

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA USO EN VÍAS TERRESTRES

W. Quinche Granda, W. Caraguay Cuenca, A. Cartuche Morocho, A. Zúñiga, R. Serrano

Universidad Técnica Particular de Loja. (UTPL)
San Cayetano Alto s/n

RESUMEN

Se presentan y discuten los principales resultados obtenidos en un estudio experimental, destinado a evaluar la estabilización con Cloruro de Sodio (NaCl), Cal y Cloruro de Calcio (CaCl₂), en suelos arcillosos y limosos, y cuyos resultados se encaminan a la aplicación en terracerías de las vías terrestres. Se trabajó con dos tipos de suelos, el primero de ellos, con un alto potencial de expansión, para ser usado con NaCl y Cal; y el segundo, de baja plasticidad, para CaCl₂. Se determinó la influencia de los estabilizantes en las propiedades físicas y mecánicas, variando los porcentajes de adición de los mismos en cada suelo.

Palabras Claves: Estabilización, Cloruro de Sodio, Cal, Cloruro de Calcio.

SUMMARY

This research presents the principal the main results obtained in an experimental study discuss, dedicated to evaluate the stabilization with chloride of sodium (NaCl), Lime and chloride of calcium (CaCl₂) in loamy and oozy soils, and their applications in lands of the terrestrial roads. We worked with two soils, the first of them, with a high expansion potential, we used NaCl and Lime; for the soil with a low plasticity potential, we used CaCl₂. The influence of the stabilizers was determined in the physical and mechanical properties, varying the percentages of the same ones added to each floor type.

Key words: Stabilization, Chloride of sodium, lime, Chloride of calcium.

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación se eligió como suelos de estudio, aquellos que se encuentran presentes en la Urbanización Bella María de la Ciudad de Loja; y aquellos presentes en la Vía de acceso a la conducción del Plan Maestro de Agua Potable de la Ciudad de Loja, entre las abscisa 8+000 y 9+000 en el sector La Libertad del Cantón Loja.

A estos Suelos se agregó, a cada uno de ellos, un porcentaje de estabilizantes químico, con los cuales se mejoró las propiedades físicas y mecánicas de estos. Los suelos en los cuales se desarrolló la investigación y sus respectivas caracterizaciones son las siguientes:

Suelo 1:

Localización: Bella María;

Profundidad: 1 m;

Descripción de la muestra: arcilla de color gris claro con motas cafés oscuras y amarillas;

Tipo de Muestreo: Alterado.

Suelo 2:

Localización: Bella María;

Profundidad: 1 m;

Descripción de la muestra: arcilla de color amarillo con motas cafés oscuras;

Tipo de Muestreo: Alterado.

Suelo 3:

Localización: La Libertad;

Abscisa: 8+000;

Profundidad: 1 m;

Descripción de la muestra: Limos inorgánicos de color gris claro de baja plasticidad con motas blancas y amarillentas;

Tipo de Muestreo: Alterado.

Suelo 4:

Localización: La Unión;

Abscisa: 9+000;

Profundidad: 1 m;

Descripción de la muestra: Arcillas limosas de color café claro de baja plasticidad con motas blancas;

Tipo de Muestreo: Alterado.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

A los suelos sobre los que se realizó la investigación se les realizó, en su estado natural, ensayos para determinar su clasificación y sus propiedades físicas y mecánicas. Los ensayos que se ejecutaron, con su respectiva norma, son: Granulometría (AASHTO T-11); Límites de Atterberg. (AASHTO T 89 - T 90); Potencial hidrógeno pH. (ASTM D – 4972); Compactación (AASHTO T –180); C.B.R. (AASHTO T 193); Módulo de Resiliencia, se procedió a estimar con el valor de CBR calculado para cada suelo; y Compresión Simple (AASHTO 208). Las propiedades de los suelos en su estado naturales resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Propiedades de los suelos en estudio

SUELO	Color	LL	LP	IP	pH
1	Gris Claro	62	29	33	8.93
2	Amarillo	71	34	37	8.79
3	Gris Claro	27	25	2	5.58
4	Café Claro	30	18	12	7.60

RESULTADOS

LÍMITES DE ATTERBERG. (AASHTO T-89 T-90)

