

Estabilización de Suelos

Diseño Estructural de Pavimentos

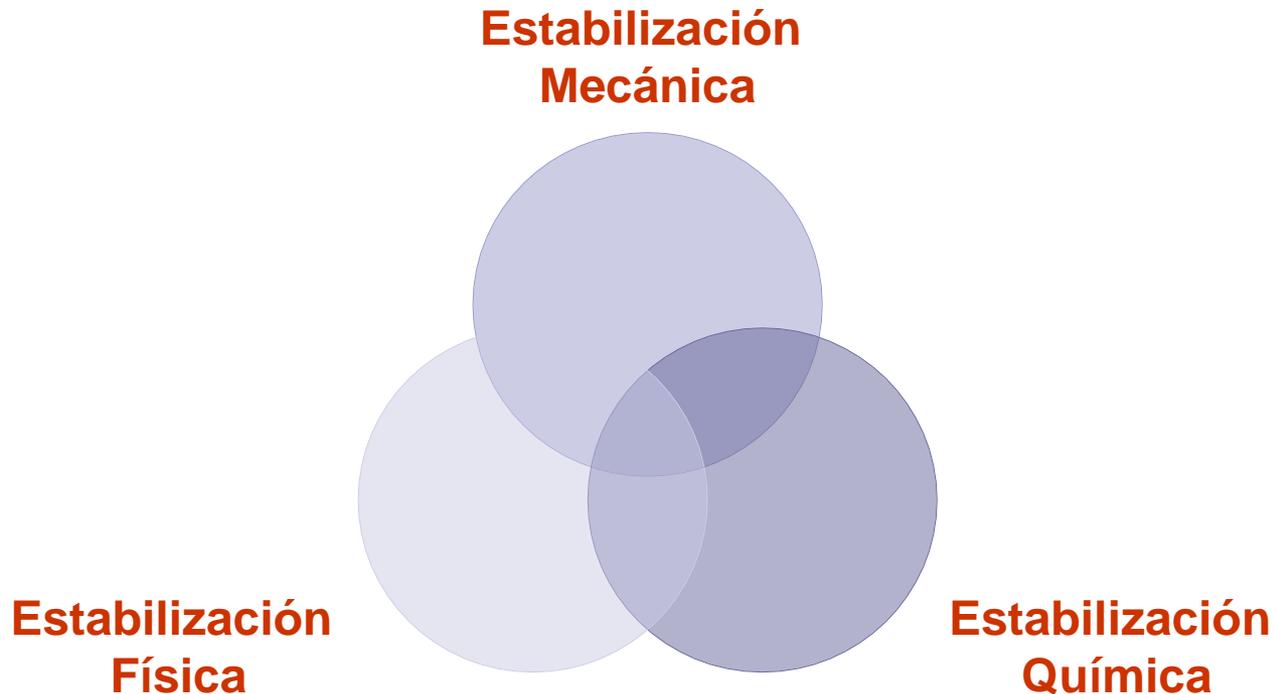
Estabilización de Suelos

- La estabilización es un tratamiento que se aplica a los suelos o a los materiales granulares, mediante ciertos procedimientos para mejorar sus características mecánicas, especialmente la capacidad portante, resistencia a los agentes atmosféricos, estabilidad volumétrica, etc.
- Se entiende por estabilidad a la inalterabilidad en el tiempo de las características mecánicas de los materiales constituyentes del pavimento.

Tipos de Estabilización

- **Estabilización mecánica:** Se obtiene la densificación a través de la compactación.
- **Estabilización física:** Se mejora la granulometría mediante la mezcla de agregados y suelos incidiendo principalmente sobre los parámetros de fricción (estabilización granulométrica)
- **Estabilización química:** Se produce un cambio en las propiedades del suelo mediante la adición de un producto químico. Los aditivos químicos tradicionales son la cal, el cemento y el asfalto.

Tipos de Estabilización



En los procesos constructivos se combinan diferentes tipos de estabilización para mejorar las características de las capas estructurales.

Estabilización Química

- El uso de cal y cemento está principalmente dirigida a mejorar o controlar las propiedades de los materiales finos, especialmente la plasticidad.
- Los materiales finos son los más susceptibles a las variaciones de humedad.
- El uso de estabilizadores químicos produce un cambio permanente de las propiedades de un suelo a lo largo de la vida en servicio del pavimento.



