

MINISTERIO DE EDUCACION DE LA NACION
UNIVERSIDAD NACIONAL de EVA PERÓN
Facultad de Química y Farmacia

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE MATERIALES CERAMICOS
ARGENTINOS, DESTINADOS A LA FABRICACIÓN DE PORCELANA
ELÉCTRICA DE SECCION GRUESA

por el

Licenciado en Química

NATALIO WENGROWER

Tesis presentada para optar al grado de

DOCTOR EN QUÍMICA

1 9 5 4

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE MATERIALES CERAMICOS
ARGENTINOS, DESTINADOS A LA FABRICACIÓN DE PORCELANA
ELÉCTRICA DE SECCIÓN GUESA.

INTRODUCCIÓN: Se estudian y analizan las condiciones, en general precarias, con que deben luchar las fábricas de materiales cerámicos para obtener de los proveedores de materias primas la uniformidad en la calidad de las entregas, lo que causa a menudo serias dificultades en la elaboración, debido a que ni los mismos proveedores están advertidos de las variaciones que se producen en las entregas que les hacen los productores. Dicha diferencia de calidad se manifiesta especialmente en la provisión de arcillas, que por provenir de yacimientos secundarios, tienen variaciones insospechadas en su comportamiento en las mezclas, agravadas por el hecho de su estado físico que muchas veces no alcanza a corregirse con los métodos puestos en práctica para la preparación de las masas plásticas. De ahí la necesidad de estudiar un procedimiento sencillo y breve de juzgamiento de esas materias primas.

CAPITULO 1º.- En cuanto a la clasificación de los materiales cerámicos se llega a la conclusión de que ella es incompleta y deficiente, adoptándose la de Navias como la más adecuada al tema que se desarrolla y expresando el anhelo de que se subsane un punto tan importante de la sistematización de los estudios y el conocimiento de los materiales cerámicos argentinos tan poco conocidos y de tan amplio porvenir industrial en nuestro país.

CAPITULO II.- Se estudia el cuarzo como materia prima de la industria cerámica, presentando la norma para su juzgamiento y comentando ampliamente los trabajos de Geoffrey Martin y sus asociados, estimando que en tal terreno los materiales cuarzosos argentinos no han sido aún objeto de investigaciones técnicas y científicas que permitan conocer en forma integral las características de las diversas variedades mineralógicas que existen en el país.

CAPITULO III.- Se estudia el feldespato como elemento fundente de las mezclas cerámicas, presentando la clasificación física de los mismos según el diámetro del grano; la clasificación química de acuerdo al contenido en bióxido de silicio y la clasificación según la relación de Na_2O a K_2O , lo mismo que la composición teórica de la ortoclasa, la albita y la anortita, los tres feldespatos básicos desde el punto de vista mineralógico.

CAPITULO IV.- En este capítulo se realiza una extensa revisión de las arcillas y caolines, su origen y formación, dando una lista amplia de las rocas y minerales que pueden producirlos; se estudian las propiedades y clases de arcillas utilizadas en cerámicas de porcelana eléctrica, discutiendo ampliamente los factores a los que puede atribuirse su plasticidad y la acción del calor sobre las mismas, según los estudios de Mellor y Holdcroft, de Satch, de Westerbergh y de Hyslop y Rooksby.

Al final de estos capítulos se hace la aclaración de que todos los materiales utilizados fueron previamente molidos (o re-molidos, los que ya lo estaban) de manera que las muestras pasa-

sen por el tamiz malla 200 de la United States Standard Sieve Series (0,073 mm. de abertura) quedando retenidos por el tamiz malla 230 (0,061 mm.) en forma de que todos los ensayos fuesen realizados asegurando en cierto modo un diámetro uniforme en la partícula de cada componente.

CAPITULO V.- El análisis químico fué realizado siguiendo las normas que, para materiales refractorios, contiene el "A S T M Standards 1942", determinándose en todas las muestras: humedad a 110°C, pérdida por calcinación a 900°C, anhídrido silíceo, óxidos de hierro, aluminio, titanio, calcio, magnesio, sodio y potasio y anhídrido sulfúrico, siguiendo estricta y cuidadosamente las indicaciones de cada método. Los resultados figuran en los cuadros de Cuarzo, Feldespatos, Arcillas y Coalínes, agregados al final.

En el terreno de las pruebas físicas, se siguió no solamente las normas del "A S T M, Parte III, 1942, Materiales no metálicos en general" sino también las recomendaciones de Permoles y Mc Vay, eligiendo de ellas las que se consideró más apropiadas al objeto de nuestro trabajo y las que, sobre todo, nos permitía realizar la cantidad de muestra que teníamos de cada uno de los materiales. De tal forma, se constató la contracción lineal y de volumen al secado y su pérdida de peso; la contracción lineal y de volumen por secado en estufa a 110°C y su pérdida de peso; y la contracción lineal y de volumen por cocción en el horno y su pérdida de peso; la rigidez dieléctrica de las pruebas coccionadas y la absorción de agua de las mismas, que es, en exacta medida, un índice de la porosidad del ma-

terial.

A los efectos de las pruebas físicas se procedió tal como se detalla a continuación:

B-1 Agua de amasado constante, de $22 \text{ cm}^3/100 \text{ gr.}$ de mezclas, más o menos 1 cm^3 según se necesitase para obtener una plasticidad normal, cuyo tipo determinamos empíricamente de acuerdo a nuestra práctica de fábrica; dentro de ese 22% de agua se incluía el agua por pérdida en estufa a 100°C , dada en los respectivos análisis de la parte de cada uno de los componentes que integraba la mezcla; por ejemplo: del ensayo N°1: arcilla N°1, feldespato N°6 y cuarzo N°18; arcilla 1, humedad a 110°C , $\% = 1.52 - 50 \text{ gr.} = 0.76 \text{ H}_2\text{O}$.

Feldespato 6 - Humedad a 110°C $\% = 0.11 - 35 \text{ gr.} = 0.0385 \text{ H}_2\text{O}$.

Cuarzo 18 - Humedad a 110°C $\% = 0.15 \text{ gr.} = 0 \text{ H}_2\text{O}$

Total agua 100 de mezcla: 0.7985 gr. , prácticamente $\times 0.80 \text{ gr.}$ Se añadía agua hasta 20.2 por medio de bureta en porciones de $10, 4, 3, 2$ y $1, 2 \text{ cm}^3$ "trabajando" cada vez la mezcla a fondo y suspendiendo el agregado de agua o agregando más, hasta alcanzar una plasticidad normal según el tipo que habíamos elegido.

En cuanto a los caolines fué necesario hallar otro límite de agregado de agua, ya que el caolín tiene mucha menor plasticidad que la arcilla, siendo así que después de varias tentativas llegamos a las cifras que se consignan al tratar de las características de las mezclas para el trabajo por el proceso seco, en el capítulo IV, operando entonces con ese nuevo límite y con las mismas características de cálculo que hemos enunciado para las arcillas.

