga que la permita determinar con exactitud, al igual que sucedía en la muestra anterior.

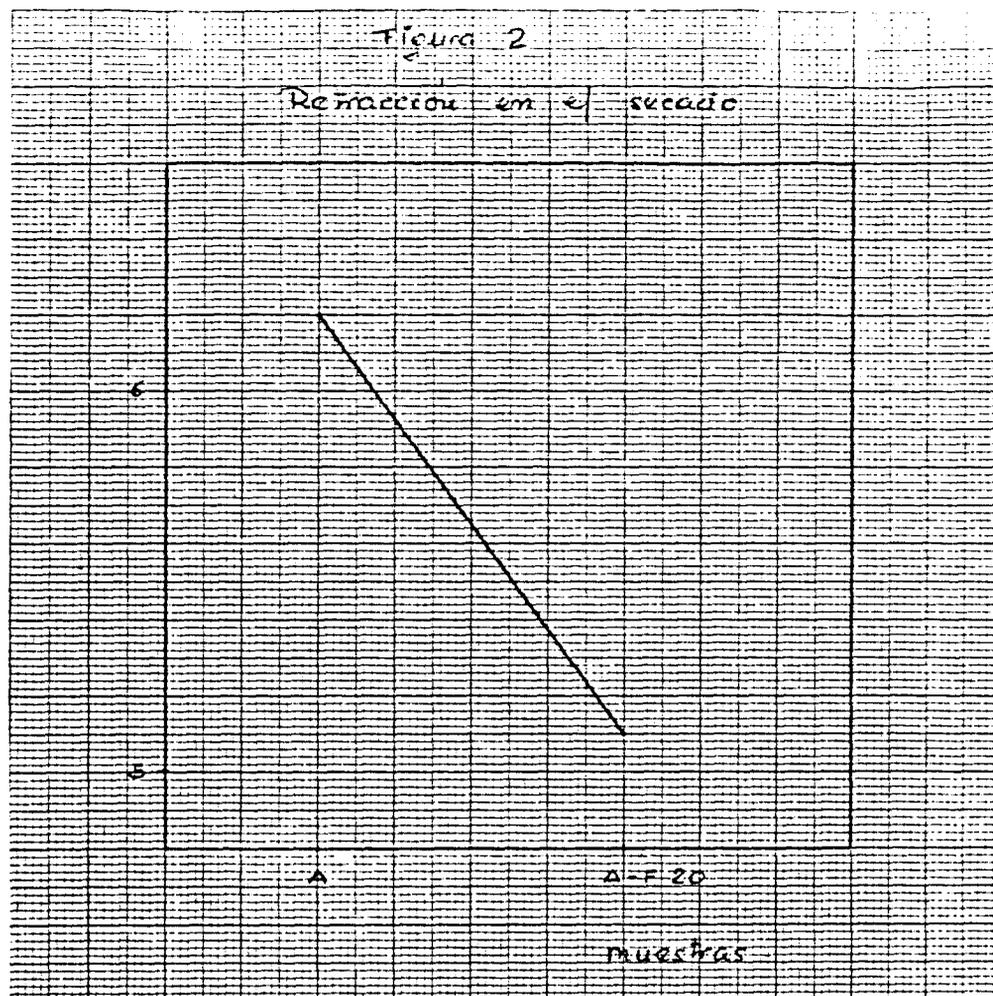
A continuación se cocieron en mufla siguiendo la curva del procedimiento francés hasta llegar a 1.025 °C y cuyo detalle de aumento de temperatura ya se especificó en las pruebas realizadas con los menudos.

En la Foto N° 3 se pueden ver las probetas cocidas. Como se puede ver no ha aparecido grieta alguna y el acabado es bueno.

El color adquiere una tonalidad roja más clara que en el caso de las arcillas.

El sonido es más metálico en este caso que en el de las ar

cillas, aunque no es totalmente perfecto.



Para la retracción en la cocción se ha medido la marca hecha en las probetas una vez efectuado el proceso, siendo los resultados los dados en el Cuadro VIII del cual se deduce que:

- La retracción media sobre muestra seca es del 1,5%.
- La retracción media sobre muestra húmeda es del 6,6%
- Existen variaciones en cuanto a los valores en la retracción.
- La retracción sobre muestra seca en comparación con la de arcilla sola se mantiene prácticamente constante, sin embargo en el caso de sobre muestra húmeda sigue siendo menor, como consecuencia de la disminución de retracción

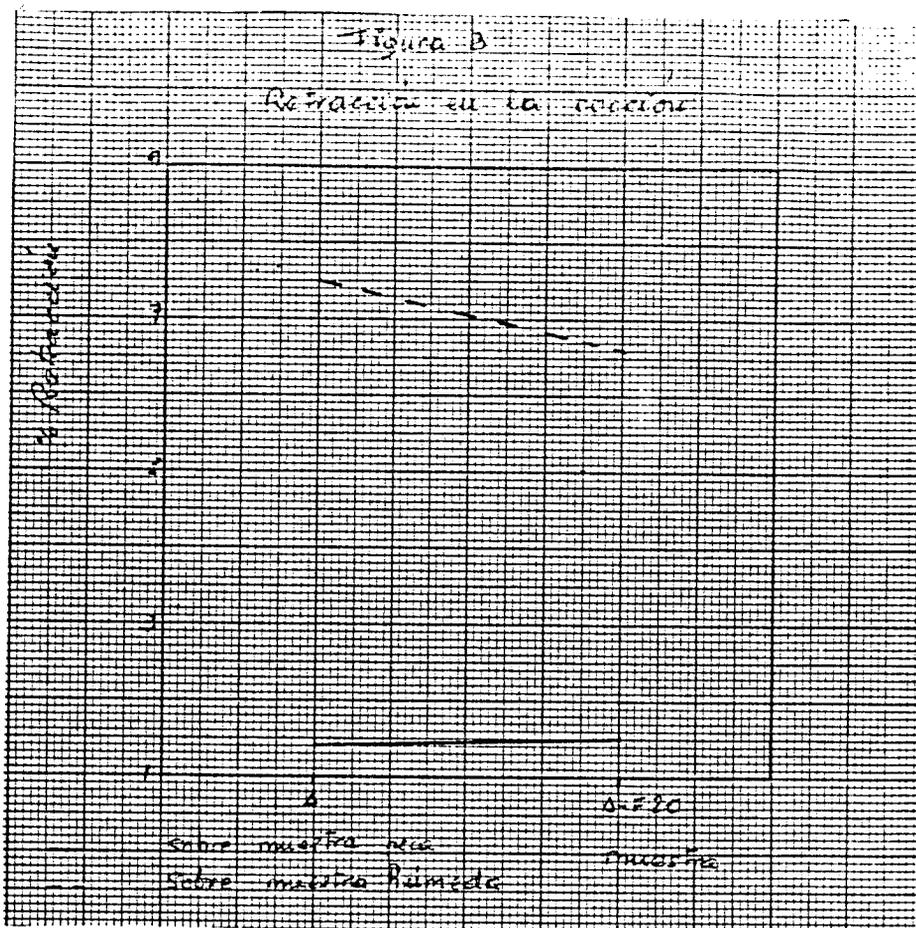
existente en el secado Fig. 3.

C U A D R O VIII

Muestra A - F 20

Retracción en la cocción

<u>Probeta Número</u>	<u>Medida (mm) cocida</u>	<u>% Retracción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>
2	93,70	6,3	1,5
3	93,50	6,5	1,4
4	93,00	7,0	1,9
5	93,10	6,9	1,8
6	93,10	6,9	1,9
7	93,20	6,8	1,7
8	93,20	6,8	1,8
9	93,30	6,7	1,7
11	93,40	6,6	1,7
13	93,40	6,6	1,6
14	93,80	6,2	1,2
15	92,90	7,1	2,1
16	92,90	7,1	2,1
17	93,60	6,4	1,5
19	93,70	6,3	1,4
21	94,00	6,0	0,8
22	94,00	6,0	0,8
24	93,80	6,2	1,2
25	93,50	6,5	1,5
26	93,60	6,4	1,4
29	93,60	6,4	1,5
MEDIA		6,6	1,5



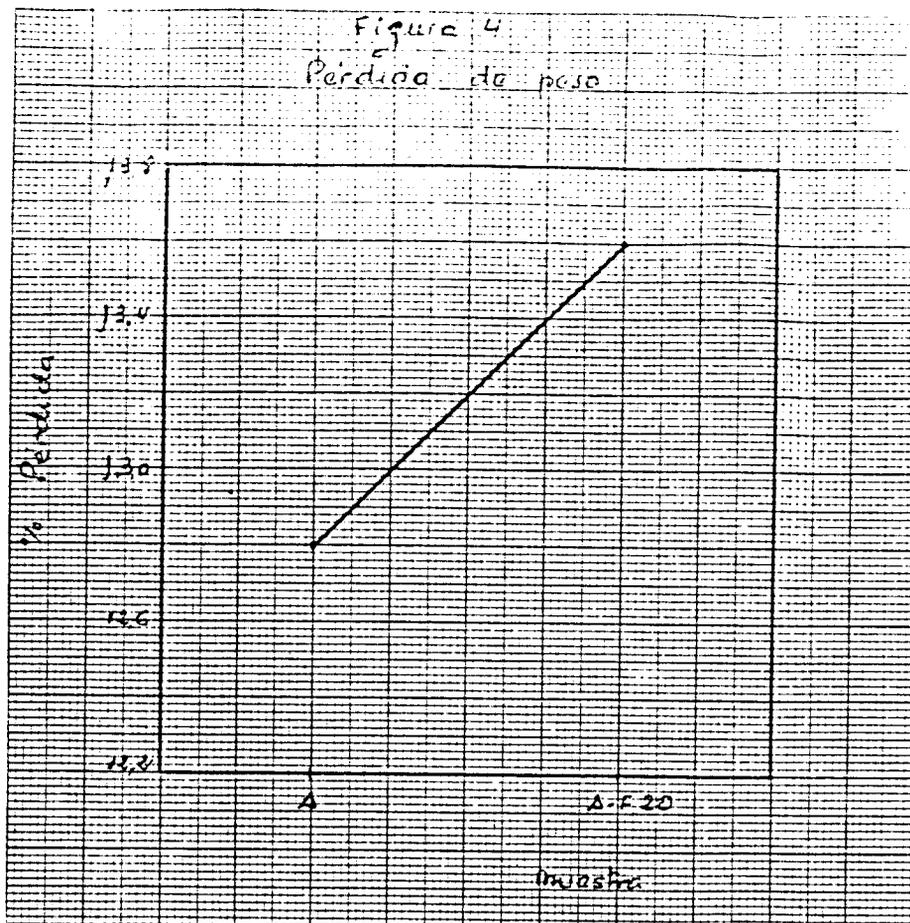
Por otra parte se ha observado una pérdida de peso en las probetas cocidas como se puede deducir de los resultados que figuran en el Cuadro IX y del cuál se sacan las conclusiones siguientes:

- La pérdida de peso media es del 13,6%.
- Los valores están dentro de unos límites muy cercanos.
- La pérdida media ha aumentado con respecto a la de la arcilla sola, Fig. 4, como consecuencia del contenido en carbón de los estériles.

En cuanto a la resistencia a la compresión, los datos se reflejan en el Cuadro X.

C U A D R O IXMuestra A - F - 20Perdida de peso en la cocción

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Peso (S)</u>		<u>% Pérdida</u>
	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	
2	85,57	74,12	13,4
3	85,18	73,66	13,5
4	85,29	73,78	13,5
5	86,40	74,73	13,5
6	85,62	74,25	13,3
7	84,82	73,36	13,5
8	85,73	74,10	13,6
9	86,61	74,86	13,6
11	85,13	73,52	13,6
13	87,30	75,20	13,9
14	87,64	75,56	13,8
15	88,19	76,03	13,8
16	87,15	75,21	13,7
17	86,27	74,54	13,6
19	85,66	74,01	13,6
21	86,66	74,83	13,7
22	87,14	75,30	13,6
24	87,50	75,46	13,8
25	86,55	74,74	13,6
26	87,92	75,92	13,6
29	87,36	75,29	13,8
MEDIA			13,6



CUADRO X

Muestra A - F. 20

Resistencia a la compresión

<u>Probeta número</u>	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Superficie cm²</u>	<u>Carga rotura Kg.</u>	<u>Resistencia Kg/cm²</u>
2	11,34	2,44	27,67	11.050	399
4	11,22	2,44	27,38	10.150	375
6	11,37	2,43	27,63	11.350	411
8	11,25	2,44	27,45	7.250	264
11	11,11	2,45	27,22	8.700	320
14	11,43	2,45	28,00	9.350	334
16	11,36	2,45	27,83	6.750	243
19	11,20	2,46	27,55	8.815	320
22	11,30	2,45	27,68	7.400	267
24	11,42	2,45	27,98	9.150	327
26	11,40	2,45	27,93	9.900	354
MEDIA					328

De este cuadro se deduce que:

- La media de la resistencia a compresión de las probetas cocidas es 328 Kg/cm².
- Los valores están bastante dispersos ya que la diferencia entre los valores extremos y la media es mayor que el 25%, análogamente a como sucedía en el caso de las arcillas.
- La resistencia con respecto a la de las probetas de arcilla disminuyó, aunque no en una cantidad considerable.

Respecto a la absorción, los valores se recogen en el Cuadro XI.

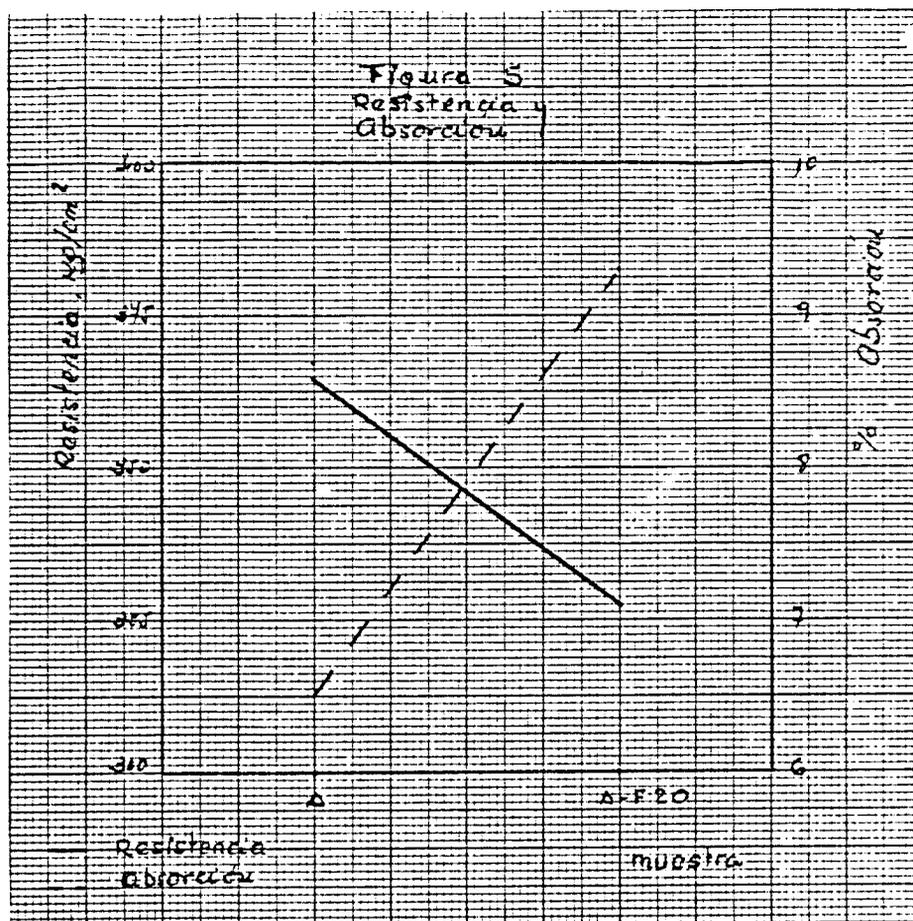
C U A D R O X I
Muestra A - F 20
Absorción

<u>Probeta</u> <u>número</u>	<u>Peso (S)</u>		<u>%</u> <u>Absorción</u>
	<u>Antes</u>	<u>Después</u>	
3	38,66	41,71	7,9
7	39,47	42,73	8,3
9	37,10	40,23	8,4
13	38,50	42,71	10,9
17	35,51	39,36	10,8
25	42,94	47,00	9,5
29	41,84	45,66	9,1
MEDIA			9,3

De este se deduce, entre otras, que:

- El valor medio es del 9,3%
- Los valores están dispersos, siendo algunos, relativamente altos, mayor de 10, lo cual puede ser debido a la existencia de alguna grieta.

- Comparándolos con las de las muestras de arcilla se observa que ha aumentado, Fig. 5, concordando así con el resto de datos, tales como la resistencia y la pérdida de peso.



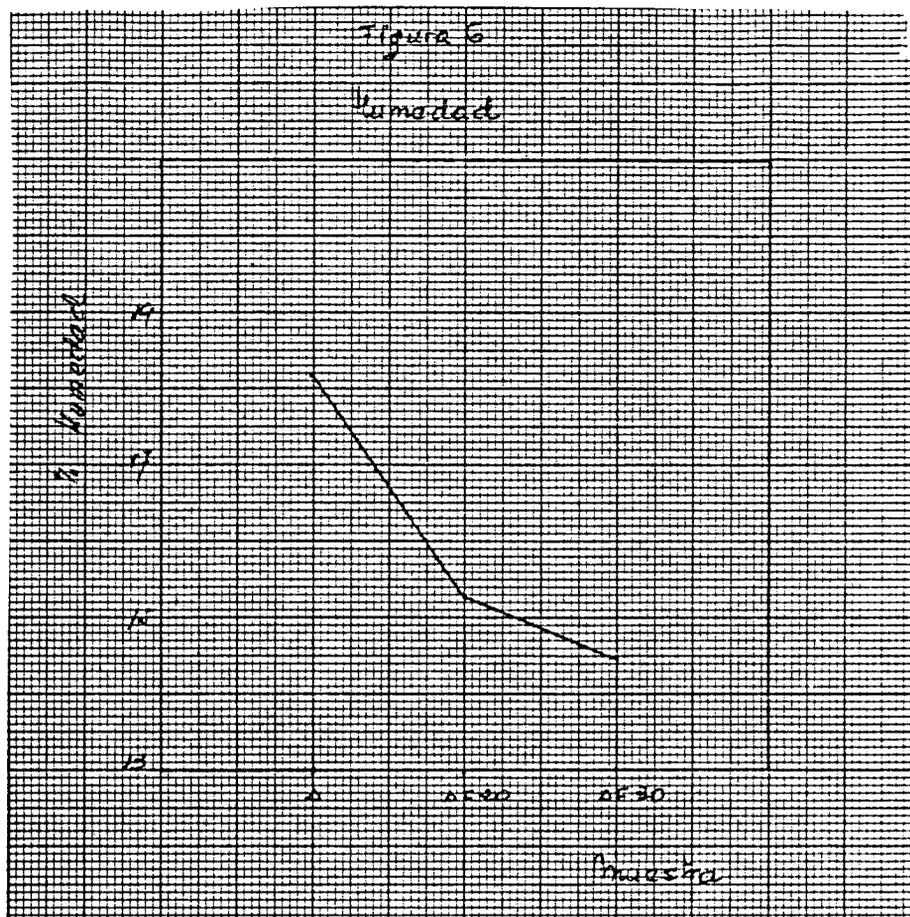
5.3.3 - Mezcla de arcilla y 30% de estériles de finos (A -F 30)

En este caso se ha mezclado arcilla y estériles de finos en una proporción en peso del 70 y 30%, respectivamente.

Al igual que en la muestra anterior y por las razones aducidas en la misma, los estériles se han añadido sin efectuar ningún tipo de molienda con ellos.

Por tanto, una vez mezclados homogéneamente los dos materiales se adicionó agua para conseguir la humedad adecuada. La

muestra tomada a este efecto dió un valor del 14,5%, es decir, menor que en los dos casos precedentes, de donde se deduce que a medida que se aumenta la cantidad de estériles - de finos se produce una disminución de la humedad, como se puede ver en la Fig. 6, lo cual era de preveer.



Asímismo, también se observa en esta prueba que el intervalo de humedad operable se reduce con respecto al de la arcilla.

La preparación de la pasta con los porcentajes mencionados anteriormente con dicha humedad no presentó problemas ya que la misma poseía suficiente plasticidad para la ligazón del material.

Por otra parte, la fabricación de probetas en la extrusora, trabajando con y sin vacío, tampoco produjo calenta-

miento en el molde ni inconvenientes ya que la pastilla salía sin dificultades, con ausencia de grietas, aristas vivas, buena textura, corte fácil y buena cohesión.

En cuanto al calor se observó un tono más oscuro que en el caso anterior debido a la adición de un mayor porcentaje de estériles, como se puede ver en la Foto Nº 1.

Una vez fabricadas las probetas se secaron, asimismo, en el secadero industrial de la fábrica.

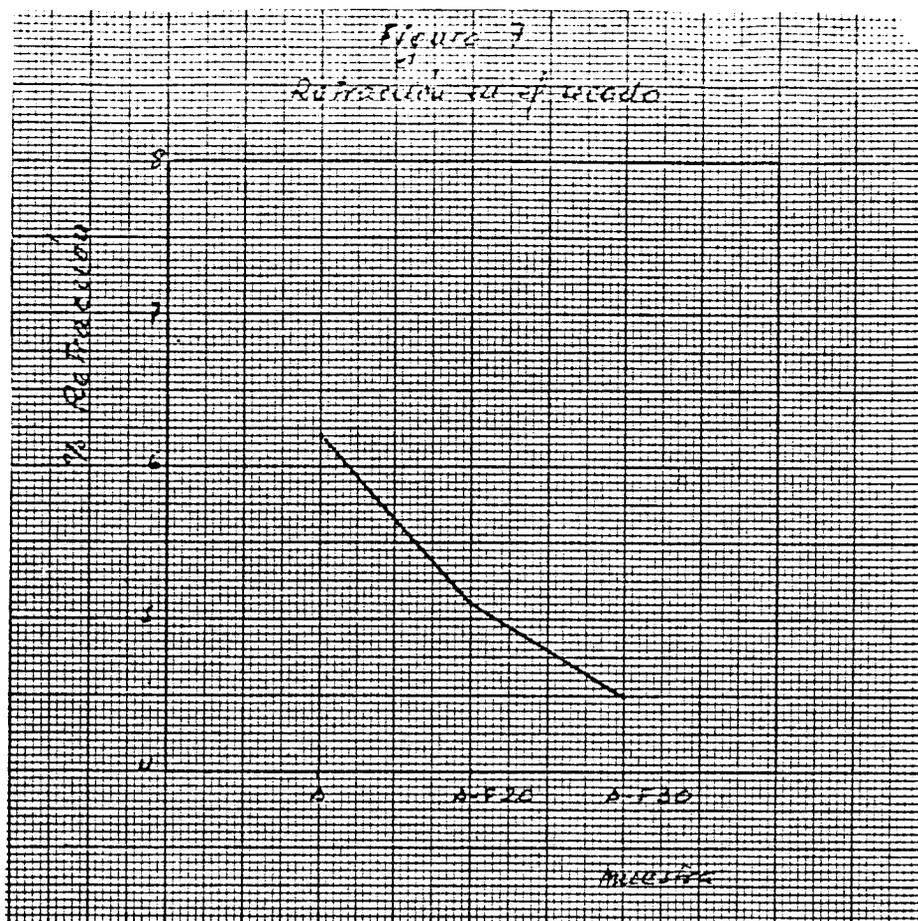
Respecto a la contracción en el secado se usó el procedimiento indicado para las muestras anteriores y cuyos resultados se reflejan en el Cuadro XII, del cuál y de la Fig. 7, se desprende que:

- La retracción lineal media por secado es del 4,5% .
- A medida que se aumenta el porcentaje de estériles de finos a la arcilla se disminuye la retracción en el secado, lo cual era de esperar por las razones ya aducidas.
- Con la adición de estériles de finos hasta un 30% no se consigue la retracción lograda cuando se usan los menudos solos.

Se comprobó que no hubo roturas ni por manipulación ni por secado, así como no se observó la aparición de grietas y se verificó que la textura seguía siendo buena al igual que su cohesión.

C U A D R O X I IMuestra A - F 30Retracción en el secado

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimensiones (mm)</u>		<u>%</u> <u>Retracción</u>
	<u>Humedad</u>	<u>Seca</u>	
1	100	95,7	4,3
2	100	95,7	4,3
3	100	95,3	4,7
4	100	95,3	4,7
5	100	95,4	4,6
6	100	95,5	4,5
7	100	95,4	4,6
8	100	95,6	4,4
9	100	95,7	4,3
10	100	95,7	4,3
11	100	95,5	4,5
12	100	95,3	4,7
13	100	95,4	4,6
14	100	95,4	4,6
15	100	95,5	4,5
16	100	95,6	4,4
17	100	95,6	4,4
18	100	95,7	4,3
19	100	95,7	4,3
20	100	95,3	4,7
21	100	95,7	4,3
22	100	95,4	4,6
23	100	95,5	4,5
24	100	95,6	4,4
25	100	95,7	4,3
26	100	95,7	4,3
27	100	95,7	4,3
28	100	95,3	4,7
MEDIA			4,5



El color de las probetas una vez secas se oscurece con respecto al anterior como consecuencia del mayor porcentaje adicionado de estériles, según se puede apreciar en la Foto Número 2.

En cuanto a la resistencia en seco tampoco en este caso existe un corte claro en la lectura que permita determinarlo con exactitud.

A continuación, y al objeto de estimar las características a diferentes temperaturas y efectuar las correspondientes comparaciones, una parte se coció en mufla siguiendo la curva del procedimiento francés hasta llegar a 1.025°C y otra en el horno industrial, para lo cuál se aumentó la temperatura de la forma indicada en la prueba de la arcilla.

En las Fotos Nros. 3 y 4 se pueden ver las probetas cocidas, donde se comprueba que no han aparecido grietas y que su textura es buena.

En cuanto al color es de una tonalidad rojo-marrón.

El sonido, evidentemente es más metálico en las cocidas a mayor temperatura.

En las cocidas en el horno industrial a 920 °C ha aparecido "corazón negro", como se puede ver en la Foto N° 5 donde figuran éstas y las cocidas a 1.025 °C (ausencia de dicho núcleo) debido a las razones ya apuntadas en las pruebas de menudos y que en resumen es la falta de una combustión total - del carbón que contienen los estériles.

Para la determinación de la retracción en la cocción se ha - medido la marca hecha en las probetas una vez efectuado el - proceso, siendo los resultados los dados en el Cuadro XIII.

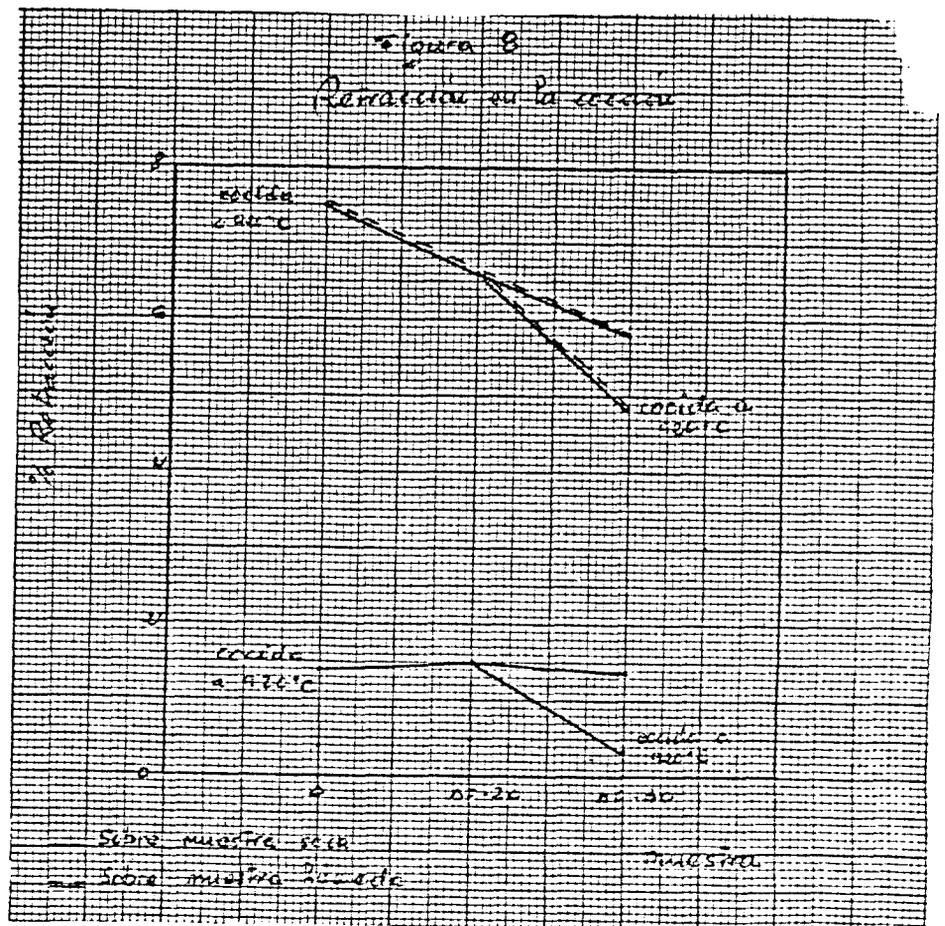
La retracción sobre muestra seca se ha calculado a partir - del valor medio de la marca obtenida en las medidas de la retracción para el secado.

Asimismo las cocidas a 920 °C en horno industrial se han dividido en dos: las hechas con vacío, a las que se les ha añadido la letra V y las realizadas sin vacío a las que se les añadió las letras SV.

De dicho cuadro se deduce que:

- Las retracciones medias sobre muestra seca en la cocción - son 1,35 y 0,3 para las cocidas a 1.025 y 920 °C, respectivamente, mientras que sobre muestra húmeda son 5,8 y 4,8.

- A medida que aumenta la temperatura crece, como es lógico, la retracción en la cocción.
- No existe diferencia alguna entre las probetas realizadas con y sin vacío.
- No existe prácticamente variación en la retracción por cocción sobre muestra seca entre arcilla cocida a 920 °C en horno industrial y las mezclas de arcilla y estériles de finos en las proporciones del 20 y 30% cocidas en mufla a 1,025 °C; como se puede ver en la Fig. 8.
- Sobre muestra húmeda la retracción disminuye a medida que aumenta el porcentaje de estériles debido a la menor retracción en el secado de éstos.
- La retracción en la cocción de las mezclas de arcilla y estériles de finos al 30% es menor que en el caso de la arcilla sola, cocidas ambas en horno industrial a 920 °C, debido a que a esa temperatura y curva de cocción no se produce la combustión total del carbón.



C U A D R O XIIIMuestra A - F 30Retracción en la cocción

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Medida (mm)</u> <u>cocida</u>	<u>% Retracción sobre:</u>		
			<u>Húmeda</u>	<u>seca</u>	
1.025	3	94,30	5,7	1,3	
	6	94,30	5,7	1,3	
	7	94,30	5,7	1,3	
	8	94,40	5,6	1,2	
	11	94,15	5,85	1,4	
	12	94,15	5,85	1,4	
	13	94,10	5,9	1,5	
	14	94,25	5,75	1,3	
	15	94,00	6,00	1,6	
	16	94,10	5,9	1,5	
	17	94,10	5,9	1,5	
	18	94,40	5,6	1,2	
	19	94,00	6,0	1,6	
	22	94,85	5,15	0,7	
	23	94,40	5,6	1,2	
	24	93,95	6,05	1,6	
	25	94,00	6,00	1,6	
	26	93,80	6,2	1,8	
	27	94,55	5,45	1,0	
	28	94,50	5,5	1,0	
MEDIA			5,8	1,35	
920	1V	95,3	4,7	0,2	
	2V	95,05	4,95	0,5	
	6V	95,2	4,8	0,3	
	7V	95,15	4,85	0,4	
	8V	95,4	4,6	0,1	
	9V	95,4	4,6	0,1	
	10V	95,0	5,0	0,5	
	11V	95,1	4,9	0,4	
	12V	95,25	4,75	0,3	
	MEDIA			4,8	0,3
		3SV	94,9	5,1	0,6
		4SV	95,2	4,8	0,3
	5SV	95,0	5,0	0,5	
	14SV	95,4	4,6	0,1	
	16SV	95,4	4,6	0,1	
MEDIA			4,8	0,3	
<u>MEDIA TOTAL</u>			4,8	0,3	

Las pérdidas de peso en estas muestras figuran en el Cuadro XIV.

C U A D R O XIV

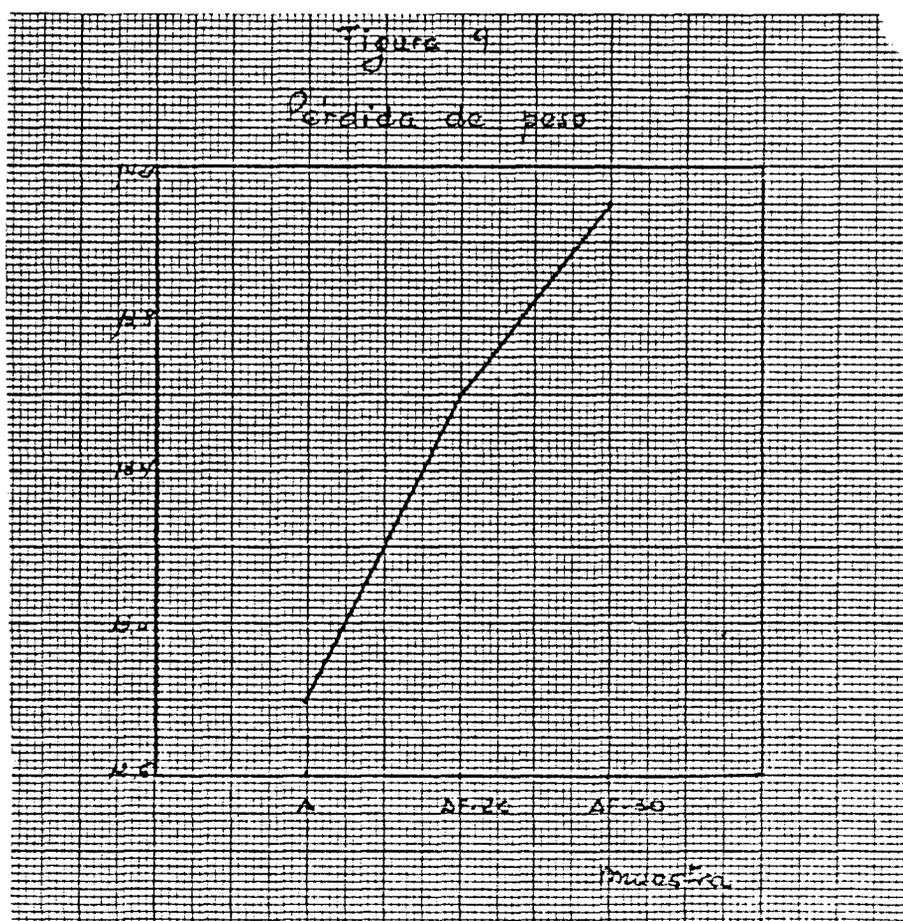
Muestra A - F 30

Pérdida de peso

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Peso (S)</u>		<u>% Pérdida</u>	
		<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>		
1.025	2	88,23	75,83	14,1	
	6	87,53	75,24	14,0	
	7	88,33	75,89	14,1	
	8	88,56	76,09	14,1	
	11	87,51	75,17	14,1	
	12	88,62	76,14	14,1	
	13	87,58	75,19	14,2	
	14	87,35	74,97	14,2	
	15	88,63	76,02	14,1	
	16	87,35	74,94	14,2	
	17	87,85	75,43	14,1	
	18	87,76	75,34	14,2	
	19	88,22	75,79	14,1	
	22	87,42	75,19	14,0	
	23	88,27	75,87	14,0	
	24	89,40	76,74	14,2	
	25	87,76	75,37	14,1	
	26	88,62	76,08	14,2	
	27	89,92	77,14	14,2	
	28	88,60	75,96	14,3	
		MEDIA			14,1
	920	1V		74,70	
		2V		74,70	
		6V		74,27	
		7V		73,72	
		8V		73,77	
		9V		74,01	
		10V		73,27	
11V			73,84		
12V			72,13		
35V			74,41		
45V			74,06		
55V			74,85		
135V			73,07		
145V			74,25		
165V			71,81		

De este se desprende que:

- El valor medio para las probetas cocidas a 1,025 °C en horno mufla es del 14,1%.
- Los valores están dentro de unos límites muy cercanos.
- Al no disponerse de datos del peso en seco para las probetas cocidas a 920 °C en horno industrial, no se conoce su valor medio, no obstante por los pesos de las probetas cocidas se deduce que será algo superior.
- Comparándolo con el resto de las muestras se observa — que la pérdida de peso ha aumentado como se puede ver — en la Fig. 9, lo cual era de esperar ya que el % de este les es mayor en este caso.



En cuanto a la resistencia a la compresión los datos se enumeran en el Cuadro XV, del cuál se deduce que:

- Los valores medios son 295 y 284 Kg/cm² para las probetas cocidas a 1.025 °C en horno mufla y 920 en horno industrial, respectivamente. Para el cálculo de los mismos no se han tenido en cuenta los valores señalados con un asterisco.
- Los valores, al igual que en las muestras anteriores están bastante dispersos.
- Los valores de ambas medias son similares, aunque un poco superior en el caso de la mezcla.

C U A D R O X V

Muestra A F - 30

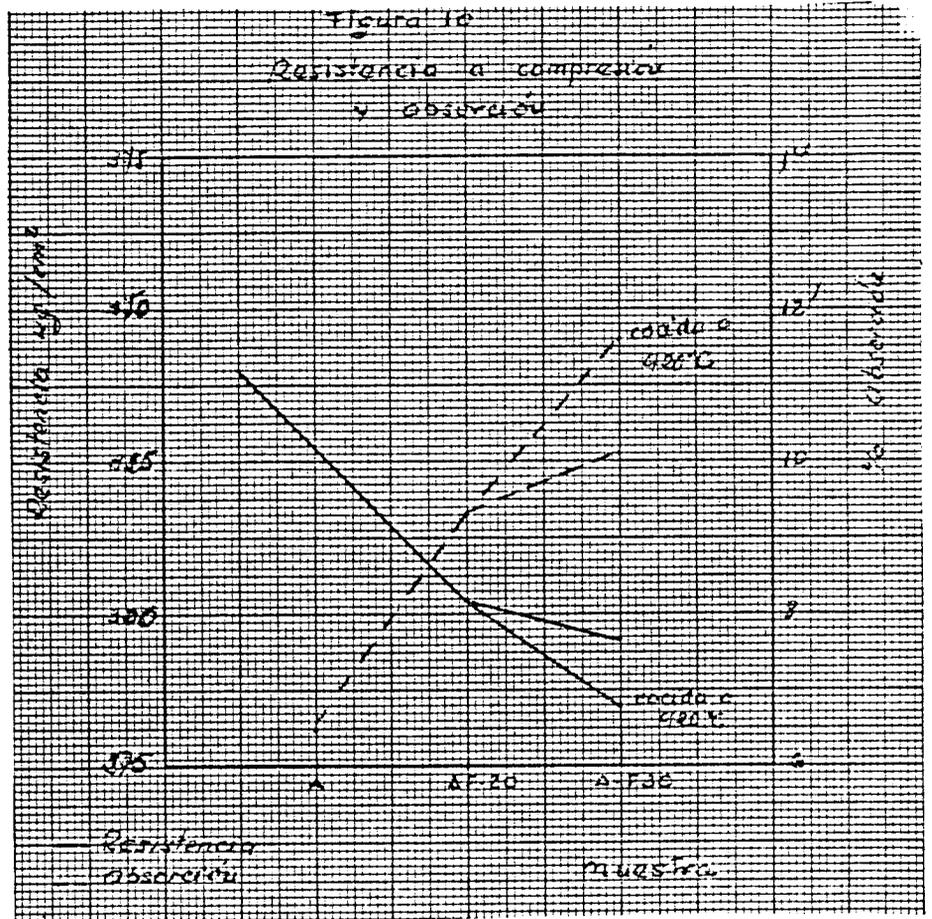
Resistencia a la compresión

<u>Temperatura</u> °C	<u>Probeta</u> Número	<u>Dimensiones (cm)</u>		<u>cm²</u> Superficie	<u>Carga</u>	<u>Resistencia</u> Kg/cm ²	
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>		<u>rotura</u> Kg		
1.025	6	11,34	2,46	27,90	9.350	335	
	8	11,40	2,47	28,16	8.200	291	
	12	11,45	2,46	28,18	8.300	295	
	14	11,37	2,46	27,98	5.000	179 (*)	
	16	11,34	2,47	28,02	8.000	296	
	18	11,36	2,46	27,89	7.000	251	
	22	11,42	2,47	28,21	9.350	331	
	24	11,54	2,48	28,62	7.050	246	
	26	11,42	2,45	28,04	9.900	353	
	28	11,40	2,48	28,27	7.500	265	
		MEDIA					296
920	2V	11,28	2,50	28,20	8.100	287	
	7V	11,22	2,49	27,93	7.300	261	
	9V	11,27	2,49	28,06	5.400	192 (*)	
	11V	11,30	2,50	28,30	8.950	316	
		MEDIA					288
	3SV	11,29	2,49	28,11	8.100	288	
	5SV	11,34	2,47	28,01	8.700	311	
	14SV	11,32	2,50	28,30	6.800	240	
	MEDIA					280	
	MEDIA TOTAL					284	

(*) No tenidas en cuenta para el cálculo de la media.

arcilla con estériles de finos

- En comparación con las muestras anteriores se observa que la resistencia ha disminuido, como puede verse en la Fig. Nº 10.
- No existe variación importante de la resistencia entre las probetas fabricadas con y sin vacío.



En cuanto a la absorción, los datos figuran en el Cuadro - XVI.

C U A D R O X V I

Muestra A F - 30

Absorción

<u>Temperatura</u>	<u>Probeta Número</u>	<u>Peso (S)</u>		<u>% Absorción</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>	
1.025	3	45,79	50,00	9,2
	7	43,21	47,23	9,3
	11	39,72	43,48	9,5
	13	37,70	41,38	9,8
	19	38,62	42,38	9,7
	23	41,11	45,65	11,0
	25	40,49	45,06	11,3
	27	44,05	48,92	11,1
		MEDIA		
920	6V	36,95	41,10	11,2
	8V	41,47	46,28	11,6
	12V	38,42	42,92	11,7
	13SV	35,76	40,04	12,0
	4SV	39,19	43,61	11,3
		MEDIA		

De dicho Cuadro se deduce que:

- Los valores medios son 10,1 y 11,6% para las probetas cocidas a 1.025 °C en horno mufla y 920 °C en horno industrial, respectivamente.
- En las cocidas a 1.025 °C se observa dos grupos claramente diferenciados, lo cual no parece tener una explicación adecuada, a menos que tuvieran grietas muy finas.
- En los valores, considerando dichos grupos separados, no tienen la misma dispersión que en las muestras anteriores.
- No existe variación entre las probetas hechas con y sin vacío.

- La absorción es mayor en el caso de las cocidas en horno industrial, concordando así con las resistencias obtenidas.
- En comparación con las muestras anteriores ha aumentado, como se puede ver en la Fig. 10, coincidiendo con la menor resistencia presentada.

Por otra parte, la densidad aparente de las probetas cocidas a 1,025 °C en horno mufla se deduce de los datos del Cuadro XVII.

C U A D R O X V I I

Muestra A F - 30

Densidad aparente

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Alto</u> <u>cm</u>	<u>Volumen</u> <u>cm³</u>	<u>Peso</u>	<u>Densidad</u> <u>/cm³</u>
6	27,9	1,43	39,897	75,24	1,88
7	28,06	1,44	40,405	75,89	1,88
8	28,16	1,44	40,550	76,09	1,88
11	27,92	1,44	40,206	75,17	1,87
12	28,18	1,43	40,297	76,14	1,89
13	28,02	1,45	40,628	75,19	1,85
14	27,98	1,45	40,571	74,97	1,85
15	28,17	1,43	40,279	76,02	1,89
16	28,02	1,44	40,399	74,94	1,86
17	28,09	1,44	40,454	75,49	1,87
18	27,89	1,44	40,162	75,34	1,88
19	28,24	1,44	40,667	75,79	1,86
22	28,21	1,46	41,187	75,19	1,83
23	28,16	1,47	41,392	75,87	1,83
24	28,62	1,44	41,213	76,74	1,86
25	28,01	1,45	40,614	75,37	1,85
26	28,04	1,45	40,658	76,08	1,87
27	28,65	1,47	42,118	77,14	1,83
28	28,27	1,46	41,274	75,96	1,84
MEDIA					1,86

5.3.4 - Mezcla de arcilla y 40% de estériles de finos (A-F 43)

En esta prueba se ha mezclado arcilla y estériles de finos en una proporción en peso del 60 y 40% respectivamente.

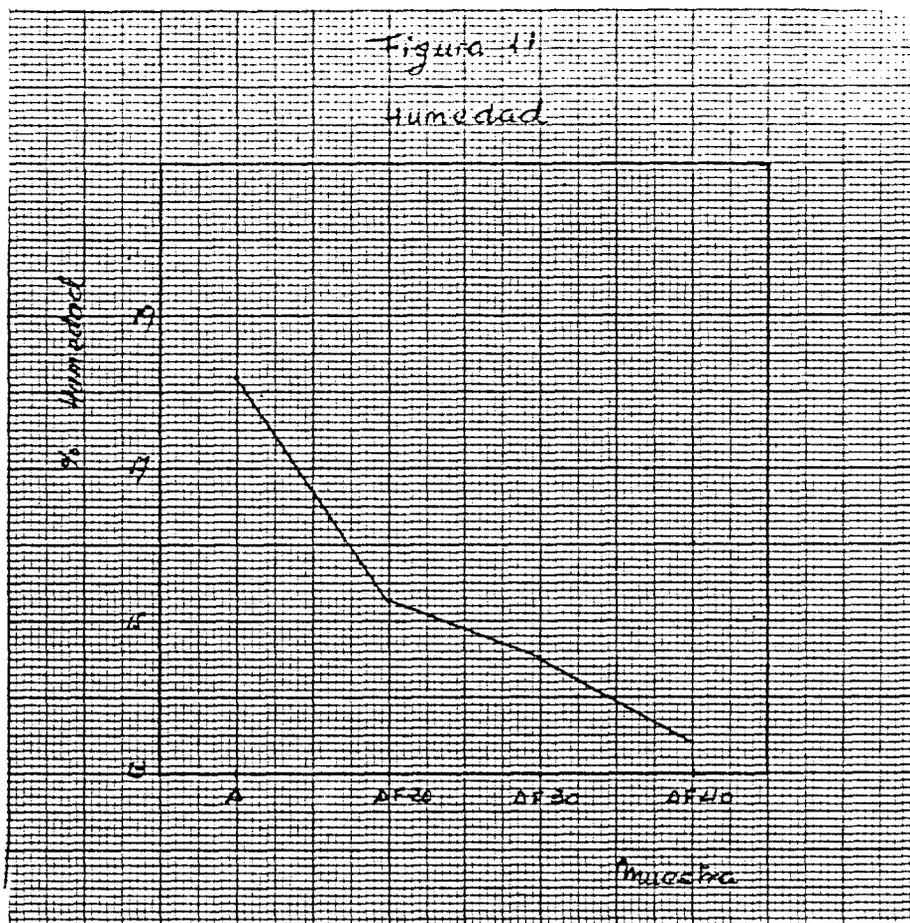
Análogamente a como se hizo en las muestras anteriores, los estériles se han añadido sin efectuar ningún tipo de molienda con ellas.

Por tanto, una vez mezclados homogéneamente los dos materiales se adicionó agua para conseguir la humedad adecuada. La muestra tomada a este efecto dió un valor del 13,5%, es decir, menor que en los dos casos precedentes, donde se deduce que a medida que se aumenta la cantidad de estériles de finos se produce una disminución de la humedad, como se puede ver en la Fig. 11, lo cual era de preveer.

Asimismo, también se observa en esta prueba que el intervalo de humedad operable se reduce con respecto al de la arcilla.

La preparación de la pasta con los porcentajes mencionados anteriormente con dicha humedad no presentó problemas ya que la misma poseía suficiente plasticidad para la ligazón del material.

Por otra parte, la fabricación de probetas en la extrusora, trabajando con vacío, tampoco produjo calentamiento en el molde ni inconvenientes ya que la pastilla salía sin dificultades, con ausencia de grietas, aristas vivas, buena textura, corte fácil y buena cohesión.



En cuanto al color se observa un cambio hacia un tono — mas oscuro, como se puede ver en la Foto N° 1, similar — al de las probetas obtenidas en las pruebas de los menudos.

El secado se realizó en el secadero industrial de la fábrica.

La retracción lineal en el secado se hizo igual que en — las anteriores, y los datos se reflejan en el Cuadro — XVIII, del cuál y de la Fig. 12 se deduce que:

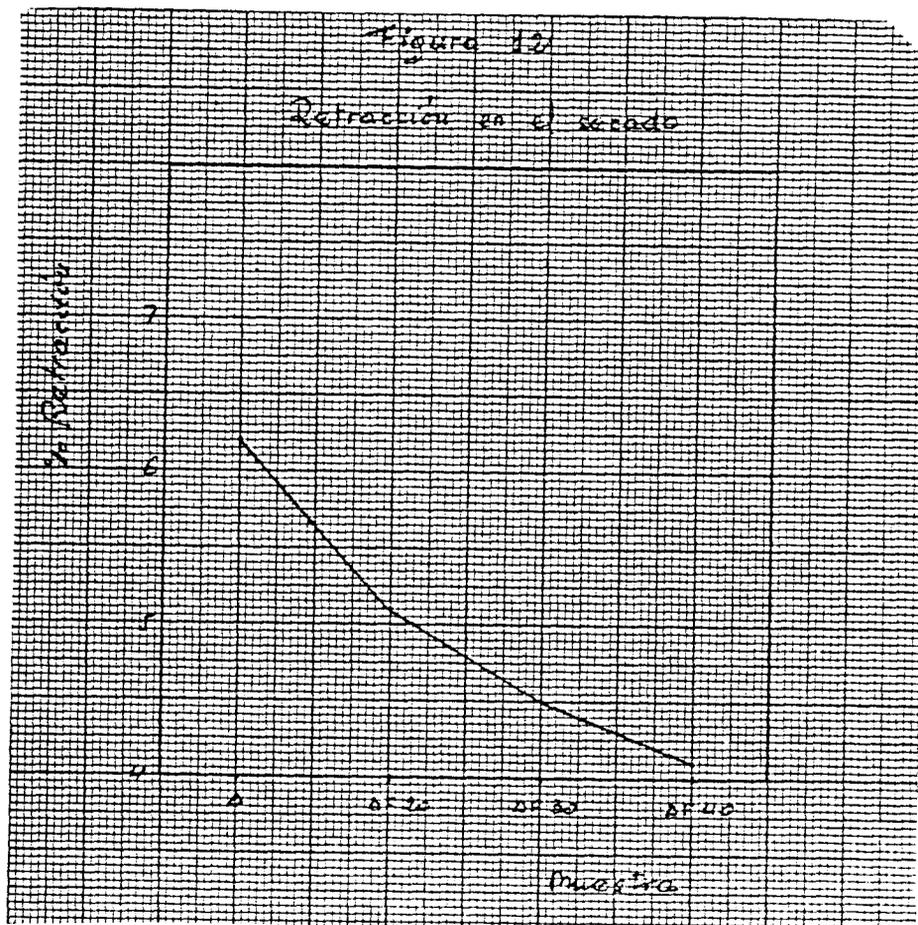
- La contracción media por secado es del 4,1%
- A medida que se aumenta el porcentaje de finos a la arcilla se disminuye la retracción en el secado, lo cual era de esperar, por las razones ya aducidas.

C U A D R O XVIII
Retracción en el secado
Muestra A F - 40

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Dimensiones (cm)</u>		<u>% Retracción</u>
	<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	
1	100	95,8	4,2
2	100	95,8	4,2
3	100	95,8	4,2
4	100	95,9	4,1
5	100	95,9	4,1
6	100	95,8	4,2
7	100	96,0	4,0
8	100	95,8	4,2
9	100	95,8	4,2
10	100	95,8	4,2
11	100	95,9	4,1
12	100	95,9	4,1
13	100	95,9	4,1
14	100	95,9	4,1
15	100	96,0	4,0
16	100	95,9	4,1
17	100	96,0	4,0
18	100	96,0	4,0
19	100	95,8	4,2
20	100	96,0	4,0
21	100	95,8	4,2
22	100	95,9	4,1
23	100	95,9	4,1
MEDIA			4,1

- Con la adición de estériles de finos hasta un 40% no -
se consigue la retracción lograda cuando se usan los -
menudos solos.

Se comprobó que no hubo roturas ni por manipulación ni -
por secado, así como no se apreció la aparición de grietas y se verificó que la textura seguía siendo buena al-
igual que su cohesión.



El color de las probetas una vez secas se oscurecen con respecto al anterior como consecuencia del mayor porcentaje adicionado de estériles, según se puede apreciar en la Foto Nº 2.

En la resistencia en seco tampoco en este caso existe un corte claro en la lectura que permita determinarla con exactitud.

La cocción se efectuó siguiendo la curva del procedimiento francés a 1,025 °C en un horno mufla aumentando la temperatura de la forma ya reseñada.

En la Foto Nº 4 se pueden ver las probetas cocidas, donde se comprueba que no han aparecido grietas y que su textura es buena, y que su color es de una tonalidad rojo-marrón.

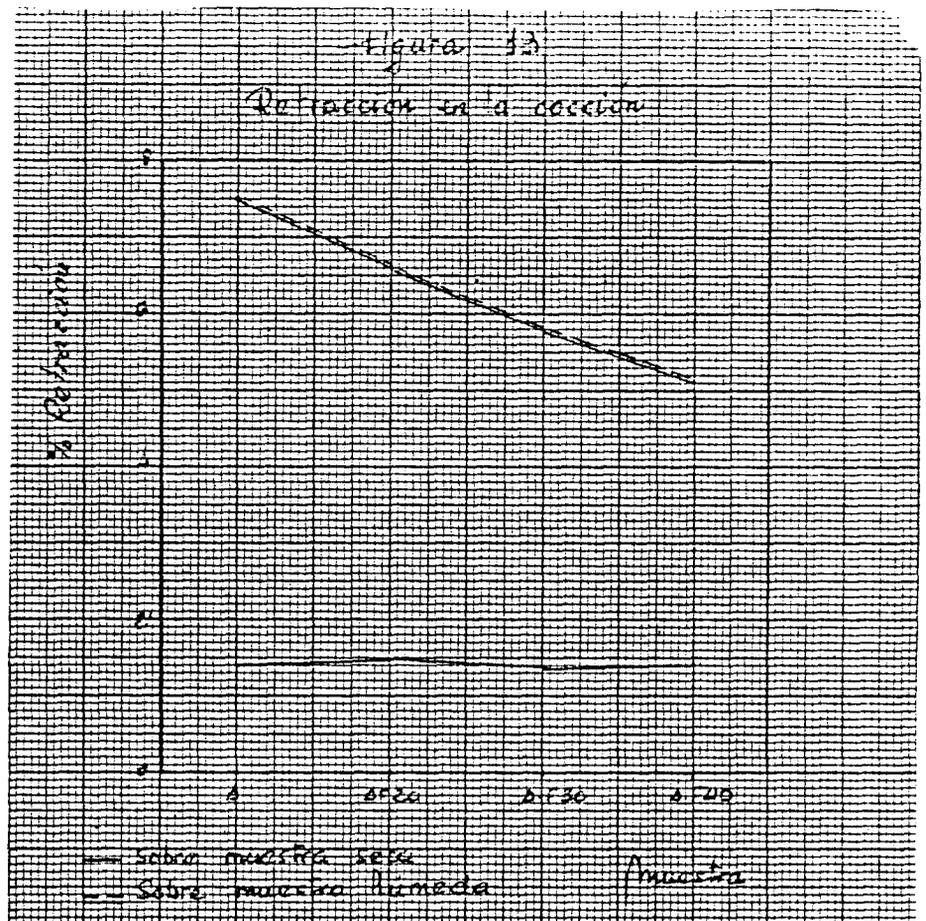
El sonido es análogo al de las muestras anteriores.

En la retracción en la cocción se ha usado el mismo proceso, reflejándose los resultados en el Cuadro XIX y del cuál se deduce que:

- Las retracciones medias son 5,4 y 1,4 sobre muestras húmeda y seca, respectivamente.
- No existe prácticamente variación en la retracción por cocción sobre muestra seca entre la arcilla y las diferentes mezclas, como se puede ver en la Fig. 13.
- Sobre muestra húmeda la retracción disminuye a medida que aumenta el porcentaje de estériles debido a la menor retracción en el secado de éstos.

