

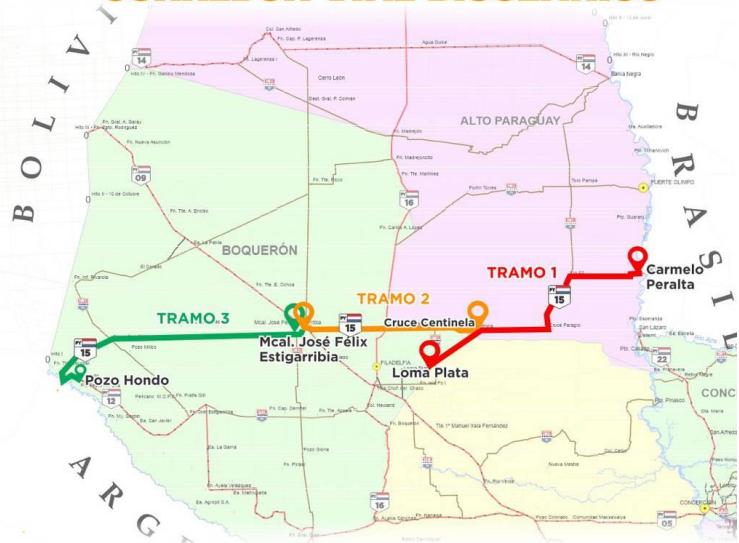


ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA RUTA BIOCEANICA: TRATAMIENTO DE LOS SUELOS DISPERSIVOS Y SULFATADOS EN LOS TERRAPLENES Y LAS SUPERESTRUCTURA

**Ing. Felipe Ramirez
Ing. Cesar Lopez Bosio
Ing. Juan Manuel Cano
Ing. Juan Rivarola**

DATOS GENERALES

CORREDOR VIAL BIOCEÁNICO



MOPC
#ObraParaLaGente

**GOBIERNO
NACIONAL**

Paraguay
de la gente

 Tramo ejecutado y terminado 203 – 72 Km

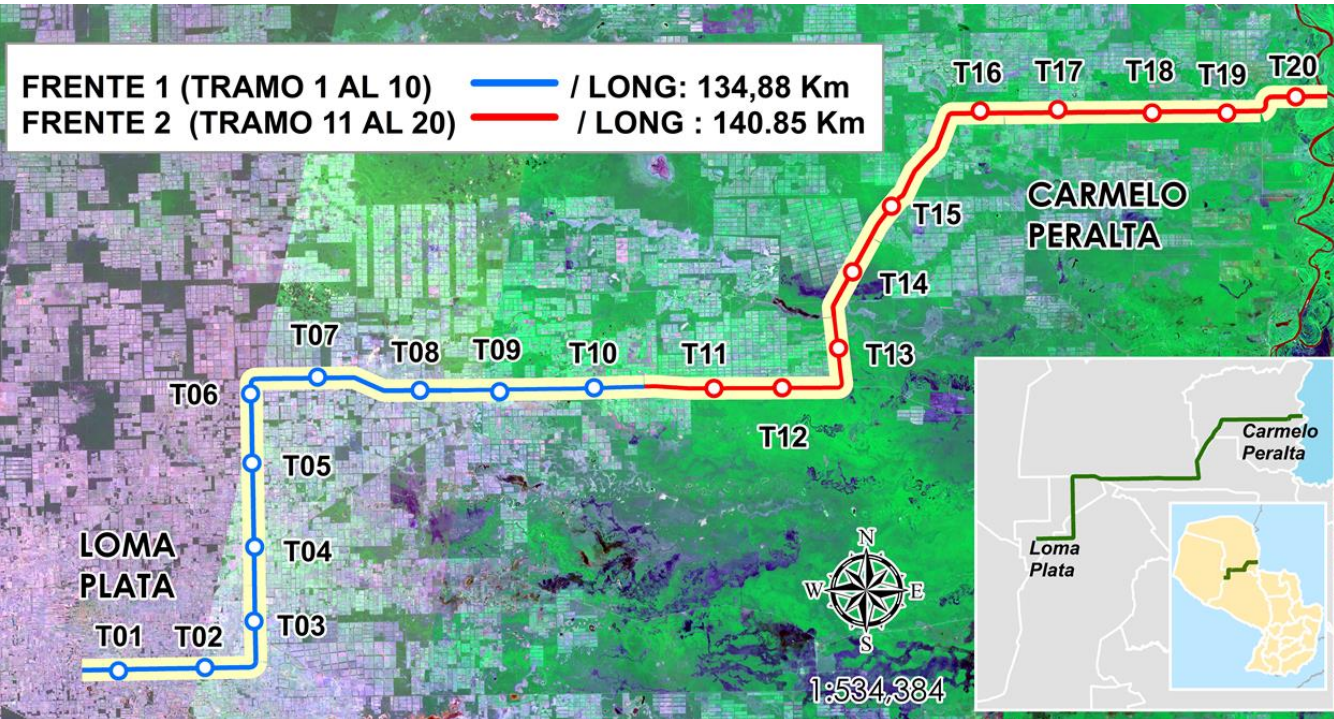
 Tramo en proceso de licitación 216 Km.

 Tramo a realizarse +/- 120 Km.