Métodos de Estabilización

- Compactación
- Estabilización granulométrica
- Suelo cemento
- Suelo cal
- Suelo asfalto
- Otros agentes químicos

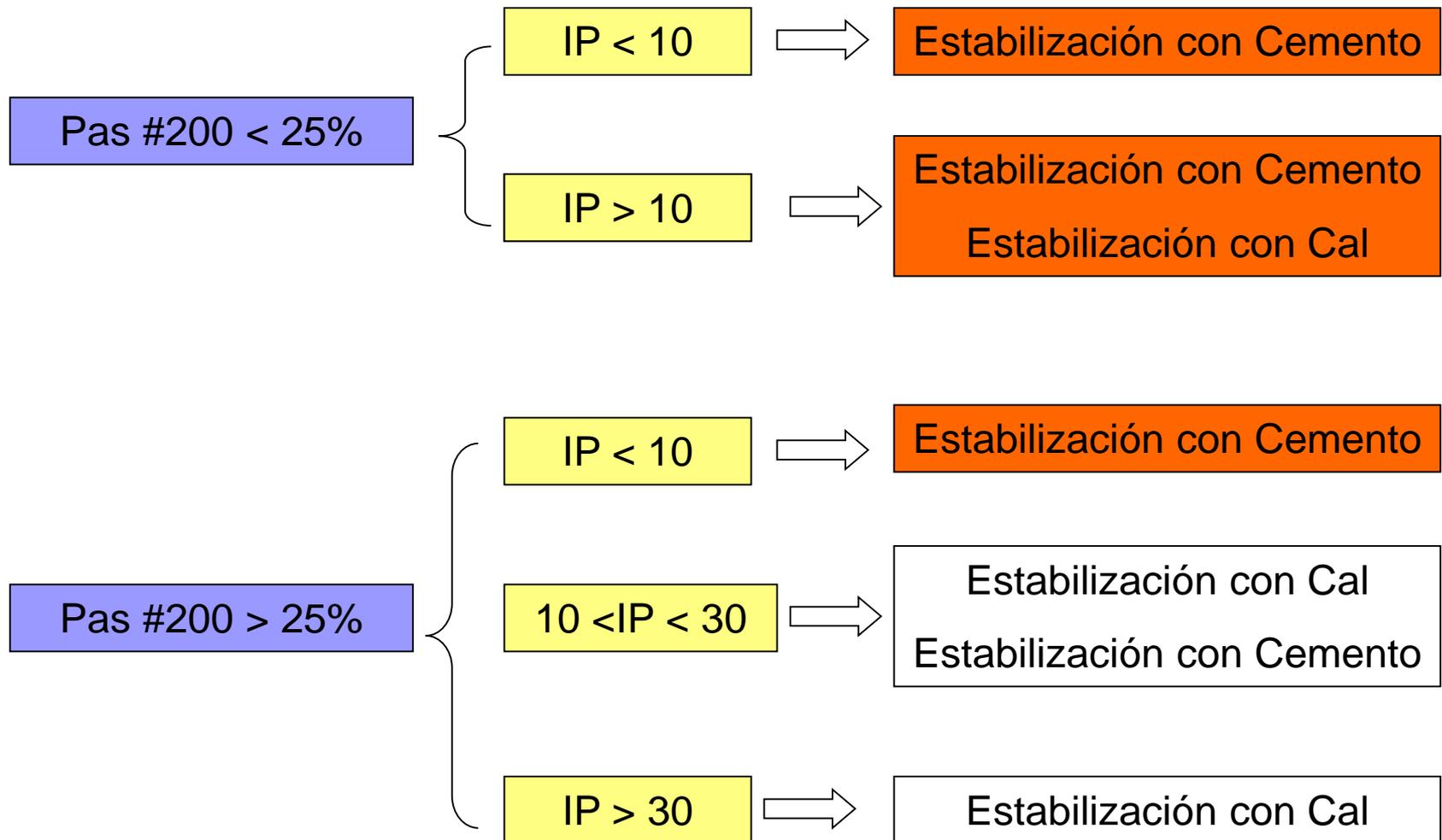
Suelo Cemento

- Es una mezcla íntima de suelo y cemento Pórtland, con adición de agua. La estabilización se produce incidiendo sobre el parámetro de la cohesión, mejorando la capacidad portante mediante la incorporación de un agente cementante que une las partículas del suelo aumentando su resistencia al corte.
- Cualquier tipo de suelo puede ser mejorado con la adición de cemento, sin embargo algunos tipos requieren un porcentaje muy alto, lo que no resulta económicamente viable.

