

2. LA CAL

2.1 TIPOS DE CALES

Los materiales ligantes son aquellos materiales que por medio de una transformación física, química o físico-química son capaces de unir entre sí otros materiales. Se clasifican en 2 grandes grupos:

Aglomerantes: Son aquellos ligantes que para unir otros materiales sufren una reacción física bien sea la evaporación de disolventes, de agua, enfriamiento, etc. Algunos de estos materiales son: el barro, asfalto, betún, brea, resinas, pegamentos, silicona, plásticos y pinturas.

Conglomerantes: para unir materiales sufren una reacción química llamada fraguado. Se subdividen en:

Aéreos: si sólo fraguan en el aire. A este grupo pertenecen la cal aérea y el yeso

Hidráulicos: fraguan en el aire y en el agua. En este grupo se incluyen la cal hidráulica y el cemento

La cal es uno de los materiales de construcción más antiguos ya que la más remota utilización de la cal de que se tiene noticia cierta es de unos 4000 años antes de Jesucristo en el revestimiento de las pirámides de Egipto. Se sabe que en la Muralla China se empleó ampliamente el mortero de cal. Conoció el pueblo romano con más perfección el proceso de fabricación. Vitrubio estableció especificaciones para el uso de la cal en morteros, en enlucidos y en carreteras, en base a las cuales se construyó la Vía Apia. La mayor contribución de los romanos a la tecnología de la cal fue la adición a la cal viva de cenizas volcánicas ricas en sílice, con lo cual se obtenía un material que fraguaba bajo el agua a diferencia de la cal viva sin ninguna adición, que no fraguaba más que al aire.

Durante siglos se ha considerado como caliza impura, inadecuada para la fabricación de cal, la que contenía arcilla, hasta que en el siglo XVIII, en Inglaterra, se comprobó que con esta caliza se obtenía una cal de mayor calidad. Vicat, en la segunda década del siglo XIX, definió la teoría de la hidraulicidad afirmando que, cuando la caliza contiene una cierta proporción de arcilla íntimamente mezclada, da lugar, por cocción, a una cal hidráulica. Incluso llegó a fabricar una cal hidráulica artificial mezclando la arcilla y la caliza y cociendo después dicha mezcla. Por modificaciones y mejoras sucesivas del experimento de Vicat, se llegó al cemento Portland. Este destronó a la cal hidráulica, adquiriendo rápidamente la hegemonía que hoy tiene en el campo de los conglomerantes.

Se llama **cal** a todo producto, sea cual fuere su composición y aspecto físico, que proceda de la calcinación de piedras calizas. Como consecuencia de las variaciones de composición de la roca de partida pueden obtenerse una serie de cales, que varían desde las cales muy puras; altamente cálcicas, hasta altamente hidráulicas, con contenidos de óxido de calcio de un 50% y aún menos. Así obtenemos dos tipos fundamentales de cales:

Cales aéreas: Cales que se componen principalmente de óxido e hidróxido de calcio y magnesio, los cuales endurecen lentamente al aire por la acción del CO_2 de la atmósfera. No presentan propiedades

hidráulicas, es decir, no endurecen con el agua y se obtienen a partir de rocas calizas con contenidos en carbonatos superiores al 95%.

Cuando a una caliza más o menos pura la sometemos a una cocción (900-1000°C) se verifica la siguiente reacción $\text{CO}_3\text{Ca} + \text{calor} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaO}$

El carbonato cálcico CO_3Ca se descompone, dando anhídrido carbónico CO_2 , que es gaseoso y se desprende junto con los humos del combustible, y óxido de calcio CaO

Denominándose al CaO **cal viva**, cuando se presenta en terrones, recibe el nombre de **cal en terrones**. La cal viva es un producto inestable, por tener gran avidez para el agua, con la que reacciona de la siguiente manera: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 15.100 \text{ calorías}$

Produciéndose hidróxido cálcico $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o **cal apagada**, desprendiéndose calor, elevándose la temperatura a unos 160° C., pulverizándose y aumentando considerablemente de volumen aparente. Esta avidez para el agua es tan grande que absorbe el vapor de agua de la atmósfera y la de las sustancias orgánicas, produciendo efectos cáusticos. Cuando el agua añadida ha sido la indispensable para formar el hidróxido se denomina **cal en polvo** siendo un producto polvoriento. Si una vez formada la cal en polvo se sigue añadiendo agua se forma **cal en pasta**

La **cal apagada o hidratada** en pasta tiene la propiedad de endurecerse lentamente en el aire, enlazando los cuerpos sólidos, por lo cual se emplea como aglomerante. Este endurecimiento recibe el nombre de fraguado, y es debido primeramente a una desecación por evaporación del agua con la que se formó la pasta, y después, a una recarbonatación por absorción del anhídrido carbónico del aire: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CO}_3\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$, formándose carbonato cálcico y agua, reconstituyendo la caliza de que se partió.

