



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

# “VISITA A UN LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DESDE LAS ÁREAS DE LAS CIENCIAS NATURALES (BIOLOGÍA–GEOLOGÍA Y FÍSICA–QUÍMICA) Y TECNOLOGÍAS DE 3º DE LA E.S.O.”

AUTORIA <b>FRANCISCO JAVIER FIMIA GARCÍA</b>
TEMÁTICA <b>APRENDIZAJE FUERA DE LAS AULAS: EXCURSIONES</b>
ETAPA <b>3º ESO</b>

## Resumen

En el presente artículo se pretenden exponer de forma resumida las aportaciones que se pueden obtener a partir de una visita a un Laboratorio de Control de la calidad en la Construcción, organizada por las Áreas de las Ciencias Naturales y Tecnologías para el nivel de la E.S.O. Con esta visita se pretende que los alumnos vean como se realizan tanto las obras civiles, carreteras, puentes, túneles, como las edificaciones, más cotidianas para ellos.

## Palabras clave

Ciencias Naturales

Edificaciones

Obra Civil

Tecnologías

Visita a un Laboratorio de Control de la Calidad en la Construcción

## 1. INTRODUCCIÓN

Un Laboratorio de Control de la Calidad en la Construcción es una entidad que, como su propio nombre indica se dedica a controlar la Calidad de las Edificaciones, Obras Civiles y en mayor o menor medida a realizar estudios medioambientales. Entre las principales áreas de trabajo a las que se dedican encontramos la realización de probetas de hormigón, para comprobar la resistencia que éstas tienen, el estudio de suelos, para decidir cuál es el tipo de cimentación más idónea, estudios de materiales de construcción como ladrillos, tejas, aceros, ensayos químicos de los diferentes materiales empleados para la construcción o para la elaboración de hormigón como puede ser el agua, el cemento, el árido fino o grueso, así como del suelo en el cual se va a proyectar el futuro edificio para conocer si contiene muchos sulfatos, entre otras características, etc.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

El boom de la construcción ha propiciado que en todas las provincias andaluzas encontremos varios Laboratorios de este tipo por lo que casi con toda seguridad podemos disponer de alguno de estos centros de trabajo cerca de nuestro I.E.S. o incluso en la propia localidad, en el apartado de BIBLIOGRAFÍA WEB, disponemos de un enlace con la página del ALAA, Asociación de Laboratorios Acreditados de Andalucía, donde encontraremos la dirección de los diferentes Laboratorios y la forma de contactar con ellos.

En los Laboratorios de Control de Calidad se realizan ensayos tanto físicos como químicos, algunos de los cuales pueden entrañar riesgos, y lo más probable es que durante nuestra visita los empleados continúen con su trabajo por lo que se recomienda que el grupo que realiza la visita sea poco conflictivo y numeroso.

## 2. JUSTIFICACIÓN CURRICULAR DE LA VISITA

La aprobación de la Ley Orgánica, 2/2006 de 3 de mayo, de Educación lleva aparejada la aparición de una serie de leyes y decretos que desarrollan esta Ley Orgánica de Educación, LOE, entre ellas encontramos el Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, la Orden de 10 de agosto que desarrolla el currículo de la ESO en Andalucía (en la bibliografía del final de este artículo podemos encontrar enlaces con la LOE y las diferentes normas legales citadas).

La LOE recoge en su artículo 23 los objetivos que deben adquirir nuestros alumnos/as al finalizar la ESO entre ellos podemos destacar los apartados e) y f) que dicen respectivamente, y cito textualmente, “e) *Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de la información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.* f) *Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.*” Puesto que antes de la visita los alumnos deberán emplear las diversas fuentes de información y comunicación para recopilar información acerca de las diferentes tareas y trabajos que se desarrollan en este tipo de centros de trabajo, empleando especialmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación vía Internet, al final de este artículo entre las direcciones web que hay podemos encontrar accesos a páginas que muestran los trabajos que se realizan en los Laboratorios de Control de la Calidad en la Construcción, así como las páginas web de algunos laboratorios de las diferentes provincias andaluzas. Por otro lado los alumnos/as podrán ver cómo funciona un laboratorio que en todos los casos será multidisciplinar ya que podrán conocer el trabajo desarrollado por diferentes profesionales como son geólogos/as, ingenieros/as de minas e industriales, químicos/as, topógrafos, arquitectos técnicos, arquitectos, además del personal auxiliar de laboratorio y administrativo.