Tabla 2: Influencia del NaCl en las características del Suelo 1

Clasific. SUCS	Clasific. AASHTO	LL	LP	IP	Color	% NaCl
CH	A-7-6	62	29	33	Gris	0
CH	A-7-6	61	28	33	Gris	2
CH	A-7-6	57	25	32	Gris	5
CL	A-7-6	44	25	19	Gris	10
CL	A-7-6	40	26	14	Gris	20

Tabla 3: Influencia de la CAL en las características del Suelo 2

Clasific. SUCS	Clasific. AASHTO	LL	LP	IP	Color	% CAL
CH	A-7-5	71	34	37	Gris	0
MH	A-7-5	59	47	12	Gris	3
MH	A-7-5	58	44	14	Gris	4
MH	A-5	59	51	8	Gris	5
MH	A-5	57	53	4	Gris	6

Tabla 4: Influencia del CaCl2 en las características del Suelo 3

Clasific. SUCS	Clasific. AASHTO	LL	LP	IP	Color	SAL (%)
ML	A-4	27	25	2	Gris	0
ML	A-4	27	26	1	Gris	0.5
ML	A-4	27	23	4	Gris	1.0
ML	A-4	27	24	3	Gris	1.5
CL	A-4	29	21	8	Gris	2.0

Tabla 5: Influencia del CaCl2 en las características del suelo 4

Clasific. SUCS	Clasific. AASHTO	LL	LP	IP	Color	CACL2 (%)
CL	A-6	30	18	12	Café	0
CL	A-6	29	18	11	Café	0.5
ML	A-4	28	23	5	Café	1.0
CL	A-4	26	18	8	Café	1.5
ML	A-4	26	22	4	Café	2.0

VALORES DE pH. (ASTM D-4972)

Tabla 6: Potencial de hidrógeno (pH) para los suelos en estudio.

Suelo	pH (0% Sal)	pH (2% Sal)	pH (5% Sal)	pH (10% Sal)	pH (20% Sal)
1	8.93	7.67	7.65	7.32	7.38

Suelo	pH (0% Cal)	pH (3% Cal)	pH (4% Cal)	pH (5% Cal)	pH (6% Cal)
2	8.79	11.76	11.98	12.36	12.32

Suelo	pH (0% CaCl2)	pH (0.5% CaCl2)	pH (1% CaCl2)	pH (1.5% CaCl2)	pH (2% CaCl2)
3	5.58	4.14	4.12	4.12	4.11
4	7.60	4.32	4.19	4.15	4.14

COMPACTACIÓN (AASHTO T-180)

Tabla 7: Valores de Humedad Óptima y Densidad Seca Máxima, Suelo 1.

Cloruro de sodio (%)	Humedad Óptima (%)	Densidad Seca Máxima (Kg/m ³)
0	25.55	1,544
2	22.00	1,675
5	21.07	1,660
10	18.55	1,716
20	17.70	1,738

Figura 1: Curvas de Compactación Proctor Modificada con Cloruro de Sodio

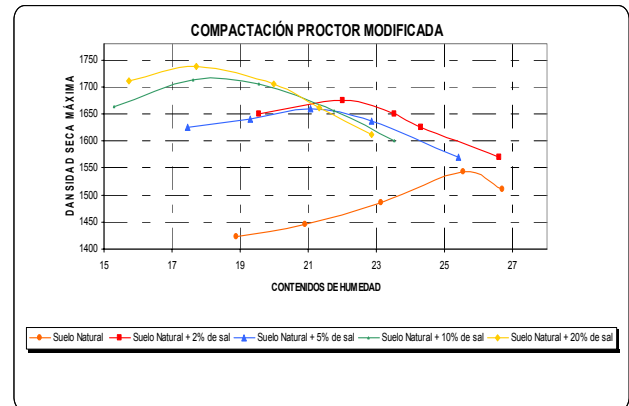


Tabla 8: Valores de Humedad Óptima y Densidad Seca Máxima, Suelo 2.