Esta reacción es muy lenta, pues empieza a las veinticuatro horas de amasar la pasta y termina al cabo de los seis meses, por lo que las obras en que se emplea tarda mucho en secarse y adquirir la solidez definitiva. Se verifica sólo en aire seco; en el húmedo, con mucha dificultad, y no se realiza dentro del agua, pues la disuelve, no sirviendo para obras hidráulicas. Por otro lado, al fraguar experimenta una contracción o disminución de volumen, que unida a la que experimenta por el peso propio de la obra, produce asentamientos y grietas.

Las calizas naturales casi nunca son la especie química carbonato de calcio, pues le acompañan otros cuerpos como la arcilla, magnesia, hierro, azufre, álcalis y materias orgánicas, las cuales al calcinarse, de no volatilizarse, comunican a la cal propiedades que dependen de la proporción en que entran a formar parte en la piedra caliza y se clasifican en cales grasas, magras e hidráulicas.

Cal grasa: si la caliza primitiva contiene como máximo un 5% de óxido de magnesio, la cal que se produce al calcinarse se le denomina cal grasa y al apagarse da una pasta fina trabada y untuosa,

blanca, que aumenta mucho de volumen, permaneciendo indefinidamente blanda en sitios húmedos y fuera del contacto del aire, y en el agua termina por disolverse.

Cales magra: son las que proceden de calizas que contienen más de un 5% de óxido de magnesio. Al añadirles agua forman una pasta gris poco trabada, que se entumece menos y desprende más calor que las cales grasas. Al secarse en el aire se reducen a polvo, y en el agua se deslíen y disuelven. Por estas malas cualidades no se usan en construcción.

Cal hidráulica: material conglomerante, pulverulento e hidratado que se obtiene calcinando calizas que contienen arcillas (sílice y alumina), a una temperatura casi de fusión, para que se forme el óxido cálcico libre necesario para permitir su hidratación y, al mismo tiempo, deje cierta cantidad de silicatos de calcio deshidratados que den al polvo sus propiedades hidráulicas. Las cales hidráulicas, después de amasadas con agua, se endurecen en aire, y también en el agua, siendo ésta última propiedad la que las caracteriza.

Según las normas españolas las cales se **clasifican** en:

Cal aérea tipo I: Se emplean en revocos (enfoscados), blanqueos y morteros en general

Cal aérea tipo II: Se emplea en trabajos toscos, en morteros para sentar fábricas y para fábricas de ladrillos silico-calcáreos

ALBERTO VILLARINO OTERO

	CaO+MgO (mínimo)	Co ₂ (mínimo)
TIPO I	90 %	5%
TIPO II	60%	5%

Las cales hidráulicas se clasifican en 3 tipos:

	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O (mínimo)	CO ₂ máximo
Cal hidráulica I	20%	5%
Cal hidráulica II	15%	5%
Cal hidráulica III	10%	5%

SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O= silicatos, aluminatos y ferritos

Las cales a emplear en la estabilización de suelos vienen definidas por la Norma UNE-EN 459-1 “*Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad*”. Se trata de Norma armonizada para las Cales para la Construcción, incluyendo, por supuesto, las obras de ingeniería civil. Para la estabilización de suelos, se emplean las cales aéreas.

Según esta norma, estas presentan las siguientes formas:

Cales clase Q: Cales aéreas viva constituidas principalmente por óxido de calcio (CaO) y de magnesio (MgO), producidos por la calcinación de caliza. Dentro de este tipo se encuentran la CL 90-Q y la CL 80-Q. Donde el número 90 indica un 90% mínimo de $\text{CaO} + \text{MgO}$ y $<5\%$ de MgO y el número 80 indica 80% mínimo de $\text{CaO} + \text{MgO}$ y $<5\%$ de MgO

Cales clase S: Cales aéreas apagadas o hidratadas, resultantes del apagado controlado de las cales vivas. Están compuestas principalmente por hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$. Dentro de este tipo se encuentran la CL 90-S y la CL 80-S

En España, se matiza la aplicación de cales en ingeniería civil con los requisitos suplementarios marcados por las Normas UNE 80 502 “Cales vivas o hidratadas utilizadas en la mejora y/o estabilización de suelos” y el Art.200 “Cales para estabilización de suelos” del PG-3. Por otro lado, deberá tenerse en cuenta también la “Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92)”.