DATOS CONTRACTUALES:

- **OBRA:** Consorcio Corredor Vial Bioceánico. Tramo 1.
- **Tipo de obra:** EPC con Financiamiento (Ing, Provisión y Contr.)
- **Contratante:** Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones: MOPC
- **Contratista:** Consorcio Corredor Vial Bioceánico.
- **Formación del Consorcio:** 50% Queiroz Galvao; 50% Ocho A.
- **Valor Contractual Original PI (Monto Inicial):** 443.473.727 US\$.
- **Valor Actualizado del Contrato PI+R1:** 443.473.727 US\$
- **Tipo de contrato:** Ajuste alzado (Precio global).
- **Inicio y Finalización contractual:** Feb. 2019 – Abr. 2022 (39 meses)
- **Inicio y Finalización real:** Feb. 2019 – Feb. 2022 (36 meses)
- **Longitud total:** 275.73 Km

TRAMOS EJECUTADOS (+/- 12Km):



TRAMO 1	FECHA DE ENTREGA
TRAMOS 1 Y 20	SEPTIEMBRE 2019
TRAMO 11	FEBRERO 2022

LONGITUD TOTAL FINALIZADA EN FEB 2022: 275,73 KM

VOLUMENES EJECUTADOS DE LA OBRA



6.500.000 m³
Terraplén



1.300.000 m³
Refuerzo de Subrasante



775.000 m³
Suelo Cemento

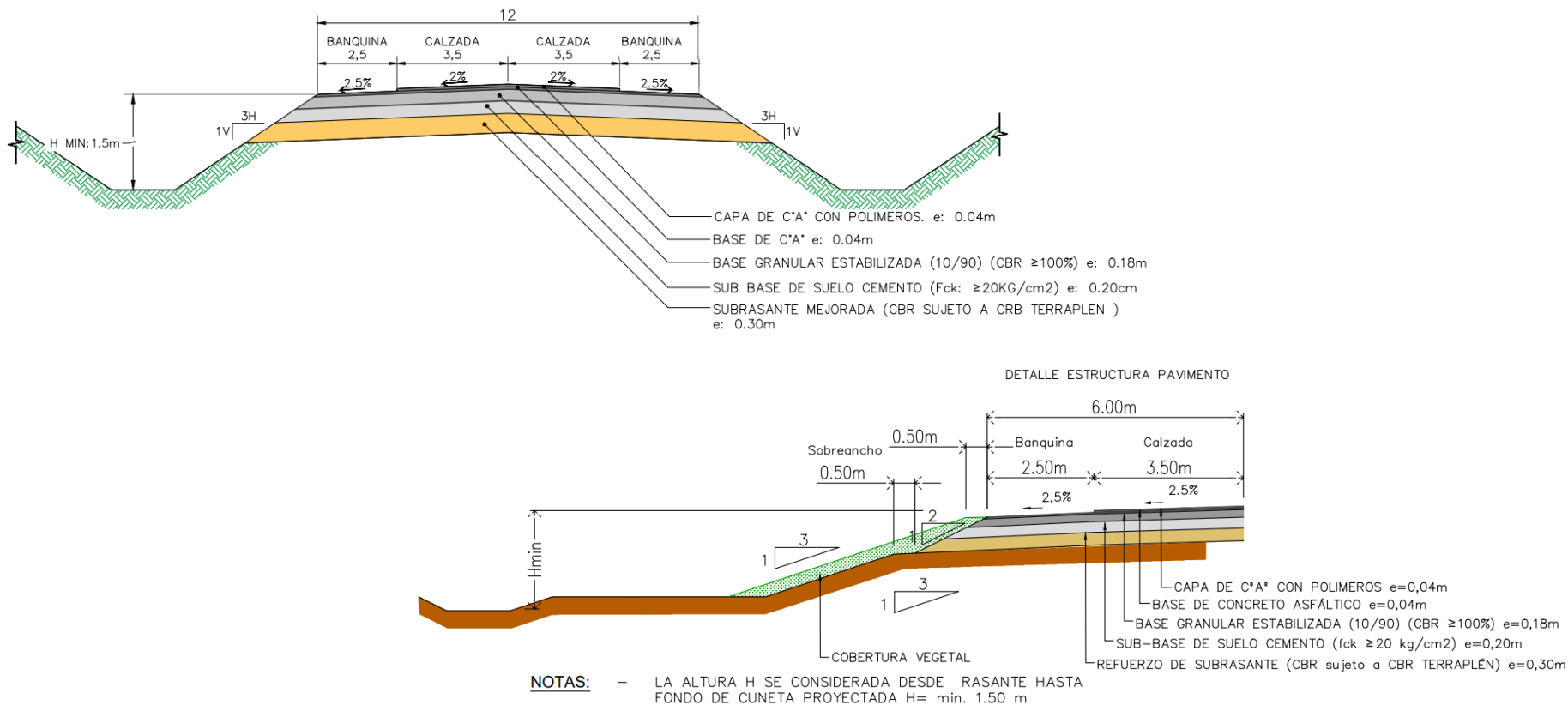


641.000 m³
Base Granular

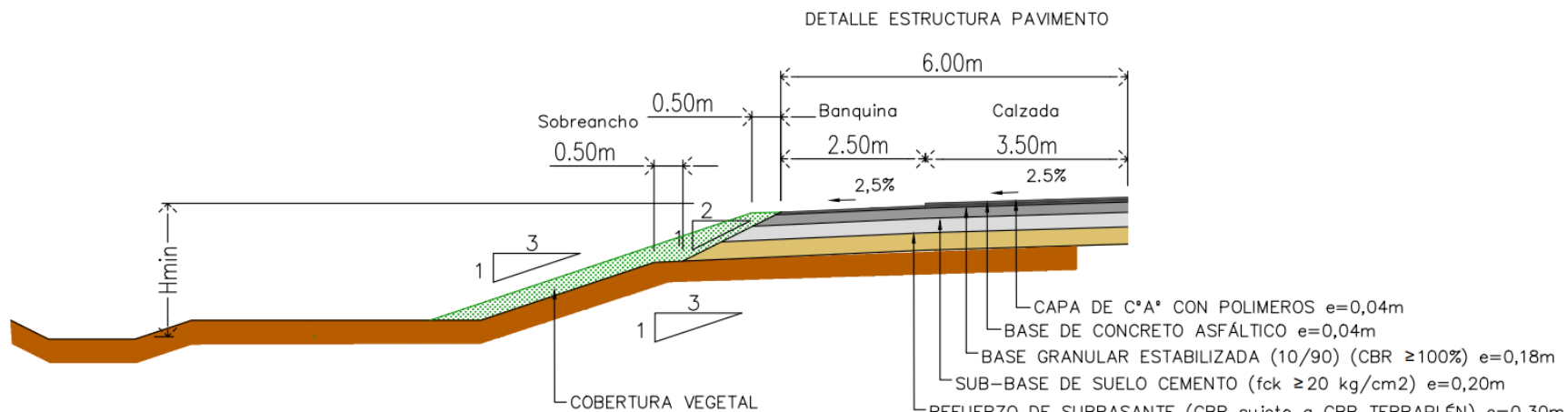


216.000m³
Carpeta y Base, Asfálticas

SECCIÓN TIPO MODIFICADA



SECCIÓN TIPO AJUSTADA



NOTAS: - LA ALTURA H SE CONSIDERADA DESDE RASANTE HASTA FONDO DE CUNETA PROYECTADA $H = \text{min. } 1.50 \text{ m}$

	PAQUETE A	PAQUETE B
Refuerzo Sub Rasante(0,30m)	SC CBR ≥ 22	SC CBR ≥ 15
Terraplén	CBR < 5	CBR ≥ 5

	Paquete A	PAQUETE B
Sub base(0,20m)	Suelo cemento	Suelo cal cemento
Tipo	A-2/4	A-6, A-7-5/6

ASUNCIÓN
2022



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito

Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

IAPC

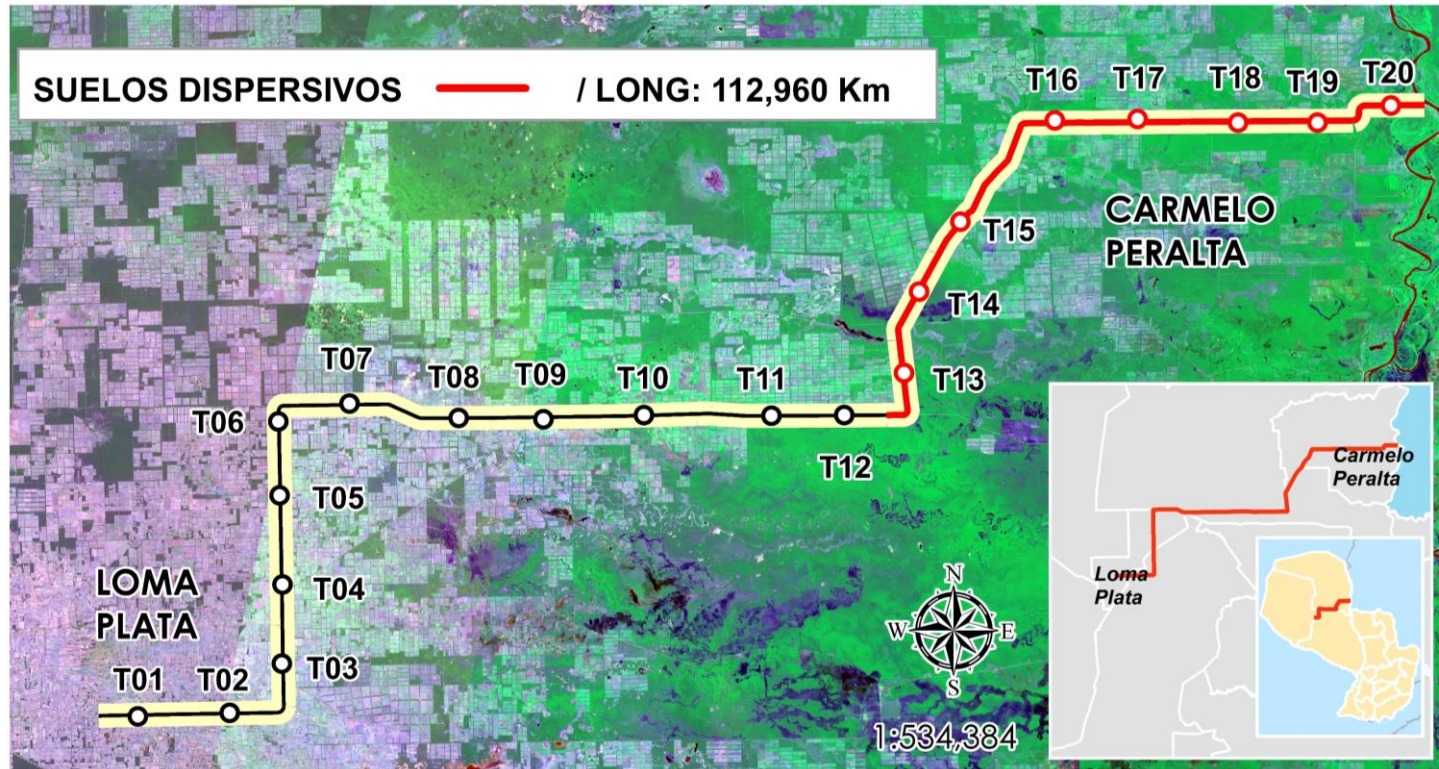
ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



