

Prospección de arcillas cerámicas en la campiña de Córdoba (España)

A. DAZA SÁNCHEZ¹ Y J. AYUSO MUÑOZ²

¹Área de Ingeniería del Terreno. EUP de Belmez. Universidad de Córdoba.

²Área de Ingeniería de la Construcción. ETSIAM de Córdoba. Universidad de Córdoba.

El presente trabajo trata de la exploración de arcillas con baja proporción de calcita, en el sur de la provincia de Córdoba, para suministrar materias primas a la fabricación de bloques y productos cerámicos. Para la caracterización del subsuelo se han planificado tres zonas de trabajo de 4 km² cada una, en las que se han aplicado métodos geofísicos basados en perfiles de Tomografía Eléctrica y Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). En muestras de cada zona se han realizado análisis mineralógicos de difracción de rayos-X (DRX), análisis químico por energías dispersivas de rayos-X (EDAX), ensayos de plasticidad, corte directo, compactación, hinchamiento y capacidad portante, molienda, secado y cocción. Se ha conseguido descubrir, en estas zonas, las áreas de interés para la explotación de materias primas, y con los resultados de esta prospección pueden estudiarse nuevos yacimientos de arcilla cerámica.

Palabras clave: Materias primas, Arcillas, Conductividad, Tomografía eléctrica, Prospección.

Exploration of ceramic clays in the countryside of Córdoba (Spain)

This paper deals with some aspects of the mining prospection of clays in the South of Córdoba (Spain). That studied clays are used as raw materials in a processing plant of ceramic products. In this ground characterisation for future mining operations, low proportion of carbonated materials was searched. To carry out the study, three seek areas were defined, each one of them of about 4 Km², where two geophysical methods were applied (Electrical Resistivity Tomography and Vertical Electrical Sounding). X-ray diffraction, EDAX, direct cut, compaction, swelling and bearing capacity tests, among others, were carried out in samples picked up in each seek area. Using the information provided by all these tests the most interesting areas for the exploitation defined. These studies resulted in the selection of new interesting deposits for the clay industry.

Keywords: Raw materials, Clays, Conductivity, Electrical Tomography, Prospection.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

El sur de la provincia de Córdoba está conformado por la depresión del Guadalquivir y las cordilleras Béticas, que son el extremo occidental de las cordilleras alpinas europeas. Los afloramientos más antiguos corresponden al sistema Triásico, que ha sufrido fenómenos tectónicos de escala continental durante el Mesozoico y el Cenozoico (1) (2). En el sistema Neógeno se forma la depresión del Guadalquivir o campiña de Córdoba, del Mioceno superior, con margas de carácter marino, originada por el hundimiento debido a la falla del Guadalquivir y a la distensión post-tectónica con la transgresión marina. Durante el Plioceno la campiña de Córdoba experimenta el proceso de emersión.

En los pisos Burdigaliense-Tortonense del Mioceno se sedimentan las margas blancas que están en la serie estratigráfica a techo de los materiales del sistema Triásico, en contacto discordante, y constituyen un grupo litológico muy homogéneo y extendido por las hojas geológicas de Montilla y Puente Genil (2). Directamente encima de las margas blancas se disponen las margas azules del Tortonense superior, de gran continuidad horizontal, con intercalaciones limo-arenosas y arenas silíceas con abundantes nódulos de

calcita. Después de la sedimentación marina el ambiente es reductor, los depósitos se modifican debido al dióxido de carbono presente en los intersticios, que con el agua disuelve parte del carbonato cálcico. Más tarde, con la compactación de las margas, se inicia la expulsión del líquido, apareciendo el mecanismo de crecimiento de la estructura cristalina de estos nódulos por precipitación, cementando dentro de la porosidad intrínseca del sedimento (4). Además las margas presentan una granulometría fina de carbonato cálcico y en estos climas áridos se produce su lavado y el precipitado posterior de concreciones, que se realiza en la zona superficial y disminuye en profundidad.