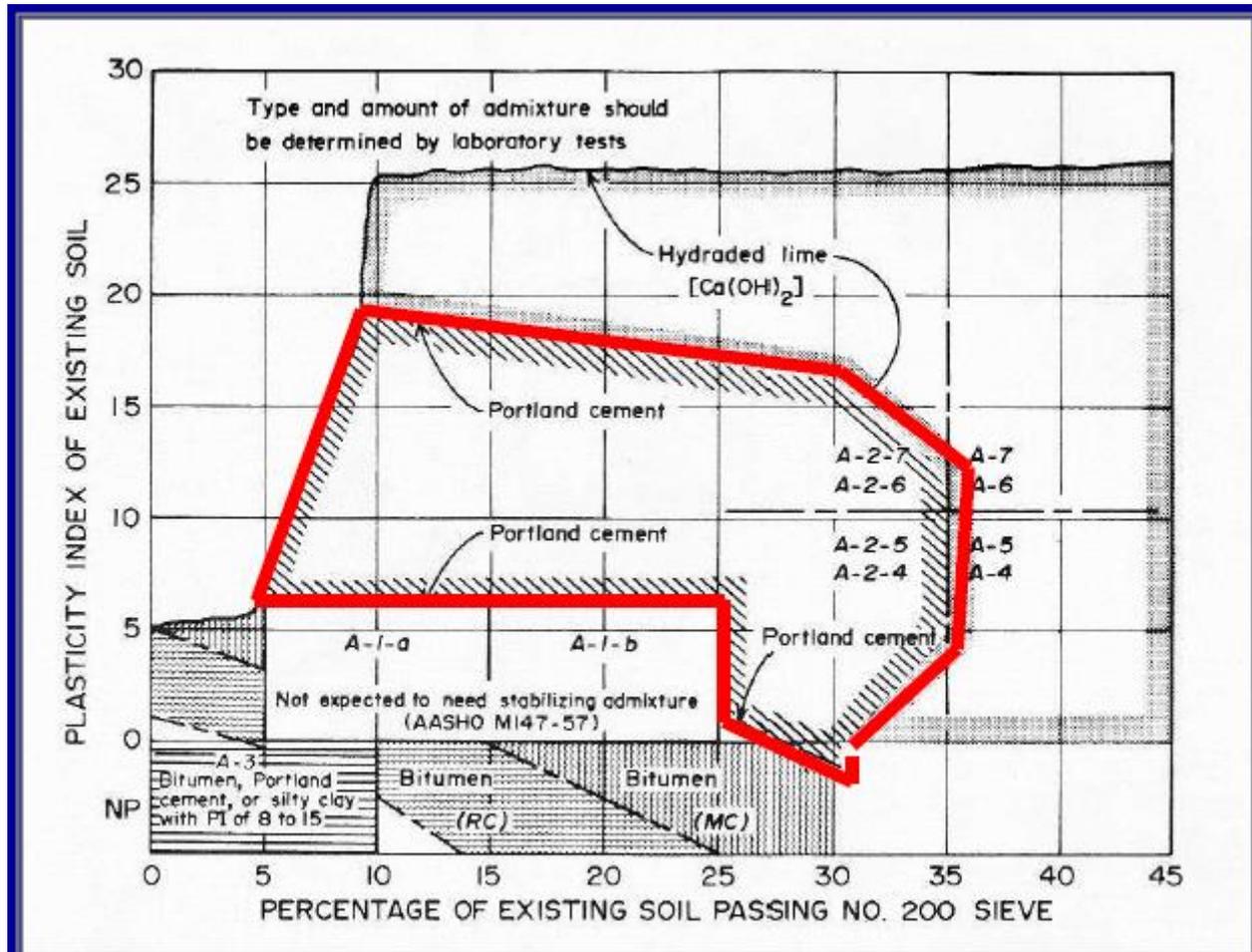
Selección de Suelos

- Las diferentes agencias establecen los criterios de los materiales a ser estabilizados con cemento para su utilización en las capas del Pavimento.
- Recomendaciones ASTM
- Recomendaciones de la AASHTO
- Normas Españolas
- Método Sudafricano de Diseño de Pavimentos.