Cal %	Densidad Seca (Kg/m ³)	Contenido de humedad (%)
0	1587	21.03
3	1546	23.35
4	1492	25.87
5	1477	26.51
6	1514	22.63

Figura 2: Curvas de Compactación Proctor Modificada con Cal

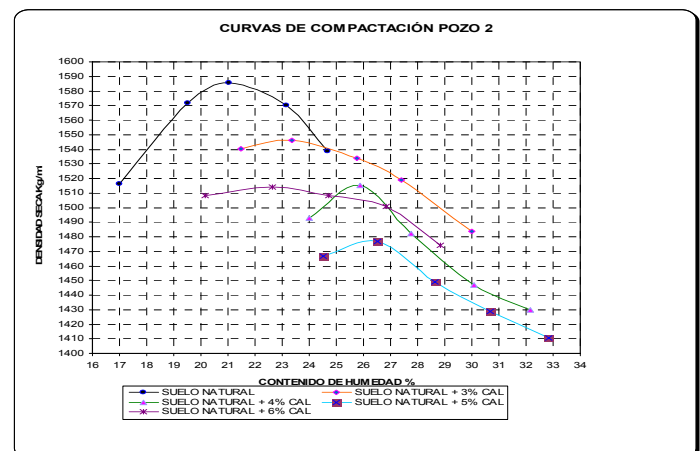
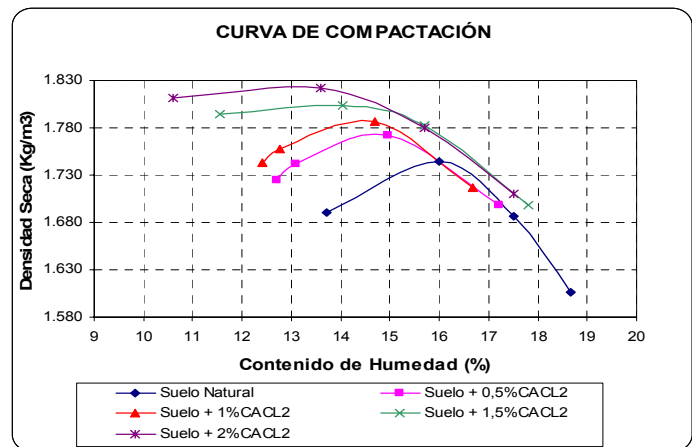


Tabla 9: Valores de Humedad Óptima y Densidad Seca Máxima, suelo 3

Cloruro Cálculo (%)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca Máxima (Kg/m ³)
0	15.60	1748
0.5	14.80	1772
1	14.35	1788
1.5	13.26	1805
2	12.44	1830

Figura 3: Curvas de Compactación Proctor Modificada con Cloruro Cálculo



C.B.R. (AASHTO T-193)

Tabla 10: Resultados del CBR

Cloruro de sodio (%)	CBR Diseño (%)	Hinchamiento (%)
Natural	1.5	9.87
2	0.7	7.62
5	2.1	4.14
10	3.7	2.05
20	3.0	2.43

Figura 4: Influencia del porcentaje de sal en el C.B.R.

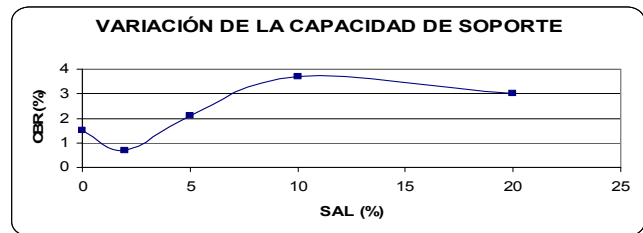


Tabla 11: Resultados del CBR

Cal (%)	D. Seca max (g/cm ³)	C.B.R. (%)
Natural.	1.508	1.6
3	1.468	18
4	1.417	25
5	1.403	49
6	1.438	38

Figura 5: Influencia del porcentaje de cal en el C.B.R.

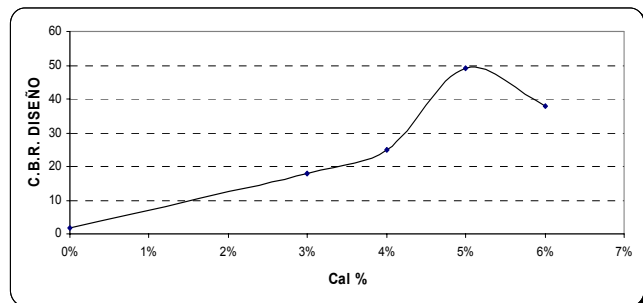
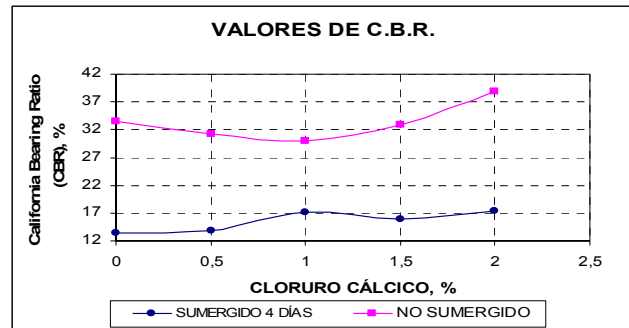