El objetivo de este trabajo ha sido realizar la exploración de materia prima arcillosa, con poca calcita, en la campiña de Córdoba para la fabricación de bloques de material cerámico, poroso, ligero y resistente. Para ello se ha realizado en el sur de la provincia de Córdoba una clasificación del terreno con ensayos tecnológicos en tres zonas, de 4 km² cada una, seleccionadas con el apoyo de las hojas del Mapa Geológico de España (MAGNA) de Puente Genil y Montilla (2). Estas zonas son: "suroeste de Aguilar", "oeste de Moriles"

y “norte de Puente Genil”, en las tres áreas de trabajo se han establecido diversas estaciones de muestreo de campo; también se aplican métodos geofísicos de campo artificial como Tomografía Eléctrica y Sondeos Eléctricos Verticales SEV (3), para caracterizar las arcillas y aportar información del subsuelo como la estructura geológica y la continuidad de yacimientos de arcillas, para valorar la presencia de nódulos de calcita.

La naturaleza y disposición estructural que conforman el subsuelo de la campiña de Córdoba se han determinado mediante prospección geofísica eléctrica, complementaria de las observaciones de campo. Esta prospección nos aporta la resistividad aparente de las capas del subsuelo, que se ha cotejado con los análisis de las muestras recogidas en las distintas zonas, con el propósito de localizar yacimientos minerales que presenten una conductividad que contraste con el terreno adyacente (3). Así, la prospección de las margas del Mioceno de la Campiña de Córdoba está orientada al descubrimiento de depósitos de arcilla cerámica (5), con baja proporción de calcita, y a realizar los análisis que valoren las posibilidades de uso en la fabricación de materiales cerámicos (6).

Las estaciones de muestreo de campo donde se ha recogido materia prima “todo uno” para los análisis tecnológicos han sido: A20, M30, M10, E12, E48, 1WA, 1WB y SEV1 en la zona “suroeste de Aguilar” de la unidad margas azules; 2EA, 2EB, 2EC, 2ED y SEV2 en la zona “oeste de Moriles” de la unidad margas blancas; y los muestreos 3PGA, 3PGB y SEV3 en la zona “norte de Puente Genil” de la unidad margas azules. Ambas margas poseen una alta proporción en nódulos de calcita y se requiere una temperatura máxima de cocción de 850° C, debido a la calcinación de la calcita de los nódulos y concreciones, que produce gas carbónico y óxido de calcio, absorbiendo calor y produciendo agrietamiento.

2. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA ELÉCTRICA

La Prospección Geofísica Eléctrica consiste en una serie de técnicas que permiten la determinación de las diversas formaciones litológicas del subsuelo, aprovechando la diferencia de resistividad, o su inversa, la conductividad, entendidas como la dificultad o la facilidad con la que una corriente eléctrica puede fluir a través del terreno. Desde el punto de vista eléctrico el terreno se puede considerar, por un lado, como un agregado de minerales, y por otro, de fluidos y gases que rellenan sus poros. La resistividad de dicho agregado viene determinada por factores como la porosidad, las discontinuidades presentes, los minerales de la arcilla, la materia orgánica presente, la humedad, la salinidad y la temperatura (3).

Para esta prospección se ha utilizado el método, desarrollado recientemente, de Tomografía Eléctrica 2-D (7) (8). Dicho método ha sido aplicado en la zona “suroeste de Aguilar” mediante la realización de un perfil en el que se utilizan 48 electrodos, separados 6 m. entre sí y conectados a un cable multi-conductor, utilizando un resistivímetro de corriente alterna de baja frecuencia. En esta metodología ensayada, se obtiene una sección geoelectrónica utilizando un dispositivo Schlumberger (8) (figura 1), que se interpreta con el apoyo de un criterio “a priori” obtenido en las observaciones de campo de los afloramientos de distintas litologías, y atribuyendo las resistividades aparentes obtenidas (Tabla I).

TABLA I.- CRITERIO “A PRIORI” DE RESISTIVIDAD APARENTE DE LAS LITOLOGÍAS QUE AFLORAN.

