



SEMANA  
**LA CAL**



**I. INTRODUCCIÓN**

La cal es el ligante más antiguo después del yeso y el único utilizado hasta la industrialización de la edificación. "Antigua" como los egipcios, como los griegos y los romanos; los arquitectos del Renacimiento, Andrea Palladio, la describen detalladamente:



*“Se llama fresco porque se pinta sobre la pared que ha sido enlucida con cal y arena, fresco, es decir todavía húmedo y mullido, ni seco ni duro. Cuando se aplica el color y se traza la forma se requiere rapidez y habilidad porque el revoque (intonaco) absorbe los colores rápidamente y al secarse la cal durante pocas horas, endurece y crea una capa de revoque coloreado. Se debe ser muy seguro*



*al aplicar el color con el pincel. Se necesitan pocas pero seguras pinceladas porque al repintar sobre el mismo punto para corregir el color el intonaco pierde su capacidad de absorber el color y, al secarse la capa, el color podría agrietarse y caer."*

*Tomado de "Entrevista imposible"- Vestido como Givan Battista Tiepolo, Piero de Fina- Pintor e historiador de arte*

La cal se obtiene calentando una piedra calcárea, hecha esencialmente de carbonato cálcico, a temperaturas bastante altas. la piedra de cal se reduce en trozos (si ya no son por ejemplo piedras de río), se introduce en el horno y se calcina a una temperatura entre 700° y 900° C, para obtener la calcinación del calcar en cal viva (oxido cálcico CaO).

### **Roca caliza**

Es una roca formada por sedimentación de lodos ricos en carbonato de calcio y compactación posterior a través de miles de años. El Carbonato de Calcio natural se forma de los restos de animales y vegetales ya que estos organismos concentran altas reservas del mineral tomado de la atmósfera a partir del bióxido de carbono y calcio disueltos en el agua marina.

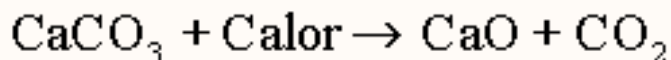


### **La cal**

Es un producto químico natural que se obtiene de la roca caliza, cuando es sometida a altas temperaturas (más de 1000°C) hasta obtener Cal Viva; en esa fase tiene lugar la transformación del Calcio: de Carbonato a Óxido –por desprendimiento del dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), contenido en la piedra.



Al agregar agua o humedad, (apagar la cal) el material se hidrata y se denomina hidróxido de calcio; parte del agua se libera a la atmósfera como vapor ya que en este momento se origina una reacción de calor (exotérmico) no contaminante.

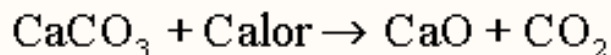


CaCO <sub>3</sub>	+	Calor	CaO	CO <sub>2</sub>
Carbonato de Calcio			Oxido de Calcio	Dióxido de Carbono
Piedra Caliza			Cal Viva	
Tiza			Cal en terrón	
Coral/Conchas				

## II. TIPOS DE CAL

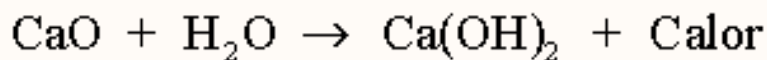
### 2.1 Cal Viva

Es el resultado de la calcinación del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) a más de 1000°C, ya que éste se descompone dando dióxido de carbono y óxido de calcio o cal viva.



### 2.2 Cal hidratada

Es el nombre comercial del hidróxido de calcio, que se forma al agregarse agua al óxido de calcio o cal viva para que una vez apagada (hidratada) pueda utilizarse. Los albañiles, cuando vierten agua sobre cal viva, dicen que la “apagan”. Cal apagada es el nombre vulgar del hidróxido de calcio. El apagado exotérmico; es decir, que en este proceso se desprende gran cantidad de calor que evapora parte del agua utilizada. La cal “apagada” tiene un volumen tres veces mayor que el de la cal viva.



Oxido de Calcio	Agua	Hidróxido de Calcio
-----------------	------	---------------------



### 2.3 Cales aéreas

Denominadas así porque endurecen al aire mediante su reacción con el anhídrido carbónico del mismo u otra fuente de  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono).

Éstas se clasifican a su vez en:

- **Cal dolomítica**

Se la denomina también cal gris o cal magra. El producto obtenido en la calcinación depende de la composición química de las calizas, por lo que ésta se denomina así por su origen, es decir, por ser el resultado de la calcinación de rocas calizas que contienen dolomita, de donde surge el óxido de calcio y de magnesio, que también es un óxido básico, pero no es recomendable para construcción porque se apaga muy lentamente con agua; en cambio, se usa con éxito en la industria azucarera.

- **Cal cálcica o grasa:**

Es una cal muy pura o con muy escaso contenido de arcillas y es muy eficiente en la preparación de las mezclas aéreas. Son llamadas así debido a que la acción cementante se logra por carbonatación de la cal mediante el  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) atmosférico. Las cales grasas fabricadas con piedras calizas de gran pureza contienen 95% o más de óxido de calcio. Cuando se apagan dan una pasta blanca, untuosa y fuertemente adhesiva, contrariamente a las cales magras, que tienen porcentajes de óxido de calcio comprendidos entre el 80 y el 90%.

### 2.4 Cales hidráulicas:

Son llamadas así porque fraguan y endurecen con el agua. Contienen entre un 10 y 20% de arcillas y en ellas el efecto cementante se logra tanto por medio de la carbonatación de la cal, como por el proceso de hidratación de los silicatos y aluminatos formados por reacción a bajas temperaturas entre la caliza y la arcilla presente.

### 2.5 Cal límite:

La que contiene un 25% de arcilla y es de propiedades similares a las cales hidráulicas.

### 2.6 Cementos Romanos:

Los que contienen entre el 27% y el 61% de arcillas, y de acuerdo con el contenido de arcillas se denominan como inferiores, ordinarios y superiores.