En cuanto a la rigidez dieléctrica pretendimos en primer término efectuar la prueba con los cilindros de 16x50 mm., tal cual salían del horno, con el fin de poder luego aprovecharlos para otras determinaciones; pero su forma hizo imposible utilizarlos para tal prueba o de otra que nos llevase a una conclusión análoga o similar. Debimos pues, proceder a cortar un cilindro preparando un disco de 16 mm. de diámetro y más o menos 3 mm. de espesor, tratando de que las caras fuesen paralelas y fuesen perfectamente planas o aproximadamente planas, rebajándolas por pulido al esmeril; el disco fué encastrado en otra pieza de mezcla para porcelana eléctrica normal, de la utilizada en la fábrica, barnizando los bordos del encastre con silicato de sodio, a fin de impedir la formación de cualquier "vía" entre ambas caras del disco. - Las medidas del disco eran de 16 mm. (parte del cilindro de prueba de plastificado y contracción) y las de la pieza donde estaba encastrado de forma cilíndrica de 30 mm. de diámetro por 15 mm. de altura, con un agujero central de 12 mm. de diámetro, lo que daba una superficie libre del disco de $1,13 \text{ cm}^2$. Luego la pieza se desecaba al aire y en la estufa, se cocionaba en el horno y se dejaba enfriar con el mismo régimen que se describió para los cilindros de prueba. Al realizar la prueba de ensayo con la primer pieza, en las condiciones que más adelante se anotarán, resultó que la chispa eléctrica entre electrodos, ya al llegar a los 1,8-2,0 kilovoltios, contorneaba externamente a la pieza, sin perforar el disco, no permitiendo así obtener una medida de la rigidez dieléctrica. Fué entonces necesario preparar otras piezas de encastre con mayores dimensiones, llegando así a

las siguientes medidas que se trató de mantener uniformes para todos los ensayos; diámetro 0,70 mm.; altura: 30 mm.; diámetro de la perforación central: 13,5 mm.; todas ellas como término medio de las 60 piezas preparadas; superficie libre del disco de porcelana eléctrica 1,45 cm². Fig. 1

Los electrodos eran varillas de cobre de 7 mm. de diámetro, torneadas por un extremo a 3,5 mm. de diámetro y unidas por el otro a la fuente de alta tensión que, partiendo de 0 se hacía acrecer con ritmo uniforme a razón aproximada de 1 Kv por segundo, hasta producirse la perforación, evidente por la fusión del fusible respectivo del tablero. En todos los casos, los electrodos se colocaban bien centrados en ambas caras del disco, para que se hallasen ambos en una misma línea de la pieza de ensayos definitivos.

La prueba de porosidad fué realizada con trozos de sobrantes de los cilindros, luego de haber preparado los discos para el ensayo de rigidez dieléctrica. Pesado el trozo que se eligió o dividió, de manera que estuviesen entre los 3 y 5 gramos, en una balanza del 1/10 mgr., se colocaron los de cada serie de arcillas y caolines (11 series en total) en un recipiente de vidrio Pyrex de 1 litro, en cuyo fondo se había colocado una red de alambre tejido de malla de 5 mm. de abertura, de hierro galvanizado, separado del mismo alrededor de 15 mm., a fin de que los trozos de porcelana eléctrica no tocasen el fondo del vaso recibiendo directamente el calor de la fuente calorífica usada, un mechero Bunsen común y tela metálica con amianto. Se llevó el agua destilada que cubría total-

mente los trozos a ebullición, manteniéndose durante media hora en ese estado; luego se dejó enfriar, se enjugó cuidadosamente la superficie de los trozos y estos se separaron y se pesaron en un pequeño pesafiltros de vidrio con tapa, en la misma balanza. La absorción de agua por ciento de cada muestra, está consignada en la tabla inserta a continuación de la planilla de rigidez dieléctrica. La pérdida de agua al aire en estufa a 110°C y por cocción de las 11 series de muestras trabajadas, se encuentra también en planillas separadas para cada serie; igualmente las tablas que expresan la contracción lineal (diámetro y altura) y la contracción volumétrica de cada muestra, se da el aire, en estufa a 110°C y por cocción en el horno.

CAPITULO VI. - En esta parte del trabajo se hace una enumeración y discusión sobre los distintos métodos para procesar masas plásticas cerámicas por medio de los procesos seco, plástico, de colada y de moldeo, dando de cada uno las principales características de trabajo, describiendo enseguida el método que se utilizó en el transcurso de los ensayos de esta investigación, que se describe enseguida.

Los ensayos de este trabajo se trató de ajustarlos estrictamente a las condiciones de fábrica, con el siguiente modo de operación: todas las muestras fueron realizadas en la misma proporción cuantitativa; 5 partes de arcilla, 3.5 partes de feldespato y 1.5 partes de cuarzo. Pesadas separadamente para formar 50 gr. de mezcla fueron luego colocadas en un cilindro de cartón de 7x12 cm. y ~~hacia~~ ~~xxxx~~ juntamente con 8 municiones de acero inoxidable de 6 mm., y hecha rotar en un simple dispositivo durante 30 minutos. La mezcla

colocada en un mortero de vidrio pulido y sin fallas, fué adicionada de agua por medio de una bureta y batido enérgicamente y con máxima presión, hasta obtener una mezcla normalmente plástica; el primer agregado se hacía de 8 cm³. y luego se completaba con adiciones de 0.5 cm³; se trató de realizar todas las masas a una temperatura cuya oscilación no fuese mayor de 2°C cosa que se consiguió eligiendo los días de trabajo. En las arcillas, la cantidad de agua necesaria osciló siempre entre 20.3 y 22.6%, teniendo en cuenta el agua de hidratación (no de cristalización) de sus componentes, según los análisis realizados; mientras que en los caolines, se necesitó 28.4 a 30.1 respectivamente (muestras 2 y 7). La pasta así preparada se encerró en un recipiente de aluminio nuevo, dejándola 72 horas, siendo luego desmenuzada y batida nuevamente en el mortero; procediéndose entonces al moldeado en matriz cilíndrica de fundición de 16.75 mm. de diámetro. Inmediatamente de moldeado el cilindro fué medido en su diámetro y altura y pesado, dejándolo luego secar al aire durante 72 horas a la sombra y sin corriente de aire; al cabo de este tiempo, cada cilindro fué nuevamente medido y pesado. Después se colocó en estufa a 110°C durante 4 horas, dejándolo enfriar en el mismo aparato, para ser quemado al horno a la temperatura de 1325°C, cosa que se consiguió situando siempre los cilindros junto al vástago del pirómetro eléctrico del horno y colocando con ellos 2 conos de Seger para controlar de la temperatura límite requerida. Desde el tiempo de encender a apagar el horno transcurrieron exactamente 20 horas, dejando las muestras en el horno otras 20 horas, sacándolas después de tal período de enfriamiento. Los cilindros después de otras 24 horas de

enfriados al aire, fueron nuevamente medidos y pesados. La primera muestra de arcilla se trabajó por duplicado, pero en vista de los datos concordantes se resolvió realizar los ensayos en muestra única, dado también la imprecisa tarea que resultaba la duplicación de ensayos.

El horno en el cual se realizaron los ensayos de cocción tiene un largo de 3.50 m., un ancho de 1.30 m. y una altura total sobre nivel de cierre de arena de 1.10 m.; esto permite la entrada de una zorra de 1.28 m. de ancho por 3.47 m. de largo por 1.07 m., lo que da una superficie bruta de carga de $4,75 \text{ m}^2$ que representa una carga útil de $3,0 \text{ m}^2$, debido a la pérdida ocasionada por las cacerías de cocción de las piezas.

