

SISTEMA MULMICO®
INNOVACIÓN EN LOS SISTEMAS DE DRENAJE PARA AFECCIONES EN
EDIFICACIÓN Y OBRA CIVIL, ANTE LA ELEVADA SINIESTRALIDAD POR
LA INCIDENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA:

ABSTRACT- RESUMEN

Este artículo se ocupa de los efectos del agua subterránea en edificios y estructuras. El objetivo principal es presentar el sistema de drenaje Mulmico® amparado bajo “Patente Internacional”, como solución innovadora ante la elevada siniestralidad por la incidencia del agua subterránea en edificación. Este sistema se basa en un drenaje gravitacional a través de una red subterránea de microconductos que ofrece ventajas importantes: previene y paraliza muchos procesos patológicos, entumecimiento, retracción, humedades, degradación, pérdida de resistencia, pudrición, corrosión, disgregación, desagregación, asientos, grietas, etc.

Palabras clave: Humedad, Sistema Mulmico, drenaje, asientos diferenciales, empujes hidrostáticos, subpresión, subsidencia, expansividad, colapso, consolidación, entumecimiento, retracción, humedades, capilaridad, filtración, degradación, pérdida de resistencia, pudrición, corrosión, disgregación, desagregación, grietas.

1. SINIESTRALIDAD, FACTORES DE RIESGO Y DAÑOS.

La referida **siniestralidad** se entiende como la frecuencia o índice de un **daño** surgido durante o después de fundar o levantar una construcción, motivado por la aparición del agua subterránea y la interacción de ésta con la edificación que puede crear situaciones de auténtica emergencia y efectos desastrosos.

El origen de los factores de **riesgo** se reduce a: naturales, por la existencia de niveles freáticos, recargas (precipitaciones), y artificiales (fugas de redes, desvíos, riegos, etc.)

Los **daños** pueden ser tratados, paliados, ignorados o eliminados.

En ocasiones tenemos la necesidad de implantar nuestras construcciones sobre suelos que contienen agua subterránea. Su repercusión puede llegar a ser tan trascendente que condicione la viabilidad de las mismas.

El “obligado” aprovechamiento que se realiza del suelo en nuestras ciudades y sus entornos, motiva la construcción de edificaciones en antiguos cauces, fértiles valles, laderas, humedales, o suelos donde se desaconseja cualquier implantación constructiva. Éste es un factor de riesgo que se ha ido acrecentando por la necesidad de expansión de nuestras urbes.



Fig. 1. Resumen de afecciones

Al construir bajo rasante cualquier elemento, (zapata, muro, pantalla, foso, etc.) creamos un efecto de barrera a los flujos subterráneos que altera sus niveles (nivel freático) o trayectoria.

Con la acción humana hemos ido soterrando o desviando aquellos flujos naturales que nos impedían o dificultaban labores constructivas, con la creencia de que esto era una solución definitiva, o por lo menos esa ha sido nuestra intención; hoy por hoy el tiempo demuestra que no hay nada más lejos de la realidad. En muchos casos los flujos soterrados vuelven a tener influencia en la edificación y los desvíos en muchas ocasiones afectan a edificaciones ajenas.

La cimentación es el elemento más importante de cualquier edificación. Las edificaciones enterradas se delimitan por sus muros, debiendo estar protegidos contra la humectación desde su origen. Cualquier contacto o filtración de agua que afecte a estos elementos, con el tiempo se traduce en una afección estructural en sí misma.



Fotos.-Agua afectando a cimientos

No debemos olvidar que si un terreno seco se satura, la capacidad de carga final de una zapata superficial se reducirá en la relación entre el peso específico sumergido y el peso específico seco. Como este cociente suele estar entre 0,5 y 0,7, la capacidad de carga de una zapata en la superficie de un terreno saturado será aproximadamente del 0,5 al 0,7 de la correspondiente a un terreno seco.

El agua, cuyo origen puede ser diverso (niveles freáticos, fuga de redes de abastecimiento o saneamiento, lluvia, riegos, etc.) siempre afectará de un modo u otro, pudiendo provocar muchos efectos negativos, afectando tanto al suelo portante como a la estructura:

.- Al suelo portante entre otros, por:

Presiones intersticiales, asientos absolutos, asientos diferenciales, pérdida de capacidad portante, socavamiento, karstificación, lavado de finos, desestabilización, desplazamiento, etc.

.- A la propia estructura mediante numerosos y muy diversos procesos físicos, químicos o biológicos, ya sean directos o indirectos como:

Empujes adicionales en muros y soleras, entumecimiento, pérdida de resistencia, retracción, deformación, reblandecimiento, densidad, asientos, grietas, erosión, filtración, inundación, humedades en general, haloclastia, degradación, disgregación, desagregación, heladicidad, disolución, corrosión, pudrición o como coadyuvante de reacciones endógenas.



Fotos --Corrosión, degradación, filtraciones y humedades

La patología más frecuente: degradación, humedades, filtraciones y grietas.

Resulta imprescindible controlar las aguas subterráneas siempre que vayamos a realizar una excavación por debajo del nivel freático, para eliminar riesgos de inundación y desestabilizaciones: se pueden ejecutar barreras físicas que impidan la entrada de agua o deprimir los niveles mediante bombeos, o la combinación de ambos.

La aparición de agua dentro de una construcción (filtración), la consideramos una injerencia y nos predispone a una batalla que en muchos casos perdemos.