C U A D R O X I XMuestra A F - 40Retracción en la cocción

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Medida (mm)</u> <u>cocida</u>	<u>% Retracción sobre</u>	
		<u>Húmeda</u>	<u>seca</u>
2	94,3	5,7	1,6
3	94,4	5,6	1,5
4	94,1	5,9	1,9
5	94,3	5,7	1,6
6	94,2	5,8	1,7
7	94,2	5,8	1,9
8	94,4	5,6	1,5
9	94,5	5,5	1,3
10	94,4	5,6	1,5
11	94,3	5,7	1,7
12	94,8	5,2	1,2
13	94,8	5,2	1,1
14	94,8	5,2	1,1
16	94,5	5,5	1,5
17	94,2	5,8	0,8
18	94,4	5,6	1,7
19	95,0	5,0	0,8
21	95,0	5,0	0,8
22	95,0	5,0	0,9
23	94,8	5,2	1,2
MEDIA		5,4	1,4

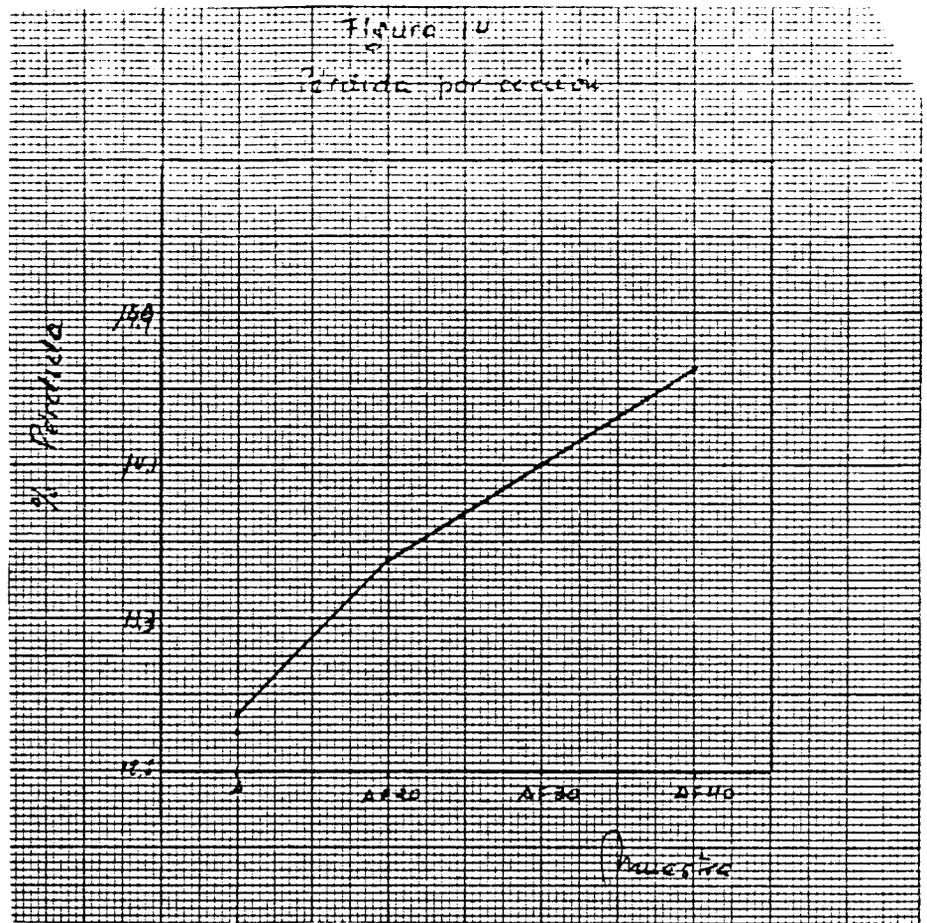


Las pérdidas de peso en estas muestras figuran en el Cuadro XX del que junto con la Figura 14 se deduce que:

- El valor medio es del 14,7%
- Los valores se encuentran dentro de unos límites muy cercanos.
- Comparándolo con el resto de las muestras se observa que la pérdida de peso ha aumentado, lo cual era de esperar ya que el % de estériles es mayor en este caso.

C U A D R O XX
Muestra A - F 40
Pérdida de peso

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Peso (S)</u>		<u>% Pérdida</u>
	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	
2	87,67	74,74	14,7
3	88,67	75,64	14,7
4	88,05	75,09	14,7
5	89,39	72,28	14,7
6	88,40	75,47	14,7
7	89,08	76,08	14,6
8	89,47	76,39	14,6
9	89,29	76,13	14,7
10	89,31	76,13	14,7
11	88,78	75,59	14,8
12	89,64	76,44	14,7
13	88,91	75,99	14,5
14	89,96	76,76	14,7
16	89,31	76,28	14,6
17	90,42	77,37	14,4
18	90,33	76,99	14,8
19	89,37	76,33	14,6
21	88,49	75,60	14,6
22	91,12	77,80	14,6
23	90,35	76,94	14,8
MEDIA			14,7



Respecto a la resistencia a compresión los datos se recogen en el Cuadro XXI, del que, junto con la Fig. 15 - se desprende que:

- El valor medio es de 272 Kg/cm².
- Los valores, al igual que en las muestras anteriores - están bastante dispersos.
- En comparación con las muestras anteriores se observa que la resistencia ha disminuido.

En cuanto a la absorción los datos figuran en el Cuadro XXII del que, junto a la Fig. 15, se desprende que:

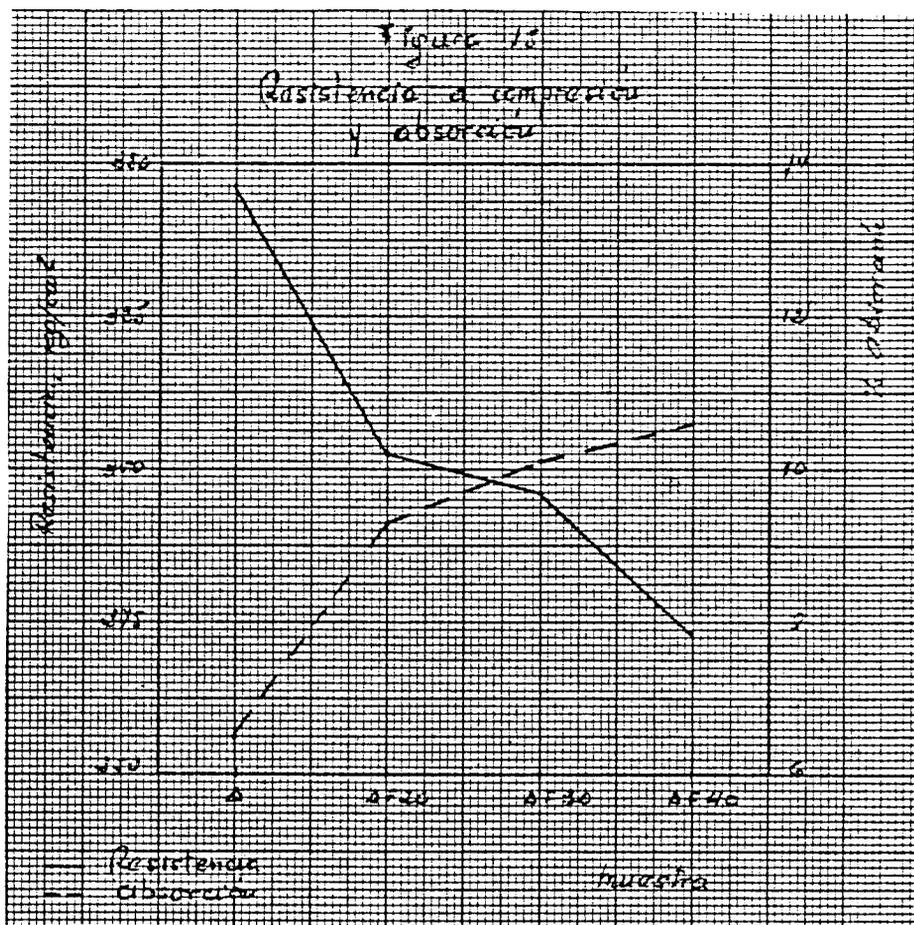
- La absorción media es del 10,6 %
- Los valores, salvo en un caso, no están muy dispersos.

C U A D R O XXIMuestra A F - 40Resistencia a compresión

Probeta Número	Dimensiones (cm)		Superficie cm ²	Carga rotura Kg	Resistencia Kg/cm ²
	Largo	Ancho			
2	11,32	2,465	27,90	8,000	287
4	11,26	2,470	27,81	6.650	239
6	11,42	2,470	28,20	7.150	254
8	11,48	2,465	28,30	8.400	297
10	11,45	2,475	28,34	6.800	240
12	11,445	2,47	28,27	7,660	271
14	11,50	2,47	28,40	9.450	333
16	11,445	2,48	28,41	6.800	239
18	11,52	2,475	28,51	550	193
22	11,59	2,48	28,74	10.450	364
MEDIA					272

C U A D R O XXIIMuestra A F - 40Absorción

Probeta Número	Peso (S)		% Absorción
	Antes	Después	
3	40,52	44,87	10,7
7	41,99	46,35	10,4
9	40,61	44,90	10,6
11	40,97	45,17	10,3
13	40,46	44,70	10,5
19	44,56	49,71	11,6
21	40,59	44,68	10,1
23	39,34	43,54	10,7
MEDIA			10,6



- En comparación con las muestras anteriores, la absorción ha aumentado, coincidiendo así con la menor resistencia que presentan.

Por otra parte, la densidad aparente de las probetas se deduce a partir de los datos que figuran en el Cuadro XXIII, dando un valor de 1,85 g/cm³.

C U A D R O X X I I IMuestra A - F 40Densidad aparente

<u>Probeta Número</u>	<u>Superficie cm²</u>	<u>Alto cm</u>	<u>cm³ Volumen</u>	<u>Peso g</u>	<u>Densidad g/cm³</u>
2	27,90	1,445	40,3155	74,7393	1,8538
3	28,08	1,470	41,2776	75,6447	1,8325
4	27,81	1,450	40,3245	75,0907	1,8621
5	28,50	1,450	41,325	76,2762	1,8457
6	28,20	1,440	40,608	75,4672	1,8584
7	28,36	1,455	41,2638	76,0770	1,8436
8	28,30	1,450	41,035	76,3856	1,8614
9	28,29	1,445	40,8790	76,1289	1,8622
10	28,34	1,460	41,3764	76,1297	1,8399
11	28,22	1,440	40,6368	75,5897	1,8601
12	28,27	1,455	41,1328	76,4361	1,8582
13	28,13	1,450	40,7885	75,9926	1,8630
14	28,40	1,455	41,322	76,7560	1,8575
16	28,41	1,460	41,4786	76,2814	1,8390
17	28,75	1,460	41,975	77,3719	1,8432
18	28,51	1,470	41,9097	76,9896	1,8370
19	28,27	1,475	41,6982	76,3258	1,8304
21	28,36	1,440	40,8384	75,5991	1,8511
22	28,74	1,460	41,9604	77,7963	1,8540
23	28,50	1,455	41,4675	76,9354	1,8553

DENSIDAD MEDIA = 1,85 Tm/m³

6.4 - Conclusiones

De lo expuesto anteriormente se deduce que los esteriles de finos - no se pueden utilizar por si solos para la fabricación de productos ceramicos, pero las pruebas han sido positivas mezclándolos con arcilla.

Ahora bien, en el resultado negativo de usar solo los estériles de finos debe tenerse en cuenta que las pruebas se han realizado bajo la premisa de utilizar dichos estériles tal y como salen de los lavaderos, sin efectuar con ellos ningún tipo de molienda, ya que razones de tipo economico asi lo aconsejan.

Asimismo, si se considera que el poder calorífico de este material, ~ 1.200 Kcal/Kg., sería muy difícil de usar directamente ya que el calor que se desprendería plantearía problemas muy graves en el horno a la hora de cocción.

En cuanto a las mezclas con arcilla se han elegido tres, en unos porcentajes del 20, 30 y 40 que se estimaban eran los más adecuados para mezclar como consecuencia, precisamente, de su poder calorífico y el ahorro energético, sin que causase problemas su utilización.

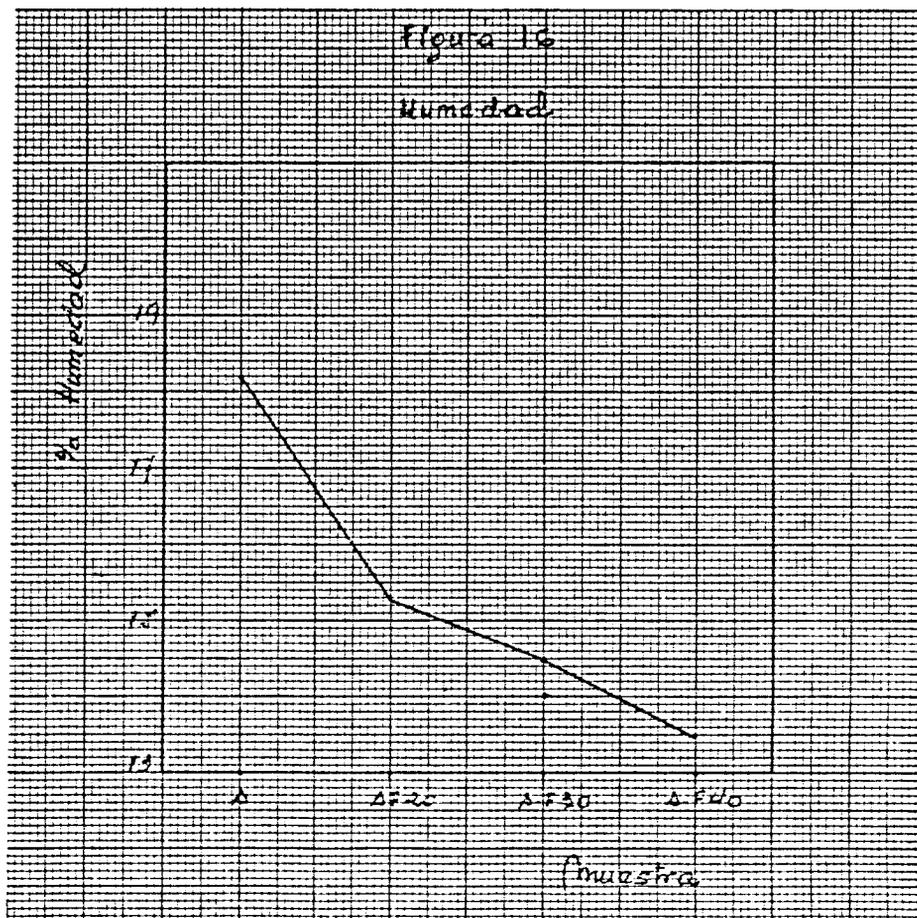
Para ello se realizaron diferentes probetas en cada porcentaje utilizado, partiendo de la muestra Mo - F -1, y siguiendo un camino análogo al de los menudos, evidentemente, sin realizar ninguna molienda con los mismos.

Como arcilla se utilizo la que están usando para la fabricación industrial de ladrillos en Rubiera Cadefasa, la cuál si fué molida en el molino de aspas, con la que también se realizó la correspondiente prueba al objeto de poder comparar después.

A cada muestra, arcilla y mezclas, se les fué adicionando agua para conseguir una humedad adecuada u óptima. En este caso las pérdidas de humedad eran mínimas, por lo que no se tendrán en cuenta.

En la Fig. 16 se reflejan las humedades de las pastillas obtenidas para cada muestra. De dicho cuadro se deduce que la humedad disminuye bruscamente cuando se pasa de la arcilla a la mezcla con estériles de finos en una proporción del 20% para seguir disminuyendo al pasar al 30 y 40%, como consecuencia de que este material necesita una menor humedad para amasarlo que la arcilla propiamente dicha.

Esto corrobora lo dicho para los menudos e implica que el uso de estos estériles llevará a un menor consumo de agua, que puede ser nulo si se aprovecha la humedad de origen y por lo tanto a un menor consumo de energía en el secado, así como a un menor tiempo, lo cual puede conducir a una mayor producción, factores éstos importantes.



No obstante debe tenerse en cuenta que el intervalo de humedad para trabajar con este material es menor que cuando se usa solamente arcilla y es cada vez menor cuanto mayor es el porcentaje de estériles, lo cual puede causar ciertos inconvenientes en las plantas industriales a menos que se disponga de los medios de control adecuados, tales como pesada del material, etc; sin embargo, se estima que con los porcentajes empleados el riesgo es menor al ser los intervalos lo suficientemente amplios.

En la preparación de la pasta no se observa ninguna pérdida de plasticidad importante con la arcilla y porcentajes empleados aquí.

No existe variación destacable en la textura la cual es buena así como no aparecieron grietas, buena cohesión y corte fácil en todos los casos.

Tampoco hubo calentamientos del molde ni problemas en la extrusora, siendo fácil la salida de las probetas por aquélla.

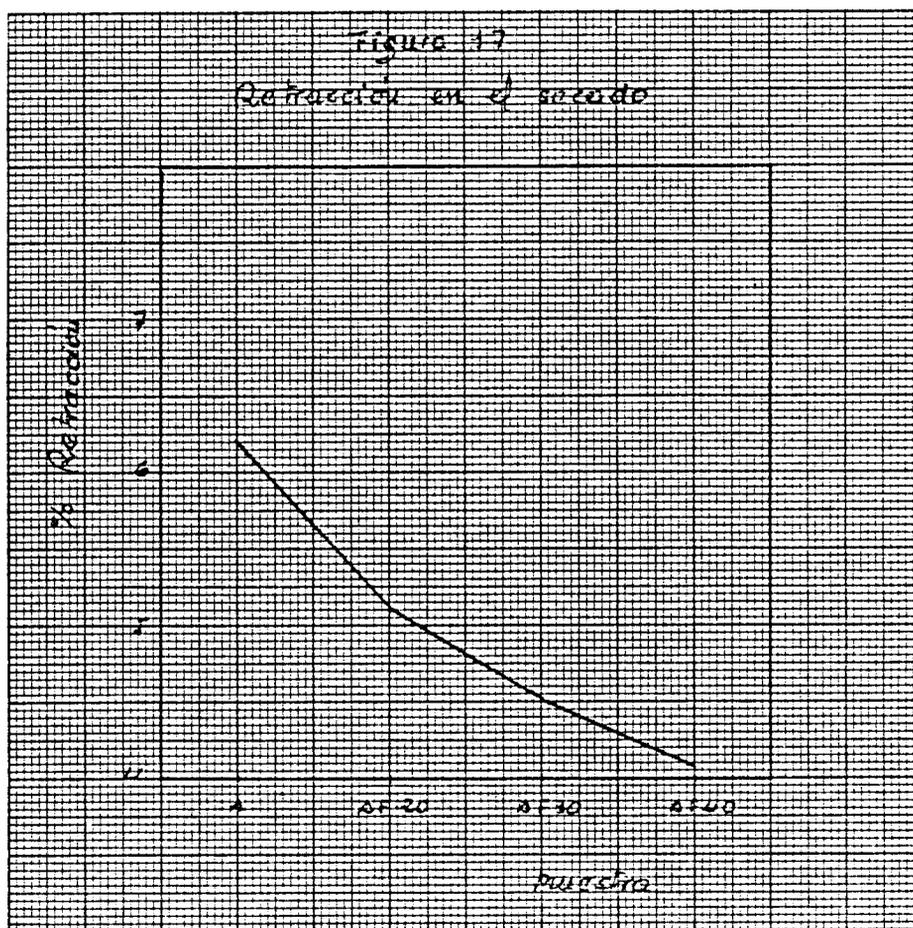
El color va variando desde un rojo oscuro hasta un casi negro a medida que se vá aumentando el porcentaje de estériles, como se puede ver en la Foto Nº 1.

En cuanto al secado y dado que aquí iba a influir la arcilla a usar en cada caso particular, se decidió secar todas las probetas por el mismo procedimiento, por lo que se hizo en el secadero industrial de la fábrica de Rubiera Cedefasa a 50 °C durante 24 horas.

Para la medida de la retracción lineal en el secado se realizaron las probetas más marcadas antes de secar que fueron medidas después de secadas y cuyos resultados se reflejan en la Fig. 17 de la cuál se puede deducir que:

- La retracción en la arcilla es bastante superior a la de las mezclas.
- A medida que se aumenta el porcentaje de finos se disminuye la retracción en el secado, lo cual era de esperar por las características de este material al no absorber tanta agua como las arcillas.
- No se consigue la retracción de los menudos usándolos solos.

No existieron probetas rotas por manipulación ni secado, ni aparecieron grietas en las mismas, continuando conservándose igual el resto de características.



El color varía desde una tonalidad rojiza en la arcilla a un amarillo pajizo que se vá oscureciendo a medida que se aumenta el porcentaje de estériles, como se puede ver en la Foto Nº 2.

Para la determinación de la resistencia o compresión en "verde" se usó una máquina Multitestar pero no se pudo determinar debido a que no existió un corte claro en la lectura del comparador.

En cuanto a la cocción se ha realizado a dos temperaturas y con — procedimientos diferentes:

- En horno industrial túneal a 920 °C.
- En mufla a 920 y 1.025 °C, elevándose la temperatura de la forma indicada en el apartado correspondiente.

En las Fotos Nros. 3 y 4 se pueden ver parte de las probetas una vez cocidas. Del conjunto de ellas se puede deducir:

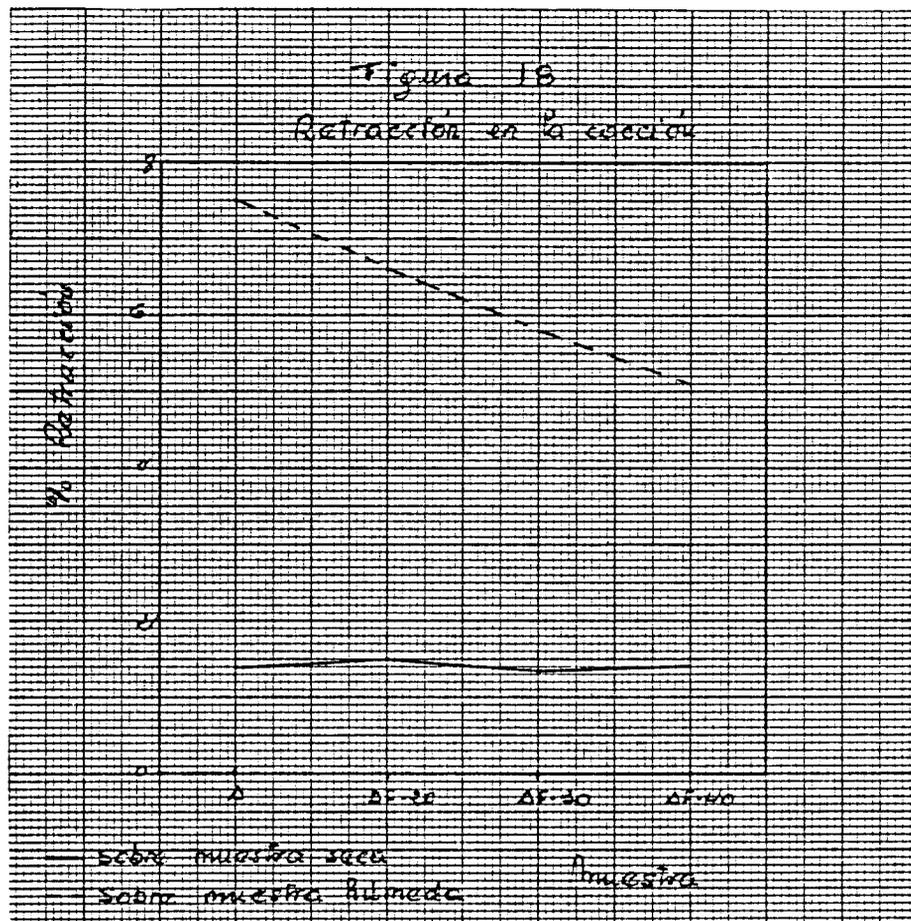
- El color en todas ellas es rojo adquiriendo una tonalidad más o menos viva dependiendo del porcentaje de estériles.
- El sonido es más metálico en las cocidas a mayor temperatura.
- El "corazón negro", Foto Nº 5, existente en las probetas cocidas a menor temperatura no por falta de cocción, sino por una insuficiente combustión del carbón, desaparece en las probetas cocidas a temperaturas más elevadas y empleado mayor tiempo en la — combustión.

La contracción en la cocción sobre muestra seca es prácticamente la misma tanto en la arcilla cocida a 920 °C como en las mezclas cocidas a 1.025 °C como se puede ver en la Fig. 18

Sin embargo la contracción sobre muestra húmeda es bastante más elevada en la primera que en las segundas debido a la menor contracción de éstas en el secado, Fig. 18.

También se observa una pérdida de peso en estas muestras, cuyos resultados se representan en la Fig. 19 y donde se vé que la pérdida=

va aumentando a medida que se incrementa el porcentaje de estériles de finos, como consecuencia de su mayor contenido en carbono.

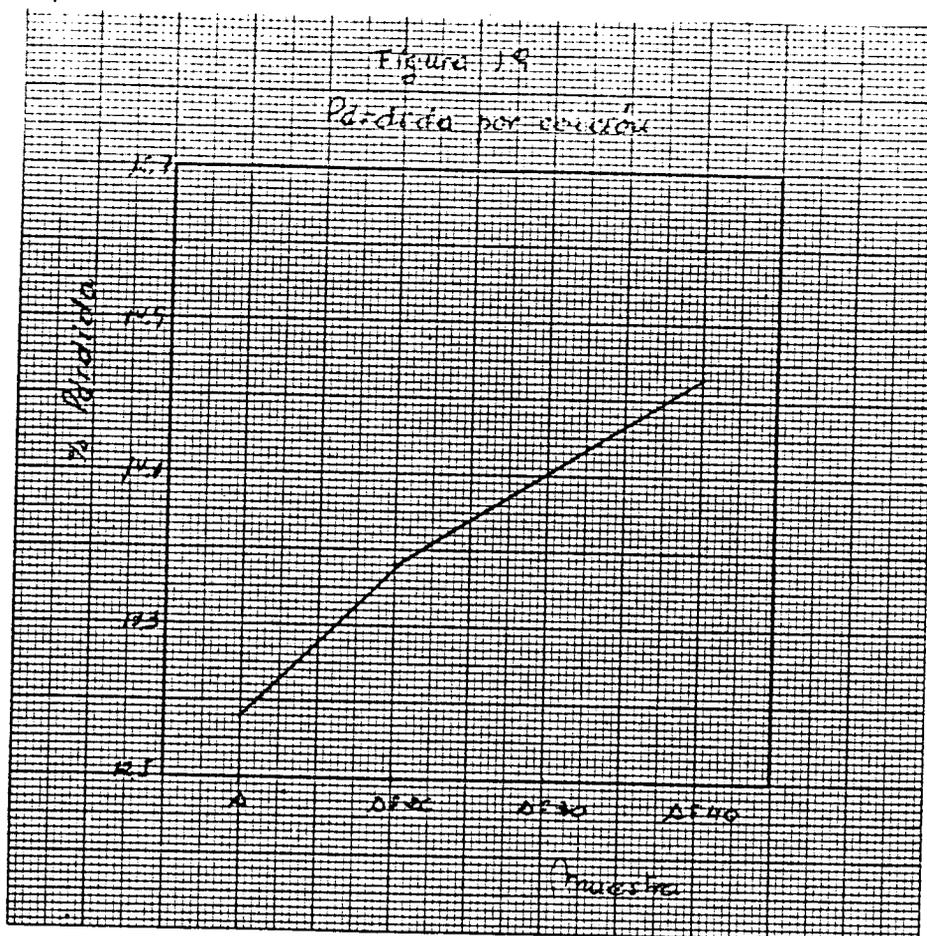


Se observa que la pérdida entre dos mezclas consecutivas es la misma, lo cual es lógico ya que se van añadiendo diferencias de porcentajes iguales.

Una vez cocidas las probetas se han determinado las características de resistencia a la compresión y absorción.

En la Fig. 20 se representan las medias de las resistencias para cada muestra y de la que se sacan las siguientes conclusiones.

- La resistencia disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de finos añadido.



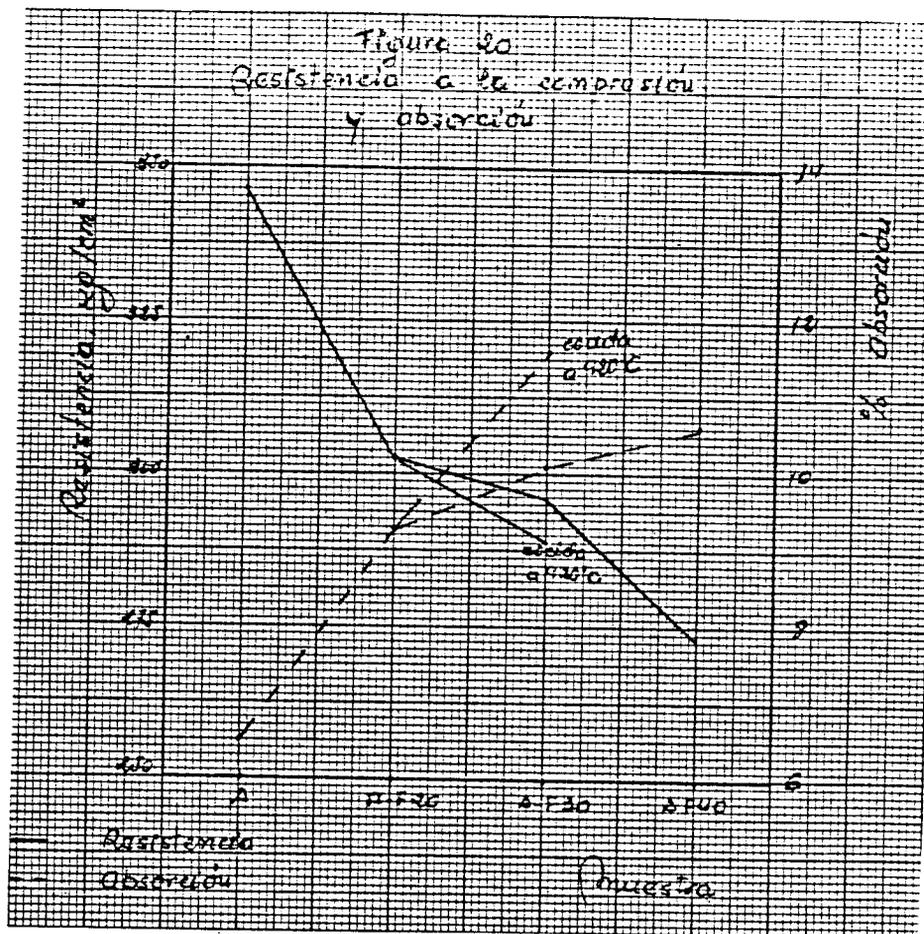
- Para una misma muestra a medida que se aumenta la temperatura de cocción aumenta la resistencia.

En cuanto a la absorción, Fig. 20, se deduce que:

- Aumenta a medida que se aumenta el porcentaje de finos.
- Para una misma muestra, la absorción disminuye al aumentar la temperatura.

De acuerdo, en ambos casos, con los valores que presentan en la resistencia.

Por otra parte, la densidad aparente se encuentra aproximadamente, en $1,85 \text{ g/cm}^3$.



En resumen, se puede decir que los estériles de finos si bien no sirven por si solos bajo las condiciones establecidas, pero si la mezcla con arcilla para la obtención de ladrillos a escala laboratorio, lo cual viene confirmado por las pruebas anteriores.

Usando los estériles tal y como salen del lavadero, como en el caso en que se hicieron estas pruebas, la mezcla que parece más adecuada a partir de los resultados obtenidos es aquella en que se usa un porcentaje del 20%. No obstante, en este caso hay que tener en cuenta además el factor económico del ahorro de energía, con lo cual se podría pasar a un porcentaje mayor sin que disminuyesen considerablemente las características del material.

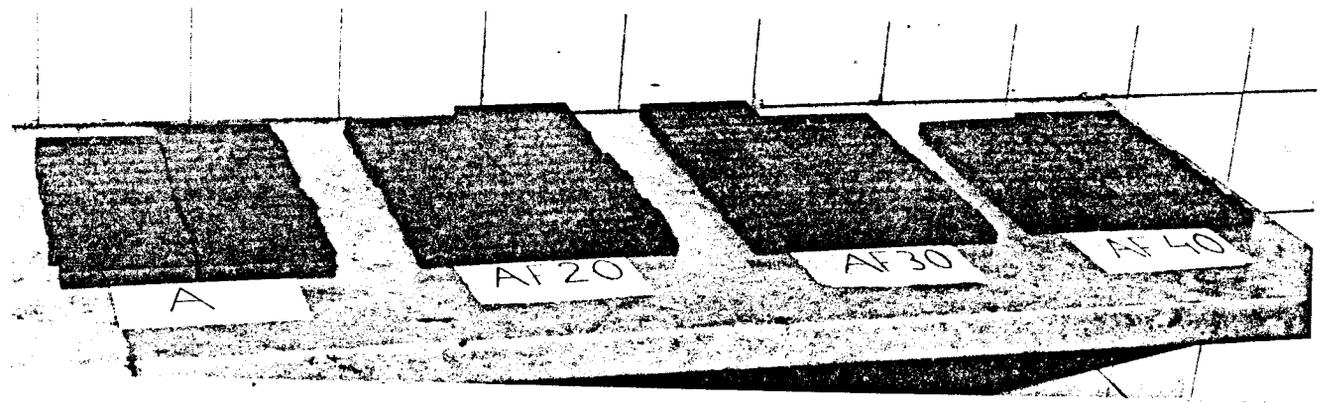
En cuanto a la temperatura de cocción, habría que conjugar las ca-

racterísticas de resistencia y absorción, ya que las de color y contracción parece mantenerse muy uniformes al variar la temperatura, así como las económicas ya que a mayor temperatura mayor coste.

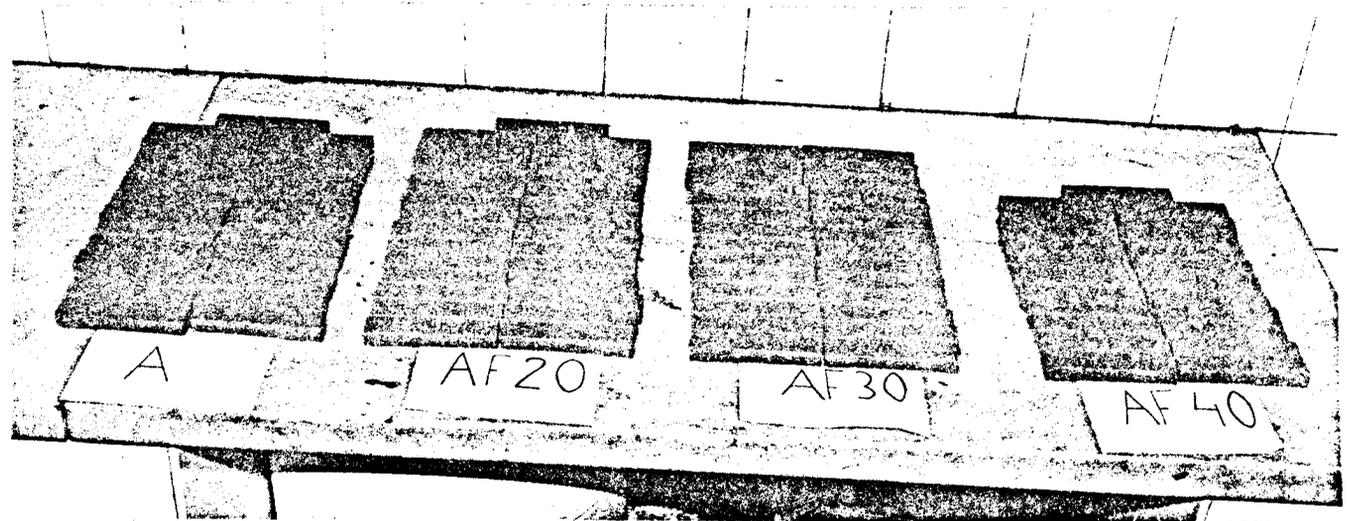
Por ello y aunque aquí se ha usado la de 1.025 °C se considera se puede disminuir a los 980 - 1.000 °C sin que se vean rebajadas las propiedades y así el consumo de combustible. Además a estas temperaturas tampoco aparecería "corazón negro".

Por las características obtenidas, este material parece más aconsejable dirigido hacia ladrillos, tanto cara vista como huecos, y bovedillas más que a las tejas, debido a las características de absorción.

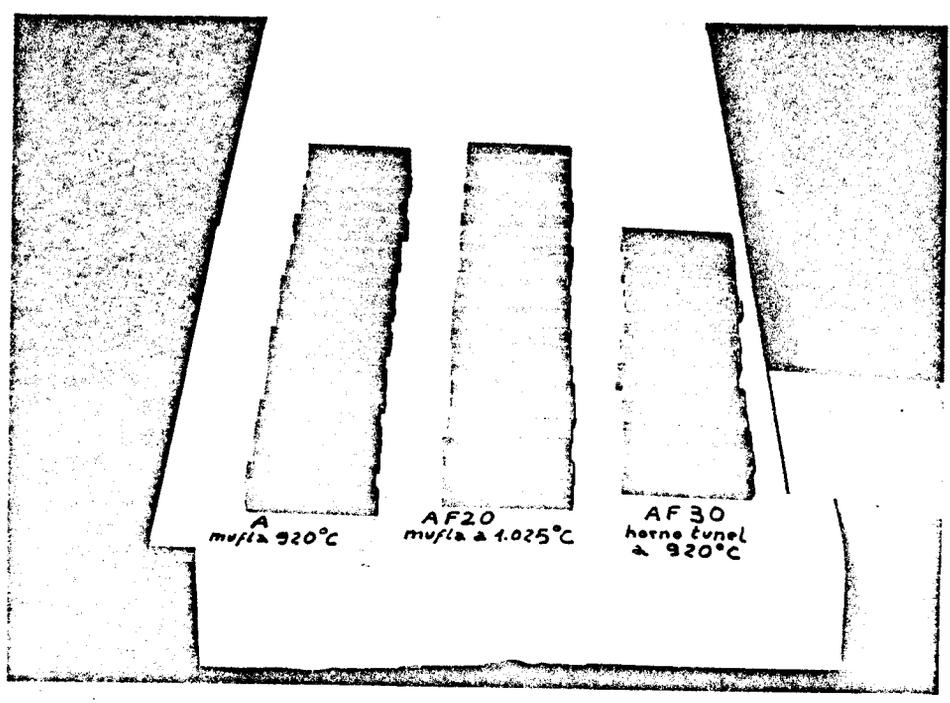
1



2



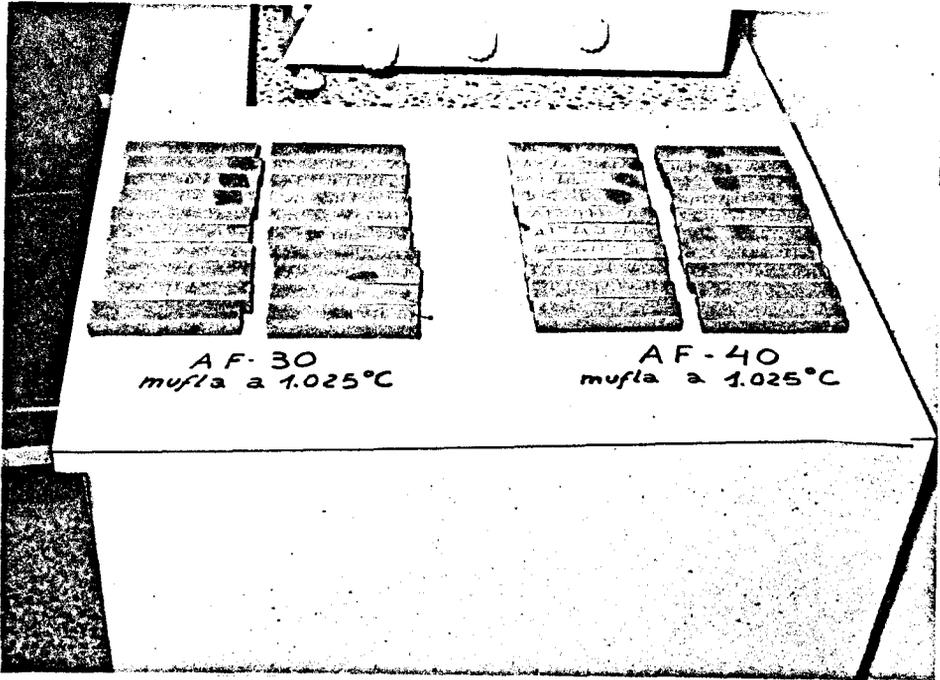
3



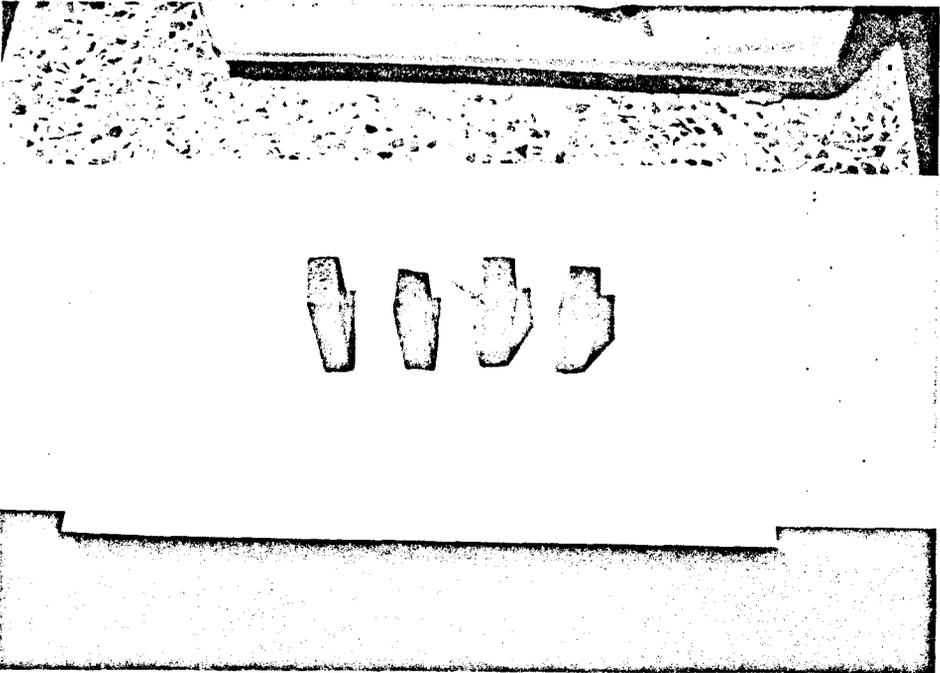
HUNOSA

Dirección de Desarrollo Industrial

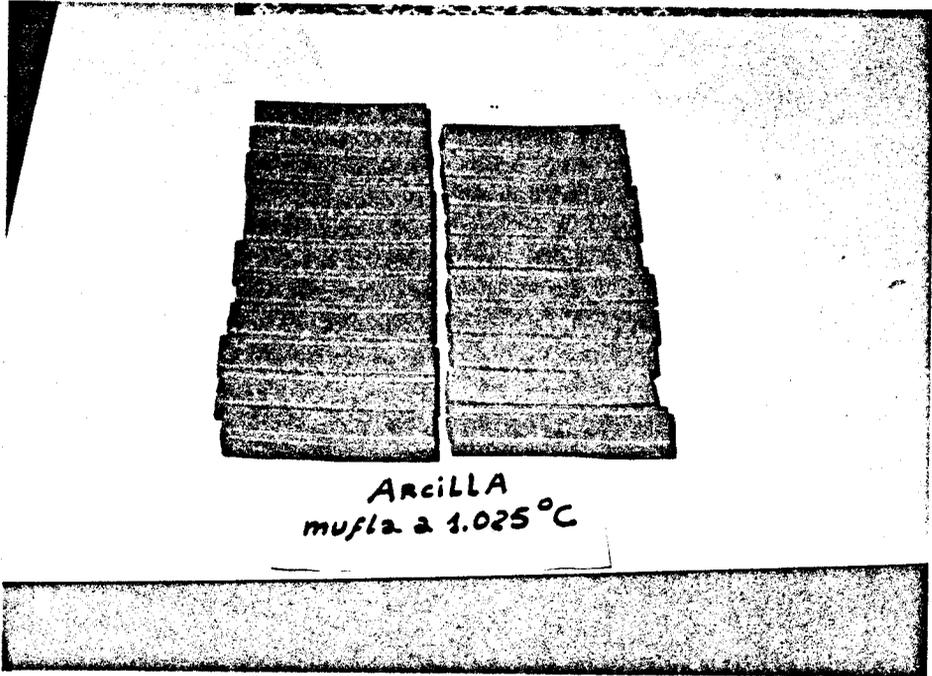
4



5



6



Arcilla
mufla a 1.025 °C

7 - GRANOS

7.1 - Descripción y resultados

Dado que las composiciones química y mineralógica de la fracción denominada granos son similares a las de los menudos, lo cual es lógico ya que en realidad los menudos son granos más triturados, cabe pensar que su comportamiento en cuanto a la fabricación de ladrillos será análoga.

Lo anterior y debido a que los menudos eran más fáciles de triturar, condujo a que las primeras pruebas se realizasen con estos, con lo cual se obtuvieron una serie de datos que permitieron llegar a unas conclusiones en cuanto a granulometría y humedad más adecuada a emplear, tiempo de secado, etc, así como a la posesión de resultados sobre algunas de las características de las probetas cpmfeccionadas con ellos.

Por tanto, para la realización de las pruebas con los granos se han tenido en cuenta los resultados de las experiencias hechas con los menudos, y así se ha operado con una sola granulometría, la recomendada, a la vista de sus características, para los menudos, es decir, la que contenía un 50% con tamaños comprendidos entre 0,5 y 0,1mm y un 50% con partículas inferiores a 0,1mm ya que con el resto de granulometrías es de esperar un comportamiento similar a lo que sucedió en el caso de aquéllos.

Una vez seleccionada la granulometría se siguió el mismo plan operativo expuesto para los menudos.

Por ello, una vez triturados los estériles de granos, pertenecientes al Lavadero de Modesta, hasta los tamaños adecuados, se preparó

ró una muestra artificial por acumulación de cantidades comprendidas entre los diferentes tamaños, de acuerdo con la granulometría mencionada y que se recoge en el Cuadro I.

CUADRO I

Muestra Mo-G

Granulometría

<u>Tamiz (mm)</u>	<u>%</u>
0,5 - 0,1	50
< 0,1	50

Humedad pastilla : 14,3 %

Para la humedad se han añadido cantidades diferentes de agua para ver su comportamiento con respecto a ésta, observándose que se conducía de una forma equivalente a como lo hacía la muestra hecha con la misma granulometría para el caso de los menudos, o sea, la F. De hecho la muestra de la pastilla tomada para la determinación de la humedad dió 14,3%, aunque estaba más bien húmeda, cifra análoga a las obtenidas con aquellos.

Con esta humedad se confeccionaron las probetas, comprobándose que salían sin problemas de la extrusionadora y que ésta no sufrió calentamiento alguno. Por otra parte, las probetas tenían una excelente textura y presentación, no presentaban grietas, la cohesión era buena y el corte impecable. De la comprobación visual con probetas fabricadas con arcilla se observó que eran más perfectas que éstas.

Además, en la preparación manual de la pasta, se vió que poseía una grán plasticidad lo que se traduce en una buena moldeabilidad.

Con mayor cantidad de agua que para la humedad indicada se veía - agua libre, análogamente a como sucedía con los menudos.

Respecto al secado y dado que el tiempo más adecuado ya fué deter-minado en los citados, en este caso no se hicieron pruebas diferen-tes ya que sucedería lo mismo, por lo que el secado se realizó en el secadero industrial de Rubiera Cedefasa.

Para la contracción en el secado se hicieron unas marcas que fue-ron medidas antes y después del secado, para determinar la contra-cción lineal, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro II, donde se ve que:

- La contracción lineal media es del 3,2%, la cuál es baja en com-paración con la de las arcillas que se usan normalmente para la fabricación de ladrillos.
- La contracción es igual que la sufrida en las probetas confeccio-nadas con esta misma granulometría con los menudos, lo cuál vi-ene a confirmar su esperado análogo comportamiento.

No se detectaron roturas por manipulación o secado, aunque si bien las probetas son bastante frágiles. En las que se rompieron para- la comprobación de este punto, se observó una buena compactación- y cohesión.

Se puede ver, asimismo, una textura y presentación muy adecuadas- para fines prácticos que inclusive mejoran las de las probetas - realizadas con arcilla.

El color es gris oscuro y las demás características son las rese- ñadas para los menudos.

Para la resistencia a compresión en verde se ensayaron varias pro-

betas. No obstante y como consecuencia de que se produce un efecto de compactación al romper las probetas, no se vió un corte to talmente claro en la lectura del comparador, aunque por las observaciones realizadas la resistencia es similar a la de los menudos, es decir, muy baja, lo cual dá idea de su fragilidad, factor a tener en cuenta en la manipulación a nivel industrial.

Para la cocción, se han cocido siguiendo la curva del procedimiento francés y la del horno industrial de Rubiera Cedefasa por lo - que se ha ido elevando la temperatura hasta 1.025 y 920 °C, respectivamente, en la forma indicada en las pruebas de finos.

En las fotos Nros. 1 y 2 se pueden ver parte de las probetas cocidas, en donde se observa, de forma visual, su calidad.

No ha aparecido repelación alguna y su textura es buena.

El color varía de un crema para las cocidas a 920 °C a un rojo para las cocidas a 1.025 °C, y el sonido es más metálico para las cocidas a 1.025 °C.

C U A D R O I I

Muestra Mo-G

Retracción lineal en el secado

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Medidas (mm)</u>		<u>% Retracción</u>
	<u>Antes</u>	<u>Después</u>	
1	100	97,0	3,0
2	100	97,0	3,0
3	100	96,5	3,5
4	100	96,5	3,5
5	100	96,5	3,5
6	100	96,5	3,5
7	100	96,8	3,2
8	100	96,6	3,4
9	100	96,6	3,4
10	100	96,6	3,4
11	100	97,0	3,0
12	100	96,7	3,3
13	100	96,8	3,2
14	100	96,6	3,4
15	100	97,0	3,0
16	100	96,8	3,2
17	100	96,8	3,2
18	100	96,8	3,2
19	100	96,8	3,2
20	100	96,8	3,2
21	100	96,8	3,2
22	100	96,7	3,3
23	100	96,7	3,3
24	100	96,8	3,2
25	100	96,9	3,1
26	100	96,9	3,1
27	100	96,9	3,1
<u>MEDIA</u>			<u>3,2</u>

Se observa que las cocidas a la temperatura más baja presentan "co razón negro" mientras que las otras no.

Para la determinación de la contracción, las medidas realizadas figuran en el Cuadro III, deduciéndose que:

- Las contracciones medias, para las cocidas a 1.025 °C sobre muestras húmeda y seca son del 7,8 y 4,7%, respectivamente.
- Son ligeramente menores que las obtenidas con la misma granulometría en los menudos.
- Es mayor que la contracción por cocción, propiamente dicha, que se obtiene cuando se usan arcillas.
- Para las cocidas a 920 °C, la contracción media es del 1,3%, lo cual es similar a la obtenida con las arcillas.

Asimismo se ha determinado la pérdida en peso en ambos casos y cuyos datos figuran en el Cuadro IV, deduciéndose que:

- Las pérdidas de peso medias por cocción son del 15,4 y 15,3% para las probetas cocidas a 1.025 y 920 °C, respectivamente.
- Son prácticamente igual a las obtenidas con el resto de los estériles.
- No existe diferencia entre las cocidas a 1.025 y 920 °C

Por otra parte, las densidades aparentes de las probetas cocidas = deducida a partir de sus dimensiones, Cuadro V, y peso, son de 1,90 y 1,64 g/cm³ para las probetas cocidas a 1.025 y 920 °C, respecti-

C U A D R O I I I

Muestra Mo-G

Concentración en la cocción

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Medida (mm)</u> <u>cocida</u>	<u>% Contracción sobre muestra</u>		
			<u>Húmeda</u>	<u>Seca</u>	
1.025	2	92,4	7,6	4,7	
	3	91,9	8,1	4,8	
	4	92,15	7,85	4,5	
	5	92,10	7,9	4,5	
	6	92,30	7,7	4,3	
	8	92,35	7,65	4,4	
	9	92,20	7,8	4,6	
	10	92,20	7,8	4,5	
	11	92,15	7,85	5,1	
	13	92,20	7,8	4,7	
	14	92,15	7,85	4,2	
	15	92,20	7,8	4,9	
	16	92,00	8,00	4,9	
	17	92,70	7,3	4,2	
	19	92,85	7,15	4,1	
	20	92,00	8,0	5,0	
	21	92,00	8,0	5,0	
	22	92,60	7,4	4,1	
	23	92,20	7,8	4,7	
	24	91,90	8,1	5,1	
	26	91,95	8,15	5,1	
	27	92,00	8,00	5,1	
	MEDIA			7,8	4,7

C U A D R O I I I
Muestra Mo-G
Contracción en la cocción

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Medidas (mm)</u>		<u>% Retracción sobre muestra seca</u>
	<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>	
920	117,7	116,85	0,7
	116,65	115,30	1,2
	117,15	115,20	1,7
	119,0	117,75	1,1
	115,6	114,0	1,4
	118,0	116,1	1,6
	115,25	113,15	1,8
	114,45	112,8	1,4
	119,85	118,2	1,4
	114,60	112,75	1,6
	114,30	112,65	1,4
	114,7	113,0	1,5
	116,2	114,8	1,2
<u>MEDIA</u>			<u>1,3</u>

C U A D R O IV

Muestra Mo-G

Pérdida de peso

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>número</u>	<u>Peso (S)</u>		<u>% Pérdida</u>	
		<u>Seca</u>	<u>Cocida</u>		
1.025	2	87,60	73,92	15,6	
	2	89,62	75,64	15,6	
	4	89,98	75,96	15,6	
	5	88,31	74,59	15,5	
	6	89,98	75,99	15,6	
	8	90,86	76,76	15,5	
	9	90,26	76,27	15,5	
	10	90,26	76,43	15,5	
	11	94,24	79,62	15,5	
	13	87,80	74,16	15,5	
	14	90,34	76,31	15,5	
	15	90,08	76,64	14,9	
	16	90,54	76,63	15,4	
	17	88,33	74,61	15,5	
	19	90,16	76,33	15,4	
	20	87,42	74,03	15,3	
	21	90,09	76,27	15,3	
	22	91,85	77,83	15,3	
	23	88,39	74,70	15,5	
	24	88,75	75,13	15,3	
	26	87,99	74,49	15,4	
	27	88,64	75,00	15,4	
		MEDIA			15,4
	920		86,38	72,95	15,5
			83,23	70,30	15,5
			83,95	71,00	15,4
			87,23	74,09	15,1

C U A D R O I V

Paso (S)	Cocida	% Perdida
84,22	71,06	15,6
85,93	72,28	15,9
82,60	69,75	15,6
83,22	70,17	15,7
87,87	74,22	15,5
82,48	69,08	14,8
85,33	72,54	15,0
82,22	70,03	14,8
81,47	68,66	15,7
84,68	72,10	14,9
81,54	68,86	15,6
89,67	76,25	15,0
82,63	69,57	15,8
81,52	68,87	15,5
88,38	75,26	14,8
87,98	74,91	14,8
..... MEDIA		
15,3		

vamente, lo cual está de acuerdo con las retracciones por cocción y si bien en las pérdidas de peso no existe variación lo que indicaría, a priori, igual densidad, se observa que los volúmenes son mayores en las cocidas a 920 °C debido a que no se han escapado los gases formados y no hubo suficiente cocción para que se contrajeran, dando así lugar a menores densidades.

La densidad de 1,90 g/cm³ coincide sensiblemente con las obtenidas en las pruebas para los menudos.

La de 1,64 g/cm³ para las probetas cocidas a 920 °C es bastante más baja por las causas aducidas.

En cuanto a las características de resistencia a compresión y absorción se siguió el criterio establecido en los otros casos.

Los resultados de la rotura a compresión se reflejan en el Cuadro VI, del que se desprende que:

- Para las cocidas a 1.025 °C la media es de 438 Kg/cm².
- Dicho valor es bastante inferior a la obtenida en las probetas elaboradas con la misma granulometría en el caso de los menudos y cocidas a la misma temperatura.
- El valor más bajo, 337 Kg/cm² corresponde a una probeta con densidad aparente menor que las que tienen valores más altos.
- La media es más alta que la de las arcillas a temperaturas de cocción normales, sobre los 900 °C y a temperaturas de 1.025 °C.
- Para las probetas cocidas a 920 °C la resistencia media es de 249 Kg/cm².

C U A D R O VMuestra Mo-GDensidad aparente

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>Números</u>	<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Alto</u> <u>cm</u>	<u>Volumen</u> <u>cm²</u>	<u>Peso</u> <u>g</u>	<u>Densidad</u> <u>aparente g/cm³</u>
1,025	2	27,10	1,4	37,94	73,92	1,95
	3	27,36	1,45	39,672	75,64	1,91
	4	28,12	1,43	40,212	75,98	1,89
	5	26,93	1,42	38,241	74,59	1,95
	6	27,51	1,41	38,789	75,99	1,96
	8	28,09	1,43	40,169	76,76	1,91
	9	27,62	1,43	39,497	76,27	1,93
	10	28,33	1,42	40,229	76,43	1,90
	11	29,03	1,425	41,368	79,62	1,92
	13	27,43	1,42	38,95	74,16	1,90
	14	28,26	1,43	40,412	76,31	1,89
	15	31,17	1,42	44,26	76,64	1,73 *
	16	28,84	1,41	40,664	76,63	1,88
	17	27,72	1,43	39,640	74,61	1,88
	19	28,88	1,40	40,432	76,33	1,89
	20	28,44	1,40	39,816	74,03	1,86
	21	29,01	1,40	40,614	76,27	1,88
	22	29,65	1,40	41,51	77,83	1,87
	23	28,24	1,41	39,818	74,70	1,88
	24	28,49	1,40	39,886	75,13	1,88
	26	28,54	1,41	40,24	74,49	1,85
	27	28,40	1,41	40,044	75,00	1,87
MEDIA						1,90

* No incluida para el cálculo de la media.