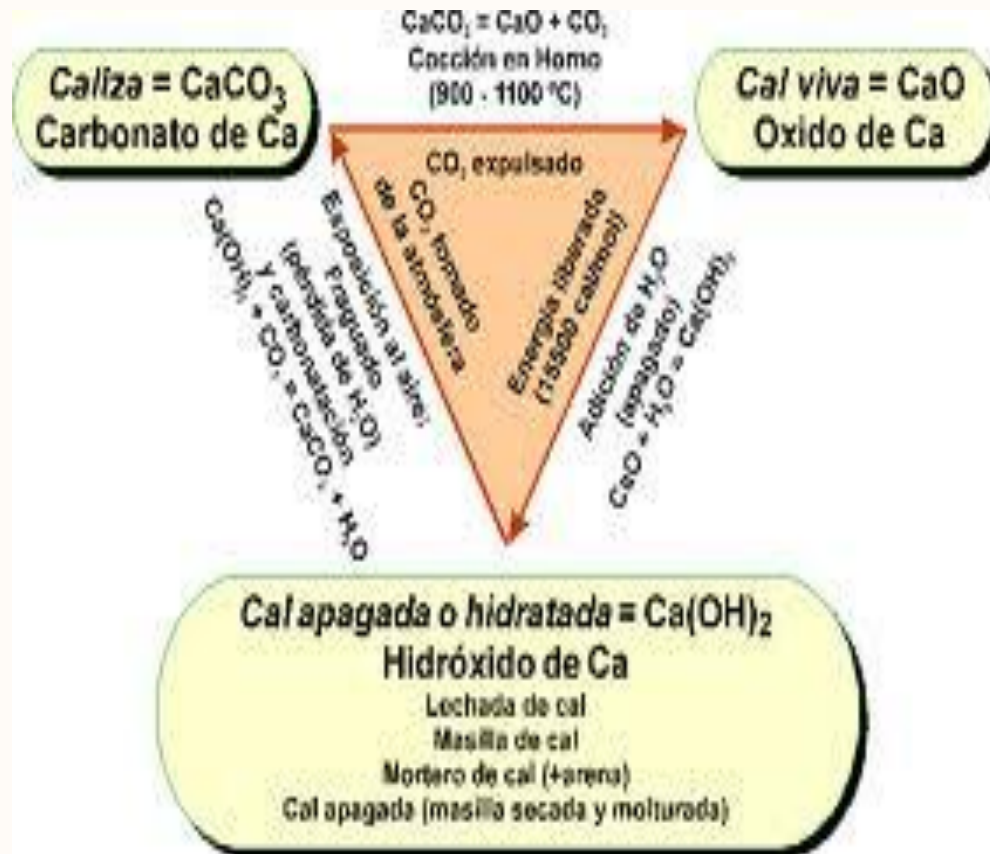
En estos cementos el endurecimiento es provocado tanto por la hidratación de los silicatos y aluminatos presentes como por reacción entre la cal presente y las arcillas activadas térmicamente y que no se han combinado con la cal. También se llama cemento romano a las mezclas de cal con puzolanas.

A continuación se listan una serie de aspectos de la cal que es conveniente considerar, de forma adicional.

La cal es un producto de:

- Baja densidad.
- Económica.
- De gran disponibilidad en México.
- Con amplia gama de usos.

### III. APAGADO DE LA CAL





### 3.1 Apagado de las cales al pie de la obra

Apagar una cal es hidratarla, o sea agregarle agua para hidratar el óxido de calcio en libertad,

Cal viva + H<sub>2</sub>O = cal hidratada.



### 3.2 Proceso de apagado

Se colocan los terrones de cal viva en la pileta.

- Se agrega agua y se agita con un rastrillo a formar pasta.
- Se deja escurrir después de deshacer los terrones
- Para por gravedad la pasta al pozo de almacenamiento, abriendo la compuerta y por la malla se cuelga, la rejilla impide el paso de los terrones.
- Se deja reposar la pasta cubriéndola con arena para que no endurezca.
- La cal hidratada estará lista en +/- 6 días o hasta que aparezcan grietas hasta de 1 cm. En los hidratadores de tipo continuo utilizados en las plantas fabricantes, el proceso dura ± 12 minutos, teniendo control de calidad absoluto en las proporciones, peso, etc.

### 3.3 Moliendas en molinos de bolas

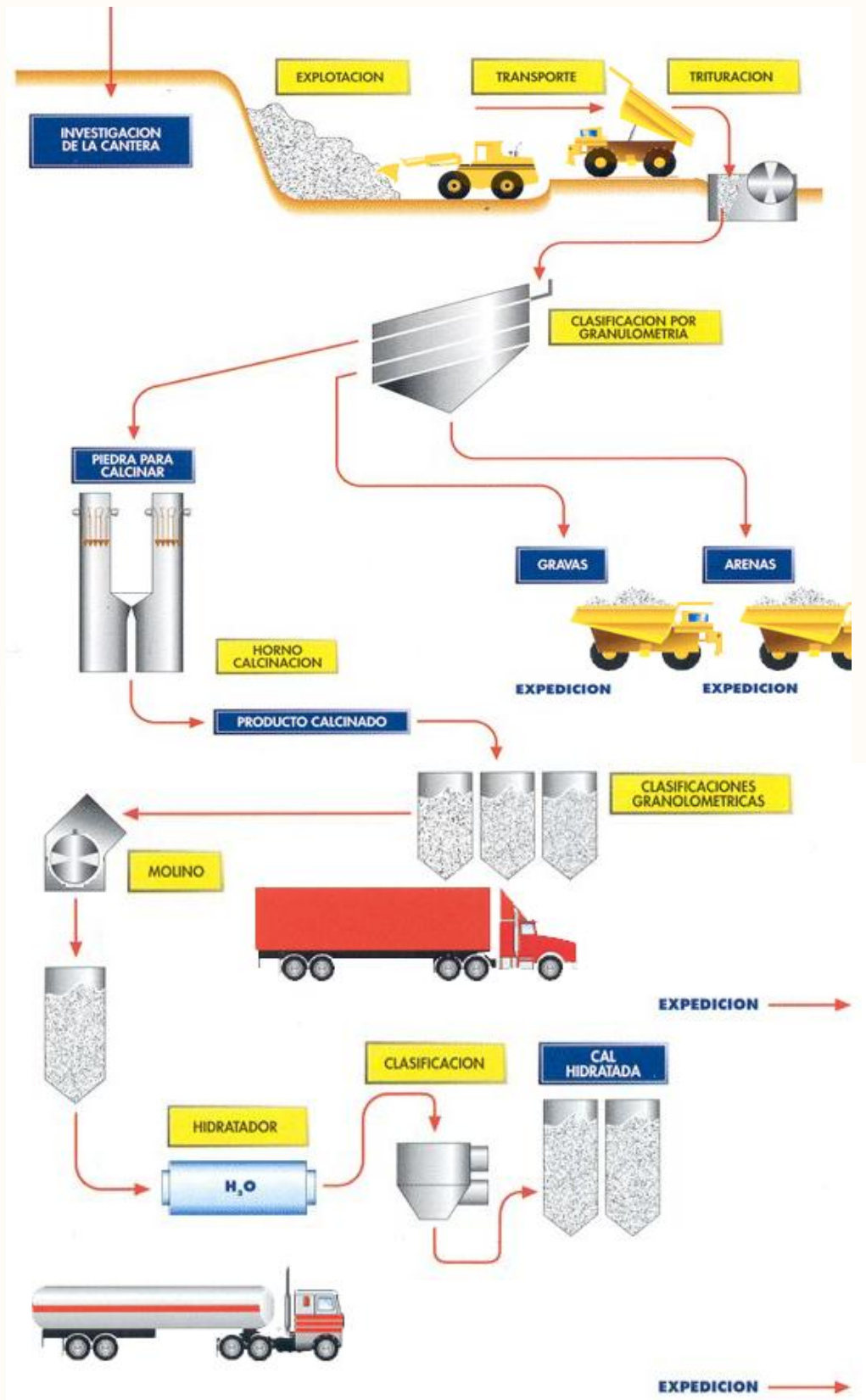
Balines metálicos, que al girar el molino pulverizan las partículas de cal al tamaño deseado (por impacto), balines más pequeños = pulverización más fina.