El horno está íntegramente construido con materiales refractarios nacionales y dispositivos de uniones necesarias para soportar las dilataciones y contracciones que se producen por los altibajos de temperatura y por las diferencias de temperatura interna y externa (aproximadamente 1080°C en régimen de marcha). El tiraje del horno es de tipo natural y la energía la proporcionan dos quemadores contrapuestos, a fuel oil, que trabajan por inyección en ellos de la mezcla de aire y combustible. Los quemadores son del tipo de regulación manual lo que permite graduar la llama y la entrada de aire en las distintas fases de la cocción.

Hemos tratado en este trabajo de someter el mayor número de cilindros de ensayo en la misma cocción, a fin de uniformar el proceso y poder hacer comparaciones sobre la misma base de trabajo

en idénticas condiciones. El régimen del horno fué observado cuidadosamente para "quemar" los otros ensayos en las mismas condiciones, ya que se debe aclarar que según el tipo de carga, varía el régimen de trabajo del horno en cuanto a llama, temperatura, etc.

La primera tanda de ensayos fué realizada con la arcilla N°1 de Neuquén, sin otra especificación de origen y por duplicado. Como los resultados obtenidos con estas dos muestras fueron concordantes, las demás muestras solo se hicieron en un solo cilindro. Las cocciones de los cilindros correspondientes a las ocho arcillas restantes se realizó en otras dos "quemadas" del horno, ambas en las mismas condiciones que la primera.

CAPITULO VII— Se hace un extenso análisis crítico de los resultados obtenidos, tanto desde el punto comparativo entre las diversas mezclas de arcillas con cada uno de los feldespatos (55 mezclas en total) como desde el punto de vista de sus relaciones con los resultados de los análisis químicos y de los datos obtenidos en los ensayos de rigidez dieléctrica y de absorción, llegándose al final a las siguientes conclusiones.

RIGIDEZ DIELECTRICA.