C U A D R O V

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Alto</u> <u>cm</u>	<u>Volumen</u> <u>cm²</u>	<u>Peso</u> <u>g</u>	<u>Densidad aparente g/cm³</u>
920	29,68	1,51	44,817	72,95	1,63
	28,83	1,51	43,533	70,30	1,61
	29,32	1,50	43,98	71,00	1,61
	30,40	1,52	46,208	74,09	1,60
	29,07	1,51	43,896	71,06	1,62
	29,26	1,48	43,305	72,28	1,67
	28,97	1,485	43,020	69,75	1,62
	28,88	1,52	43,898	70,17	1,60
	29,90	1,51	45,149	74,22	1,64
	28,53	1,49	42,510	69,08	1,63
	29,99	1,50	44,985	72,52	1,61
	28,39	1,48	42,017	70,03	1,67
	28,25	1,47	41,527	68,66	1,65
	29,11	1,51	43,956	72,10	1,64
	28,45	1,485	42,248	68,86	1,63
	30,49	1,48	45,125	76,25	1,69
	28,70	1,49	42,763	69,57	1,63
	27,85	1,46	40,632	68,87	1,69
	29,65	1,47	43,585	75,26	1,73
	29,92	1,475	44,132	74,91	1,70
MEDIA					1,64

- Este valor es mucho menor que el de las cocidas a 1,025 °C.
- Los valores en este caso están más dispersos que en primero.
- La media es menor que la de las arcillas debido a una falta de con bustión del carbón lo que le dá una menor resistencia.

En cuanto a la absorción, los resultados se reflejan en el Cuadro - VII, del que se puede deducir que:

- Los valores medios son de 8,7 y 14,7% para las probetas cocidas a 1,025 y 920 °C, respectivamente.
- Varian inversamente con la resistencia, o lo que es lo mismo con la temperatura de cocción, concordando con los datos de aquella.
- Los valores señalados con asterisco y no incluidos para el cálculo de las medias corresponden a las probetas con menores densidades aparentes dentro de cada grupo.
- El valor medio para las probetas cocidas a 1,025°C puede considerarse como adecuado para fines prácticos dentro de los ladrillos denominados como cara vista.

C U A D R O VI
Muestra Mo-G
Rotura a compresión

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>número</u>	<u>Dimensiones (cm)</u>		<u>Superficie</u> <u>cm²</u>	<u>Carga rotura</u> <u>Kg</u>	<u>Resistencia</u> <u>Kg/cm²</u>
		<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>			
1.025	3	11,37	2,40	27,29	12.050	442
	5	11,22	2,40	26,93	11.300	420
	9	11,46	2,41	27,62	11.700	424
	11	12,02	2,41	28,97	15.300	528
	13	11,22	2,44	27,38	13.000	475
	17	11,38	2,43	27,65	12.150	439
	23	11,50	2,45	28,17	9.500	337
	MEDIA					438
920		11,5	2,50	28,75	6.200	216
		11,4	2,55	29,07	6.900	237
		11,28	2,56	28,88	5.550	192
		11,27	2,53	28,51	4.650	163
		11,26	2,52	28,38	6.150	217
		11,20	2,54	28,45	4.750	167
		11,48	2,50	28,70	12.300	429
	11,86	2,50	29,65	11.050	373	
	MEDIA					249

C U A D R O VII

Muestra Mo-G

Absorción

<u>Temperatura</u> <u>°C</u>	<u>Probeta</u> <u>número</u>	<u>Peso (g)</u>		<u>% Absorción</u>
		<u>Antes</u>	<u>Después</u>	
1.025	4	38,86	38,97	8,7
	6	39,18	42,12	7,5
	8	38,65	41,93	8,5
	10	47,92	52,26	9,1
	14	37,19	40,56	9,1
	16	46,47	51,99	11,9 *
	24	37,65	41,14	9,3
	26	45,38	50,13	10,5 *
	MEDIA			8,7
920		38,57	44,87	16,3
		33,34	38,85	15,0
		40,53	48,23	19,0 *
		39,89	45,76	14,7
		37,26	42,77	14,8
		43,16	49,84	15,5
		42,05	47,89	13,9
		33,80	38,45	13,8
		34,74	39,63	14,1
		34,69	39,57	14,0
	MEDIA			14,7

* No incluidas en la media.

7.2 - Conclusiones

De lo expuesto en el apartado anterior se desprende que los estériles de granos sirven para la fabricación de productos cerámicos para la construcción.

Para la realización de las pruebas y dado que los granos y menudos tienen igual composición química y mineralógica, se han tomado como base los resultados y experiencias tenidos en las pruebas efectuadas con los menudos, por lo cual se trituro una muestra procedente del Lavadero de Modesta y se confeccionó por la adición de las cantidades necesarias la granulometría que contenía un 50% de tamaños comprendidos entre 0,5 - 0,1 mm y un 50% menores de 0,1 mm. ya que esta fué la que dió mejores resultados.

En la trituración cabe hacer las mismas consideraciones que para los menudos, es decir:

- Debe hacerse con un contenido pequeño de humedad.
- Los molinos a usar deben ser de bolas, martillos o similares, ya que este material es duro.

A dicha granulometría se le fué adicionando diferentes proporciones de agua para conseguir una humedad adecuada u óptima.

En este caso las pérdidas de humedad debidas principalmente a la manipulación manual, rozamiento en la extrusionadora, son menores.

La humedad adecuada se encuentra, aproximadamente en el 14% de lo que se deduce que:

- Coincide con las obtenidas en las pruebas realizadas con los menudos

dos.

- Es menor que las humedades a las cuales se trabaja normalmente en las cerámicas asturianas, factor importante ya que, además del menor consumo de agua, habrá un menor consumo de energía en el secado.

No obstante, debe tenerse en cuenta que el intervalo de humedad para trabajar con este material no es muy grande, lo cual puede causar ciertos inconvenientes en las plantas industriales, a menos de que se disponga de los medios de control adecuados, tales como pesada del material, etc.

Se observa en la preparación manual de la pasta que ésta posee una buena plasticidad, y que las probetas salían de la extrusionadora sin problemas, tenían una textura y cohesión buenas, un corte fácil y no presentaba grietas.

Para el secado y dado que este ya se estudió en el caso de los menudos, no se distinguieron tipos diferentes y se secaron todas las probetas en el secadero industrial de Rubiera Cedefasa a 60 °C durante 36 horas.

La retracción lineal da un valor medio del 3,2% que coincide con la encontrada para la misma granulometría en el caso de los menudos y que es menor que la de las arcillas usadas normalmente en la fabricación de ladrillos.

Se ha observado que no se han producido roturas por el secado ni manipulación de las probetas aunque estas son frágiles como lo demuestra los pequeños valores de su resistencia en verde, similares a las de los menudos, aunque no existía un corte claro en la lectura del comparador debido a efectos de compactación. Este factor de fra

gilidad debe tenerse en cuenta en las plantas industriales.

La textura y resto de características no han variado.

El color es gris oscuro.

En cuanto a la cocción se siguieron las curvas del procedimiento francés hasta 1.025 °C y la del horno industrial túnel a 920 °C para lo cual se fué aumentando la temperatura conforme a los intervalos especificados en el capítulo correspondiente.

El color es rojo con cierta tonalidad oscura como se puede ver en las Fotos Nros. 1 y 2 y el sonido es más metálico en las cocidas a mayor temperatura. Se observa una buena textura y cohesión, ausencia de grietas, etc.

El "corazón negro" existente en las probetas cocidas a menor temperatura desaparece en las cocidas a mayor temperatura debido a una combustión suficiente del carbón y empleando mayor tiempo en la cocción, lo cuál debe tenerse en cuenta en una planta industrial.

La contracción en la cocción sobre muestra seca es de 4,7 y 1,3% para las probetas cocidas a 1.025 y 920 °C, respectivamente. La primera disminuye con respecto a las obtenidas con la misma granulometría en el caso de los menudos y la segunda coincide con la obtenida cuando se usan arcillas.

Las pérdidas de peso medias son 15,4 y 15,3%, o sea prácticamente iguales, coincidiendo con los valores obtenidos en las demás pruebas.

Las densidades aparentes de las probetas cocidas deducidas a partir de sus dimensiones y peso, son de 1,90 y 1,64 g/cm³, respecti-

vamente, lo cual está de acuerdo con las retracciones sufridas en la cocción. Se observa que si bien las pérdidas de peso son iguales, los volúmenes son mayores en las cocidas a 920 °C debido a que no se han escapado los gases por falta de mayor tiempo en la cocción, dando, así, lugar a menores densidades.

En cuanto a la resistencia a la rotura por comprensión, para las probetas cocidas a 1.025 °C la media es de 438 Kg/cm², valor inferior al de las probetas elaboradas con la misma granulometría y cocidas a la misma temperatura en el caso de los menudos, aunque es más alta que la de las arcillas cocidas a temperaturas normales.

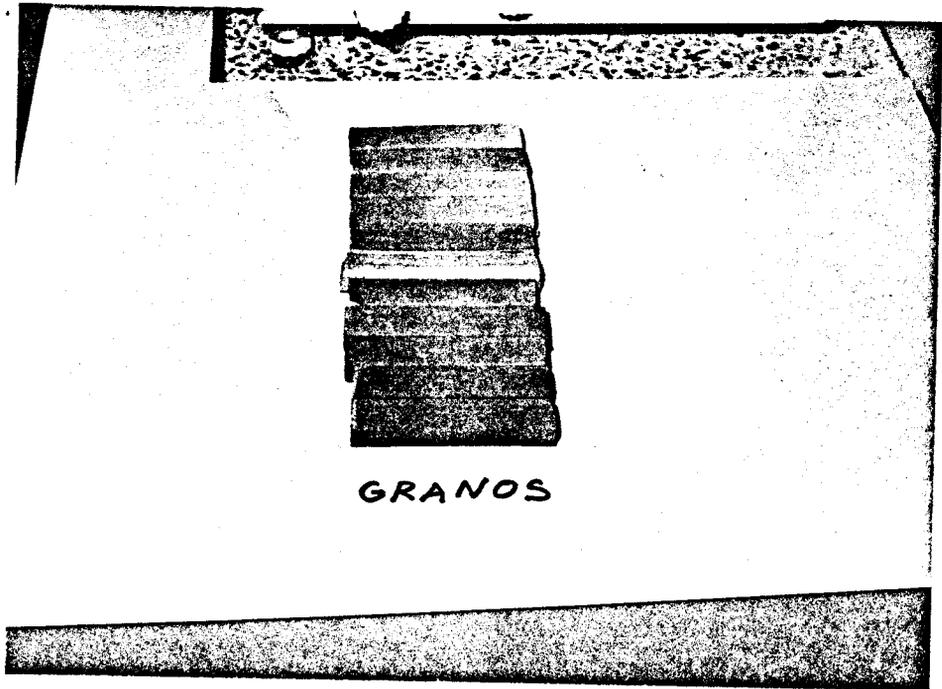
En las cocidas a 920 °C la resistencia es de 249 Kg/cm², valor inferior al de las cocidas a 1.025 °C y al de las probetas de arcilla, debido a una combustión incompleta del carbón, lo que le da una menor resistencia. De ello se deduce que este material deberá cocerse a temperaturas superiores a los 920 °C.

Referente a la absorción los valores medios son del 10,5 y 14,7% para las probetas cocidas a 1.025 y 920 °C, respectivamente, los cuales están de acuerdo con las cifras obtenidas para la resistencia.

Aunque en este caso se ha partido de unos datos base procedentes de las pruebas realizadas con los menudos y, por lo tanto, no se han variado alguno de los factores como pueden ser diferentes granulometrías, tiempos de secado, etc., son aplicables las conclusiones deducidas en aquellos para el caso de los granos.

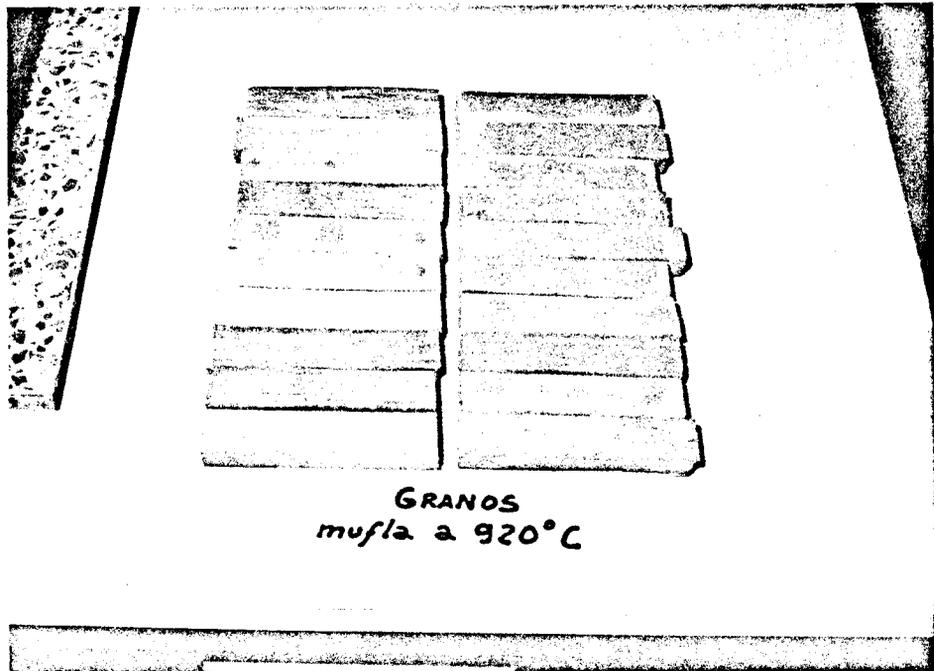
En resumen, se puede decir que los estériles de granos sirven para la obtención de ladrillos y sus características mejoran en cierto modo los fabricados con arcilla.

1



GRANOS

2



GRANOS
mufla a 920°C



HUNOSA

Dirección de Desarrollo Industrial

8. MEZCLAS DE ESTERILES Y SERRIN

8.1 OBJETIVO

Con objeto de estudiar las posibilidades de los estériles para la fabricación de ladrillos más aislantes que los que actualmente se obtienen con arcilla, debido a que las normas actuales exigen un aislamiento térmico importante, así como obtener ladrillos de menor peso, etc, se han realizado pruebas de laboratorio mezclando estériles de granos y menudos con serrín en unas proporciones del 90 y 10 %, respectivamente. Estos tantos por ciento fueron elegidos con el fin de usar la mayor cantidad de estériles, no usar una cantidad excesiva de serrín que, por una parte, no permitiese ligar bien a la mezcla, y, por otra, no se obtuviese un ladrillo demasiado poroso que presentase problemas a la hora de su colocación en obra. Asimismo debe tenerse en cuenta que estas pruebas se realizaron para estudiar una posibilidad que pueda servir de base para un posterior estudio o aplicación a nivel industrial.

8.2 PRUEBAS Y RESULTADOS

La granulometría usada en ambos tipos de estériles fue la correspondiente a la de la muestra F en los menudos, la cual se recoge en el Cuadro I.

Cuadro I
Granulometría estériles

<u>Tamiz</u> <u>mm</u>	<u>%</u>
0,5 - 0,1	50
0,1	50

El serrín usado procedía de la Sierra de Parque de Maderas de

Mieres.

A este efecto se mezcló de forma manual cada uno de los dos tipos de estériles con el serrín en las proporciones señaladas anteriormente hasta conseguir una mezcla homogénea.

A continuación se fue añadiendo agua hasta lograr la humedad adecuada para su amasado. A este efecto hay que reseñar que la consecución del amasado correcto fue laboriosa debido al serrín, necesitándose un mayor tiempo que en el caso de usar estériles solamente.

En ambos casos, una vez conseguida la pasta, se observó una buena plasticidad de la misma.

A continuación se fabricaron probetas con cada una de las dos mezclas, pudiéndose comprobar que no existía calentamiento alguno en el molde y que la máquina de extrusión trabajaba correctamente.

Por otra parte, se observó que las probetas salían sin dificultad, con ausencia total de grietas, una buena textura, un corte fácil y una buena cohesión.

Aunque no se determinó la humedad de las probetas a la salida, ésta, por la cantidad de agua añadida, es superior a la obtenida para los estériles sólo, alrededor de un 2 % más, debido a la absorción del serrín.

Asimismo y dado que no era este el objetivo de estas pruebas, no se determinó el tiempo óptimo del secado, por lo cual se efectuó en el secadero industrial de Rubiera Cedefasa empleando su tiempo y temperaturas normales. Tampoco se determinó la retracción en el secado.

Se verificó que en éste no hubo probetas rotas ni por manipulación ni por secado. Tampoco se observó la aparición de grietas. Además se comprobó que la textura seguía siendo buena al igual que se cohesión.

En cuanto a la resistencia en seco se ha usado la misma máquina Multitester que para las pruebas de los menudos. Al igual que - en casos anteriores, y debido a que se superponía un efecto de compactación, no se observó un corte claro en la lectura del - comparador.

A continuación se cocieron en un horno mufla siguiendo la curva dada por el procedimiento francés a 1.025° C y cuyo programa de aumentos ya fue detallado en la descripción de las pruebas de los menudos.

Las probetas una vez cocidas poseen, en ambos casos un color rojo claro, como se puede ver en las Fotos N^o 1 y 2. La parte más clara que se aprecia en algunas de ellas fue debido a que se encontraban más cerca de la entrada de la mufla con lo cual la temperatura era menor.

Los resultados obtenidos en ambos casos se reflejan a continuación.

Respecto a la conductividad térmica, factor importante con respecto al aislamiento, no se pudo determinar por no tener conocimiento de un aparato en España para probetas de laboratorio, ya que los que existen es para piezas cilíndricas de 100 mm de diámetro y 25 mm de alto.

8.2.1. Granos + serrín (G - S - 10)

En este caso se mezclaron estériles de granos con la granulometría indicada y serrín, en las proporciones - del 90 y 10 %, respectivamente, a cuya muestra se la denominó G - S - 10.

Como se describió de una manera general, no existieron problemas en la extrusora y las probetas presentaban buena calidad.

Una vez cocidas a 1.025° C, se determinó la retracción lineal por cocción, siendo los resultados los reflejados en el Cuadro I, de donde se deduce que:

CUADRO I

Muestra G-S-10

Retracción lineal por cocción

<u>Probeta número</u>	<u>Medidas (mm)</u>		<u>% Retracción</u>
	<u>S e c a</u>	<u>Cocida</u>	
2	116,25	112,25	3,4
3	115,25	111,50	3,3
4	118,90	113,50	4,5
6	116,00	111,45	3,9
7	114,90	109,80	4,4
8	114,25	110,40	3,4
10	115,30	111,50	3,3
11	115,15	110,45	4,1
12	117,00	111,50	4,7
14	115,10	109,95	4,5
15	113,40	107,75	5,0
16	116,30	109,70	5,7
18	116,55	109,85	5,7
20	118,35	113,00	4,5
21	113,60	107,55	5,3
23	114,55	108,80	5,0
24	115,80	109,50	5,4
Media			4,8

- El valor medio es del 4,8 %
- Los valores individuales están bastante dispersos
- La media coincide con la obtenida en la prueba hecha con los granos, lo cual es lógico ya que el serrín entra solo en un 10 %.

Por otra parte, se ha observado una pérdida de peso en las probetas cocidas como se desprende del Cuadro II - donde figuran los pesos de las probetas secas y cocidas y del cual se deduce que:

CUADRO II

Muestra G-S-10

Pérdida de peso en la Cocción

<u>Probeta número</u>	<u>P e s o e n (g)</u>		<u>% Pérdida de peso</u>
	<u>S e c a</u>	<u>Cocida</u>	
2	74,69	58,81	21,3
3	74,19	58,40	21,3
4	73,84	58,33	21,0
6	74,59	58,73	21,3
7	74,17	58,30	21,4
8	73,66	58,00	21,3
10	74,26	58,53	21,2
11	74,15	58,42	21,2
12	78,85	61,95	21,4
14	75,51	59,37	21,4
15	72,97	57,38	21,4
16	75,00	58,92	21,4
18	75,59	59,41	21,4
20	76,34	60,04	21,4
21	73,69	57,90	21,4
23	73,58	57,83	21,4
24	74,24	58,36	21,4
Media			21,3

- La media es del 21,3 %, valor bastante más alto que la de los granos sólo, lo cual es debido al serrín que entra en la mezcla.
- Los valores individuales están muy aproximados, lo que demuestra que la mezcla se ha realizado bien.

En cuanto a la resistencia a compresión, los resultados figuran en en Cuadro III.

CUADRO III

Muestra G-S-10

Resistencia a compresión

<u>Probeta Número</u>	<u>Medidas (cm)</u>		<u>Superfi- cie (cm²)</u>	<u>Carga (Kg)</u>	<u>Resistencia (Kg/cm²)</u>
	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>			
3	11,15	2,47	27,54	5.500	200
7	10,98	2,445	26,85	5.650	210
11	11,045	2,43	26,84	4.350	162
15	10,775	2,42	26,08	4.800	184
20	11,30	2,42	27,35	4.850	177
21	10,755	2,43	26,13	4.850	185
Media					186

De dicho Cuadro se deduce que la resistencia a compresión media es de 186 Kg/cm² bastante menor que en caso de usar los granos solamente, debido a la presencia de serrín.

En cuanto a la absorción los datos se recogen en el Cuadro IV, de donde se deduce que la absorción media es del 16,9 %, mayor que si se usasen granos solamente, como -- consecuencia del serrín existente en la mezcla.

CUADRO IVMuestra G-S-10A b s o r c i ó n

<u>Probeta Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>% Absorción</u>
	<u>Antes</u>	<u>Después</u>	
2	34,00	40,34	18,6
4	29,55	34,95	18,3
6	26,63	31,56	18,5
8	34,18	40,07	17,2
10	36,01	42,02	16,7
14	31,46	36,65	16,5
16	34,94	40,58	16,1
18	33,39	38,30	14,7
24	29,43	33,92	15,2
Media			16,9

Por otra parte , la densidad aparente de las probetas cocidas a 1.025° C en horno mufla se deduce de los datos del Cuadro V.

CUADRO VMuestra G-S-10Densidad aparente

<u>Probeta Número</u>	<u>Superficie (cm²)</u>	<u>Alto (cm)</u>	<u>Volumen (cm³)</u>	<u>Peso (g)</u>	<u>Densidad (g/cm³)</u>
2	27,81	1,46	40,60	61,31	1,51
3	27,54	1,45	39,93	60,29	1,51
4	28,60	1,50	42,90	64,35	1,50
6	27,47	1,46	40,11	60,57	1,51
7	26,85	1,45	38,93	58,30	1,50
8	26,88	1,42	38,17	58,00	1,52

<u>Probeta Número</u>	<u>Superficie (cm²)</u>	<u>Alto (cm)</u>	<u>Volumen (cm³)</u>	<u>Peso (g)</u>	<u>Densidad (g/cm³)</u>
10	27,21	1,43	38,91	58,53	1,50
11	26,84	1,42	38,11	58,42	1,53
12	26,76	1,40	37,46	59,56	1,59
14	26,72	1,43	38,21	59,37	1,55
15	26,08	1,42	37,03	57,38	1,55
16	26,77	1,43	38,18	58,92	1,54
18	26,36	1,42	37,43	59,41	1,59
20	27,35	1,44	39,38	60,04	1,53
21	26,13	1,41	36,84	57,90	1,57
23	26,17	1,40	36,64	57,83	1,58
24	26,33	1,40	36,86	58,36	1,58
Media					1,54

Esta densidad, cuya media es de 1,54 g/cm³ es bastante menor que en el caso de que se usasen los estériles de granos sólo, debido a haber añadido serrín.

8.2.2. Menudos + Serrín (M - S - 10)

Al igual que con los granos, en este caso se mezclaron estériles de menudos con la granulometría indicada al principio y serrín en las proporciones del 90 y 10 %, respectivamente, a cuya muestra se la denominó M-S-10.

No existieron problemas en la extrusionadora y las probetas presentaban buena calidad.

Una vez cocidas en horno mufla a 1.025° C, se determinó la retracción lineal en la cocción, cuyos datos se reflejan en el Cuadro VI y del cual se deduce que la media es del 4,3 %, valor un 1 % más bajo que el de las

CUADRO VIMuestra M-S-10Retracción lineal en la cocción

<u>Probeta</u> <u>Número</u>	<u>Medidas (mm)</u>		<u>%</u> <u>Retracción</u>
	<u>S e c a</u>	<u>Cocida</u>	
1	114,20	109,95	3,7
2	119,25	115,20	3,4
3	122,20	118,00	3,4
5	118,40	114,10	3,6
6	115,50	111,85	3,2
7	117,45	113,60	3,3
8	115,85	112,10	3,2
9	117,35	111,80	4,7
10	112,50	107,35	4,6
11	115,35	110,00	4,6
12	116,60	111,00	4,8
13	113,60	107,60	5,3
14	117,15	111,90	4,5
15	117,60	110,95	5,6
16	117,20	110,80	5,5
17	115,85	109,80	5,2
Media			4,3

probetas de menudos con la misma granulometría y cocidas a igual temperatura. No obstante se observan dos niveles de valores, de los cuales el más alto es similar a la media de los menudos. Los valores más bajos corresponden a las probetas cocidas más próximas a la entrada del horno mufla.

En cuanto a la pérdida de peso, Cuadro VII, en este caso la media es del 21,7 %, mayor que en el caso de los

menudos usados solos debido a la adición del serrín y valor muy parecido al obtenido anteriormente con la mezcla de granos y serrín.

CUADRO VII

Muestra M-S-10

Pérdida de peso en la cocción

<u>Probeta Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>% Pérdida de peso</u>
	<u>S e c a</u>	<u>Cocida</u>	
1	73,56	57,50	21,7
2	75,36	59,45	21,1
3	78,55	61,72	21,4
5	72,99	57,22	21,6
6	74,67	58,66	21,5
7	85,92	67,32	21,6
8	75,66	59,09	21,8
9	76,22	59,58	21,8
10	72,44	56,64	21,8
11	75,94	59,35	21,8
12	76,28	59,63	21,8
13	78,20	61,14	21,8
14	75,73	59,20	21,8
15	77,11	60,20	21,9
16	76,36	59,64	21,9
17	75,03	58,62	21,9
Media			21,7

Respecto a la resistencia a la compresión los resultados figuran en el Cuadro VIII, del cual se deduce que:

CUADRO VIIIMuestra M-S-10Resistencia a la compresión

<u>Probeta Número</u>	<u>Medidas (cm)</u>		<u>Superficie (cm²)</u>	<u>Carga (Kg)</u>	<u>Resistencia (Kg/cm²)</u>
	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>			
3	11,80	2,48	29,26	5.950	203
7	11,36	2,61	29,65	3.850	130
13	10,76	2,46	26,47	5.300	200
15	11,09	2,40	26,62	6.950	261
17	10,98	2,40	26,35	4,850	184
Media					196

- El valor medio es de 196 Kg/cm² aproximado, aunque un poco mayor que el obtenido con la mezcla de granos y serrín.
- Es mucho menor que el conseguido con los menudos solamente con la misma granulometría y cocidas a igual temperatura debido a la adición de serrín en la mezcla.
- Los valores mayores de las resistencias coinciden, en general con las menores contracciones, lo cual viene a confirmar lo expuesto anteriormente.

En lo relativo a la absorción de agua, los datos obtenidos figuran en el Cuadro IX, donde se ve que la media es del 18,1 %. Se observa, asimismo, que los valores coinciden de una forma general, con la retracción lineal y las pérdidas de peso en la cocción para esta misma muestra. Sin embargo, es mayor la absorción para la mezcla menudos y serrín que para la de los granos y serrín, aun a pesar de ser un poco menor la resistencia en este último caso. Ello puede ser debido a que como hubo probetas

cocidas cerca de la entrada del horno mufla, es decir, en realidad han sido cocidas a una menor temperatura, sus valores en la absorción aumentan, con lo cual elevan la media, lo cual parece ser corroborado por la menor contracción sufrida.

CUADRO IX

Muestra M-S-10

A B S O R C I O N

<u>Probeta Número</u>	<u>P e s o (g)</u>		<u>% Absorción</u>
	<u>Antes</u>	<u>Después</u>	
2	32,22	40,00	24,1
6	34,11	40,29	18,1
8	36,64	43,44	18,6
10	33,26	38,89	16,9
12	35,17	41,13	16,9
14	35,63	41,70	17,0
16	33,66	38,64	14,8
Media			18,1

Por otra parte se ha calculado la densidad aparente de las probetas, cuyos datos se reflejan en el Cuadro X y del que se deduce que el valor medio es de $1,50 \text{ g/cm}^3$ ligeramente menor que en el caso de la mezcla granos y serrín, debido a las causas aducidas anteriormente, ya que se observa que las de menor densidad coincide con las de menor contracción.

8.3. CONCLUSIONES

De lo expuesto anteriormente se deduce que se pueden fabricar ladrillos de menor peso a partir de los estériles de -

granos y menudos de los lavaderos de carbón mezclándolos.

CUADRO X

Muestra M-S-10

Densidad Aparente

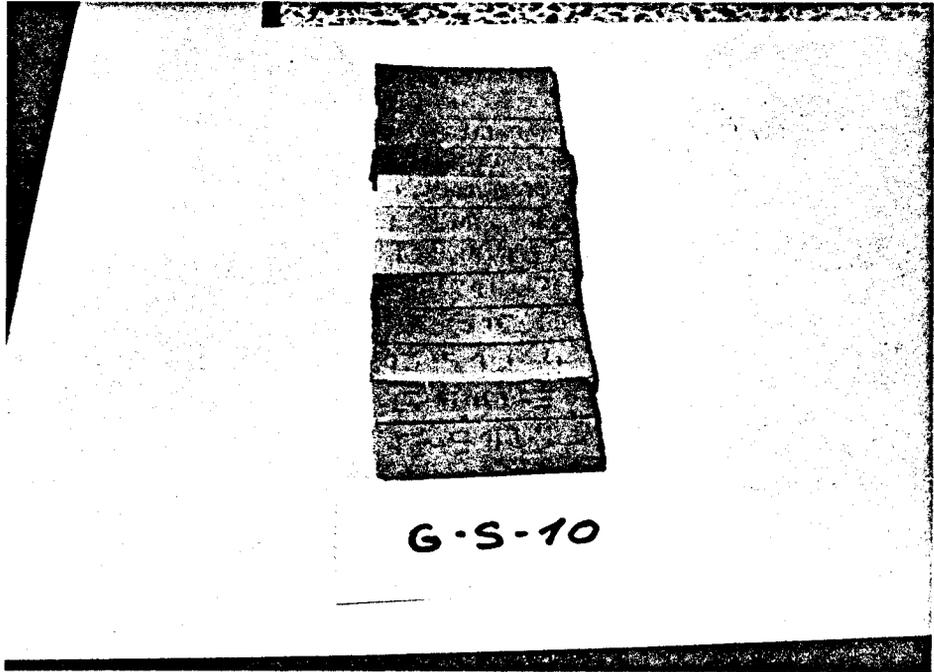
<u>Probeta Número</u>	<u>Superficie (cm²)</u>	<u>Altura (cm)</u>	<u>Volumen (cm³)</u>	<u>Peso (g)</u>	<u>Densidad Aparente (g/cm³)</u>
1	27,43	1,47	40,322	57,60	1,43
2	29,20	1,49	43,508	59,45	1,37
3	29,32	1,47	43,100	61,72	1,43
5	27,95	1,45	40,527	57,22	1,41
6	27,74	1,46	40,500	58,66	1,45
7	29,65	1,52	45,068	67,32	1,49
8	27,74	1,46	40,500	59,10	1,46
9	27,28	1,46	39,829	59,58	1,50
10	26,09	1,41	36,797	56,64	1,54
11	27,06	1,46	39,508	59,35	1,50
12	26,92	1,48	39,842	59,63	1,50
13	26,47	1,47	38,911	61,14	1,57
14	27,30	1,42	38,766	59,20	1,53
15	26,63	1,41	37,548	60,20	1,60
16	26,81	1,42	38,070	59,64	1,57
17	26,35	1,40	36,89	58,62	1,59
Media					1,50

con serrin.

No obstante estas pruebas han sido realizadas a título orientativo, por lo cual, y al objeto de determinar los parámetros necesarios, habría que realizar un estudio más exhaustivo.

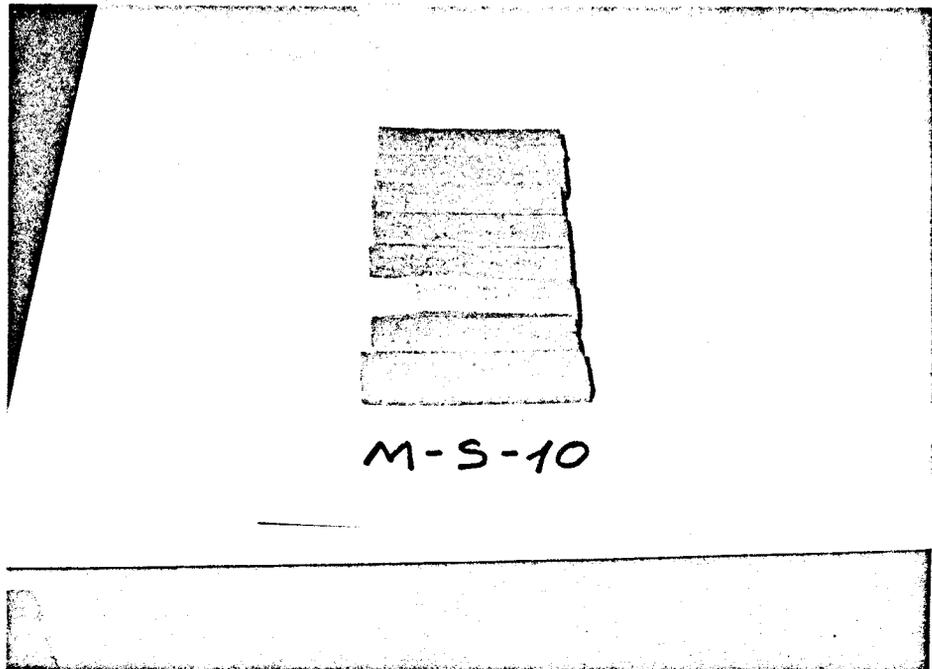
aunque no se ha podido determinar la conductividad de las probetas, a la vista de los resultados de la densidad serán más porosas por lo cual cabe esperar que sean más aislantes.

1



G-S-10

2



M-S-10



HUNOSA

Dirección de Desarrollo Industrial

9 - PRUEBAS PARA LA COMPROBACION DEL AHORRO DE ENERGIA EN LA FABRICACION DE LADRILLOS CUANDO SE USAN ESTERILES DE LAVADERO.-

9.1. - INTRODUCCION

En las pruebas realizadas con los diferentes tipos de estériles de lavadero, se ha comprobado que éstos sirven como materia prima para la industria cerámica, bien solos o bien mezclándolos con arcilla como es el caso de los estériles de finos por las razones aducidas en el informe correspondiente. Es decir, los estériles de lavadero se pueden utilizar como materia prima en la industria cerámica en sustitución de la arcilla.

Por otra parte y dado que una de las características esenciales de los estériles de los lavaderos es que llevan carbón — uniformemente distribuido por toda su masa, se pensó, como es lógico, que con el uso de los estériles en dichas industrias, se produciría un ahorro energético.

Lo anterior condujo a que se realizasen unas pruebas de laboratorio que demostrasen esta hipótesis. Ahora bien, dadas las limitaciones que se tenían, el objetivo principal de las mismas fué la estimación cualitativa del ahorro energético y no la valoración cuantitativa de éste. Por tanto, los resultados de estas pruebas deben tomarse a título orientativo.

Entre las limitaciones más importantes se pueden mencionar:

- El contador no aprecia fracciones de kilowatio, con lo cual los resultados se tuvieron que dar en unidades enteras, salvo en dos casos, lo que si bien para una apreciación cualitativa tiene menor importancia, para el cálculo cuantitati-

vo es imprescindible la fracción como se verá más adelante.

Por otra parte, en el consumo va incluido el gasto efectuado por las bombillas de la mufla que, aunque se puede descontar del mismo, a los efectos de estas pruebas no tienen significación. Si bien para el cálculo cuantitativo exhaustivo se debería restar, no se hace ya que existen otros factores que poseen más influencia.

- La imposibilidad de insuflar aire caliente en el precalentamiento del material, sobre todo cuando se usaron estériles, ya que se podría elevar la temperatura del mismo sin consumir energía, al combustionar el carbón que contienen.
- La gran masa del horno con respecto a la masa de ladrillos a cocer ya que esto influye en el consumo, principalmente cuando se usan curvas de cocción diferentes.
- Desconocimiento de las características de conductividad, pérdidas de calor, etc., de la mufla, al ser reformada por HUNOSA con posterioridad a su adquisición, y que se deben tener en cuenta ya que las pérdidas de calor aumentan al elevarse la temperatura, lo cual influye cuando se usan curvas de cocción diferentes.

9.2. - DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS Y RESULTADOS

Con objeto de obtener unos datos que sirvan de base para efectuar una estimación, aunque sea de forma cualitativa, y realizar comparaciones cuando se usan diferentes materias primas, es necesario determinar el consumo de energía, por lo cual se acopló a la mufla del laboratorio un contador normal de energía eléctrica, como puede verse en la Foto Nº 1.

Una vez colocado dicho contador se realizaron diferentes pruebas de cocción usando los materiales formados por estériles. - Es decir, se cocieron probetas de arcilla, estériles de menudos y de granos, mezclas de arcilla y estériles de finos en las proporciones del 20, 30 y 40% y de mezclas de estériles de granos y menudos con serrín en la proporción del 10%.

Estas probetas se cocieron siguiendo las curvas de cocción de Rubiera Cedefasa, hasta 920 °C y la del procedimiento francés, hasta 1.025 °C, para lo cual se fué elevando la temperatura conforme se indicó en informes anteriores.

Por otra parte, se realizaron dos pruebas en blanco, o sea, sin introducir material alguno, una para cada curva de cocción, al objeto de determinar el consumo por el calentamiento del horno siguiendo dichas curvas.

Los resultados de las pruebas anteriores se reflejan en el Cuadro I.

CUADRO I

CONSUMO ENERGIA

Curva de cocción	Tipo de material	Consumo Kw	Peso material introducido (g)
Rubiera	en blanco	14	-
	arcilla	15	1695,32
Cedefasa	granos	12	1691,95
	blanco	36	-
Procedimiento	menudos	32	1826,55
	granos	32	1971,68
	arcilla	36	1724,40
	AF-20	34,5	1758,23
francés	AF-30	33,5	1763,50
	AF-40	33	1785,02
	M-S-10	34	1219,94
	G-S-10	33	1269,72

9.3. - DEDUCCIONES

De los resultados reflejados en el cuadro I se puede deducir - que:

- Para una misma temperatura, usando los estériles de lavadero el consumo de energía es menor que si se usa arcilla o que la prueba en blanco, lo que demuestra claramente que existe un ahorro de energía.

- Para una misma temperatura se observa que la diferencia entre la prueba en blanco y la arcilla es muy pequeña e inclusive igual como sucede en el caso de la cocción de la curva del procedimiento francés. El principal motivo, sobre todo - en el segundo caso es debido a que la relación masa del horno/masa de arcilla es muy grande lo cual trae consigo el que sea prácticamente igual calentar el horno solo o con arcilla a una temperatura. Otro motivo, de menor importancia, pero - que podría aclarar los consumos, es que el contador no aprecia fracciones de kilowatio.

- El consumo de energía siguiendo las dos curvas de cocción es casi tres veces mayor en el caso del procedimiento francés - que en el de Rubiera Cedefasa

Ello es debido a que las pérdidas de calor son más elevadas a medida que se aumenta la temperatura.

- Las diferencias de consumo entre las pruebas en blanco y las de los estériles, por ejemplo la de los granos que se ha calculado en ambas, son de -2 y -4 Kw para la de Rubiera Cedefa sa y la del procedimiento francés, respectivamente.

Desechando que en el segundo caso se han introducido 180 g. más que en el primero, se deduce que siguiendo la curva de cocción de Rubiera Cedefasa no se ha combustionado todo el carbón ya que ambas diferencias deberían ser iguales, de ahí que en este caso aparezca corazón negro en las probetas.

- En el caso de las probetas obtenidas por mezcla de arcilla y estériles de finos, la diferencia entre la prueba en blanco y la de aquéllas vá aumentando a medida que se incrementó el porcentaje de estériles, como era de esperar.
- Se produce el mismo ahorro de energía cuando se utilizan estériles de granos o de menudos. No obstante, dado los contenidos de carbón de ambos estériles, el ahorro debería ser mayor en los menudos. La causa de esta igualdad se estima es debido a que el contador no aprecia fracciones de Kw por lo que hay que redondear.
- Coinciden con bastante aproximación los ahorros de energía de los estériles de menudos o granos y los de las mezclas de arcillas y finos, dados sus contenidos en carbón.
- Las mezclas de estériles de serrín y estériles tienen ahorros de energía similares a los de los estériles de granos o menudos. Teniendo en cuenta el menor peso introducido, de lo cuál se deduce que el 10% de serrín equivale, aproximadamente, al mismo % de estériles.

Aunque, como se dijo al principio de este informe, al objetivo de estas pruebas era efectuar unas estimaciones cualitativas sobre el ahorro de energía cuando se usan los estériles de lavaderos, se hará un balance térmico con el fin de obtener otras

deducciones y ver la posibilidad de conseguir alguna deducción cuantitativa.

Si llamamos:

Q_0 = calor necesario para completar un ciclo de cocción en el horno.

Q_h = calor calentamiento del horno

Q_p = pérdidas de calor por las paredes.

Q_g = Pérdidas de calor por los gases

Q_c = calor necesario para la cocción de las probetas

Q_A = calor aportado por la materia prima.

Q_R = calor necesario para las transformaciones físicas y químicas durante la cocción

Por tanto, en la marcha normal del horno, se tendrá que

$$Q_0 = Q_h + Q_p + Q_g + Q_c + Q_R - Q_A$$

9.3.1. - Curva Rubiera - Cedefasa

En este caso, sustituyendo datos, se tiene:

- en blanco $14 = Q_{hb} + Q_{pb} + Q_{gb}$

ya que $Q_c = 0$ y $Q_A = 0$ al no haber probetas.

- arcilla $15 = Q_{ha} + Q_{pa} + Q_{ga} + Q_{ca} + Q_{Ra}$

ya que $Q_A = 0$ al no aportar ésta calor alguno

- granos $12 = Q_{hg} + Q_{pg} + Q_{Gg} + Q_{cg} + Q_{Rg} - Q_{Ag}$

ya que en este caso la materia prima sí aporta energía.

Restando entre sí las dos primeras, se obtiene:

$$1 = (Q_{hO} - Q_{hb}) + (Q_{pa} - Q_{pb}) + (Q_{ga} - Q_{gb}) + Q_{ca}$$

como se trata de la misma temperatura

$$Q_{ha} = Q_{hb} ; Q_{pa} = Q_{pb}$$

y se puede suponer que $Q_{ga} = Q_{gb}$ ya que la variación de la cantidad de gases va a ser muy pequeña, luego:

$$1 = Q_{ca} + Q_{Ra}$$

Teniendo en cuenta que:

$$Q_c = m q_e \Delta T$$

siendo:

m = masa del material introducido, Kg.

q_e = calor específico del material, Kcal/Kg. °C

ΔT = incremento de temperatura °C

$$1 = m_a q_{e_a} T_a + Q_{Ra}$$

Tomando, para la arcilla, $q_{e_a} = 0,21$ Kcal/Kg. °C, como valor medio, e $\Delta T = 820$ °C ya que se comenzó a leer en el contador cuando el horno mufla había alcanzado 100 °C, nos queda:

$$1 Kw = 1,695 Kg. 0,21 Kcal/Kg °C 820 °C + Q_{Ra}$$

dado que 1 Kw = 860 Kcal, se tiene:

$$860 Kcal = 1,695 . 0,21 Kcal/Kg °C 820 °C + Q_{Ra}$$

de donde $Q_{Ra} = 568$ Kcal, es decir, el calor absorbido por las transformaciones físicas y químicas durante la cocción por esta cantidad de arcilla es de 568 Kcal, o lo que es lo mismo 335 Kcal/Kg.

De los anterior se tiene que el calor necesario para elevar la temperatura de esa masa de arcilla desde 100 a 920 °C es de 292 Kcal, por lo tanto equivaldrá a 172 Kcal/Kg.

Por otra parte se deduce que en la cocción total (calor necesario para elevar la temperatura de 100 a 920 °C y el absorbido por las transformaciones físicas y químicas) se gastan:

$$\frac{860 \text{ Kcal}}{1.695 \text{ Kg}} \approx 500 \text{ Kcal/Kg.}$$

En el caso de restar entre sí las ecuaciones segunda y tercera, dado que $Q_{h_a} = Q_{h_g}$ y $Q_{p_a} = Q_{p_s}$ y que los gases (aire) van a ser muy aproximados, en cuanto a cantidad, en ambos casos, o sea $Q_{G_a} = Q_{G_g}$, quedaría

$$3 = Q_{c_a} + Q_{R_a} - Q_{c_g} - Q_{R_g} + Q_{A_g}$$

y teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, resultaría

$$3 = (m_a q_{e_a} \Delta T_a - m_g q_{e_g} \Delta T_g) + (Q_{R_a} - Q_{R_g}) + Q_{A_g}$$

como quiera que q_e vá a ser prácticamente igual para ambos materiales, la temperatura de cocción es la misma y que la masa es $m_a = 1,695$ y $m_g = 1,692$ el primer término del segundo miembro se anula.

Asímismo dado que la composición mineralógica de los estériles es similar a la de la arcilla, las transformaciones serán idénticas y necesitarán el mismo calor, por lo que también se anulan. De ello se deduce que:

$$3 \text{ Kw} = Q_{Ag}$$

o sea el aporte de calor de la cantidad de estériles de granos es de $3 \times 860 = 2.580 \text{ Kcal}$, es decir $1,525 \text{ Kcal/Kg}$, valor muy alto comparado con su poder calorífico inferior a 600 Kcal/Kg .

Curva del procedimiento francés

En este caso con respecto a la arcilla no se pueden sacar deducciones puesto que su consumo en relación con la prueba en blanco no ha variado debido a la temperatura que se ha operado y la relación masa del horno/masa de los estériles ya que las pérdidas de calor son muy elevadas.

Por ello, se tiene

$$\text{- en blanco} \quad 36 = Q_{hb} + Q_{pb} + Q_{Gb}$$

$$\text{- granos} \quad 32 = Q_{hg} + Q_{pg} + Q_{Gg} + Q_{cg} + Q_{Rg} - Q_{Ag}$$

$$\text{- arcilla-finos 20\%} \quad 34,5 = Q_{h20} + Q_{p20} + Q_{G20} + Q_{c20} + Q_{R20} - Q_{A20}$$

$$\text{- arcilla-finos 30\%} \quad 33,5 = Q_{h30} + Q_{p30} + Q_{G30} + Q_{c30} + Q_{R30} - Q_{A30}$$

$$\text{- arcilla finos 40\%} \quad 33 = Q_{h40} + Q_{p40} + Q_{G40} + Q_{c40} + Q_{e40} - Q_{A40}$$

Restando entre si la primera y segunda y dado que $Q_{hb} = Q_{pg}$ y suponiendo que la cantidad de aire sea la misma, o sea $Q_{Gb} = Q_{Gg}$, quedaría

$$4 = Q_{cg} + Q_{Rg} - Q_{Ag}$$

sustituyendo $Q_{Ag} = m_g c_{Pg} \Delta T_g$ y $Q_{Ag} = m_g \cdot 335 \text{ Kcal/Kg.}$
 valor sacado del caso anterior ya que las transformaciones van a ser las mismas, se tiene:

$$860 \text{ Kcal/Kw.} \cdot 4 \text{ Kw} = 1.972 \cdot 0,21 \cdot 925 + 1.972 \cdot 335 = Q_{Ag}$$

En la temperatura figuran 925°C ya que aunque se coció a 1.025°C se comenzó a contar a partir de 100°C , luego

$$Q_{Ag} = - 2.396 \text{ Kcal}$$

es decir, hay un aporte calorífico de esta cantidad, - lo que equivale a 1.215 Kcal/Kg. , valor muy alto con respecto al poder calorífico inferior, $\sim 600 \text{ Kcal/Kg.}$

Si se restan las ecuaciones cuarta de la tercera, se tiene

$$1 = (Q_{e20} - Q_{c30}) + (Q_{R20} - Q_{R30}) + (Q_{A30} - Q_{A20})$$

substituyendo datos y considerando que las masas son - prácticamente iguales, se tiene que:

$$860 \text{ Kcal} = Q_A \cdot 0,3 - Q_A \cdot 0,20 \text{ o sea,}$$

$$860 \text{ Kcal} = Q_A (0,3 - 0,20)$$

de donde $Q_A = 8.600 \text{ Kcal}$

o lo que es lo mismo $Q_A = 4.892 \text{ Kcal/Kg.}$ valor muy alto con su poder calorífico inferior, $\sim 950 \text{ Kcal/Kg.}$

Si se restan la ecuación quinta de la tercera y se sigue el funcionamiento, se tiene

$$1,5 \text{ Kw} = Q_A \cdot 0,4 - Q_A \cdot 0,20 = Q_A \cdot 0,2$$

o sea $1.290 \text{ Kcal} = 0,2 Q_A$

$$Q_A = 6.450 \text{ Kcal} = 3.644 \text{ Kcal/Kg.}$$

valor menor que el anterior pero que es alto todavía.

Si se restan la quinta de la cuarta, se obtendría

$$0,5 Kw = 430 Kcal = 0,1 Q_A$$

de donde

$$Q_A = 4.300 Kcal = 2.429 Kcal/Kg.$$

valor bastante superior al poder calorífico inferior.

Si estas tres ecuaciones las restamos de la prueba en blanco nos dan tres ecuaciones con tres incógnitas pero que no son homogéneas, por lo cual no se puede hallar el valor de las incógnitas.

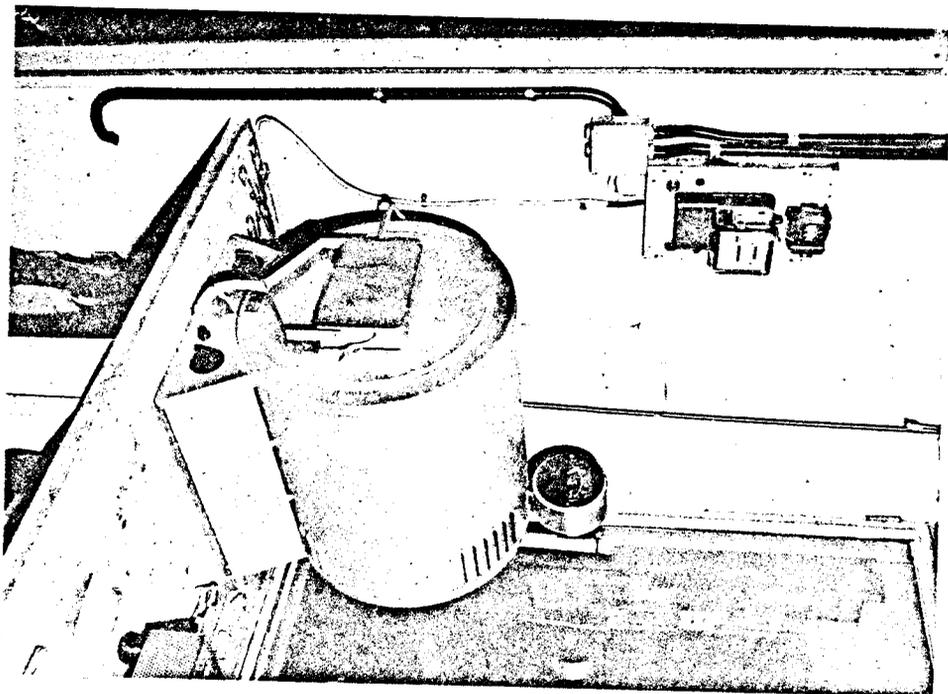
De lo dicho anteriormente se deduce que según se realizaron las pruebas no se pueden sacar conclusiones de tipo cuantitativo que sean fiables.

Las razones más importantes son que el contador no aprecia fracciones de kilowatio, lo cual hace que en cantidades pequeñas de material haga variar de forma importante los resultados, se mide la potencia calorífica teórica, no la útil, no se midió el volumen de aire y gases desprendido por falta de medios, etc.

Como orientación para datos se tiene que en un horno-túnel que funcione en condiciones óptimas el consumo es de 30 Kg. fuel/t arcilla, (285 Kcal/Kg) estando dividido el aporte calorífico de la siguiente manera:

- Tiro aire	29%
- Recuperación	33%
- Muros	3%
- Salida vagonetas	7%
- Cocción y reacciones,	28%

No obstante, el objetivo perseguido de las estimaciones cualitativas se ha conseguido de forma adecuada.



7.- ANALISIS

- . INFORME DE LA E.T.S.I.M.O. DE MAYO 1978
- . INFORME DE LA E.T.S.I.M.O. DE DICIEMBRE 1980
- . F.L. SMIDTH
- . FULLER COMPANY

EMPRESA NACIONAL HULLERAS DEL NORTE

" Estudio de los estériles de lavadero "

Informe: Mayo 1978.

I. - Introducción. -

El presente informe corresponde al estudio de 318 muestras de estéril de lavadero procedentes de Modesta y Mieres con tres granulometrías diferentes, granos, menudos y finos, recogidas a lo largo de 4-6 meses según las condiciones del contrato entre Hunosa y la Cátedra de Metalurgia de E. T. S, I. M. O. -

Comprende la primera parte : desmuestra más intensivo de muestras realizadas a corto plazo, con el fin de conocer los estériles y su uniformidad. -

Posteriormente se estudiarán unas 182 muestras a lo largo de nueve meses con el fin fundamental de contrastar con el tiempo las conclusiones de esta primera parte. -

II. - Análisis mineralógico. -

Especies mineralógicas detectadas. -

Minerales arcillosos : Ilita
Caolinita
Clorita
Interestratificados
Trazas de montmorillonita
Trazas de Atapulgita.

Otros minerales : Cuarzo .
 Siderita .
 Calcita .
 Pirita .
 Feldespato.
 Rutilo.

Análisis semicuantitativo. -

* %	Granos	Menudos	Finos
Caolinita	9,8	14,4	15,6
Clorita	8,4	8,0	9,4
Ilita	46,0	49,6	41,0
Interestra.	5,6	8,0	12,0
Cuarzo	20,0	10,0	5,0
Otros	10,0	10,0	15,0

* Valores medios de las muestras analizadas.

Conclusiones. -

No existen diferencias notables en la composición mineralógica de las muestras procedentes de uno y otro lavadero.-

La fracción arcillosa está formada por ilita, kaolinita, clorita ferrífera, montmorillonita (en muy pequeñas proporciones), interestratificados y trazas de atapulgita. -

Tras los estudios semicuantitativos de algunas muestras hemos visto que la illita es el mineral más abundante de la fracción arcillosa, le siguen la caolinita, la clorita y los interestratificados. -

En las muestras de "finos", disminuye el porcentaje de illita aumentando el de interestratificados y caolinita. -

El cuarzo está presente en las tres fracciones granulométricas siendo más abundante en los "granos". -

La materia orgánica es muy abundante en los "finos" (lo que dificulta el estudio de estas muestras mediante D. R. X.), disminuyendo su porcentaje en "menudos" y "granos". -

Otros minerales presentes en las muestras sobre todo en los granos son calcita y siderita, habiéndose detectado también en algunas muestras la presencia de piritita, feldespatos y rutilo. -

La cristalinidad de la illita es realmente alta, siendo mayor en las muestras de Mieres. Las illitas procedentes de este lavadero son también más aluminosas. -

III. - Análisis Químico. -

El análisis químico de las muestras se ha hecho según el diagrama de frecuencia siguiente :

Análisis de Si, Fe, Al y K en todas las muestras.

Análisis de Ca y Na en muestras alternas.

Análisis de Ti y V en una muestra de cada cinco.

Análisis de Cr, Mn y Mg en una muestra de cada diez. -

-4-

Los resultados se expresan en las páginas anexas* (15 a 35) en las que se ordenan por procedencia, granulometría y elementos analizados.

Los valores medios y desviaciones se recogen en la páginas (11 y 12) . -

Las conclusiones se han englobado en el apartado V. -

IV. - Análisis Térmico. -

Se ha realizado análisis térmico, fundamentalmente dirigido a la obtención de los poderes caloríficos. Se ha evaluado también la pérdida a la calcinación durante 1 hora, a 700°C (páginas 38 a 46), (temperatura de tratamiento más conveniente que evita vitrificaciones). - Los resultados se encuentran en las páginas (36 y 37). -

Los valores medios y desviaciones se recogen en la página (13). Podemos concluir que los poderes caloríficos de los finos de Modesta son considerables, con una media de 1700 Th/Tm. lo que les hace presentar interés como combustible de baja calidad, los finos de Mieres tienen un poder algo inferior 1200 Th/Tm, pero quizás son también aprovechables. Estos poderes están en relación directa con las pérdidas a la calcinación como se puede ver en la Fig. 1. -

Los poderes caloríficos de los menudos son más que suficientes para su autocalcinación a 700°C. Los granos tienen ya un contenido bajo en materia combustible pero que ayudaría sustancialmente a su posible calcinación. -

* Los valores entre paréntesis en los cuadros son los referidos a muestra calcinada. - M = media; S = Desv. Típica.