Tabla 12: Resultados del CBR

CaCl2 (%)	CBR no Sumergido	CBR Diseño (%)	Hinchamiento (%)
0	34	13.50	0.78
0.5	31	13.80	0.61
1	30	17.20	0.74
1.5	33	15.98	0.87
2	39	17.28	0.96

Figura 6: Influencia del porcentaje de CaCl2 en el C.B.R.

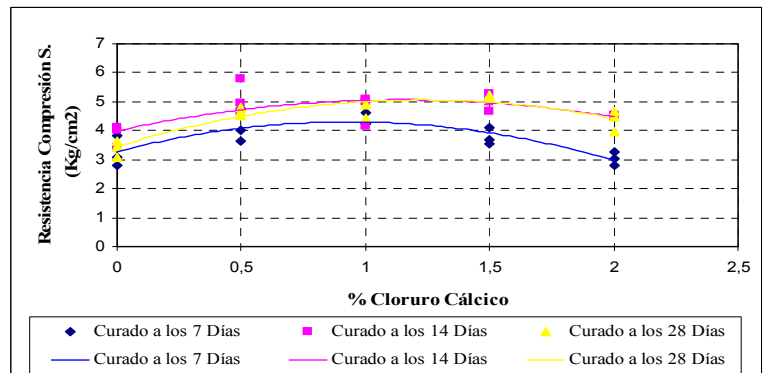


Compresión Simple. (AASHTO 208)

Tabla 13: Resultados de Compresión Simple para 7, 14 y 28 Días de Reposo

% CaCl2	Muestra # 2		
	TIEMPO DE REPOSO		
	7 DIAS	14DÍAS	28DÍAS
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0	3,85	4,10	3,45
0.5	4,75	5,79	4,81
1.0	4,60	5,07	4,90
1.5	4,10	5,27	5,21
2.0	3,28	4,54	4,67

Figura 7: Compresión Simple



CONCLUSIONES

- El índice de plasticidad para cada tipo de suelo disminuye al aplicar el estabilizante al suelo.
- Las características de compactación para cada uno de los suelos es similar, debido a que existe un incremento en la densidad seca máxima y una disminución en el contenido óptimo de humedad, lo anterior puede deberse al incremento de cristales del aditivo que se unen a los minerales del suelo y que ayudan a la absorción de agua que antes solo lo hacia el suelo.
- En lo referente al ensayo CBR, podemos exponer que existe un incremento en la capacidad de soporte para los tres tipos de estabilización en comparación con el suelo en estado natural.

- Utilizar el cloruro de sodio como un producto para estabilizar es ventajoso pues al dimensionar la estructura del pavimento en este caso particular, logramos disminuir el espesor total del pavimento, en relación a su estado natural. Considerando lo anotado anteriormente, podemos decir que en aspectos constructivos este tipo de estabilización nos ayuda a disminuir los costos de construcción.
- Las sales NaCl y CaCl₂ logra que sus cristales se traben con las partículas de suelo resultando beneficioso, porque retiene la humedad durante la compactación y aumenta la densidad ligeramente para un mismo esfuerzo de compactación.
- Los suelos tratados con cal incrementan su capacidad soporte a valores mayores a los que especifica el MOP en su normativa para mejoramiento de subrasante.

AGRADECIMIENTO.

A los señores ingenieros Vinicio Suárez Chacón y Jorge Luís Palacios Riofrío, Directores de la Unidad de Ingeniería Civil Geología y Minas (UCG) y Escuela de Ingeniería Civil, respectivamente; a la Universidad Técnica Particular de Loja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. W.O. Quinche, “Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para su uso en Vías Terrestres Urbanización Bella María”, Tesis, Universidad Técnica Particular de Loja, (2006): pp. 49-59.
2. W.I. Caraguay, “Estabilización de Suelos con Cal para uso en las Vías Terrestres (Ciudadela Bella María, Etapa II)”, Tesis, Universidad Técnica Particular de Loja, (2006): pp. 47-55.
3. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes (Ecuador: MOP, 2002). Capítulo IV, Sección 402-3: p. 18.