2.2 PROPIEDADES DE LAS CALES

Hidraulicidad

Es la relación entre los silicatos y aluminatos respecto al óxido de calcio

Índice de hidraulicidad= $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ [arcilla]} / \text{CaO} + \text{MgO} \text{ [caliza]})$. (tantos por ciento, peso, de los distintos componentes, antes de la cocción).

De menor a mayor índice de hidraulicidad:

- Cal aérea
- Cal débilmente hidráulica
- Cal medianamente hidráulica
- Cal hidráulica normal
- Cal eminentemente hidráulica

Densidad

La densidad real de la cal aérea es del orden de 2,25 kg/dm³. Para las cales hidráulicas oscila entre 2,5 y 3,0 kg/dm³. La densidad de conjunto de las cales puede estimarse en torno al 0,4 kg/dm³. para las cales aéreas y de 0,5 a 0,9 kg/dm³. para las hidráulicas.

Fraguado

El fraguado de la cal es un proceso químico; consiste en la evaporación del exceso de agua empleado en amasar la pasta, seguido de una sustitución del agua por el CO₂ de la atmósfera, pasando de nuevo del hidróxido al carbonato cálcico. Como el anhídrido carbónico seco no reaccionaría con el hidróxido cálcico seco, es necesario que exista algo de humedad presente. El tiempo de fraguado de las cales aéreas no se especifica en las normas españolas, pero puede afirmarse que se trata de un conglomerante de fraguado lento. En las cales hidráulicas no solo se produce la carbonatación del hidróxido cálcico sino también la hidratación de los silicatos y aluminatos presentes. El fraguado de cualquier tipo de cal hidráulica no debe comenzar antes de 2 horas ni terminar después de 48 horas.

Estabilidad de volumen

La cal sufre un aumento de volumen una vez colocada en obra (varios meses después). Se acusa en grietas horizontales del enlucido coincidiendo con las juntas de los ladrillos.

Las causas más frecuentes de este aumento de volumen son:

- Presencia de magnesio sin hidratar. Su hidratación es muy lenta y puede suceder meses después de ser colocada en obra con la consabida expansión.
- La existencia de cal libre (sin hidratar) al realizar la fábrica. Al apagarse después aumenta de volumen.

Resistencia mecánica

Las cales tienen una resistencia no mayor de 50 Kp/cm^2 por lo que se emplean en piezas no resistentes.

2.3 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA CAL

El proceso de fabricación de las cales consiste en las siguientes etapas:

1º Elección de materias primas

Dentro de las distintos tipos de piedras calizas

2º Explotación de canteras

Sondeos, explotaciones en galería o a cielo abierto, Arranque mediante explosivos, etc

3º Trituración previa

En general el material obtenido en cantera varía enormemente: desde granos de 1 mm. hasta fragmentos de 30-40 cms. Antes de pasarle al horno se requiere un machaqueo previo, el cual puede ser seguido o no de una molienda, según el tipo de horno que se disponga.

4º Calcinación

La temperatura más corriente de cocción de la cal aérea es de $900-1000^\circ\text{C}$. La temperatura más corriente de cocción de la cal hidráulica es del orden de 1200°C . Se utilizan distintos tipos de hornos intermitentes (rudimentarios y de cuba) y continuos (verticales y rotatorios)

5º Apagado de la cal

Sistemas de apagado:

- Al aire
- Por aspersión
- Por fusión
- En autoclaves
- Hidratadores mecánicos

La **velocidad de hidratación** depende de los siguientes factores:

- De la composición química de la cal viva
- De las cantidades físicas de la cal viva
- De la temperatura de cocción de la caliza

6º Cribado, almacenaje y expedición

La cal viva no puede almacenarse durante mucho tiempo porque se apaga fácilmente al aire. Se envasa en sacos o recipientes lo más impermeables y herméticos posible. Las cales hidráulicas se someten a cernido tras el apagado, suele venderse en terrones, aunque algunas veces se suministra molida a la

finura deseada por el cliente. La cal hidratada puede suministrarse en polvo o en pasta, con las mismas precauciones que se ha citado antes, para evitar su carbonatación, requiere varias precauciones para su conservación. Debe conservarse en almacenes muy secos y sin contacto alguno con el aire. Es frecuente su envasado en sacos de papel.