Criterios de Selección



Criteria de Selección



Criterios de Selección

- El Metodo Sudafricano de Diseño de Pavimentos establecen los parámetros para la utilización de bases cementadas para pavimentos.
- Tipologías de capas cementadas:
- C1 y C2 (Piedra triturada cementada)
- C3 y C4 (Grava natural cementada)

5.3.2.1. Classification of Cementitiously Stabilised Materials

TRH14 classifies cementitiously stabilised materials as:

- Cemented crushed stone or gravel (C1 or C2)
- Cemented natural gravel (C3 and C4)

Criterios de Selección

- Cada tipología incluye las especificaciones de resistencia y durabilidad.
- También establece el material origen antes de la estabilización.
- Para un C4 se establece como material origen un G6 o superior.
- G6 es un material compuesto de grava natural con CBR mínimo de 25%, expansión menor a 1% y un índice de plasticidad menor a 12.

Criteria de Selección

Classification	C1	C2	C3	C4
Material before treatment	At least G2 quality	At least G4 quality	At least G5 quality	At least G6 quality
PI after treatment	Non-plastic	Non-plastic	6 max ¹	6 max ¹
UCS (MPa) ²	6 min	4 min	1.5 min	0.75 min
ITS (kPa) ³	–	–	250 min	200 min
Wet/dry durability (% loss) ⁴	5 max	10 max	20 max	30 max



Materials to be Stabilised with Cement

Both the TRH14 and the COLTO specifications require materials to be of **minimum G6 quality** before stabilisation to achieve C3 and C4 quality after stabilisation. However some road authorities specify minimum G5 quality material to attain C3 quality after stabilisation.

Table A.1 Summary of TRH14 Classification System for Granular Materials, Gravels and Soils

Groups	G1, G2, G3: Graded Crushed Stone			G4, G5, G6: Natural Gravels		
Description	G1 Crushed unweathered rock	G2, G3 Crushed rock, boulders or coarse gravel		Natural gravel; may be mixed with crushed rock such as boulders. May be cementitious or mechanically modified.		
Material Class	G1	G2	G3	G4	G5	G6
GRADING						
Sieve Size (mm)	Nominal max size 37.5 mm ¹	Nominal max size 28 (26.5) mm ¹			Max size 64 mm or two-thirds of compacted layer thickness, whichever is smaller.	
50 / 53	100			100		
37.5	100			85 – 100		
28 / 26.5	84 – 94	100		–		
20 / 19	71 – 84	85 – 95		60 – 90		
14 / 13.2	59 – 75	71 – 84		–		
5 / 4.75	36 – 53	42 – 60		30 – 65		
2	23 – 40	27 – 45		20 – 50		
0.425	11 – 24	13 – 27		10 – 30		
0.075	4 – 12	5 – 12		5 – 15		
Grading Modulus (min)	n/a			n/a	1.5	1.2
Flakiness Index	Max 35% on weighted average of -28 (26.5) and -20 (19) mm fractions		n/a	n/a		
Crushing Strength	10% FACT (min) 110 kN or ACV (max) 29%		n/a	n/a		
ATTERBERG LIMITS						
Liquid Limit (max)	25	25		25	30	n/a
Plasticity Index, PI (max)	4	6		6	10	12 or 3 GM ² + 10
Linear shrinkage, % (max)	4	3		3	5	n/a
Linear shrinkage x -0.425 mm sieve (max) ³	n/a			170	170	n/a
BEARING STRENGTH AND SWELL						
CBR, % (min) at MDD ⁴	n/a	80 at 98%		80 at 98%	45 at 95% ⁵	25 at 93%
Swell, % (max) at MDD	n/a	0.2 at 100%		0.2 at 100%	0.5 at 100%	1.0%
Material Class	G1	G2	G3	G4	G5	G6