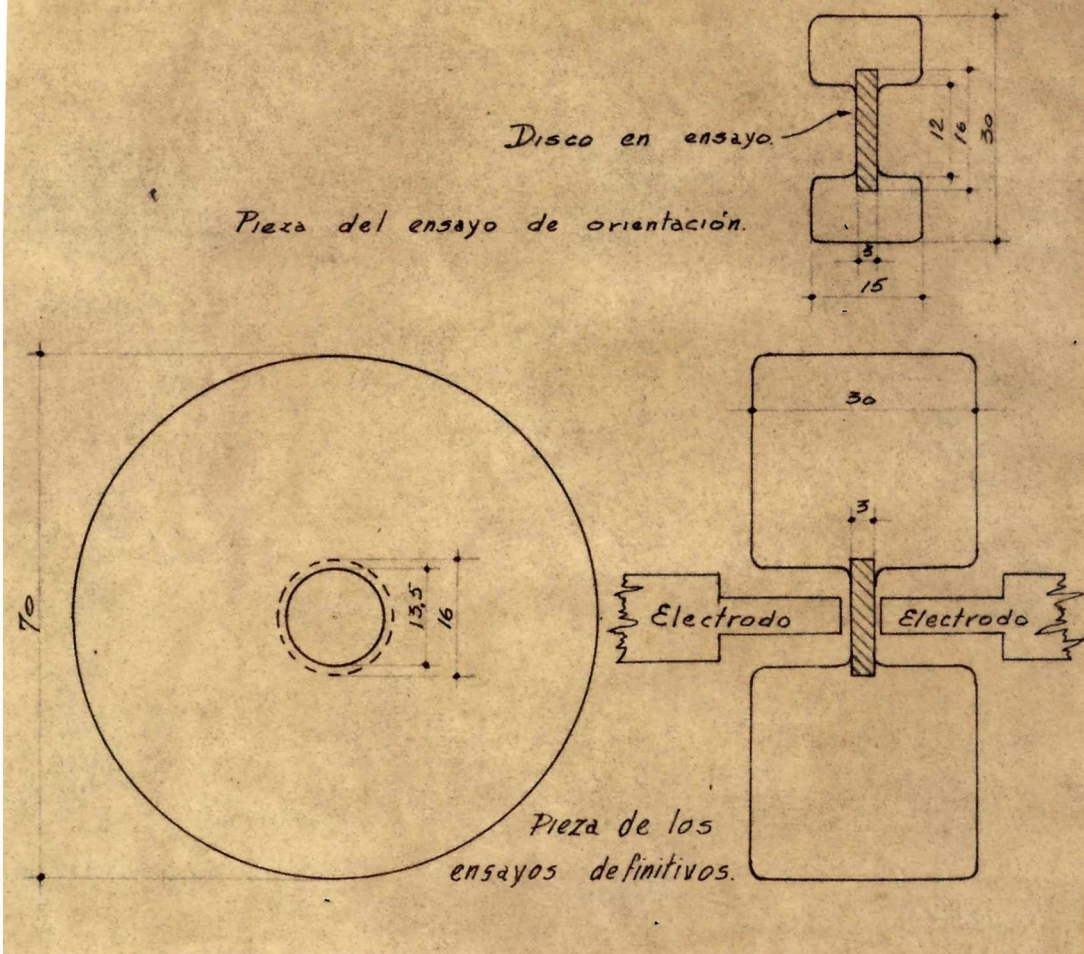
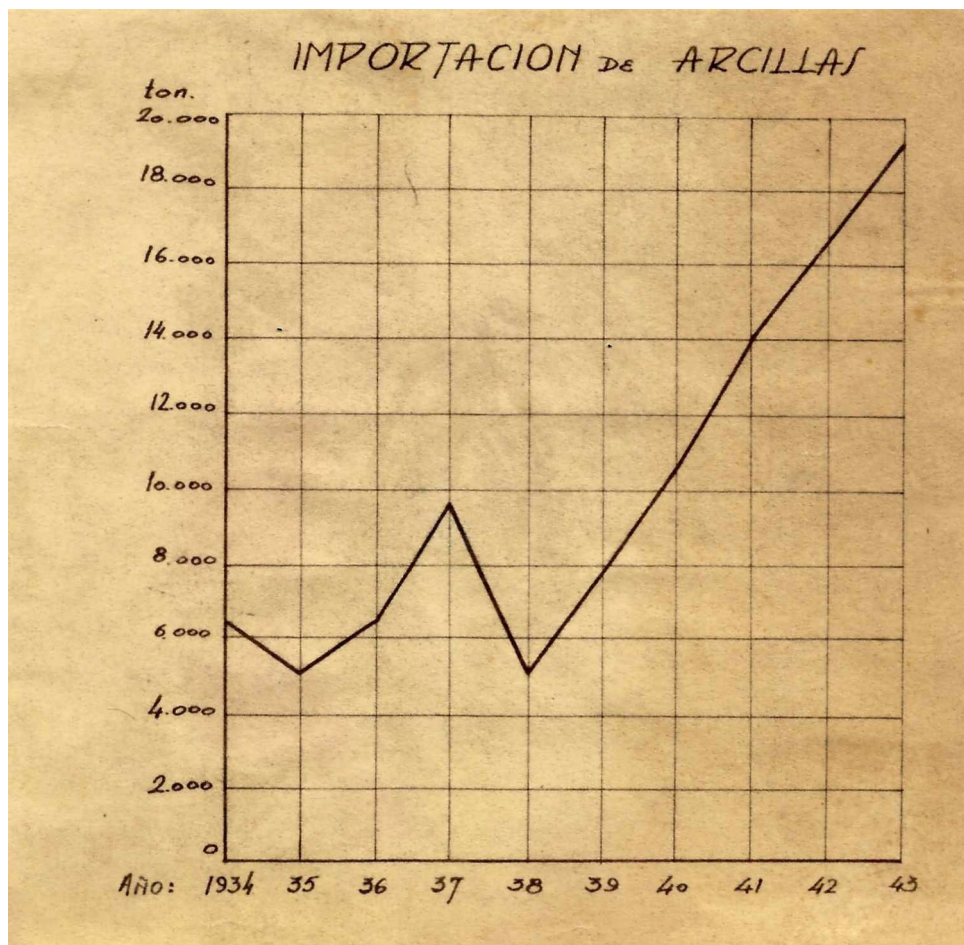
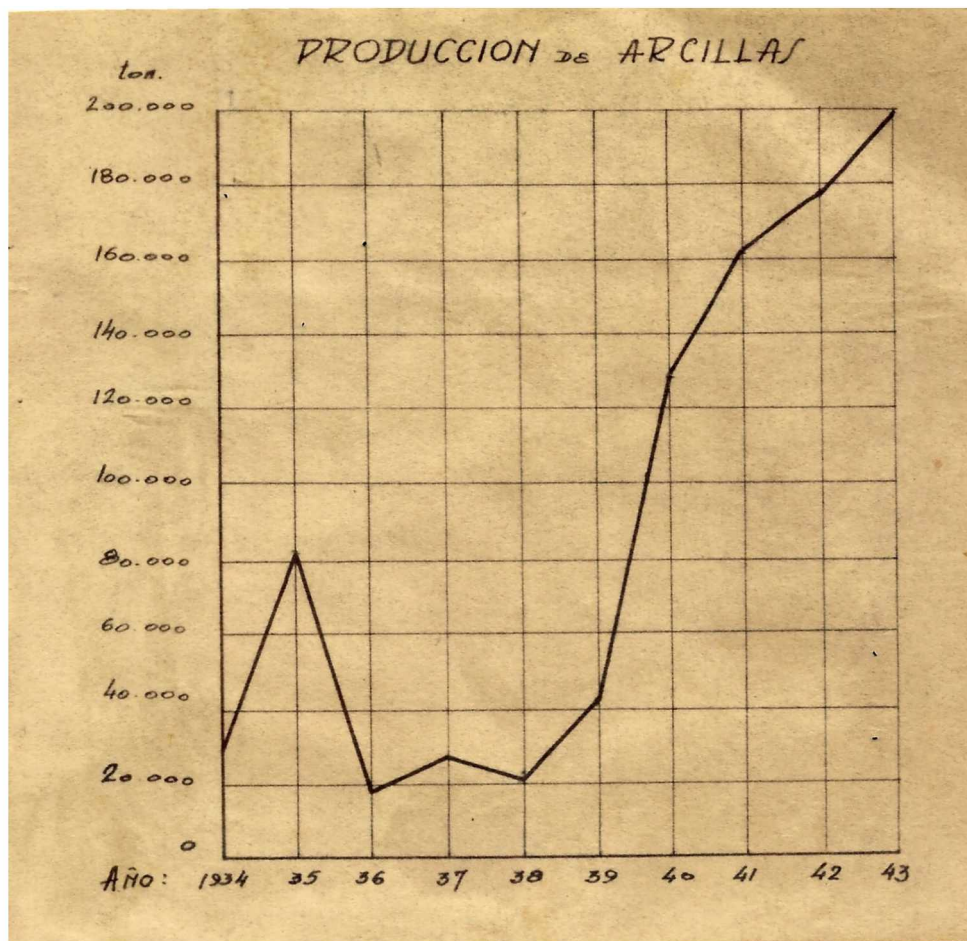
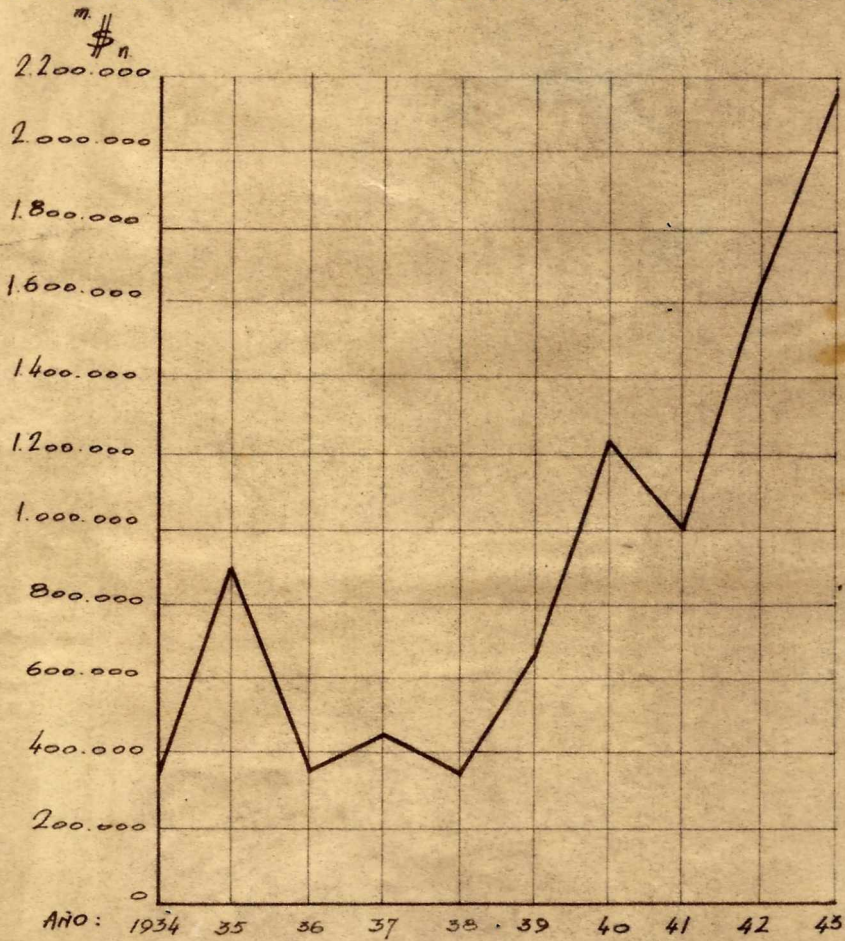


Fig 1



VALOR DE LA PRODUCCION DE ARCILLAS



CONCLUSIONES

- 1°) sería muy beneficioso promover internacionalmente una clasificación racional y detallada para todos los tipos de materiales cerámicos que se conocen, ya sea general o individual para cada material de uso específico.
- 2°) Un estudio sistematizado y orgánico de nuestros cuarzos, feldespatos y arcillas, reportaría ingentes beneficios para nuestra industria cerámica.
- 3°) Salvo detalles parciales, como el contenido en óxido férrico en las arcillas en relación con el color de las piezas terminadas; o un desmesurado exceso de hierro o pérdida a 900°C en feldespatos, en relación a su comportamiento en las mezclas, el análisis químico de los materiales que integran las pastas para producir cerámica de sección gruesa, no permite predecir el comportamiento de dichas pastas sometidas a la cocción.
- 4°) La prueba C-2 de las especificaciones A S T M para materiales no metálicos en general, aplicada a las mezclas cerámicas, presenta innumerables posibilidades en cuanto se practique variando los factores de la mezcla y del trabajo en el horno; ello permite:
 - a) Relacionar los datos que proporciona la prueba C-2 con los análisis químicos; y aún, por su rapidez, adelantarse a los datos que ellos puedan proporcionar.

b) Realizada simultaneamente con el análisis químico, la prueba C-2 por su mayor rapidez, permite suspender temporalmente o definitivamente la terminación del análisis o de otros ensayos.