Frecuentemente adoptamos medidas apresuradas, transitorias o de ocultación, que se traducen en inadecuadas y contraproducentes para el futuro de la construcción, como lo demuestra el hecho de ser el "agua" el origen del mayor índice de siniestralidad que se registra en edificación.

2. NORMATIVA PARA EVITAR RIESGOS.

Hacemos una simple mención:

El Código Técnico de la Edificación (Normativa de seguridad habitabilidad y sostenibilidad de las edificaciones) en su Capítulo 3. Exigencias básicas. (Artículo 10.1) determina: *"la resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto"*.

En el mismo Capítulo 3, Artículo 13.1. Exigencia básica **HS 1**: Protección frente a la humedad: *“Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración, o en su caso permitan su evacuación sin producción de daños”.*

El agua es uno de los principales y más frecuentes elementos que justifica estas disposiciones.

El cumplimiento de esta normativa es de suma importancia para la conservación de nuestro patrimonio arquitectónico antiguo, actual y futuro.

Las medidas que se adopten para contrarrestar sus efectos perjudiciales, tampoco son ajenas a la estabilidad actual y futura de lo construido.

3. MEDIDAS TRADICIONALES ANTE DAÑOS POR INCIDENCIA DE AGUA SUBTERRÁNEA.

Las medidas que se suelen adoptar para evitar esta siniestralidad son:

- 3.1) La contención del agua
- 3.2) El tratamiento de los materiales dañados.
- 3.3) La “ocultación” del problema.
- 3.4) La eliminación del agua.

3.1) Sobre la contención del agua:

El efecto de retención en la circulación natural del agua provocado por **bloqueos o impermeabilizaciones** produce un ascenso del nivel del agua retenida (gradiente), aumentando los empujes hidrodinámicos (sobrepresión) sobre muros, causantes de la gran mayoría de fallos en las estructuras de contención. Con la contención se acrecienta la saturación del terreno adyacente y/o subyacente, lo que repercute en su estabilidad y capacidad portante. Así mismo provoca subpresiones en losas y soleras, donde se debe estudiar la flotabilidad y estabilidad de la estructura por efectos de ebullición, fluidificación del suelo subyacente o sifonamiento.

Es un sistema **no** recomendable e incluso perjudicial.

La retención se aplica generalmente durante los procesos constructivos en obra nueva. Esta medida básicamente consiste en la acción de **impermeabilizar paramentos** de cerramiento o losas expuestos a la acción del agua. Para ello son numerosos los **productos** en el mercado actual, desde aditivos a los morteros, morteros específicos, imprimaciones, láminas, paneles, resinas y un largo etcétera. Todos ellos se aplican para evitar la penetración del agua al interior de la edificación y como consecuencia acrecientan la repercusión de ésta sobre el suelo.



Fotos:-Colocación de láminas trasdosadas durante el proceso constructivo (fotos superiores). Tratamiento en intradós bajo presión negativa y filtración (fotos inferiores)

Para que el sistema de contención no sea perjudicial, deberá ir acompañado de un sistema de drenaje adicional.



En rehabilitación también se suele recurrir a estos productos que en la mayoría de los casos son implantados por el intradós bajo presión negativa. Al ser instalados por el intradós, no se puede considerar como una solución real y definitiva porque con ello no evitamos la exposición (contacto) del elemento constructivo a la acción del agua.

Son sorprendentes las prestaciones de numerosos productos que existen en el mercado actual para obturar o impermeabilizar bajo presión negativa. No se pone en cuestión la capacidad de adherencia de estos productos, pero es evidente que su eficacia y durabilidad dependerá del estado de la base o soporte sobre los que son implantados; en estos casos, la base o soporte ya está y seguirá expuesta a la acción directa y erosiva del agua (ataque físico y químico), como hemos mencionado anteriormente.

En muchos casos, después de hacer un tratamiento del intradós mediante impermeabilización u obturación, el agua vuelve a infiltrarse por otra zona distinta de la tratada. Ello es debido generalmente al aumento del empuje que se crea al haber provocado la retención con el tratamiento, que a su vez provoca que el agua erosione o busque otro punto para infiltrarse y produzca otra vía de penetración.



El único sistema de los aquí descritos para rehabilitación que puede tener acceso al trasdós, es la inyección de resinas acoreactivas, aunque no deja de ser un sistema de obturación o taponamiento de vías de agua que provoca retención. La naturaleza, anisotropía, porosidad y compactación del trasdosado, limita en muchos casos su aplicación. La inyección es un procedimiento poco controlable; el precio de la materia prima es alto y la suma de todos estos factores eleva considerablemente el coste del método.

Foto --Tratamiento mediante resinas inyectadas en el trasdós

Su efectividad es baja e igualmente desaconsejable por sí sola.

3.2) Sobre el tratamiento de los materiales dañados.

Es indudable que tras sufrir un daño por la acción del agua, los materiales o elementos constructivos deben ser tratados o rehabilitados para restablecer sus funciones; ello será posterior al imprescindible tratamiento que se aplique previamente para eliminar el elemento agresor: "el agua".

Por si solo es un método insuficiente ya que no evita la exposición y ataque.

Foto -.- Tratamiento mediante mortero para reparar hormigón



3.3) Sobre la ocultación del problema.