#### IV. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA CAL

Cinco etapas secuenciales intervienen en la fabricación de la cal: Extracción de la Materia Prima, Trituración, Calcinación, Hidratación y Envase. Los hornos de calcinación tipo regenerativos de la energía, optimizan esa importante fase y además, garantizan una producción continua en calidad y volumen para satisfacer las necesidades de cualquier volumen, calidad y costo en cada tipo de aplicación donde el Óxido de Calcio (cal viva) y la Cal Hidratada son los dos productos básicos.

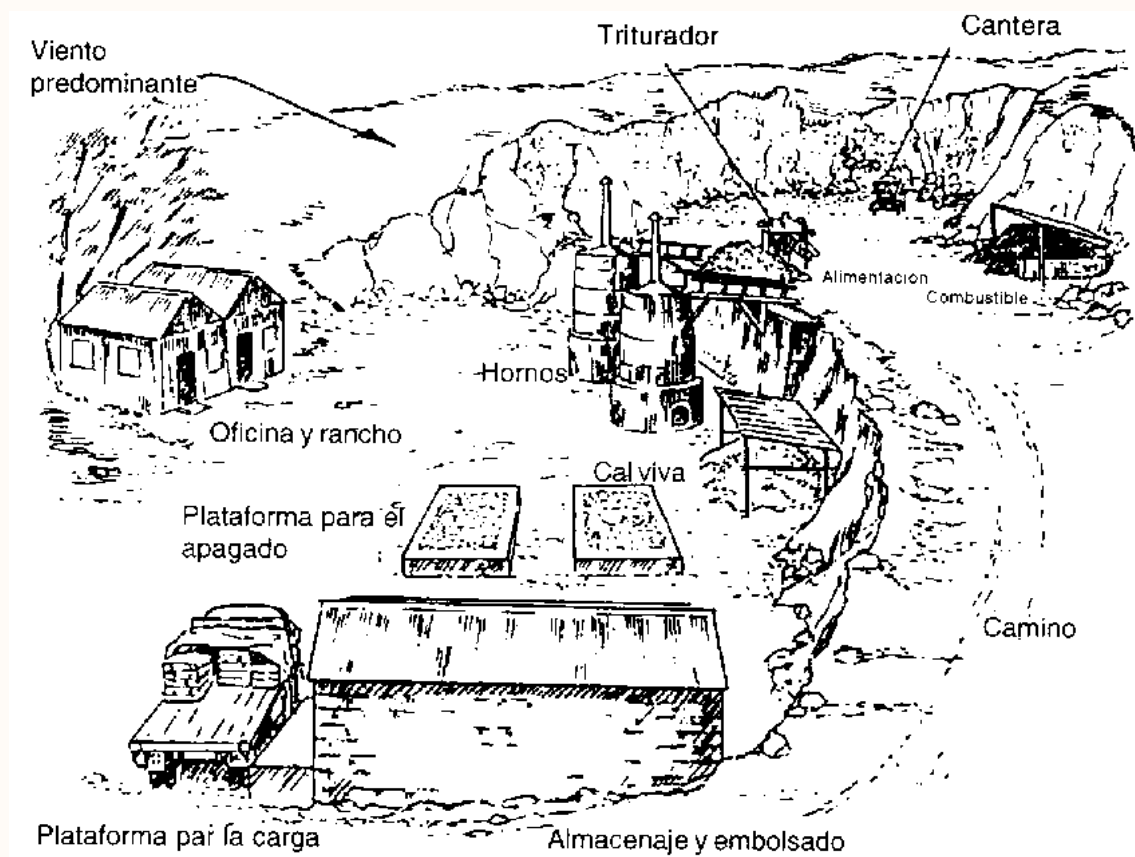
1. **Extracción.** Se retira material vegetal, procediendo a perforar según el plan de minado diseñado, cargando después los explosivos para el tumbado, se carga el material ya fragmentado y se transporta al sistema triturador.
2. **Trituración.** Los fragmentos de roca se reducen de tamaño tamizándolos, ya homogéneos, se transportan mediante bandas hacia los hornos; para rotatorios se requieren tamaños pequeños.
3. **Calcinación.** La cal se produce por cocción de las rocas calizas o dolomitas mediante flujos de aire caliente que circula en los huecos o poros de los fragmentos rocosos; las rocas pierden bióxido de carbono produciéndose el óxido de calcio.  
Debido al tamaño y forma homogénea de los fragmentos, la cocción ocurre de la periferia hasta el centro quedando perfectamente calcinada la roca.
4. **Enfriamiento.** Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresen al horno como aire secundario.
5. **Inspección.** El proceso siguiente es la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar.
6. **Cribado.** Se somete a cribado separando a la cal viva en trozo y segmentos de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización.
7. **Trituración y pulverización.** Este paso se realiza con el objeto de reducir más el tamaño y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual se separa de la que será enviada al proceso de hidratación.