COMITÉ NACIONAL

SUELOS COHESIVOS

SUELOS COHESIVOS



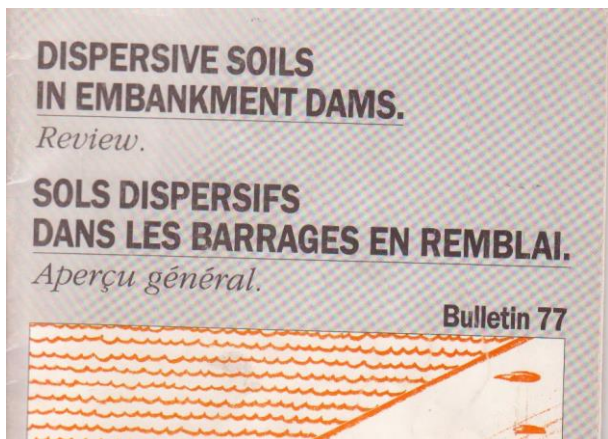
Suelos arcillosos dispersivos: A-76; A-75; A-6 (D1-D2 y ND2-ND3)

SUELOS DISPERSIVOS:

IDENTIFICACION Y NATURALEZA DE LOS SUELOS DISPERSIVOS

- **Suelos Dispersivos:**
 - Sherard, 1976: Son suelos arcillosos altamente sensibles a la erosión.
 - Erosionan por un proceso en el cual las partículas coloidales individuales de arcilla están en suspensión en aguas quietas. Tienen alto contenido de Na en las sales totales disueltas en el agua de poro (TDS= Ca + Mg + Na + K)
- **Suelos arcillosos comunes, no dispersivos:**
 - Preponderancia de Ca y Mg en las TDS
 - Se requiere una velocidad de umbral para que se produzca la erosión: el fenómeno es mecánico (según Sherard 30 cm/s).
- Los suelos dispersivos no pueden ser identificados con los ensayos convencionales de la mecánica de suelos

SUELOS DISPERSIVOS:



Investigadores australianos la dispersión está gobernada por:

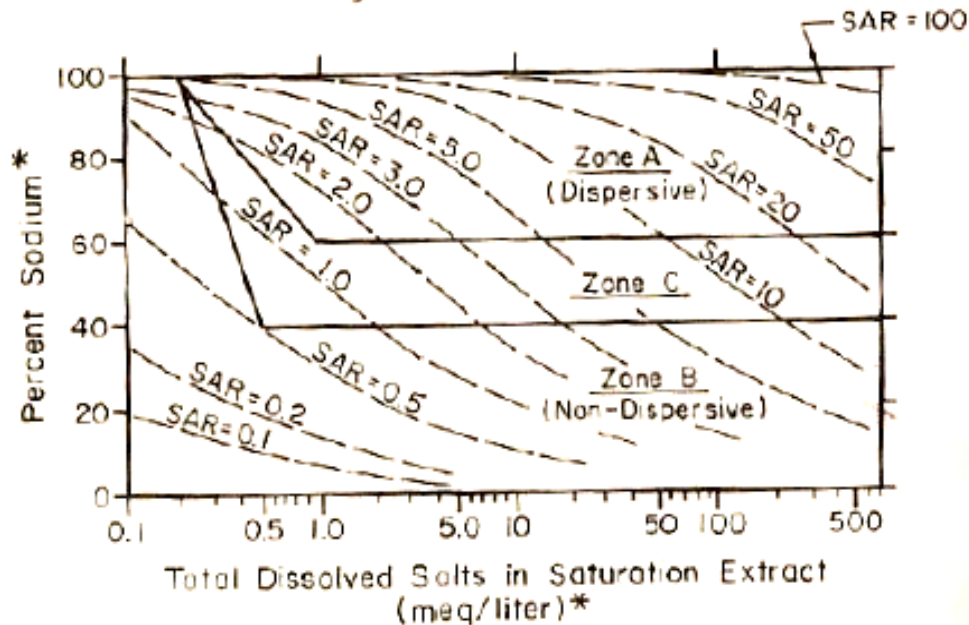
- 1- Porcentaje de Na intercambiable expresado en SAR.
- 2- Sales totales TDS.

Cuando SAR es mayor a 1 y 2, el suelo es dispersivo en el Pinhole.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{0.5(Ca + Mg)}}, \text{ all in meq./liter}$$