ESTERILES DE HUNOSA

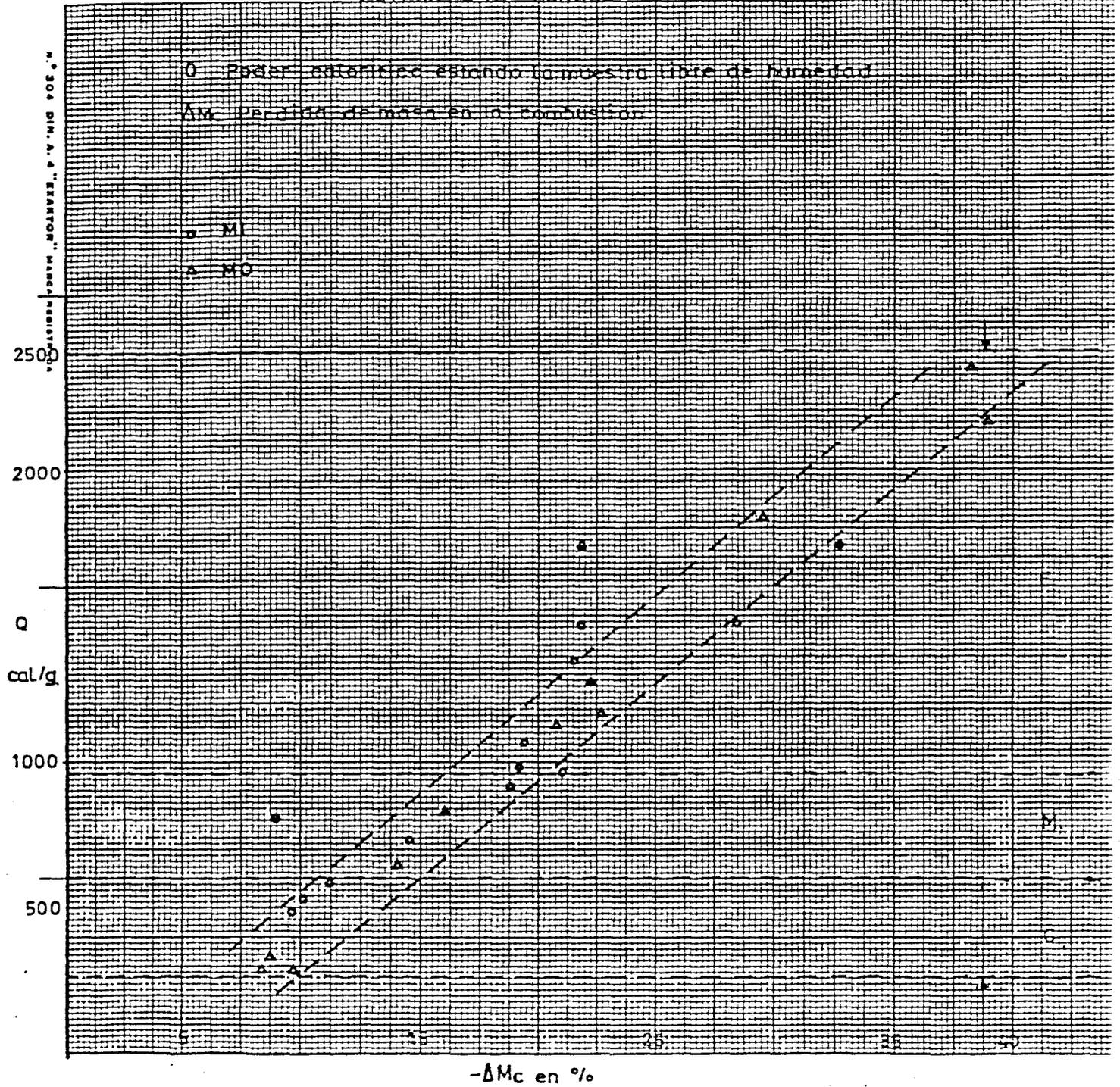


Fig. 1

V. - Conclusiones. -

El constituyente arcilloso principal de los estériles^{es} la ilita, mineral arcilloso más refractario a su destrucción química que la caolinita. Este mineral incluye en su fórmula cantidades importantes de K, que pasará al ser tratado por hidrometalurgia a la solución. -

De los otros minerales arcillosos destacan la caolinita, interestratificados y clorita (Mica de ^{Fe y} magnesio). -

Los contenidos en ilita y cuarzo son mayores en los granos y los de caolinita e interestratificados en los finos. -

Los contenidos en carbonatos son variables y en principio pequeños, pero importantes en muestras aisladas, y pueden suponer consumos adicionales de reactivo. -

Los contenidos en otros minerales como pirita y rutilo son de menor entidad. -

Los contenidos en los diferentes cationes metálicos analizados son muy similares para los dos lavaderos en las tres granulometrías consideradas. -

Las desviaciones típicas son bastante pequeñas en general y particularmente para el contenido de aluminio, del orden de la unidad, poco superiores al error del propio análisis. Esto hace pensar en un producto considerablemente homogéneo con oscilaciones alrededor de la media de menos del 5% y con pocos valores erráticos. -

Las leyes en Al de los estériles sin calcinar son de un nivel normal para este tipo de productos. La mayor riqueza en alúmina correspon-

de a los "Menudos" un 23% aproximadamente y la menor a los "Granos" en Mieres 20,3 y a los "Finos" en Modesta 20,8. -

Los contenidos en Fe son también normales, siendo mayor en los granos. -

La relación $\frac{Al}{Fe}$ es mínima para los granos:3,2, y máxima para los finos:5, tanto en Modesta como en Mieres. Para los menudos es de: 4,4, también para ambos lavaderos.

La relación $\frac{Al}{Fe}$ es demasiado baja en los granos, mejorando de forma apreciable en los menudos y finos. -

Las muestras calcinadas aumentan su contenido en alúmina y se igualan aún más los contenidos de las diferentes fracciones en los dos lavaderos: los granos tienen el contenido más bajo 23-24%, los menudos 27% y los finos 29%. Sobre muestra calcinada los contenidos en alúmina de menudos y finos son los más interesantes. -

El contenido en potasio es considerable como corresponde a una fracción arcillosa ilitica preponderante. Es el catión secundario de más interés. -

El titanio tiene niveles bajos pero notables, estando repartido entre la red arcillosa y el rutilo. El Mg y el Ca siguen en importancia, así como el vanadio. El Mn y el Cr están ya en muy bajo nivel.

Los niveles de Ti y V en principio no hacen pensar en su interés económico. -

El Mg y el Ca, así como los dos anteriores pueden ser elementos perturbadores en los posibles procedimientos aplicables a estas menas.

VALORES MEDIOS

nº de muestras			Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O
MiM	70	M	5,2 (6,2)	23,0 (27,4)	47, (56,0)	3,0 (3,6)
		S	0,36 0,47	0,89 0,97	2,2 2,5	0,34 0,42
MiG	80	M	6,3 (7,3)	20,3 (23,6)	50,8 (58,3)	2,6 (3,0)
		S	0,53 0,63	0,91 1,07	2,75 7,32	0,28 0,35
MiF	22	M	4,3 (5,9)	21,5 (29,0)	40,5 (55,0)	2,7 (3,7)
		S	0,56 0,62	1,75 0,98	2,62 2,71	0,25 0,43
MoM	68	M	5,1 (6,1)	22,6 (26,8)	47,6 (56,2)	3,0 (3,6)
		S	0,29 0,32	1,11 1,25	2,37 2,73	0,34 0,41
MoG	49	M	6,7 (7,4)	21,4 (23,9)	48,3 (53,8)	2,8 (3,1)
		S	1,03 0,46	1,03 1,13	3,76 4,28	0,19 0,21
MoF	29	M	4,1 (5,7)	20,8 (29,1)	38,3 (53,5)	2,4 (3,4)
		S	0,56 0,64	1,86 0,72	4,15 3,18	0,31 0,27

M = Media.

S = Desviación típica

Nota. - Los valores entre paréntesis corresponde a muestra calcinada. -

Valores medios	Poder calorífico Cal/g.	S (desviación típica)
MiF	1287	275
MiM	670	150
MiG	531	53
MoF	1731	506
MoM	595	143
MoG	313	20

VALORES MEDIOS

Pérdida por Calcificación a 700°C, 1 hora

MiM	M	16,13 %
	S	1,81
MiG	M	13,91 %
	S	0,96
MiF	M	26,11 %
	S	4,56
MoM	M	15,56 %
	S	1,45
MoG	M	10,42 %
	S	0,62
MoF	M	28,43 %
	S	5,88



ESCUELA
TECNICA SUPERIOR
DE
INGENIEROS DE MINAS
DE
OVIEDO

EMPRESA NACIONAL HULLERAS DEL NORTE

-Estudio de los estériles de lavadero-

Informe: Diciembre 1980

CATEDRA Y LABORATORIOS DE
METALURGIA EXTRACTIVA

N.º
Ref.ª

EMPRESA NACIONAL HULLERAS DEL NORTE S.A.

"Estudio de los estériles de lavadero"

Informe: Diciembre 1980

Este trabajo ha sido realizado en la Cátedra de Metalurgia de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo, para la Empresa Nacional Hulleras del Norte S.A., según contrato suscrito al efecto.-

Han colaborado directamente:

D. Miguel Angel Llavona Uribelarrea

D. Roberto Zapico Amez

D. Manuel Encinas Cueto

D. Luis Felipe Verdeja Gonzalez

y el resto del personal de esta Cátedra, bajo la dirección de D. Jose P. Sancho Martínez.

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
I.- Introducción.-	1
II.- Análisis químico elemental.-	1
III.- Análisis Térmico.-	22
IV.- Cálculo de errores.-	26
V.- Conclusiones.-	30

I.- Introducción.

Se incluyen en este informe los análisis elementales y los poderes caloríficos de 120 muestras de estériles carbonosos procedentes de los lavaderos de Modesta y de Mieres, con tres granulometrias diferentes: granos, menudos y finos.

Las muestras de estéril, a diferencia de lo que se ha venido realizando en anteriores informes, en cantidades comprendidas entre los 100 y 150 gramos, presentan la granulometría adecuada para poder realizar los ensayos pertinentes, no siendo necesarias las labores de trituración, cuarteo y molienda de las muestras analizadas.

II.- Análisis químico elemental.

Las muestras de estéril recibidas son previamente secadas durante toda una noche a la temperatura de 100°C, antes de efectuar la fusión de las mismas.

Mediante técnicas instrumentales de absorción atómica se determinan las cantidades, en partes por millón (p.p.m.), de los siguientes elementos:

Aluminio	(Al)
Silicio	(Si)
Hierro	(Fe)
Potasio	(K)
Sodio	(Na)
Calcio	(Ca)
Magnesio	(Mg)
Fluor	(F)

El análisis del azufre pirítico y del azufre total de las muestras se realiza gravimétricamente a través de la cantidad de sulfato de bario obtenida al precipitar los sulfatos procedentes de atacar las muestras con diferentes mezclas ácidas (para la determinación del azufre total se utiliza mezcla de ácido nítrico y clorhídrico, y para la determinación del azufre no pirítico únicamente ácido clorhídrico).

En las páginas siguientes, se representan los porcentajes de los elementos estudiados como óxidos ($\%Al_2O_3$, $\%SiO_2$, $\%Fe_2O_3$, $\%K_2O$, $\%Na_2O$, $\%CaO$, $\%MgO$, $\%SO_3$) (+), excepto los porcentajes de fluor que vienen tabulados bajo su forma elemental.

Igualmente, se representa para cada muestra analizada, el valor de la pérdida de masa en la calcina-

- (Continúa en la página 22).

(+) Los porcentajes encerrados entre paréntesis corresponden a los estériles calcinados a 700°C.

MoG

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
6 A	6,7 (7,8)	22,7 (25,9)	47,1 (53,8)	3,4 (3,9)	12,5
6B	6,8 (7,8)	23,6 (27,0)	49,3 (56,4)	3,5 (4,0)	12,6
7 A	6,3 (7,2)	22,7 (26,0)	48,2 (55,1)	3,2 (3,7)	12,6
7 B	6,4 (7,4)	22,7 (26,1)	49,3 (56,6)	3,0 (3,4)	12,9
8 A	6,9 (7,9)	21,7 (24,9)	47,1 (53,9)	2,8 (3,2)	12,7
8 B	6,7 (7,7)	21,7 (24,8)	50,4 (57,7)	2,9 (3,3)	12,6
9 A	6,9 (7,8)	21,7 (24,7)	48,2 (54,8)	2,8 (3,2)	12,1
9 B	7,0 (8,0)	21,7 (24,7)	48,2 (54,9)	2,9 (3,3)	12,3
10 A	6,9 (7,7)	21,7 (24,4)	50,4 (56,7)	2,8 (3,1)	11,1
10 B	6,9 (7,7)	20,8 (23,4)	49,3 (55,5)	2,6 (2,9)	11,2
11 A	6,3 (7,1)	21,7 (24,5)	50,4 (56,9)	2,8 (3,2)	11,4
11 B	6,1 (6,9)	21,7 (24,4)	50,4 (56,8)	2,9 (3,3)	11,2
12 A	6,2 (7,0)	22,7 (25,7)	48,2 (54,7)	2,8 (3,1)	11,8
12 B	5,9 (6,7)	22,7 (25,8)	48,2 (54,8)	2,8 (3,1)	12,0
13 A	6,1 (6,9)	24,5 (27,8)	49,3 (55,8)	2,7 (3,1)	11,6
13 B	6,3 (7,1)	24,5 (27,8)	49,3 (55,6)	2,7 (3,1)	11,4

MoG

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
14 A	7,0 (8,0)	22,7 (25,8)	49,3 (56,2)	3,0 (3,4)	12,2
14 B	7,0 (8,0)	22,7 (25,8)	48,2 (54,8)	3,0 (3,4)	12,1
15 A	6,7 (7,5)	22,7 (25,5)	48,2 (54,2)	3,3 (3,7)	11,1
15 B	6,8 (7,7)	22,7 (25,7)	48,2 (54,6)	3,3 (3,7)	11,8

MoM

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
6 A	5,3 (6,3)	24,5 (29,3)	43,9 (52,5)	3,4 (4,1)	16,4
6 B	5,3 (6,3)	25,5 (30,5)	43,9 (52,5)	3,2 (3,8)	16,4
7 A	5,1 (6,1)	24,5 (29,2)	45,0 (53,6)	3,2 (3,8)	16,1
7 B	5,1 (6,1)	23,6 (28,2)	43,9 (52,3)	3,1 (3,7)	16,1
8 A	4,9 (5,8)	22,7 (27,2)	46,1 (55,3)	3,0 (3,5)	16,7
8 B	5,0 (6,0)	22,7 (27,2)	48,2 (57,6)	3,0 (3,5)	16,4
9 A	5,0 (6,0)	22,7 (27,2)	48,2 (57,9)	3,5 (4,2)	16,7
9 B	5,0 (6,0)	22,7 (27,3)	48,2 (57,9)	3,4 (4,1)	16,8
10 A	4,7 (5,6)	23,6 (27,9)	48,2 (57,1)	2,9 (3,4)	15,6
10 B	4,7 (5,6)	23,6 (27,9)	48,2 (57,0)	2,9 (3,4)	15,5
11 A	4,7 (5,6)	23,6 (28,1)	47,1 (56,1)	2,9 (3,4)	16,0
11 B	5,0 (6,0)	22,7 (27,0)	48,2 (57,4)	2,9 (3,4)	16,0
12 A	3,9 (4,6)	23,6 (27,9)	45,0 (53,2)	2,9 (3,4)	15,4
12 B	4,1 (4,9)	24,5 (29,1)	46,1 (54,6)	2,9 (3,4)	15,7
13 A	5,0 (6,0)	24,5' (29,3)	46,1 (54,9)	3,4 (4,0)	16,1
13 B	5,1 (6,1)	23,6 (28,1)	45,0 (53,6)	3,2 (3,8)	16,1

MoM

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
14 A	5,1 (6,0)	24,5 (28,9)	46,1 (54,2)	3,2 (3,8)	14,9
14 B	4,9 (5,8)	24,5 (28,9)	45,0 (53,0)	3,3 (3,9)	15,1
15 A	4,9 (5,8)	24,5 (28,9)	44,0 (51,9)	3,1 (3,7)	15,2
15 B	5,1 (6,1)	24,5 (29,0)	45,0 (53,1)	3,1 (3,7)	15,3

MoF

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
6 A	4,5 (5,7)	24,5 (31,3)	41,8 (53,5)	2,9 (3,7)	21,8
6 B	4,6 (5,9)	24,5 (31,2)	40,7 (51,9)	3,1 (4,0)	21,6
7 A	3,7 (5,0)	21,7 (28,9)	41,8 (55,6)	2,8 (3,7)	24,9
7 B	3,7 (5,0)	21,7 (28,9)	40,2 (53,6)	2,7 (3,5)	25,0
8 A	3,9 (5,0)	23,6 (30,8)	38,6 (50,3)	2,4 (3,1)	23,4
8 B	4,0 (5,2)	23,6 (30,8)	40,0 (52,3)	2,6 (3,4)	23,3
9 A	4,7 (6,0)	24,5 (31,1)	41,8 (53,0)	2,7 (3,4)	21,1
9 B	4,6 (5,8)	24,5 (31,0)	41,8 (52,8)	2,6 (3,3)	20,9
10 A	4,0 (5,2)	23,6 (31,0)	40,7 (53,4)	2,9 (3,8)	23,8
10 B	4,0 (5,2)	23,6 (31,0)	40,7 (53,3)	2,7 (3,5)	23,7
11 A	4,0 (5,1)	23,6 (30,0)	45,0 (57,1)	2,9 (3,7)	21,2
11 B	4,0 (5,1)	23,6 (30,0)	45,0 (57,1)	2,9 (3,7)	21,2
12 A	4,0 (5,2)	23,6 (30,7)	41,8 (54,3)	2,7 (3,5)	23,0
12 B	4,0 (5,2)	24,5 (31,8)	43,0 (55,6)	2,9 (3,7)	22,7
13 A	3,9 (5,1)	23,6 (31,4)	42,8 (56,8)	2,8 (3,7)	24,7
13 B	3,7 (4,9)	23,6 (31,4)	41,8 (55,7)	2,7 (3,6)	24,9

MoF

<u>Muestra</u>	<u>Fe₂O₃</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>SiO₂</u>	<u>K₂O</u>	<u>700°C</u>
14 A	3,9 (4,8)	24,5 (30,7)	43,9 (54,9)	2,8 (3,5)	20,0
14 B	3,9 (4,8)	24,5 (30,7)	43,9 (54,9)	3,0 (3,8)	20,0
15 A	3,4 (4,5)	21,7 (28,6)	45,0 (59,2)	3,0 (3,9)	24,0
15 B	3,6 (4,7)	21,7 (28,6)	45,0 (59,2)	3,0 (3,9)	24,0

MIG

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
8 A	7,7 (8,9)	20,8 (24,1)	51,4 (59,7)	2,9 (3,4)	13,8
9 B	7,7 (8,9)	20,8 (24,0)	51,4 (59,4)	2,9 (3,3)	13,4
10 A	7,0 (8,0)	21,7 (24,7)	51,4 (58,4)	3,0 (3,4)	12,0
10 B	6,7 (7,6)	22,7 (25,8)	51,4 (58,4)	3,1 (3,5)	12,0
11 A	7,4 (8,7)	19,8 (23,3)	49,3 (57,8)	3,0 (3,5)	14,7
11 B	7,7 (9,1)	18,9 (22,3)	49,3 (58,1)	3,1 (3,7)	15,2
12 A	7,1 (8,3)	19,8 (23,1)	50,4 (58,6)	3,6 (4,2)	14,0
12 B	7,1 (8,3)	19,8 (23,1)	50,4 (58,7)	3,4 (4,0)	14,2
13 A	6,6 (7,7)	21,7 (25,3)	50,4 (58,8)	3,1 (3,6)	14,3
13 B	6,6 (7,7)	21,7 (25,3)	48,2 (56,1)	3,1 (3,6)	14,1
22 A	7,0 (8,1)	20,8 (24,0)	51,4 (59,4)	3,2 (3,7)	13,5
22 B	7,3 (8,5)	21,7 (25,2)	49,3 (57,2)	3,4 (3,9)	13,8
23 A	6,7 (7,7)	19,8 (22,9)	48,2 (55,7)	2,7 (3,1)	13,4
23 B	6,9 (7,9)	20,8 (23,7)	50,4 (57,5)	2,9 (3,3)	12,5
24 A	7,3 (8,5)	20,8 (24,3)	48,2 (56,5)	3,3 (3,9)	14,6
24 B	7,4 (8,7)	20,8 (24,3)	49,3 (57,7)	3,2 (3,7)	14,6

MiG

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
25 A	6,7 (7,8)	22,7 (26,4)	48,2 (56,3)	3,4 (4,0)	14,3
25 B	6,3 (7,3)	21,7 (25,3)	47,1 (54,9)	3,2 (3,7)	14,2
26, A	6,8 (7,8)	20,8 (24,0)	49,6 (56,8)	2,7 (3,1)	13,3
26 B	6,5 (7,5)	19,8 (23,0)	46,1 (53,4)	2,5 (2,9)	13,7

MIM

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
11 A	6,0 (7,1)	23,6 (27,9)	49,3 (58,3)	3,4 (4,0)	15,5
11 B	5,9 (6,9)	22,7 (26,7)	50,4 (59,2)	3,3 (3,9)	15,0
12 A	5,7 (6,7)	22,7 (26,4)	51,4 (59,9)	3,6 (4,2)	14,1
12 B	6,0 (7,0)	22,7 (26,3)	52,5 (61,0)	3,3 (3,8)	13,9
13 A	5,7 (6,7)	22,7 (26,5)	48,2 (56,3)	3,6 (4,2)	14,4
13 B	5,9 (6,9)	22,7 (26,5)	48,2 (56,5)	3,4 (4,0)	14,6
14 A	5,9 (6,8)	23,6 (27,5)	49,3 (57,4)	3,3 (3,8)	14,1
14 B	5,7 (6,7)	24,6 (28,7)	49,3 (57,6)	3,6 (4,2)	14,4
15 A	5,4 (6,3)	24,6 (28,6)	49,3 (57,4)	3,6 (4,2)	14,2
15 B	5,4 (6,3)	24,6 (28,5)	50,4 (58,3)	3,3 (3,8)	13,7
24 A	5,8 (6,8)	24,6 (28,7)	48,2 (56,4)	3,6 (4,2)	14,5
24 B	5,5 (6,4)	24,6 (28,6)	47,1 (54,9)	3,6 (4,2)	14,1
25 A	5,6 (6,5)	22,7 (26,3)	45,0 (52,3)	3,2 (3,7)	13,9
25 B	5,7 (6,7)	23,6 (27,5)	47,1 (54,9)	3,4 (4,0)	14,1
26 A	5,4 (6,3)	23,6 (27,5)	48,2 (56,1)	3,1 (3,6)	14,0
26 B	5,1 (6,0)	22,7 (26,5)	45,0 (52,6)	3,3 (3,8)	14,4

MIM

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700 °C
27 A	5,4 (6,4)	22,7 (26,7)	46,1 (54,2)	3,0 (3,5)	15,0
27 B	5,6 (6,6)	23,6 (27,8)	46,1 (54,3)	3,0 (3,6)	15,2
28 A	5,6 (6,5)	23,6 (27,7)	46,1 (54,0)	3,1 (3,7)	14,7
28 B	5,3 (6,2)	23,6 (27,7)	47,1 (55,3)	3,0 (3,5)	14,7

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
9 A	6,3 (7,8)	22,7 (27,9)	46,1 (56,8)	3,3 (4,1)	18,9
9 B	6,1 (7,5)	22,7 (27,9)	46,1 (56,7)	3,1 (3,8)	18,8
10 A	5,6 (7,1)	22,7 (28,7)	46,1 (58,2)	3,3 (4,2)	20,9
10 B	5,7 (7,2)	22,7 (28,5)	46,1 (58,0)	3,1 (3,9)	20,6
11 A	4,7 (6,1)	22,7 (29,2)	45,0 (58,0)	3,2 (4,1)	22,4
11 B	4,6 (5,9)	22,7 (29,2)	47,1 (60,7)	3,4 (4,4)	22,4
12 A	4,4 (5,7)	22,7 (29,0)	39,6 (50,7)	3,0 (3,8)	21,8
12 B	4,6 (5,8)	22,7 (28,9)	38,6 (49,3)	3,0 (3,8)	21,7
13 A	5,1 (6,5)	22,7 (28,8)	42,9 (54,4)	3,1 (4,0)	21,2
13 B	5,3 (6,7)	22,7 (28,8)	42,9 (54,4)	3,0 (3,8)	21,2
14 A	5,1 (6,5)	22,7 (28,6)	42,9 (54,1)	2,9 (3,7)	20,8
14 B	5,0 (6,4)	22,7 (28,8)	42,9 (54,4)	2,9 (3,7)	21,2
15 A	4,9 (5,9)	23,6 (28,7)	45,0 (54,7)	3,4 (4,1)	17,7
15 B	4,9 (5,9)	23,6 (28,7)	45,0 (54,7)	3,3 (4,0)	17,7
16 A	5,0 (6,1)	22,7 (27,6)	43,9 (53,5)	2,8 (3,4)	17,9
16 B	5,0 (6,1)	22,7 (27,6)	45,0 (54,8)	2,9 (3,5)	17,9
17 A	5,6 (6,9)	22,7 (27,9)	42,9 (52,7)	2,7 (3,3)	18,7

MLF

M.F.

Muestra	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	700°C
17 A	5,6 6,9)	22,7 (27,9)	42,9 (52,7)	2,7 (3,3)	18,7
17 B	5,6 (6,8)	23,6 (29,0)	45,0 (55,2)	2,8 (3,4)	18,5
18 A	5,7 (7,0)	22,7 (27,6)	42,9 (52,3)	2,8 (3,4)	18,0
18 B	5,7 (7,0)	22,7 (27,7)	41,8 (51,1)	2,9 (3,5)	18,2

Muestra	MoG		CaO		MgO	
	Na ₂ O					
6 A	0,44	(0,50)	1,27	(1,45)	1,52	(1,74)
6 B	0,44	(0,50)	1,22	(1,40)	1,51	(1,73)
7 A	0,45	(0,51)	1,22	(1,40)	1,46	(1,67)
7 B	0,45	(0,52)	1,17	(1,34)	1,52	(1,75)
8 A	0,44	(0,50)	1,22	(1,40)	1,51	(1,73)
8 B	0,45	(0,51)	1,25	(1,43)	1,54	(1,76)
9 A	0,45	(0,51)	0,90	(1,02)	1,52	(1,73)
9 B	0,44	(0,50)	0,85	(0,97)	1,48	(1,69)
10 A	0,45	(0,51)	1,16	(1,30)	1,43	(1,61)
10 B	0,41	(0,46)	1,12	(1,26)	1,38	(1,55)
11 A	0,42	(0,47)	1,15	(1,30)	1,44	(1,63)
11 B	0,45	(0,51)	1,20	(1,35)	1,46	(1,64)
12 A	0,42	(0,48)	1,36	(1,54)	1,54	(1,75)
12 B	0,42	(0,48)	1,40	(1,59)	1,56	(1,77)
13 A	0,45	(0,51)	1,32	(1,49)	1,38	(1,56)
13 B	0,45	(0,51)	1,27	(1,43)	1,44	(1,63)
14 A	0,42	(0,48)	1,38	(1,57)	1,48	(1,68)
14 B	0,45	(0,51)	1,40	(1,59)	1,53	(1,74)
15 A	0,42	(0,47)	1,31	(1,47)	1,46	(1,64)
15 B	0,41	(0,46)	1,27	(1,44)	1,52	(1,72)

Muestra	MoM					
	Na ₂ O		CaO		MgO	
6 A	0,44	(0,53)	1,20	(1,44)	1,40	(1,67)
6 B	0,42	(0,50)	1,16	(1,39)	1,34	(1,60)
7 A	0,45	(0,54)	1,10	(1,31)	1,41	(1,68)
7 B	0,42	(0,50)	1,00	(1,19)	1,38	(1,64)
8 A	0,45	(0,54)	1,11	(1,33)	1,29	(1,55)
8 B	0,42	(0,50)	1,08	(1,29)	1,33	(1,59)
9 A	0,41	(0,49)	1,05	(1,26)	1,42	(1,70)
9 B	0,44	(0,53)	1,06	(1,27)	1,44	(1,73)
10 A	0,42	(0,50)	1,05	(1,24)	1,24	(1,47)
10 B	0,42	(0,50)	0,97	(1,15)	1,24	(1,47)
11 A	0,45	(0,54)	1,20	(1,43)	1,23	(1,46)
11 B	0,44	(0,52)	1,15	(1,37)	1,26	(1,50)
12 A	0,44	(0,52)	1,27	(1,50)	1,41	(1,67)
12 B	0,45	(0,53)	1,29	(1,53)	1,43	(1,69)
13 A	0,42	(0,50)	1,19	(1,42)	1,43	(1,70)
13 B	0,42	(0,50)	1,24	(1,48)	1,38	(1,64)
14 A	0,45	(0,53)	1,25	(1,47)	1,48	(1,73)
14 B	0,42	(0,49)	1,19	(1,40)	1,46	(1,72)
15 A	0,45	(0,53)	1,27	(1,50)	1,33	(1,56)
15 B	0,44	(0,52)	1,34	(1,58)	1,38	(1,62)

Muestra	MoF		CaO		MgO	
	Na ₂ O					
6 A	0,34	(0,43)	2,09	(2,67)	1,14	1,46)
6 B	0,34	(0,43)	2,04	(2,60)	1,18	(1,50)
7 A	0,34	(0,45)	1,90	(2,53)	1,18	(1,57)
7 B	0,32	(0,43)	1,80	(2,40)	1,13	(1,51)
8 A	0,33	(0,43)	2,20	(2,87)	1,16	(1,52)
8 B	0,33	(0,43)	2,20	(2,87)	1,16	(1,51)
9 A	0,34	(0,43)	2,24	(2,84)	1,24	(1,58)
9 B	0,33	(0,42)	2,20	(2,78)	1,28	(1,61)
10 A	0,34	(0,45)	2,20	(2,89)	1,21	(1,59)
10 B	0,35	(0,46)	2,24	(2,94)	1,18	(1,54)
11 A	0,34	(0,43)	2,16	(2,74)	1,18	(1,49)
11 B	0,33	(0,42)	2,09	(2,65)	1,19	(1,50)
12 A	0,34	(0,44)	2,09	(2,71)	1,19	(1,55)
12 B	0,32	(0,41)	2,16	(2,79)	1,19	(1,54)
13 A	0,30	(0,40)	2,01	(2,67)	1,17	(1,55)
13 B	0,31	(0,41)	2,09	(2,78)	1,11	(1,48)
14 A	0,34	(0,43)	2,26	(2,83)	1,19	(1,49)
14 B	0,35	(0,44)	2,24	(2,80)	1,23	(1,53)
15 A	0,39	(0,51)	2,24	(2,95)	1,06	(1,40)
15 B	0,39	(0,51)	2,22	(2,92)	1,11	(1,46)

Muestra	MiG		CaO	MgO		
	Na ₂ O					
9 A	0,40	(0,46)	2,20	{2,55}	1,44	(1,67)
9 B	0,36	(0,42)	2,10	(2,42)	1,46	(1,68)
10 A	0,40	(0,45)	1,53	(1,74)	1,49	(1,70)
10 B	0,41	(0,47)	1,48	(1,68)	1,49	(1,70)
11 A	0,36	(0,42)	1,65	(1,93)	1,41	(1,65)
11 B	0,39	(0,46)	1,70	(2,00)	1,46	(1,72)
12 A	0,41	(0,48)	1,52	(1,77)	1,43	(1,66)
12 B	0,41	(0,48)	1,50	(1,75)	1,48	(1,72)
13 A	0,37	(0,43)	1,46	(1,70)	1,41	(1,64)
13 B	0,40	(0,47)	1,54	(1,79)	1,46	(1,70)
22 A	0,37	(0,43)	1,46	(1,69)	1,45	(1,68)
22 B	0,38	(0,44)	1,50	(1,74)	1,55	(1,80)
23 A	0,37	(0,43)	1,80	{2,08}	1,53	(1,75)
23 B	0,40	(0,46)	1,84	(2,10)	1,53	(1,75)
24 A	0,38	(0,44)	1,57	(1,84)	1,62	(1,90)
24 B	0,38	(0,44)	1,59	(1,86)	1,57	(1,84)
25 A	0,37	(0,43)	1,36	(1,59)	1,49	(1,74)
25 B	0,36	(0,42)	1,27	(1,48)	1,43	(1,66)
26 A	0,37	(0,43)	1,25	(1,44)	1,45	(1,67)
26 B	0,36	(0,42)	1,22	(1,41)	1,42	(1,65)

Muestra	MiM		CaO	MgO
	Na ₂ O			
11 A	0,39	(0,46)	1,16 (1,37)	1,46 (1,73)
11 B	0,37	(0,44)	1,14 (1,34)	1,43 (1,68)
12 A	0,41	(0,48)	1,25 (1,46)	1,51 (1,76)
12 B	0,42	(0,49)	1,25 (1,45)	1,56 (1,81)
13 A	0,41	(0,48)	1,04 (1,21)	1,43 (1,67)
13 B	0,42	(0,49)	1,08 (1,26)	1,36 (1,59)
14 A	0,46	(0,54)	1,32 (1,54)	1,34 (1,56)
14 B	0,46	(0,54)	1,32 (1,54)	1,31 (1,53)
15 A	0,39	(0,45)	1,04 (1,21)	1,29 (1,51)
15 B	0,39	(0,45)	0,97 (1,12)	1,23 (1,42)
24 A	0,40	0,47)	0,93 (1,09)	1,38 (1,61)
24 B	0,38	(0,44)	1,02 (1,19)	1,43 (1,66)
25 A	0,37	(0,43)	1,29 (1,50)	1,38 (1,60)
25 B	0,40	(0,47)	1,21 (1,41)	1,43 (1,66)
26 A	0,37	(0,43)	0,93 (1,09)	1,46 (1,70)
26 B	0,40	(0,47)	1,00 (1,16)	1,40 (1,64)
27 A	0,37	(0,44)	1,03 (1,21)	1,38 (1,62)
27 B	0,38	(0,45)	1,10 (1,30)	1,42 (1,67)
28 A	0,37	(0,43)	0,90 (1,06)	1,36 (1,59)
28 B	0,37	(0,43)	0,87 (1,02)	1,31 (1,54)

Muestra	MiF		CaO		MgO	
	Na ₂ O					
9 A	0,34	(0,42)	1,57	(1,94)	1,30	1,60 }
9 B	0,34	(0,42)	1,57	(1,93)	1,27	(1,56)
10 A	0,34	(0,43)	1,86	(2,35)	1,23	(1,55)
10 B	0,34	(0,43)	1,84	(2,32)	1,23	(1,55)
11 A	0,35	(0,45)	1,84	(2,37)	1,21	(1,56)
11 B	0,35	(0,45)	1,78	(2,29)	1,18	(1,52)
12 A	0,32	(0,41)	1,84	(2,35)	1,11	(1,42)
12 B	0,33	(0,42)	1,92	(2,45)	1,14	(1,46)
13 A	0,33	(0,42)	1,78	(2,26)	1,28	(1,62)
13 B	0,33	(0,42)	1,82	(2,31)	1,32	(1,68)
14 A	0,32	(0,40)	1,84	(2,32)	1,18	(1,49)
14 B	0,33	(0,42)	1,76	(2,23)	1,18	(1,49)
15 A	0,36	(0,44)	2,03	(2,47)	1,34	(1,63)
15 B	0,37	(0,45)	2,07	(2,54)	1,34	(1,63)
16 A	0,34	(0,41)	1,95	(2,38)	1,23	(1,49)
16 B	0,35	(0,43)	1,92	(2,34)	1,24	(1,51)
17 A	0,34	(0,42)	1,71	(2,10)	1,23	(1,51)
17 B	0,35	(0,43)	1,78	(2,18)	1,24	(1,53)
18, A	0,34	(0,41)	1,67	(2,04)	1,21	(1,48)
18 B	0,35	(0,43)	1,74	(2,13)	1,24	(1,52)

Muestra	% AZUFRE TOTAL (como SO ₃)	% AZUFRE PIRITICO (como SO ₃)	% Fluor
MOG 7B	0,80	0,79	-
MOG 10A	0,50	0,34	0,014
MOM 9B	1,44	1,42	-
MOM 10B	-	-	0,016
MOM 14B	1,63	1,58	-
MOF 7B	1,34	1,30	-
MOF 9A	0,59	0,54	-
MOF 11A	-	-	0,014
MIG 11B	2,42	2,40	-
MIG 12A	-	-	0,012
MIG 23B	1,28	1,23	-
MIM 13A	-	-	0,015
MIM 15A	1,31	1,30	-
MIM 24A	1,66	1,63	-
MIF 11B	1,04	1,00	-
MIF 12A	-	-	0,012
MIF 18A	1,79	1,76	-

ción de las muestras en atmósfera oxidante a 700°C, durante una hora.

III.- Análisis Térmico.-

Se ha efectuado el análisis térmico diferencial de doce muestras (cuatro de granos, cuatro de menudos y cuatro de finos) con el objeto de evaluar el poder calorífico superior.

El poder calorífico superior de una muestra es el resultado del balance térmico de los siguientes tipos de reacciones:

- 1.- Reacciones de tipo exotérmicas, características de la combustión de la materia orgánica, Q_C .
- 2.- Reacciones de tipo endotérmico, características de los cambios estructurales producidos por la matriz inorgánica de las muestras carbonosas, Q_E .

Por lo tanto

$$Q_S = Q_C - Q_E$$

en donde:

Q_S es el poder calorífico superior en TH/t.

Tanto los valores de Q_C como los de Q_E pueden obtenerse a partir de la interpretación de las curvas del análisis térmico a partir de la siguiente expresión:

$$Q_R = K \frac{A \cdot s}{v \cdot M} 10^{-3}$$

en donde:

Q_R es el calor de la reacción exotérmica ó endotérmica expresado en Th/t. de estéril.

K es la constante característica del equipo instrumental utilizado.

A es el área del pico de reacción expresada en cm^2 .

v es la velocidad de calentamiento en $^{\circ}C/min$.

M es la cantidad de muestra analizada expresada en grs.

s es la sensibilidad del Análisis Térmico Diferencial.

En la Tabla 1, se representan los valores del poder calorífico superior, Q_S , de las doce muestras estudiadas.

En la tabla 2, se representan los valores del poder calorífico superior, Q_S , de las doce muestras estudiadas obtenidos a través de la correlación existente entre el valor de Q_S y los valores de la pérdida de masa a $700^{\circ}C$ (Informe realizado para H.U.N.O.S.A. en Junio de 1980, pag. 5).

El poder calorífico inferior, Q_I , de una

-(Continúa en la página 26).

TABLA 1

Muestra	Pérdida Peso (%)	Area (cm ²)	Tura. Media (°C)	Th/t. de esteril
				PODER CALORIFICO SUPERIOR Calor
MOG 7B (695)	12,9	30,25	412 °C	658 Th/t.
MOG 10A (697)	11,1	30,29	404 "	658 "
MOM 9B (696)	16,8	40,86	421 "	881 "
MOM 14B (698)	15,1	37,25	418 "	778 "
MOF 7B (700)	25,0	33,13	427 "	1392 "
MOF 9A (701)	21,1	28,03	419 "	1156 "
MIG 11B (706)	15,2	37,52	440 "	797 "
MIG 23B (704)	12,5	30,49	427 "	660 "
MIM 15A (703)	13,7	30,57	419 "	627 "
MIM 24A (705)	14,5	34,90	431 "	755 "
MIF 11B (707)	22,4	31,51	440 "	1396 "
MIF 18A (708)	18,0	24,15	431 "	898 "

TABLA 2

<u>Muestra</u>	<u>Pérdida Peso (%)</u>	<u>Th/t. de esteril PODER CALORIFICO SUPERIOR</u>
MOG 7B	12,9	604 Th/t.
MOG 10A	11,1	496 "
MOM 9B	16,8	838 "
MOM 14B	15,1	736 "
MOF 7B	25,0	1330 "
MOF 9A	21,1	1096 "
MIG 11B	15,2	742 "
MIG 23B	12,5	580 "
MIM 15A	13,7	652 "
MIM 24A	14,5	700 "
MIF 11B	22,4	1174 "
MIF 18A	18,0	910 "

NOTA.- Los poderes calorificos superiores de esta tabla se calcularon a partir de la recta de regresión ($Q_s = 60X - 170$, donde X, es la pérdida de peso) obtenida a partir de los valores correspondientes a estudios anteriores. La recta se representa en la figura 1. del informe de Junio de 1980.

muestra es función del grado de humedad de la muestra analizada.

$$Q_I = Q_S - A \frac{x}{100 - x}$$

siendo:

A una constante de valor 780 Th/t. de H₂O.

X el % de humedad de la muestra.

Q_I es el poder calorífico inferior expresado en Th/t. de muestra seca.

En la figura 1, se representa de forma nomográfica los valores del poder calorífico inferior, Q_I, en función del grado de humedad de la muestra, X, y del poder calorífico superior, Q_S.

IV.- Cálculo de errores.

En la teoría de errores, el error absoluto de cualquier magnitud físico-química determinada experimentalmente viene expresado por la siguiente ecuación:

$$\epsilon = \epsilon_E + \epsilon_M$$

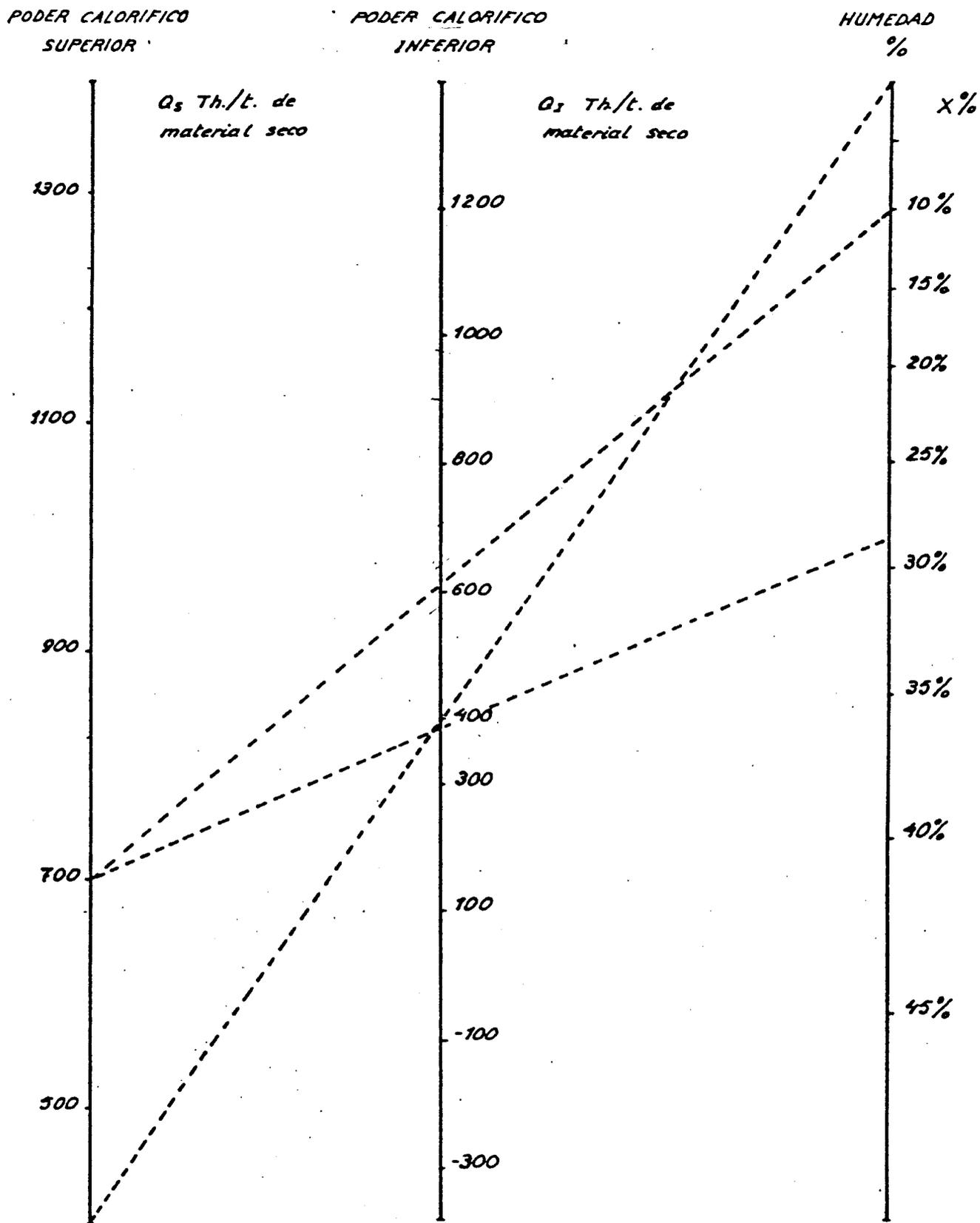


Fig.-1 Poderes Caloríficos Superior, Q_S, e Inferior, Q_I, de las muestras procesadas.

donde:

ϵ es el error absoluto de la medida.

ϵ_E es el error experimental.

ϵ_M es el error propio del método utilizado.

En las técnicas utilizadas en el estudio de las muestras de estériles carbonosos puede asegurarse que el error propio del método, ϵ_M es mucho mayor que el error experimental, ϵ_E .

En la tabla 3, se exponen los errores absolutos calculados para los distintos ensayos realizados sobre las muestras analizadas.

Tabla 3
=====

% Fe ₂ O ₃	± 0.3
% Al ₂ O ₃	+ 1.0 - 1.0
% SiO ₂	+ 1.3 - 1.3
% K ₂ O	± 0.1
% Na ₂ O	± 0.07
% CaO	± 0.07
% MgO	± 0.11
% SO ₃	± 0.01
Poder calorífico	± 40 Th/t.

V.- Conclusiones.-

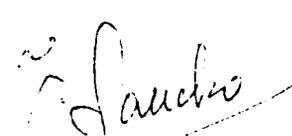
Las consideraciones realizadas en los informes precedentes (+) acerca de la evolución de la composición mineralógica y elemental de los estériles carbonosos procedentes de los lavaderos de Modesta y Mieres son perfectamente válidas para su aplicación al estudio realizado de las 120 muestras contratadas.

Se puede, por lo tanto deducir, que no ha habido cambios sustanciales en la composición química con respecto a las muestras analizadas en informes precedentes.

Únicamente cabe registrar, el ligero aumento hallado en el porcentaje de calcio, característica que puede ser debida, a la adición de reactivos calcareos durante el proceso de lavado del carbón. Igualmente, se analizan por vez primera los contenidos en fluor presentes en seis muestras carbonosas. El nivel de contaminación de fluor es bajo y oscila entre el 0.012 y el 0.016 %

El análisis gravimétrico del azufre, dentro de las muestras analizadas, revela que la mayor parte del mismo es azufre pirítico. Por otra parte, los niveles de contaminación alcanzados por el azufre dentro de las muestras analizadas oscila entre 0.00 - 1.79 % de SO_3 .




Rdo. J. Sancho.

(+) Informes de Junio de 1978 y Junio de 1980

LABORATORY-REPORT
ANALYSES

Fba
EF

~~7-129~~ 7
3

PLANT: EN HULLERAS DEL NORTE SA

SAMPLES RECEIVED: 15.1.1981

REFERENCES: PROGRAM FRA EF/CI 26.1.81, MODTAGET I DL 19.3.81

SAMPLE

WATER AS
RECEIVED

M 1 : H-2A
M 2 : H-2B
M 3 : H-3
M 4 : H-7
M 5 : H-8
M 6 : MI-6-16

0.3
0.3
5.0
8.2
11.0
1.4

ANALYSES

M 6

CALC.

2.27

TIR.

3.18

CAC03

.49

MGC03

2.48

SIO2

49.4

AL2O3

21.2

FE2O3

6.53

CAO

1.15

H2O

1.46

MNO

.07

TIO2

.84

P2O5

.17

K2O

3.36

NA2O

.44

SRO

.02

S03

1.41

LOSS ON IGN.

86.05

TOTAL

99.49

FREE LIME

99.48

INSO. RESIDUE

99.07

CL-

99.38

ST01

44.9

CR203

98.87

QUARTS

43.7

C

99.34

MS

1.1

MY

1.2

LSF

1.8

Handwritten signature

LABORATORY-REPORT
ANALYSES

PLANT: EN HULLERAS DEL NORTE SA
 SAMPLES RECEIVED: 15.1.1981
 REFERENCES: PROGRAM FRA EF/CI 26.1.81, MODTAGET I DL 19.3.81

! SAMPLE	%WATER AS RECEIVED			
M 7 ! MI-M-18	!	7.1		
M 8 ! MO-6-19	!	2.5		
M 9 ! MO-M-19	!	7.2		
!	!			
!	!			
!	!			
ANALYSES	!	M 7	M 8	M 9
CALC.	% !			
TITR.	% !	2.78	3.41	3.07
CAC03	% !	.22	.83	.74
MGC03	% !	2.16	2.18	1.97
SI02	% !	47.7	52.2	47.4
AL203	% !	23.2	21.3	23.1
FE203	% !	5.57	6.17	4.78
CAO	% !	1.14	1.32	1.29
MGO	% !	1.44	1.46	1.40
MNO	% !	.05	.08	.05
TI02	% !	.84	.89	.86
P205	% !	.15	.19	.15
K2O	% !	3.65	3.48	3.68
NA2O	% !	.42	.48	.49
SRO	% !	.02	.02	.02
S03	% !			
LOSS ON IGN.	% !	14.8	11.7	15.9
TOTAL	% !	98.98	99.29	99.12
FREE LIME	% !			
INSO. RESIDUE	% !			
CL-	% !			
STOT	% !	.60	.29	.61
F-	% !			
CR203	PPM !			
C	% !	6.01	3.53	6.58
QUARTS	% !			
C	% !			
HYDRATE WATER	% !			
HS	!	1.7	1.9	1.7
HA	!	4.2	3.5	4.8
LSF	% !			
C3S	% !			
C2S	% !			
C3A	% !			
CA4F	% !			
C2F	% !			
CASO4	% !			
FREE LIME	% !			

PA6A

TABLE 7

FULLER COMPANY

CHEMICAL ANALYSES (WT. %)

DATE	9/25/80 mi	no	mi	no	mi	no
MATERIAL	No. F-3	No. F-3A	No. G-3	No. G-4	No. M-4	No. M-4A
LAB. NO.	800837	800838	800839	800840	800841	800842
ANAL. NO.	26047	26048	26049	26050	26051	26052
SiO ₂	44.05	40.88	50.07	51.04	48.75	48.82
Al ₂ O ₃	23.61	22.50	21.41	22.72	24.63	23.70
Fe ₂ O ₃	5.54	4.18	9.13	5.27	5.33	4.94
CaO	1.54	1.81	1.47	1.12	0.81	1.38
MgO	1.34	1.18	1.62	1.53	1.37	1.47
K ₂ O	3.55	3.33	3.34	3.50	3.72	3.64
Na ₂ O	0.64	0.50	0.65	0.60	0.63	0.66
SO ₃	1.82	2.10	1.21	0.67	1.95	1.21
P ₂ O ₅	(0.07)	(0.07)	(0.10)	(0.07)	(0.08)	(0.08)
TiO ₂	(0.079)	(0.73)	(0.86)	(0.96)	(0.91)	(0.89)
Mn ₂ O ₃	(0.03)	(0.01)	(0.11)	(0.06)	(0.02)	(0.06)
LOI	19.02	25.26	13.63	13.76	14.84	15.04
TOTAL	99.88	100.41	101.31	100.80	100.46	100.51
Cl	0.007	0.024	0.005	0.011	0.005	0.011
C	9.23	13.51	4.67	5.13	5.87	5.34
Free SiO ₂						
CaCO ₃						
Loss @ 105°C	11.93	1.19	2.52	1.97	3.35	2.68
BTU/#	2,172	2,355	1,876	2,031	2,321	2,693

8.- PRUEBAS INDUSTRIALES

- . INFORMES
- . OBJETIVOS
- . COMENTARIOS AL INFORME
- . ANALISIS DE LAS MUESTRAS

tecnocerámica, s.a.

INFORME PRUEBAS DE MOLTURACION,
EXTRUSIONADO, SECADO Y COCCION DE
ESTERILES DE HUNOSA.

INDICE

INTRODUCCION

DESCRIPCION FABRICA

DESCRIPCION PRUEBAS EXTRUSIONADO.- CONCLUSIONES

DESCRIPCION PRUEBA DE COCCION .- CONCLUSIONES

BALANCE TERMICO ARCILLA PINTO.- CONCLUSIONES

BALANCE TERMICO ESTERILES 50% .- CONCLUSIONES

ANEXO:

Esquema horno y curvas cocción de las pruebas.

Copia curvas del Registrador.

Análisis granulométrico arcillas y estériles.

tecnocerámica, s.a.

I N T R O D U C C I O N . -

Con el fin de ahorrar energía en la fabricación de ladrillos, se procedió a la elección de unos estériles que presentaran una mayoría de ventajas.

Se eligió de lo disponible los menudos de MiM de poder calórico 630 Cal/gr.

- 1º) No se eligieron los gruesos, por los problemas que presentaba una mayor molturación.
- 2º) Los estériles escogidos, presentaban en principio menos sulfuros, y en consecuencia menor riesgo de eflorescencias.
- 3º) Son las reservas mayores y los que más interesa emplear.

Una vez en la cerámica, se hicieron pruebas de molturación y extrusionado, hasta conseguir un producto correcto, con el cien por cien de estériles.

Debido a la escasez de medios disponibles en la cerámica, la prueba de ahorro de energía se hizo con una mezcla al 50% de arcilla propia y 50% de estériles.

El estudio térmico es comparativo entre el consumo energético de la arcilla propia y el consumo de los estériles.

tecnocerámica s.a.

DESCRIPCION DE LA FABRICA EN LA QUE SE EFECTUARON LAS PRUEBAS

PREPARACION TIERRAS.-

<u>ELEMENTOS</u>	<u>POTENCIA INSTALADA CV.</u>
DESMENUZADOR	20
2 CINTAS	6
SILO CON ALIMENTADOR	5
1 CINTA	3
TRITURADOR	60
2 CINTAS	6
SILO Y ALIMENTADOR	5
3 CINTAS	9
AMASADORA	60
9 CINTAS	27
EXTRUSORA	201

MECANISMOS DE CORTE Y APILADO EN CARRETILLAS.-

CORTADOR	
MESA AGRUPADORA	
APILADORA	
TOTAL.....	48

SECADERO.-

7 CAMARAS DE SECADO	49 CV.
1 VENTILADOR IMPULSION	50 CV.
1 GENERADOR	500.000 Kcal/h.

tecnocerámica, s.a.

HORNO.-

TIPO	:	TUNEL	
Nº VAGONETAS	:	42 + 1	
LONGITUD	:	112,6 m.	
ANCHO UTIL	:	2,2 m.	
ALTO UTIL	:	1,75 m.	
Nº QUEMADORES	:	45	
POTENCIA INSTALADA	:	7 VENTILADORES	: 57 Cv.
		45 QUEMADORES	: 11 Cv.

PRODUCCION MAXIMA FABRICA : 130 Ton/día.

DESCRIPCION PRUEBAS EFECTUADAS EN EXTRUSIONADO

PRUEBA - A -

Granulometría de los estériles obtenida mediante un tamiz de malla de 6 mm., colocado en el molino de martillos, (se anexa análisis granulométrico).

Toda la preparación de los estériles para ésta se realizó en Cca. Pintó, aprovechando sus instalaciones tanto de preparación de tierras como de moldeo y siguiendo idéntico proceso que para su arcilla.

Resultado: Falta de cohesión de la pasta a la salida del molde, al trabajar con un porcentaje de estériles superior al 75% Dentellado lateral del producto, por falta de deslizamiento en tre barro y extrusora.

Se conseguía un mayor porcentaje de estériles, mientras permanecían restos de la arcilla propia adosados al cuerpo de la misma, los cuales actuaban como lubricantes. Por otra parte el molde no era adecuado para mantener equilibrada la salida de la pasta.

PRUEBA - B -

Con el fin de canalizar la pasta hasta el molde y evitar disminuciones bruscas de sección entre el cuerpo de la extrusora y éste, se construyó un reductor de sección progresivo dotado de un nuevo molde con menos frenos y de un aro lubricador de ga soil, alimentado por una bomba.

Los estériles se molieron en otra cerámica, mediante un molino de anillos, siendo la granulometría de éstos, similar a la obte nida con la malla de 6 mm.

tecnocerámica, s.a.

Resultado: Seguían apareciendo problemas de cohesión en la pasta. Se redujo a un 8% el porcentaje de arcilla de Cca. Pintó necesario para cohesionar el material.
Presión de trabajo en extrusora $15 \div 30$ Kg./cm².
Con presión de 12 Kg./cm². se consiguió extrusionar estériles al 100% que eran fácilmente deformables en los mecanismos de apilado de secadero.

PRUEBA - C -

Difiere de la prueba B en que se molieron 15 Tn. de estériles en un molino pendular de otra cerámica y cuya granulometría también se anexa.

Resultado: Se consiguió extrusionar estériles al 100% con presiones en galletera desde 15 a 30 Kgs./cm²., sin ningún problema superior a los habituales en cerámica.

Con éste resultado se dieron por terminadas las pruebas de extrusionado.

CONCLUSIONES DE LAS PRUEBAS DE EXTRUSIONADO

Es necesario disponer de molino pendular para conseguir la granulometría fina, que es la única que hasta ahora nos ha permitido el extrusionado.

También consideramos que no es necesario hacer toda la molienda en pendular, sino una parte que nos permita darle cohesión y plasticidad al resto de ésta que puede hacerse en molino de martillos con su correspondiente tamiz.