- 5°) La prueba C-2 realizada aisladamente proporciona un margen de información más amplio y más práctico que las conclusiones que pueden extraerse del análisis químico.
- 6°) Para la estimación de las contracciones lineales y volumétricas, datos esenciales en la fabricación de cerámica eléctrica de sección gruesa, la prueba C-2 es insustituible.
- 7°) La prueba de rigidez dieléctrica es de valor máximo en este tipo de fabricación; ella permite valorar o desechar, con poco trabajo y con rapidez, las condiciones de una mezcla o pasta. Realizada simultaneamente con la prueba de contracción volumétrica, permite sentar conclusiones casi definitivas sobre el valor de uno o varios de los materiales que integran una pasta, con exclusión de otras pruebas.
- 8°) La prueba de porosidad, como complementaria de la C-2 y de la rigidez dieléctrica, proporciona un contralor de esta última de mucho valor para piezas destinadas a servicios a la intemperie.
- 9°) En general, las arcillas que provee el mercado industrial, para la fabricación de porcelanas eléctricas de sección gruesa, son adecuadas para tal uso, dependiendo ello en buena parte de los feldespatos y cuarzos que se empleen para

las pastas y en especial del régimen que se establezca para el trabajo en el horno.

- 10º) Dada la enorme variedad de materiales para la cerámica industrial que posee la República Argentina y la gran importancia que tiene esta industria para la economía general del país, sería altamente beneficioso que el Estado, por sí, o por medio de la Universidad, crease un Instituto de Investigación de Materiales Cerámicos, con un correspondiente y apropiado equipo de técnicos, para realizar un estudio completo, estadístico y científico, sobre los yacimientos y perspectivas de dichos materiales.

Origen de las muestras: De acuerdo a la constancia dada por el proveedor y la de algunas muestras que conseguimos directamente, las 19 muestras analizadas tienen el siguiente origen:

- Muestra No. 1 - Arcilla de Neuquén, sin otra especificación
 " No. 3 - Arcilla de Neuquén, pozo No. 6 Barba negra.
 " No. 4 - Arcilla de Zapala, Neuquén, pozo No. 16
 " No. 5 - Arcilla de Puma-huaci
 " No. 8 - Arcilla de Chapadmalal, Prov. de Buenos Aires.
 " No. 9 - Neuquén, pozo No. 9, Bardanegra
 " No. 10 - Arcilla de Santa Cruz, La Araucana (Tincor)
 " No. 11 - Arcilla de Zapala, Neuquén, pozo No. 17
 " No. 15 - Arcilla sin referencia de origen.
 " No. 2 - Caolín de La Rioja
 " No. 7 - Caolín de Piedra Grande, Trelew, Chubut
 " No. 6 - Feldespato del S.O. de Córdoba
 " No. 12 - Feldespato de La Toma, San Luis
 " No. 16 - Feldespato del S.O. de Córdoba
 " No. 17 - Feldespato de La Toma, San Luis
 " No. 19 - Feldespato de Lereña, San Luis
 " No. 13 - Cuarzo de La Toma, San Luis - Resultó tener feldespato
 " No. 14 - cuarzo de Trelew, Chubut - Resultó ser un yeso
 " No. 18 - Cuarzo de La Toma, San Luis - Buena Calidad.

FELDSPATOS-RELACIONES - Na_2O - K_2O

Muestra No. 6	=	1: 2,65
Muestra No. 12	=	1: 3,38
Muestra No. 16	=	1: 2,93
Muestra No. 17	=	1: 4,15
Muestra No. 19	=	1: 3,19

CUARZOS

	Pérdida	Pérdida										Pérdidas
	a 110°C.	a 300°C.										y ND
			SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	
Muestra 13	V	1.92	84.28	—	V	V	12.59	V	0.25	0.53	0.25	0.18
Muestra 14	15.37	5.49	6.16	41.39	0.11	0.20	2.26	28.82	V	(1)	(1)	0.20
Muestra 18	0	0.11	99.44	0	0	0.14	0.08	0	0	0.11		0.12

Muestra 13 - Resulta ser cuarzo impurificado o feldespato - se desecha.

Muestra 14 - Resulta ser un yeso ; (1) el Na₂O y K₂O no fueron dosados - Se rechaza.

Muestra 18 - Cuarzo muy blanco; tiene 0.16 % menos de SiO₂ que lo especificado para el trabajo de cerámica y algo más de Fe₂O₃ (0.14 %) en lugar de 0.10, pero puede considerarse de buena calidad. El Na₂O y K₂O, fueron determinados conjuntamente.--

FELDSPATOS

Pérdida a 110°C	Pérdida a 900°C	SiO ₂	SO ₃	ThO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	I ₂ O	Pérdidas y ND.
Muestra 6	0,11	67,48	-	V	0,11	20,12	0,19	V	3,13	8,30	0,12
Muestra 12	V	66,09	-	V	V	19,97	V	0,85	2,84	9,59	0,22
Muestra 16	-	65,33	-	-	0,19	21,00	0,36	0,19	3,08	9,01	0,27
Muestra 17	0,23	66,74	-	V	0,08	22,18	0,44	-	1,91	7,93	0,13
Muestra 19	-	67,08	-	-	0,06	24,02	0,08	V	1,82	5,80	0,15

Muestra 16 - Clasificación 65 del Bureau of Standards. M.A. Los demás clasificación 67, según el contenido en SiO₂.

En cuanto a la relación K₂O - Na₂O, las muestras 12, 17, y 19, caen en la clasificación No. 41, mientras que las No. 6 y 16, quedan en la clasificación mas baja, La No. 31. En cuanto a la muestra No. 19, por su elevado contenido en Al₂O₃, bajo contenido en álcalis y elevada pérdida a 900°C, parecería estar im purificado con arcilla, en pequeña cantidad.