En el anteriormente mencionado Real Decreto 1631 de 29 de diciembre de 2006, se hace referencia a una serie de Competencias Básicas que todos los alumnos deben adquirir al finalizar la ESO y que son las siguientes:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

Competencia en comunicación lingüística.

Competencia matemática.

Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

Competencia en el tratamiento de la información y competencia digital.

Competencia social y ciudadana.

Competencia cultural y artística.

Competencia para aprender a aprender.

Competencia en autonomía e iniciativa personal.

Durante el trabajo previo de búsqueda de información acerca de lo que es, para que sirve y en qué consiste el trabajo realizado en un Laboratorio de Control de la Calidad en la Construcción, los alumnos/as adquirirán destrezas en competencia en comunicación lingüística, en el tratamiento de la información y competencia digital y competencia para aprender a aprender, fundamentalmente.

Mientras que durante la visita adquirirán mayor soltura fundamentalmente en las competencias en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, social y ciudadana, puesto que tendrán que desarrollar un trato cordial con el personal del laboratorio que nos mostrará su trabajo, y en autonomía e iniciativa personal, puesto que durante la visita estoy seguro que surgirán mil dudas entre los asistentes a la misma y que deberán ser aclaradas por el personal del laboratorio al que los alumnos/as deberán dirigirse y por otro lado las salidas fuera de clase ayudan a que los estudiantes desarrollen su autonomía e independencia puesto que deben desenvolverse en un medio distinto al habitual.

Al finalizar la visita y como trabajo para casa se recomienda que los alumnos/as realicen una pequeña memoria resumen sobre lo aprendido en la salida o excursión y si fuese posible realizasen en grupos de tres o cuatro un pequeño trabajo en el que expongan las fotografías realizadas y el tipo de trabajo que cada máquina realiza y si fuese posible que es lo que se pretende conseguir con la misma y a qué área de conocimiento, biología–geología o física–química o tecnología corresponde. Pudiendo adquirir además competencia matemática si le planteamos además algún ejercicio que deban resolver acerca de alguna de las diferentes técnicas de investigación estudiadas.

De la Orden del 10 de agosto de 2007 que desarrolla el currículo de la ESO en Andalucía podemos ver que esta visita se puede enmarcar dentro de los siguientes Bloques Temáticos: Bloque 1 de Contenidos Comunes, tratándose durante la preparación y durante la visita misma buena parte de todos sus puntos, del área de las Ciencias Naturales, dentro de la Física-Química se tratará el Bloque 4 Cambios Químicos y sus Repercusiones y dentro de la asignatura de Biología-Geología el Bloque 6 Las Personas y el Medio Ambiente y el Bloque 7 Transformaciones Geológicas debidas a la Energía Externa. Dentro de la asignatura de Tecnologías tocaremos los siguientes Bloques Temáticos, Bloque 1



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 14 – ENERO DE 2009

Proceso de Resolución de Problemas Tecnológicos, Bloque 3 Materiales de Uso Técnico y del Bloque 8 Tecnologías de la Información. Internet.

