

ROCAS BASÁLTICAS. ESTABILIDAD POR INMERSIÓN EN ETANODIOL. NORMA CRD-C 148-69 (IRAM 1519). UN APORTE PARA SU DISCUSIÓN.

F. A. Avid GIIICMA -UTN Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional
J. D. Sota Concordia, Concordia, E.R., ARGENTINA -jdsota@gmail.com
M. Cornaló
I. M. Bosano

Resumen

La Norma CRD-C 148-69 (IRAM N° 1519 en Argentina), establece la metodología para estudiar la respuesta de las rocas basálticas frente a la inmersión en etanodiol y definir su calificación para poder ser usadas como agregados. Esta Normativa forma parte del CIRSOC 201 (Reglamento Argentino para las obras civiles) para evaluar los basaltos como agregados en hormigones de cemento portland ante exposiciones climáticas rigurosas en las grandes obras (represas, caminos, puentes, etc.).

El fundamento del mismo es la inmersión en etanodiol (etilenglicol) para su combinación con las arcillas expansivas del grupo de las esmectitas, favoreciendo la formación de un compuesto orgánico arcilloso con aumento de volumen, disgregando los trozos de rocas sumergidos en el lapso de treinta días que dura el ensayo. Se cuantifica finalmente la pérdida en masa de la muestra y se califica la aptitud de la roca en función del valor obtenido con respecto al límite máximo establecido por la Norma (10%).

En ensayos realizados en el laboratorio para calificar rocas basálticas de diferentes canteras como material de enrocado de presas, se ha observado que aumentando el período de inmersión, la fisuración y posterior disgregación de una misma muestra continúan desarrollándose. Esto lleva a plantear la posibilidad de discutir la metodología de trabajo y el valor establecido como límite de pérdida, de la Norma CRD-C 148-69.

INTRODUCCIÓN

La expansión por hinchamiento se puede definir como el incremento de volumen experimentado por cualquier cuerpo sólido cuando se humedece. Este fenómeno es muy común y se asocia típicamente con dos procesos diferentes: la hidratación de compuestos cristalinos y la adsorción y/o absorción de agua en los espacios existentes, dentro o entre las partículas de las arcillas y de algunos otros minerales que poseen estructuras cristalinas peculiares. La transformación de anhidrita en yeso es el ejemplo mejor conocido del primer tipo, mientras que el comportamiento expansivo de las esmectitas puede señalarse como un ejemplo del segundo tipo de proceso.

Las arcillas son componentes frecuentes en la fracción clástica de rocas sedimentarias; y derivan de los procesos de meteorización que afectaron a las rocas formadoras de esta fracción. En el caso de las rocas ígneas, las arcillas tienen siempre un origen secundario ya que se formaron por transformación química de los minerales primarios de la roca. Este fenómeno puede ocurrir en dos ambientes: a gran profundidad, en el interior de la Tierra; en la proximidad de zonas magmáticas o cerca de la superficie, donde prevalecen las condiciones atmosféricas. Las transformaciones del primer tipo se denominan alteración deutérica, mientras que el término meteorización se refiere al segundo tipo. La presencia de arcillas en el interior de una roca es siempre potencialmente negativa. Estos minerales pueden reducir la resistencia de

la roca y afectar a otras propiedades físicas, pero su presencia es especialmente relevante en lo que concierne a su durabilidad.

Las arcillas son filosilicatos y, por tanto, tienen una marcada estructura laminar. Esta peculiar estructura puede experimentar una expansión por hinchamiento cuando el agua, u otro líquido polar, interactúan con ella; es decir, en algunas arcillas llamadas expansivas, tales como las esmectitas, su red cristalina se puede expandir por un mecanismo de hinchamiento intraparticular. En general, todas las arcillas presentan un tamaño de partícula muy fino y las interacciones electrostáticas juegan un papel significativo en su comportamiento; en estas circunstancias el agua puede romper el equilibrio entre partículas y dar lugar a otro tipo de expansión (mecanismo de hinchamiento interparticular). El tipo e intensidad del hinchamiento que puede experimentar una roca por efecto de las arcillas, depende de varios factores, como el tipo y cantidad de arcillas, de su distribución en el interior de la roca, de la magnitud de los espacios capaces de expandirse en el interior de las redes cristalinas y de la distancia entre partículas, así como de la composición y disponibilidad de las disoluciones que percolan a través de la roca.