En muchos casos ante la imposibilidad de aplicación de medidas efectivas o desconocimiento de un sistema realmente corrector, es frecuente implantar sistemas de ocultación como pueden ser cámaras bufas, chapados, bandejas y un largo etcétera. Las ocultaciones empiezan siendo medidas transitorias y terminan siendo medidas fijas que impiden observar la evolución de la lesión. La **no** actuación o adopción de una medida efectiva, provocará una degradación progresiva y generalizada de elementos estructurales.



Fotos -.- La ocultación y su resultado.



La ocultación **no** debería ser adoptada por un profesional. No se puede considerar como una medida correctora. Esta acción es totalmente desaconsejable.

3.4) Sobre la eliminación del agente agresor, “el agua”.

Ante la problemática de las medidas anteriores, es obvio considerar que la solución realmente eficaz sería aquella que eliminara el agua (agente agresor).

El único método que “elimina el agua” o nivel freático del suelo es el **drenaje**. El drenaje se convierte en la solución más coherente y eficaz.

Será siempre el procedimiento más recomendable.

¿Podemos decir que hemos llegado a determinar la acción que nos permitirá hacer frente a la elevada siniestralidad en la edificación por la incidencia del agua subterránea? ¡Indudablemente!. El drenaje además de eliminar el agua suele producir un aumento de compacidad. Es el sistema más utilizado para el tratamiento y mejora de suelos y obtener su consolidación.

Drenando se reduce o anula la presión intersticial lo que incrementa la tensión efectiva y aumenta la estabilidad del terreno. En ingeniería suele ser muy deseable y a veces imprescindible eliminar el agua intersticial del terreno o por lo menos reducir su presión. A veces se hace el drenaje como medida provisional para permitir la construcción (como en el caso del sótano de un edificio bajo el nivel freático) y a veces como medida permanente para proteger una estructura. Mansur y Kaufman (1962) han descrito muchos de los aspectos teóricos y prácticos del drenaje.



La **incidencia del agua** en proyectos de construcción que pueda afectar tanto a la viabilidad de su ejecución como a la estabilidad del suelo portante, o crear problemas endémicos en las construcciones, **puede ser resuelta con la acción de drenar**, siempre y cuando elijamos un método efectivo, permanente y no contraproducente. El hecho de drenar tampoco puede ser una acción irresponsable y será imprescindible conocer la naturaleza del suelo y tener los ensayos necesarios para poder elegir el método adecuado.

Son muy numerosos los sistemas existentes para el rebajamiento del nivel freático. Karl Terzaghi , Peck y Mesri (1996) citan los siguientes métodos: well-point, pozos profundos, pozos profundos con eyectores, pozos sangrantes o de descarga , drenaje por vacío y drenaje por Electro-Osmosis.

Resulta muy ilustrativa la siguiente tabla (fig. 2), donde J.P. Powers (1992) realiza una valoración de cada método para diferentes casos en función de la granulometría del suelo, hidrogeología, requerimientos técnicos y capacidad.

CONDICIONES	SISTEMAS WELLS POINTS	POZOS DE SUCCIÓN	POZOS PROFUNDOS	SISTEMAS CON EYECTORES	DRENES HORIZONT.
Suelo					
Arenas limosas Y arcillosos	Bueno	Deficiente	Deficiente a regular	Bueno	Bueno
Gravas y arenas limpias	Bueno	Bueno	Bueno	Deficiente	Bueno
Suelos estratificados	Bueno	Deficiente	Deficiente a regular	Bueno	Bueno
Arcilla o roca en sub-rasante	Regular a bueno	Deficiente	Deficiente	Regular a bueno	Bueno
Hidrología					
Alta permeabilidad	Bueno	Bueno	Bueno	Deficiente	Bueno
Baja Permeabilidad	Bueno	Deficiente	Deficiente a regular	Bueno	Bueno
Recarga próxima	Bueno	Deficiente	Deficiente	Regular a bueno	Bueno
Recarga lejana	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Programa					
Necesidad de descenso rápido	Apto	Apto	Insatisfactorio	Apto	Apto
Descenso lento permisible	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
Excavación					
Poca profunda (<6m)	Apto	Apto	Apto	Apto	Apto
Profunda (>6m)	Requiere múltiples etapas	Requiere múltiples etapas	Apto	Apto	Equipo especial
Características					
Espaciado normal	1,5-3 m	6-12 m	15 m	3-6 m	-
Rango de capacidad					
Por unidad	0,4-95 l/min	190-2270 l/min	0,4-11350 l/min	0,4-150 l/min	-
Todo el sistema	Baja-19000 l/min	7500-95000 l/min	Baja-222500 l/min	Baja-3800 l/min	Baja-7500 l/min
Eficacia con diseño correcto	Buena	Buena	Regular	Deficiente	Buena

Fig. - 2. Fuente: Powers, J.P. (1992).

De esta tabla se deduce que el método de drenaje más eficaz ante cualquier naturaleza y condición es el de **drenes horizontales**.

No toda el agua contenida en el suelo es perjudicial ni debe ser drenada para alcanzar nuestro fin. Debemos distinguir: (fig. 3).

- Agua de retención
- Agua capilar
- Agua gravífica.

El agua de retención (higroscópica) deberá permanecer. Parte del agua capilar interesará que se desprenda del terreno y el agua gravífica, sí deberá ser excluida.