LITOLOGÍA ATRIBUIDA	RESISTIVIDAD APARENTE ($\Omega \cdot m$)
Suelos limosos y arcillas carbonatadas con abundantes nódulos y concreciones. (área marrón)	25
Arcillas plásticas con algunos nódulos y concreciones. (área azul)	4-10
Limos arcillosos con indicios de arenas finas. (área verde)	10-20
Arenas y niveles de margas limosas. (área amarilla-naranja)	20-50

Según este criterio, en una primera interpretación del perfil de tomografía eléctrica (figura 1) se contemplan varias unidades horizontales con las siguientes profundidades:

- Suelos limosos y arcillas carbonatadas con abundantes nódulos y concreciones de calcita: es la unidad superficial y presenta una potencia de 1 m (área marrón).
- Arcillas plásticas con algunos nódulos y concreciones de calcita: se trata de la unidad margas azules “arcillas cerámicas”, que representa un nivel guía de baja resistividad. Aparecen con una potencia de 20 m (área azul).
- Limos arcillosos con indicios de arenas finas que conforman los cambios laterales de facies (área verde).
- Arenas y margas limosas a partir de 20 m de profundidad, (área amarilla-naranja).

También se han realizado cinco SEV, con el objeto de definir las resistividades y espesores de las diferentes formaciones presentes en la zona, mediante el empleo del dispositivo Schlumberger. En la zona “suroeste de Aguilar” se hacen los SEV n° 1, n° 4 y n° 5, en la zona “oeste de Moriles” se ejecuta el SEV n° 2 y en la zona “norte de Puente Genil” el SEV n° 3.

Las curvas de resistividades aparentes de los cinco SEV se recogen en los parámetros de las capas del subsuelo (espesor-resistividad) de la Tabla II, que muestran aspectos muy similares, indicando cierta homogeneidad en los materiales

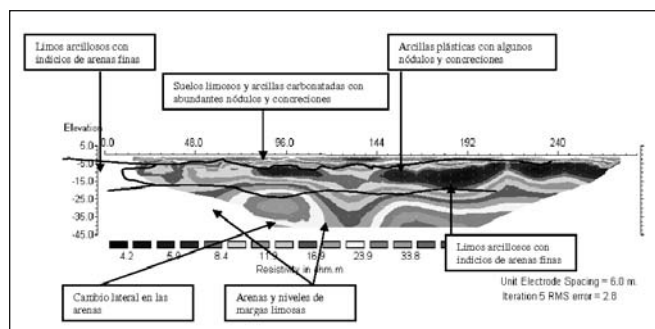


Figura 1.- Tomografía Eléctrica en la zona “suroeste de Aguilar”.

TABLA II.- ESPESORES DE CAPAS DEL SUBSUELO Y RESISTIVIDAD: SEV^{nº1}, Nº2 Y Nº3.

SEV nº1 "SUROESTE DE AGUILAR"		
0,157 rms	Espesor	Resistividad (Ω.m)
Capa 1	3,9 m	23,7
Capa 2	48,7 m	11,0
Capa 3	∞	3,7
SEV nº2 "OESTE DE MORILES"		
0'458 rms	Espesor	Resistividad (Ω.m)
Capa 1	0,6 m	28,2
Capa 2	2,7 m	10,0
Capa 3	45,2 m	4,0
Capa 4	∞	1,5
SEV nº3 "NORTE DE PUENTE GENIL"		
0'283 rms	Espesor	Resistividad (Ω.m)
Capa 1	0,7 m	43,2
Capa 2	4,3 m	20,7
Capa 3	9,4 m	4,0
Capa 4	6,7 m	49,1
Capa 5	∞	2,9

investigados. Si bien el SEV nº 3 presenta al final de la curva un cambio de tendencia originado por la inclusión de un nivel resistivo de 49,1 Ω.m de posibles arenas saturadas. Todos los SEV muestran una capa con 4,0 Ω.m de resistividad aparente atribuido a las margas azules "arcillas cerámicas". En el SEV nº 2 se atribuye a las margas blancas, y a muro de éstas aparecen resistividades de 1,5 Ω.m, que se interpretan como un diapiro salino existente en esta hoja de Puente Genil (nº988), al sureste de la laguna Zóñar. Así, en Moriles se registra una anomalía gravimétrica negativa un 20% inferior al entorno, lo que supone tener déficit de terreno en cuanto a densidad con una alta conductividad (www.igme.es).