El papel perjudicial de las arcillas deriva de su capacidad para inducir deformaciones en el interior de la roca. Cuando esta deformación está espacialmente restringida, los componentes arcillosos dan lugar a tensiones internas que pueden llegar a causar roturas. Los niveles de tensión alcanzados por hinchamiento son consecuencia de los factores internos y externos mencionados y pueden alcanzar valores extremadamente elevados. Varios autores han realizado medidas de estas tensiones de expansión y han demostrado la importancia de este mecanismo de deterioro. Por ejemplo, en muestras de rocas basálticas con esmectitas han sido medidas tensiones de expansión de 200 kg/cm^2 (aproximadamente 20 MPa). Estos valores extremadamente altos son suficientes para fracturar, incluso las rocas más resistentes. Han sido citados casos de rocas, por ejemplo en excavaciones, que experimentaron una rápida degradación al ser liberadas de la presión de confinamiento y de enterramiento y ser expuestas al exterior, a pesar de su aspecto aparentemente fuerte. La presencia de arcillas expansibles por hinchamiento de sus redes

cristalinas va frecuentemente asociada con este comportamiento excepcional. Cuando las arcillas presentes en la roca son de tipo no expansivo, las presiones de hinchamiento no alcanzan valores muy altos, pero la repetición de ciclos de hinchamiento y contracción, como consecuencia de condiciones alternantes de humedad, pueden conducir a la rotura por un mecanismo de fatiga progresiva de la masa rocosa. Ensayos realizados en condiciones de expansión libre, han demostrado que el incremento de volumen es mayor en las primeras etapas de absorción de agua, pero el mecanismo de hinchamiento puede tener lugar en períodos muy largos, particularmente cuando se trata de materiales poco porosos. La extracción de las canteras elimina la presión de confinamiento y da lugar a bloques con superficies libremente accesibles; cuanto menores son las dimensiones de los bloques más fácil es el acceso del agua a su interior y, consiguientemente, más propensos serán al hinchamiento y a su posterior degradación. [1]

1. MATERIALES

En el último tiempo y en razón de encarar algunas obras viales de importancia en el Litoral Argentino se trabajó con basaltos locales para el hormigón de cemento portland en los pavimentos de la carpeta de rodamiento.

Con relación a los agregados basálticos de la Mesopotamia, hay dos parámetros vinculados con la existencia de arcillas intersticiales que deben ser analizados. El primero de ellos es la heterogeneidad textural y mineralógica, la composición y la paragénesis mineral con referencia al nivel estratigráfico de las coladas. En muchos casos estas características no son identificadas al estudiar los diferentes bancos de canteras. El segundo aspecto que requiere atención es la naturaleza y distribución de los minerales secundarios derivados de la alteración de las paragénesis primarias. [2, 3]

La potencia de las coladas individuales varía desde aproximadamente 1m hasta más de 70 metros, [4]. El contacto entre las coladas está la mayoría de las veces, señalado por una brecha con fragmentos de basalto y cuarcita, engarzados en una matriz vítrea con cantidades variables de arena.

La notable extensión areal de las coladas, verificada en estudios de correlación geológica para varios proyectos hidroeléctricos [5, 6] indica la baja viscosidad de los flujos basálticos.

2. MÉTODOS

2.1. Norma IRAM 1519

2.1.1. Objetivo

Esta norma establece el método de determinación de estabilidad de las rocas basálticas por inmersión en etanodiol (etilenglicol). Este compuesto se combina con las arcillas del grupo montmorillonitas formando un compuesto orgánico arcilloso con aumento de volumen. Trozos de rocas que contengan estas arcillas intersticiales podrán disgregarse al mantenerlos sumergidos en etanodiol, si por la cantidad y distribución de los nuevos compuestos se desarrollan fuerzas suficientes. Se admite que los trozos de roca que se disgreguen en el ensayo también podrán hacerlo si en las condiciones de servicio se encuentran expuestos, durante un tiempo prolongado a ciclos de mojado y secado o de congelación y deshielo. [6]

2.1.2. Procedimiento

El método se resume en las siguientes acciones: la roca ensayada debe ser triturada a un peso de 5kg con tamaños de partículas entre 10 y 75mm. Una vez que se ha triturado la muestra se tamiza de acuerdo a la Norma IRAM 1505, se procede a lavar con agua para análisis a los efectos de eliminar polvo, partículas superficiales y pequeñas partículas sueltas originadas por la trituración. Después del lavado se coloca en un recipiente metálico y se seca a estufa a 110°C hasta masa constante. Ese valor es el de la masa inicial.

Se coloca la muestra en un recipiente adecuado y se cubre con etanodiol hasta por los menos un centímetro sobre el trozo de mayor elevación. Cada tres días la muestra se retira del recipiente y se observan cambios significativos ocurridos. El ensayo concluye a los 30 días.

Una vez que se ha completado el periodo de inmersión la muestra es retirada y lavada sobre el tamiz de 10mm, hasta eliminar las partículas menores y la totalidad del líquido de inmersión. El material retenido se seca en estufa hasta masa constante y luego se obtiene la masa final.