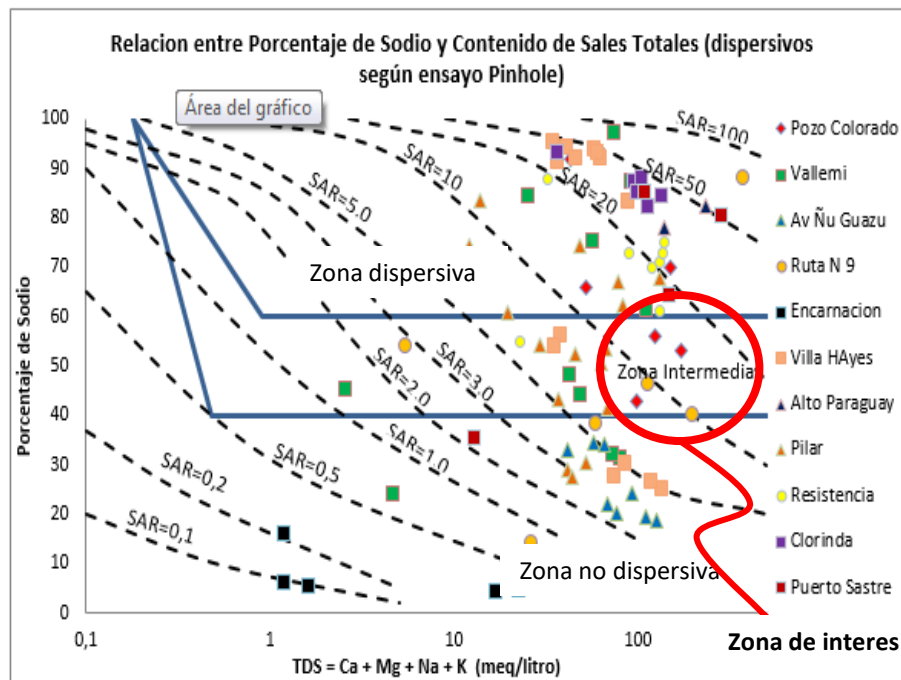
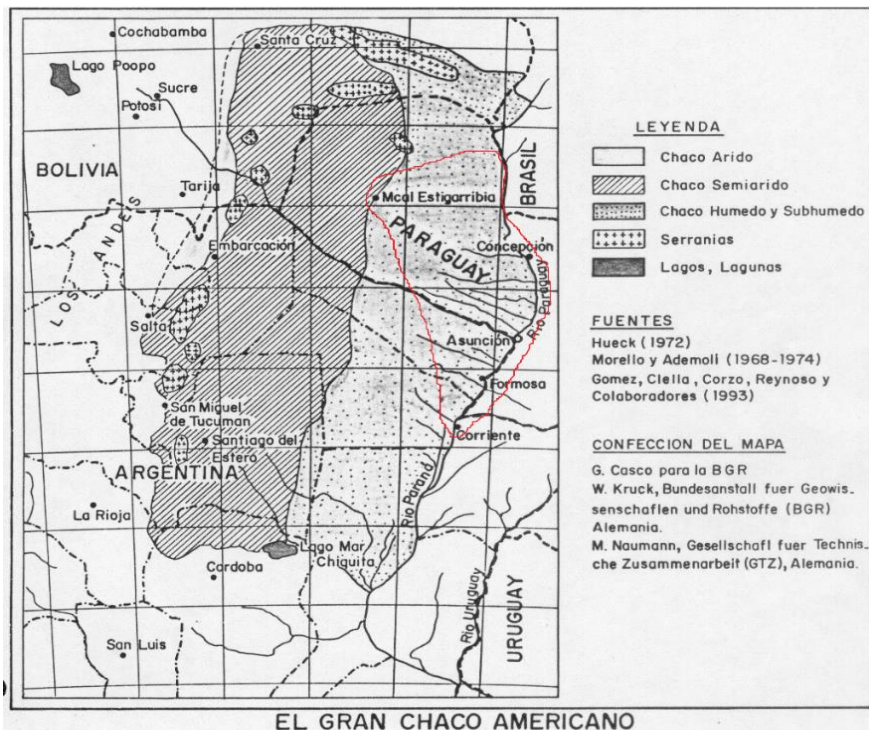
- Notes:
- 1) See description of Zones A, B and C in Text.
 - 2) Relationship shown is valid only when eroding water is relatively pure.

*See Figure 2 for definitions.



SUELOS DISPERSIVOS:

Zona de investigación y levantamiento de daños



En todos los casos donde se identificaron las tubificaciones y los ensayos de Pinhole dieron dispersivo, la SAR es mayor a 1 y 2.