2.4 APLICACIONES DE LA CAL

Tiene un amplio campo de utilización en muchos ámbitos, los más importantes en construcción son el darle trabajabilidad a los morteros y para el esgrafiado, nos centraremos en los usos de la cal en la construcción

Morteros

Unión de agua+ conglomerante +árido fino

El mortero está destinado a unir una serie de elementos pequeños (piedras o ladrillos) para constituir una unidad de obra con características propias. Durante la evaporación del agua de una pasta de cal, se produce una contracción elevada que fácilmente da lugar a grietas. Esta retracción puede reducirse mediante la adición de arena a la pasta, es decir, no utilizando pasta de cal sino morteros de cal. Si se añade poca arena la retracción será alta; si se añade mucha arena bajarán la plasticidad y la resistencia

Revocos y Enfoscados

Se denomina revoco al revestimiento exterior de mortero de agua, arena y cal o cemento, que se aplica, en una o más capas, a un paramento enfoscado previamente. El enfoscado es una capa de mortero empleada para revestir una pared o un muro. En los enfoscados se utiliza mortero de cemento, aunque ocasionalmente se puede añadir también algo de cal. El enlucido es una de las últimas unidades de obra que se realizan, por lo que no interesa que su fraguado sea lento, pues retrasaría el uso de la obra.

Recubrimientos / Blanqueos

La cal se usa para blanquear como pintura al temple

Estabilización de suelos en carreteras

Las tipos de explanadas se pueden conseguir con distintos tipos de suelos mediante estabilización

La **estabilización de un suelo in situ** es la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con cal o con cemento, y eventualmente agua, en la propia traza de la carretera, la cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo, aumentar la capacidad de soporte del suelo, controlar la erosión y los cambios de volumen. Con ello se pueden aprovechar suelos mediocres e incluso francamente inadecuados en el cimiento de los firmes.

La estabilización puede ser mecánica, por mezcla de dos o más suelos de diferentes características, a fin de obtener un suelo de características suficientes en cuanto a granulometría, plasticidad o impermeabilidad, etc. se refiere. Uno de los suelos es el existente en la traza y el otro es de aportación para mejorar sus propiedades. Se trata de una técnica de posibilidades muy limitadas y que en la actualidad se utiliza solo en vías de baja intensidad de tráfico.

Más a menudo, la estabilización se lleva a cabo incorporando aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo. Los más utilizados son el cemento y la cal, pero también se emplean escorias granuladas, cenizas volantes, ligantes hidrocarburados fluidos, cloruro sódico, cloruro cálcico, etc. En los procesos de estabilización con aditivos, el grado de estabilización que puede alcanzarse depende fundamentalmente del tipo de suelo, del aditivo utilizado, de la cantidad añadida (aunque algunos suelos de buena granulometría y reducida plasticidad pueden resultar muy modificados aun con proporciones muy bajas de aditivo) y, muy especialmente, de la ejecución.

Cuando se trata únicamente de mejorar ligeramente las propiedades de un suelo por adición de una pequeña cantidad de aditivo, es usual hablar de “*suelo mejorado con...*”; en cambio, la mezcla que ofrece finalmente una resistencia y rigidez apreciables suele designarse como “*suelo estabilizado con...*”. Las técnicas de estabilización propiamente dicha se aplican no solo en la formación de explanadas, sino también para construir capas de firme, en cuyo caso a veces se emplean los mismos suelos de la traza, pero en otras ocasiones se recurre a suelos de préstamo. Cuando la mezcla se va a destinar a capas de firme suele, en general, realizarse *en central*, mientras que para la formación de explanadas se realiza *in situ*.

