

CONTROL DE CALIDAD DE CAL HIDRATADA  
O HIDROXIDO DE CALCIO  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Esther Vadillo C., Rómulo Ochoa L\*

RESUMEN

Se ha revisado las normas AASHTO para determinar la calidad de la cal hidratada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , y se han efectuado análisis en muestras reales para demostrar la eficiencia en el control de calidad de este producto industrial.

INTRODUCCION

La cal hidratada o cal hidráulica:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , es un compuesto químico importante en la estabilización de suelos en las bases y sub-bases de las carreteras.

El control de la calidad del producto se realiza en concordancia con los requisitos químicos dados por el Instituto de Investigación Tecnológica y de Control de Calidad (ITINTEC), o American Standards for Testing Materials (ASTM) y AASHTO para que pueda definirse el tipo y la calidad de la cal hidratada a la que pertenece.

En el presente trabajo, se van a revisar las normas y ver si se mejora la efectividad de los métodos propuestos o en todo caso, encontrar métodos

---

\* PUCP, Departamento de Ciencias, Sección Química.

más simplificados y rápidos que conllevan a una mejor eficiencia en el control del análisis químico del producto.

### ASPECTOS TEORICOS

La cal hidratada es hidróxido de calcio:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , con impurezas como:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{M}_2\text{O}_3$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ),  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{CaO}$  no hidratados o libres y residuos insolubles.

#### *Tipos de Cal:*

Tipo 1.- *Cal hidratada altamente cálcica*- que contenga un máximo de 4% en peso de magnesio, calculado como  $\text{MgO}$ .  
La verificación de estos requisitos se determina con la norma AASHTO T (219).

Tipo 2.- Cal dolomítica que contenga entre 4% y 36% de magnesio como  $\text{MgO}$ .  
La verificación de estos requisitos se determina con las normas ASTM C (25).

#### *Requisitos Químicos:*

Los requisitos para los 2 tipos de cal se señalan en la Tabla 1.

**TABLA 1:** Requisitos químicos para los tipos de cal.

TIPO 1	Grado A	Grado B	Grado C
Alcalinidad mínimo de cal hidratada % $\text{Ca}(\text{OH})_2$	90%	85%	75%
- Cal no hidratada Cont. máximo como % $\text{CaO}$ en peso.	7	8	9
- Agua libre, máximo contenido como % $\text{H}_2\text{O}$ .	3	3	3

<b>TIPO 2</b>	<b>Grado A</b>	<b>Grado B</b>	<b>Grado C</b>
- CaO y MgO sobre base calcinada % mínimo	98%	96%	94%
- Dióxido de Carbono % CO <sub>2</sub> máximo	3	4	8
- Agua libre % máximo H <sub>2</sub> O	3	3	2

Según las normas ITINTEC, los tipos de cal tienen la clasificación que se muestra en la Tabla 2.

**TABLA 2:** Clasificación de los tipos de cal según ITINTEC.

<b>TIPO DE CAL</b>	<b>Altamente Cálcida</b>	<b>Cálcida</b>	<b>Dolomítica</b>
CaO + MgO	90%	80%	80%
MgO	4	6	6
CO <sub>2</sub> (en planta)	5	5	5
CO <sub>2</sub> (en otro lugar de entrega)	7	7	7
CaO + MgO (libre)	8	8	8
Humedad en planta	3	3	3

Los requisitos granulométricos y las impurezas de los tipos de cal se muestran en las tablas 3 y 4.

**TABLA 3: Requisitos granulométricos de los tipos de cal.**

Según AASHTO T (192)	GRADO A	GRADO B	GRADO C
Max. residuo sobre tamíz # 30	2%	3%	4%
Máximo residuo en tamíz # 200	12	14	18
Según ITINTEC	Altamente Cálctica	Cálctica	Dolomítica
Residuo obtenido sobre tamíz # 30	no mayor de 0.5 %		
Residuo obtenido sobre tamíz # 200	no mayor de 15 %		