Las curvas de los SEV se han suavizado e interpretado utilizando el método del punto auxiliar con las curvas de Orellana (3). Posteriormente los resultados obtenidos se han optimizado, la diferencia entre los valores reales medidos en campo y las curvas teóricas viene indicada por el error mínimo cuadrático (rms), el cual constituye un indicador de similitud entre ambos grupos de datos.

Los SEV nº 4 y nº 5 no profundizan en el subsuelo, sino que se realizan en la cantera de explotación de la zona "suroeste de Aguilar" para recoger datos paramétricos, obteniéndose resistividades de 3,7 y 9,6 Ω.m respectivamente. En el SEV nº 5, a partir del metro de profundidad, se registra 3,7 Ω.m, lo que implica la presencia de la unidad margas azules "arcillas cerámicas".

3. ENSAYOS Y CARACTERIZACIÓN

Se establecieron en las tres zonas de trabajo diversas estaciones de muestreo de estas margas, las muestras representativas se recogen después de eliminar la capa edáfica

a 0,5-1 m de profundidad, y constituye el "todo uno" (UNE 103-100 y NLT 101/72). Posteriormente han sido secadas al aire y tratadas con machacadora de mandíbulas para obtener una homogeneización y un calibre máximo de ½"=12,5 mm, a continuación se reducen mediante cuarteo y a una parte se le realiza análisis granulométrico (UNE 103-101 y NLT 104/72). El resto del triturado "todo uno" es sometido a molienda en seco mediante un molino de tres bolas metálicas. Las muestras trituradas se someten a análisis químico EDAX, y las molidas en fracción menor de 40 µm se analizan con DRX, utilizando polvo cristalino y radiación CuKα (0'15406) a 35 KV y 15 mA, con una velocidad de rodadura de 0,05°(2θ) y un tiempo de paso de 1 s. Los difractogramas resultantes fueron estudiados con el programa X Powder (9) (Tabla III).

Se realizó en todas las muestras "todo uno" una molienda en seco durante diez minutos con molino de bolas. Sánchez Soto (10) considera que es posible inducir alteraciones importantes en las propiedades texturales de silicatos laminares con un tratamiento de molienda con molino de bolas en seco durante más de treinta minutos.

Con posterioridad se procede a obtener la fracción de finos (arcilla y limo) pasando por el tamiz 0,1 mm (NLT 152/72), y el material retenido en este tamiz conforma la fracción arenosa o "arena", que tiene una granulometría menor de 0,5 mm. Esta "arena" corresponde a los nódulos y concreciones de calcita, referentes al "todo uno", ello es debido a que la molienda en seco es incapaz de reducir toda la muestra a granulometría fina debido a que estos nódulos y concreciones son de más dureza, y también al efecto colchón que ejerce la granulometría más fina.

Siguiendo normas geotécnicas se han caracterizado las margas azules de la zona "suroeste de Aguilar". La plasticidad obtenida por límites de Atterberg (UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93) es de intermedia a alta, los ensayos de corte directo (ASTM-STP-479 y ASTM D-3080/90) dan bajos ángulos de fricción (14°) y cohesiones (0,25 kg/cm²). Los ensayos de compactación (NLT-107/76) proporcionan una densidad seca máxima de 1,6 gr/cm³ para una humedad óptima del 20% (similar al límite plástico). También se han realizado ensayos de capacidad de soporte CBR -California Bearing Ratio- (NLT-111/78) en la zona "norte de Puente Genil", que dan un índice CBR muy bajo de 2,3 con el 2% de hinchamiento, por lo que este material se clasifica como "suelo marginal" no utilizable en zonas inundables ni en coronación de obras de tierra. Esta caracterización geotécnica no se suele contemplar en los resultados para arcillas cerámicas, sólo se considera la plasticidad.