ASUNCIÓN
2022

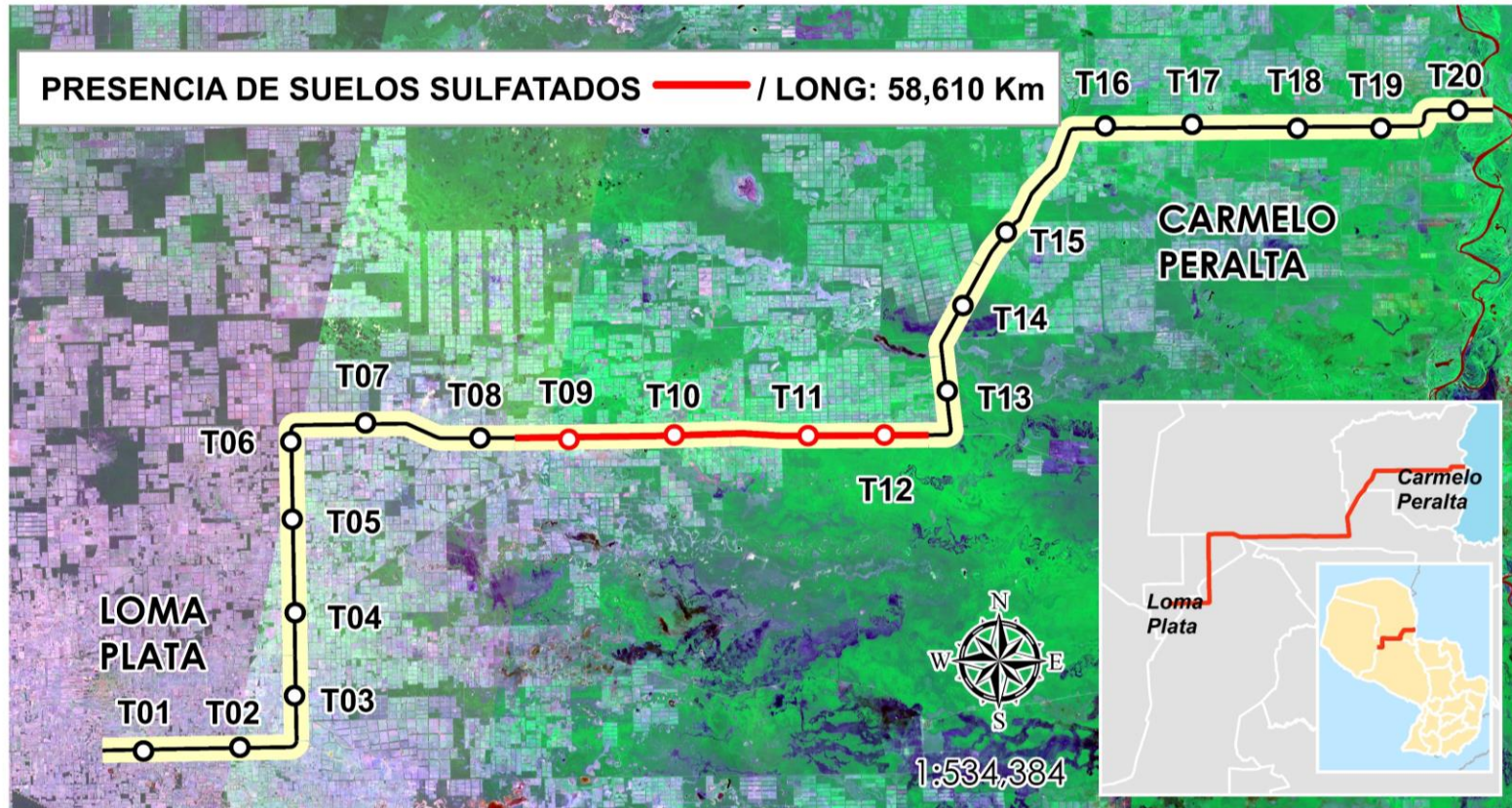


CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



SUELOS SULFATADOS

SUELOS SULFATADOS:

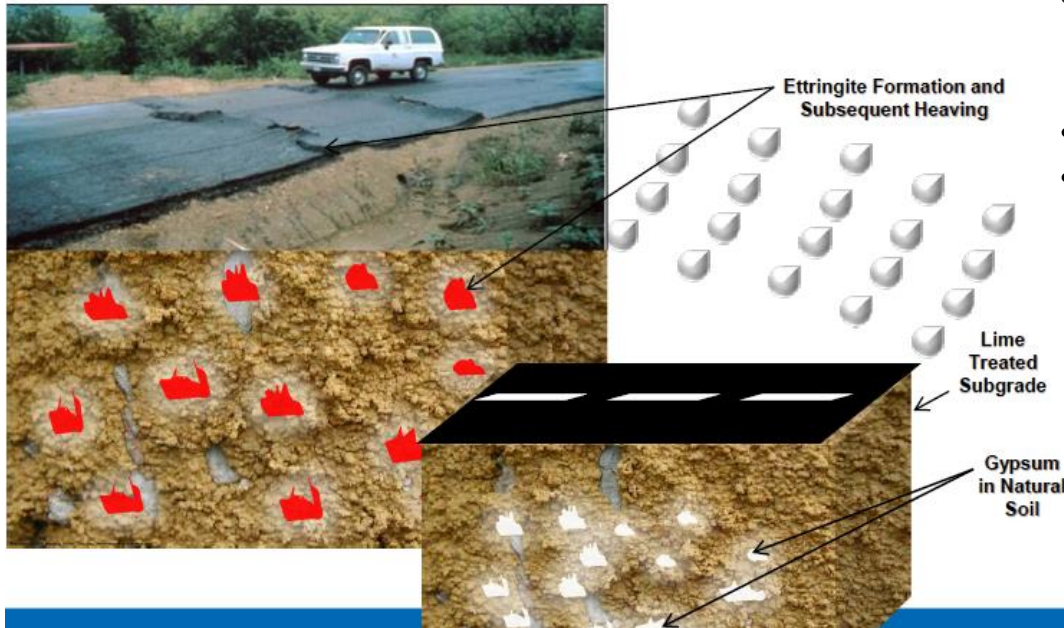


ARNAND PUPPALA

CONGRESO SUELOS DISPERSIVOS Y SULFATADOS - OCTUBRE 2019 - ASUNCIÓN

EFFECTOS EN TERRAPLENES DE LOS SUELOS SULFATADOS

Sulfate Heaving Phenomenon



- Formación de etringita y posterior levantamiento, cuando se utiliza un aditivo como la cal.
- Tratamiento con cal en la Subrasante.
- Yeso en suelo natural – sulfato, generalmente sulfato de sodio, sulfato de calcio y sulfato de magnesio

ASUNCIÓN
2022



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



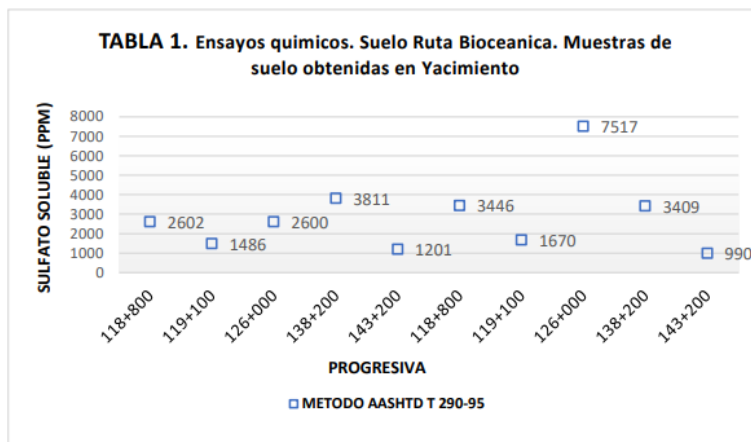
COMITÉ NACIONAL

CONTENIDO DE SULFATOS EN EL SUELO:

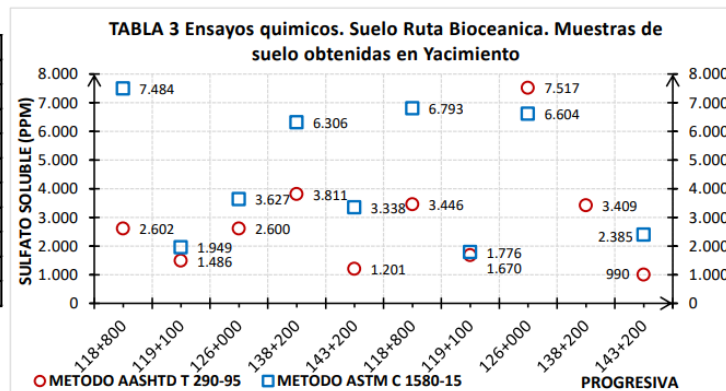


CONTENIDO DE SULFATO EN EL SUELO

PROGRESIVA	SULFATO
118+800	2602
119+100	1486
126+000	2600
138+200	3811
143+200	1201
118+800	3446
119+100	1670
126+000	7517
138+200	3409
143+200	990



PROGRESIVA	SULFATO	PROMEDIO
118+800	2602	7484
119+100	1486	1949
126+000	2600	3627
138+200	3811	6306
143+200	1201	3338
118+800	3446	6793
119+100	1670	1776
126+000	7517	6604
138+200	3409	8983
143+200	990	2385



GUIA PARA EL TRATAMIENTO DE SUELOS Y BASES RICOS EN SULFATOS EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO:

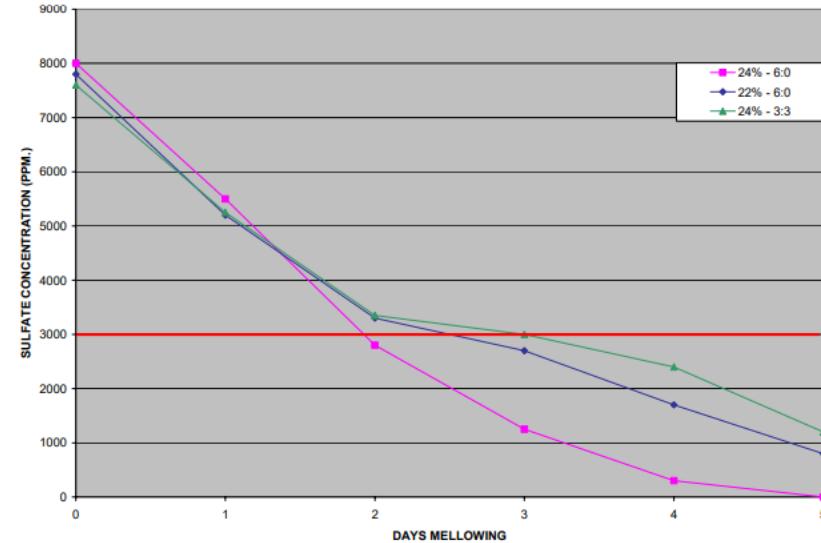
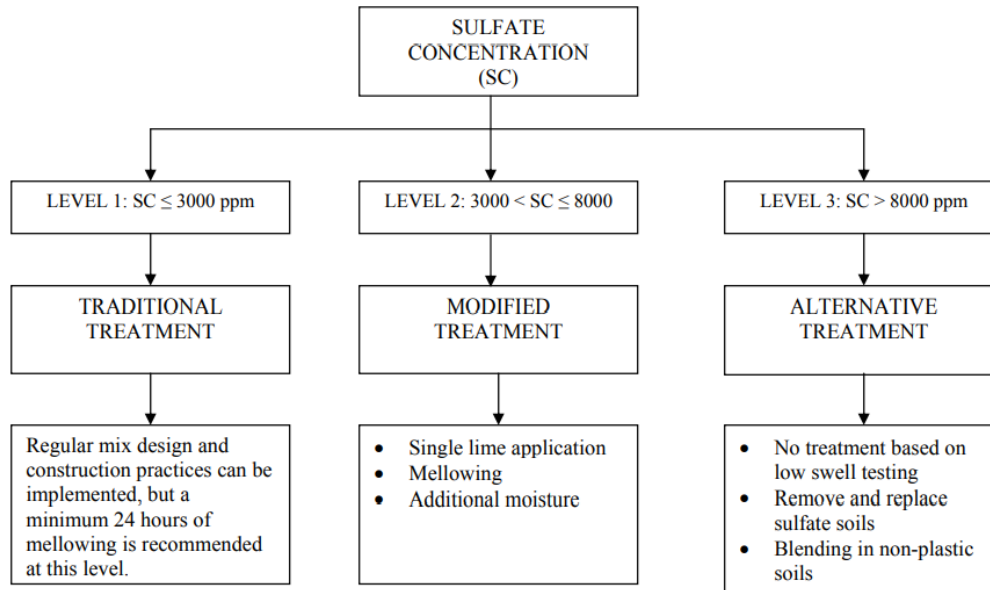


Figura 12: Decrecimiento del contenido de Sulfato vs. Tiempo de maduración.