2.1.3. Resultados

El resultado del ensayo se expresa como la pérdida de masa en porcentaje de la masa inicial.

2.2. Norma CRD-C 148-69

2.2.1. Objetivo

Se trata de un procedimiento estandarizado para la inmersión de muestras de áridos en etilenglicol que logre observaciones comparativas sobre los efectos que se producen sobre las mismas. [7]

2.2.2. Procedimiento

El etilenglicol es un material que reacciona con arcillas expansivas (en los basaltos), específicamente con las del grupo de las montmorillonitas, formando una matriz orgánica que presenta espaciamientos basales (interestructurales) mayores que el mineral arcilloso por sí mismo. Así es como una muestra de áridos que contenga arcillas de este grupo se convierte en potencial candidata a presentar rotura general por expansiones excesivas en su matriz, bajo condiciones de inmersión en etilenglicol. Si esta rotura ocurre, está estadísticamente demostrado que es de esperarse que la falla ocurra también en muestras similares de rocas expuestas, por períodos de tiempo más largos, a ciclos de humedecimiento y secado, congelamiento y deshielo, en una condición de servicio húmeda.

La muestra es depositada en un contenedor e inmersa en el reactivo de modo tal que todas sus partículas queden cubiertas en una profundidad de, al menos, un centímetro (Figuras 1 y 2). En intervalos que no excedan de tres días, la muestra debe ser removida del contenedor, secada, examinada y los cambios en su estructura anotados, y preferentemente fotografiados, si cambios significativos han tenido lugar (Figura 3).

La duración normal del ensayo es de quince días. Sin embargo, la norma aclara que información importante puede ser obtenida en ciertos casos al continuar el tratamiento más allá de este período; como así también, en otros casos, la rotura por expansión puede ser muy extensa en períodos prematuros, de modo tal que ninguna información importante pueda ser obtenida continuando el tratamiento por un período completo de 15 días.



Figura 1. Recipiente contenedor.



Figura 2. Muestra en etilenglicol.



Figura 3. Fisuración resultante.

2.2.3. Resultados

En el reporte final de resultados la normativa establece que se debe elevar un informe que contenga la siguiente información:

- Identificación y descripción de la fuente del material de la muestra.
- Información cualitativa y de ser posible, cuantitativa de los efectos del tratamiento sobre la muestra.

3. DATOS DEL LABORATORIO

En el laboratorio de Tecnología del Hormigón de la facultad se han realizado numerosos ensayos sobre agregados basálticos de la región, ya que la misma es productora natural de estos recursos para ser utilizados en hormigones de cemento portland y otros usos ingenieriles (enrocados, protecciones costeras, etc.). Los resultados se pueden observar en la Tabla 1 que se expone a continuación; a raíz de ciertas dudas con relación a los resultados a treinta días y el porcentaje de pérdida respectivo, y en función de ensayos realizados en métodos más exigentes (ASTM C 1260) para caracterización de agregados, se decidió exponer una muestra a tiempos de 30, 45 y 90 días, determinando la pérdida para la fracción del tiempo de exposición.

| Muestra | Lugar de origen | EXPANSIÓN a los 30 días | % de arcilla intersticial |
|---------|--|-------------------------|---------------------------|
| 1 | Salto, Departamento de Salto, R.O. del Uruguay | 0,5% | >10 |
| 2 | Salto, Departamento de Salto, R.O. del Uruguay | 0,1% | >10 |
| 3 | Concordia, Pcia. de Entre Ríos, R. Argentina | 0,3% | >10 |
| 4 | Puerto Yerúa, Pcia. de Entre Ríos, R. Argentina | 0,1% | >10 |
| 5 | Curuzú Cuatiá, Pcia. de Corrientes, R. Argentina | 0,3% | >10 |

Tabla 1: Método de determinación de la estabilidad por inmersión en etilenglicol – IRAM 1519.

3.1. Resultados a treinta días

Los valores de los parámetros obtenidos para el ensayo de una muestra correspondiente a treinta días (Tabla 2).

3.2. Resultados a cuarenta y cinco días

Los valores de los parámetros obtenidos para

| | |
|-----------------|--------|
| PESO INICIAL | 1.715g |
| PESO FINAL | 1.675g |
| PÉRDIDA EN PESO | 2,33% |

Tabla 2: Resultados a 30 días.

el ensayo de una muestra correspondiente a cuarenta y cinco días (Tabla 3).

3.3. Resultados a noventa días

Los valores de los parámetros obtenidos para el ensayo de una muestra correspondiente a noventa días (Tabla 4).

| | |
|-----------------|--------|
| PESO INICIAL | 1.675g |
| PESO FINAL | 1.645g |
| PÉRDIDA EN PESO | 1,79% |

Tabla 3: Resultados a 45 días.



Figura 4. Muestra fisurada a 30 días. Primer ángulo.