Con la fracción fina de las muestras molidas se realizan probetas que son conformadas con una humedad de amasado menor que el límite plástico, se dejan reposar y se prensan en el edómetro a más de 10 kg/cm² durante siete horas. Después son secadas a temperatura ambiente durante un día, y entonces la probeta pasa a la estufa fría, manteniéndose a 110° C durante varias horas. Se aplica un ciclo de cocción de tres horas en horno eléctrico (HD-150) con elevación de temperatura de 10° a 15° C por minuto, hasta una temperatura de 850° C donde permanecen una hora. Debido al porcentaje de nódulos de calcita, alguna probeta se descompone o agrieta. El comportamiento durante el proceso de secado, se presenta en la Tabla IV, en ella, se aprecia que la contracción es menor del 8%. Para preparar la cocción se ha tenido en cuenta un correcto secado. Así como los ensayos geotécnicos

que también aplicamos en un proyecto de investigación del Ministerio de Fomento (11) (12). Finalmente, en las probetas cocidas se ha medido la contracción y la absorción de agua (DIN-52103).

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Los análisis químicos EDAX de las muestras de margas azules (5) han dado el siguiente intervalo composicional: SiO₂=35-42%, Al₂O₃=6-16%, CaO=15-20%, MgO=3-4%, Fe₂O₃=3-4%, CO₂=3%, K₂O=2-2,5%, Na₂O=0,5-1%, SO₂=0,5%, WO=1%, TiO=0,5% y Cl₂O=0,2%. En la marga blanca de la muestra SEV2 se ha obtenido el siguiente resultado (% en peso): SiO₂=25%, CaO=25%, CO₂=23%, Al₂O₃=5%, Fe₂O₃=3%, MgO=1%, K₂O=1% y TiO=0,2%. También se han realizado ensayos de microscopía electrónica de transmisión MET: la Tabla IV presenta los valores medios del elemento calcio, junto a los datos obtenidos por el EDAX.

La determinación en porcentaje del carbonato cálcico de las muestras se realizó por volumetría, midiendo el gas carbónico desprendido al reaccionar los carbonatos de las muestras (5), con clorhídrico 1:1 en el calcímetro de Bernard, obteniendo los siguientes resultados: A20 = 31,4%, A20 arena = 39,5%, M30 = 32,8%, M30 arena = 57,4%, M10 = 29,7%, 1WB = 48,1%, E48 arena = 35,9%, SEV1 = 7,3%, SEV2 = 29,6%, SEV2 arena = 31,4%, 3PGA = 44,3% y 3PGB = 42,8%.

Los resultados del análisis mineralógico DRX indican que todas las muestras poseen características mineralógicas similares con calcita, cuarzo, moscovita y yeso. También se han valorado, con DRX, en la Tabla III, la escasa proporción de interstratificados o amorfos de capas mixtas irregulares de arcillas expansivas y la presencia de algo de yeso (9) (6). Las muestras de la zona oeste de Moriles denominadas 2EA, 2EB, 2EC y 2ED no poseen yeso, son cuaternarias y se estudian

conjuntamente. Los porcentajes de moscovita-illita (13) son de media proporción en ambas margas, desde el 21% al 43%, incluyendo también la glauconita, con su presencia aporta al suelo potasio y cationes que lo fertilizan. En la muestra M10, tomada al "suroeste de Aguilar" en la fractura Jogina-Zóñar, aparece gismondina como mineral principal, lo que hace muy difícil el secado sin grietas. Entre 50-200° C se pierde el agua higroscópica (adsorbida) y zeolítica de los minerales de la arcilla (14).

En la fractura Jogina-Zóñar se presenta como mineral principal la gismondina (grupo zeolita), que tiene que ver con la disolución-precipitación en sistemas hidrológicos cerrados, como acuíferos en fracturas, también contiene forsterita (grupo olivino). Además, la distensión en el Mioceno superior de una antigua fractura provocaría un acuífero que disuelve los yesos triásicos y la formación de la laguna Zóñar en Aguilar.