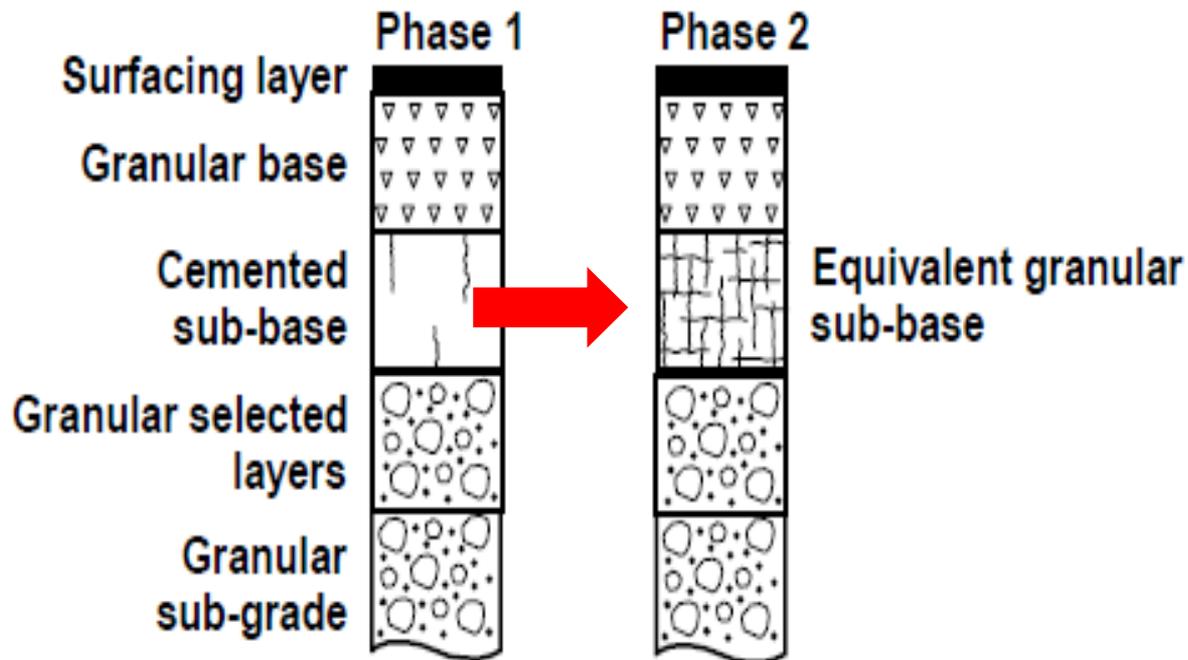
	ACV (max) 29%		ATTERBERG LIMITS			
Liquid Limit (max)	25	25	25	30	n/a	
Plasticity Index, PI (max)	4	6	6	10	12 or 3 GM ² + 10	
Linear shrinkage, % (max)	4	3	3	5	n/a	
Linear shrinkage x -0.425 mm sieve (max) ³	n/a		170	170	n/a	
BEARING STRENGTH AND SWELL						
CBR, % (min) at MDD ⁴	n/a	80 at 98%	80 at 98%	45 at 95% ⁵	25 at 93%	
Swell, % (max) at MDD	n/a	0.2 at 100%	0.2 at 100%	0.5 at 100%	1.0%	
Material Class	G1	G2	G3	G4	G5	G6