## **2. TRABAJOS REALIZADOS EN UN LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN**

Como decía en la introducción, un laboratorio de estas características suele ser un centro de trabajo multidisciplinar que presta servicio tanto a pequeñas empresas constructoras realizando informes geotécnicos sobre terrenos en los que se van a realizar futuras edificaciones, como a grandes empresas de obra civil que lo que buscan es realizar diversos estudios y de muy diversa índole, desde sondeos de exploración para evaluar el interés económico de la explotación de canteras situadas en las proximidades de la obra, hasta la búsqueda de captaciones de agua para autoabastecerse, o la realización de estudios de impacto ambiental para poder realizar el proyecto de ejecución de la obra. A continuación trataré de explicar de forma clara los diferentes departamentos que podemos encontrar en un Laboratorio de Control de Calidad en la Construcción y cuáles son las diferentes funciones que realizan y que pueden sernos útiles durante la visita a estos centros laborales.

### **2.1. Departamento de Medioambiente.**

Las funciones principales que puede desempeñar este departamento en este tipo de empresas, sería el de realizar estudios de impacto ambiental que deben aportarse entre la documentación necesaria para la realización de diferentes proyectos, como pueden ser las grandes urbanizaciones, las carreteras y autovías, o como están tan de moda actualmente los huertos solares, que se dedican a aprovechar la energía solar mediante la realización de estaciones fotovoltaicas.

Por otro lado otra de las tareas que desempeñan estos departamentos sería la de realizar estudios de permeabilidad para determinar la viabilidad y la seguridad de las numerosas balsas de alpechín existentes en nuestra comunidad autónoma. Este estudio se realiza mediante una serie de visitas a las diferentes balsas que existan en la zona de estudio y la toma de muestras del material sobre el que se han realizado las mismas. Está claro que si la balsa se ha construido sobre materiales arcillosos el riesgo de que se produzcan filtraciones al subsuelo es mucho menor que si los materiales sobre los que se asienta la balsa son limo arenosos. Una vez obtenida la muestra del terreno que engloba a la balsa, esta muestra inalterada, en el mejor de los casos o remoldeada, se introduce en un instrumento denominado permeámetro con el cual determinamos el caudal de líquido, en general de agua, que consigue atravesar nuestro terreno objeto del estudio.

Durante la visita veríamos el funcionamiento de un permeámetro.

Otro de los trabajos que suele realizar este departamento es el de realizar sondeo de investigación en las gasolineras para determinar si existen fugas de carburante de los depósitos y en caso afirmativo tratar de determinar la importancia de las mismas para evaluar el grado de impacto ambiental que producen. Para ello se testifican las cajas muestras extraídas, se fotografían y se dejan los sondeos entubados para periódicamente tomar muestras y determinar el grado de contaminación que pudiera existir en los mismos.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

Los técnicos de esta área o algún geólogo o ingeniero de minas de la empresa podría enseñar a los alumnos/as diferentes muestras de sondeos para que al menos reconozcan las muestras de arcillas, limos, arenas, gravas y algunas muestras de roca.

## **2.2. Departamento de Geotecnia.**

El Departamento de Geotecnia es el encargado de realizar todos aquellos estudios centrados sobre las características geológico-geotécnicas del terreno, tanto en edificación, como en obra civil. En el caso de Edificación sus labores fundamentales sería el de realizar un estudio geotécnico para determinar las características del suelo sobre el cual se va a ejecutar la futura construcción. Para ello se obtienen tanto muestras alteradas como inalteradas del subsuelo mediante diferentes métodos como pueden ser calicatas y sondeos y además se complementan estos trabajos con diferentes ensayos penetrométricos.

Sobre las muestras obtenidas de las calicatas se pueden realizar ensayos de caracterización del material para determinar si el terreno es fundamentalmente arcilloso, limoso o es grava, para ello realizamos dos ensayos que son las granulometrías, mediante el empleo de diferentes tamices a través de los cuales pasan o son retenidas las muestras, y un ensayo denominado límites de Atterberg que consiste en determinar la plasticidad de las muestras, para ello se emplea la denominada cuchara de Casagrande, que también pueden mostrarnos los técnicos de laboratorio, enseñarnos su manejo y el fundamento del ensayo.