En la estabilización in situ con cal se obtiene una mezcla de suelo, cal área (viva o apagada) y agua. Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina, de plasticidad apreciable, y en particular, de elevada humedad natural. Según el tipo de suelo, se emplean proporciones (sobre la masa seca del suelo) del 2 al 7 por 100 de cal, si bien no se suele sobrepasar el 5 por 100. Los tipos de cales empleadas en la estabilización de suelos son:

- Cal área viva. Compuesta principalmente por óxido de calcio y de magnesio.
- Cal área hidratada o apagada. Compuesta principalmente por Hidróxido de calcio resultante de la hidratación controlada (Apagada) de las correspondientes cales vivas.

Los suelos estabilizados in situ con cal se emplean para:

- Formación de explanada tipo E1 y E2
- Construcción de terraplenes con suelos marginales o inadecuados
- Reducir la humedad de un suelo permitiendo transitar por él

Efectos de la cal en suelos estabilizados

- a. Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Con suelos de baja plasticidad ($IP < 15$), aumentan tanto el LL como el LP y también, muy ligeramente, su IP. En cambio, en los suelos de plasticidad media y elevada ($IP > 15$) disminuye el IP. También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural que, de otro modo, no permitirían la construcción del firme u otras capas sobre ellos. El aumento del límite plástico y de la humedad óptima de compactación permite su puesta en obra con mayor facilidad.
- b. Los suelos estabilizados in situ con cal se comportan a corto plazo como materiales granulares. No obstante, las reacciones puzolánicas que se general entre la cal y algunos silicatos y aluminatos de los suelos arcillosos conducen a que, a largo plazo, el suelo estabilizado se transforme en un material relativamente rígido, cuya resistencia mecánica va creciendo con el tiempo (aumenta la capacidad portante hasta valores entre 30 y 50 Kp/cm²).
- c. Varía la granulometría y la red capilar del suelo, convirtiéndose la capa en una barrera que impide la penetración del agua superficial e impide la ascensión del agua del suelo por capilaridad.
- d. Facilita la desecación de suelos pantanosos.
- e. Facilita la disgregación de los terrones de arcilla durante la pulverización

Por su lado el material denominado suelo estabilizado in situ con cemento se obtiene por la mezcla de un suelo granular, suficientemente disgregado, con cemento, agua y eventuales adiciones seguida de una compactación y de un curado adecuados. Se emplean proporciones de cemento que, generalmente, no superan el 6 por 100 sobre la masa seca del suelo. La normativa española considera dos tipos de suelos mejorados con cemento S-EST 1 Y S-EST 2 y un tipo de suelo estabilizado con cemento el S-EST 3. Los tipos de cementos empleados en la estabilización de suelos serán de clase resistente media o baja, siendo más recomendable el empleo de cementos de alto contenido en adiciones por:

- Tener un fraguado y un endurecimiento lento, para permitir un margen de tiempo suficiente para las operaciones de puesta en obra
- No desarrollar en corto plazo resistencias muy elevadas, al no ser necesarias
- No tener gran calor de hidratación
- Reducir a un mínimo la figuración por retracciones

Los suelos estabilizados in situ con cemento se emplean para:

- Formación de explanadas tipo E1, E2 y E3
- Mejorar las características de cualquier suelo, y especialmente su capacidad de soporte

Los suelos más adecuados para una estabilización con cemento son los de tipo granular, con finos de plasticidad reducida, con los cuales, es posible obtener, con una dotación moderada de cemento, las características exigidas.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA	TIPO DE SUELO ESTABILIZADO		
			S-EST1	S-EST2	S-EST3
Contenido de cal o cemento	% en masa de suelo seco		≥2	≥3	
Índice CBR a 7 días(**)		UNE 103502	≥6	≥12	-
Compresión simple a 7 días(**)	MPa	NLT - 305	-	-	≥1,5
Densidad (Proctor modificado)	% de la densidad máxima	UNE 103501	≥95(**)	≥97	≥98

(*) Para la realización de estos ensayos, las probetas se compactarán, según la NLT-310, con la densidad especificada en la fórmula de trabajo.

(**) Para la capa de coronación de la categoría de explanada E1 definida en la Norma 6.1- IC de Secciones de firme, este valor será del noventa y siete por ciento (97%).