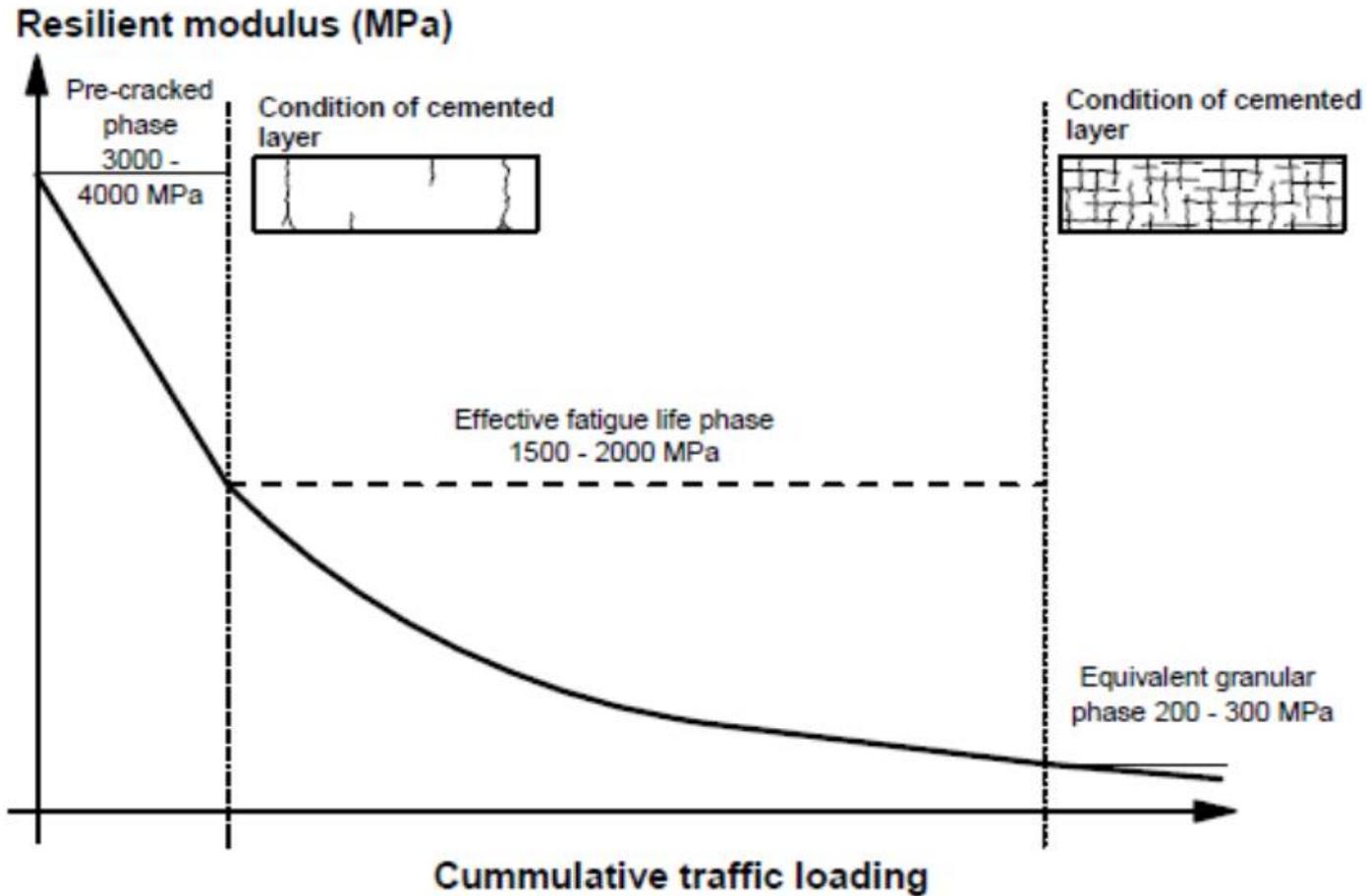
Comportamiento Estructural

- La capa estabilizada con cemento pasa por un proceso de fisuración a lo largo de su vida útil con una disminución progresiva del módulo elástico.
- Esta disminución progresiva del módulo depende de varios factores, entre ellos el porcentaje de cemento utilizado y el tipo de suelo utilizado.