Sobre las calicatas también podemos realizar el ensayo Lambe que consiste en determinar la capacidad de expansión de diferentes tipos de arcillas, determinar si una arcilla es expansiva o no, para ello se introduce una muestra en el instrumento una vez remoldeada y le añadimos agua para observar la capacidad de absorción y por tanto de hinchar que presentan estas arcillas.

Un ensayo similar al Lambe, que también tiene como finalidad estudiar los cambios que el agua producen sobre materiales tanto arcillosos, como limosos o arenosos son los ensayos edométricos, que mediante muestras inalteradas obtenidas tanto en calicatas como en sondeos nos permiten estudiar la respuesta del terreno ante diferentes cargas, con agua o sin agua y estudiar que comportamiento van a tener estos suelos a corto y largo plazo.

Sobre las muestras inalteradas también podemos realizar el ensayo de corte directo que nos permite conocer la resistencia al corte de una muestra previamente consolidada. Este, en general y salvo que se trate de una muestra arenosa, es un ensayo lento y complejo por lo que los alumnos/as se deberán conformar con ver la maquinaria empleada para el mismo.

Sobre muestras inalteradas obtenidas de sondeos también podemos realizar en ensayo de resistencia a compresión simple que consiste en tallar una muestra cilíndrica de material cohesivo, generalmente arcillas, y mediante una prensa especial determinar el valor de resistencia a compresión simple que presenta la misma, un ensayo similar a este puede realizarse sobre muestras de roca,



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

obteniéndose en ambos casos datos sobre la deformación sufrida por las muestras durante los ensayos.

El ensayo de penetración continua o penetrométrico es un ensayo que se realiza en los suelos y que también nos puede dar una idea orientativa de la resistencia que presenta el terreno hasta una determinada profundidad, que suele ser de 10 m a la cual se da por finalizado el trabajo. En este ensayo se coloca una primera varilla en la que se instala una puntaza de unas características estandarizadas en un extremo y una cabeza de golpeo en el otro y se va introduciendo en el terreno al ser golpeada periódicamente por una maza de dimensiones también estandarizadas. Se van contando los golpes necesarios para introducir 20 cm de varilla en el suelo y se considera el ensayo finalizado o el rechazo cuando no se puede profundizar más.

Un ensayo similar al anterior sería el S.P.T. realizado en los sondeos a una cota que nos interese conocer, en este caso se cuentan los golpes para bajar 15 cm.

Al igual que en el departamento anterior los técnicos de geotecnia podrían mostrar algunas muestras de los sondeos y conocer así de primera mano cómo se testifica un sondeo, qué parámetros se estudian y qué conclusiones podemos sacar de ellos.

### **2.3. Departamento de Obra Civil.**

El departamento de obra civil se encargaría de realizar estudios para la construcción de carreteras, presas, puentes y demás grandes infraestructuras. Por un lado este departamento realizaría ensayos similares a los que se hacen en el departamento de geotecnia, como elemento diferenciador que podríamos ver durante nuestra visita al laboratorio estaría el ensayo proctor, ensayo mediante el cual podemos conocer cuál es la densidad óptima que presenta un suelo y con qué humedad podemos alcanzarla, este ensayo se realiza sobre muestras alteradas, tamizadas previamente por el tamiz 20 para retirarles los gruesos, y consiste en ir introduciendo en un molde el material e irlo compactando con una maza específica y mediante la aplicación de una serie de golpes en cada una de las diferentes capas vertidas, tanto los golpes por capa como el número de capas y el volumen del molde varían si el ensayo es el proctor normal o el modificado.

Este ensayo se emplea para ejecutar las explanadas sobre las que después irán las carreteras o para conocer si la balsa que estamos construyendo está lo suficientemente compactada, también se emplea habitualmente en edificación para realizar un tipo específico de cimentaciones que son las denominadas losas de cimentación.