Agua de amasado referida a seco : $16 \div 18\%$
Presión en extrusora entre $15 \div 30$ Kgs./cm²

DESCRIPCION DE LA PRUEBA DE COCCION.-

La prueba de ahorro de energía se efectuó con una mezcla al 50% de arcilla Pintó y estériles MiM.

El día anterior a la prueba se confeccionó un balance térmico de la fábrica y se controló el consumo de fuel-oil por tonelada cocida.

Al día siguiente se repitió la misma operación, pero con la arcilla de pruebas.

Durante la prueba los grupos 1º 2º y 3º permanecieron constantemente parados, funcionando normalmente los restantes. Debido a que el aire introducido por los gasificadores entre 700 y 850º era insuficiente para controlar la combustión del carbón, se alcanzaba una temperatura en el 3º grupo de 1.000ºC. Una vez hubo pasado el material bajo éste grupo, la temperatura descendía de forma que los restantes grupos se ponían regularmente en marcha.

Para evitar acumulaciones de temperatura en zonas reducidas del horno, se aumentó el paso de aire por el canal de cocción, por otra parte necesario también, debido al aumento de producción efectuado.

CONCLUSION.-

Consideramos que en toda la zona prevista de ignición y combustión del carbón, se deben proveer entradas de aire para controlar el tiempo de combustión del mismo.

Por otra parte los porcentajes de carbón en los estériles no deberían ser superiores al 3,5% ya que dificultaría enormemente su control. Por otra parte un carbón con un poder calorífico de 6.700 Kcal/Kgs. en un porcentaje de un 4,78% con fiere en teoría a la arcilla suficiente energía para la auto combustión.

tecnocerámica, s.a.

ESTUDIO TERMICO REALIZADO CON ARCILLA DE CERAMICA PINTO

Datos Generales

HORNO.-

Material : Hueco

Dimensiones : 98 x 132 x 280

Nº Paquetes/vagoneta : 4

Nº Piezas/paquete : 288

Nº Piezas/Vagoneta : 1152

Peso pieza cocida : 2,86 Kgs.

Carga vagoneta : 4324 Kgs.

Producción : 86,4 Ton/día

Ciclo cocción : 51 horas

Densidad de encañe : 431/m³.

Sección útil paso fuego : 1,41 m².

Temperatura de cocción : 800°C.

Nº Quemadores : 45

Consumo combustible : 39 Kgs.F/ton. cocida.

SECADERO.-

Agua evaporada en secadero : 15% referido peso cocido.

Producción : 65 Ton./día referido peso cocido, las 45 Tn/
día restantes en secado natural.

Agua residual de secado y de constitución aprox. : 12%

Ciclo de secado : 28 horas.

Fecha: 18 Mayo 81	RECUPERACION-REFRIGERACION	Esquema 5
1 Cca : PINTO	BALANCE CAUDALES HORNO	Esquema 6
<i>U. U. U.</i>	BALANCE TERMICO HORNO	Esquema 6

STEP	INSTRUCTIONS				INPUT DATA UNITS	KEYS	OUTPUT DATA UNITS
RECUPERACION - REFRIGERACION BOVEDA							
						INPUT OUTPUT	
1	Volumen recuperación total	m ³ /h	Instrucciones bóveda-central	m ³ /h	17.000	VRT V _i	468
2	Volumen vent. sec. Indir.	m ³ /h	Entalpia Recup. Indirecta	Kcal/kw.h	5.000	VRT V _i	29,96
3	Volumen salida bóveda *	m ³ /h	Volumen Recup. Directa	m ³ /h	6.000	VIE V _{RD}	12.000
4	Vol. de Ventilación Aire Prim.	m ³ /h	Entalpia Recup. Directa	Kcal/kw.h	600	VSS V _{RD}	35,12
5	Temperatura media STEP 4	°C	Temperat. Recup. Directa	°C	60	tas t _{PD}	126,19
6	Entalpia recub. total	Kcal/kw.h	Entalpia ambiente	Kcal/kw.h	33,601	LRT V _F	9,76
7	Temperatura recub. indirecta	°C	Calor Recup. Directa	Kcal/h	105	TRC Q _{CD}	359.858
8	Calor de H ₂ O aire húmedo amb.	Kcal/kw.h	Calor Recup. Indirecta	Kcal/h	0,0074	XA Q _{CD}	119.447
9	Densidad aire seco amb.	kg/m ³	Calor Recup. Total	Kcal/h	1,1825	VIA Q _{RT}	479.306
10	Temperatura ambiente	°C	Cierre	0,00	22	ZA Q _{CD}	0,00
BALANCE CAUDALES HORNO-VENT. SEC.							
1	Caudal Tiro	m ³ /h	Caudal aire 1 ^{er} Circuito Gén.	m ³ /h	12.352	VT V _{BT}	752
2	Caudal Recup. total	m ³ /h	Ángulo α V _i I	GRD	17.000	VRT V _{BT}	--
3	Caudal consumo sólido	m ³ /h	Potencia absorbida	CV	20.000	VCS C ₁₀	--
4	Caudal F ₁₀	m ³ /h			1.100	V _{BT}	
5	Caudal entrada bóveda	m ³ /h	Nota: otros caudales aire se sumaran		7.500	V _E	
6	Potencia Nominal salida	CV	a cualquier V semejante en el otro.			CV	
7	Coeficiente Nominal salida	A	o al circuito a que pertenece.			LN	
8	eficiencia	V				V _N	
9	Integridad absorbida	A				IA	
BALANCE TERMICO HORNO							
1	Calor Tiro	Kcal/h	Pérdidas R. Endotermicas	Kcal/h	411.500	QT P _{TS}	324.027
2	Calor Recuperación Total	Kcal/h	Pérdidas Vozonetas sólido	Kcal/h	479.428	QRT P _{VS}	65.389
3	Producción	TON/DIA	Pérdidas material salida	Kcal/h	86,4	P _T P _{MS}	2.483
4	Consumo específico arcilla	kg/m ³	Σ pérdidas Totales	Kcal/h	90	qre V _{PT}	1.333.800
5	Temperatura salida vozoneta	°C	Pérdidas cierre balance	Kcal/h	90	tsv P _{CB}	50.973
6	Temperatura salida material	°C	Porcentaje pérdidas Rec.Total	%	25	t _{SM} %Q _{RT}	35,94
7	Carga vozoneta	kg	Porcentaje pérdidas Tiro	%	4324	CAV %Q _{RT}	30,85
8	Temperatura ambiente	°C	Porcentaje pérdidas voz.salida	%	22	ta %Q _{VS}	4,90
9	Consumo horno por hora	HP/h	Porcentaje pérdidas cierre b.	%	140,4	Gh %Q _{CB}	3,82
10	Peso recuperación vozoneta	kg	Porcentaje pérdidas R. end.	%	5.500	P _{MS} %Q _{RE}	24,29
11			Porcentaje pérdidas mat. salida	%			0,19
*	HTPT ; V _i se suma a V _E ⇒ V _{IE} en STEP 3						
*	SE CONSIDERA QUE SALSIFICADORES Y AIRE SECUNDARIO ASPIRAN SOLO BOVEDA						
*	Y ASPIRAN TAMBIEN DEL EXTERIOR; SU CAUDAL SE SUMARA A V _{IE} O SE						

Fecha: 18.05.81	GENERADOR CALOR (#)	Esquema 3
Cca: PINTO	EXTRACCIÓN HUMOS	Esquema 4
<i>M. B.</i>	VENTS. TIRO-R.IND.-C.R.IND	Esquema 4

STEP	INSTRUCTIONS				INPUT DATA/UNITS	KEYS	OUTPUT DATA/UNITS
GENERADOR CALOR (II)							
1	Temperatura combustion	°C	Calor específico medio N ₂	Kcal/m ³ °C	---	EC	Gm N ₂
2			Calor específico medio H ₂ O	Kcal/m ³ °C	---		Gm H ₂ O
3			Calor específico medio CO ₂	Kcal/m ³ °C	---		Gm CO ₂
4			Calor específico medio Aire	Kcal/m ³ °C	---		Gm Aire
5			Exceso aire combustion	---	---		X _a
6			Porcentaje CO ₂ humos	%	---		K _a
EXTRACCIÓN HUMOS							
1	Estado higrométrico amb.	%	Densidad aire seco ambiente	kg/m ³ air	45%	Ea	M _{1A}
2	Temperatura ambiente	°C	Densidad aire húmedo amb.	kg/m ³ air	19,83	Ma	M _{2A}
3	Temperatura ambiente	°C	Contenido H ₂ O en el aire húmedo amb.	kg/m ³ air	22	Ma	X _a
4	Porcentaje CO ₂ tiro	%	Exceso aire en tiro	---	1,75	K	X
5	Temperatura salida horno	Kg	Contenido H ₂ O por combustion	kg/m ³ gas	3,54	Pa	X _n
6	Temperatura a 750°C	Kg	Caudal tiro	m ³ /h	3,2	Pa	V
7	Temperatura salida	Kg	Contenido H ₂ O por H ₂ O residual	kg/m ³ gas	2,86	Pa	X _m
8	Consumo horno	kg/h	Contenido H ₂ O en el aire húmedo tiro	kg/m ³ gas	140,4	Gh	X _r
9	Producción	kg/h	Contenido H ₂ O en el tiro	kg/m ³ gas	3.600	Pr	L _h
10	Temperatura humos	°C	Entalpia ambiente	Kcal/kg	40	th	LA
11			Calor perdido tiro	Kcal/h			Q
12			Consumo tiro	kg/h			CT
VENTILADORES: TIRO-R.IND.-CALOR REACCION							
1	Potencia nominal	CV	Ángulo de 2, V	GRD	30	CV	M ₁
2	Intensidad nominal	A	Potencia absorbida	CV	74	JA	M ₁
3	Voltaje	V	Ángulo de 2, V	GRD	220	VA	M ₂
4	Intensidad absorbida	A	Potencia absorbida	CV	34	JA	M ₂
5	Potencia nominal	CV			---	CV	
6	Intensidad nominal	A			---	JA	
7	Intensidad absorbida	A	Caudal tiro (TASIAS)	m ³ /h	---	JA	V _h
			Caudal R.IND. (")	m ³ /h	---	PA	V _h

Fecha: 18.05.81	SECADERO	Esquema 1
Cca: PINTO	SALA TERMICA	Esquema 2
<i>Urb</i>	GENERADOR CALOR	Esquema 3

STEP	INSTRUCTIONS			INPUT DATA/UNITS	KEYS	OUTPUT DATA/UNITS
SECADERO						
1	Estado higrometrico amb.	1/1	Densidad aire seco amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	45%	EA HIA 1,1825
2	Pres. abs. vapor H ₂ O amb.	mm Hg	Densidad aire humedo amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	19,83	H2A M2A 0,0087
3	Temp. ambiente	°C	Densidad aire amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	22	2A MA 1,1913
4	Temp. entrada secadero	°C	Cantidad H ₂ O aire humedo	$\frac{kg}{m^3 \text{ a.s.}}$	120	tes Xa 0,0074
5	Vol. entrada secadero	m ³ /h	entelbiz ambiente	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	17.000	Yes La 9,7518
6	Vol. entrada en secadero	1/1	entelbiz salida secadero	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	0,15	°C H2O les 33,601
7	Produccion	T.M./h	H ₂ O evaporada piezas	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	65	Pr Xev 0,0202
8	Pres. abs. vapor H ₂ O salida	mm Hg	Cantidad H ₂ O aire humedo ss.	$\frac{kg}{m^3 \text{ a.s.}}$	35,66	Hoss Xcal 0,0276
9	Temp. salida secadero	°C	entelbiz salida secadero	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	32	ess lss 24,5083
10			Estado higrometrico salida	1/1		ess 90%
SALA TERMICA						
1	Aire entrada secadero	m ³ /h	Entelbiz aire caliente gen.	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	17,000	Yes laon 9,7518
2	Aire salida generador	m ³ /h	Cantidad recuperacion total	$\frac{Kcal}{h}$	--	Yoen Vot 17.000
3	Aire entrada calien calector	m ³ /h	Entelbiz recuperacion total	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	--	VA lPT 33,60
4	Cantidad H ₂ O aire humedo a.	$\frac{kg}{m^3 \text{ a.s.}}$	Comb. recuperacion total	°C	0,0074	XA eRT 120
5	Densidad aire seco ambiente	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	Calor recuperacion total	$\frac{Kcal}{h}$	1,1825	MIA QRT 479,428
6	entelbiz ambiente	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	Calor generador	$\frac{Kcal}{h}$	9,7518	LA QGEN 0
7	entelbiz entrada secadero	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	Consumo secadero	$\frac{Kcal}{h}$	33,601	les GSEC 0
8	entelbiz salida secadero	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	Calor a secadero	$\frac{Kcal}{h}$	24,5083	lss QSEC 479,428
9	Produccion	T.M./h	Consumo especifico	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	65	Pr GSEC 177
10	temperatura aire generador	°C	Varizacion entelbiz e-s	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	22	toon A(e-s) 9,1
			Varizacion calor e-s	$\frac{Kcal}{h}$		A(e-s) 182,786
GENERADOR CALOR					PARO	
1	Estado higrometrico ambiente	1/1	Densidad aire seco amb.	$\frac{kg \text{ a.s.}}{m^3 \text{ air}}$	--	EA MA --
2	Pres. abs. vapor H ₂ O amb.	mm Hg	Densidad aire humedo amb.	$\frac{kg \text{ a.s.}}{m^3 \text{ air}}$	--	H2A M2A --
3	temperatura ambiente	°C	Densidad aire ambiente	$\frac{kg \text{ a.s.}}{m^3 \text{ air}}$	--	2A MA --
4	Porcentaje CO ₂ en humos	%	Cantidad H ₂ O aire humedo	$\frac{kg \text{ a.s.}}{kg \text{ a.s.}}$	--	Kg Xa --
5	temperatura humos gen.	°C	Entelbiz ambiente	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	--	ehg La --
6	Volumen humos generador	m ³ /h	Exceso aire combustion	--	--	Vha Xa --
7	Superficie ext. generador	m ²	Entelbiz humos generador	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	--	S lhg --
8	temperatura chace generador	°C	Calor perdido humos gen.	$\frac{Kcal}{h}$	--	tehg Qha --
9	temperatura chace generador	°C	Calor perdido superficie gen.	$\frac{Kcal}{h}$	--	toen Qch --
10	Volumen aire caliente gen.	m ³ /h	Entelbiz aire caliente gen.	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	--	Yoen loen --
11			Calor intercamb. generador	$\frac{Kcal}{h}$	--	Qgen --
12			Calor total suministrado gen.	$\frac{Kcal}{h}$	--	QTS --
13			Zendimiento	%	--	Ra --

tecnocerámica, s.a.

C O N C L U S I O N

DISTRIBUCION PERDIDAS.-

	%	Kcal/hora
TIRO	30,85	411.500
RECUPERACION	35,94	479.428
REACCIONES ENDOTERMICAS	24,29	324.027
PERDIDAS MATERIAL	0,19	2.483
PERDIDAS VAGONETAS	4,90	65.389
PERDIDAS MUROS, CONDUCTOS Y CIERRE BALANCE.	3,82	50.973
<hr/>		
TOTAL	100	1.333.800
		=====

Consumo de fuel/hora : 140,4 Kg. Fuel.

Consumo de fuel por TONELADA COCIDA : 39 Kgs. fuel.

tecnocerámica, s.a.

BALANCE TERMICO REALIZADO CON 50% ARCILLA PINTO Y 50%
ESTERILES TIPO MiM 670 Cal/gr.

DATOS GENERALES.-

H O R N O.-

Material : Gero

Dimensiones : 100 x 130 x 280

Nº Piezas vagoneta : 1480

Peso pieza cocida : 3,6 Kgs.

Producción : 106,56 Ton./día

Vagonetas/día: 20

Ciclo cocción : 51

Densidad de encañe : 532 Kgs./m³.

Temperatura prefijada de cocción : 800°C.

Temperatura alcanzada : 1000°C.

Nº Quemadores : 45

Consumo combustible fuel-oil : 20,5KgF/Ton. Coc.

S E C A D E R O.-

Agua evaporada en secadero : 13% referido peso cocido.

Toda la producción de horno se ha secado en el secadero.

Agua residual de secado y de constitución aprox. : 12%

Ciclo de secado aprox. : 19 horas.

50% ESTERILES
50% PINTO

User Instructions

Fecha: 19.05.81	SECA DERO	Esquema 1
Cca: PINTO	SALA TERMICA	Esquema 2
U. 12	GENERADOR CALOR	Esquema 3

STEP	INSTRUCTIONS				INPUT DATA/UNITS	KEYS		OUTPUT DATA/UNITS
SECA DERO								
1	Estado higrometrico amb.	1/1	Densidad aire seco amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	0,45	EA	MIA	1.1825
2	Presión aire vapor H ₂ O amb.	$\frac{mmHg}{m^3}$	Densidad aire húmedo amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	19,83	H2A	M2A	0.0087
3	Temp. ambiente	°C	Densidad aire amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	22	ta	Ma	1.1913
4	Temp. entrada secadero	°C	Contenido H ₂ O aire húmedo	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	120	tes	XA	0,0074
5	Aire entrante secadero	$\frac{m^3}{h}$	entelbiz ambiente	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	22.000	Yes	LA	9,7518
6	H ₂ O evaporada en secadero	1/1	entelbiz solido secadero	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	0,13	o/H ₂ O	ies	33,61
7	Producción	$\frac{TUN/24 \text{ h}}{P.C.}$	H ₂ O evaporada piezas	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	106,56	Pr	Xev	0,0222
8	Presión vapor H ₂ O solido	$\frac{mmHg}{m^3}$	Contenido H ₂ O aire húmedo ss.	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	37,73	H2SS	Xa2L	0,0296
9	Temp. solido secadero	°C	entelbiz solido secadero	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	330	ess	iss	25,968
10			Estado higrometrico solido	1/1			ess	91,5
SALA TERMICA								
1	Aire entrante secadero	$\frac{m^3}{h}$	Entelbiz aire caliente gen.	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	22.000	Yes	Loen	9,76
2	Aire entrante generador	$\frac{m^3}{h}$	Caudal recuperación total	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	--	Yes	VAT	22.000
3	Aire entrante calin ciclor	$\frac{m^3}{h}$	Entelbiz recuperación total	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	0,0074	VA	LRT	33,61
4	Contenido H ₂ O aire húmedo a.	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	Temp. recuperación total	°C	1,1825	XA	ERT	120
5	Densidad aire seco ambiente	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	Calor recuperación total	$\frac{Kcal}{h}$	9,7518	MIA	ORT	620.512
6	entelbiz ambiente	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	Calor generador	$\frac{Kcal}{h}$	33,61	LA	QGEN	0
7	entelbiz entrante secadero	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	Consumo secadero	$\frac{KJ}{h}$	25,67	Los	GSEC	0
8	entelbiz solido secadero	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$	Calor a secadero	$\frac{Kcal}{h}$	106,56	lss	GSEC	620.512
9	Producción	$\frac{TUN}{24 \text{ h}}$	Consumo específico	$\frac{Kcal}{kg \text{ a.s.}}$	22	Pr	GSEC	139,78
10	temperatura aire generador	°C	Varización entelbiz e-s	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$		taan	De-s	7,94
			Varización calor e-s	$\frac{Kcal}{h}$			De-s	206.559
GENERADOR CALOR								
						PARO		
1	Estado higrometrico ambiente	1/1	Densidad aire seco amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	--	EA	PA	--
2	Pres. aire vapor H ₂ O amb.	$\frac{mmHg}{m^3}$	Densidad aire húmedo amb.	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	--	H2A	M2A	--
3	temperatura ambiente	°C	Densidad aire ambiente	$\frac{kg}{m^3 \text{ air}}$	--	EA	Ma	--
4	Porcentaje CO ₂ en humos	%	Contenido H ₂ O aire húmedo	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$		Kg	Xa	
5	temperatura humos gen.	°C	Entelbiz ambiente	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$		tha	IA	
6	Exceso humos generador	$\frac{m^3}{h}$	Exceso aire combustion			Vhg	lg	
7	Superficie ext. generador	m ²	Entelbiz humos generador	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$		S	lha	
8	temperatura chape generador	°C	Calor perdido humos gen.	$\frac{Kcal}{h}$		tcha	gha	
9	temp. aire ambiente generador	°C	Calor perdido superficie gen.	$\frac{Kcal}{h}$		taan	Qch	
10	temperatura aire caliente gen.	$\frac{m^3}{h}$	Entelbiz aire caliente gen.	$\frac{kg}{kg \text{ a.s.}}$		Voer	Loen	
11			Calor intercamb. generador	$\frac{Kcal}{h}$			Qoer	
12			Calor total suministrado gen.	$\frac{Kcal}{h}$			QTS	
13			Rendimiento	$\frac{\%}{\%}$			Ra	

50% ESTERILES
50% PINTO

User Instructions

Fecha: 19.05.81	GENERADOR CALOR (=)	Esquema 3
Csa: PINTO	EXTRACCIÓN HUMOS	Esquema 4
<i>M...</i>	VENTIL. TIRO-RINDO-C.RINDO	Esquema 4

STEP	INSTRUCTIONS			INPUT DATA UNITS	KEYS	OUTPUT DATA UNITS
GENERADOR CALOR (=)						
1	Temperatura combustión	°C	Calor específico medio N ₂	kJ/kg°C	INPUT	---
2			Calor específico medio H ₂ O	kJ/kg°C	tc	---
3			Calor específico medio CO ₂	kJ/kg°C		---
4			Calor específico medio Aire	kJ/kg°C		---
5			Exceso aire combustión	---		---
6			Porcentaje CO ₂ humos	%		---
EXTRACCIÓN HUMOS						
1	Estado higrométrico amb.	%	Humedad aire seco ambiente	kg/kg _{air}	ea	1,1825
2	Temperatura ambiente	°C	Humedad aire húmedo amb.	kg/kg _{air}	hua	0,0087
3	Temperatura ambiente	°C	Contenido H ₂ O aire húmedo amb.	kg/kg _{air}		0,0074
4	Porcentaje CO ₂ tiro	%	Exceso aire en tiro	---	k	9,36
5	Temperatura entrada horno	°C	Contenido H ₂ O por combustión	kg/kg _{air}	pa	0,0081
6	Temperatura salida	°C	Caudal tiro	kg/h	pa	18,231
7	Temperatura salida	°C	Contenido H ₂ O por H ₂ O entrada	kg/kg _{air}	pc	0,0194
8	Temperatura horno	°C	Contenido H ₂ O en humos de tiro	kg/kg _{air}	ga	0,0349
9	Reducción	°C/h	Entalpia tiro	kJ/kg _{air}	pa	35,15
10	Temperatura humos	°C	Entalpia ambiente	kJ/kg _{air}	ta	9,75
11			Calor perdido tiro	kJ/h		547,539
12			Caudal tiro	kg/h		123
VENTILADORES : TIRO-RINDO						
1	Potencia nominal	CV	Ángulo α 2, V	GRD	ca	
2	Intensidad nominal	A	Potencia absorbida	CV	ca	
3	Velocidad	V	Ángulo α 2, V	GRD	va	
4	Intensidad absorbida	A	Potencia absorbida	CV	pa	
5	Potencia nominal	CV			ca	
6	Intensidad nominal	A			ca	
7	Intensidad absorbida	A	Caudal tiro (TRIND)	m ³ /s	ca	
			Caudal RINDO (")	m ³ /s	pa	

User Instructions

Fecha: 19.05.81	RECUPERACION-REFRIGERACION	Esquema 5
Cca: PINTO	BALANCE CAUDALES HORNO	Esquema 6
	BALANCE TERMICO HORNO	Esquema 6

STEP	INSTRUCTIONS				INPUT DATA/UNITS	KEYS	OUTPUT DATA/UNITS
<u>RECUPERACION - REFRIGERACION BVEDA</u>							
1	Caudal recuperación total	m ³ /h	Dimensiones cámara-canal	m ³ /h	22.000	INPUT: VRT OUTPUT: Vt	491
2	Caudal rec. recup. Indir.	m ³ /h	Entalpia Recup. Indirecta	kcal/gas	7.000	YES: LCR	31,18
3	Volumen ent. de cámara *	m ³ /h	Volumen Recup. Directa	m ³ /h	8.000	VE*	15.000
4	Volumen de aire sec. *	m ³ /h	Entalpia Recup. Directa	kcal/gas	600	YES: LRD	34,75
5	Temperatura media STEP 4	°C	Temperat. Recup. Directa	°C	75	YES: TRD	124,66
6	Entalpia recuper. total	kcal/gas	Entalpia ambiente	kcal/gas	36,61	LCR: LA	9,76
7	Temperatura media indirecta	°C	Color Recup. Directa	kcal/g	110	TRD: GRD	443.212
8	Color de cámara de sec.	kcal/gas	Color Recup. Indirecta	kcal/g	0,0074	XA: GRD	177,300
9	Temperatura ambiente	°C	Color Recup. Total	kcal/g	1,1825	MA: CRT	620.512
10	Temperatura ambiente	°C	Cierre	0,00	22	CA: 0,00	0,00
<u>BALANCE CAUDALES HORNO-VENT. SEC.</u>							
1	Caudal Tiro	m ³ /h	Caudal aire 1º Circuito bór.	m ³ /h	18.231	Vt: VET	1.130
2	Caudal Recup. total	m ³ /h	Angulo α V, I	GRD	22.000	VET: CUE	--
3	Caudal cámara sólida	m ³ /h	Potencia absorbida	CV	28.075	YES: CUV	--
4	Caudal Tiro	m ³ /h			3.026	VED:	
5	Caudal cámara bodega	m ³ /h	Nota: otros caudales aire se suman		8.000	VE:	
6	Potencia nominal cámara	CV	a cualquier V semejante en circuitos		--	CV:	
7	Velocidad cámara	A	del circuito a que pertenece.		--	JLN:	
8	Ángulo	V			--	VIA:	
9	Potencia absorbida	A			--	CA:	
<u>BALANCE TERMICO HORNO</u>							
1	Calor Tiro	kcal/h	Perdidas: R. Endotermicas	kcal/h	547.539	OT: PRE	310.824
2	Calor recuperación total	kcal/h	Perdidas: Vazoneos sólidos	kcal/h	620.512	CRT: PVS	79.900
3	Producción	TON/CA	Perdidas: material sólido	kcal/h	106,56	P: PMS	7,145
4	Consumo eléctrico horno	kWh/ar	Perdidas Totales	kcal/h	70	GRE: CRT	1.687.200
5	Temperatura sólida vegetal	°C	Perdidas cierre balance	kcal/h	105	TSV: PCB	121.290
6	Temperatura sólida material	°C	Porcentaje perdidas Rec. Total	%	29	ESM: %CRT	36,78
7	Grado de quemaz	kg	Porcentaje perdidas Tiro	%	5328	CAV: %CR	32,45
8	Temperatura ambiente	°C	Porcentaje perdidas material	%	22	TA: %QVS	4,73
9	Calor a horno por hora	kWh/h	Porcentaje perdidas cierre b.	%	177,6	GA: %QEP	7,19
10	Perdidas radiación vegetal	kg	Porcentaje perdidas P. Total	%	5500	PAO: %CR	18,42
11			Porcentaje perdidas material	%			0,42
12	NOTA: Vt se suma a VE \Rightarrow VIEFO en STEP 3						
13	SE SUMAN LOS QUE SANCIFICADORES Y AIRE SECUNDARIO ASPIRAN EN BVEDA						
14	SE SUMAN TAMBIEN DEL EXTERIOR; SU CAUDAL SE SUMARA A VIEFO SE						

C O N C L U S I O N

PRUEBA 50% ARCILLA PINTO
50% ESTERILES MIM

DISTRIBUCION PERDIDAS.-

	%	Kcal/hora
TIRO	32,45	547.539
RECUPERACION	36,78	620.512
REACCIONES ENDOTERMICAS	18,42	310.800
PERDIDAS MATERIAL	0,42	7.145
PERDIDAS VAGONETAS	4,73	79.900
PERDIDAS MUROS, CONDUCTOS Y CIERRE BALANCE	7,19	121.290
<u>TOTAL</u>		<u>100</u>
		<u>1.687.200</u>
		=====

- CONSUMO ENERGIA HORA : 1.687.200 Lca./h.
- CONSUMO EQUIVALENTE EN KGS FUEL/HORA : 177,6
- CONSUMO DE FUEL-OIL POR TONELADA COCIDA : 40 Kgs. fuel
- CONSUMO MEDIO EN CONTADORES DE FUEL-OIL : 20,5 Kgs.Fuel/Ton.Coc.
- AHORRO DE FUEL-OIL DURANTE LA PRUEBA : 47,44% respecto a la arcilla de la ceramica PINTO.

tecnocerámica, s.a.

RENDIMIENTO ENERGETICO DEL PORCENTAJE DE CARBON DE LOS ES
TERILES.-

Energía suministrada por el carbón : 630 Kcal/Kgs.

$$\begin{array}{rcccccc}
 \frac{4440 \text{ Kgs.}}{\text{Hora}} & \times & \frac{630 \text{ Kcal.}}{2 \text{ Kgs.}} & \times & \frac{1 \text{ hora}}{4,44 \text{ Ton.}} & \times & \frac{1 \text{ Kg. Fuel}}{9500 \text{ Kcal.}} = \\
 \hline
 33,16 \text{ Kg. Fuel} & & & & & & \\
 \hline
 \text{=====} & & & & & &
 \end{array}$$

Energía equivalente perdida en la cocción:

$$33,16 - 19,5 = 13,66 \text{ Kgs. Fuel}$$

Motivos: Inquemados

Temperatura cocción inferior (por limitaciones del
horno) a la de cocción de la mezcla.

Volátiles.

Etc.

Rendimiento energético del combustible (cocción)

$$\frac{19,5}{33,16} = 58,81\%$$

tecnocerámica, s.a.

RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra C-25: estériles de lavadero de carbón molturados en un molino industrial de martillos (Cca. Pintó) con una reja de 4 mm.

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3	0,10	0,10	99,90
72	2	0,06	0,16	99,84
74	1,600	0,29	0,45	99,55
76	1,250	3,07	3,52	96,48
78	1	1,00	4,52	95,48
80	0,800	7,72	12,24	87,76
82	0,630	11,79	24,03	75,97
84	0,500	5,25	29,28	70,72
86	0,400	11,68	40,96	59,04
88	0,320	10,03	50,99	49,01
90	0,250	2,01	53,00	47,00
92	0,200	5,43	58,43	41,57
94	0,160	7,14	65,57	34,43
96	0,125	5,33	70,90	21,10
98	0,100	3,00	73,90	26,10
100	0,080	4,58	78,48	21,52
102	0,063	2,18	80,66	19,34
104	0,050	2,52	83,18	16,82

tecnocerámica, s.a.

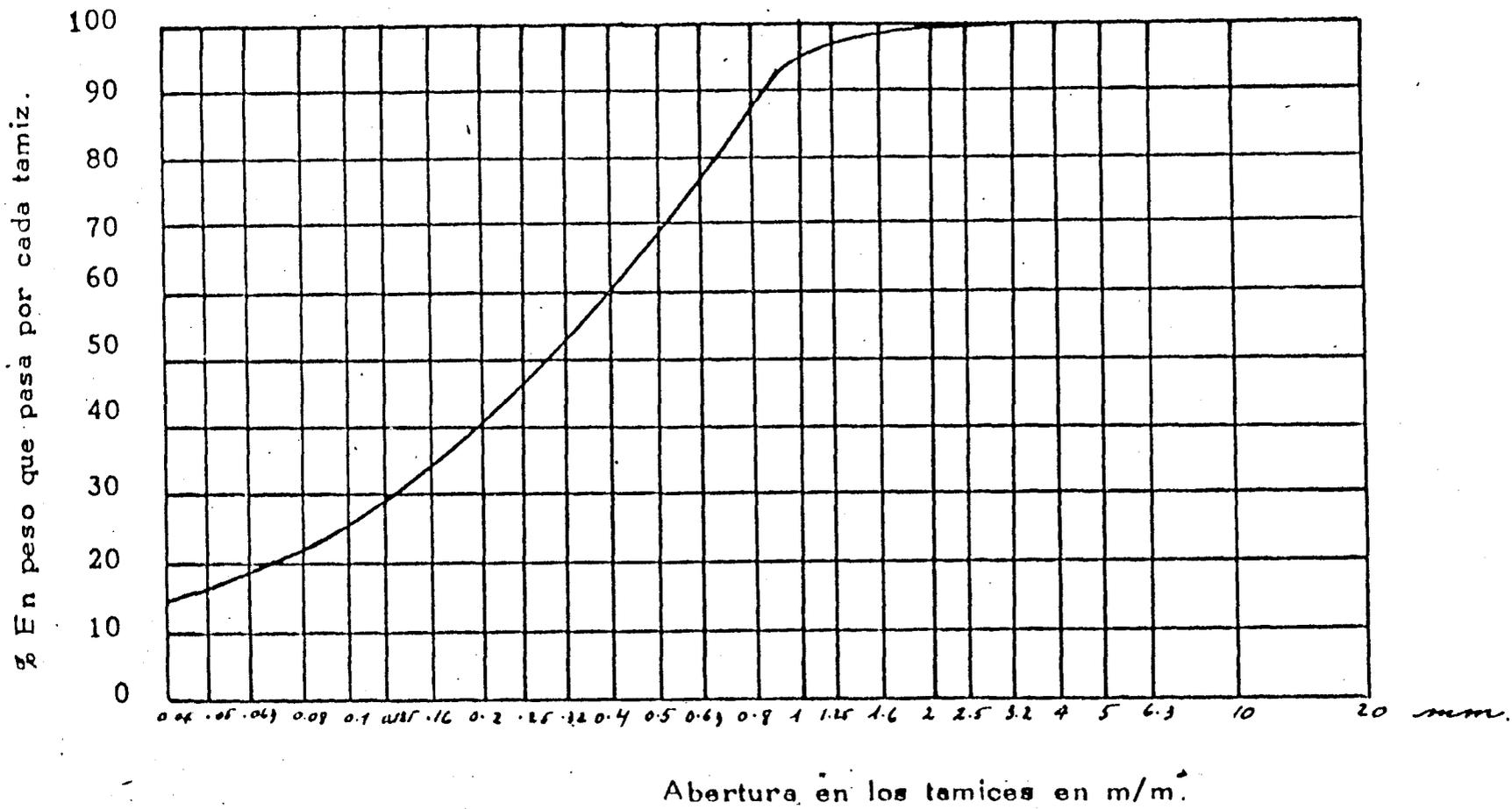
división laboratorio

CLIENTE

HUNCSA

Certificado nº 3.150

Ref. C-25



RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra O-26 : estériles de lavadero de carbón molturados en un molino industrial de martillos (Cca. Píera) con un tamiz de 6 mm.

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3			
72	2	1,43	1,43	98,57
74	1,600	3,04	4,47	95,53
76	1,250	8,19	12,67	87,33
78	1	2,40	15,07	84,93
80	0,800	11,13	26,20	73,80
82	0,630	11,42	37,62	62,38
84	0,500	5,04	42,66	57,34
86	0,400	10,90	53,36	46,64
88	0,320	9,84	63,40	36,60
90	0,250	2,03	65,43	34,57
92	0,200	6,05	71,48	28,52
94	0,160	5,86	77,34	22,66
96	0,125	4,78	82,12	17,88
98	0,100	2,04	84,16	15,84
100	0,080	4,03	88,19	11,81
102	0,063	1,65	89,84	10,16
104	0,050	1,93	91,76	8,24

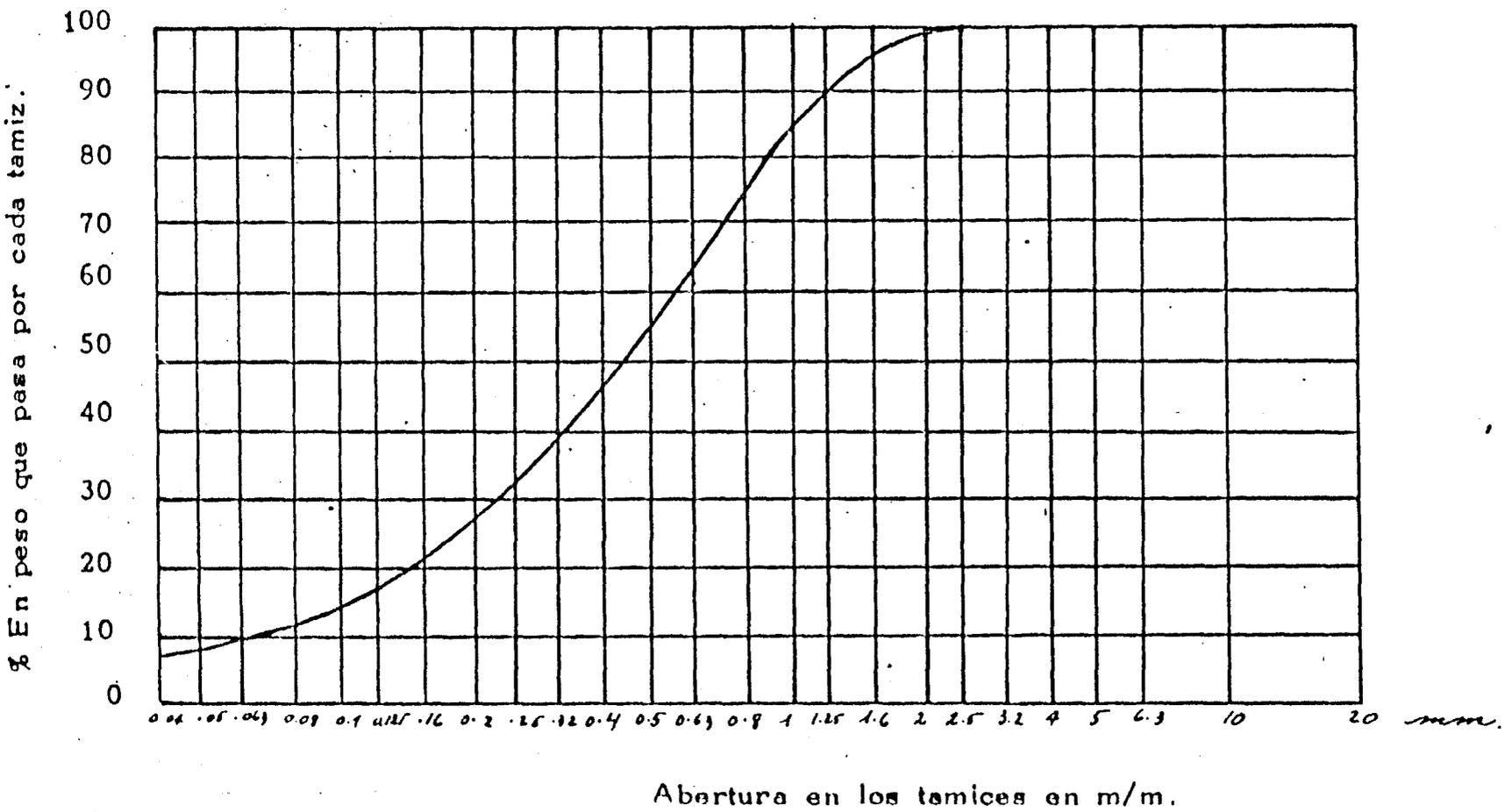
tecnocerámica, s.a.

división laboratorio

CLIENTE
HUNOSA

Certificado nº 3.151

Ref. C-26



RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra G-27: estériles de lavadero de carbón molturados en un molino de martillos (Cca. Piera) con una reja de 6 mm., pasada por un molino de anillos y desmenuzada en un molino de espigas de laboratorio.

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3	1,64	1,64	98,33
72	2	4,47	6,11	93,89
74	1,600	4,01	10,12	89,88
76	1,250	7,07	17,19	82,81
78	1	1,67	18,86	81,14
80	0,800	8,45	27,34	72,69
82	0,630	9,67	36,98	63,02
84	0,500	3,91	40,89	59,11
86	0,400	9,93	50,82	49,18
88	0,320	9,46	60,28	39,72
90	0,250	2,19	62,47	37,53
92	0,200	5,14	67,61	32,39
94	0,160	5,23	72,84	27,16
96	0,125	3,79	76,63	23,37
98	0,100	2,56	79,19	20,81
100	0,080	3,76	82,95	17,05
102	0,063	1,83	84,78	15,22
104	0,050	2,61	87,39	12,61
Inferior a 104	Inferior a 0,05			

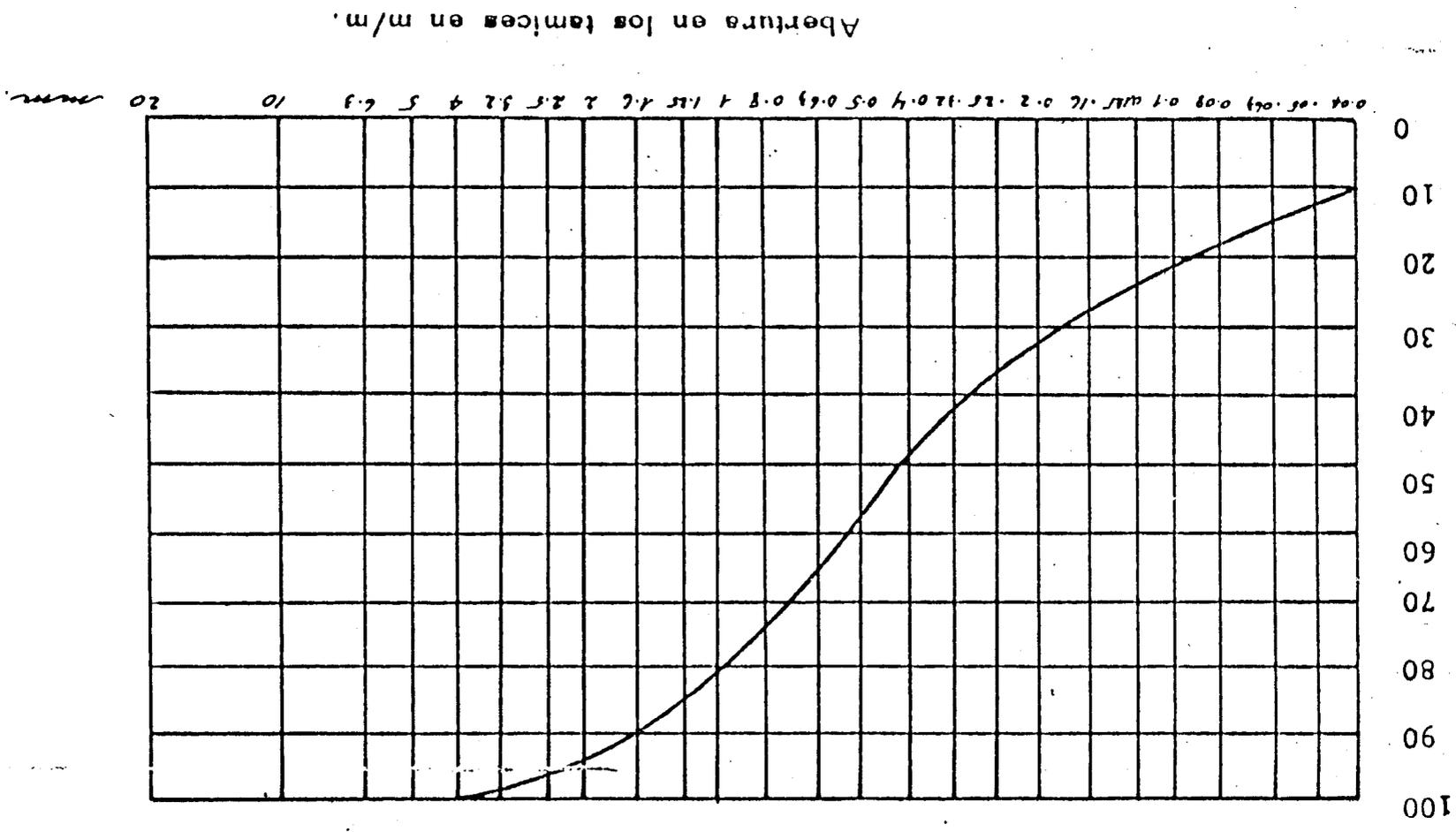
tecnocerámica, s.a.

división laboratorio

CLIENTE
HUNOSA

Certificado nº 3.152

Ref. C-27



% En peso que pasa por cada tamiz.

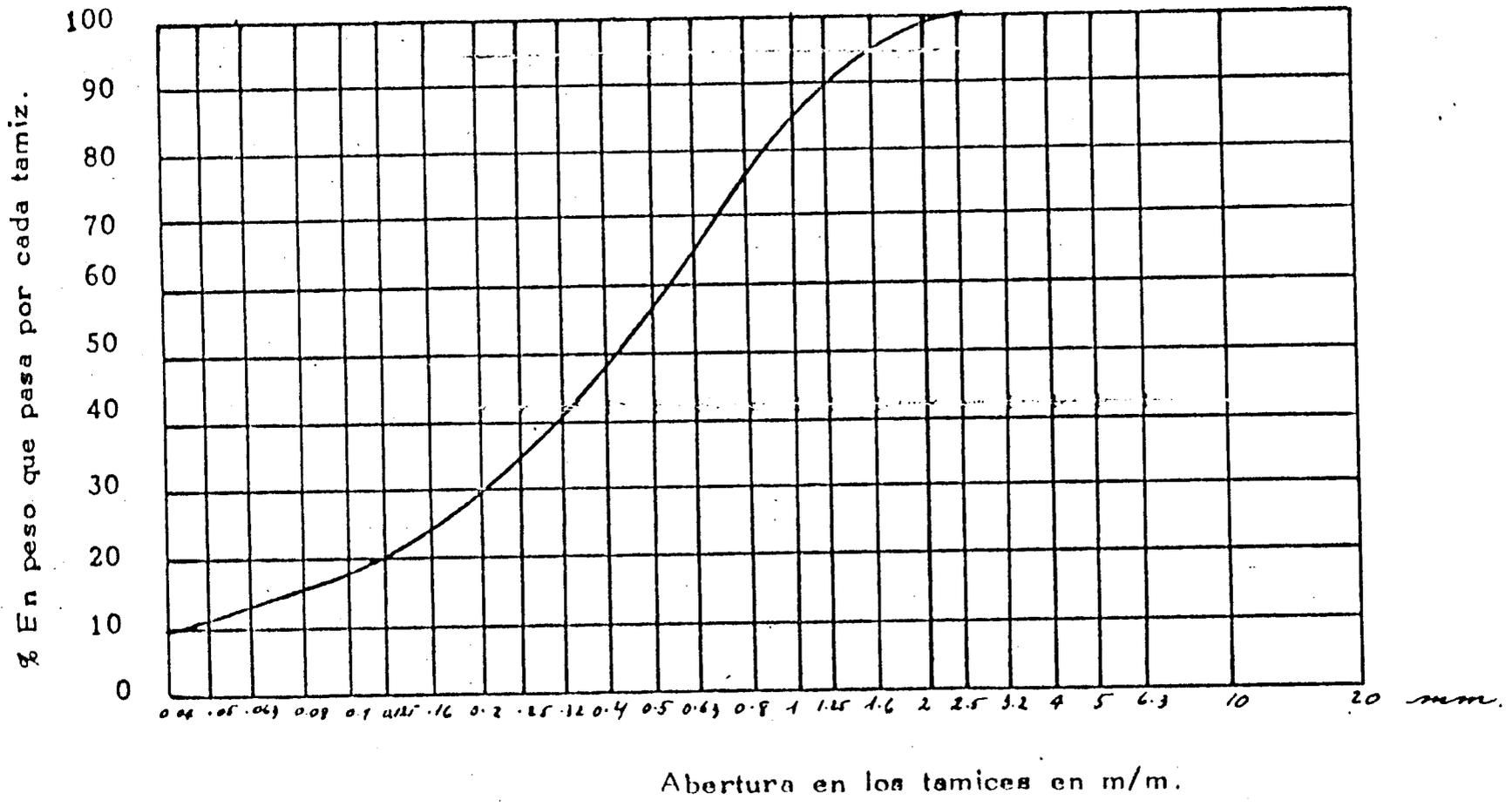
RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra C-28: estériles de lavadero de carbón molturados en un molino industrial de martillos (Cca. Piera) con un tamiz de 6 mm. y pasados a continuación por un molino de espigas de Laboratorio con una criba de 6 mm.

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pese
58	10			
64	5			
DIM	3			
72	2	1,07	1,07	98,93
74	1,600	2,43	3,50	96,50
76	1,250	7,77	11,27	88,73
78	1	2,30	13,57	86,43
80	0,800	11,40	24,97	75,03
82	0,630	11,45	36,42	63,58
84	0,500	4,62	41,04	58,96
86	0,400	11,12	52,16	47,84
88	0,320	10,09	62,25	37,75
90	0,250	1,89	64,14	35,86
92	0,200	5,31	69,45	30,55
94	0,160	6,45	75,90	24,04
96	0,125	4,29	80,19	19,81
98	0,100	2,16	82,35	17,65
100	0,080	3,49	85,84	14,16
102	0,063	1,21	87,05	12,95
104	0,050	2,29	89,34	10,66

tecnocerámica, s.a.
división laboratorio

CLIENTE
HUNOSA
Certificado nº 3.153
Ref. C-28



RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra C-29 : estériles de lavadero de carbón molturados en un molino de martillos (Cca. Fiera) pasados por un molino de anillos (Sugrañes) y vueltos a molturar en un molino de martillos (Cca. Fintó).

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3			
72	2	0,26	0,26	99,74
74	1,600	1,06	1,32	98,68
76	1,250	3,83	4,70	95,30
78	1	2,24	6,95	93,26
80	0,800	7,23	14,17	85,83
82	0,630	9,21	23,38	76,62
84	0,500	4,19	27,57	72,43
86	0,400	8,04	35,61	64,39
88	0,320	9,-	44,61	55,39
90	0,250	2,61	47,22	52,78
92	0,200	5,29	52,51	47,49
94	0,160	5,59	58,10	41,90
96	0,125	5,-	63,10	36,90
98	0,100	2,90	66,-	34,-
100	0,080	4,16	70,16	29,84
102	0,063	2,36	72,52	27,48
104	0,050	2,79	75,31	24,69

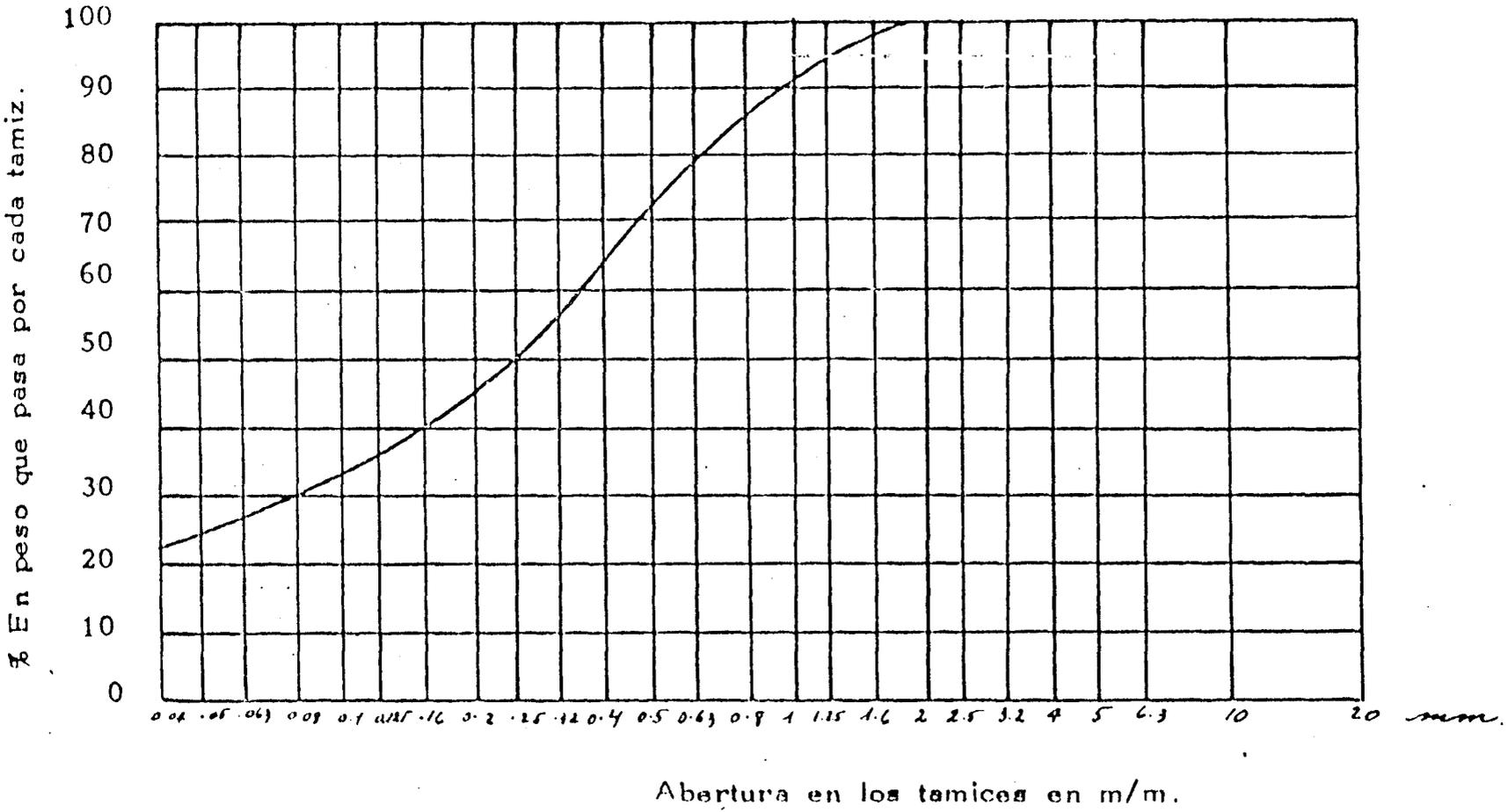
tecnocerámica S.A.

división laboratorio

CLIENTE
HUNOSA

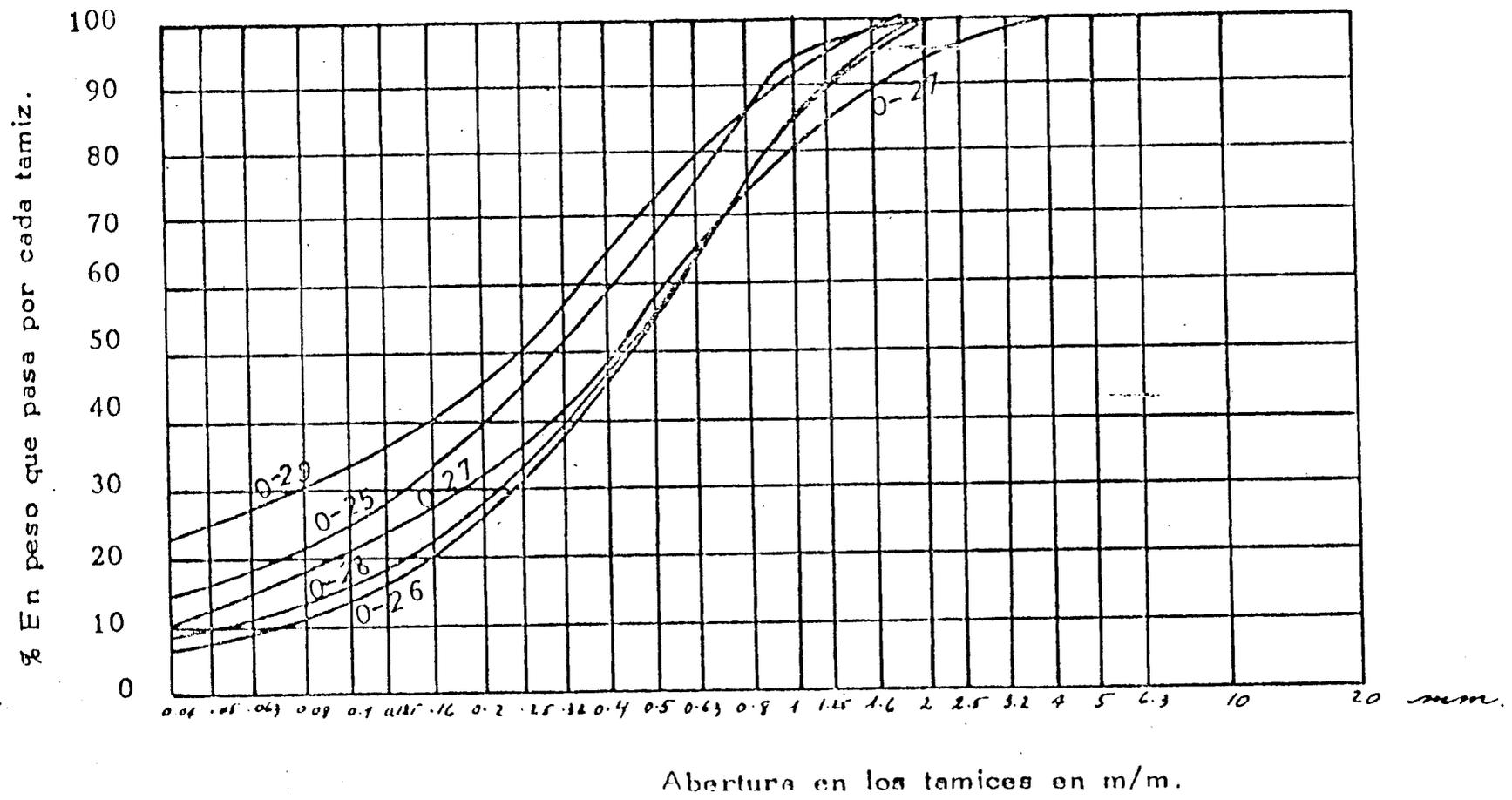
Certificado nº 3.154

Ref. C-29



Industria Cerámica, S.A.
división laboratorio

CLIENTE
HUNOSA
Certificado n° 3.150 II
3.154
Ref. C-27/0-27



RESULTADOS Esférulas de lavadero de carbón molidas en molino pendular Cca Collet.