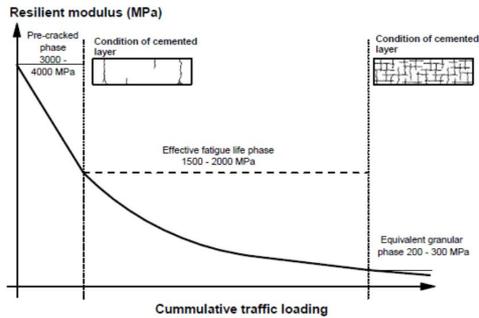
Comportamiento Estructural



Comportamiento Estructural

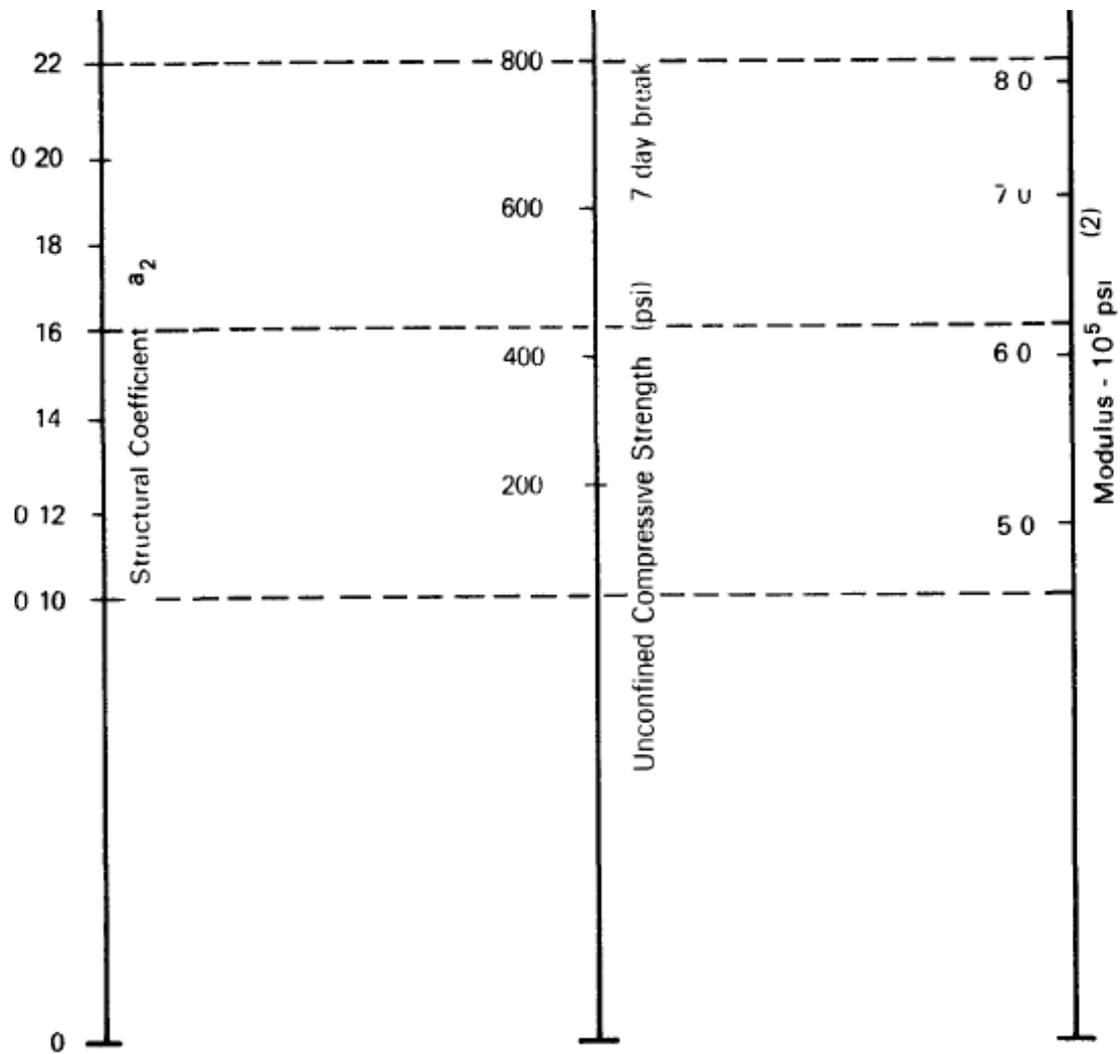


Comportamiento Estructural



VIDA UTIL EN EJES EQUIVALENTES

AASHTO 93



- (1) Scale derived by averaging correlations from Illinois Louisiana and Texas
- (2) Scale derived on NCHRP project (3)

Figure 2.8. Variation in a_2 for Cement-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)

Suelo Cal

- Es una mezcla íntima de suelo y cal hidratada. Se utiliza para disminuir la plasticidad en los suelos finos.
- La adición de la cal aumenta el límite plástico por lo que se vuelve más estable ante la acción de la humedad.
- Aumento de la capacidad soporte mediante la atracción entre las partículas y la formación de enlaces puzolánicos.

Plasticidad



Suelos con Sulfatos

- Los sulfatos en el suelo se combinan con el calcio y alúmina de la arcilla, y con el agua, formando los minerales etringita y taumasita en una reacción sumamente expansiva.
- La formación de estos minerales después de la compactación puede causar deterioro significativo del pavimento y pérdida de resistencia.

Suelos con Sulfatos

- Las concentraciones de sulfato menores que 3,000 ppm (0.3 por ciento) difícilmente causen problemas.
- Las concentraciones de 3,000 a 5,000 ppm pueden ser estabilizadas fácilmente si se tiene cuidado para seguir buenas prácticas constructivas, tales como la utilización de mucha agua (2 a 3% arriba de la optima) y darle un periodo de maduración a la mezcla.

Suelos con Sulfatos

- En la propuesta de Especificaciones técnicas, se debe considerar el efecto de las sales de sulfato en el suelo cal
- “Antes de dar comienzo a la compactación deberá transcurrir un periodo de maduración comprendido entre 48 y 72 horas a partir del momento en que se terminó de uniformar el contenido de agua....”