Otro ensayo muy común en esta área es la placa de carga, para determinar los parámetros del suelo, aunque para su realización se precisa de un camión por lo que los alumnos/as podrán ver el material pero no se podrá realizar ningún ensayo de prueba.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

#### 2.4. Departamento de Edificación.

El departamento de edificación se encargaría en primer lugar de estudiar la calidad del hormigón empleado en un edificio. Para ello se toman in situ una serie de muestras de hormigón que se van vertiendo en una serie de moldes, cuatro o cinco, y que deben llenarse en tres capas que son vibradas o picadas para conseguir el correcto cosido entre las mismas, cuando hemos realizado y vibrado la tercera capa se produce en enrasado de la misma y las muestras deben permanecer en sus moldes sin moverse durante al menos 24 h y hasta un máximo de 72 h de forma excepcional, después deben ser llevadas al laboratorio donde se introducen en la cámara húmeda, que se encuentra a unas condiciones de presión y temperatura controladas, hasta que a la semana de su realización se procede a la rotura de parte de las muestras en una prensa especialmente diseñada para ello y se repite el proceso a los 28 días de su fabricación. Con estos resultados podemos obtener una aproximación estadística al valor que este hormigón presenta en la obra. Si durante nuestra visita podemos visitar además el trabajo de toma de muestras de hormigón in situ en alguna obra podremos conocer como se realiza la misma y como se determina mediante el ensayo del Cono de Abrams el contenido aproximado en agua, arena y hormigón del hormigón para verificar que este es apto para ser utilizado. En este ensayo en función del contenido en agua, básicamente, el hormigón es introducido en un cono donde es “cosido” en tres capas y enrasado para posteriormente retirar el cono y medir la altura que adquiere el cono de hormigón resultante. Está claro que si el contenido en agua es muy elevado el hormigón tendrá menos estabilidad y bajará más centímetros que si el mismo hormigón contiene menos agua en cuyo caso conservará la forma del molde.

Los componentes fundamentales del hormigón serían los áridos, arena y grava, el agua y el cemento, que deben ser analizados químicamente de forma periódica.

Además a los áridos se les realiza una caracterización o sea se realizan también de forma periódica granulometrías y determinación de los límites de Atterberg. Los áridos más finos, la fracción arena a estos ensayos habría que añadirles otro que sería el equivalente de arena, consiste en tomar una cantidad de muestra concreta, que previamente ha sido tamizada por el tamiz 5, agitarla en una disolución de composición estandarizada durante un tiempo concreto y someterla después a un lavado, con la misma disolución mediante el cual lo que conseguimos es poner en suspensión las partículas más finas dentro de la fracción arena y al cabo de un tiempo concreto ver a qué altura se queda la fracción arena y a cual se queda la fracción arcilla o limo.

Entre los ensayos que también se pueden realizar en esta área estaría el estudio de la calidad de otros materiales de construcción como pueden ser los ladrillos, baldosas y tejas. En general se les determina la resistencia que presentan estos materiales y la cantidad de agua que absorben o si al permanecer cierto tiempo sumergidos presentan eflorescencias o no, y en el caso de las tejas también se estudia la impermeabilidad de éstas, para lo cual se crea una pequeña presa de yeso y posteriormente se le añade agua a la teja y se ve si esta a perdido agua o no.

Otro ensayo curioso para los alumnos es el de la resistencia de las baldosas al impacto de una bola de masa conocida y que se deja caer sobre una baldosa que se sitúa en una cama homogénea de



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

arena desde una altura determinada. En este caso se van contando la cantidad de impactos que la baldosa resiste.

Por último dentro de esta área podemos destacar los ensayos de rotura de aceros o el ensayo de resistencia a la tracción del acero, puesto que hoy en día la mayor parte de los edificios están realizados con hormigón y acero y debe determinarse la resistencia de ambos. Al finalizar este ensayo los alumnos/as podrán comprobar con cuidado como tras la rotura del acero se desprende un cierto calor de este.