La agrupación de aves en esta laguna puede relacionarse con la zeolita. Su propiedad como filtro molecular que reemplaza sus cationes por H⁺ protones, permite que las aves al ingerirla junto a proteínas alimentarias, podrían beber algo de agua marina durante sus migraciones. El comportamiento como membrana en la zeolita permite que se retenga el sodio en los poros, liberando proteínas que atraviesan esta membrana. Un tamaño de poro mayor en la membrana de zeolita supone la mínima presión (15).

Las muestras ensayadas no contraen excesivamente a 850° C (< 10%) y la absorción de agua es superior al 10%, por lo que son susceptibles de aplicación cerámica (Tabla IV). Presentan altas pérdidas de peso por calcinación, no habiéndose realizado, en esta fase de investigación, la curva de absorción-contracción en función de la temperatura, a priori puede considerarse la estabilización a la temperatura de cocción óptima de 800° C.

Se han estudiado los nódulos y concreciones de las muestras "todo uno" tratadas con machacadora y molino de

TABLA III.- ANÁLISIS DRX DE COMPONENTES CRISTALINOS Y AMORFOS (AMORFOS + ARCILLA DE BAJA CRISTALINIDAD)

Muestra	%							
	Calcita	Cuarzo	Moscovita	Yeso	Amorfos			
1WA	56,5	15,4	21,0	3,3	3,7			
1WB	47,1	20,5	26,2	2,7	3,5			
2EA	54,9	16,6	23,8	NO	4,7			
3PGA	48,9	18,8	24,2	3,8	4,4			
3PGB	53,5	16,2	23,2	3,1	4,0			
A20	32,5	22,8	32,8	6,4	5,4			
A20 "arena"	40,2	22,0	30,5	2,4	5,0			
E12	44,0	21,3	27,2	4,3	3,2			
E48	47,2	20,0	26,3	2,7	3,7			
E48 bis	32,5	27,0	33,1	3,3	4,1			
M10 "arena"	17,6	8,4	30,7	30,9	12,4			
M30 bis	57,9	14,0	21,5	2,2	4,4			
M30	29,3	26,6	34,7	4,6	4,8			
SEV1	9,7	34,4	43,0	5,7	7,3			
SEV2	33,0	24,6	33,9	4,0	3,6			
SEV2 "arena"	28,0	26,5	33,9	6,2	5,4			
SEV3	69,6	9,9	12,9	4,1	3,6			
M10	Calcita	Cuarzo	Hercinita	Gismondina	Fosterita	Cuprita	Moscovita	Amorfos
	25,1	13,7	1,6	32,1	4,9	0,5	16,4	5,8

bolas. En la Tabla V se presentan los porcentajes de fracción arenosa "arena", referente al "todo uno", representativo de la valoración de nódulos de calcita. Este porcentaje se ha correlacionado con las resistividades obtenidas en el entorno de las distintas muestras. Al tratarse de materias primas naturales presentan una variabilidad intrínseca a los propios yacimientos, por lo que para obtener una calidad constante es necesario proceder al mezclado y homogeneización de las diferentes capas (16). La presencia de nódulos y concreciones en estas arcillas margosas hace difícil proyectar adecuadamente el proceso de fabricación cerámica. Como resultado se ha obtenido una relación lineal entre la resistividad aparente (δ) y el porcentaje de nódulos en las muestras o "arena", con un coeficiente de correlación de 0,92. La expresión es:

$$\text{Nódulos (\%)} = 0'93 + 0'42 \delta$$

5. DISCUSIÓN

En la síntesis de este trabajo de exploración de la campaña de Córdoba se justifica que el yacimiento de arcilla de buena calidad, con algunos nódulos, para la fabricación de material cerámico de construcción corresponde al rango de resistividades aparentes de 3 $\Omega.m$ a 10 $\Omega.m$ que representa bajos porcentajes de nódulos y concreciones de calcita entre el 0,1% y el 5%, en las margas azules y margas blancas del Mioceno superior. Las resistividades menores del intervalo corresponden a las arcillas cerámicas o margas azules de mejor calidad que poseen sólo nódulos aislados (suroeste de Aguilar).