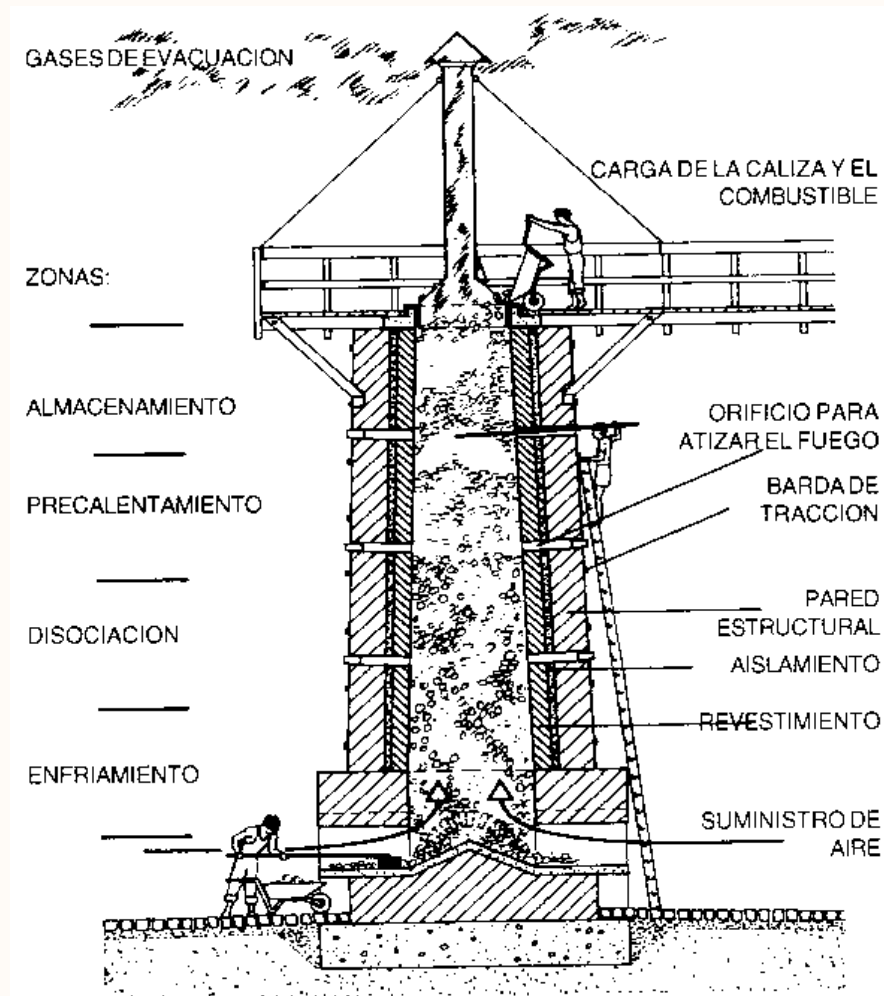






8. **Hidratación.** Consiste en agregar agua a la cal viva para obtener la cal hidratada. A la cal viva dolomítica y alta en calcio se le agrega agua y es sometida a un separador de residuos para obtener cal hidratada normal dolomítica y alta en calcio. Únicamente la cal viva dolomítica pasa por un hidratador a presión y posteriormente a molienda para obtener cal dolomítica hidratada a presión.
9. **Envase y embarque.** La cal es llevada a una tolva de envase e introducida en sacos y transportada a través de bandas hasta el medio de transporte que la llevará al cliente.

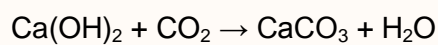




## V. CICLO DE LA CAL

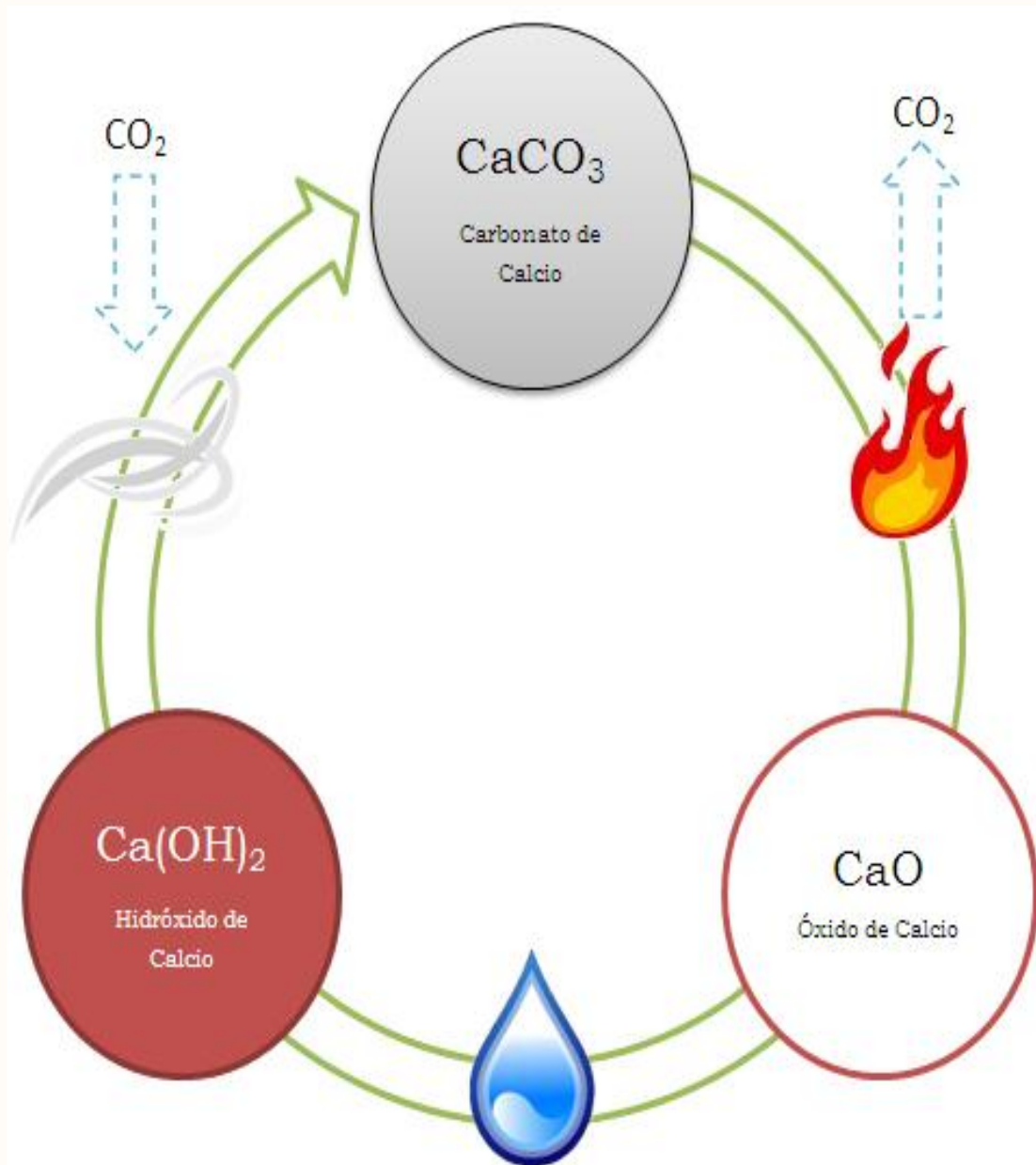
El ciclo de la cal comienza, con la explotación de la roca caliza, que posteriormente es triturada y calcinada a una temperatura mayor a los 900 °C para obtener la cal viva, misma que al contacto con agua en la correcta proporción, se hidrata para dar origen a la cal apagada que conocemos comúnmente. A este material solemos suministrarle algún agregado fino y agua, para la obtención de mezclas de albañilería. Ahora, una vez que la cal ya aplicada en la construcción entra en contacto con el dióxido de carbono de la atmósfera y se recarbonata:

\*Recarbonatación:





Es decir se convierte en roca, de ahí la durabilidad de las edificaciones antiguas, la resistencia que las mezclas de cal alcanzan al paso del tiempo es superior a la de cualquier otra mezcla, no produce sales nocivas y por su elasticidad, evita retracciones posteriores.





## VI. USOS DE LA CAL



### 5.1.- LA CAL EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y TRADICIONAL

Desde la antigüedad el hombre ha utilizado la cal para la construcción de obras arquitectónicas de gran importancia entre las que podemos destacar: la Tumba del Rey Pakal en Palenque, las Pirámides del Sol y la Luna en Teotihuacan, la Catedral Metropolitana y Palacio Nacional en el Centro Histórico de la Ciudad de México, edificaciones que hoy en día impactan por su majestuosidad y resistencia al deterioro por el paso del tiempo.

La industria de la Construcción es el sector en donde se pueden apreciar y demostrar las múltiples propiedades de la cal en todas sus formas y presentaciones. La calidad del producto es el factor más importante para asegurar trabajos de gran durabilidad, resistencia y economía, por tal motivo Grupo Calidra ofrece una gama de productos con marcas como:

#### 1. Mezclas para junteo, repellado y aplanado





Las mezclas con cal hidratada forman unidades de albañilería resistentes, estables y sin fisuras, al mismo tiempo que son las más económicas. Las mezclas con cal presentan mejor trabajabilidad, mayor plasticidad y la consistencia adecuada. Tienen un tiempo de fraguado gradual que les facilita la correcta hidratación e interacción entre sus componentes.

Debido a que el peso específico de la cal es menor al del cemento, se obtiene un mayor volumen de mezcla con la misma proporción en peso, dando como resultado un rendimiento superior, y un menor costo.

### **Morteros o mezclas de albañilería**

Originalmente, en la elaboración de morteros y enlucidos, la cal era el ingrediente principal, que poco a poco empezó a sustituirse por cemento debido principalmente al desarrollo de resistencia mostrado por éste último. Sin embargo, con el paso del tiempo, las mezclas de cal-cemento demostraron ser más eficientes, al presentar tanto propiedades de resistencia, como de plasticidad.

Los beneficios al usar mezclas de cal y cal-cemento pueden dividirse en dos categorías; en estado fresco y en estado endurecido.

En estado fresco:

- Excelente trabajabilidad
- Muy buena retención de agua, lo que los hace particularmente adecuados para su uso con unidades de absorción.
- El tiempo de fraguado y el de las mezclas terciadas puede controlarse dosificando la cantidad y el tipo de cemento.



En estado endurecido:

- La resistencia a la compresión de las mezclas terciadas puede ajustarse al nivel requerido seleccionando un diseño de mezcla adecuado.



- La incorporación de la cal mejora la adhesión y reduce la permeabilidad.
- La presencia de cal frecuentemente incrementa la resistencia de la mezcla en cuanto al ataque por sulfatos.
- La adición de cal también favorece el auto-sellado de grietas, las cuales reducen la resistencia de la unidad de albañilería y fomentan la permeabilidad.

## 2. Estuco



El estuco como mezcla de cal hidratada + agregado fino, es considerado una pasta de revestimiento continuo que resulta adecuado para dar acabados finos y de textura lisa en muros. Todos los estucos tienen en común estar conformados por una capa de repellado dos capas de aplanado, mismos que permiten el relleno de fisuras y eliminan los pequeños desniveles para regularizar y conseguir uniformidad en el muro. Sólo el empleo de materiales de excelente calidad puede asegurar un buen trabajo de estuco. La pureza de la cal hidratada en este tipo de acabado artesanal, representa un factor importante para la obtención de excelentes resultados en apariencia y durabilidad.

## 3. Concreto





El concreto elaborado con cal hidratada, cemento, arena y grava presenta mayor fluidez, protege al acero de refuerzo, incrementa la impermeabilidad y reduce los costos significativamente.

La cal hidratada hace más compacto al concreto, debido a que sus partículas son más finas que las del cemento, por lo que rellena los vacíos dejados por este material, disminuye las eflorescencias y evita los agrietamientos, de igual forma ayuda a la estructura a soportar variaciones de temperatura.

La cal hidratada mantiene húmeda por más tiempo la masa del concreto aún en clima cálido o seco, ya que por su poder de adsorción de agua propicia que el concreto alcance su mayor resistencia con la suficiente humedad para su fraguado.

La gran plasticidad de la cal hidratada mantiene la mezcla íntima de los materiales, evitando su segregación.

#### 4. Pintura e impermeabilizante



La pintura de cal hidratada es un líquido blanco y espeso que puede ser pigmentado; es utilizado tradicionalmente en algunas regiones del país para cubrir superficies, protegiéndolas y decorándolas a un bajo costo. Este tipo de pintura permite que la pared respire y que el aire en el interior del espacio se renueve, al mismo tiempo que impide la formación de bolsas de humedad.

El impermeabilizante con cal hidratada es un tratamiento que desde la época prehispánica fue utilizado para evitar o disminuir la filtración de agua en las edificaciones.