Densidad a granel del polvo molido: 0,75 - 0,85 kgr/dm³

H₂O polvo salida molino 1,83% (Grano grueso entrado molino chorreaba agua.)

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
72	2			
74	1,600			
76	1,250			
78	1			
80	0,800			
82	0,630			
84	0,500			
86	0,400	0,0660	0,0660	99,93
88	0,320	0,0845	0,1505	99,85
90	0,250	0,0605	0,2110	99,79
92	0,200	0,2456	0,4566	99,54
94	0,160	1,2079	1,6645	98,34
96	0,125	3,6147	5,2792	94,72
98	0,100	4,4480	9,7272	90,27
100	0,080	8,6817	18,4089	81,59
102	0,063	8,2984	26,7073	73,29
104	0,050	12,0834	38,7907	61,21

ULTIMA VAGONETA
ESTERILES
4 horas
20 Mayo

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

PRECALENT
REC. INDIRECTA
TIRO
1ª RECARGACION
2ª RECARGACION

1º GRUPO
IMPULSOS
2º GRUPO
3º GRUPO
4º GRUPO

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

ENTRIAMIENTO
1º GRUPO GASIF.
2º GRUPO GASIF.

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

17 horas 19 Mayo
IMPULSOS: 30'

RETRASO TIRO
TODO ABERTO

APERTURA TIRO
Y C.S.

CANA POSICION
INICIAL

RETRASO CANA
1/2 IMPULSO

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

15 horas 19 Mayo

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

13h 19 Mayo

14 VAGONETA
ESTERILES
en 1º GRUPO I.

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

11h 19 Mayo

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

8 horas 19 Mayo
BATA en 1º GRUPO GASIF.

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

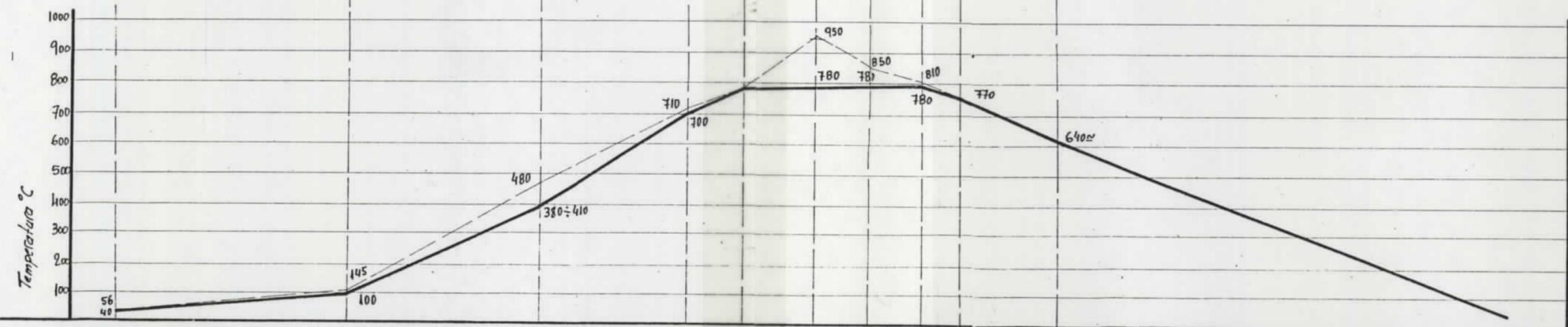
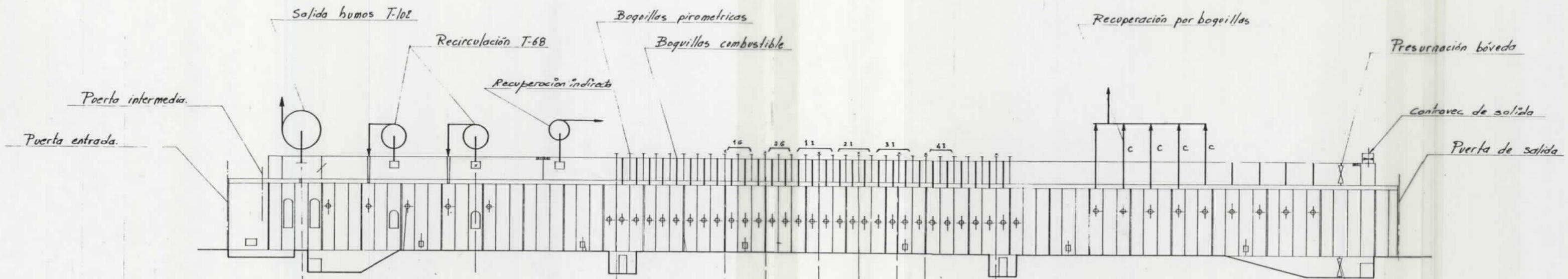
0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

0 200 400 600 800 1000 1200
NICR NICR

PRUEBA
MUNDA

16h - 18 Mayo
IMP: 35'



tecnocerámica, s.a.		
IGUALADA (Barcelona)		
DIBUJADO:		Horno Tunnel HTP-6 LF 112,60 x 2,20 x 1,75
COMPROBADO:	ESCALA:	Vagonetas contenidas 42+1
Nº P-970101-01		Dimensionamiento grafico

INFORME DE LAS PRUEBAS INDUSTRIALES REALIZADAS EN "CERAMICA PINTO", SITUADA EN MAFET, AGRAMUNT, LERIDA, PARA LA FABRICACION DE LADRILLOS

1 - INTRODUCCION

Como consecuencia del anteproyecto encargado al Grupo Verdés para la fabricación de ladrillos, se decidió al objeto de determinar ciertos parámetros de la misma, como son el ahorro energético, granulometría adecuada, humedad de trabajo, curva de cocción, etc, la realización de unas pruebas a nivel industrial, para lo cual el Grupo Verdés eligió a "Cerámica Pinto" debido a su tipo de horno, montado por ellos, - el cual consideraban era el más adecuado para los fines que se perseguían puesto que podían influir en la entrada de aire, etc.

Para ello, y por indicación de Verdés, se les han suministrado en dicha fábrica 230 t. de estériles de menudos del Lavadero de Mieres, que fueron enviados por camiones a partir del día 7 de Marzo. El día 12 se descargaron las últimas toneladas hasta completar dicha cantidad.

La elección de los estériles de menudos la realizaron conjugando el contenido en carbón y en azufre.

2 - DESCRIPCION DE LA FABRICA DONDE SE REALIZAN LAS PRUEBAS

Cerámico Pintó es una fábrica antigua en la cual construyeron con horno túnel hace aproximadamente 4 años.

La parte de preparación consta de un alimentador que desemboca en un molino de martillos de donde el material pasa, a través de una cinta a un silo, del cuál, mediante otras cintas, pasa a una amasadora-extrusora de donde salen unos "spaguettis" de unos 8 cm. De aquí también

por cintas van a dos galleteras que hacen cada una un tipo de ladrillo sin tener que desmontar moldes, etc. Dichas galleteras parecen modelos bastante antiguos.

Asimismo los "spaguettis" pueden ir a un pudridero, de donde se carga a las cintas que van a la galletera.

La parte de preparación está bastantes distante del moldeo, unos 40 m, por lo cual tienen un recorrido en cintas muy grande. Esta parte la tienen mecanizada y es suficiente una sola persona.

De la galletera sale la pastilla que es cortada con un primer cortador en un bloque que se desliza sobre unos rodillos y por medio de un girador mecánico coloca el bloque de forma lateral y es cortado por otro segundo cortador y varios ladrillos que son separados mecánicamente a unos 5 cm. y empujados hacia las estanterías de las columnas de bandejas. El cargue se efectúa de modo mecánico.

Estas columnas de bandejas son llevadas al secadero de compartimentos por medio de carretillas de pinzas. Para el secado tienen un generador de calor que usa como combustible fuel aunque también aprovechan el aire del enfriamiento del horno y otras veces secan al aire.

De los secaderos son transportadas a la parte del horno que es una nave independiente de la instalación descrita antes por lo cual tienen que pasar por un lugar no cubierto.

El cargue sobre las vagonetas para el horno túnel se realiza de forma manual, pero todos los demás medios de arrastre, etc, son mecánicos.

La descarga de las vagonetas se realiza por medio de carretillas de pinzas siendo colocados los ladrillos sobre paletas de madera que son flejados a mano.

El horno usa quemadores-gasificadores y el combustible es fuel.

3 - OBJETIVOS DE LAS PRUEBAS Y MODO OPERATORIO

El objetivo de estas pruebas era la determinación del equipo necesario y sus características, determinación de parámetros del material tales como granulometría, humedad, secado, curva de cocción, etc, y otras relacionadas con el equipo, por ejemplo presión de trabajo, así como el ahorro energético que se pudiera producir debido al contenido en carbón de estos estériles, de acuerdo con los objetivos enviados en su día a Verdés, para que elaborasen el anteproyecto de una fábrica de la drillos a partir sólo y exclusivamente de estériles.

Para ello se realizaría una prueba previa de unas 30 toneladas con objeto de determinar su preparación.

La cocción la harían introduciendo algunas vagonetas intercaladas entre las del material de arcilla, aumentando su número hasta conseguir el dominio de la cocción, es decir, cantidad de aire a insuflar, temperaturas en cada parte del horno, etc.

Asimismo realizarán medidas de consumo en cada una de las máquinas con arcilla y con estériles para ver su balance particular y por consiguiente su balance global.

4 - PRIMERA PRUEBA

El día 10 después de la jornada normal de la fábrica realizaron una prueba previa para ver si se presentaba algún inconveniente, al objeto de realizar la prueba de preparación el jueves, día 12, ya que ese día era el más adecuado, por las características de la marcha de la fábrica, y además porque podían aprovechar para cocer el sábado, domingo y lunes por la mañana, como consecuencia de que el ciclo de cocción es -

más largo durante esos días que por la semana donde cuecen en 48 horas o menos.

Dicha prueba previa no les planteó ningún inconveniente, según su opinión, y los ladrillos que sacaban eran correctos. Una vez cocidos eran totalmente válidos.

Por tanto el día 12 se realizó la prueba de preparación prevista. Para ello se usó en el molino de martillos una faranda (criba) de 8 mm, y se siguió el proceso normal de la arcilla añadiendo agua en la amasadora extrusora y si era necesario en la galletera.

Aunque si bien al principio comenzaron a salir ladrillos que podían servir, (la granulometría era gruesa) al cabo de un cierto tiempo el material empezó a salir agrietado y muy seco con lo cual la presión de trabajo aumentaba y hubo de pararse el proceso.

Para tratar de solucionarlo se añadió más agua en la galletera pero el resultado fué que ésta perdía vacío cada poco, y después volvía a salir agrietado. Por otra parte corría más la parte del centro que de los laterales.

Asimismo la galletera se atascaba de material con lo cuál las orejas de la misma se abrían.

Para el vacío se conectaron dos bombas con lo cual se conseguía un 80%.

A la vista de dichos resultados, se les indicó que deberían trabajar con granulometría más fina, ya que aunque no tomaron ningún tipo de muestra ni para esta ni para las humedades, por la prueba realizada por Cerámica La Lloral usando una criba de 8 mm la granulometría obtenida fué:

<u>Tamiz mm</u>	<u>%</u>
> 3	-
3 - 2	2,47
2 - 1	17,63
1 - 0,5	29,10
0,5 - 0,1	27,00
< 0,1	23,80

que era aproximada a la C de las pruebas realizadas por HUNOSA en laboratorio y que presentó muchos inconvenientes.

Larazón de que al principio saliesen bien y luego no, era debida a que en la galletera que daban restos de arcilla, la cuál además de dar una mayor plasticidad a la masa de estéril, actuaba como lubricante en el molde con lo cuál discurría mejor el material, pero una vez barrida toda la arcilla fué cuando empezaron los inconvenientes. Esto se comprobó de dos maneras, una porque en los ladrillos al comienzo se notaba una película de arcilla que cada vez era menor y que luego aparecía en las aristas del ladrillo y otra porque se hizo una prueba mezclando con arcilla y los ladrillos salían correctos pero cuando se paró la adición de ésta volvieron a suceder los acontecimientos descritos.

A la vista de los resultados y dado que la galletera era vieja pudiendo tener desgastados, rotos, etc. alguno de sus elementos, Verdés para tratar de solucionar los problemas anteriores optó por revisar los peines, sistema de vacío, etc., es decir, todas las "tripas" de la galletera y sustituirlas por otras nuevas en caso necesario. Además se cambiarían los martillos por otros nuevos y se pondría una rejilla de 4 mm. para obtener una granulometría más fina.

Estas operaciones las realizarían durante el fin de semana para no entorpecer la marcha normal de la fábrica por lo cuál se suspenderían las pruebas hasta la semana siguiente.

5 - SEGUNDA PRUEBA

Una vez efectuadas las anteriores variaciones en el molino, es decir, martillos nuevos y rejilla de 4 mm y reformas de algunos elementos en la galletera se comenzaron las pruebas el día 18 de Marzo.

Al principio y debido al resto de arcilla que permanecía en la galletera los ladrillos salían muy bien, inclusive cuando solamente salían en las aristas de los ladrillos una ligerísima capa, que no llegaba al milímetro.

Sin embargo cuando el material salió sin mezcla, si bien salía con aspecto seco no se perdía vacío y llegó un momento en el cual comenzó a salir con mayor velocidad por el centro que por los laterales, y por lo tanto se rompía en tres pastillas.

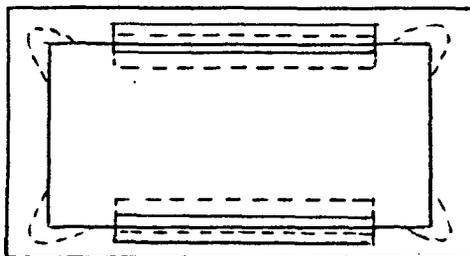
Probando con más agua se perdía el vacío, lo cual coincidía con las deducciones sacadas de las pruebas hechas en el Laboratorio referente al intervalo de humedad.

Asimismo, probando sin vacío los resultados fueron idénticos a los anteriores.

De todo ello se sacó la deducción de que existía un freno en los bordes del molde, con lo cual se desmontó y se hicieron las reformas siguientes:

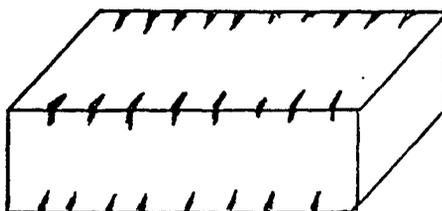
- Ampliación de entrada del material por los bordes para lo cual se quitaron las partes angulares del mismo.
- Frenado de material por la parte central para lo cual se desplazaron más las chapas centrales adecuadas a tal fin.

Ambas operaciones se indican por líneas de puntos en el dibujo adjunto.



Por otra parte se usó un molde más cónico que el anterior en donde se hicieron las reformas.

Con este molde modificado se observó que la salida era a igual velocidad tanto en la parte central como en los laterales pero el material salía con grietas en los bordes, tal como se indica en la figura siguiente:



En cuanto a operar con más humedad y sin vacío los resultados fueron igual que en ocasiones anteriores, es decir, no se mejoraron los defectos.

Mezclando con arcilla se vió que iba bien incluso cuando la película era delgada en los bordes.

Por tanto, se desmontó el molde para ver la causa de dichas grietas, observándose que en las esquinas del molde había material adherido a las mismas.

De la mezcla de la arcilla se deducía que esta actuaba como lubricante y que por lo tanto se debía evitar la adhesión del material al molde.

Por otra parte se debería retocar el molde o hacer uno más cónico y —
otras técnicas, por lo que se decidió mantener una reunión en Verdés pa
ra el día siguiente al objeto de ver las posibilidades, a la cual asis-
tiría el fabricante de moldes.

6 - REUNION SOBRE PRUEBAS

A la vista de los resultados negativos de las pruebas descritas anterior
mente se ha mantenido una reunión el día 19 de Marzo con los represen-
tantes del Grupo Verdés al objeto de concretar las medidas a tomar, sus
posibilidades y plazos de ejecución.

A este efecto en dicha reunión han participado:

- Sr. Noguera, Director de Tecnocerámica y responsable de este antepro-
yecto.
- Sr. Ledo, Técnico de Tecnocerámica.
- Sr. Canderrich, Técnico de Felipe Verdés S.A.
- Sr. Marcelino, Jefe del Laboratorio
- Sr. Primo, fabricante de moldes
- Sr. Glez. Cañibano, de HUNOSA

Dado que en cuanto al secado no existirán problemas por lo que se ha —
visto en las pruebas anteriores y que la cocción se va a efectuar de mo
do gradual para dominar de forma total su curva, necesidad de aire, etc.
con lo cual se van a introducir los elementos necesarios de ventilación,
etc siendo más fácil su resolución y a que los problemas están plantea-
dos en la actualidad en la preparación, en este punto se ha decidido lo
siguiente:

19.- Fabricación de un molde nuevo diseñado especialmente

- Reforma de parte de la galletera introduciendo una forma cóni-
ca o bien hacer el molde con la parte ya cónica.

- Acoplar un sistema de lubricación al molde por medio de gas, -
fuel, aceite, etc.

El plazo de ejecución de esta fase se calcula en 10 días a par—
tir de los cuales se comenzarán de nuevo las pruebas con la gra—
nulometría obtenida en el molino de bolas con la rejilla de 4 mm.

Estiman que con dichas reformas las pruebas saldrán bien, aunque
su garantía no es total.

Caso de que las pruebas de preparacion sean positivas irán con -
la granulometría mencionada a la realizacion de la prueba total=
de cocción.

2º.- Si las pruebas anteriores fuesen negativas se iría a una molien—
da en molino pendular que daría una granulometría con un 90% me—
nor de 0,2 mm para lo cuál entablarán contactos con una firma —
que lo tiene instalado. En este caso estiman que ya no serian ne
cesarias las reformas mencionadas antes, aunque se podrian intro
ducir igualmente.

Hay que señalar que en este caso solo se molerian unas 20-30 to—
neladas para realizar la prueba de preparación.

En el caso de la cocción se realizaría la prueba con la granulo—
metría del molino de martillos con rejilla de 4 mm pero mezclan—
do los estériles con una cantidad determinada de arcilla al obje—
to de que salgan ladrillos vendibles para que la fábrica no per—
diera producción ya que sino los gastos serian muy elevados.

Evidentemente para el cálculo de ahorro energético en cocción se
tendria en cuenta la arcilla añadida.

El motivo de hacer la prueba de cocción con granulometría gruesa y arcilla en lugar de con el material que sale del molino — pendular está basado en consideraciones económicas sobre todo, — además de razones de tiempo y disponibilidad de la firma que po see este molino ya que hay que introducir algunos cambios en el mismo al tenerlo adaptado para otra clase de producto.

El interés de hacer las pruebas con granulometría más gruesa ra dica en ir a un ladrillo cara vista de aspecto rústico, ya que — con granulometría más fina perdería parte de esta cualidad. No — obstante también efectuarán pruebas con granulometría fina para contemplar la fabricación de otros tipos de ladrillos.

En cualquier caso, estiman que el anteproyecto elaborado de — acuerdo a los objetivos que se enviaron en su día, no se podrá entregar hasta finales de abril o primeros de mayo.

7 - TERCERA PRUEBA

Estas pruebas estaban previstas para la primera semana del mes de Abril, pero no han sido realizadas hasta el día 6 de Mayo.

Las razones expuestas por VERDES a este retraso han sido una — demora de la construcción de los equipos a instalar, pero so— bretodo a que la cerámica en donde se están realizando las — pruebas, no se prestaba a las mismas en esas fechas como conseg cuencia de las fiestas de Samana Santa, según sus cartas de fe— chas 16 y 30 de abril de 1.981.

Por tanto, las pruebas se pospusieron para el día 29 de Abril — donde se iban a realizar dos pruebas de extrusionado con:

- Material grueso (en molino de martillos o aros) y sistema de

lubricación.

- Material fino (en molino pendular) con y sin sistema de lubricación.

Sin embargo y aduciendo las mismas causas en cuanto a la Cerámica Pintó, no se volvieron a realizar en la fecha prevista — del 29 de Abril.

Por otra parte, el día 6 de Mayo tampoco se realizaron las — pruebas con el material fino ya que no habían molido el material a causa de que se había mojado el material por las lluvias.

Como se había quedado, a partir de los resultados de las pruebas anteriores, instalaron un sistema de lubricación que consistía en una inyección de gas-oil para la formación de una película de éste en las paredes internas del tubo de extrusión — al objeto de que el material se deslizase sin dificultad por las mismas. Para el bombeo de aquel se usó un sistema de distribución, como el que se utilizan en los motores Diesel, accionado por un motor Siemens de 1,5 CV, es decir que los aparatos necesarios son de tipo comercial normal.

Asimismo se instaló un embudo cónico para concentrar todo el material hacia la entrada del molde. Esto exigiría una mayor fuerza o presión por parte de la extrusionadora para presentaría la ventaja ^{de} una salida del material más homogénea y a igual velocidad en todas las partes de la pastilla.

También se instaló un molde diseñado expresamente para este material donde se contemplaban y mejoraban los defectos que se producían con los utilizados en las pruebas anteriores.

Para la prueba de este día se molió el material en un molino - de anillos y a continuación pasada por un molino de martillos que dió una granulometría relativamente gruesa, y cuyos % fueron:

Tamiz	%
< 1 / mm	7
1,0,5 mm	21
0,5-0,1 mm	38
< 0,1 mm	34

Comenzando a trabajar se observó que en un momento determinado se consiguió una salida de pastilla muy buena, a una presión - de 12-10 Kg., con una humedad muy grande, que no determinaron, pero que en su paso por los rodillos del cortador y lanzado - después del corte disminuía su volumen, es decir, sufría un - aplastamiento sobre la parte inferior.

Por ello, se disminuyó la humedad pero entonces la presión au- mentaba mucho y la pastilla salía con deformaciones por dente- llado al igual que sucedió en las pruebas realizadas anterior- mente.

Análogamente si se aumentaba la cantidad de agua (se pasaba de humedad) aunque se podía moldear, no tenía consistencia sufi- ciente y o bien se desmoronaba en el carro cortador o sufría - muchos daños que le hacían inservible como producto comercial, además del mayor gasto que se produciría en el secado.

(Esto indicaba una experiencia, puesta de manifiesto en las - pruebas hechas por HUNOSA y descritas en el volumen "LADRILLOS . Pruebas", y que era la de que este material posee un interva- lo de manejabilidad muy reducido con respecto a su humedad óp-

tima, aproximadamente $\pm 1\%$).

Por otro lado, el sistema de lubricación no dió muy buen resultado ya que se rompió una de las juntas con lo cual tuvieron que realizar parte de las pruebas sin funcionar el mismo.

A la vista de lo anterior suspendieron las pruebas con objeto de utilizar una granulometría más fina, la resultante del molino pendular.

Asímismo y con objeto de regular la humedad consideran que se debería usar vapor de agua, con lo cual, además de poseer un control exacto del agua, se mejoraría la cohesión.

No obstante, se esperará a la prueba con el material molido en un molino pendular para comprobar el margen de humedad en este material con granulometría muy fina para decidir el sistema a usar.

Por otro lado los ladrillos fabricados, una vez seleccionados los de mejor presentación, se colocaron en una vagoneta y se cocieron junto con el resto de material de la fábrica hecho con arcilla.

De la observación del material cocido se deduce que:

- Se observa en algunos el aplastamiento sobre la base.
- La granulometría sigue siendo, a nuestro entender, gruesa, aunque se ha mejorado con respecto a las anteriores.
- Si bien las superficies son lisas no están perfectamente conseguidas
- Se observaron roturas y defectos.

- Fueron muy pocos los ladrillos fabricados, unos 300 para dar una muestra representativa de la validez de uso de esa granulometría.
- Las paredes aparecen con manchas negras y rojas, debido a una falta de combustión por una inadecuada aireación del material, lo que indica que ~~no~~ el encañe usado no es el adecuado.
- Rotos algunos ladrillos se observó que si bien no existía coque negro, propiamente dicho, se veían gránulos negros de carbón sin combustionar.

Lo anterior conduce a deducir que realmente la prueba no ha sido satisfactoria en cuanto a solucionar el problema que se había presentado en la extrusión del material.

8 - PRUEBA DE COCCION

Dado que una de las condiciones que se exigían en la elaboración del anteproyecto era que se contemplase el ahorro energético que se produciría con el uso de los estériles de lavaderos de HUNOSA.

Como quiera que de las 230 toneladas enviadas para las pruebas tan sólo quedaban unas 90 y todavía había que realizar pruebas con el material molido en molino pendular en cuanto a la extrusión para la cuál se necesitarían unas 15 toneladas decidieron mezclar los estériles de menudos con arcilla al 50%. Además se realizó la prueba antes de efectuar la de extrusión con granulometría fina para no retrasar la entrega del anteproyecto, ya que el ahorro energético lo podrían extrapolar a partir de la prueba realizada en estas condiciones.

Para ello se llenaron 16 vagonetas que se introdujeron en el - horno el día 18 y comenzaron a salir el 20 a las 2 de la tarde, es decir, el ciclo de cocción fué de 53 horas.

Evidentemente con la mezcla de la arcilla no existieron problemas de extrusión ni de roturas.

En la cocción de este material se observó que la temperatura aumentaba sin necesidad de consumo de fuel al producirse la combustión del carbón y hubo de abrirse los tiros para la mayor introducción de aire.

Los datos más importantes al respecto de esta prueba son:

- Con ladrillos de arcilla
 - Ciclo de cocción: 53 horas.
 - Temperatura de cocción: 800 °C
 - Consumo de fuel: 38-39 Kg fuel/t.

- Con ladrillos de arcilla y estériles al 50%
 - Ciclo de cocción: 53 horas.
 - Temperatura de cocción: 990 °C
 - Consumo de fuel: 21 Kg. fuel/t.

Los ladrillos que salieron del horno tenían una buena textura, un color rojo y eran relativamente comerciales.

Para la determinación del ahorro energético se han efectuado medidas tanto de temperatura en horno, gases, etc. cuando se usan solamente la arcilla y cuando se usa la mezcla de estériles y arcilla, a partir de las cuales y mediante los cálculos oportunos se pueden deducir las correspondientes conclusiones.

Los datos detallados de esta prueba serán facilitados en un informe que TECNOCERAMICA elaborará al respecto.

No obstante un dato muy importante es el 45 % de ahorro de energía que se produce usando un 50 % de estériles, lo cual hace muy difícil el uso de los estériles de menudos como materia única para la fabricación de ladrillos ya que plantearía problemas difíciles de solucionar en el horno.

Si tenemos en cuenta que se ha usado el 50 % de menudos se puede suponer que coincide su contenido el carbón con los de los granos, por tanto el ahorro energético coincide con el que se obtiene en Francia, Holanda y Polonia.

9 - CUARTA PRUEBA

El día 21 de Mayo se realizó la prueba con el material molido en molino pendular.

Después de sustituir las juntas anteriores por otras nuevas, ya que el fallo producido en el sistema de lubricación se estimaba era debido a pérdidas por éstas y una pequeña modificación en el molde se comenzó a efectuar la prueba.

Si bien al principio, mientras se obtenía la humedad adecuada el material salía muy blando lo cual originaba deficiencias en el tratamiento como son pérdidas de vacío, cortes defectuosos, aplastamiento sobre la parte inferior, aunque el acabado era perfecto, inclusive mejor que el de la arcilla que usan se observó que conseguida la regulación de agua y a una presión de 20 Kg/cm² la marcha fue muy buena, no planteando ningún tipo de problemas ni inconvenientes. El acabado era perfecto, la textura, quizá demasiado fina, pero muy buena, y todos los de-

mas factores válidos.

Se dedujo que si bien se podría operar a presiones menores y mayores, por debajo de 15 Kg/cm² la pastilla era blanda y a temperaturas por encima de 25 Kg/cm² presentaba el problema de que se secaba y salía agrietada.

Por otra parte se comprobó que no había pérdidas de vacío a la presión indicada de 20 Kg/cm², operando a un vacío del 80 %.

En otra prueba realizada sin vacío a dicha presión se vio que no había diferencia aparente con respecto a cuando se usó el vacío.

Por tanto de las 14 toneladas, aproximadamente de material molido en molino pendular, con doble cono, cuya granulometría era:

<u>Tamiz mm</u>	<u>%</u>
0,5	-
0,5 - 0,1	10
0,1 - 0,08	8
< 0,08	82

De Unas 8 se hicieron ladrillos que responden perfectamente a nuestros fines.

No obstante se considera que esta granulometría es demasiado fina y que habría que añadirle algún tamaño mayor o reducir el % del tamaño menor de 0,1 mm al objeto de darle mayor resistencia mecánica de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio realizadas por HUNOSA y descritas en el

volumen "LADRILLOS. Pruebas".

En cuanto al sistema de lubricación se volvió a observar una pérdida de gas-oil por las juntas, debido por una parte a que el acople de la parte nueva con la vieja no era perfecto ya que ésta estaba desgastada y a que las juntas no eran las adecuadas por su tamaño y flexibilidad.

Por otra parte se observó que el lubricante actuaba bien por los laterales y la parte inferior de la pastilla pero no por la parte superior, ya sea por no ser totalmente correcto el sistema o porque el material, los estériles, no lo permitan.

Respecto al agua se observó que el material así molido homogenizaba mejor la humedad que con las granulometrías anteriores, lo cual facilitaba el amasado y moldeo.

A la presión de 20 Kg/cm² el material puede ser apilado sin ninguna dificultad por medios mecánicos según la opinión de los técnicos de VERDES.

En resumen, se puede decir que con los estériles de menudos con granulometría mencionada y molidos en un molino pendular se pueden obtener ladrillos con un acabado prácticamente perfecto y buenas características, si la presión de moldeo se encuentra alrededor de 20 Kg/cm².

1. OBJETIVO

HUNOSA, cuya actividad principal es la extracción de carbón, obtiene como subproducto 2.500.000 t estériles/año de lavadero, distribuidos entre 7 instalaciones de lavado, correspondiendo a los Lavaderos de Modesta y Mieres el 60% de la cifra total.

Dado que este material contiene carbón uniformemente distribuido en su masa en diferentes tantos por ciento y a sus características químicas y físico-químicas análogas a las arcillas y pizarras, HUNOSA se ha fijado como objetivo la utilización de este subproducto, bien directamente como por ejemplo en obras públicas, agricultura, industria del cemento, etc., o bien como materia prima básica en procesos industriales para la obtención de productos comercializables, en especial los destinados a la construcción, tales como áridos ligeros, ladrillos, gres, refractarios, etc.

En lo que sigue nos referiremos exclusivamente a la posibilidad de obtención de ladrillos.

2. DATOS DE PARTIDA

Para la obtención de estos datos, HUNOSA ha realizado un estudio de desmuestre de los estériles de los Lavaderos Modesta y Mieres, tomando como base las normas NF Mo1-001 a 007 y el anteproyecto UNE 22150, habiéndose comprobado los grados de precisión de referencia fijados a partir del método operatorio -

preconizado por la norma NF M 01-007, con el objeto de que las muestras sometidas a ensayo fuesen representativas del material que posteriormente se vaya a utilizar en proceso industrial.

Asimismo se ha realizado un estudio de mercado de ladrillos para un radio de acción de aproximadamente 250 km. en torno al posible lugar de emplazamiento de una fábrica. También se ha tenido en cuenta la experiencia comercial de los dos fabricantes españoles de este tipo de producto.

2.1. Materia prima

Para los ensayos de laboratorio y plantas piloto, semi e industrial, HUNOSA puede suministrar muestras representativas de cada uno de los grupos de granos, especificados más adelante, que como consecuencia del estudio de demuestre queda garantizada una representatividad de la muestra con respecto a la población global con unos grados de precisión, entendiéndose por grado de precisión de referencia el que en el 95% de los casos los resultados obtenidos en los análisis de las muestras están comprendidos dentro de los límites definidos por los grados de precisión de referencia.

Como datos orientativos se adjuntan en el Anexo I, resultados de análisis obtenidos sobre muestras representativas.

Salvo que se especifique lo contrario, la nomenclatura a usar en las muestras será la siguiente:

Mo - Lavadero Modesta

Mi - Lavadero Mieres

- G - Granos, grupo de granos comprendidos entre 12/150 mm
- M - Menudos, grupo de granos comprendidos entre 0,5/12 mm
- F - Finos, grupo de granos comprendidos entre 0/1 mm.

2.2. Producto terminado

Del estudio de las posibilidades comerciales de los ladrillos en España, se deduce que el producto final debe cumplir obligatoriamente las características especificadas en la Norma UNE 67-019-78. LADRILLOS CERAMICOS PARA LA CONSTRUCCION. Características y usos, y en especial los referentes a la clase V (cara vista), dejando a su juicio los tipos H y P.

Las dimensiones más usuales en la zona de Asturias son:

- largo 25 cm
- ancho 10-12 cm
- alto 4-5 cm

3. DATOS A SUMINISTRAR POR LA FIRMA

Teniendo necesidad HUNOSA de unos datos básicos para el estudio de viabilidad de una instalación de ladrillos, la firma deberá proporcionar:

3.1. Proceso de fabricación

Como datos básicos de producción deben tomarse:

- producción total. Se contemplarán dos posibilidades: 150-180 t/día y 250-300 t/día
- debiéndose además facilitar:
- a) características generales

- descripción detallada del proceso: almacenamiento de materia prima, preparación, secado y cocción.
- plano general de instalaciones, incluyendo plano en planta con cortes en alzado de los puntos principales del proceso.
- descripción de equipo necesario e instalaciones, incluyendo la automatización
- datos básicos para la selección de la ubicación de la fábrica, como por ejemplo superficie, necesidades de agua, energía, etc.

b) características de la mano de obra

- número de personas necesarias y su distribución en turnos
- calificación profesional
- necesidades de programa de formación

c) Consumo de energía

Como consecuencia del contenido en carbón de nuestros estériles es previsible una reducción del consumo de energía con respecto a las materias primas tradicionales, por lo cual es necesario evaluar dicho consumo teniendo en cuenta la aportación energética de la materia prima.

3.2. Parámetros económicos-financieros

Son necesarios los siguientes datos:

3.2.1. Estudio de la inversión

a) Terrenos y urbanización

- Superficie total necesaria
- Servicios a proveer: Desagües, acometidas de agua, energía, etc.

b) Edificios y obras civiles

- Datos necesarios para poder estimar el valor

de estar inversiones, como por ejemplo:

- Superficie de cada nave o edificio principal
- Superficie de cada nave para servicios auxiliares
- Descripción de cada una de las instalaciones anteriores, indicando datos de carga a soportar

c) Maquinaria e instalaciones.

Deben dar la valoración de toda la maquinaria e instalaciones necesarias para llevar a cabo el proceso.

Los precios para la maquinaria a suministrar y montar serán los correspondientes al 1 de enero de 1.981, incluyendo embalaje y transporte.

- d) Porcentaje estimado sobre inversión de gastos de puesta en marcha
- e) Estimación del costo de la ingeniería de detalle necesaria
- f) Valoración del suministro, transporte y montaje y puesta en marcha de maquinaria e instalaciones.

NOTA. Para este capítulo lo solicitado debe ser similar al anteproyecto presentado por Vds. a ADARO completando en los capítulos de transporte, montaje y gastos de puesta en marcha.

3.2.2. Costos operativos

- a) Personal
 - Plantilla necesaria según turnos
- b) Porcentaje estimado de rechazos
- c) Consumos
 - Materias primas auxiliares

- Energía
 - Combustibles (carbón)
 - Agua
 - Vapor
 - etc
- d) Porcentaje estimado sobre el costo para gastos de mantenimiento
- e) Otros gastos
- Embalaje y expedición
 - Tratamiento de residuos sólidos, efluentes y gases
 - Otros gastos.

3.2.3. Formas de pago

Con objeto de establecer los gastos de financiación deberán indicarnos la fórmula de pago más favorable para el abono del suministros de maquinaria, instalaciones, etc.

3.2.4. Duración prevista para la instalación

Duración estimada de la maquinaria e instalaciones sin necesidad de realizar mejoras o grandes reparaciones.

3.3. Plan de ensayos

Con objeto de disponer de los datos necesarios que mediante análisis nos permitan, juntamente con la firma, evaluar los resultados y efectuar las correspondientes tomas de decisiones, es conveniente conocer la programación de los ensayos a realizar a escala de laboratorio e industrial.

Dichos ensayos deberán ser suficientes para proporcionar la obtención de resultados solicitados trabajando a escala industrial y los datos económico-financieros tal y como se indicó

anteriormente.

Asimismo deberán facilitarnos cantidad de muestra necesaria, estado de la misma, necesidades de aditivos, etc.

COMENTARIOS AL INFORME DE TECNO CERAMICA S.A. SOBRE LAS
PRUEBAS INDUSTRIALES PARA LA FABRICACION DE LADRILLOS

De acuerdo con el programa de trabajo previsto, se enviaron al Grupo VERDES, firma que se encargaria de la elaboraci3n del anteproyecto de la f3brica, los objetivos que se adjuntan, que deberia cumplir tanto para la confecci3n del mismo como para la realizaci3n de pruebas a nivel de laboratorio y escala industrial para determinar en 3stas, entre otros, los siguiente par3metros:

- granulometr3a adecuada
- humedad y presi3n de trabajo 3ptima
- curva de cocci3n
- ahorro energ3tico

para lo que se les enviaron, segun su indicaci3n, a Cer3mica Pint3, Mufet, - Agramunt, L3rida, 230 t de est3riles de menudos del Lavadero de Mieres por las razones que en su informe exponen:

- no se eligieron los gruesos por los problemas de una mayor molturaci3n
- menor contenido en sulfuros
- ser las mayores reservas

A este respecto entendemos que habria que conjugar tres factores:

- contenido en carb3n
- contenido en sulfuros
- producci3n.

Ya que si bien interesa usar los menudos que son los que m3s se producen pueden no servir por el contenido en carb3n o azufre.

Partiendo, por tanto, de esta base se descartar3an los finos por su elevado contenido en carb3n ya que se trata de usar solamente los est3riles como mate-

ria prima.

De los granos y menudos conforme a los valores de SO₃ y poder calorífico, de acuerdo con el informe de ETSIMO de Mayo de 1.978, se tiene:

	<u>SO₃</u>	<u>Poder calorífico Kcal/Kg</u>	<u>mg</u>
Mo G	0,65	313	1,5
Mo M	1,50	595	1,4
Mi G	1,80	531	1,5
Mi M	1,50	670	1,4

de donde parecen más adecuados los estériles de granos de Modesta.

En cuanto a las pruebas se puede deducir, teniendo en cuenta el elaborado por HUNOSA, que:

- Se han confirmado prácticamente, todas las conclusiones deducidas a partir de las pruebas de laboratorio
- Se han cumplido el objetivo de las mismas en cuanto al conocimiento del comportamiento industrial de los estériles en su aplicación en la fabricación de ladrillos, con resultados positivos.
- Se ha comprobado que con una granulometría que contenga suficiente cantidad de tamaño fino (< 0,1 mm) para que el material adquiriera plasticidad, se pueden fabricar ladrillos con aspecto, cohesión y textura correctos, sin necesidad de aditivar arcillas u otros plastificantes. Sin embargo no se ha obtenido la granulometría óptima, para los cual era necesario un mayor número de pruebas.

A este aspecto estimamos que se hicieron pruebas que no condujeron a resultados positivos puesto que además de suministrarles la documentación de las pruebas realizadas en el laboratorio por HUNOSA, se les comunicó desde el primer día de las pruebas que se estimaba habría que ir a una granulometría

más fina que la que se obtenía en el molino de martillos, como consta en el informe de las pruebas realizadas por el equipo de trabajo del estudio del "Aprovechamiento de los estériles del carbón". Aunque en el informe describen solamente tres, se hicieron cuatro.

- Si bien tampoco se determinó el menor tiempo de secado en el que los ladrillos no variasen de características, quedó demostrado que necesitan un menor tiempo que las arcillas, lo cual beneficia el proceso ya que con las mismas instalaciones se puede aumentar la producción, reducir el coste de secado, etc. Con la arcilla están secando en 28 horas y con los estériles han secado en 19. No obstante se estima que este tiempo es demasiado elevado todavía. Ello puede ser debido a que al tener arcilla en un 50 % se haya necesitado dicho tiempo.
- Se ha deducido de dichas pruebas que en el secado y cocción existió un ahorro de combustible del 47,4 %, aunque no se ha calculado el total de la fábrica, al no realizarse medidas en la preparación por la escasa fiabilidad que presentaban ya que había interrupciones en la marcha del proceso con objeto de introducir modificaciones y mejoras.

No han determinado un tiempo de secado, por los menos de una forma aproximada que se pudiese ajustar en la puesta en marcha de la fábrica, ya que las piezas las han secado o bien al aire o bien en secadero durante 28 horas, tiempo realmente excesivo para este material.

Respecto a la cocción la han realizado con una mezcla al 50 % de estériles y arcilla, lo cual no era el objetivo de la prueba ya que si bien los datos se pueden extrapolar, habría que ver el comportamiento de la masa entera con estériles. Su justificación se encuentra en que les quedaban pocos estériles por haberlos consumido en las pruebas de preparación, pero entendemos que esto se hubiese solucionado si hubiesen previsto las posibilidades de fallos, así como se hubiesen ido en la segunda prueba a una granulometría más fina en vista de los resultados de la primera prueba y los del laboratorio.

- Es necesario cocer por encima de los 1.00° C ya que en las pruebas se ha alcanzado esta temperatura y se observa que a los ladrillos les falta algo de cocción, así como un ciclo más largo de cocción que el empleado, 51 horas. No se ha determinado la curva de cocción idónea para los estériles.
- Se necesita introducir más aire en el horno que cuando se cuecen ladrillos de arcilla, con lo cual se pueden aprovechar parte para el secadero al objeto de no consumir combustible en esta fase del proceso.
- Los estériles de menudos poseen un contenido alto en carbon, lo cual puede dar problemas en el horno durante la cocción, por lo que es más conveniente usar aquellos esteriles con un menor poder calorífico.

Por otro lado el retraso existente en la realización de las pruebas se estima fue debido a una falta de organización interna entre las diferentes empresas del grupo VERDES y a una falta de coordinación de éstas en la Cerámica donde se realizan las pruebas.

Por tanto, se puede decir, en resumen, que en las fases de preparación y secado no existen inconvenientes a escala industrial para la fabricación de ladrillos a partir de los estériles del carbón. Análogamente sucede en la cocción, siempre que dichos estériles posean un poder calorífico, aproximadamente, por debajo de los 400 Kcal / Kg. ya que de otra forma podría plantear problemas de un control exacto de la temperatura.



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

FIRMA: ENADIMSA

SERRANO 116

MADRID - 6

Certificados de análisis n^{os}. 3.150, 3.151, 3.152, 3.153,

3.154, 3.155 y 3.156.

27 de Agosto de 1.981.

MF/jv.

Análisis efectuados sobre las muestras
contraseñadas como: O-25, O-26, O-27,
O-27 c, O-28, O-28 c y O-29.



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

MUESTRAS Y ENSAYOS

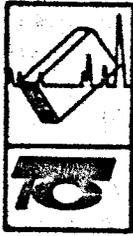
El presente informe contiene los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados durante las pruebas industriales llevadas a cabo con los estériles de lavadero de carbón enviados por HUNOSA bajo la referencia Mi - M - 23.

Estos ensayos se refieren básicamente al control granulométrico que acompañó a las diferentes pruebas de molturación. Las muestras tomadas durante dichas pruebas fueron referenciadas como sigue:

<u>Muestra</u>	<u>Referencia</u>
Estériles Mi - M - 23 molturados en un molino de martillos de Cca. Pintó con una reja de 6 mm.....	O-25
Estériles Mi - M - 23 molturados en el mismo molino con una reja de 4 mm.	O-26
Estériles Mi - M - 23 molturados en un molino de martillos (reja 6 mm.) pasados por un molino de anillos y vueltos a molturar en el molino de martillos (reja 6 mm.)	O-27
Estériles Mi - M - 23 molturados en un molino pendular Verdés 272	O-28

En esta última muestra se ha determinado también la humedad

.../...



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la Industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

.../...

que contenía el material a su entrada en el molino y la densidad a granel de los estériles molturados.

También se incluyen en este informe los resultados de las pruebas de calidad realizadas sobre las muestras obtenidas con los estériles al 100 % y con la mezcla 50 % estériles + 50 % arcilla; es decir, absorción de agua, succión, resistencia mecánica a compresión, eflorescibilidad y heladicidad (en ejecución).

La referencia y contraseña de estas muestras es la siguiente:

Referencia

Contraseña

Piezas cocidas obtenidas con el 100 %
de estériles, molturados en un molino
pendular Verdés 272 O-28 c

Piezas cocidas obtenidas con el 100 % de
estériles molturados en un molino de mar-
tillos (reja 6 mm.) pasados por un molino
de anillos y vueltos a molturar en molino de
martillos O-27 c

50 % estériles Mi - M 23

50 % arcilla O-29



tecnocerámica s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

ENSAYOS GRANULOMETRICOS

Estos ensayos se han efectuado mediante tamizado en seco de una porción de muestra recogida durante las pruebas de molturación en los diferentes molinos ensayados.

Con estas pruebas se pretendía determinar el sistema más idóneo para molturar el material y lograr la cantidad de finos necesaria.

De los resultados obtenidos se deduce que los molinos de martillos incluso trabajando con rejas de pequeño paso (4 mm.) son incapaces de producir la cantidad de finos necesaria para lograr una masa plástica y extrusionar sin dificultades.

Este problema se resuelve totalmente con una molturación en molino pendular. Tratándose de la fabricación de ladrillo de construcción no es necesaria tanta finura de grano como la que se obtiene con el molino pendular por lo que en la práctica se recomienda pasar por el pendular solamente una parte del material (el rechazo de los tamices).

RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra C-25 : estériles de lavadero de carbón molturados en un molino industrial de martillos (Cca. Pintó) con un tamiz de 6 mm.

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3			
72	2	1,43	1,43	98,57
74	1,600	3,04	4,47	95,53
76	1,250	8,19	12,67	87,33
78	1	2,40	15,07	84,93
80	0,800	11,13	26,20	73,80
82	0,630	11,42	37,62	62,38
84	0,500	5,04	42,66	57,34
86	0,400	10,90	53,36	46,64
88	0,320	9,84	63,40	36,60
90	0,250	2,03	65,43	34,57
92	0,200	6,05	71,48	28,52
94	0,160	5,86	77,34	22,66
96	0,125	4,78	82,12	17,88
98	0,100	2,04	84,16	15,84
100	0,080	4,03	88,19	11,81
102	0,063	1,65	89,84	10,16
104	0,050	1,93	91,76	8,24

tecnocerámica, s.a.

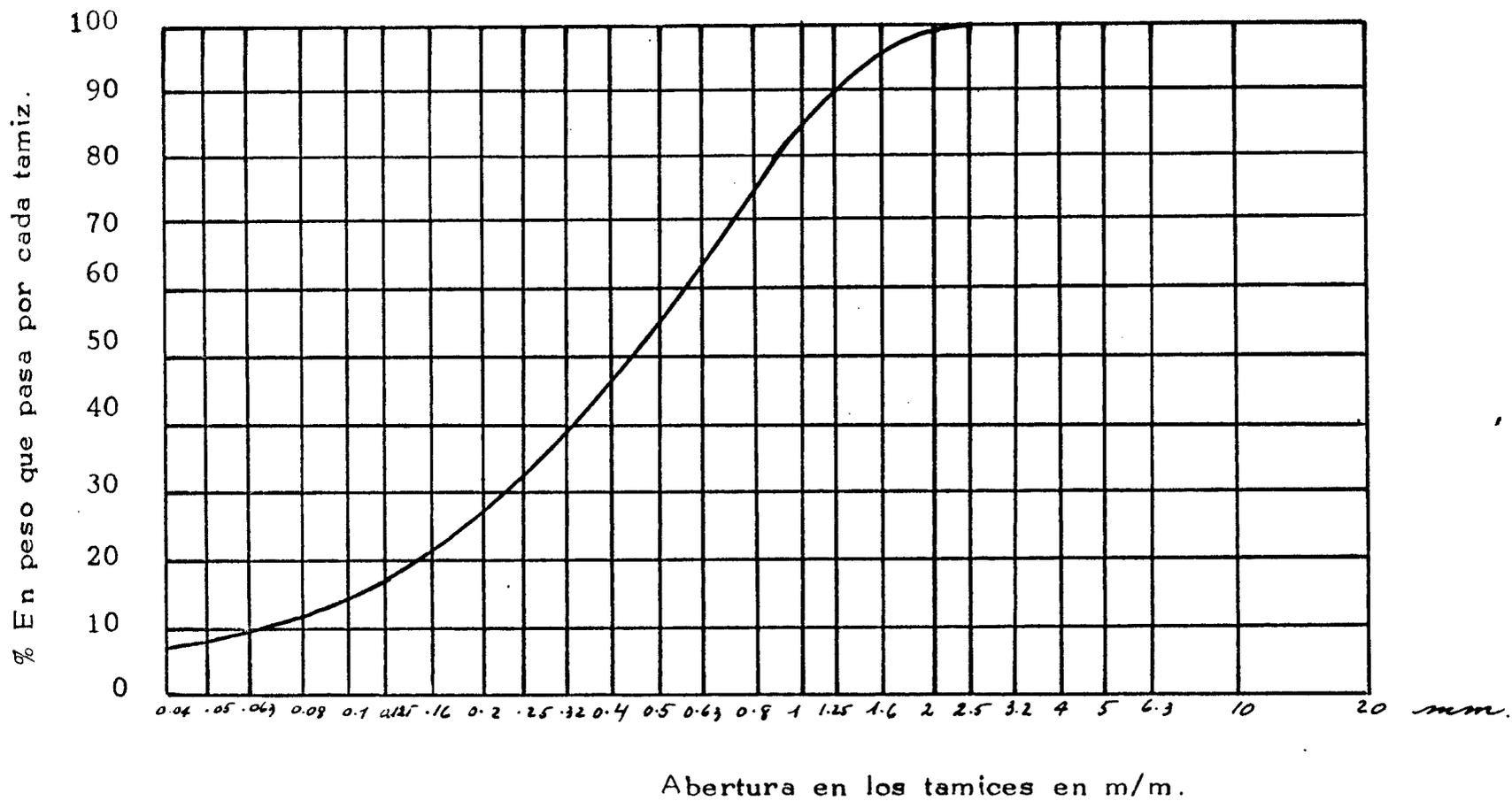
división laboratorio

CLIENTE

HUNOCSA

Certificado nº 3.150

Ref. C-25



tecnocerámica, s.a.RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra C-26 : estériles de lavadero de carbón molturados en un molino industrial de martillos (Cca. Fintó) con una reja de 4 mm.

Tamiz nº	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3	0,10	0,10	99,90
72	2	0,06	0,16	99,84
74	1,600	0,29	0,45	99,55
76	1,250	3,07	3,52	96,48
78	1	1,00	4,52	95,48
80	0,800	7,72	12,24	87,76
82	0,630	11,79	24,03	75,97
84	0,500	5,25	29,28	70,72
86	0,400	11,68	40,96	59,04
88	0,320	10,03	50,99	49,01
90	0,250	2,01	53,00	47,00
92	0,200	5,43	58,43	41,57
94	0,160	7,14	65,57	34,43
96	0,125	5,33	70,90	21,10
98	0,100	3,00	73,90	26,10
100	0,080	4,58	78,48	21,52
102	0,063	2,18	80,66	19,34
104	0,050	2,52	83,18	16,82

tecnocerámica, s.a.

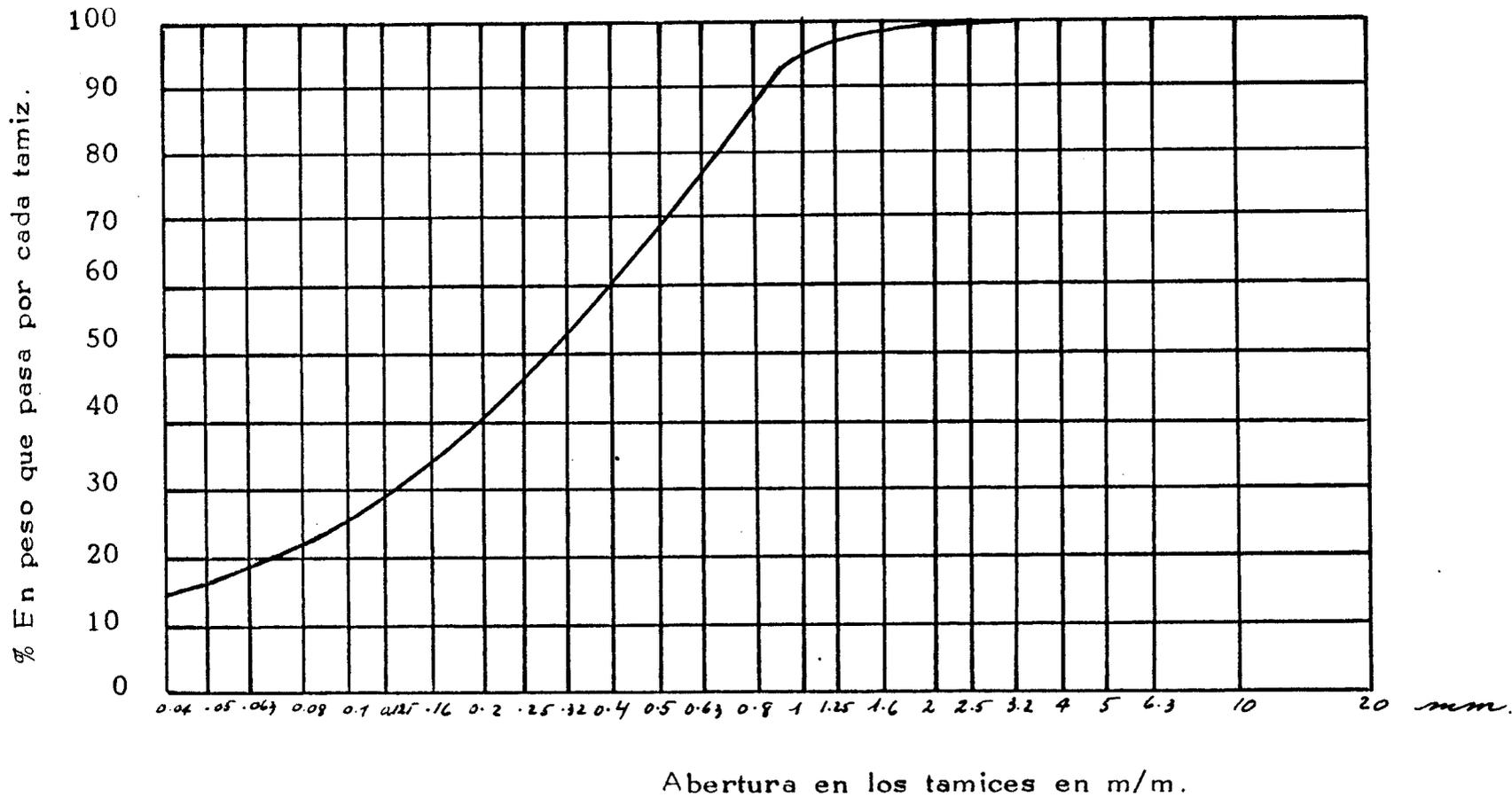
división laboratorio

CLIENTE

HUNOSA

Certificado nº 3.151

Ref. C-26



RESULTADOS del ensayo de tamizado en seco

Muestra C-27: estériles de lavadero de carbón molturados en un molino de martillos (Cca. Piñero) pasados por un molino de anillos (Sugrañes) y vueltos a molturar en un molino de martillos (Cca. Pintó).