Los materiales limo arcillosos con indicios de arena fina que registran resistividades aparentes de 11 $\Omega.m$ a 28 $\Omega.m$ corresponden a la presencia de abundantes nódulos que dan lugar a porcentajes del 6% al 12% en la fracción arenosa "arena" de las muestras "todo uno". Los valores de resistividad

TABLA V.- RELACIÓN DE RESISTIVIDADES APARENTES Y NÓDULOS EN MUESTRAS.

Muestras	Porcentaje de nódulos en las muestras o "arena"	δ = Resistividad aparente
2ED	7,7%	22,0 $\Omega.m$ SEV n°2 (ponderada)
SEV2	3,3%	10,0 $\Omega.m$ SEV n°2
SEV3	12,1%	24,0 $\Omega.m$ SEV n°3 (ponderada)
3PGB	11,5%	24,0 $\Omega.m$ SEVn°3 (ponderada)
3PGA	1,0%	4,0 $\Omega.m$ SEV n°3
A20	0,1%	3,7 $\Omega.m$ SEV n°5
M30	3,1%	9,6 $\Omega.m$ SEVn°5
E12	7,5%	25,0 $\Omega.m$ Tomografía
E48	3,3%	7,0 $\Omega.m$ Tomografía (ponderada)
1WA	9,5%	23,7 $\Omega.m$ SEV n°1
1WB	7,0%	23,7 $\Omega.m$ SEV n°1
SEV1	6,8%	23,7 $\Omega.m$ SEV n°1
2EC	8,9%	28,2 $\Omega.m$ SEV n°2
2EB	14,0%	28,2 $\Omega.m$ SEV n°2
2EA	11,5%	28,2 $\Omega.m$ SEV n°2
M10	0,2%	3,7 $\Omega.m$ SEV n°4

TABLA IV: ABSORCIÓN DE AGUA (AA), CONTRACCIÓN LINEAL (CL) Y PÉRDIDAS POR CALCINACIÓN (PC) EN LA ARCILLA COCIDA. ELEMENTO CALCIO, PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN DE SECADO.

Muestras	AA (%) 850 °C	CL (%) 850 °C	Pc (%) 850 °C	Límite Líquido	Contracción del Secado (%)	Elemento Ca (% peso) EDAX
SEV3	NO	2	27	25	2	Ca=25'7%
M10	12	10,0	21,0	55,0	8,0	Ca=9,1%
A20	18	10,0	20,0	50,0	7,0	Ca=11,4%
M30	17	10,0	21,0	48,0	7,0	Ca=12,4%
SEV2	23-26	6,5-8,5	13,0-19,0	36,6	7,0	Ca=19,7%
E48	NO	8,0-8,3	26,0	35,5	6,0-7,0	Ca=15,8%
E12	NO	4,0	27,0	24,0	4,0	Ca=16,4%
3PGA	21-30	8,0-10,0	22,0-24,5	38,0	7,0	Ca=9,0%
1WA	28	4,3	14,7	33,0	4,5	Ca=32,0% MET
1WB	18	4,0	11,6	30,0	4,0	Ca=25,6% MET
2EA,2EB,2EC,2ED	20	8'3	17,9	32,0	7,0	Ca=15,5% MET
3PGB	25	4,5-5,0	18,7	32,0	4,5-5,0	Ca=28,9% MET
SEV1	18	4,0	7,0	23,0	4,0	Ca=1,0% MET

superiores a 29 Ω .m corresponden a arenas y niveles de margas limosas con cambios laterales y con presencia de acuíferos.

Se estima de interés una futura investigación de las margas blancas del oeste de Moriles, que corresponden al paquete arcilloso de 4 Ω .m que se presenta a partir de los 3,3 m de profundidad y posee una potencia de 45,2 m. A su vez, al norte de Puente Genil se debería explorar la continuidad lateral de la capa arcillosa de 9,4 m de potencia con 4 Ω .m.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación de la Universidad de Córdoba ha sido financiada por la empresa PROCERAN y ha supuesto un mayor conocimiento de las materias primas del subsuelo.