Esta mezcla impermeabilizante de apariencia cristalina se impregna en las superficies expuestas, penetrando en los poros, formando una capa protectora de larga duración.

## 5. Adobes estabilizados



La tendencia a construir con materiales predominantes en la región, ha permitido optimizar recursos y abatir costos de transportación. Por ello es preferible buscar soluciones locales que sean habitables y funcionales.

Las construcciones con adobes estabilizados con cal hidratada, son una opción que además de ser ecológica y económica, proporciona beneficios como aislamiento térmico, impermeabilidad y alta resistencia a los movimientos o vibraciones, creando estructuras más duraderas.

La cal hidratada estabiliza la masa de arcilla del adobe, facilitando la correcta modelación de las piezas a presión, misma que es vital para la obtención del tamaño y forma deseados.

## 6. Bloques vibrocomprimidos







Los bloques vibrocomprimidos son elementos de forma sencilla que facilitan los trabajos de edificación.

En la fabricación de piezas vibrocomprimidas si se integra cal hidratada en su formulación, se mejoran las propiedades mecánicas a largo plazo, se estabiliza el color, se facilita el desmolde y curado, logrando calidad en los acabados y un incremento en la resistencia final.

Los muros hechos con este material presentan uniformidad, mayor impermeabilidad y buena apariencia.

## 7. Estabilización de suelos



La estabilización de suelos permite la compactación permanente de los materiales arcillosos, base del terreno.

Con este sencillo proceso de reacciones químicas se obtiene un incremento en su resistencia y capacidad de soporte, así como la disminución de la sensibilidad al agua y a los cambios de volumen constantes.

La estabilización de suelos no requiere de grandes adiciones de cal hidratada, para lograr que el suelo obtenga resistencias más altas.

Por lo general las arcillas y tierras con alto grado de expansión que son estabilizadas con cal hidratada, forman una mezcla cementante natural, lo que permite obtener en pocas horas una resistencia mayor a la del mismo suelo compactado sin estabilizar.



## 8. Mezclas asfálticas



El uso de la cal hidratada en las mezclas asfálticas es ampliamente recomendado debido a que es un aditivo eficiente; en cantidades pequeñas otorga propiedades para contrarrestar los deterioros prematuros y hacer a los pavimentos más durables.

La cal hidratada aumenta la adhesión química del asfalto con la sílice del agregado. Además reacciona agresivamente con los ácidos carboxílicos del asfalto, propiciando una menor absorción de partículas ácidas por la superficie del agregado y logrando una mayor adhesión asfalto – agregado. Finalmente, la cal hidratada permite alcanzar en las mezclas asfálticas, altos niveles del módulo elástico debido a su efecto de mineral de relleno e incrementa la viscosidad del asfalto.

## 9. Restauración



La conservación y restauración de piezas o edificios constituye una parte importante del estudio y salvaguarda del patrimonio histórico o monumental de todo país.

Considerando los principales factores de deterioro de las edificaciones antiguas o monumentos, como el alto índice de humedad,



## 5.2 EN LA INDUSTRIA



Expertos en el ramo industrial afirman que no existe un material sustituto de la cal que brinde tantos beneficios con relación a su costo. Además de que el desarrollo de la ciencia y la tecnología ha diversificado las aplicaciones de este producto natural, al grado de que en todo el mundo es reconocido como el “químico versátil”, gracias a su utilidad en distintos sectores.

### 1. Siderurgia



Como resultado del desarrollo de ciudades industrializadas, el aumento en la producción de acero ha generado gran demanda de cal viva y cales dolomíticas de alta pureza con bajos contenidos de sílice y aluminio, por ser éstas características esenciales para su proceso, ya que la cal actúa como fundente; facilitando la escorificación y disminuyendo con esto el consumo energético durante la fundición. Asimismo participa en la protección de la cubierta refractaria, prolongando su vida útil.

Adicionalmente la cal juega un papel importante en el proceso de peletizado del mineral de hierro, la desulfuración del acero, en procesos



siderúrgicos secundarios y en el control de emisiones de gases y efluentes residuales de esta industria.

## 2. La industria del vidrio



La fabricación de vidrios con mayor brillo, transparencia y resistencia, ha sido resultado de varios años de investigación en este sector, siendo la clave de esta innovación el uso de la cal viva como materia prima en sustitución de la piedra caliza.

Las cales de alto calcio y cales dolomíticas con bajos contenidos de fierro y cromo han permitido no solo la producción de vidrios con características superiores, sino que también han simplificado y mejorado el proceso con un importante ahorro en el consumo energético y de aditivos.

## 3. La industria del papel



La transformación de materiales celulósicos y los diversos procesos de acabado permiten la fabricación de una amplia variedad de tipos de papel con características específicas. La cal viva pulverizada es de suma importancia durante de este proceso; en la obtención de pasta de celulosa a partir de la pulpa, es un buen agente blanqueador y excelente filler,



además de ser la materia prima para la elaboración de recubrimientos que regulan la textura, color y brillo del papel.

#### 4. La industria del petróleo



En esta industria de gran impacto a nivel mundial, la cal viva e hidratada tiene injerencia de forma directa ya que se utiliza en la refinación del petróleo, la estabilización de las arcillas y lubricación durante la perforación de pozos y en los procesos de recuperación secundarios.

Algunas aplicaciones de la cal relacionadas con este sector son: el control de emisiones como la desulfuración de gases, la fabricación de grasas lubricantes y mezclas para el sellado de pozos agotados.

#### 5. Metalurgia y minería



La posibilidad de optimizar la recuperación y refinación de los minerales como cobre, oro, plata y zinc sin dañar el ambiente, es cada día un reto mayor.

El uso de cales de alto calcio y bajos contenidos de sílice y aluminio para la concentración de minerales, proporcionan un adecuado control de pH y



neutralizan los ácidos presentes logrando las condiciones propicias para este proceso.

## 6. Acuicultura



El cultivo del camarón ha desarrollado un sector con altos beneficios económicos. El uso de cales con alto contenido de calcio para el control de la materia orgánica en los estanques, evita la proliferación bacteriana y regula el pH, disminuye la mortandad de la especie además de que aporta el calcio que el animal asimila regularmente para la formación de su caparazón, esots aspectos se ven reflejados en la apariencia de los camarones; sanos y con un peso mayor.

## 7. Agricultura



Este es un sector básico para el desarrollo del país por lo que resulta de vital importancia el mantener la calidad de los suelos de cultivo. Año con año los suelos se ven afectados por la presencia de lluvias ácidas, uso desmedido de fertilizantes y agotamiento prematuro, lo que los acidifica y empobrece en exceso.