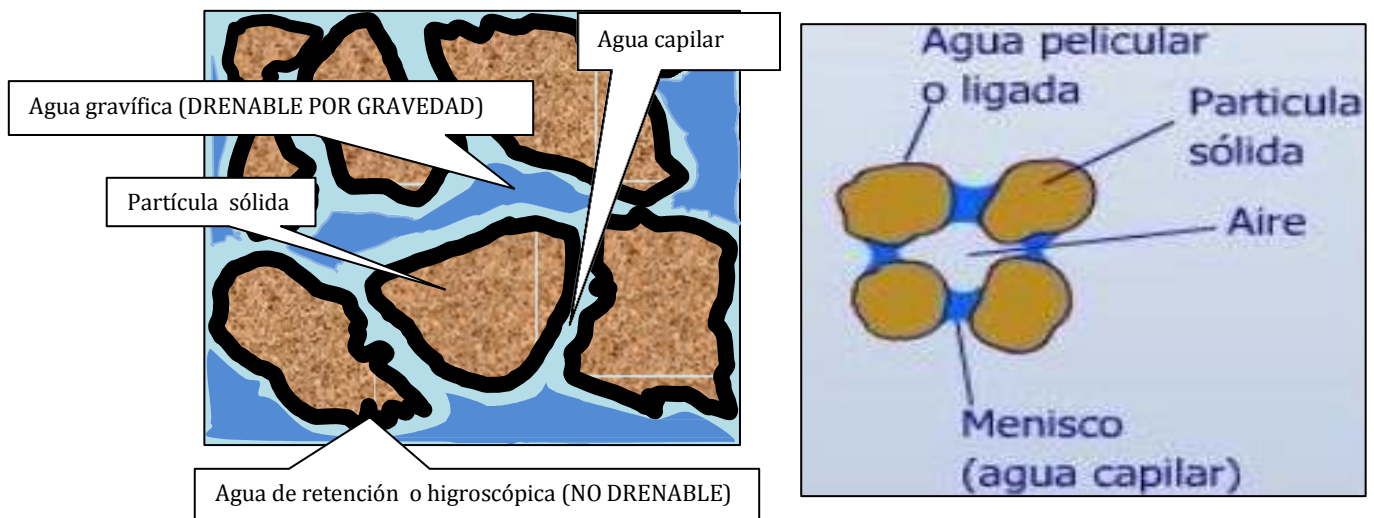


Fig.- 3. El agua en el medio poroso.

El agua gravífica equivale al agua intersticial capaz de ser liberada del suelo, y que puede desplazarse por el medio poroso (suelo) obedeciendo exclusivamente a la gravedad. Equivale al valor de la porosidad eficaz de éste. (fig. 4 y 5). Cada suelo tiene una velocidad crítica para ser drenado. Un aumento de velocidad podrá motivar un arrastre de la materia fina (matriz), o de toda aquella partícula susceptible de ser transportada por este incremento. Se admite que su velocidad estará en relación directa con la permeabilidad del medio poroso y el gradiente hidráulico (Ley de Darcy).

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	TIPO	EXTRACCIÓN
Agua retenida por fuerzas no capilares	Absorbida por fuerzas eléctricas debido al carácter bipolar de las moléculas de agua	Higroscópica (retenida entre 10000 y 25000 atm.)	Calcinación
		Pelicular (película que envuelve a las partículas y agua higroscópica)	Centrifugación
Agua Retenida por fuerzas de capilaridad	Puede elevarse por encima de la superficie libre y mantenerse por tensión superficial	Capilar Aislada	Gravedad
		Capilar Continua	
Agua no retenida por el suelo	Sometida a la acción de la gravedad	Gravífica	

Fig. 4. El agua en el suelo y subsuelo

	total	eficaz
Arcillas	40 a 60	0 a 5
Limos	35 a 50	3 a 19
Arenas finas, arenas limosas	20 a 50	10 a 28
Arena gruesa o bien clasificada	21 a 50	22 a 35
Grava	25 a 40	13 a 26
Shale intacta	1 a 10	0,5 a 5
Shale fraturada/alterada	30 a 50	
Arenisca	5 a 35	0,5 a 10
Calizas, dolomías NO carstificadas	0,1 a 25	0,1 a 5
Calizas, dolomías carstificadas	5 a 50	5 a 40
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0,01 a 1	0,0005
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	1 a 10	0,00005 a 0,01

Fig.5. Valores estimados de porosidad (%), según Sanders (1998).

En la acción de drenar debemos distinguir la velocidad de drenaje y la velocidad de evacuación.

La velocidad de drenaje se refiere a la velocidad que alcanza el fluido en el medio poroso (suelo) para abandonarlo: -relación directa entre permeabilidad y gradiente-. (Fig. 6 y 7).

Clases Texturales	Porosidad efectiva (θ_e)	Conductividad Hidráulica (K) (cm/h)
A. Arcilla	0.385	0.06
B. Arcilla limosa	0.423	0.09
C. Arcilla arenosa	0.321	0.12
D. Migajón arcillo limoso	0.423	0.15
E. Migajón arcilloso	0.309	0.23
F. Migajón arcillo arenoso	0.330	0.43
G. Limo	0.460	0.25
H. Migajón limoso	0.486	0.68
I. Migajón	0.434	1.32
J. Migajón arenoso	0.412	2.59
K. Arena migajonosa	0.401	6.11
L. Arena	0.417	22.1

Fig. 6. Conductividad hidráulica y porosidad dependiendo de su clase textural

La velocidad de evacuación es aquella a la que sometemos al fluido una vez que ha abandonado el medio poroso: -relación directa entre el gradiente o fuerza ejercida sobre el fluido y la sección útil de la tubería o conducción-.