ARCILLAS

	Pérdida a 110°C	Pérdida a 900°C.	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn ₂ O	K ₂ O	Pérdidas y HD
Muestra 1	1.52	11.24	52.63	-	0.34	2.81	28.89	0.42	1.95	V	V	0.20
Muestra 3	2.31	10.22	59.91	-	0.18	1.97	24.83	0.17	0.26	V	V	0.15
Muestra 4	2.87	6.18	62.98	0.10	0.23	3.59	21.73	V	0.75	0.39	1.05	0.13
Muestra 5	3.61	9.94	50.42	-	0.27	5.36	27.26	0.71	0.19	1.65	0.42	0.17
Muestra 8	0.95	7.05	63.52	-	0.93	0.28	26.15	0.13	0.09	0.36	0.28	0.26
Muestra 9	3.20	8.51	56.75	0.27	0.85	0.64	28.98	0.08	0.10	0.12	0.42	0.08
Muestra 10	1.22	8.69	65.98	-	0.32	0.81	22.64	0.18	V	V	V	0.16
Muestra 11	0.99	7.52	64.78	-	0.69	0.22	25.33	0.08	0.06	V	0.24	0.09
Muestra 15	1.89	6.33	63.43	-	0.38	V	23.91	V	0.88	0.52	2.32	0.34

CAOLINES

	Pérdida Pérdida		SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	H ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	Pérdidas y ND
	a 110°C	a 900°C										
Muestra 2	1,44	1,03	79,42	-	V	0,75	15,04	V	0,22	0,39	1,64	0,07
Muestra 7	0,80	1,73	76,18	-	0,12	0,51	20,11	0,19	0,13	V	0,10	0,13

PLANILLA No. 2.

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mezcla	Secado al aire			Secado en estufa 110°C.			Material cocinado		
	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %
1-6-18	2,98	2,50	13,50	2,98	2,50	14,88	8,96	11,00	19,35
1-6-18	2,98	3,16	13,84	2,98	2,63	14,54	8,96	11,05	19,56
1-12-18	2,98	1,56	14,96	2,98	2,60	17,34	10,45	9,89	20,95
1-12-18	2,98	1,58	14,69	2,98	1,58	14,74	10,45	10,00	20,82
1-16-18	2,98	1,98	15,14	2,98	2,48	15,79	(2)	(2)	(2)
1-16-18	2,98	4,79	15,38	2,98	4,79	16,58	10,45	13,30	21,51
1-17-18	2,98	3,02	14,90	2,98	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
1-17-18	2,98	4,55	15,94	2,98	4,55	16,78	7,46	10,80	20,57
1-19-18	2,98	6,70	22,75	2,98	6,70	25,86	16,42	18,56	33,02
1-19-18	2,98	4,95	23,06	2,98	4,95	25,79	16,42	16,83	33,33

(1) Caída del cilindro, rotura en 2 partes

(2) Rotura en 2 partes al enfriarse

PLANILLA No. 3.

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Mezcla	Volumen inicial mm3.	Secado al aire Contracción vol. %	Secado estufa 110°C Contracción vol. %	Coccionado Contraacc. vol. %	Promedio de ambas muestras cocciona- das %
1-6-18	11.017	8,25	8,25	26,23)	
1-6-18	10.466	8,62	8,36	26,27)	26,25
1-12-18	10.577	7,35	8,33	27,74)	
1-12-18	10.466	7,35	7,37	27,82)	27,78
1-16-18	11.127	7,74	8,38	(2))	
1-16-18	10.356	10.39	10.39	30.47)	30,47
1-17-18	10.962	8,72	(1)	(1))	
1-17-18	9.695	10.16	10.16	23,61)	23,61
1-19-18	10.687	12.19	12.19	43,10)	
1-19-18	11.127	10.54	10.54	41.90)	42.50

(1) Caída del cilindro, rotura en 2 partes.

(2) Rotura en 2 partes al enfriarse.

PLANILLA No. 5a

FORCIBIDOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Muestra	Secado al aire			Secado en estufa 110° C.			Material cocido		
	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %
3-6-18	2,98	2,05	12,73	2,98	2,05	14,54	7,46	8,72	19,52
3-12-18	2,98	2,1	14,71	2,98	2,69	16,46	8,96	9,14	21,20
3-16-18	2,98	2,38	14,48	2,98	2,38	16,14	10,45	10,71	21,00
3-17-18	2,98	1,92	14,08	2,98	1,92	16,52	8,96	9,61	21,39
3-19-18	2,98	3,21	14,69	2,98	5,35	18,16	8,96	11,76	26,49

PLANTILLA No. 6

Muestra	Volumen inicial mm ³	Secado al aire		Secado estufa 110°C.		Coccionado	
		Contracción vol. %		Contracción vol. %		Contracción vol. %	
3-6-18	10.742	7.82	7.84			21.83	
3-12-18	10.246	7.90	8.40			24.69	
3-16-18	9.255	8.12	8.12			28.39	
3-17-18	11.458	7.68	7.68			25.07	
3-19-18	10.301	8.80	9.91			26.85	

PLANTILLA No. 8

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Muestra	Secado al aire			Secado en estufa 110°C			Material coaccionado		
	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %
4-6-18	2,98	4,66	18,01	2,98	4,66	19,25	7,46	8,81	21,99
4-12-18	2,98	2,34	14,39	2,98	2,34	15,65	7,46	6,54	18,36
4-16-18	2,98	2,60	14,22	2,98	2,60	15,58	7,46	7,29	18,44
4-17-18	2,98	2,63	14,07	2,98	2,63	15,53	7,46	6,32	18,31
4-19-18	2,98	2,96	14,19	2,98	4,93	17,35	10,45	12,81	23,62

PLANILLA No. 2

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Mezcla	Volumen inicial mm ³ .	Secado al aire		Secado estufa 110°C.		Coccionado	
		Contracción vol. %		Contracción vol. %		Contracción vol. %	
4-6-18	10.632	10.27	10.27	10.27	21.91		
4-12-18	11.789	9.30	9.30	9.30	19.96		
4-16-18	10.577	8.33	8.33	8.33	20.61		
4-17-18	10.467	8.36	8.36	8.36	19.77		
4-19-18	11.183	8.67	8.67	10.53	30.08		

PLANILLA No. 11

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mezcla	Secado al aire			Secado en estufa 110°C.			Material coccionado		
	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %
5-6-18	2,98	2,84	14,25	2,98	3,32	15,91	7,46	10,90	20,04
5-12-18	2,98	4,33	14,17	2,98	4,33	15,83	8,96	11,54	20,11
5-16-18	2,98	3,09	13,68	2,98	3,09	15,36	8,96	10,31	19,55
5-17-18	2,98	2,43	13,84	2,98	2,43	15,50	7,46	11,65	19,68
5-19-18	2,98	3,01	13,45	2,98	3,01	16,68	8,96	6,63	21,64

PLANILLA No. 12.

POBLIENOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Muestra	Volumen inicial mm3	Secado al aire		Secado estufa 110°C.		Coccionado	
		Contracción vol. %		Contracción vol. %		Contracción vol. %	
5-6-18	11.623	8,52		8,97		23,67	
5-12-18	11.458	9,95		9,95		26,67	
5-16-18	10.607	8,79		8,79		25,65	
5-17-18	11.348	8,24		8,24		24,33	
5-19-18	9.145	8,72		8,72		22,60	

.

PLANTILLA No. 14.