El encalado de suelos con cales hidratadas, dolomíticas o piedra caliza es de gran utilidad, ya que neutraliza los compuestos ácidos, regenera el pH para que las plantas aprovechen los nutrientes, detiene la proliferación de algunos hongos, bacterias y nemátodos notablemente dañinos, de forma simultánea inactiva el exceso de hierro, aluminio y elementos no deseados en los cultivos.

Adicionalmente la cal dolomítica aporta magnesio; elemento esencial en las plantas para la producción de clorofila.

## 8. Curtiduría



El proceso de transformación de piel animal a cuero comprende varias etapas, la cal hidratada ayuda a desprender la epidermis y las raíces de pelos del cuero, así como a eliminar algunas grasas y proteínas solubles indeseables para el proceso de curtiduría, desinfecta las pieles ayudando a su conservación y además favorece a la humectación de aquellas pieles que fueron almacenadas antes de ser curtidas.

La cal hidratada ayuda a desprender la epidermis y las raíces de pelos del cuero, así como a eliminar algunas grasas y proteínas solubles indeseables para el proceso de curtiduría. Indirectamente la cal es utilizada para neutralizar la materia orgánica y ácidos residuales propios del proceso.

## 9. Nixtamalización



El maíz considerado como alimento básico en la dieta de los mexicanos, desde tiempos prehispánicos ha sido sometido al proceso de nixtamalización, que consiste en precocer el maíz en lechada de cal y dejarlo reposar para que el grano se ablande y fije el calcio, de esta forma la cal hidratada resalta sus propiedades nutritivas y retarda su descomposición.

Posteriormente el grano se enjuaga y se muele para su consumo en forma de masa bajo diferentes formas y platillos.

## 10. Azúcar



Durante el proceso de producción de azúcar a partir de la caña, los ingenios buscan obtener el mayor provecho de la materia prima.

El uso de cal viva como alcalinizante y precipitante de impurezas minerales y orgánicas, permite clarificar y refinar el producto de manera más efectiva.

Secundariamente esta industria utiliza la cal para el acondicionamiento de aguas en las calderas y la neutralización de vinazas, mismas que se aprovechan como fertilizantes de los cultivos.





## 11. Procesos químicos especializados



La cal viva e hidratada participa de manera importante en una infinidad de procesos especializados que se engloban básicamente en productos farmacéuticos como la pasta de dientes y el excipiente en medicinas; procesos y conservación de productos alimenticios como los lácteos, las harinas y los aditivos para alimentos; fabricación de una amplia variedad de compuestos químicos utilizados como materias primas y productos de uso industrial como las grasas lubricantes que soportan altas y bajas temperaturas, los aditivos para plásticos, los fillers y agentes impermeabilizantes para construcción, los productos descongelantes para caminos, entre otros.

### 5.3. MEDIO AMBIENTE



La cal como material de origen natural es indispensable para la recuperación y conservación del medio ambiente.

#### 1. Tratamientos de agua

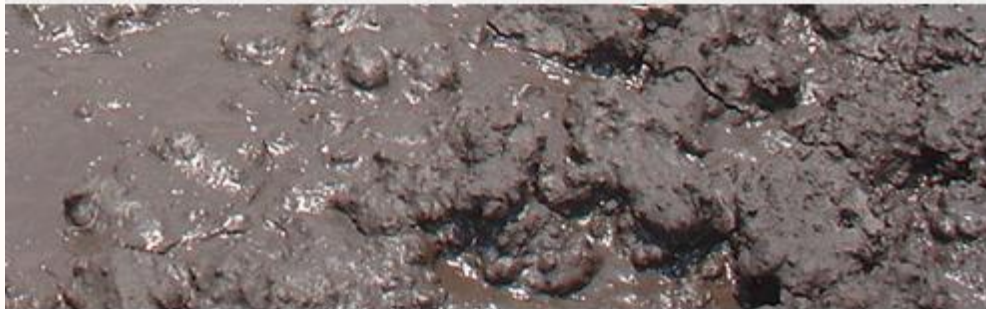
En el tratamiento de aguas residuales, la cal viva o hidratada es considerada el químico natural más efectivo, ya que por su alta alcalinidad ajusta el pH y neutraliza los ácidos presentes.



También facilita la remoción y estabilización de los metales pesados gracias a que propicia la coagulación y floculación de los mismos.

La cal viva o hidratada por su efecto biocida desinfecta, eliminando a las bacterias o microorganismos existentes, asimismo promueve la remoción de fósforo y amoníaco; valiosos nutrientes para las algas que se reproducen con facilidad, evitando con esto su proliferación.

## 2. Estabilización de lodos residuales



Los lodos residuales representan un grave problema para la salud y el ambiente por el alto contenido de materiales tóxicos y nocivos que concentran. Es posible y totalmente confiable la estabilización de estos materiales con cal viva o hidratada ya que deshidrata los lodos y eleva su pH. De esta forma los metales pesados forman compuestos permanentemente estables, los ácidos presentes se neutralizan y los elementos patógenos son eliminados.

Adicionalmente la cal facilita el control de los focos infecciosos porque evita la putrefacción de la materia orgánica y previene la emanación de olores desagradables.



Los lodos ya tratados dependiendo de su origen, pueden ser viables para emplearse en terrenos con uso agrícola o comercializarse como mejoradores de suelos, para la elaboración de composta y fertilizantes.

### 3. Tratamiento de desechos sólidos



En el tratamiento de desechos sólidos la cal viva e hidratada tiene un papel preponderante, ya que es fundamental en la preparación de los terrenos para confinamiento, que requieren de la estabilización de sus bases y entre capas. Con la cal hidratada se evita la contaminación del suelo aledaño en rellenos sanitarios propiciada por los lixiviados, ya que neutraliza los ácidos al ser arrastrada por el agua pluvial.

La cal no interrumpe la biodegradación de la materia orgánica, pero si impide la proliferación de organismos nocivos y el desprendimiento de olores fétidos

### 4. Desulfuración de gases



El uso de combustibles con altos contenidos de azufre origina gases saturados con dióxidos y trióxidos de azufre; compuestos que son en gran medida responsables del deterioro del aire y de la denominada lluvia ácida.