BIBLIOGRAFIA

1. E. Uchipi. The Mesozoic-Cenozoic geologic evolution of Iberia, a tectonic link between Africa and Europe. *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 257-294, (1988).
2. F. Roldan et al. (Ingemisa). Mapa y memoria explicativa de la hoja 988 (Puente Genil) y 966 (Montilla). Mapa Geológico Nacional escala 1:50000 IGME, 1988.
3. E. Orellana. *Prospección Geoeléctrica*. Ed.Paraninfo. ISBN 84-283-1153-6. DL M-35184-1981.
4. F.J. Torrijo Echarri, J. Mandado Collado y M. E. Bona Artazos. "Modelización genética de nódulos y concreciones. Propuesta de clasificación". *Estudios Geol.*, 60 (3-6): 95-110, (2004).
5. L. A. Díaz Rodríguez y R. Torrecillas. Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, Vol. 41, n°5, p 459-470, (2002).
6. A. Daza Sánchez. *Prospección minera de arcillas en tres zonas de Aguilar de la Frontera-Puente Genil (Córdoba)*. Para la empresa Proceran. OTRI-UCO. Resolución Rectoral 8/6/2005. XLIX Congreso de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV), 28-30 octubre 2009. Linares.
7. A. Binley y A. Kemna. *DC Resistivity and Induced Polarization Methods*. Hydrogeophysics. Vol. 50. Springer Netherlands. ISBN: 978-1-4020-3101-4. pp 129-156. 2005.
8. A. López Hidalgo, M. H. Loke, G. O. Fanton y E. C. Rubí. Técnicas prácticas para investigación de resistividad en dos y tres dimensiones (Tomografía Eléctrica 2D y 3D). <http://www.geoelectrical.com/Articulo.pdf> (23/06/2009).
9. J. D. Martín Ramos. "Using X Powder: A software package for Powder X-Ray diffraction analysis" www.xpowder.com D.L. GR 1001/04. ISBN 84-609-1497-6. 105p. Spain.
10. P. J. Sánchez Soto. "Efecto del tratamiento mecánico por molienda en las propiedades texturales de pirofilita". *Bol. Soc. Esp. Ceram.* Vol. 48, n°2, p 59-68. Marzo-Abril 2009.
11. A. Daza Sánchez. Investigación para la caracterización y aplicaciones de las lutitas arcillosas de la Cuenca del Guadiato en materiales de construcción y obra civil. Subvencionado por el Ministerio de Fomento, 27 abril (BOE 20-5-2000). 85p.; Grupo de Ingeniería Geoambiental y Geofísica, RNM244 (UCO) 2001. Colabora el ITC (Informe C001230, 18p.); J. García-Ten y F. Quereda.
12. A. Barba, C. Feliu, J. García-Ten et al. Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica- AICE, 1997. 292p.; ISBN 84-923176-0-4.
13. J. D. Martín-Martín, T. Sanfeliu et al. "Caracterización litológica y mineralógica de los materiales permo-triásicos de Castellón utilizados como materia prima cerámica: la arcilla de Moró". *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 45 (4), 239-244, (2006).
14. J. Coroado, J. Marqués et al. "Propiedades cerámicas de las arcillas de la cantera de Asseiceira (Tomar, Portugal)". *Mater. Construcc.* Vol.55. n°279. p5-16. 2005.
15. J. M. Benito, A. Conesa et al. "Membranas cerámicas. Tipos, métodos de obtención y caracterización". *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 43 (5), 829-842, (2004).
16. E. Sánchez, J. Garcia-Ten et al. "Materias para la industria cerámica española. Situación actual y perspectivas". *Bol. Soc. Esp. Ceram. V.*, 45 (1), 1-12, (2006).

Recibido: 27/01/2010
Aceptado: 14/05/2010