La **ejecución de un suelo estabilizado in situ con cal o cemento** incluye las siguientes operaciones:

1. Caracterización del suelo en el laboratorio

2. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo. La fórmula de trabajo indicará:

- La dosificación mínima de conglomerante
- El tipo de conglomerante a utilizar
- El contenido de humedad del suelo antes de la mezcla
- El contenido de humedad del suelo estabilizado en el momento de su compactación
- La compactación a obtener, mediante el valor mínimo de la densidad del Proctor Modificado
- El índice CBR o Resistencia a Compresión Simple a 7 días exigible
- El plazo de trabajabilidad en el caso de suelos estabilizados con cemento

3. Preparación de la superficie existente

4. Disgregación del suelo

El suelo se escarificara y disgregara hasta que no existan elementos ni terrones con tamaño superior a 80 mm.

5. Humectación o desecación del suelo

La humedad del suelo deberá ser tal que permita que, con el quipo que se vaya a realizar la estabilización, se consiga el grado de disgregación requerido y su mezcla con la cal o cemento sea total y uniforme.

6. Distribución del aditivo

La cal o cemento se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo.

7. Ejecución de la mezcla

Inmediatamente después de la distribución del conglomerante deberá procederse a su mezcla con el suelo, todo el conglomerante se deberá mezclar con el suelo disgregado antes de haber transcurrido una hora desde su aplicación. Se deberá obtener una dispersión homogénea, lo que se reconocerá por un color uniforme de la mezcla y la ausencia de grumos. En obras complementarias (pistas de obra, caminos agrícolas, etc.) y de pequeñas dimensiones se puede realizar el mezclado mediante varias pasadas con aperos agrícolas: gradas de discos, arados de vertedera, chísels, rotocultores (rotabator), etc. Estos son baratos y disponibles en cualquier lugar del mundo. También puede realizarse la mezcla con la hoja de motoniveladora, pero sólo en obras secundarias donde se esté buscando el secado y/o un tratamiento leve del suelo. Para la estabilización con cal y cemento de capas soporte de infraestructuras civiles, cuyas especificaciones son muy exigentes por razones obvias de calidad, la maquinaria específica para realizar el mezclado son los “estabilizadores de suelos”, o equipos pulvimezcladores de eje horizontal.

8. Compactación

En el momento de iniciar la compactación, la mezcla deberá estar disgregada en todo su espesor y su humedad será la correspondiente a la de la óptima del Ensayo Proctor Modificado. Se compactará hasta alcanzar la densidad especificada

9. Terminación de la superficie

Dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla se podrá hacer un refino con motoniveladora para conseguir la rasante y sección definida en los planos, y posterior recompactación de la siguiente corregida.

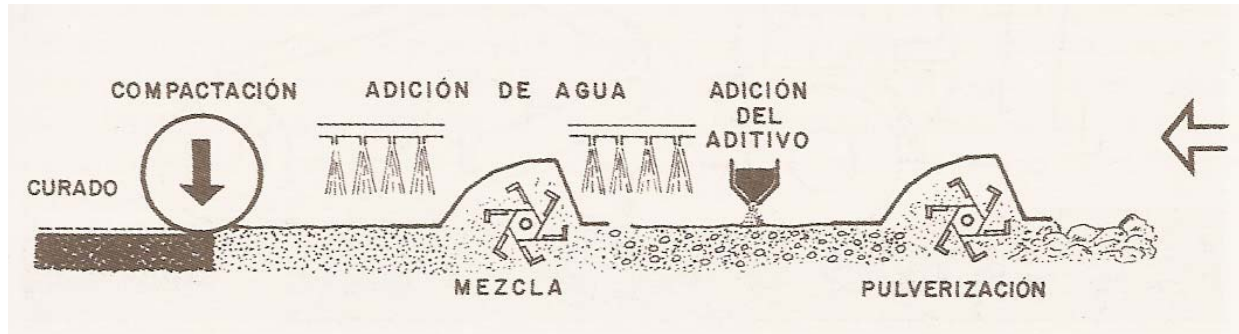
10. Ejecución de juntas

Se dispondrán juntas transversales y/o longitudinales, en el caso de estabilizaciones con cemento, cuando el proceso constructivo se interrumpa más del tiempo de trabajabilidad de la mezcla.

11. Curado y protección superficial

En los suelos estabilizados con cemento o con cal para formación de explanadas se aplicará un riego de curado para mantener la humedad del suelo estabilizado, y además se prohibirá la circulación de vehículos ligeros en los 3 primeros días y la circulación de vehículos pesados en los 7 primeros días. En el caso de estabilizaciones para ejecución de terraplenes con suelos marginales o inadecuados, o para reducir la humedad de los suelos, se podrá extender la siguiente capa de terraplén, inmediatamente después de la terminación de la superficie, prescindiendo en este caso del curado final. Antes de

iniciarse la estabilización in situ del suelo será perceptiva la realización de un tramo de prueba, para comprobar la Formula de Trabajo y el funcionamiento de los equipos necesarios.