El uso de piedra caliza, cal viva o hidratada para el control de los gases de combustión forma compuestos sólidos de sulfato o sulfito de calcio que pueden ser fácilmente removidos, esta medida representa un beneficio para el medio ambiente ya que de esta forma se evita el deterioro de tierras de cultivo, construcciones, vialidades y cualquier otro elemento expuesto a la acción de la lluvia ácida.

## 5. Viviendas bioclimáticas



Las viviendas bioclimáticas son en la actualidad una nueva tendencia de construcción en la que se pretende aprovechar los beneficios del empleo de materiales 100% naturales para crear espacios con temperatura, ventilación e iluminación adecuados además de una apariencia rústica y atractiva.

El desarrollo de alta tecnología ha permitido al hombre construir con materiales cada día más industrializados, sin embargo, el deterioro ambiental y el alto costo de los insumos lo han obligado a retomar a las prácticas constructivas iniciales, en las que el empleo de materiales como cal hidratada, yeso, paja, piedras y tierra resultan esenciales.

En este rubro la cal tiene una importante participación misma que puede enunciarse de la siguiente forma; en la estabilización de adobes que permiten crear estructuras más resistentes y durables, la aplicación de estucos y pintura de cal que además de dar una apariencia agradable y colorida, protege a la estructura del deterioro ambiental. Finalmente la cal hidratada está presente en la higiene, en el tratamiento de agua y control de los desechos sólidos generados, de igual forma evita la proliferación de insectos y vegetación que dañan el aspecto de toda vivienda.



## 6. Tratamiento de aguas negras



Las aguas negras consisten generalmente tanto en efluentes domésticos como provenientes de fábricas y comercios. Éstas contienen sólidos suspendidos, materia orgánica coloidal disuelta, nutrientes (fosfato y amoníaco) e incluso metales pesados (particularmente de fuentes industriales).

## 7. Tierras contaminadas



Las tierras contaminadas pueden tratarse empleando cal, cal dolomítica y/o mezclas de cal con aglutinantes para ajustar el pH e inmovilizar los sulfatos, fosfatos y metales pesados, recuperando la utilidad de los suelos.

## 8. Alimentación avícola

En este proceso se emplean básicamente carbonatos de calcio como un ingrediente muy importante para producir suplementos alimenticios, vitales en la crianza de aves.



En el proceso se crea una mezcla que se seca posteriormente y luego se endurece para formar pequeñas pastillas o granos (pellets). Los suplementos se suministran a las aves para mejorar e incrementar la resistencia de los cascarones de sus huevos. En general, el suplemento es simple, eficiente y poco caro en su elaboración y uso.

Además, la cal hidratada también puede agregarse en las distintas áreas empleadas en la crianza intensiva de aves de corral, para ampliar su utilidad y proveer de un grado de protección contra parásitos y enfermedades.

## VII. RESUMEN DE APLICACIONES

- La cal es empleada como un estabilizador en las construcciones de tierra con suelos arcillosos, porque la cal reacciona con la arcilla formando un aglomerante.
- La cal es mezclada con una puzolana (ceniza de cascara de arroz, ceniza volátil, residuos de alto horno, etc.) para producir un aglomerante hidráulico, que puede sustituir parcial o totalmente al cemento, dependiendo del comportamiento requerido.
- La cal hidráulica (hecha de piedra caliza rica en arcilla) puede ser empleada sin puzolana.
- La cal no hidráulica (hidróxido de calcio puro) también es empleada como un aglomerante en enlucidos. Se endurece al reaccionar con el dióxido de carbono en el aire para retornar a piedra caliza (carbonato de calcio). Este proceso puede tomar hasta 3 años dependiendo de las condiciones climáticas.
- La cal es usada en morteros de cemento para hacerlo más laborable.



- La lechada de cal (leche de cal diluida) es empleado como pintura de paredes internas y externas.

### **VIII. VENTAJAS**

- La cal es producida con menos consumo de energía que el cemento, haciéndolo más barato y ambientalmente más aceptable.
- En morteros y trabajos de enlucido, la cal es muy superior al cemento portland, proporcionando superficies suaves con una mayor probabilidad a deformarse que a agrietarse y ayudan a controlar los movimientos de humedad y la condensación.
- Como la resistencia generada por el cemento portland no siempre es necesaria (y a veces incluso puede ser peligrosa), el aglomerante puzolana - cal proporciona un sustituto más barato y estructuralmente más adecuado, conservando así el cemento para usos más importantes.
- La lechada de cal no sólo son pinturas más baratas sino que también actúan como un germicida suave.

### **Problemas**

- La estabilización de suelo con cal requiere más de dos veces el tiempo de curado necesario para el suelo estabilizado con cemento.
- Si la cal viva es guardada en condiciones húmedas (incluso con aire húmedo), se hidratará.
- La cal hidratada, guardada por mucho tiempo, reacciona gradualmente con el dióxido de carbono en el aire y se vuelve inservible.
- El hinchamiento de la cal (hidratación de los nódulos de cal viva restantes) puede tener lugar mucho tiempo después de que el componente se haya secado, causando ampollas, grietas y superficies feas.
- La lechada de cal ordinaria tardan en endurecerse, y son fáciles de retirar frotándolos.
- La cocción tradicional de la cal en hornos intermitentes desperdician mucho combustible (generalmente leña) y a menudo producen cales no uniformes, de baja calidad (sobre o subcocidas).



- El valor de la cal está muy subestimado, especialmente desde que el cemento portland se ha convertido en una clase de aglomerante «milagroso» en casi todas partes.

### **Soluciones**

- El tiempo para el curado de suelos estabilizados con cal puede reducirse empleando cales hidráulicas o añadiendo una puzolana a las cales no hidráulicas.
- La cal viva tiene que ser hidratada antes de emplearse en obras de construcción, por ello esto debe hacerse tan pronto como sale del horno, ya que la cal hidratada es mucho más fácil de guardar y transportar.
- Para evitar un rápido deterioro de la cal hidratada seca, debe ser guardada en bolsas herméticas.
- Es ventajoso guardar la cal en forma de pasta. Esto puede hacerse indefinidamente, ya que la calidad de la pasta de cal mejora mientras mas tiempo está guardada. Con este método, son apagadas incluso las partículas de cal viva de más lenta hidratación, evitando así el hinchamiento de la cal en una etapa posterior.
- Debe haber una mayor difusión de información y asesoría a los productores locales de cal para que construyan hornos de cal más eficientes (en términos de consumo de combustible y producción de cal).
- Se necesitan esfuerzos similares para reivindicar la cal como uno de los materiales de construcción más importantes.