Con estas premisas se deberá determinar el método o sistema de drenaje más adecuado.

Permeabilidad m/día	10^4	10^3	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
Tipo de Terreno	Grava limpia		Arena limpia mezcla grava y arena			Arena fina, arena arcillosa mezcla de arena, limo y arcilla, arcillas estratiformes			Arcillas no meteorizadas		
Calificación	Buenos acuíferos					Acuíferos pobres			Impermeables		
Capacidad drenaje	Drenan bien						Drenan mal		No drenan		
Uso en presas	Partes permeables de la presa						Pantallas impermeables				

NOTA: Para poder centrar fácilmente el orden de magnitud de estos coeficientes diremos que 10^{-6} cm/s representa una velocidad aproximada de 30 cm por año.

Fig.7. Tabla de capacidad de drenaje y coeficiente de permeabilidad

Todos aquellos sistemas de drenaje que traten de evacuar el agua contenida en una formación (medio poroso) en menos tiempo que el de la propia descarga natural, alterarán y aumentarán la velocidad del fluido, pudiendo sobrepasar su valor crítico, como es el caso de los muy comunes rebajamientos del nivel freático mediante bombeo abierto. Aunque éste resulte el sistema más económico y el más antiguo, el documento básico de seguridad estructural del **CTE**, lo desaconseja cuando exista riesgo de sifonamiento del suelo.

Incluso, bajo condiciones favorables del bombeo abierto, existe la posibilidad de que se generen conos (boils) donde se produce erosión y subsidencia en la zona colindante al bombeo (Karl Terzagui, Peck y Mesri, 1996).

Por ello se debería considerar desaconsejable para el tratamiento de un suelo saturado sobre el que se asienta o limita una edificación, todo aquel método en que su acción de drenar lleve implícito un considerable aumento del gradiente hidráulico (drenaje vertical), como son: well-point, pozos profundos, pozos profundos con eyectores, pozos sangrantes o de descarga o drenaje por vacío. Pueden ser usados, como cualquier otro método de drenaje, para el tratamiento previo de un suelo que requiera mejora y consolidación con el fin de implantar posteriormente una estructura.

4) MÉTODOS DE DRENAJE RECOMENDABLES.

De todo lo expuesto anteriormente se deduce que los métodos de drenaje más recomendables son aquellos que no requieran bombeo. Entre ellos:

4.1) Zanjas o trincheras

Es el método de drenaje más antiguo y común. Se utiliza generalmente para el control del agua de escorrentía o superficie, en áreas de ladera de cierta pendiente o en zonas inmediatas a fachadas, muros, caminos, etc.

La continuidad del flujo o líneas de corriente y el efecto gravimétrico, hacen de las zanjas o trincheras un método de drenaje por gravedad simple y efectivo.

Requieren de una excavación lineal con pendiente adecuada para provocar el gradiente hidráulico que confiera al agua movimiento y continuidad hasta el punto de descarga.

El ámbito de actuación recomendado para zanjas o trincheras es el terreno superficial natural o rellenos artificiales de permeabilidad media/alta y una profundidad de entre 1 a 3 metros.

4.1.1) Sus ventajas:

- Eficaces para drenajes superficiales.
- Ofrecen una gran superficie de transición con el medio poroso.
- Sencillez de ejecución.
- Sistema preventivo ante inundaciones por fuertes precipitaciones y avenidas.
- Aplicación rápida.
- Protección ante salpicado y/o humedades por absorción en los arranques de fábrica sobre rasante.
- Eficaz drenaje vertical para terrenos trasdosados de muros enterrados de poca incidencia en el subsuelo.
- En general, bajo coste.

4.1.2) Desventajas y limitaciones:



- En áreas urbanas, la existencia de medianerías entre edificaciones, imposibilita su aplicación.
- En áreas municipales es muy dificultosa su ejecución por la existencia de otros servicios de infraestructuras (saneamiento, telefonía, electricidad, etc.).
- No aconsejables para drenajes profundos por:

- Elevación muy considerable de costes.
- Requerir grandes movimientos y transporte de tierras.
- Requieren de espacio amplio a ambos lados para poder taluzar su propia excavación.
- Requerir de trabajos complementarios (entibaciones) para asegurar su estabilidad.
- En zanjas de elevada longitud se requiere de excavaciones profundas para obtener la pendiente necesaria.
- Su ejecución puede poner en riesgo la estabilidad del terreno o estructura limítrofe.
- Poco viables para drenajes en interiores ya que suponen obras traumáticas, costosas, que impiden la operatividad en el área tratada.
- Inaplicables para contrarrestar efectos de subpresión de losas de cimentación ya construidas.

4.2) Electroósmosis

La aplicación más frecuente del tratamiento de electroósmosis en edificación es para combatir las humedades por capilaridad.

La electroósmosis se ha empleado exitosamente en la desecación de lodos provenientes de industrias y de la explotación minera, así como para el drenaje y estabilización de suelos de baja permeabilidad.

4.2.1) Sus ventajas:

- La electroósmosis puede utilizarse para conseguir un control de la presión intersticial en suelos arcillosos y limosos muy finos. En dichos suelos, cuyas permeabilidades son muy bajas, es difícil aplicar las técnicas de pozos con sistema de vacío.
- Existe un sistema inalámbrico de muy sencilla instalación con resultados satisfactorios para el tratamiento de algunas humedades por capilaridad.
- Puede ser utilizado para mejorar el resultado conseguido con otros métodos.