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Muestra	Secado al aire			Secado en estufa 110°C			Material coccionado		
	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %
8-6-18	2,98	1,98	14,67	2,98	2,97	15,39	5,97	9,91	18,56
8-12-18	2,98	1,49	15,59	2,98	1,98	16,56	7,46	8,42	19,73
8-16-18	2,98	2,85	16,70	2,98	5,16	17,22	7,46	9,30	20,26
8-17-18	2,98	2,34	14,70	2,98	2,34	15,38	7,46	10,28	18,47
8-19-18	2,98	2,88	14,16	2,98	2,88	16,56	10,45	10,58	23,19

PLANTILLA No. 15

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Muestra	Volumen inicial mm ³ .	Secado al aire		Secado estufa 110°C.	
		Contracción vol. %		Contracción vol. %	
8-6-18	11.128	7,70	8,63	20,35	
8-12-18	11.128	7,24	7,70	21,58	
8-16-18	11.965	8,56	10,73	22,32	
8-17-18	11.789	8,10	8,10	23,19	
8-19-18	11.458	8,63	8,63	28,29	

PLANTILLA No. 17

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Muestra	Secado al aire			Secado en estufa 110°C			Material coccionado		
	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %
9-6-18	2,98	4,59	14,71	2,98	4,59	16,41	7,46	7,65	19,29
9-12-18	2,98	3,96	13,78	2,98	4,46	15,64	5,97	7,43	19,03
9-16-18	2,98	2,69	14,44	2,98	3,23	16,06	7,46	2,69 *	19,58
9-17-18	2,98	3,61	13,76	2,98	4,12	15,46	4,48	2,06 *	19,24
9-19-18	2,98	4,20	13,56	2,98	4,20	17,38	8,96	9,58	24,68

PLANILLA No. 18

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Muestra	Volumen inicial mm ³ .	Secado al aire Contracción vol. %	Secado estufa 110°C. Contracción vol. %	Coccionado Contracción vol. %
9-16-18	10.797	10.20	10.20	20.92
9-12-18	11.128	9.57	10.03	18.45
9-16-18	10.246	8.40	8.91	16.77
9-17-18	10.687	9.06	9.75	10.63
9-19-18	10.235	9.84	9.86	25.04

PLANILLA No. 20

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mezcla	Secado al aire				Secado en estufa 110°c.				Material coccionado			
	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Díam. %	Altura %	Peso %	Peso %
10-6-18	2,98	1,42	14,89	2,98	1,89	15,76	7,46	8,96	19,21			
10-12-18	2,98	1,43	14,81	2,98	1,43	15,85	8,96	9,52	19,28			
10-16-18	2,98	1,03	15,19	2,98	1,53	16,01	8,96	10,77	19,44			
10-17-18	2,98	2,84	15,38	2,98	2,84	17,53	7,46	9,95	20,86			
10-19-18	2,98	2,60	16,90	2,98	2,60	19,88	8,96	10,42	26,66			

PLANILLA No. 21

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Muestra	Volumen inicial mm ³ .	Secado al aire		Secado estufa 110°C.	
		Contracción vol. %		Contracción vol. %	
10-6-18	11.679	7,23		9,66	22,06
10-12-18	11.568	7,23		7,23	25,01
10-16-18	11.623	6,85		7,67	26,03
10-17-18	10.577	8,52		8,52	22,88
10-19-18	11.568 ₆	8,33		8,33	25,75

PLANILLA No. 23

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mezcla	Secado al aire			Secada en estufa 110°C			Material coccionado		
	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %
11-6-18	2,98	4,29	14,84	2,98	4,29	15,76	7,46	10,48	19,17
11-12-18	2,98	1,99	14,78	2,98	2,49	15,57	8,96	9,95	19,11
11-16-18	5,96*	2,74	18,15	5,96*	4,25	18,99	14,93*	11,85	22,81
11-17-18	2,98	1,76	11,96	2,98	1,23	16,92	8,96	10,07	18,69
11-19-18	2,98	2,12	13,87	2,98	2,12	16,50	8,96	6,88	24,07

PLANILLA No. 24.

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Mezcla	Volumen inicial cm3.	Secado al aire Contracción vol. %	Secado estufa 110° C. Contracción vol. %	Cedcionado Contracco. vol. %
11-6-18	11.568	9.92	9.92	23.35
11-12-18	11.073	7.75	8.22	25.35
11-16-18	10.874	13.97	15.34	36.20
11-17-18	11.271	7.56	8.95	25.49
11-19-18	10.412	7.87	7.87	22.81

PLANILLA No.26

POCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mezcla	Secado al aire			Secado en estufa 110°C			Material coccionado		
	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %	Díam. %	Altura %	Peso %
15-6-18	2,98	2,65	13,10	2,98	3,50	14,39	0 /	+0,77 /	17,34
15-12-18	2,98	2,58	14,01	2,98	3,12	15,28	1,49	8,50	19,34
15-16-18	2,98	3,37	14,44	2,98	3,37	15,62	1,49	+3,35 /	18,52
15-17-18	2,98	3,18	14,27	2,98	3,18	15,54	1,49	1,64*	18,38
15-19-18	2,98	2,42	13,44	2,98	2,42	16,53	10,45*	11,25	23,20

PLANILLA No. 27

POCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Mescla	Volumen inicial mm ³ .	Secado al aire Contracción vol. %	Secado estufa 110°C. Contracción vol. %	Coccionado Contracco. vol. %
15-6-18	22.902	8,40	9,19	+0,77
15-12-18	10.235	8,31	8,82	11.21
15-16-18	9.806	9,05	9,05	+0,31
15-17-18	10.753	8,87	8,87	4,55
15-19-18	11.855	8,14	8,14	28,81

PLANILLA No. 29

PORCIENTOS DE CONTRACCION LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mozola	Secado al aire			Secado en estufa a 110°C			Muestra coccionada		
	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %	Diám. %	Altura %	Peso %
2-6-18	0	2,11	18,37	0	2,63	18,60	5,96	8,95	20,59
2-12-18	0	0,51	18,04	0	2,04	18,04	7,46	0 /	20,63
2-16-18	0	0,95	16,23	0	1,55	16,33	5,96	8,71	18,39
2-17-18	0	0,45	15,63	0	2,71	15,92	4,47	4,98	18,03
2-19-18	2,98	4,64	18,61	7,46	4,64	20,29	11,94	15,24	26,28

PLANILLA No. 30

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Muestra	Volumen inicial mm ³ .	Secado al aire		Secado estufa 110°C.	
		Contracción vol. %	%	Contracción vol. %	Contracción vol. %
2-6-18	10.467	2.11		2.63	19.49
2-12-18	10.797	0.51		2.04	14.36
2-16-18	9.233	0.95		1.56	19.29
2-17-18	9.739	0.45		2.71	13.29
2-19-18	10.918	10.25		18.34	34.81

PLANCHILLA No. 32

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES LINEALES Y PERDIDA DE PESO

Mezcla	Secado al aire			Secado en estufa 110°C			Material coccionado		
	Dím. %	Altura %	Peso %	Dím. %	Altura %	Peso %	Dím. %	Altura %	Peso %
7-6-18	1.49	1.62	16.21	2.98	1.62	16.96	8.96	10.69	19.49
7-12-18	1.49	3.26	15.68	1.49	3.26	16.61	7.46	9.30	19.26
7-16-18	1.49	3.95	14.98	1.49	3.95	15.93	8.96	9.66	18.57
7-17-18	1.49	2.85	15.29	2.98	3.87	16.48	8.96	8.44	19.13
7-19-18	1.49	2.13	16.37	2.98	2.13	18.31	10.45	9.57	24.43

PLANILLA No. 33.