Tamiz nº M.F.F.	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumula- do Retenido	% Que pasa
58	10			
64	5			
DIM	3			
72	2	0,26	0,26	99,74
74	1,600	1,06	1,32	98,68
76	1,250	3,83	4,70	95,30
78	1	2,24	6,95	93,26
80	0,800	7,23	14,17	85,83
82	0,630	9,21	23,38	76,62
84	0,500	4,19	27,57	72,43
86	0,400	8,04	35,61	64,39
88	0,320	9,-	44,61	55,39
90	0,250	2,61	47,22	52,78
92	0,200	5,29	52,51	47,49
94	0,160	5,59	58,10	41,90
96	0,125	5,-	63,10	36,90
98	0,100	2,90	66,-	34,-
100	0,080	4,16	70,16	29,84
102	0,063	2,36	72,52	27,48
104	0,050	2,79	75,31	24,69

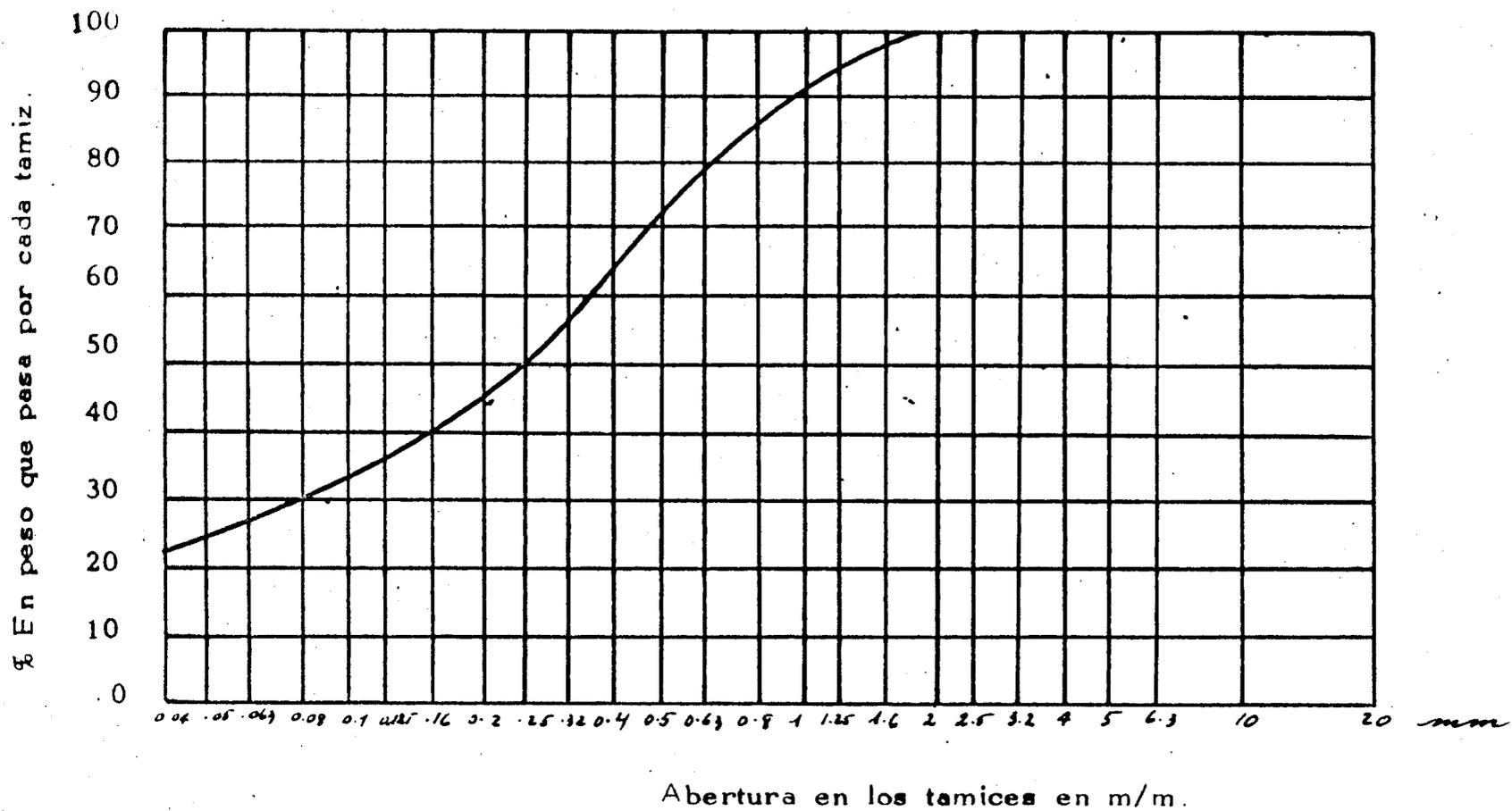
tecnocerámica, s.a.

división laboratorio

CLIENTE
HUNOS

Certificado nº 3.152

Ref. C-27



RESULTADOS Estériles de lavadero de carbón molturados
en molino pendular

Densidad a granel del polvo molido: 0,75 - 0,85 kgr/dm³

H₂C polvo salida molino 1,83% (Grano grueso entrada molino
chorreaba agua.

Tamiz n°	Abertura en mm.	% Parcial Retenido	% Acumula- do Retenido	% Que pasa
72	2			
74	1,600			
76	1,250			
78	1			
80	0,800			
82	0,630			
84	0,500			
86	0,400	0,0660	0,0660	99,93
88	0,320	0,0845	0,1505	99,85
90	0,250	0,0605	0,2110	99,79
92	0,200	0,2456	0,4566	99,54
94	0,160	1,2079	1,6645	98,34
96	0,125	3,6147	5,2792	94,72
98	0,100	4,4480	9,7272	90,27
100	0,080	8,6817	18,4089	81,59
102	0,063	8,2984	26,7073	73,29
104	0,050	12,0834	38,7907	61,21

tecnocerámica s.a.

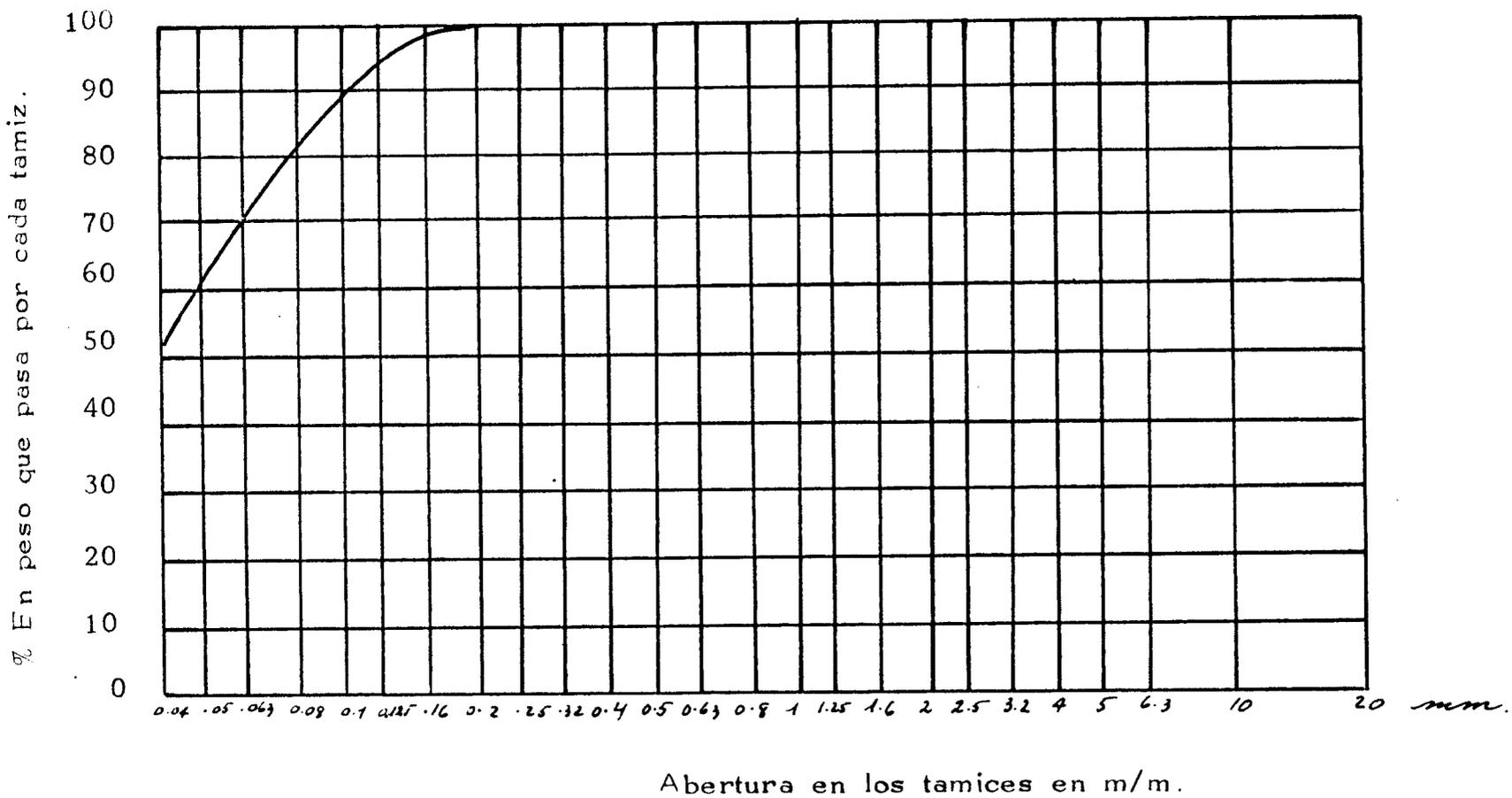
división laboratorio

CLIENTE

HUNOSA

Certificado n^o 3.153

Ref. C-28



tecnocerámica s.a.

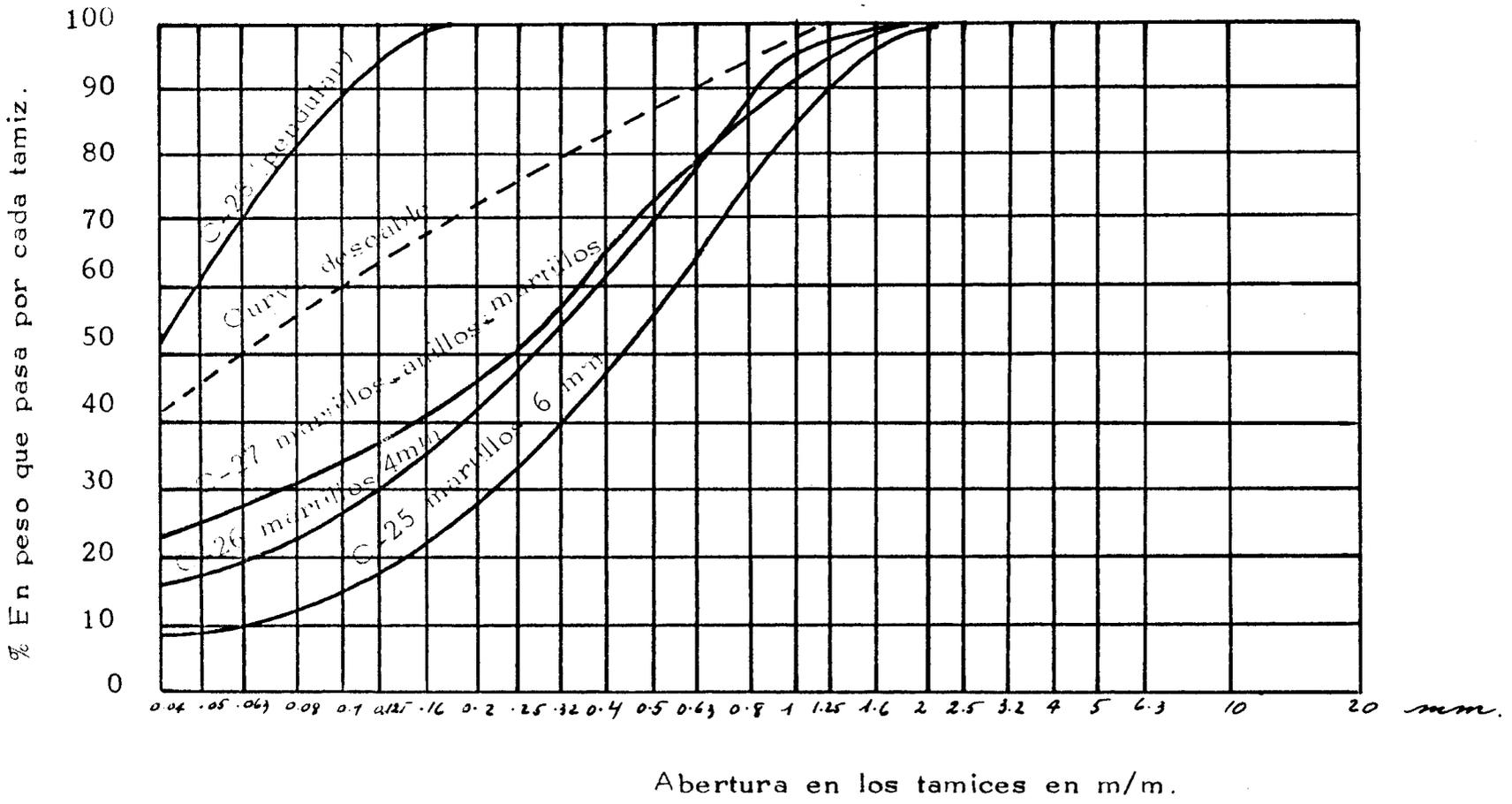
división laboratorio

CLIENTE

HUNOSA

Certificado nº

Ref. C-25, 26,
27 y 28





tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la Industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

ENSAYO DE EFLORESCIBIDAD

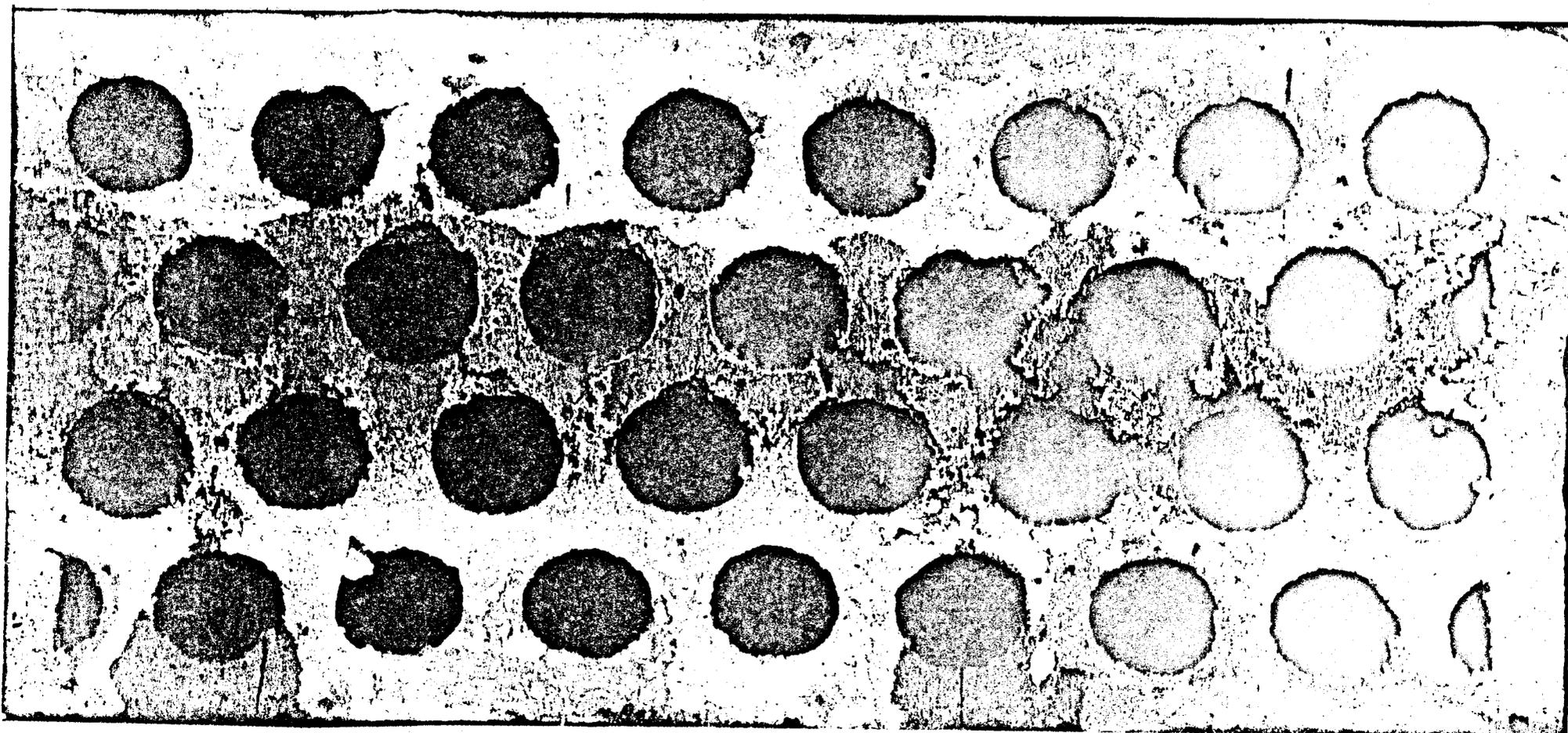
Este ensayo se ha efectuado siguiendo el procedimiento operatorio descrito por la norma UNE 7063.

En las páginas siguientes puede verse el aspecto que presentaban las piezas antes y después del ensayo.

Los ladrillos fabricados con estériles molturados en molino pendular aparecen como muy eflorescidos. La eflorescencia disminuye notablemente en las piezas molturadas con estériles más gruesos (martillos) y no aparece en la mezcla 50% estériles + 50% arcilla.

Muestra O-28 c

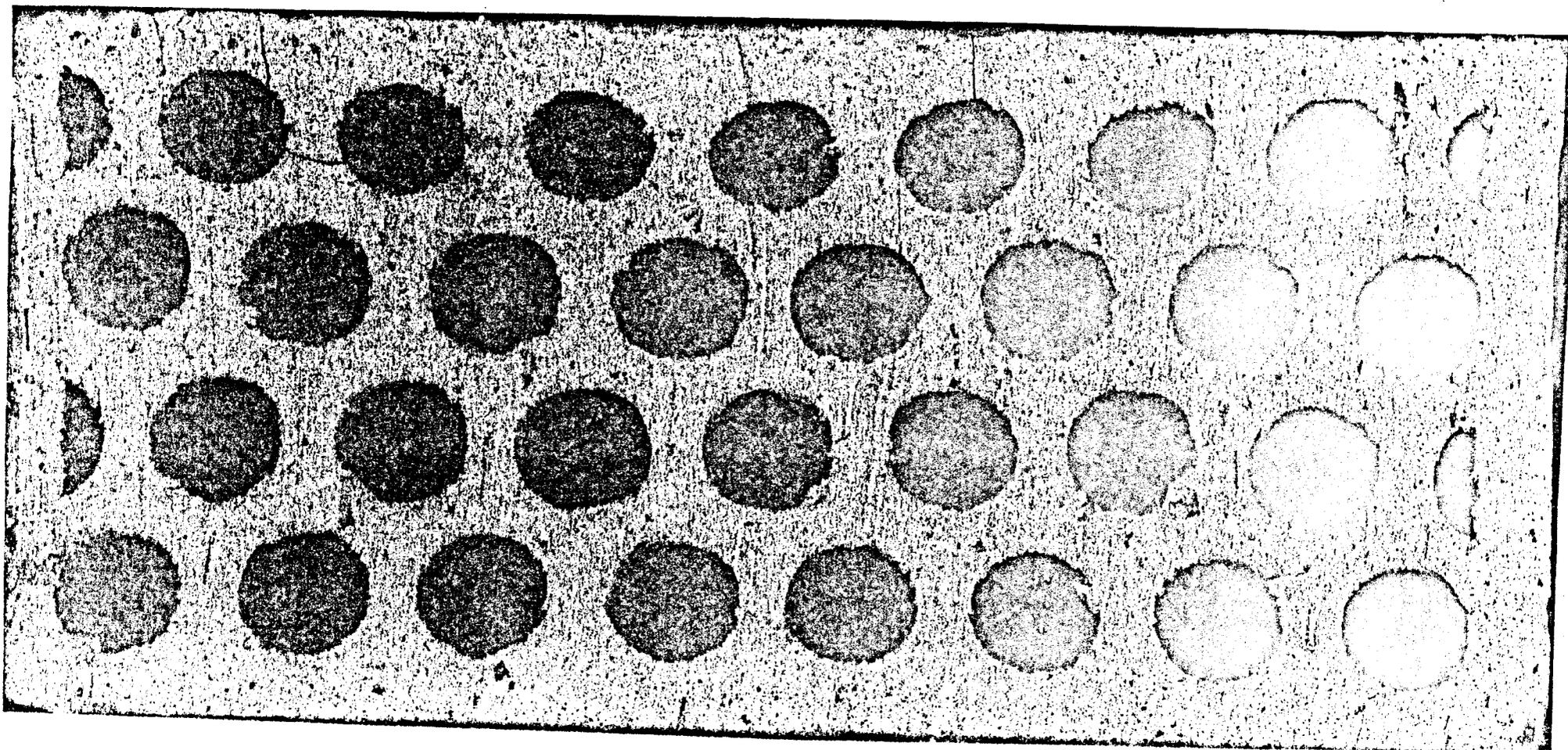
Fig-1 100 % Estériles, molturados en molino pendular. Aspecto que presentaba la cara superior del ladrillo después de someterlo al ensayo de efluorescencia según norma UNE 7063.



Muestra O-28 c

Fig-2 100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la pieza de la figura 1 antes del ensayo de eflouescencia.

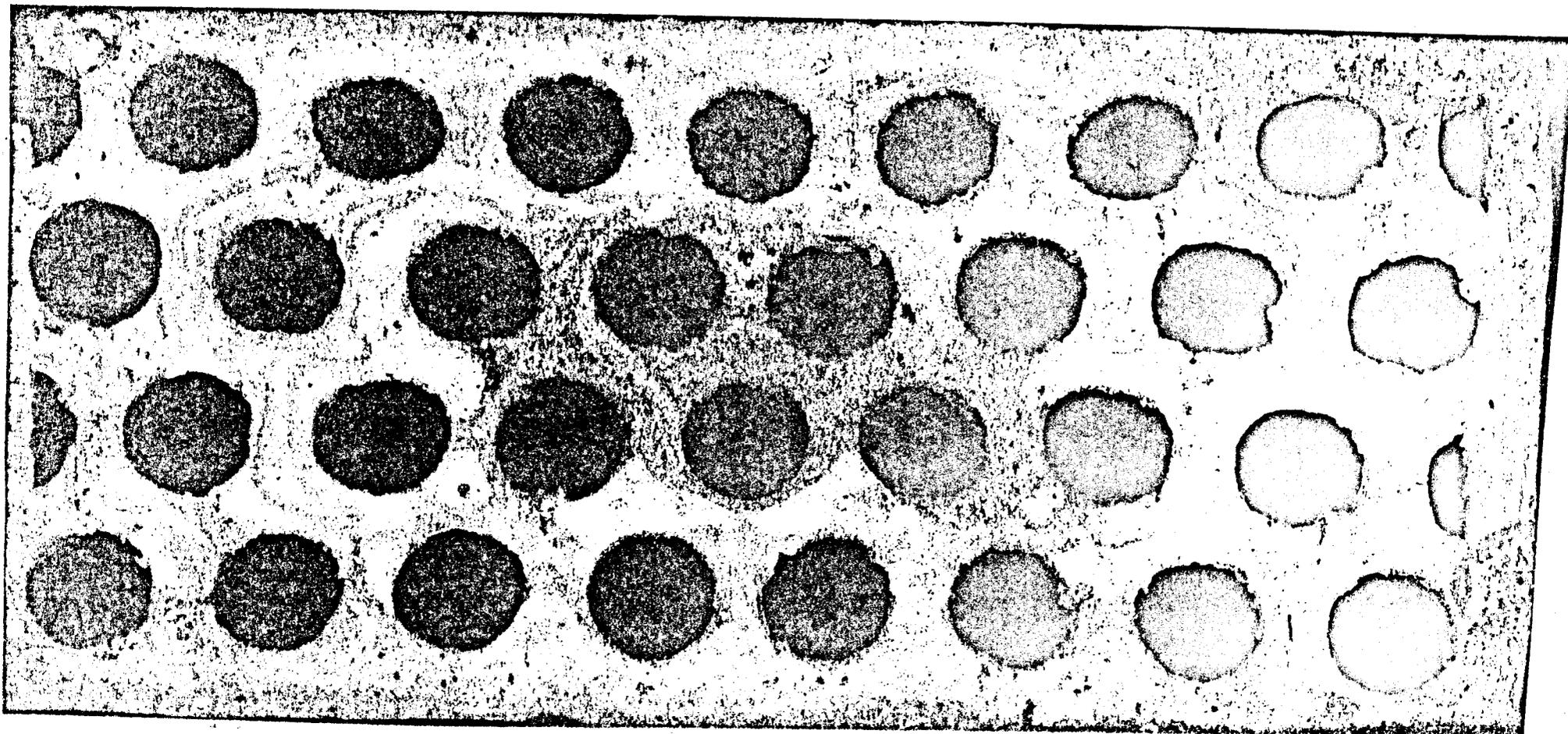


Muestra O-28 c

Fig-3

100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la cara superior del ladrillo después de haber sido sometido al ensayo de efluorescencia según norma UNE 7063.

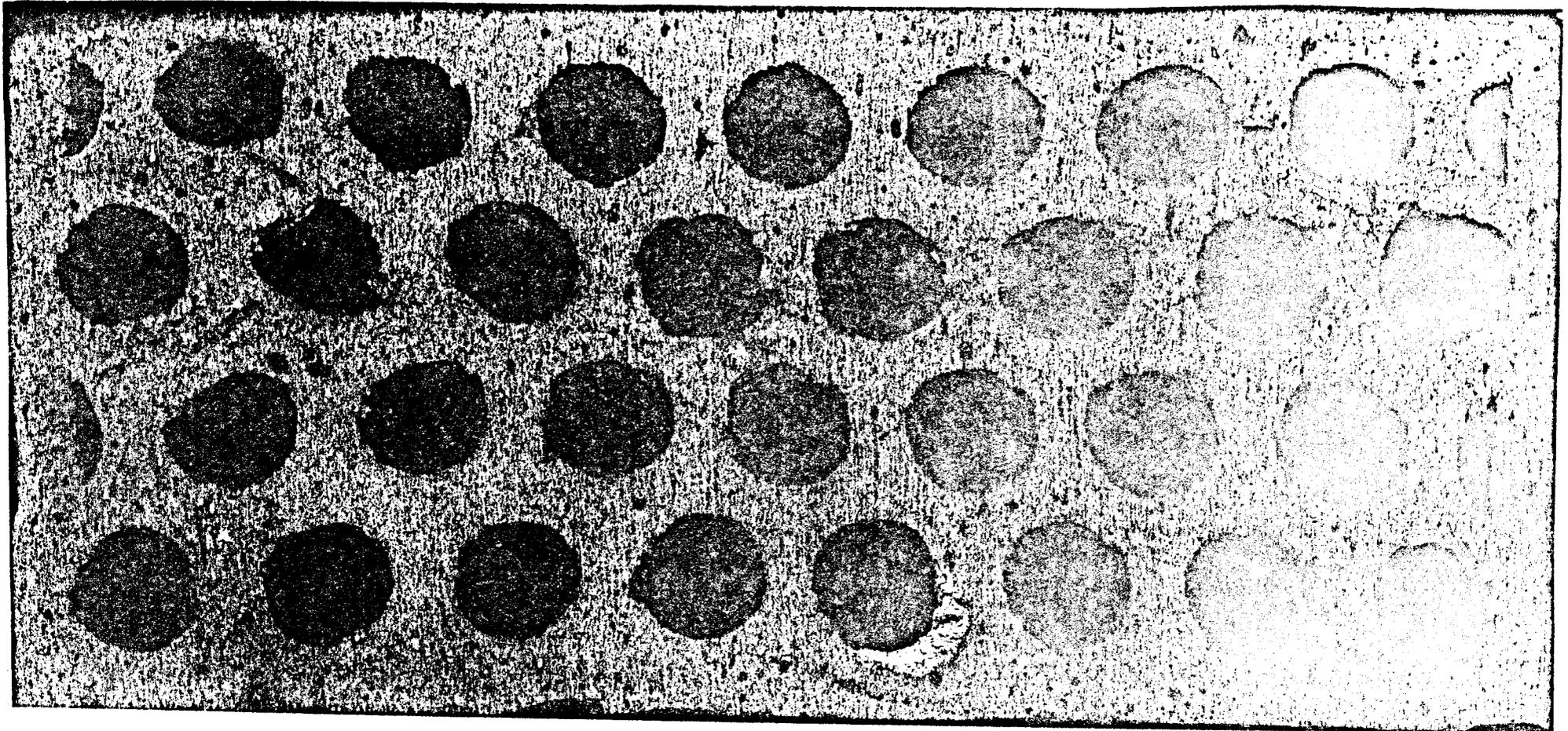


Muestra O-28 c

Fig-4

100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la pieza de la figura 3 antes del ensayo de eflorescencia.

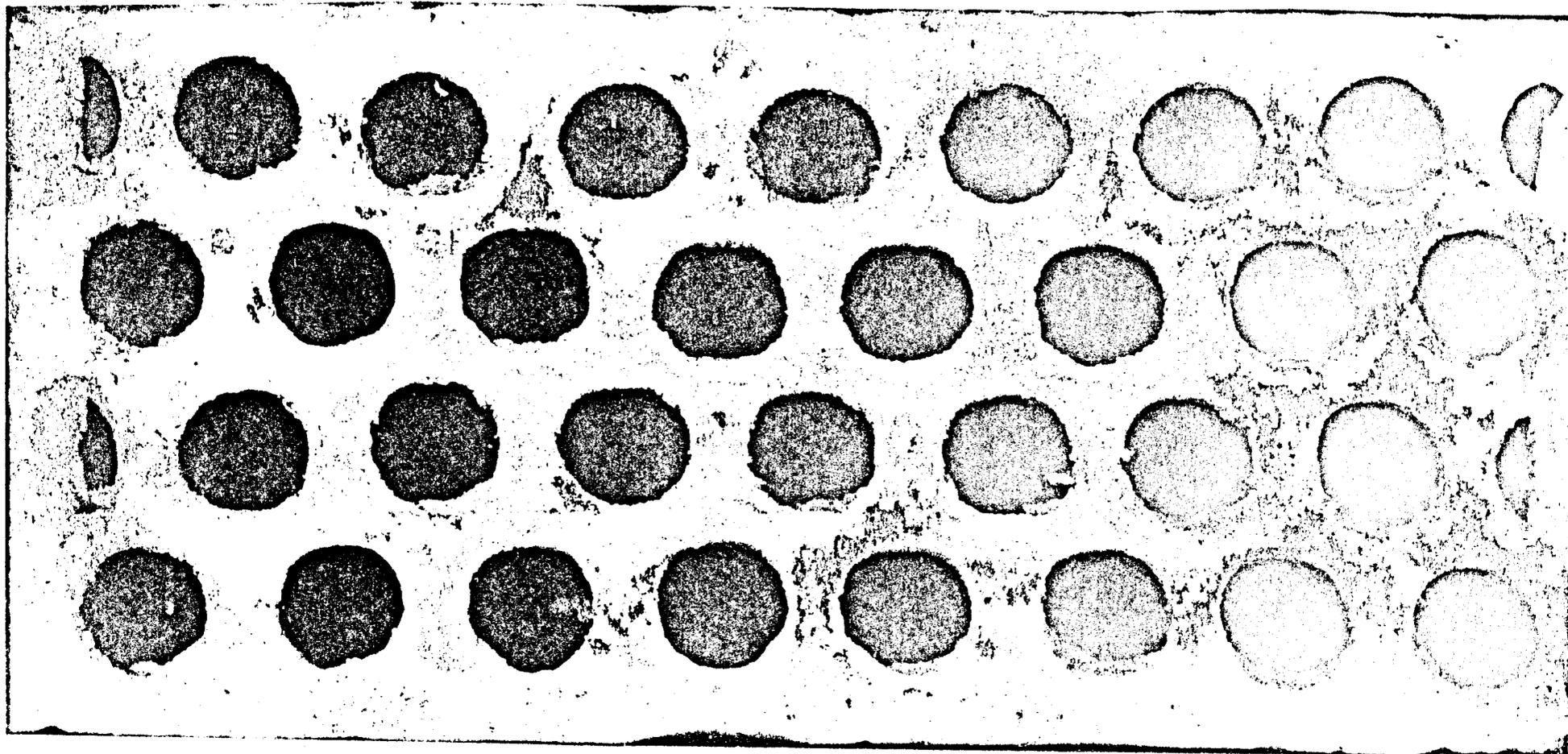


Muestra O-28 c

Fig-5

100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza después de haber sido sometido al ensayo de efluorescencia según norma UNE 7063.

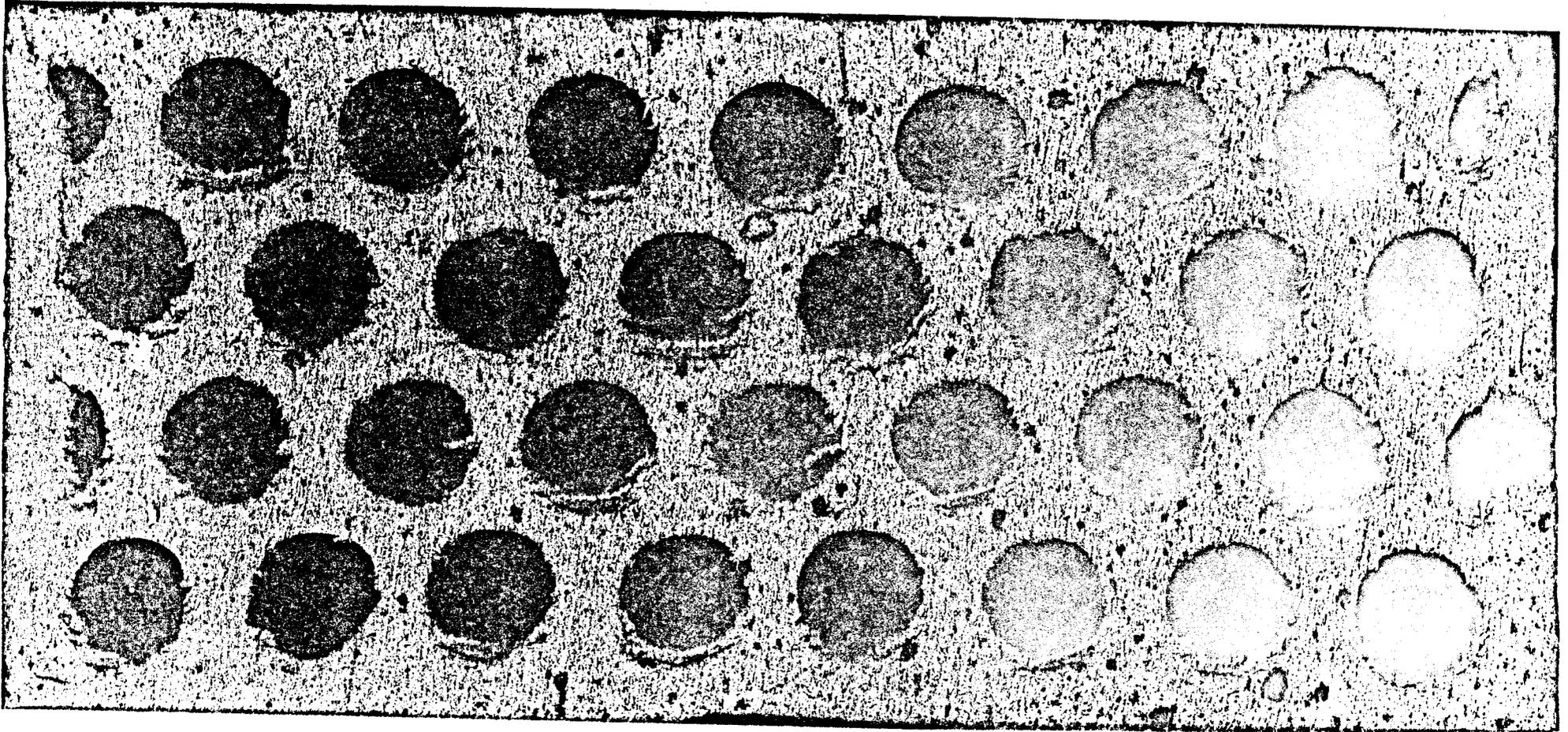


Muestra O-28 c

Fig-6

100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la pieza de la figura 5 antes del ensayo de eflorescencia.

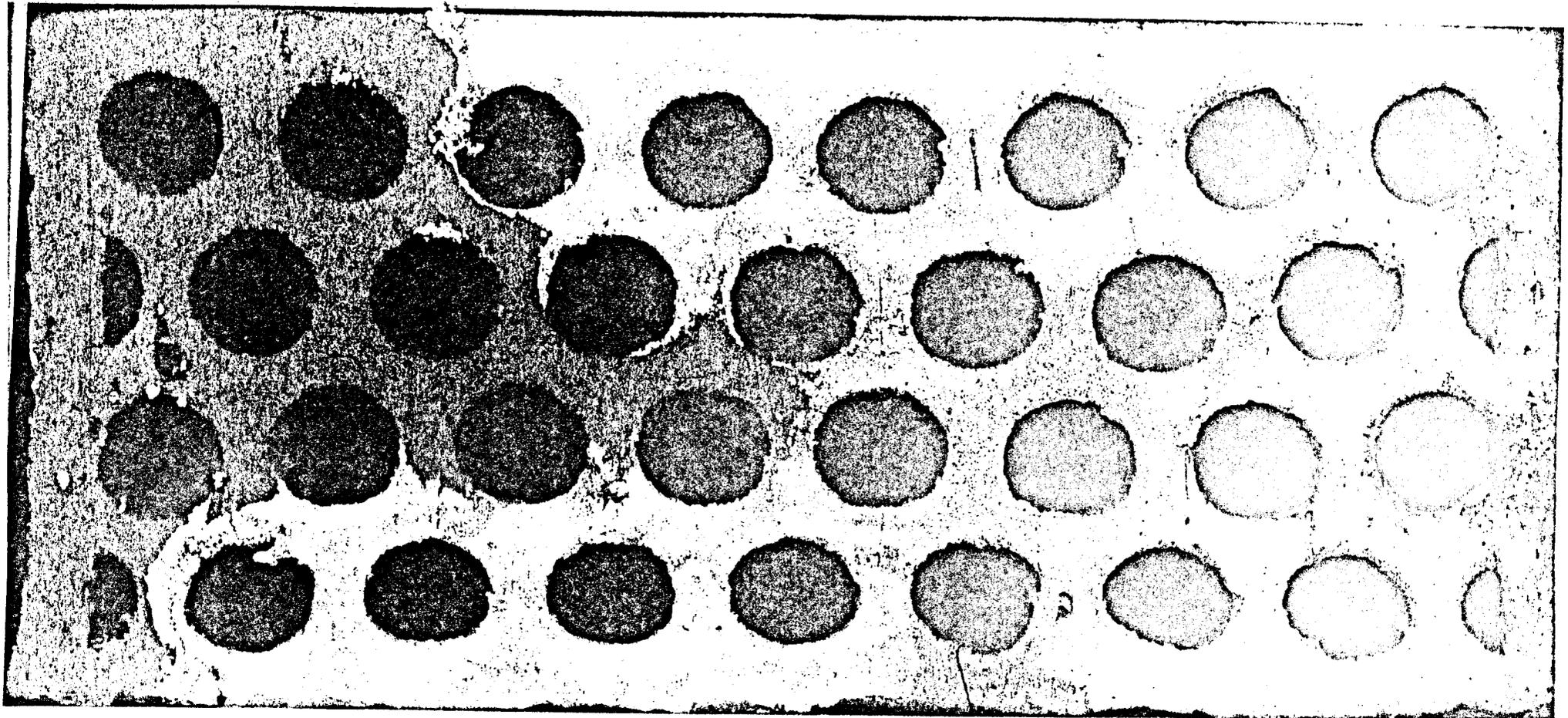


Muestra O-28 c

Fig-7

100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza después de haber sido sometida al ensayo de efluorescencia.

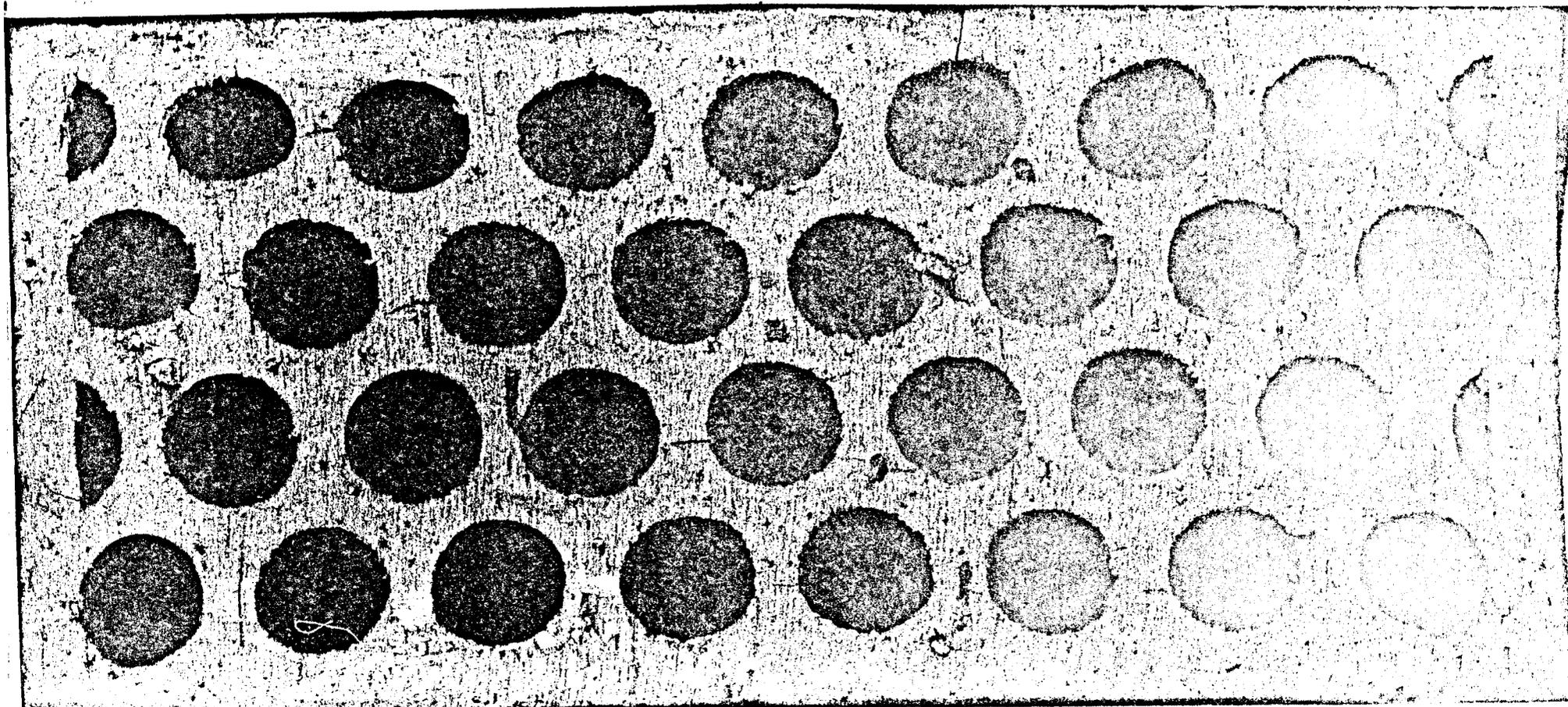


Muestra O-28 c

Fig-8

100 % estériles molturación pendular.

Aspecto que presentaba la pieza de la figura 7 antes del ensayo de eflorescencia.

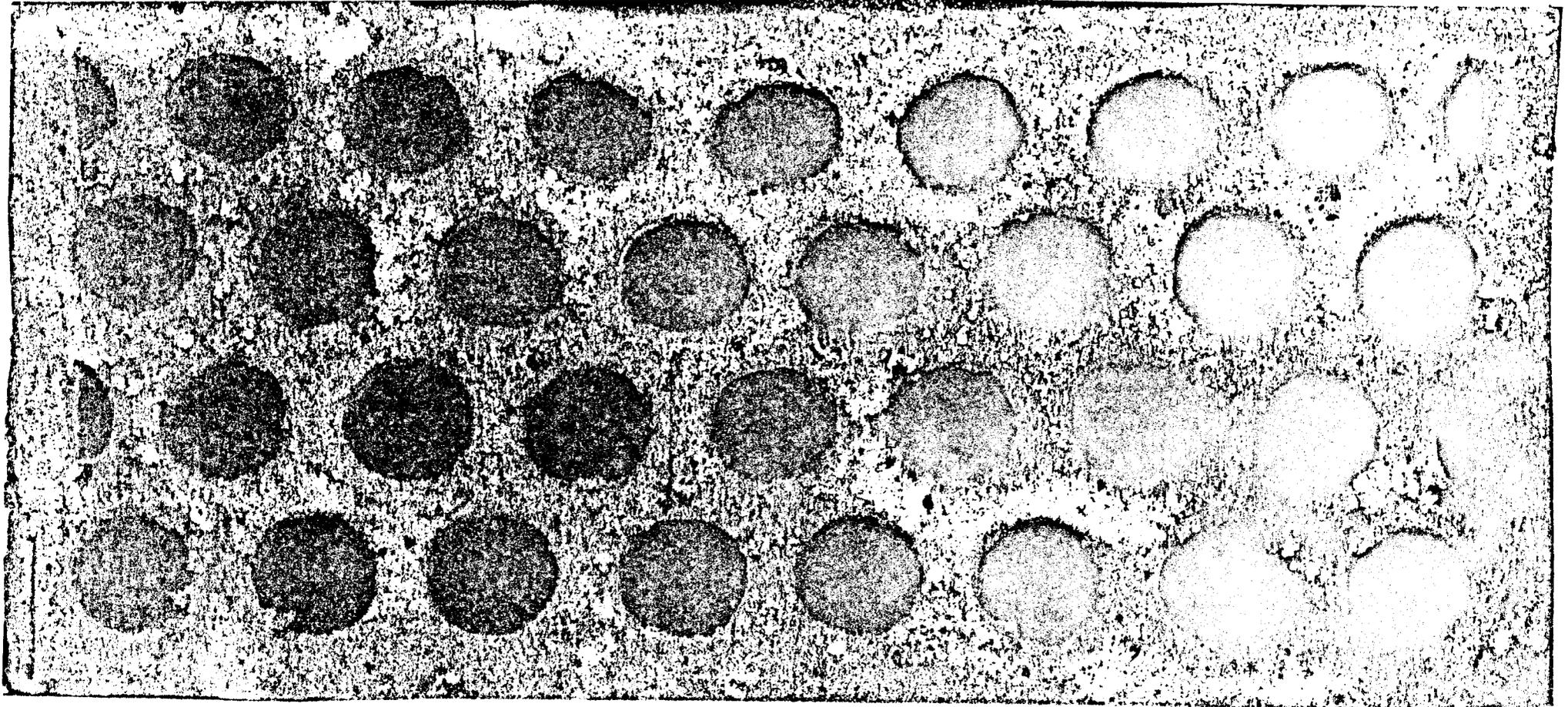


Muestra O-28 c

Fig-9

100 % estériles molturación pendular.

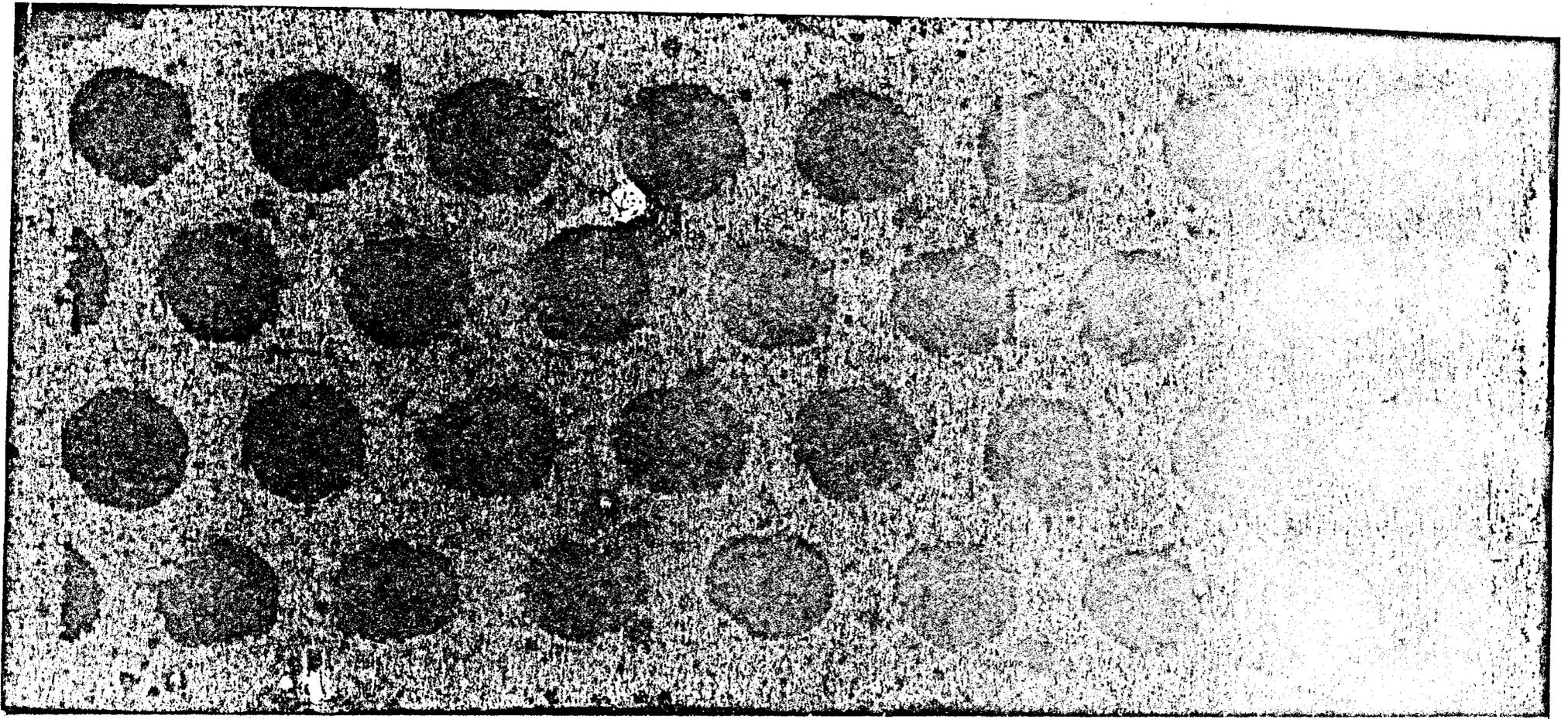
Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza después de haber sido sometida al ensayo de eflorescencia.



Muestra O-28 c

Fig-10 100 % estériles molturación pendular.

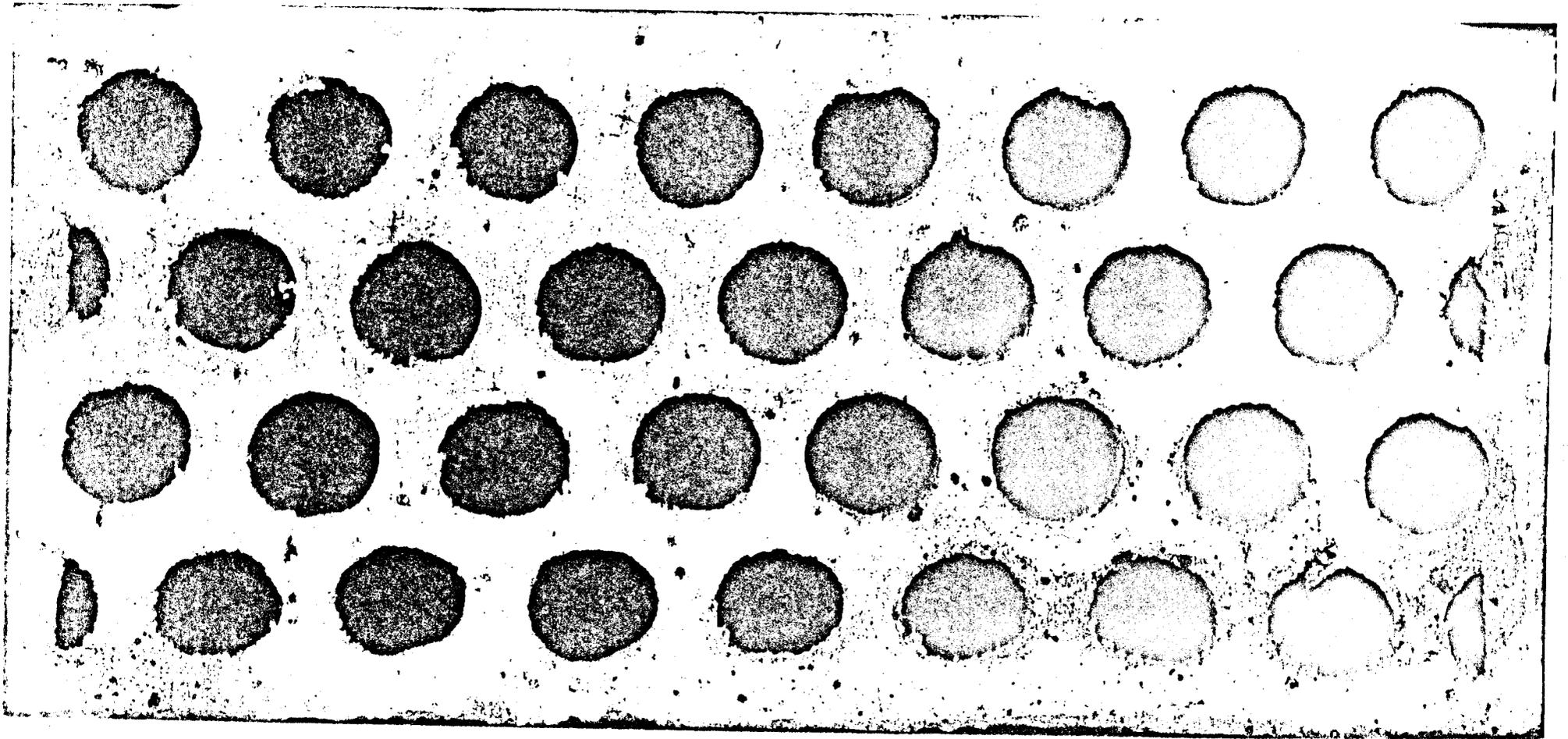
Aspecto que presentaba la pieza de la figura 9 antes del ensayo de eflorescencia.



Muestra O-28 c

Fig-11 100 % estériles molturación pendular.

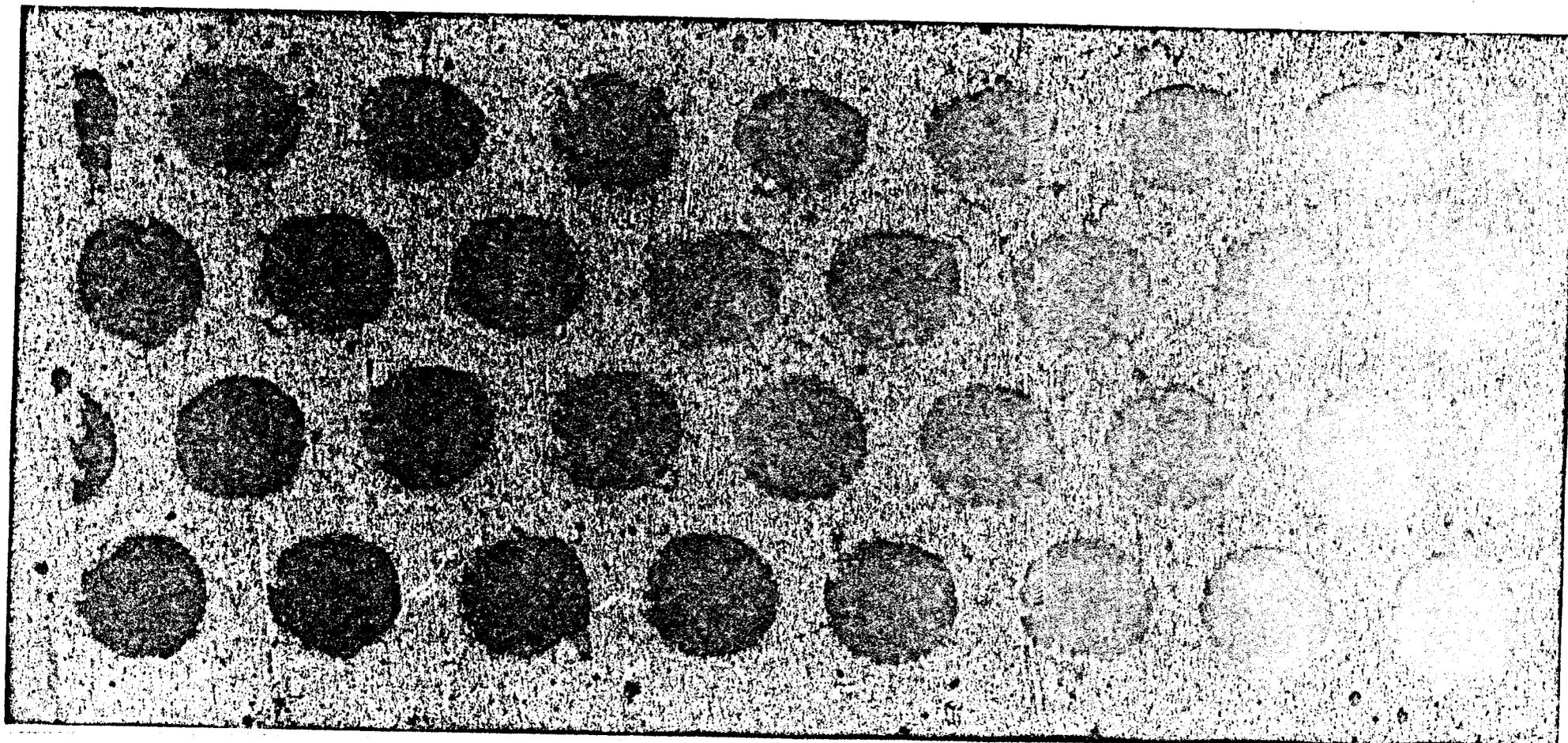
Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza después de haber sido sometida al ensayo de eflorescencia.



Muestra O-28 c

Fig-12 100 % estériles molturación pendular

Aspecto que presentaba la pieza de la figura 11 antes del ensayo de eflorescencia.