## 2.5. Análisis Químicos.

El departamento de análisis químicos estaría al servicio de todos las demás áreas por lo que su visita será obligatoria y en ella los alumnos/as podrán observar tanto material y útiles que ya conocen como otros que les pueden resultar nuevos como serían los pHmetros, para determinar la acidez del agua, o los hornos en los que se calcinan algunas muestras como parte del proceso de análisis necesario para emitir unos resultados.

## 3. CONCLUSIÓN

Como conclusión hay que decir que estas experiencias de salir a aprender fuera del aula suelen resultar muy productivas siempre y cuando se encuentren muy bien estudiadas y planteadas y llevan detrás un importante trabajo de preparación tanto por parte de los alumnos/as como por parte del profesor que debe tener claro que es lo que van a ver, con quien lo van a ver, y cuando puesto que estamos visitando un centro de trabajo en el que se deberá compaginar la función pedagógica de la visita con la discreción y sentido común de los alumnos/as para que sepan comportarse y respetar las normas del lugar.

En cualquier caso las salidas son siempre agradecidas ya que desembotan los sentidos y ayudan a que se fomente la convivencia entre los compañeros y se realice otro tipo de aprendizaje en el que no solo interviene el profesor sino que también intervienen otras personas que pueden aportar puntos de vista diferentes y por supuesto enriquecedores.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

Ayala, F., Andreu, J., Ferrer, M., Fe, M. y otros. (1991). *Manual de ingeniería de taludes*. Madrid: IGME, Instituto Geológico y Minero de España.

Ferrer, M. y González de Vallejo, L. (1999). *Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos*. Madrid: IGME.

González de Vallejo, L., Ayala, F., Beltran, F. y otros (1989). *Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España*. Madrid: IGME.





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 14 – ENERO DE 2009

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Prentice Hall.

## 5. BIBLIOGRAFÍA WEB

[http://espiral.xtec.net:8081/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1204839948201\\_2079014193\\_983](http://espiral.xtec.net:8081/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1204839948201_2079014193_983)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cono\\_de\\_Abrams](http://es.wikipedia.org/wiki/Cono_de_Abrams)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayos\\_de\\_laboratorio](http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayos_de_laboratorio)  
[http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/cortedirecto.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/cortedirecto.pdf)  
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3282/15/53973-15.pdf>  
<http://www.cemosa.es/>  
<http://www.codexsa.com/>  
<http://www.conanma.com/>  
<http://www.dipucordoba.es/siga21/a21/rmi/upload/rmi/144/anexos/02DAT.pdf>  
[http://www.educacionenvalores.org/IMG/pdf/ley\\_organica\\_de\\_educacion-3mayo2006.pdf](http://www.educacionenvalores.org/IMG/pdf/ley_organica_de_educacion-3mayo2006.pdf)  
[http://www.estudiosclasicos.org/curriculo\\_ESO\\_Andalucia.pdf](http://www.estudiosclasicos.org/curriculo_ESO_Andalucia.pdf)  
<http://www.fcyt.umss.edu.bo/investigacion/geotecnia/ensayos/granulometria.php>  
[http://www.lacharcadepegalajar.com/htm/balsas\\_alpe.htm](http://www.lacharcadepegalajar.com/htm/balsas_alpe.htm)  
<http://www.laboratoriosacreditados.com/>  
<http://www.imascontrol.es/>  
<http://www.mepsyd.es/educa/sistema-educativo/loe/files/educacion-secundaria-obligatoria.pdf>  
[http://www.postgrado-fic.org/Download/Alva/Ensayo\\_Permeabilidad\\_ASTM5084.pdf](http://www.postgrado-fic.org/Download/Alva/Ensayo_Permeabilidad_ASTM5084.pdf)  
<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/ciencia3.htm>  
<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica4.htm>  
<http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-24.pdf>

### Autoría

- 
- Francisco Javier Fimia García
  - I.E.S. Virgen de la Cabeza, Marmolejo, Jaén
  - E-MAIL: [fjimia@yahoo.es](mailto:fjimia@yahoo.es)