PORCIENTOS DE CONTRACCIONES VOLUMETRICAS

Muestra	Volumen inicial mm ³	Secado al aire		Secado estufa 110°C	
		Contracción vol. %		Contracción vol. %	Condicionado Contracción vol. %
7-6-18	11.535	4.57		7.44	27.65
7-12-18	11.844	3.76		3.76	22.33
7-16-18	10.610	6.79		6.79	25.11
7-17-18	10.830	5.72		9.52	24.11
7-19-18	10.357	5.03		7.88	22.58

Planilla No. 34

RIOIBEZ DIELECTRICA

No.	Muestra	Epesor mm.	Kilo voltios	Voltios/ mm.	Kv/"mil"	Observaciones
I	1-6-18	4,80	12,5	2.604	66,15	Resultados concordantes
I	1-6-18	4,29	11,0	2.619	66,52	
II	1-12-18	4,00	12,0	3.000	76,20	id. id.
II	1-12-18	4,55	13,5	2.967	75,36	
III	1-16-18	4,10	12,5	3.049	77,44	
III	1-16-18	-	-	-	-	
IV	1-17-18	3,80	10,5	2.763	70,18	
IV	1-17-18	3,80	10,0	2.632	66,84	id. id.
IV	1-17-18	4,95	13,5	2.727	69,27	
V	1-19-18	4,70	6,5	1.383	35,13	
V	1-19-18	4,10	6,0	1.463	37,17	id. id.
V	1-19-18	4,10	5,5	1.342	34,07	F.rebaja las propiedades de A.
6	3-5-18	3,00	6,0	2.000	50,80	
7	3-12-18	3,40	6,5	1.912	48,56	
8	3-16-18	3,5	7,0	2.295	58,29	A y F. se complementan
9	3-17-18	3,75	7,0	1.867	47,41	
10	3-19-18	2,85	5,0	1.754	44,15	F. rebaja propiedades de A.
11	4-6-18	3,05	19,0	6.230	158,20	A y F. se complen. y exaleprop.
12	4-12-18	3,15	9,0	2.857	72,57	
13	4-16-18	4,25	14,5	3.412	86,66	F.exalta, algo las prop.de A.
14	4-17-18	4,50	8,5	1.889	47,98	F.rebaja propiedades de A.
15	4-19-18	3,25	6,0	1.846	46,89	F.rebaja propiedades de A.
16	5-6-18	3,60	12,5	3.472	88,19	
17	5-12-18	4,10	14,0	3.415	86,73	
18	5-16-18	4,60	13,5	2.935	74,54	F.rebaja propiedades de A.
19	5-17-18	5,75	17,0	2.957	75,09	F.rebaja propiedades de A.
20	5-19-18	4,35	6,5	1.494	37,95	F.casi anula propiedades de A.
21	8-6-18	3,65	9,0	2.466	62,63	
22	8-12-18	3,50	6,0	1.714	43,54	F.rebaja propiedades de A.
23	8-16-18	5,20	6,0	1.154	29,31	F. casi anula propied. de A.
24	8-17-18	4,65	13,5	2.903	73,74	
25	8-19-18	3,05	6,0	1.967	50,00	F.rebaja propiedades de A.
25	8-19-18	4,00	7,0	1.750	44,45	F.rebaja propiedades de A.

Planilla No. 34 (Conte.)

No.	Muestra	Espesor mm.	Kilo vol tios	Voltios/ mm.	Kv/"mil"	Observaciones
26	9-6-18	4,20	13,0	3.095	78,69	
27	9-12-18	4,20	13,5	3.214	81,64	
28	9-16-18	4,65	12,5	2.688	68,28	F.rebaja propiedades de A.
41	9-17-18	4,10	5,0	1.220	30,88	F.casi anula " de A.
42	9-19-18	3,15	5,0	1.587	40,32	
29	10-6-18	3,70	8,5	2.297	58,35	
30	10-12-18	2,75	6,0	2.182	55,42	
31	10-16-18	3,70	10,0	2.703	68,65	F.exalta algo props. de A.
32	10-17-18	3,25	8,0	2.462	62,52	
33	10-19-18	4,00	13,0	3.250	82,55	F.exalta propiedades de A.
34	11-6-18	3,35	7,5	2.239	56,87	
35	11-12-18	4,10	13,5	3.293	83,63	F.exalta algo props. de A.
43	11-16-18	3,30	5,0	1.515	38,48	F.casi anula props. de A.
44	11-17-18	3,40	9,0	2.647	67,23	
45	11-19-18	3,50	6,0	1.714	43,54	F.casi anula props. de A.
46	15-6-18	3,70	7,0	1.892	48,05	F.rebaja las propiedades de A.
47	15-12-18	4,70	10,5	2.234	56,74	
48	15-16-18	4,45	12,0	2.694	68,49	F.exalta algo las props. de A.
49	15-17-18	5,65	7,0	1.239	31,47	F.casi anula props. de A.
50	15-19-18	4,50	9,0	2.000	50,80	F. rebaja algo las propiedades
36	2-18-6	4,80	12,5	2.604	66,15	
37	2-12-18	4,10	13,0	3.171	80,54	F.exalta algo las props. de C.
38	2-16-18	4,15	8,0	1.928	48,96	F.rebaja las props. de C.
39	2-17-18	5,90	15,0	2.542	64,58	
40	2-19-18	3,30	8,5	2.576	65,42	
51	7-6-18	3,65	24,5	6.712	170,50	F.exalta las props. de C.
52	7-12-18	3,65	17,0	4.658	118,30	F. " algo " " de C.
53	7-16-18	4,15	10,0	2.410	61,20	F.disminuye las props. de C.
54	7-17-18	4,90	25,0	5,102	129,60	F.exalta algo " " C.
55	7-19-18	3,25	8,0	2.462	62,52	F.disminuye las props. de C.

PLANTILLA No. 35

ABSORCION DE AGUA

Muestra	Absorción %	Muestra	Absorción %
1-6-18	0	9-6-18	0
1-6-18	0	9-12-18	0
1-12-18	0	9-16-18	0
1-12-18	0	9-17-18	2,80
1-16-18	0,07	9-19-18	1,64
1-16-18	-		
1-17-18	0	10-6-18	0
1-17-18	-	10-12-18	0,16
1-19-18	0,1	10-16-18	0
1-19-18	0,16	10-17-18	0
		10-19-18	0
3-6-18	0		
3-12-18	0	11-6-18	0
3-16-18	0	11-12-18	0
3-17-18	0	11-16-18	0
3-19-18	0,15	11-17-18	0,40
		11-19-18	1,37
4-6-18	0		
4-12-18	0	15-6-18	0
4-16-18	0	15-12-18	0,11
4-17-18	0,57	15-16-18	0
4-19-18	0,22	15-17-18	1,42
		15-19-18	0,69
5-6-18	0,04		
5-12-18	0	2-6-18	0
5-16-18	1,04	2-12-18	0
5-17-18	0,32	2-16-18	0,09
5-19-18	0,73	2-17-18	0,05
		2-19-18	0,05
8-6-18	0,09		
8-12-18	0,27	7-6-18	0
8-16-18	0,06	7-12-18	0
8-17-18	0	7-16-18	0,08
8-19-18	1,14	7-19-18	0,41
		7-17-18	0