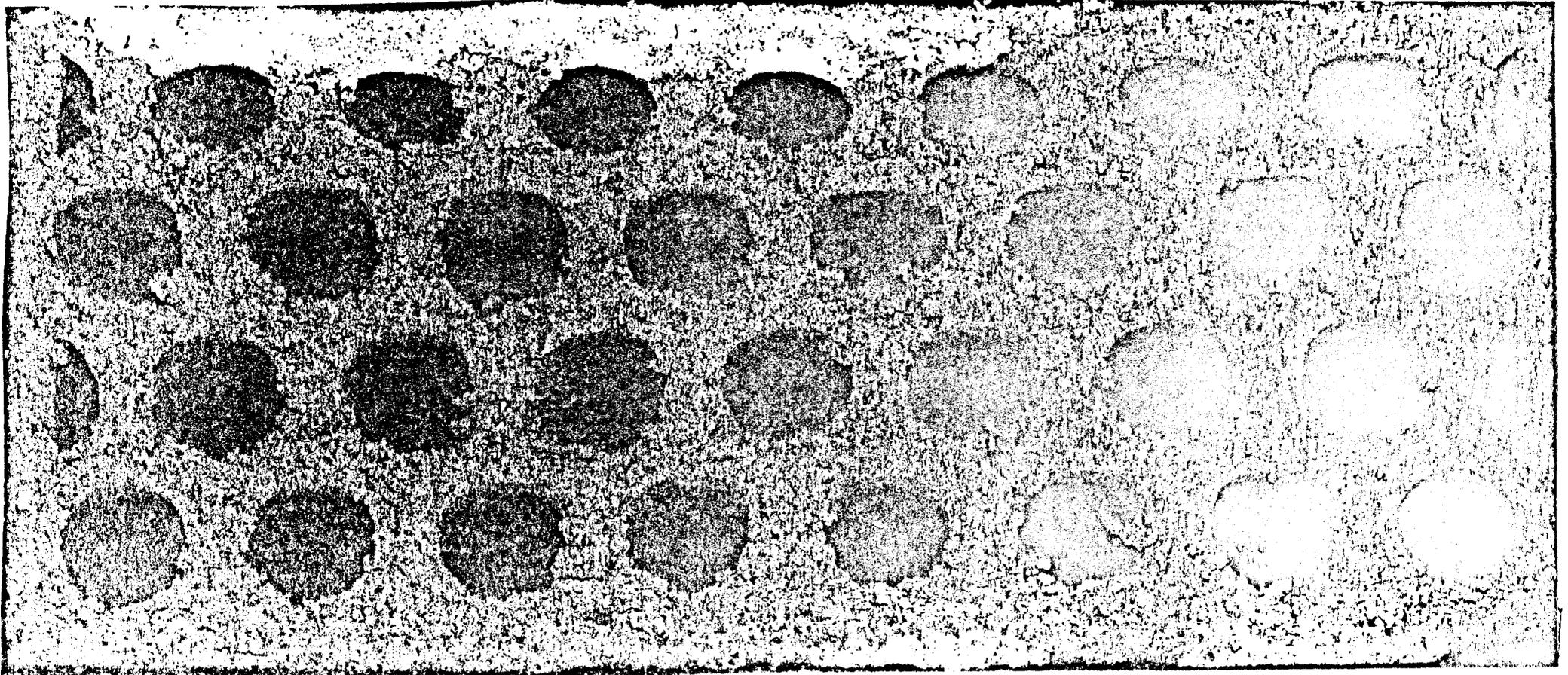


Muestra O-28 c

Fig-13

100 % estériles molturados en molino de martillos con una reja de \emptyset de abertura 6 mm. y pasados por un molino de anillos y luego por el de martillos (6 mm.).

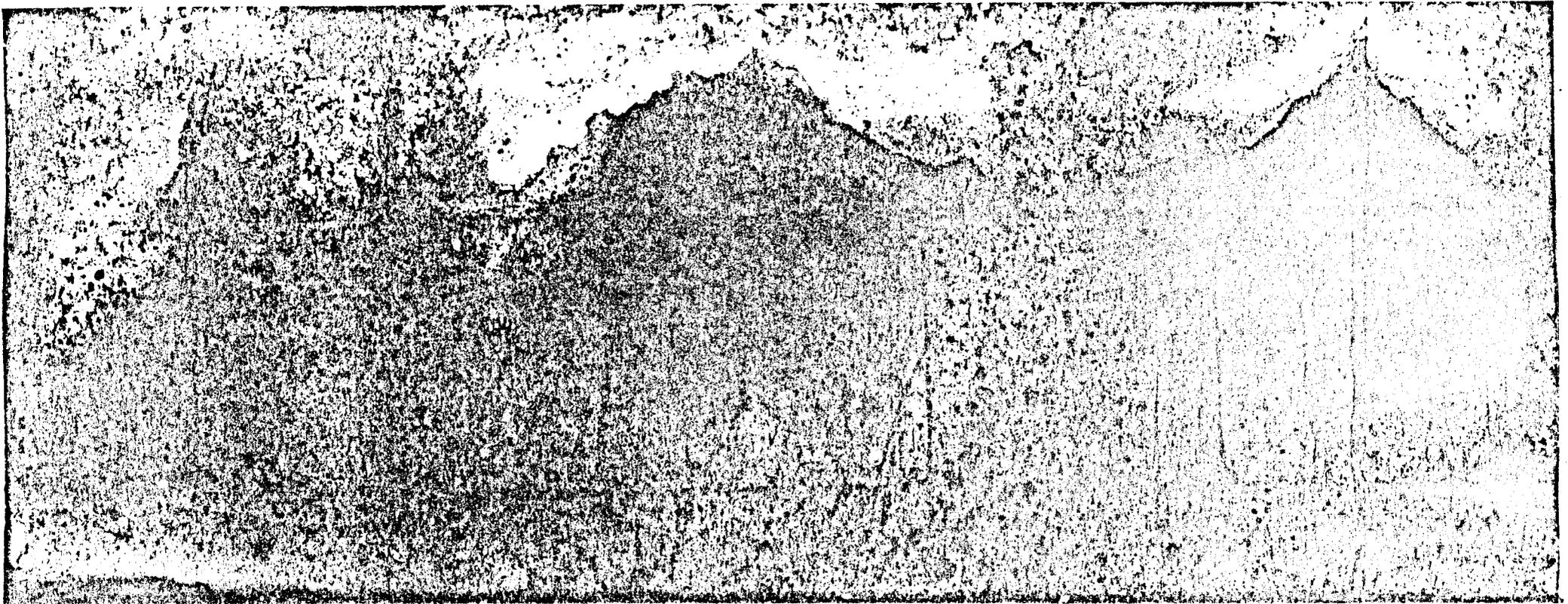
Aspecto que presentaba la cara superior del ladrillo después de sometido al ensayo de eflorescencia según norma UNE 2063.



Muestra O-28 c

Fig-14

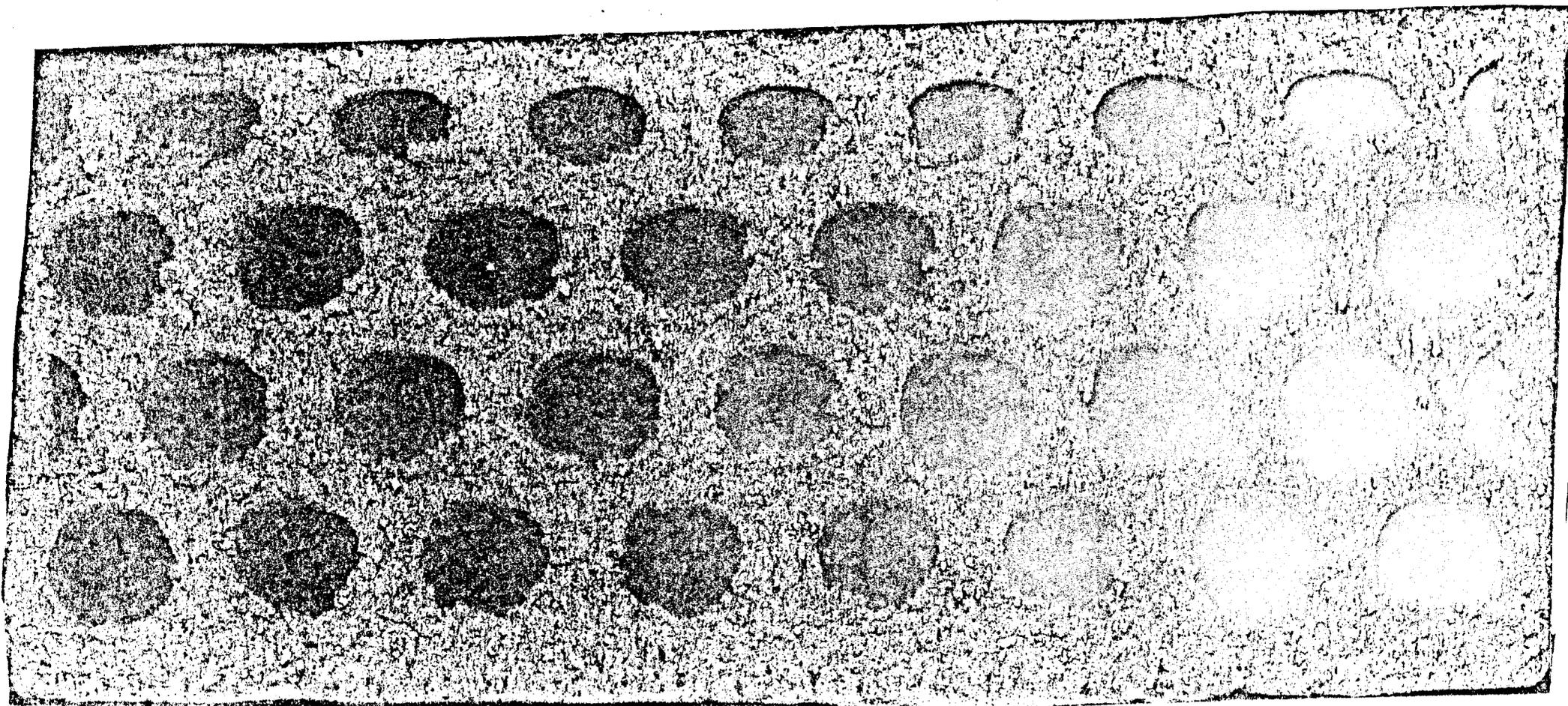
Aspecto que presentaba la cara lateral (canto) de la misma pieza de la figura 13 después del ensayo de eflorescencia.



Muestra O-28 c

Fig-15

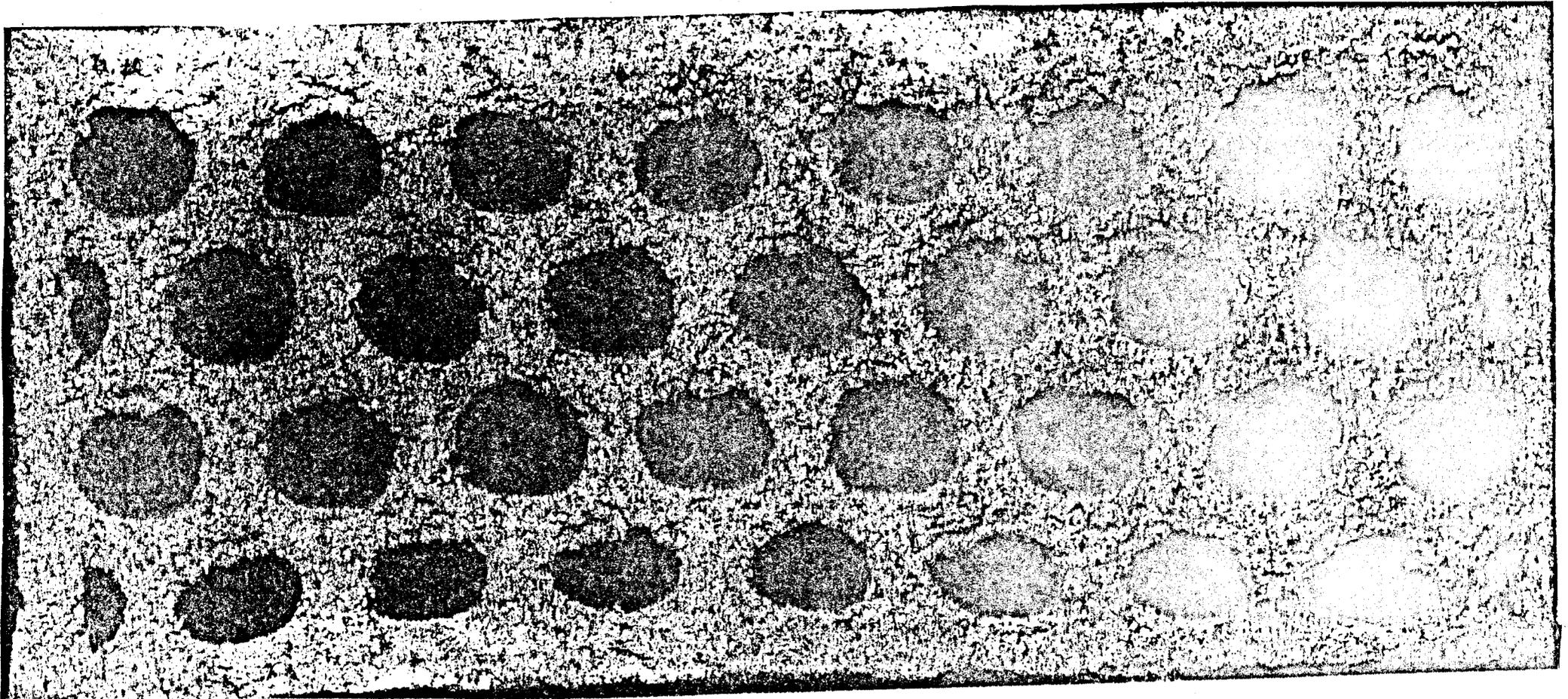
Aspecto que presentaba la pieza de la figura 13 antes del ensayo de
eflorescencia.



Muestra O-27 c

Fig-16

100 % estériles. Molturación: martillos, reja 6 mm. † anillos † martillos.
Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza después del ensayo
de eflorescencia.

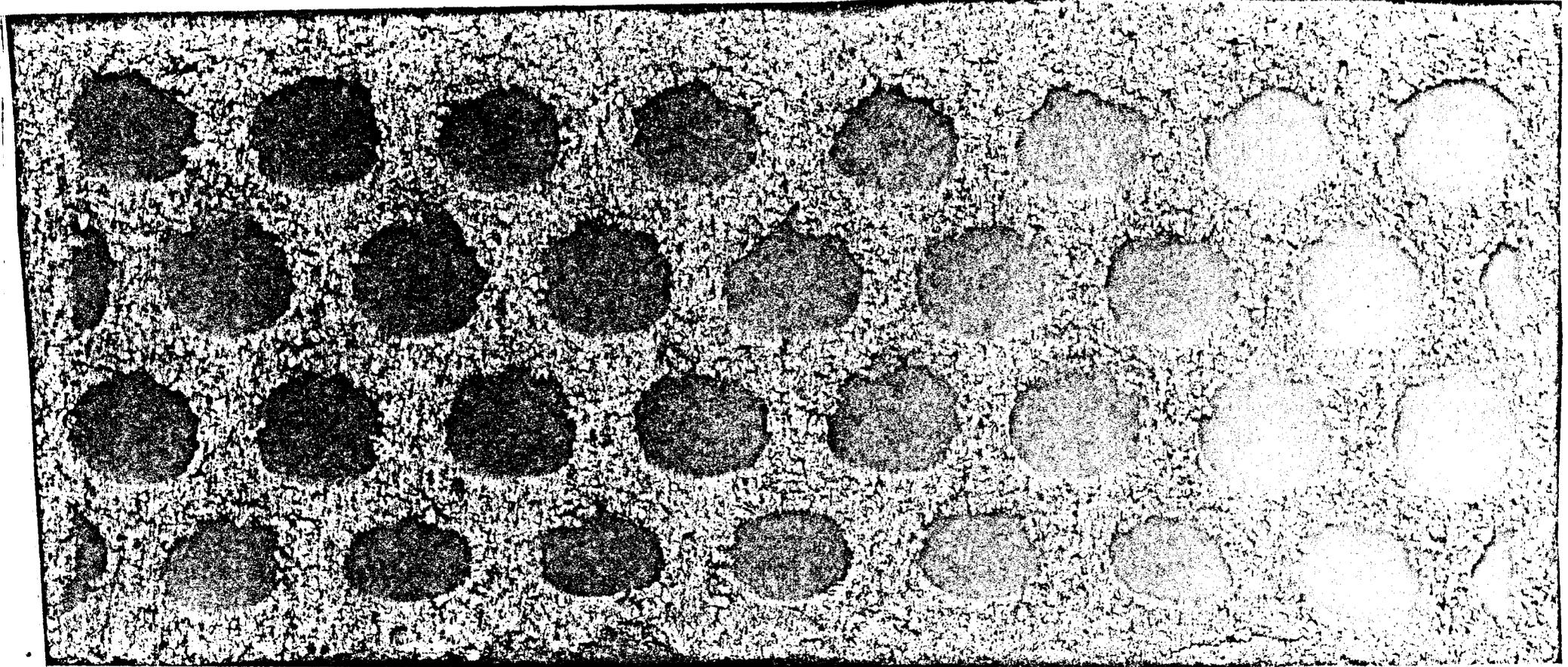


Muestra O-27 c

Fig-17

100 % estériles. Molturación: martillos + anillos + martillos.

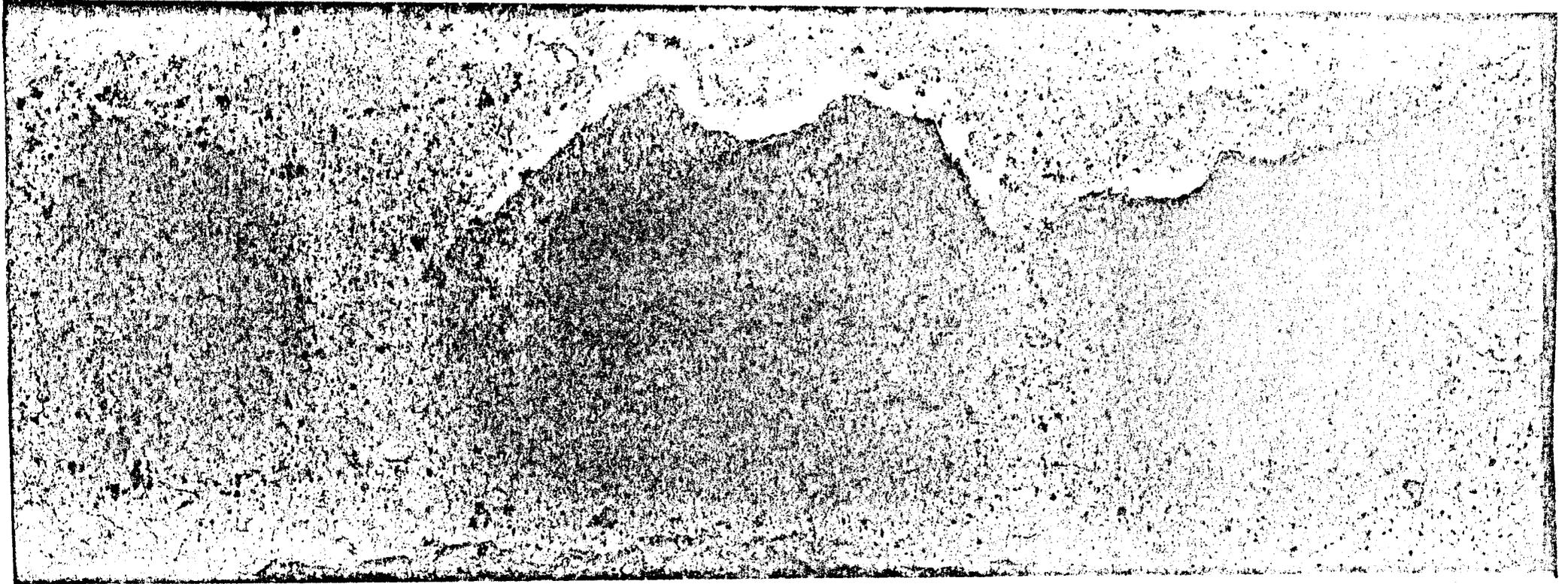
Aspecto que presentaba la pieza de la figura 16 antes del ensayo de eflorescencia.



Muestra O-27 c

Fig-18 100 % estériles. Molturación: martillos † anillos † martillos.

Aspecto que presentaba el canto de la pieza de la figura 16 después del ensayo de eflorescencia.

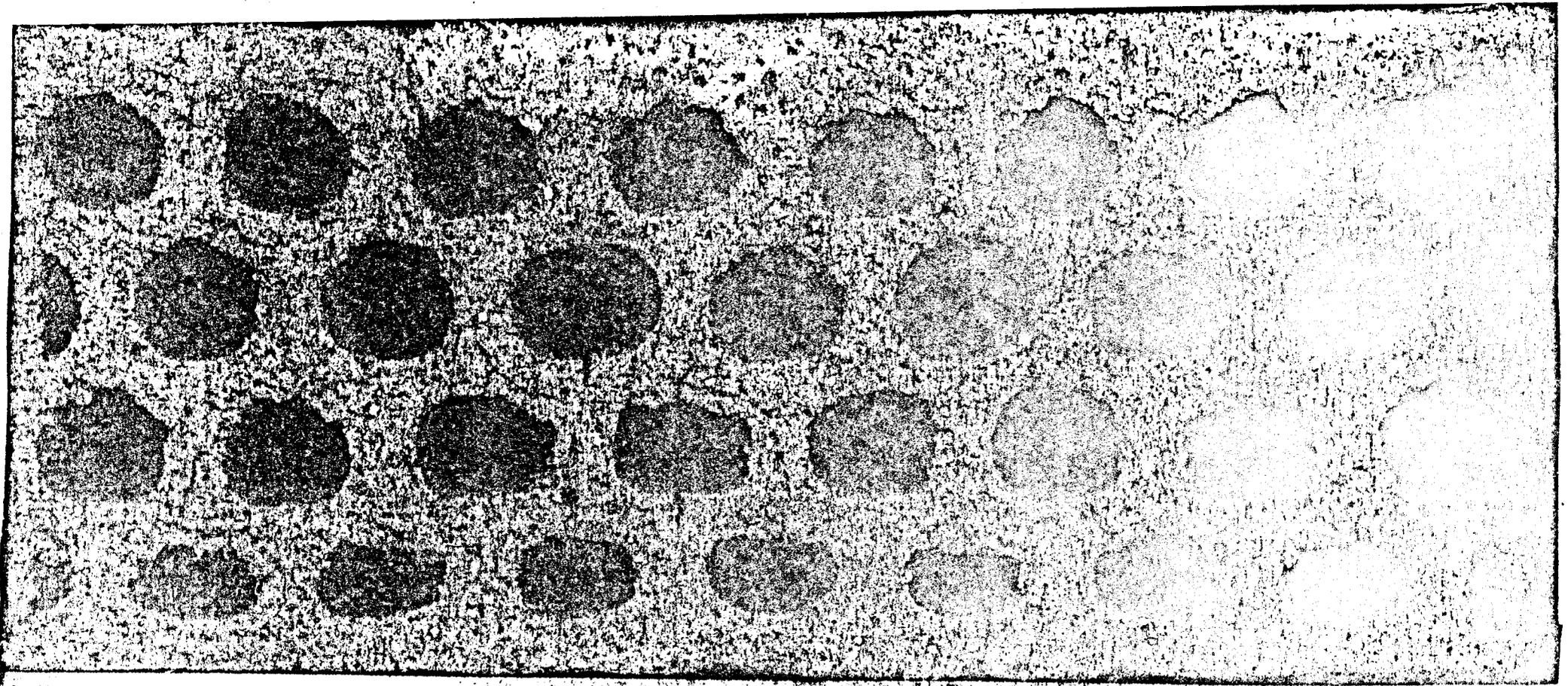


Muestra O-27 c

Fig-19

100 % estériles Molturación: martillos reja 6 mm. † anillos † martillos.

Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza después del ensayo de eflorescencia.

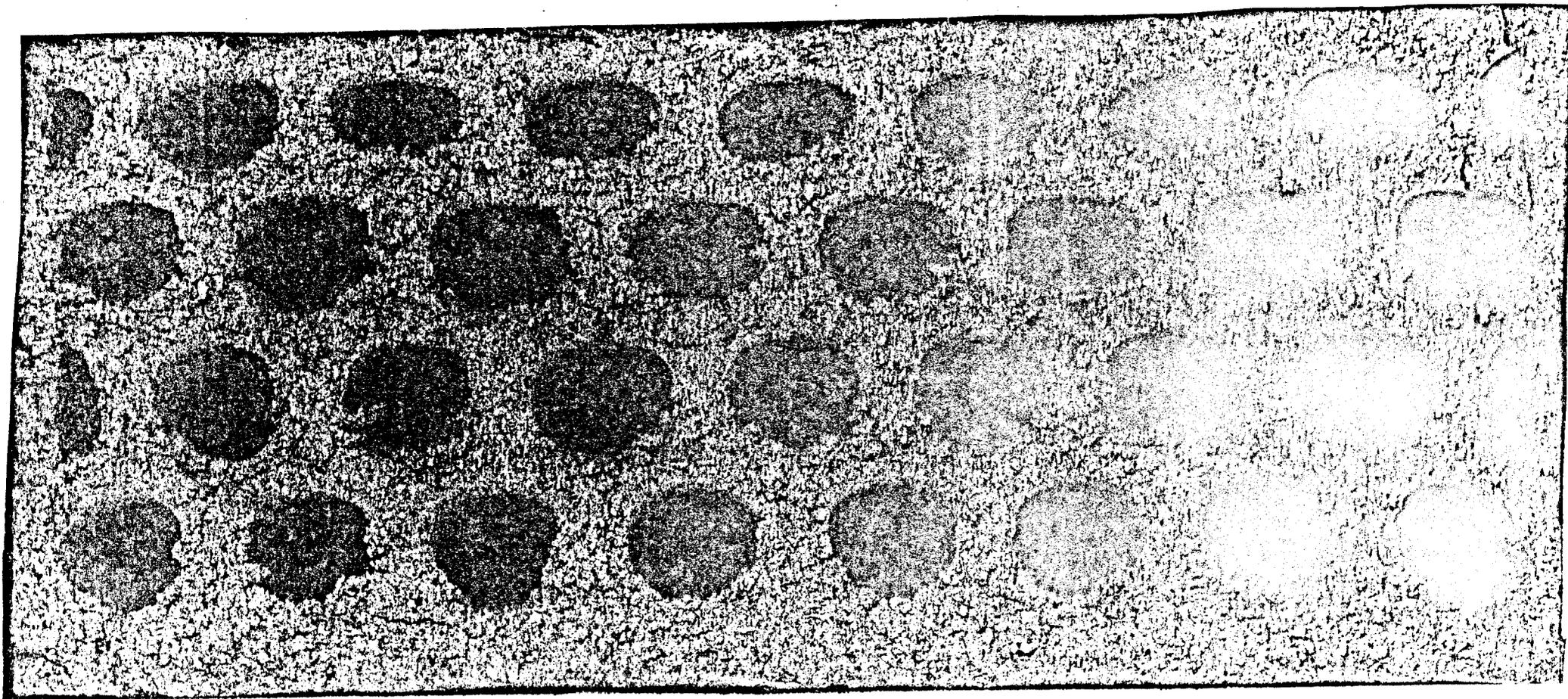


Muestra O-27 c

Fig-20

100 % estériles. Molturación: martillos reja 6 mm. † anillos † martillos.

Aspecto que presentaba la cara superior de la pieza antes del ensayo de efluorescencia.

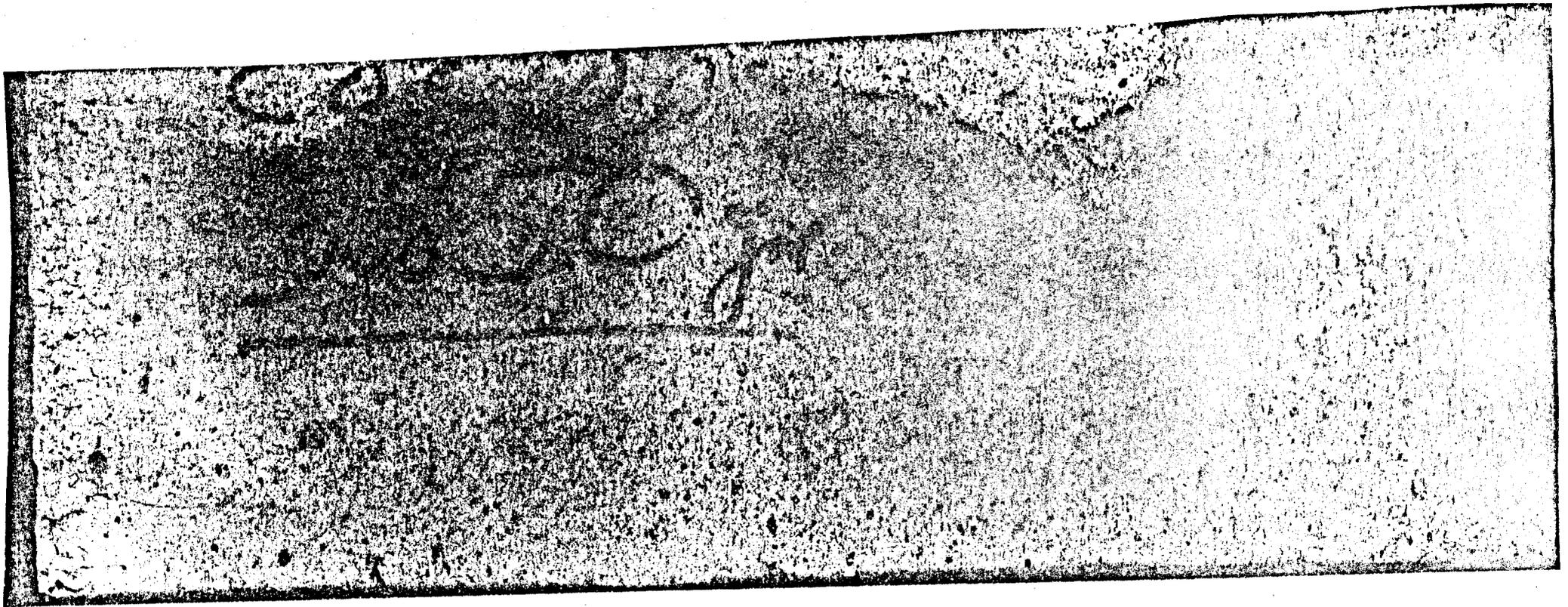


Muestra O-27 c

Fig-21

100 % estériles. Molturación: martillos reja 6 mm. † anillos † martillos.

Aspecto que presentaba la cara lateral de la pieza después del ensayo de eflorescencia.



1. Objeto

Esta norma tiene por objeto el ensayo de eflorescencia en toda clase de ladrillos.

2. Definición

Las eflorescencias son cristalizaciones de sales solubles, que aparecen frecuentemente durante el tiempo seco en la superficie de las construcciones.

3. Fundamento del método

Se basa este ensayo en la observación de las posibles eflorescencias en las muestras, cuando se desecan después de haber estado parcialmente sumergidas en agua destilada.

4. Aparatos empleados

Para la realización del presente ensayo se necesitarán los aparatos siguientes:

4.1 Bandejas y envases. Un envase que hará de compartimiento estanco en forma de paila o bandejas de metal u otro material que no proporcione sales solubles cuando se ponga en contacto con agua destilada, conteniendo productos de lixiviación de ladrillos. La paila tendrá las medidas adecuadas para que se pueda obtener, por lo menos, 2,5 cm de profundidad de agua. A menos que la paila tenga un área de base tal, que el volumen total de agua que pueda almacenar sea grande, en comparación con la cantidad evaporada cada día, se proveerá de un dispositivo para conservar constante el nivel de agua.

4.2 Cámara de conservación. Se dispondrá de una cámara de conservación, cuya temperatura se pueda mantener a $24 \pm 3^\circ\text{C}$, y la humedad relativa entre el 30 y 70 %.

4.3 Estufa de desecación. Se necesitará una estufa de desecación con libre circulación de aire y con regulador de temperatura, para mantenerla a $110 \pm 115^\circ\text{C}$.

5. Extracción de muestras

El ensayo se realizará sobre los ladrillos enteros, para lo cual se tomarán diez ladrillos secos, que se separarán en cinco parejas, de tal forma, que ambas muestras de cada pareja tengan, en la medida de lo posible, el mismo aspecto.

Las muestras se ensayarán tal como se reciben, excepto cuando tengan alguna adherencia extraña que pueda ser causa de errores en la eflorescencia, y en tal caso, se procederá a un cepillado de las muestras para eliminar estas adherencias.

6. Método de ensayo

Una muestra de cada una de las cinco parejas se conserva, hasta el final del ensayo, sumergida parcialmente en el agua destilada contenida en la paila, a una profundidad aproximada de 2,5 cm, durante 7 días, en la cámara de conservación.

Cuando se ensayan varias muestras en la misma paila, se han de separar entre sí por espacios no inferiores a 5 cm.

No se recomienda colocar en una misma paila, simultáneamente, muestras de origen distinto, porque muestras con un contenido considerable en sales solubles pueden contaminar a otras exentas de sales.

La segunda muestra de cada una de las cinco parejas se almacena en la cámara de conservación, preservándola del contacto del agua.

Transcurridos 7 días se inspeccionan las muestras de la primera serie, y seguidamente, junto con las de la segunda serie, se desecan durante 24 horas en la estufa de desecación.

Las pailas o bandejas se vacían y limpian después de cada ensayo.

7. Inspección y clasificación

Después de la desecación se examinará y comparará cada pareja de muestras, observando los vértices y los cuatro caras de cada una. Si no hubiese diferencias observables, debidas a eflorescencias, el ladrillo se clasificara como

Continúa

no eflorescido. Si se observase alguna diferencia, las muestras se revisarán a una distancia de 3 m, con una iluminación no inferior a 150 lúmenes por metro, por un observador con visión normal. Si en estas condiciones no se notase diferencia, se clasificará como «ligeramente eflorescido».

Si, por el contrario, en estas condiciones hay una diferencia perceptible, se clasificará como «eflorescido».

8. Correspondencia con otras normas

Esta norma concuerda con la A. S. T. M. C 67-44.



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la industria cerámica

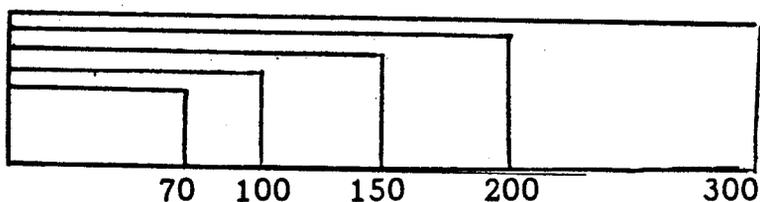
VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION

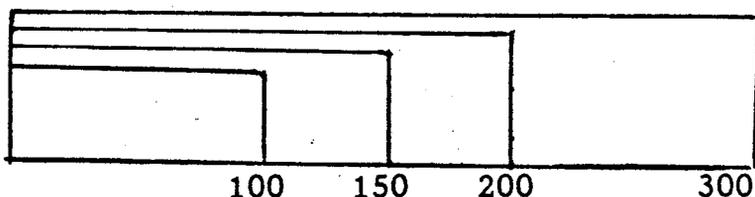
Característica fundamental de los ladrillos en su calidad, es su resistencia a compresión, que debe fijar y garantizar el fabricante dentro de la serie de valores que establece la Norma del Ministerio de la Vivienda 201 para cada uno de los tipos de ladrillos, no admitiéndose resistencias menores que el primer valor en cada uno de los tipos (ver esquema adjunto).

RESISTENCIA NORMALIZADA DE LOS LADRILLOS

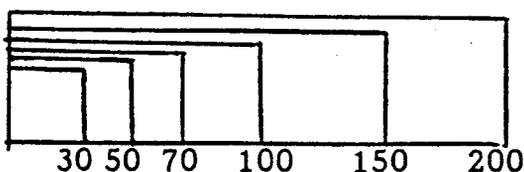
MACIZOS



PERFORADOS



HUECOS



kg/cm².



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la Industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

Esta resistencia se mide según la norma UNE 7059 en probeta de altura igual o mayor que el lado menor de la base.

Las probetas se han obtenido mediante serrado del ladrillo y posterior refrentado de las dos caras de apoyo con mortero de cemento.

Se han ensayado 10 probetas.

La resistencia σ_i de cada probeta es la carga de rotura dividida por el área de su sección bruta incluidos los huecos.

En las páginas siguientes puede verse además de las σ_i , la σ_m de los 10 resultados, así como la δ o desviación cuadrática media unitaria y la σ_k o resistencia característica, que es el valor que tiene un grado de confianza de 0.05, o sea que existe probabilidad del 5 % de no ser alcanzado o sobrepasado en una serie indefinida de ensayos análogos si los resultados tuviesen distribución estadística normal. La σ_k viene dada por la expresión $\sigma_k = \sigma_m (1 \mp 1.64 \delta)$. Se toma el signo - ó + según que el valor característico tenga la probabilidad de 0.05 de no ser alcanzado o de no ser sobrepasado.

Muestra: C-28 c 100 estórices
 les molturación pendular

RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION

σ_i = Resistencia individual en kg/cm^2 .

σ_m = Resistencia media : $\sum \sigma_i / n$ kg/cm^2

δ = Dispersión $\sqrt{1/n \sum (\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2}$

σ_k = Resistencia característica: $\sigma_m (1 - 1.64 \delta)$ kg/cm^2 .

MUESTRA	Resistencia mecánica a compresión kg/cm^2		
	σ_i	$(\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2$	
1	518,48	0,0001	
2	466,94	0,0079	
3	505,57	0,0001	
4	504,45	0,0002	
5	522,76	0,0003	
6	485,43	0,0027	
7	466,76	0,0079	
8	517,63	0,0000	
9	592,55	0,0243	
10	544,87	0,0039	
$\sum \sigma_i$	5125,44		
$\sigma_m = \frac{\sum \sigma_i}{n}$	512,544		
$\sum (\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2$		0,0474	
$\delta = \sqrt{1/n \sum (\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2}$		0,068848	
$\sigma_k = \sigma_m (1 - 1.64 \delta)$	454,68		kg/cm^2 .

RESISTENCIA MECANICA A COMPRESION

σ_i Resistencia individual kgr/cm²

σ_m = Resistencia media kgr/cm²

δ = Dispersión

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum (\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2}$$

σ_k = Resistencia característica: $\sigma_m(1 - 1.64\delta)$ kgr/cm².

MUESTRA	Resistencia mecánica a compresión kgr/cm ²		
	σ_i	$(\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)$	$(\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2$
1	316,35	0,0148	
2	231,25	0,0324	
3	245,17	0,0170	
4	281,44	0,0000	
5	346,06	0,0516	
6	267,30	0,0027	
7	240,59	0,0215	
8	330,22	0,0292	
9	324,99	0,0232	
10	236,42	0,0261	
$\sum \sigma_i$	2819,79		
$\sigma_m = \sum \frac{\sigma_i}{n}$	281,979		
$\sum (\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2$		0,2185	
$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\frac{\sigma_i}{\sigma_m} - 1)^2}$		0,147817	
$\sigma_k : \sigma_m(1 - 1.64\delta) =$	213,6272		kgr/cm ² .

1. Objeto

Esta norma tiene por objeto describir el ensayo de compresión, aplicable a los ladrillos empleados en construcción, que están especificados en la norma UNE 41 004.

2. Definición

Se denomina resistencia a la compresión del ladrillo la carga unitaria aparente de rotura determinada en el ensayo descrito a continuación, ejerciendo esfuerzo axial de compresión en dirección del grueso, medida menor del ladrillo.

Si no se especifica nada en contrario, se entiende que se trata de la resistencia del ladrillo desecado.

3. Toma de muestras y preparación de las mismas

El número de ladrillos necesarios para realizar los ensayos se escogerá al azar en un grupo donde haya, como mínimo, cien piezas.

La probeta para el ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos macizos, perforados o huecos, será cúbica o prismática, con aristas comprendidas entre 9 y 19 cm y con altura igual o mayor que el lado menor de la base.

Para obtener las probetas, se podrán unir dos o más mitades o partes de ladrillos por una junta de mortero de cemento de 1:1 en peso, cuyo espesor no sea superior a 5 mm.

Cuando el grueso del ladrillo sea de 9 cm o mayor, cada probeta se obtendrá por serrado de un ladrillo. Los cortes que sea preciso hacer para fabricar las probetas se realizarán con sierra o lámina y abrasivo, y cada trazo o porción no llevará más de una cara obtenida por corte.

En los ladrillos perforados, si las perforaciones son normales a la cara mayor, se formarán las probetas con ladrillos enteros o, al menos, con partes de ladrillo cuya relación de hueco a macizo sea la misma que en un ladrillo entero.

Si los ladrillos fuesen de los llamados huecos, cuyas perforaciones sean paralelas al eje mayor de la pieza, las probetas conservarán intactas las secciones normales a la dirección de los huecos.

Las perforaciones, huecos y rebajos se dejarán vacíos en todo caso.

Las caras de las probetas, normales a la dirección del esfuerzo, se recubrirán con una ligera capa de mortero 1:1, con objeto de hacer desaparecer las irregularidades que pudieran existir. Este mortero se dejará fraguar no menos de 24 horas.

En los ladrillos perforados, con huecos o rebajos, la preparación de las bases podrá hacerse continua, siempre que el espesor de la capa de mortero sobre los vacíos no sobrepase los 5 mm.

Después de preparados y endurecidos los morteros durante 48 horas, como mínimo, las probetas se desecarán en estufa a 110 °C durante 24 horas, pesándolas a las 21 y a las 24 horas de desecación. Si la diferencia en peso es inferior al 0,1 %, se acaban por desecadas; en caso contrario, se continuarán desecando y pesando cada 3 horas, hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas sea menor del límite señalado.

4. Aparatos empleados

Se utilizará una máquina de ensayo, apta para los de compresión, provista de una rótula de segmento.

5. Procedimiento operatorio

Todas las probetas se han de ensayar sometiénolas a un esfuerzo normal, aplicando la carga centrada en la cara superior de la probeta.

La velocidad de carga no ha de exceder de 100 kgf/cm²/min.

Dentro de las reglas del procedimiento operatorio descritas anteriormente para el ensayo de resistencia a la compresión, hay variantes, que se describen en los apartados siguientes, teniendo en cuenta que las probetas se han de preparar y ensayar según se indica en dichos apartados, y que cuando se desee obtener la resistencia a la compresión en seco, las probetas deben estar constituidas por ladrillos enteros.

Continúa

5.1 Resistencia a la compresión del ladrillo saturado. Las probetas se someten con anterioridad al ensayo de absorción según la norma UNE 7061, excepto la desecación inicial que se indica en el capítulo 3 de dicha norma.

5.2 Resistencia a la compresión del ladrillo sometido a la intemperie. Las probetas del ensayo de compresión se someten de antemano al ensayo de heladicidad, según la norma UNE 7062, excepto las desecaciones inicial y final que se indican en el capítulo 5 de dicha norma.

5.3 Resistencia a la compresión en tizón. Esta se obtiene aplicando el esfuerzo axial de compresión en dirección del tizón (medida intermedia) del ladrillo.

5.4 Resistencia a la compresión en soga. Se obtiene aplicando el esfuerzo axial de compresión en dirección de la soga (medida mayor) del ladrillo.

6. Obtención y precisión de los resultados

Los resultados de la resistencia a la compresión se obtendrán aplicando la fórmula siguiente:

$$\sigma_c = \frac{G}{A} \text{ kgf/cm}^2$$

en la que:

G = Carga máxima que admite la probeta, expresada en kgf

A = Área de las bases superior e inferior, expresada en cm²

Deberá tomarse como resultado del ensayo la media aritmética de los resultados de ensayar diez probetas. Las medidas de los ladrillos deberán determinarse con un error inferior a 1 mm.

7. Normas para consultar

Para la realización del ensayo de compresión a saturación se tendrá en cuenta lo expuesto en la norma UNE 7061 - Determinación de la absorción de agua de los ladrillos de arcilla cocida. Para la realización del ensayo de compresión a la intemperie, se tendrá en cuenta lo expuesto en la norma UNE 7062 - Determinación de la resistencia a la intemperie de los ladrillos de arcilla cocida. Para los ladrillos, véase la norma UNE 41004 - Norma de calidad de los ladrillos de arcilla cocida.

8. Correspondencia con otras normas

La presente norma concuerda esencialmente con la A. S. T. M. C-67-44.



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la Industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

ENSAYO DE ABSORCIÓN

La absorción es una medida de la capacidad de apropiación de agua del ladrillo, por inmersión total a largo plazo.

El ensayo, según la norma UNE 7061 consiste en desecar la muestra hasta peso constante y sumergirla en agua hasta que se haya saturado, es decir hasta que no aumente de peso.

La diferencia entre el peso de la muestra saturada y el de la muestra desecada es el peso del agua absorbida; y el cociente de este, por el peso desecado, expresado en %, es la absorción.

Un mínimo de absorción es necesario para la buena adherencia del mortero al ladrillo y para evitar que el ladrillo "flote" sobre el tendel de mortero. Un exceso de absorción perjudica la calidad de la obra (el ladrillo se mantiene húmedo largo tiempo después de las lluvias, capta mayor cantidad de polvo y se ennegrece con rapidez etc...).

Aunque no está demasiado claro cuáles deben ser los límites de absorción para dar una orientación y en el caso concreto del ladrillo deberían oscilar entre el 12 y el 18 %.

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

a_i : Absorción individual %

a_m : Absorción media $\frac{\sum a_i}{n}$ %

δ : Dispersión $\sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{a_i}{a_m} - 1 \right)^2}$

a_K : Absorción característica $= a_m (1 + 1.645 \delta)$

MUESTRA	% de absorción de agua	
	a_i	$\left(\frac{a_i}{a_m} - 1 \right)^2$
1	10,80	0,0021
2	10,84	0,0025
3	11,36	0,0101
4	10,28	0,0000
5	10,42	0,0000
6	9,96	0,0012
7	9,96	0,0041
8	9,78	0,0027
9	10,34	0,0000
10	9,77	0,0028
$\sum a_i$	103,2100	
$a_m = \frac{\sum a_i}{n}$	10,3210	
$\sum \left(\frac{a_i}{a_m} - 1 \right)^2$		0,0255
$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{a_i}{a_m} - 1 \right)^2}$		0,050498
$a_K = a_m (1 + 1.645 \delta)$	9,4664 11,1755	

Muestra: C-27 e 100 % estériles
martillos + anillos + martillos

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

$a_i =$ Absorción individual %
 $a_m =$ Absorción media $\frac{\sum a_i}{n}$
 $\delta =$ Dispersión $\sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{a_i}{a_m} - 1\right)^2}$
 $a_k = a_m (1 \pm 1.645)$ %

MUESTRA	% Absorción de agua	
	a_i	$\left(\frac{a_i}{a_m} - 1\right)^2$
1	12,03	0,0241
2	13,73	0,0013
3	14,59	0,0005
4	14,96	0,0025
5	13,25	0,0048
6	15,19	0,0044
7	16,02	0,0155
8	13,84	0,0008
9	14,92	0,0022
10	13,90	0,0005
$\sum a_i$	142,43	
$a_m = \frac{\sum a_i}{n}$	14,243	
$\sum \left(\frac{a_i}{a_m} - 1\right)^2$		0,0566
$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{a_i}{a_m} - 1\right)^2}$		0,075233
$a_k = a_m (1 \pm 1.645)$	12,4868 %	
	15,9991 %	

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

a_i : Absorción individual %
 a_m : Absorción media
 δ : Dispersion $\sqrt{1/n \sum (\frac{a_i}{a_m} - 1)^2}$
 a_k : $a_m (1 \pm 1.645)$

MUESTRA	% Absorción de agua		
	a_i	$(\frac{a_i}{a_m} - 1)^2$	
1	16,80	0,0018	
2	19,17	0,0018	
3	16,90	0,0013	
4	19,71	0,0152	
5	15,44	0,0144	
6	14,20	0,0363	
7	18,84	0,0054	
8	18,59	0,0035	
9	18,07	0,0008	
10	17,74	0,0001	
$\sum a_i$	175,46		
$a_m = \frac{\sum a_i}{n}$	17,546		
$\sum (\frac{a_i}{a_m} - 1)^2$		0,0873	
$\delta \sqrt{1/n \sum (\frac{a_i}{a_m} - 1)^2}$		0,093434	
$a_k = a_m (1 \pm 1.645)$	14,8597 20,2322		

1. Objeto

Esta norma tiene por objeto la determinación de la absorción de agua en los ladrillos empleados en construcción, que se especifican en la norma UNE 41 004.

2. Definición

Se denomina absorción específica del ladrillo, el tanto por ciento, en peso, de agua absorbida en el ensayo descrito a continuación, expresado en relación al peso del ladrillo desecado.

3. Toma de muestras

Las probetas para el ensayo de absorción específica de ladrillos macizos, perforados o huecos, serán ladrillos enteros o medios ladrillos obtenidos por serrado, de tal forma que la relación de hueco a macizo sea la misma que en un ladrillo entero.

4. Aparato empleado

Una balanza con una capacidad no inferior a 2 000 g y una sensibilidad de 0,5 g.

5. Procedimiento operatorio

Las probetas se desecan en estufa a 110° C durante 24 horas, pesándolas a las 21 y a las 24 horas de desecación. Si la diferencia de peso es inferior al 0,1 % se dan por desecadas. En caso contrario se continúa desecando y pesando cada 3 horas hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas sea inferior al límite señalado. La última pesada es el peso en seco, G_s .

Después de enfriadas al aire, las probetas se sumergen en agua, hasta un tercio de su altura aproximadamente, colocándolas de canto. Después de 2 horas se eleva el nivel de agua hasta los dos tercios de su altura, y pasadas 22 horas se eleva el nivel de agua hasta 5 cm por encima de las probetas.

A las 24 horas de comenzar el ensayo en húmedo, se saca del agua cada probeta, se seca con un paño húmedo y se pesa, volviendo a introducirla en agua. Cada 24 horas se continúa pesando hasta que dos pesadas consecutivas difieran en menos de 0,1 %. La última pesada es el peso después de la absorción, G_w .

El agua absorbida es la diferencia entre G_w y G_s .

Todas las pesadas se han de realizar con un error inferior a 0,05 %.

6. Obtención de los resultados

La absorción específica, A, de cada probeta, se calculará mediante la aplicación de la expresión siguiente:

$$A = \frac{G_w - G_s}{G_s} \cdot 100.$$

La absorción específica que se tomará como resultado del ensayo será la media aritmética de los resultados obtenidos con tres probetas.

7. Normas para consultar

Para los ladrillos de arcilla cocida, véase la norma UNE 41 004—Calidades y medidas de los ladrillos de arcilla cocida.

8. Correspondencia con otras normas

Esta norma concuerda esencialmente con la norma ASTM C 67-44.



tecnocerámica, s.a.

DIVISIÓN LABORATORIO

Análisis y ensayos para la industria cerámica

VILANOVA DEL CAMÍ (Barcelona)

ENSAYO DE SUCCION

La succión es una medida de la capacidad de apropiación de agua del ladrillo por inmersión parcial de corta duración.

El ensayo según la norma UNE 7 - 268 - 73 consiste en desecar el ladrillo hasta peso constante a temperatura comprendida entre 100 y 110 °C. Luego se coloca plano en una bandeja, de manera que quede sumergido 3 mm. y se mantiene un minuto pesándolo seguidamente.

El cociente del peso de agua succionada, entre el área neta de la cara apoyada en $\text{gr/cm}^2/\text{min.}$ es la succión del ladrillo. Este concepto tiene su influencia durante puesta en obra del ladrillo ya que al sentar el ladrillo sobre el tendel del mortero succiona agua y se reduce la relación agua cemento. Si esta reducción es moderada mejora la resistencia del mortero y la adherencia, pero, si el mortero se seca excesivamente pierde resistencia. Una succión comprendida entre 0,15 y 0,30 $\text{gr/cm}^2/\text{min.}$ puede considerarse normal, por debajo de 0,15 $\text{gr/cm}^2/\text{min.}$ baja y por encima de 0,30 $\text{gr/cm}^2/\text{min.}$ alta.

ENSAYO DE SUCCION

S_i : Succión individual en gr/cm² minuto
 S_m : Succión media = $\frac{\sum S_i}{n}$ gr/cm².min
 δ = Dispersión = $\sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2}$
 S_K : Succión característica : $S_m (1 \mp 1.64\delta)$ gr/cm².min

MUESTRA		
	S_i	$\left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2$
1	0,0487	0,0056
2	0,0497	0,0094
3	0,0370	0,0335
4	0,0401	0,0131
5	0,0396	0,0158
6	0,0447	0,0001
7	0,0439	0,0009
8	0,0502	0,0116
9	0,0542	0,0385
10	0,0447	0,0001
$\sum S_i$	0,4528	
$S_m = \frac{\sum S_i}{n}$	0,04528	
$\sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2$		0,1286
$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2}$		0,113402
$S_K = S_m (1 \mp 1.64\delta)$	0,0138	0,0837

Muestra: C-27 c 100% estériles
molidos en molino de martillo
+ anillos + martillos 6 mm.

ENSAYO DE SUCCION

S_i : Succión individual en gr/cm² minuto

S_m : Succión media = $\frac{\sum S_i}{n}$ gr/cm² min

δ : Dispersión $\sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1 \right)^2}$

S_k : Succión característica = $S_m (1 \mp 1.64 \delta)$ gr/cm² min.

MUESTRA		
	S_i	$\left(\frac{S_i}{S_m} - 1 \right)^2$
1	0,2448	0,0168
2	0,3108	0,0109
3	0,2941	0,0019
4	0,2938	0,0019
5	0,2808	0,0000
6	0,2996	0,0042
7	0,2459	0,0158
8	0,2900	0,0009
9	0,2720	0,0010
10	0,2808	0,0000
$\sum S_i$	2,8126	
$S_m = \frac{\sum S_i}{n}$	0,2813	
$\sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1 \right)^2$		0,0534
$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1 \right)^2}$		0,073075
$S_k = S_m (1 \mp 1.64 \delta)$		= $\begin{cases} 0,3149 \\ 0,2476 \end{cases}$

ENSAYO DE SUCCION

S_i : Succión individual en gr/cm². minuto

S_m : Succión media = $\frac{\sum S_i}{n}$

δ : Dispersion $\sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2}$

S_K : Succión característica:

$S_m (1 \mp 1.64 \delta)$ gr/cm² min

MUESTRA		
	S_i	$\left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2$
1	0,2976	0,0031
2	0,3273	0,0014
3	0,3009	0,0020
4	0,3529	0,0143
5	0,3045	0,0011
6	0,2580	0,0329
7	0,3456	0,0092
8	0,3377	0,0050
9	0,3105	0,0002
10	0,3167	0,0000
$\sum S_i$	3.1517	
$S_m = \frac{\sum S_i}{n}$	0,3152	
$\sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2$		0,0692
$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{S_i}{S_m} - 1\right)^2}$		0,083187
$S_K = S_m (1 \mp 1.64 \delta)$	0,2722 0.3531	

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

<p>NORMA ESPAÑOLA</p>	<p>Determinación de la succión de los ladrillos</p>	<p>UNE 7 - 263 - 73</p>
<p>1 OBJETO</p> <p>La presente norma tiene por objeto definir un método para determinar la succión de los ladrillos, entendiéndose por tal la capacidad de apropiación de agua por inmersión parcial de corta duración, obtenida en el ensayo definido en la presente norma.</p> <p>quede 3 mm por encima del borde superior de los mismos. Los ladrillos se colocan en posición de tabla. Se asienta el ladrillo sobre los apoyos y se tiene 1 min, durante el cual se mantiene constante el nivel del agua.</p> <p>Después se saca el ladrillo, se le seca superficialmente con un paño húmedo y se obtiene su peso, Q_i en gramos.</p>		
<p>2 APARATOS NECESARIOS</p> <p>2.1 Bandeja Recipiente de fondo plano, con dos apoyos lineales de sección triangular de material inoxidable.</p> <p>2.2 Balanza Una balanza que permita pesar con una precisión de 0,1 g.</p> <p>3 TOMA DE MUESTRAS</p> <p>De cada lote a controlar se tomará del rejal un número n de ladrillos no inferior a cinco, elegidos al azar.</p> <p>4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO</p> <p>Se pesa cada ladrillo con precisión de 0,1 g y se desecan a una temperatura comprendida entre 100 y 110° C hasta peso constante, P_i.</p> <p>Si se trata de ladrillo macizo, o con taladros en tabla, se mide el área A_i de la cara de la pieza que va a estar en contacto con el agua, con precisión del 1 %, descontando, si existen, el área de los taladros en tabla de los ladrillos.</p> <p>En la bandeja se coloca agua en la cantidad precisa para que, una vez colocada la pieza sobre los apoyos, el nivel</p> <p>5 OBTENCION Y PRECISION DE LOS RESULTADOS</p> <p>La succión s_i de cada pieza, expresada en g/cm^2 min, con precisión de 0,001 g/cm^2 min, viene dada por la fórmula:</p> $s_i = \frac{Q_i - P_i}{A_i}$ <p>donde:</p> <p>Q_i = Peso, en gramos, del ladrillo después de la inmersión P_i = Peso, en gramos, del ladrillo antes de la inmersión A_i = Area, en centímetros cuadrados, de la cara de la pieza</p> <p>Si el ladrillo tiene taladros en canto o testa se determinará la succión en tabla, sin descuentos en el área A_i, y se determinará además la succión en canto o testa, poniendo en contacto con el agua la cara que tenga los taladros.</p> <p>A continuación se calcula la succión media s_m de los n ladrillos, y se obtiene la succión característica s_k por la fórmula:</p> $s_k = s_m + 1.64 \sqrt{\frac{\sum (s_i - s_m)^2}{n}}$ <p>ambos valores expresados también con precisión de 0,001 g/cm^2 min.</p>		
<p>Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - Madrid (6)</p>		