**TABLA 4: Impurezas de los tipos de cal.**

Tipo 1 Según Norma AASHTO T (219)	Tipo 2 Según ASTM C (25)	Según ITINTEC
Determinación de: a. Alcalinidad Hid. aparente. b. Alcalinidad total f. Pérdida por ignic. Sustancias Obtenidas a. $\text{CaCO}_3$ b. $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Determinación de: a. Sílice + Resid. Insol. b. $\text{M}_2\text{O}_3(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ c. $\text{CaO}$ d. $\text{MgO}$ e. $\text{SO}_3$ f. $\text{CO}_2$ g. Humedad h. Pérdida por Ignición Sustancias Calculadas a. $\text{CaCO}_3$ b. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ c. $\text{MgCO}_3$ d. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ e. $\text{CaSO}_4$ f. $\text{CaO}$ y $\text{MgO}$ libres	Determinación de: a. Humedad  b. Mat. Insol + $\text{SiO}_2$ c. Pérdida por Ignición. d. $\text{CaO}$ e. $\text{MgO}$ f. $\text{SO}_3$ g. $\text{CO}_2$  Sustancias Calculadas a. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ b. $\text{MgO}$ y $\text{CaO}$ libre c. $\text{CaCO}_3$ d. $\text{CaSO}_4$

## PARTE EXPERIMENTAL

Los métodos para la determinación de estas impurezas no varían en muchos casos. Según las normas se utilizan los mismos métodos.

Para la determinación de calcio, se utiliza el método gravimétrico y el volumétrico con  $\text{KMnO}_4$ . Usando EDTA (Acido Etilen Diamino Tetracético) por titulación complexométrica el método es mucho más rápido y eficaz.

Igualmente para el caso del fierro y aluminio se utiliza el método gravimétrico y luego por separación se obtienen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  separados, con el método complexométrico y utilizando EDTA, se ahorra tiempo y es mucho más eficaz.

Al determinar el  $\text{CO}_2$ , se verá que es mucho más exacto el método gasométrico que el de la titulación porque éste se presta a muchos errores, y siempre en el ambiente hay  $\text{CO}_2$  que hace que se carbonate rápidamente la muestra.

Se trabajaron muestras de cales que provenían de distintos lugares, obteniéndose los datos en la Tabla 5

**TABLA 5:** Resultado de algunas muestras

Muestra	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	CaO Total	PPI *	Humedad	CaO no Hidrat.	$\text{CaCO}_3$
1	91.52%	71.20%	26.66%	1.90%	0.87%	5.65%
2	94.28	70.39	26.45	1.60	-----	4.35
3	93.29	71.46	24.78	0.90	-----	6.95
4	76.53	59.48	27.42	1.24	1.56	15.32
5	84.23	67.46	22.94	0.61	3.72	5.57
6	80.98	71.10	22.15	0.55	9.83	4.31
7	89.96	71.18	27.62	2.68	0.88	6.93
8	94.86	71.23	26.34	1.08	0.74	4.95
9	93.70	70.58	25.83	0.70	-----	5.24
10	80.78	70.21	22.45	0.37	0.09	5.68
11	78.44	70.69	21.72	0.57	11.34	4.71
12	90.60	68.35	24.71	0.82	-----	4.40

\* Pérdida por Ignición

## CONCLUSIONES

De los resultados de la tabla concluimos lo siguiente:

- Se obtiene mayor calidad de cal mientras menos sea la cantidad de CaO no hidratado y carbonatos presentes en la muestra.
- El valor de la pérdida por ignición debe estar en el intervalo de 24.5% a 26% para poder obtener una cal de óptima calidad.
- Una cal hidratada depende de 2 factores: calcinación e hidratación. Si no hay buena calcinación entonces hay carbonatos presentes y el valor de  $\text{Ca(OH)}_2$  disminuye. Si no hay buena hidratación entonces el valor de CaO no hidratado influirá en el valor del  $\text{Ca(OH)}_2$  haciendo que disminuya.
- La obtención de los resultados de una cal hidratada depende sólo de los siguientes valores:

Pérdida por ignición, humedad, anhídrido carbónico y óxido de calcio total.

Es mucho más efectivo utilizar métodos complexométricos para la determinación del calcio total y de los óxidos de hierro y aluminio.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Norma Técnica Nacional.** Intec 339. 048. Enero 1979.
2. **American National Standard.** ANSI/ASTM C 25 - 72. Chemical Analysis of Limestone, Quicklime and Hydrated Lime.
3. **Annual Book of ASTM Standards.** Part 13.
4. **Standard Specification for Lime for Soil Stabilization.** AASHTO Designation M 216 - 68 (1980).
5. Kolthoff M., Sandel E., Meehan J. y Bukenstein, S. **Quantitative Chemical Analysis.** Mac Millan Ionpay. 1979, p. 102 - 103.
6. **Método Complexométrico de Valoración con Triplex.** Merck, 1970, p - 24 - 29.