4.2.2) Desventajas y limitaciones:

- Por sí solo, es un sistema con uso muy limitado.
- Alto coste para el tratamiento de amplias superficies.
- Los problemas que pueden derivarse en relación a la salud y la seguridad por el hecho de trabajar con un circuito de corriente continua
- Hace pasar la humedad a otro elemento en contacto con el área a tratar, normalmente el terreno próximo, dejando el agua en la base de muros, zapatas, etc., de un modo permanente. Este hecho puede afectar tanto a la estabilidad del suelo como a la capacidad de resistencia de los elementos constructivos.
- No aplicable para la eliminación de una filtración directa de agua.

4.3).Drenes horizontales. Metodología MULMICO®.

Los sistemas de control del nivel freático que se utilizan actualmente han sido optimizados durante décadas, aunque los principios en los que se basan permanecen sin cambios. Las mejoras implementadas se han centrado en reducir costos, utilizar nuevos materiales, sistemas de bombeo mejorados y métodos de instalación más efectivos y rápidos.

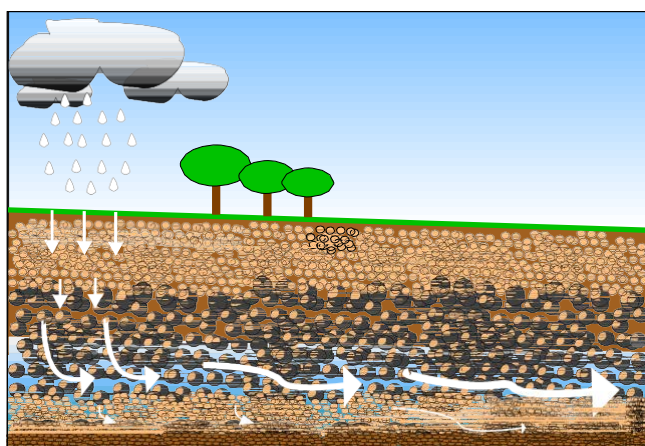
Las limitaciones físicas de estos métodos no han sufrido cambios importantes.

Según lo expuesto en la tabla o figura nº2: Powers, J.P. (1992) el sistema más efectivo y capaz para llevar a cabo un drenaje ante cualquier situación y naturaleza de suelo es el de drenes horizontales.

El sistema Mulmico es el resultado de una larga investigación (I+D+I) de técnicos con dilatada experiencia en hidrogeología, geotecnia y edificación y aunque no deja de basarse en principios fundamentales, - drenes horizontales - , supone un verdadero avance e innovación. Solventa sus limitaciones sin perder ninguna de sus ventajas e incluso incrementa considerablemente su eficacia y facilita su aplicación.

4.3.1).- Base del sistema Mulmico.

El agua en el subsuelo está sometida a dos principales fuerzas que determinan su movimiento: la gravedad y la atracción molecular. Si en las áreas de recarga el agua llega al terreno por fuerzas gravitatorias (movimiento descendente), posteriormente la circulación que se establecerá vendrá condicionada por la estratificación.



A su vez, existe una fuerte anisotropía respecto a la infiltración, siendo el coeficiente de permeabilidad horizontal, superior en cinco veces al menos al vertical, pudiendo llegar a ser varios cientos de veces en suelos estratificados (fig. 8).

Fig. 8. Infiltración en un terreno anisótropo

El sistema MULMICO® se fundamenta en el aprovechamiento de esta característica de los suelos, anisotropía.

Lo consigue mediante la integración en el seno del medio poroso de unos filtros cilíndricos de pequeño diámetro, longitudinales, multidireccionales y continuos en disposición horizontal, que pueden ser integrados al medio a distintas profundidades, confiriendo a éste una mayor porosidad.

De este modo se crea una red o malla drenante de alto rendimiento que nunca podrá llegar a desecar un terreno. Se consigue la exclusión del agua gravífica del medio poroso, la reducción del agua capilar y la consolidación del suelo por la única acción de drenar por gravedad, con una elevada eficacia.

4.3.2).- Cualidades fundamentales del sistema Mulmico:

El sistema Mulmico presenta una serie de cualidades que le proporcionan unas ventajas muy destacables en su eficacia como sistema de drenaje así como en su implantación y puesta en obra.

La cualidad principal del sistema Mulmico es que desaloja el agua del terreno, la confina y reconduce, **evitando el contacto entre construcción y agua**, contrariamente a la gran mayoría de los otros sistemas que hemos mencionado y que se vienen utilizando en la actualidad, como son aquellos que tratan de modificar los elementos constructivos para hacerlos más resistentes a la acción erosiva del agua, o los que tratan de evitar la penetración del agua al interior mediante acciones de impermeabilización.

Como método fundamentado en el hecho de drenar el terreno, confiere a éste una mayor consolidación y estabilidad al conseguir un aumento del ángulo de rozamiento interno, no solo por pasar a una situación efectiva drenada, sino porque también se produce succión en suelos con capacidad sorcitiva tal y como figura en el criterio de rotura del modelo expuesto por Fredlund et Al. (1978), que propuso la ecuación de resistencia al corte, considerando la succión matricial en la envolvente de rotura de Mohr-Coulomb.