Existen dos **métodos para la ejecución** de la disgregación, dosificación, distribución de la cal o cemento y del agua, y de mezclado en la estabilización de suelos:

Por Vía Húmeda: Para carreteras con categoría de tráfico T00 a T1 ó cuando la superficie a tratar sea superior a los 70.000 m², será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola maquina las operaciones de disgregación, dosificación y distribución de la cal o del cemento y del agua, y de mezclado. El cemento o la cal se dosificaran como lechada. El quipo para su fabricación tendrá un mezclador con alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal del conglomerante.

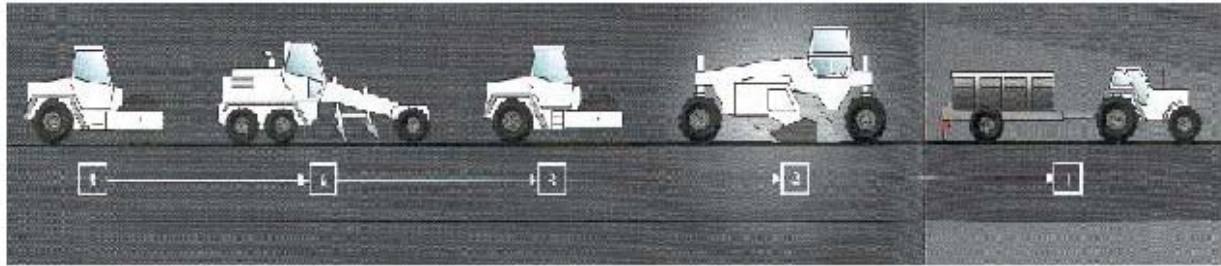
Por Vía Seca: Se realiza cuando la superficie a tratar sea inferior a 70.000 m² o cuando sea conveniente una reducción de la humedad natural del suelo. El cemento o la cal se dosificara en polvo. La disgregación, la dosificación y distribución de cal o cemento y el mezclado se realiza con equipos independientes que realizan por separado las distintas operaciones.

El equipo de estabilización de suelos por vía seca está compuesto por

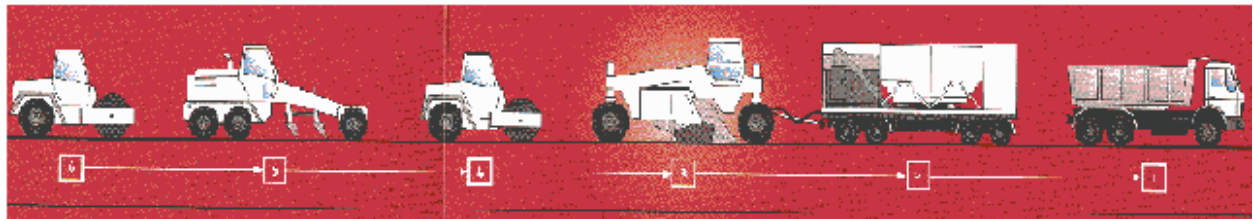
- Un Equipo de Riego de agua, en caso necesario
- Un Equipo de Aportación de Cal o Cemento (Camiones-Silo ó Tractor con Tolva)
- Un equipo para mezclar el suelo con la Cal o el Cemento (Estabilizador ó Rotobator)
- Una Motoniveladora para corregir el perfil de la mezcla
- Un compactador vibratorio de rodillo metálico o compactador de neumáticos

El equipo de estabilización de suelos por vía húmeda está compuesto por

- Un equipo de mezclado y estabilización de suelos
- Una motoniveladora para corregir el perfil de la mezcla.



Ejecución in situ por vía seca



Ejecución in situ por vía húmeda



Extendido de la cal por vía seca (tractor con tolva)



Equipo de mezcla del suelo con la cal (estabilizador)



Equipo de mezclado y estabilización (vía húmeda)

Fabricación de Ladrillos silico-calcáreos

Son ladrillos constituidos por cal y arena, donde sus componentes se mezclan íntimamente con una cantidad precisa de agua, se moldean por prensado y se someten a un tratamiento de vapor de agua a presión.