Figura 5. Muestra fisurada a 30 días. Segundo ángulo.



Figura 6. Muestra fisurada a 45 días. Primer ángulo.

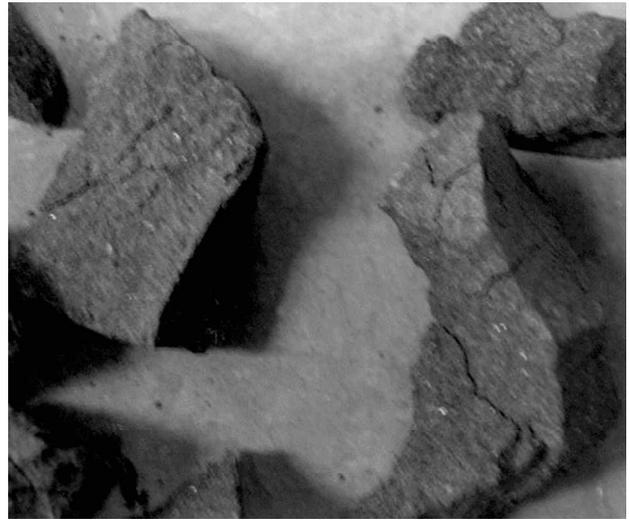


Figura 7. Muestra fisurada a 45 días. Segundo ángulo.

| | |
|-----------------|--------|
| PESO INICIAL | 1.645g |
| PESO FINAL | 1.616g |
| PÉRDIDA EN PESO | 1,76% |

Tabla 4: Resultados a 90 días.



Figura 8. Muestra fisurada a 90 días. Primer ángulo.



Figura 9. Muestra fisurada a 90 días. Segundo ángulo.

4. CONSIDERACIONES FINALES

De los resultados obtenidos se puede inferir que la muestra estudiada, a la que se le ha determinado un 13% de arcilla intersticial, cumple con el valor de la normativa.

No obstante lo anterior se observa que, la prolongación en el tiempo de inmersión aumenta progresivamente su pérdida en peso y evidencia un deterioro creciente en la integridad de la roca original.

En virtud de lo anterior debería establecerse que el contenido de arcilla intersticial es determinante para calificar el material, y finalmente corroborarse como apto en el ensayo de etilenglicol.

La heterogeneidad de los basaltos de la Meseta de Sumuncurá del Este Argentino, Norte de Uruguay y Sur de Brasil, debería ser atendida en la evaluación de los ensayos aplicados en la calificación de sus basaltos para ser usados en hormigones de cemento portland.

Esta primera etapa de ensayos, se completa con el estudio de muestras de la misma cantera (distintos frentes), como así también de métodos en curados alcalinos a fin de poder cuantificar el efecto directo de las arcillas en las expansiones medidas o deterioros muy significativos. [1]

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Encargado del Laboratorio de Hormigones; Técnico Esteban Eduardo Micucci por la inestimable colaboración prestada para la realización de los ensayos correspondientes al trabajo.

6. REFERENCIAS

[1] Avid F. A., Cosentino J.M., Sota J.D. 2013. "Paragénesis y alteraciones en basaltos usados en hormigones para grandes obras". Compat 2013. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad de la Calidad. Cartagena de Indias, Colombia.

[2] Davidson, W.H. "The influence of constitution of the engineering properties of crushed volcanic breccias". Proceedings of the 6th Australian Road Research Board Conference 6 (5), pp 70-90.

[3] Melfi J., E.M. Picirillo and A. J.R. Nardy. 1988. "Geological and Magmatic Aspects of the Paraná Basin an Introduction, in: The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin: Petrogenetic and Geophysical Aspects". IAG-USP, pp.1-13.

[4] Schenato F., Formoso M.L.L., Dudoignon P., Meunier A., Proust D., Mas. A. 2003. "Alteration processes of a thick basaltic lava flow of the Paraná Basin (Brazil): petrographic and mineralogical

studies". Journal of South American Earth Sciences 16, pp. 423-444.

[5] Hayase, K., Dristas, J.A., Rimoldi, H. 1975. "Presencia de saponita rica en hierro asociada con celadonita, en basaltos de Ayuí - Dique de Salto Grande". V Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Buenos Aires Tomo III. pp 51-71.

[6] Iñiguez, A.M. 1977. "Influencia de los minerales secundarios en el comportamiento geotécnico de los basaltos del Río Uruguay". Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón. 3º Reunión Técnica, Tomo 4, pp.33-0-33-9.

[7] Norma IRAM 1519/82. "Rocas basálticas. Método de determinación de la estabilidad. Ensayo de inmersión en etanodiol (etilenglicol).".

[8] CRD-C 148-69. "Method of testing stone for expansive breakdown on soaking in ethylene glycol".