Fotos. Antes y después de la aplicación del sistema Mulmico para el tratamiento y consolidación de suelo en una campa de estacionamiento de vehículos en San Fernando de Henares (Madrid).

Su eficacia es incuestionable, ya que va a la raíz del problema; la exclusión del agua allá donde esté, no tratando en ningún caso de contenerla.

Es un sistema óptimo e inigualable para labores de rehabilitación y conservación de edificación.

Mulmico supone una herramienta sumamente versátil y eficaz para el “técnico” o “profesional” en construcción, -amparada bajo Patente Internacional-, que exige y garantiza la profesionalidad de las empresas ejecutoras. Es un sistema multifuncional, apto, eficaz y capaz de ser implantado ante la mayoría de situaciones.

4.3.2.1).- Ventajas en su eficacia como sistema de drenaje:

- El sistema, de alto rendimiento y capacidad de drenaje ante cualquier tipo de suelo, proporciona al terreno una mayor permeabilidad por la creación de espacios vacíos de mayor sección.

-El sistema, al eliminar el agua, es un sistema óptimo para la eliminación de filtraciones y humedades en edificación.



Fotos. Antes y después de la aplicación del sistema Mulmico para la eliminación de humedades en un sótano de un edificio en el T.M. de Rivas Vaciamadrid (Madrid).

-Recepciona y captura solo el agua intersticial -susceptible de ser drenada por gravedad-, manteniendo el coeficiente de retención específico, lo que evita la desecación del terreno.

-Reduce las pérdidas de carga y evita la erosión interna o tubificación (pipping) del terreno, producida por los flujos de agua, mediante el confinamiento y desplazamiento del agua a través de los filtros.

-Atenúa la velocidad de circulación del fluido, al aumentar la sección útil de tránsito, eliminando el riesgo de sobrepasar el valor crítico y como consecuencia evita la “migración de finos”.

-Al aumentar el tamaño del poro, reduce la capilaridad.

-Es un método idóneo para evitar efectos de subpresión, sifonamiento o fluidificación en áreas y cotas de cimentación.

-Crea una gran área de transición entre el medio poroso (terreno) y la superficie a drenar, que junto al aumento de permeabilidad lo capacita para el drenaje de terrenos de muy baja permeabilidad (acuitardos y acuicludos).

-En suelos consolidados y sobre-consolidados, el drenaje del terreno mediante el sistema Mulmico no va a producir ningún tipo de asentamiento del terreno, incluso en el caso de suelos blandos o no consolidados, el sistema podrá implantarse, siempre y cuando, previo estudio del terreno se puedan crear con el sistema las condiciones favorables para tal efecto.



Fotos. La aplicación del sistema Mulmico como tratamiento de suelo, permitió la ejecución de la cimentación de una nueva edificación en la "Teneria II" en el T.M. de Pinto (Madrid).

-El sistema ofrece un gran rendimiento para el tratamiento y mejora de suelos blandos no consolidados, previo a edificar, es decir, en procesos de pre consolidación, dado que la red de filtros permite disipar el exceso de presiones intersticiales hasta su estabilización, permitiendo dejar un sistema de acción continua y permanente.

-Su cobertura, durabilidad, rapidez de aplicación, multifuncionalidad, no ser agresivo, y costes de implantación, hacen que el sistema sea sumamente rentable.

4.3.3) Implantación del sistema Mulmico:

Para poder obtener todas y cada una de las ventajas que nos ofrece el sistema Mulmico es indispensable conocer las condiciones de permeabilidad, transmisibilidad, coeficiente de almacenamiento, espesores permeables (estrato) fisuración o karstificación del medio poroso, ya que estos parámetros permitirán el dimensionamiento de los filtros y su distribución e integración en el medio.(fig.7)



Fig. 9. Representación gráfica del sistema Mulmico.

El hecho de no requerir la ejecución de excavaciones de importancia, movimiento de tierras ni apertura de zanjas, permite su implantación bajo edificios, bajo fundaciones, trasdosarlo a muros de contención o cerramiento y un largo etcétera.

En ningún caso la implantación del sistema interrumpe la operatividad en el inmueble, no provocando molestias a los habitantes ni dificultando la funcionalidad de las instalaciones.

Para la implantación del sistema Mulmico únicamente se necesita un acceso al subsuelo, de reducidas dimensiones, que posteriormente será transformado en el receptor del agua resultante de toda la red de filtros drenantes.

4.3.3.1) Ventajas en su implantación y puesta en obra:

-Aplicación directa, inocuo, no traumático, insustituible en rehabilitación. Su implantación en edificios ya construidos, sin obras traumáticas, sin hacer necesarias excavaciones (zanjas, entibaciones), ni rotura de elementos

constructivos, le facultan para las obras de rehabilitación de edificios reconocidos como Patrimonio Artístico.,

-Su implantación es rápida y efectiva. Es orientable y de fácil acceso a las zonas afectadas. No interrumpe la operatividad ni funcionalidad del edificio a tratar.

-Permite ser implantado bajo la cimentación, creando un drenaje de base sumamente eficaz bajo losas, entre pilotes o zapatas, sin perjuicio para la construcción.



Fotos. Antes y después de la aplicación del sistema Mulmico para la rehabilitación de un sótano inundado en una edificación propiedad de RENFE en Atocha (Madrid).

-El material empleado en la red de filtros es capaz de resistir las acciones físico-químicas del medio que las rodea.

- Puede ser implantado desde el exterior o interior de la edificación.

-Eficaz drenaje para los terrenos trasdosados a muros enterrados entre medianerías o de gran incidencia en el subsuelo.



Fotos. Antes y después de la aplicación del sistema Mulmico para el tratamiento de un muro en un garaje subterráneo en Paseo de Recoletos (Madrid).

- En el caso de existir medianerías, puede ser implantado desde patios interiores, sótanos, fondos de escalera, pozos de saneamiento, trasteros, fosos de ascensor, frentes de muro, etc.

-No requiere mantenimiento. Su funcionalidad es permanente, sin requerir fuente de energía. Una vez implantado será un sistema de protección ante cualquier eventualidad que provoque una recarga (natural o artificial) del medio poroso.

-Permite implantar un drenaje en áreas urbanas, sin que influya la existencia de medianerías entre edificaciones, o en áreas municipales, donde la existencia de otros servicios de infraestructura con frecuencia impiden la ejecución de drenaje con otros métodos (zanjas).

-Aplicable para drenajes de media a alta profundidad (de dos metros en adelante).



-Permite crear grandes y extensas redes de drenaje para el tratamiento de grandes superficies.

Fotos. El sistema Mulmico permitió con una única actuación, el tratamiento del terreno subyacente y portante, de 53 viviendas adosadas en el T.M de Santa María de Benquerencia (Toledo) afectadas de filtraciones en sótanos, humedades, asientos etc.

-El sistema es apto para provocar nuevamente la infiltración al suelo pudiendo establecer un efecto puente de la zona a tratar; su gran superficie de filtración permite devolver el agua captada nuevamente a la formación (estrato).



Fotos. El sistema Mulmico permitió el tratamiento del terreno subyacente y portante de una torre de 18 plantas en Benidorm (Alicante), afectado por un acuífero subterráneo.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala Carcedo, F.J. et AL. Manual de Ingeniería de Taludes. "Corrección de taludes por drenaje" Cap. 8.4 ITGE 1991.
- Benitez, A. Captación de aguas subterráneas. 1972, 2ª Edición. DOSSAT S.A. Madrid, 1972.
- Bielza Feliú, A. Manual de Técnicas de mejora del Suelo. Ed. Entorno Gráfico 1999.
- CANMET (Canada Centre of Mineral and Energy Technology). "Pit Slope Manual". Cap. 4 "Ground-Water"; Cap. 6 "Mechanical Support"; Minister of Supply and Services, Canada, 1977.
- Cassiraga, Ferrer (UPV, FERRER S.L.) Control de las aguas subterráneas en la construcción 5
- Cecilio Oliver Díaz de Monasterio conferencia: "El Agua Subterránea y su Incidencia en la Construcción
- Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid. Instituto Eduardo Torroja "La humedad como patología frecuente en la edificación". (1.993)
- Eugenio Sanz Perez Colegio de Caminos, Canales y Puertos. -Hidráulica Subterránea Aplicada- 1ª edición Enero 2004.
- Francisco Serrano Alcudia "Patología de la Edificación" El lenguaje de las grietas
- Editado por: La Fundación Escuela de la Edificación 1998.
- Fredlund, DG et al. 1978. The shear streng of unsaturated soil. Canadian Geotechnical Journal, v. 15, p. 313-321.
- Jiménez Salas, J. A. et AL. Geotecnia y Cimientos II. Mecánica de los Suelos y de las Rocas. Ed. Rueda 1981.
- Jiménez Salas, J. A. et AL. Geotecnia y Cimientos III. Cimentaciones, Excavaciones y Aplicaciones de la Geotecnia."El Drenaje de Excavaciones" Cap. 8.1.3 Ed. Rueda 1980.
- J. Costet, G. Sanglerat. Curso práctico de mecánica de suelos Ediciones Omega S.A. (1.975)
- Muñoz Hidalgo, M. Influencias, daños y tratamientos de las humedades en la edificación, 2004.
- Nasarre, Mª Pilar y Sarriá, J. Patologías por la humedad en la edificación (XV Curso de Estudios Mayores de la Construcción. Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja"- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2001.
- Palomo, A. y García Morales, S. La humedad como patología frecuente en la edificación, 1993.
- Ponencias en el XV Curso de Estudios Mayores de la Construcción Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. "Patologías por la Humedad en la Edificación". (CEMCO 2001).
- Pimienta, J. La captación de aguas subterráneas. Editores Técnicos Asociados. Bcelona, 1980.
- Powers, J.P. Construction dewatering: New methods and applications. Ed Wiley et Al. Nueva York, 1992.
- Reza García, Clemente. Flujo de Fluídos. División de Ingeniería de CRANE. Ed. McGraw-Hill)
- Rodriguez Ortiz, J. M., Serra Gesta, J. Y Oteo Mazo, C. Curso Aplicado de Cimentaciones. 2ª Edición COAM, 1986.
- Serrano Alcudia, F. Patología de la edificación "El lenguaje de las grietas". Fundación Escuela de la Edificación, 1999.
- Terzaghi, Peck y Mesri. Soil Mechanics in Engineering Practice (3rd Ed.). Wiley Interscience Publication 1996.
- T. William Lambe, Robert V. Whitman. Instituto Tecnológico de Massachusetts. Mecánica de Suelos. Editorial Limusa. Noriega editores (1.998).