Figura 11: Árbol de decisión para determinar el tipo de tratamiento para diferentes contenidos de sulfatos

Fuente: Texas Department of Transportation. Guidelines for Treatment of Sulfate-Rich Soils and Bases in Pavement Structures. September 2005

SUELOS SULFATADOS:

1. Identificar el sitio del yacimiento en el campo
2. Extraer cuatro muestras representativas y someter a ensayos de conductividad eléctrica en el laboratorio de la obra. Este ensayo es un procedimiento rápido y expeditivo que puede dar una indicación clara de presencia de niveles de concentración de sulfatos. Paralelamente realizar una inspección visual de la calicata que se excavó para la extracción de la muestra, evaluando la concentración de sulfatos a la vista. Si los resultados y la evaluación de estas pruebas rápidas indican la existencia de concentraciones indeseables de sulfato (mayor a 8.000 ppm) se descarta el yacimiento.

SUELOS SULFATADOS:

3. Si los resultados de los ensayos rápidos, en cambio, indican valores por debajo de los 8.000 ppm, las muestras representativas deberán ser llevadas a ensayos químicos en laboratorio para la determinación del contenido de sulfato, aplicando la norma AASTHO T290 – 95. Si los resultados indican valores menores a 8.000 ppm, ejecutar la mezcla suelo – cal.
4. Seguir el procedimiento en pista tal como indicado en la Especificaciones.

ASUNCIÓN
2022



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito

Asunción, 20 y 21 de octubre 2022



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

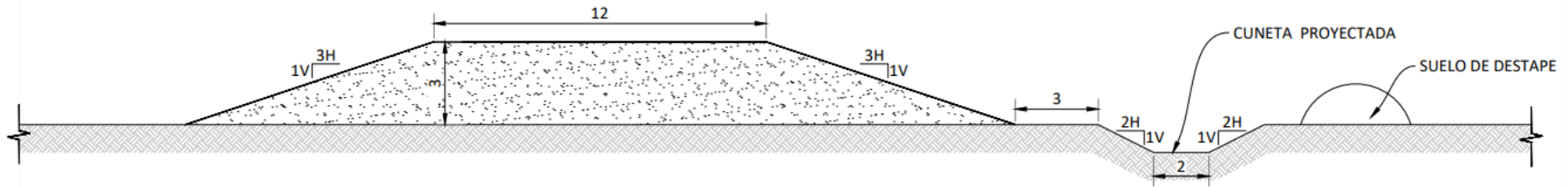


COMITÉ NACIONAL

EXPERIENCIA BIOCEANICA

SUELOS DISPERSIVOS EN LOS TERRAPLENES:

En general en los suelos del Chaco, la fracción arcilla es de naturaleza dispersiva

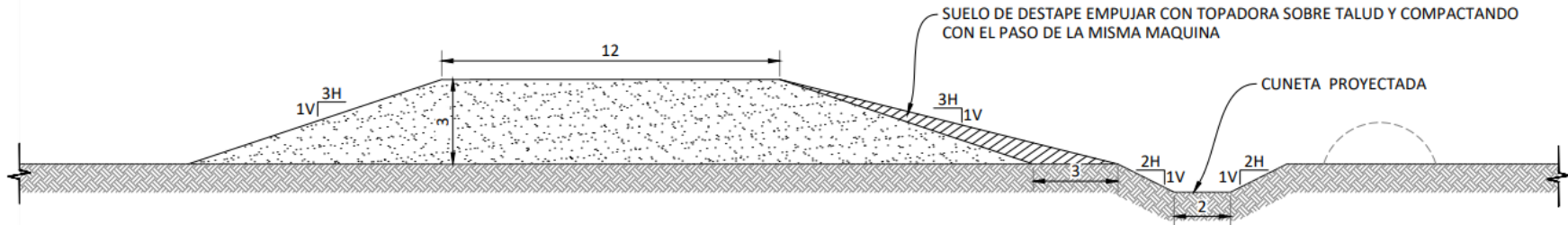


Tubificaciones, erosión retrograda progresiva, cárcavas que pueden afectar la superestructuras



Cobertura de Hidrosiembra de pasto en el talud que no funciono inicialmente y se produjeron las erosiones. Hubo necesidad de poner remedios.

ALTERNATIVAS CONSIDERADAS EN LA REMEDIACION DE LA EROSION DE LOS TALUDES:



COBERTURA VEGETAL DE TERRAPLENES CONSTRUIDOS CON SUELOS DISPERSIVOS

EJEMPLO RUTA 4 - PILAR



BIOCEANICA



- EXPERIENCIA COMPROBADA: *Brachiaria decumbens*, Pensacola (kapi'ipe kavaju), Avena negra

% de CAL para Suelo Cal

Suelo arcilloso con IP mayor que 8 y valor soporte CBR bajo son los que requieren este tipo de tratamiento.

2,9 Primera Capa (0,15m) **2,9** Segunda Capa (0,15m) **CUV 86 a 89%**

En la mezcla ETT: Agua: 5,5 > PH < 8

Contenido de Sulfato: < 1 g/l - 1000 ppm - .



EJECUCION DE SUELO CAL – DOS CAPAS DE 0,15cm

Lanzamiento del material



EJECUCION DE SUELO CAL – DOS CAPAS DE 0,15cm

Distribución de la cal



EJECUCION DE SUELO CAL – DOS CAPAS DE 0,15cm



Triturar todos los grumos
Difusión de la cal

EJECUCION DE SUELO CAL – DOS CAPAS DE 0,15cm

Encaballetado - Maduración.



Maduración mínima de capa: 24hs

Maduración en presencia de sulfato: 48hs

Medición PH: EETT llega a 12,14 en obra llega 12,40

Posterior a la maduración Rastra, adición de agua y compactación.

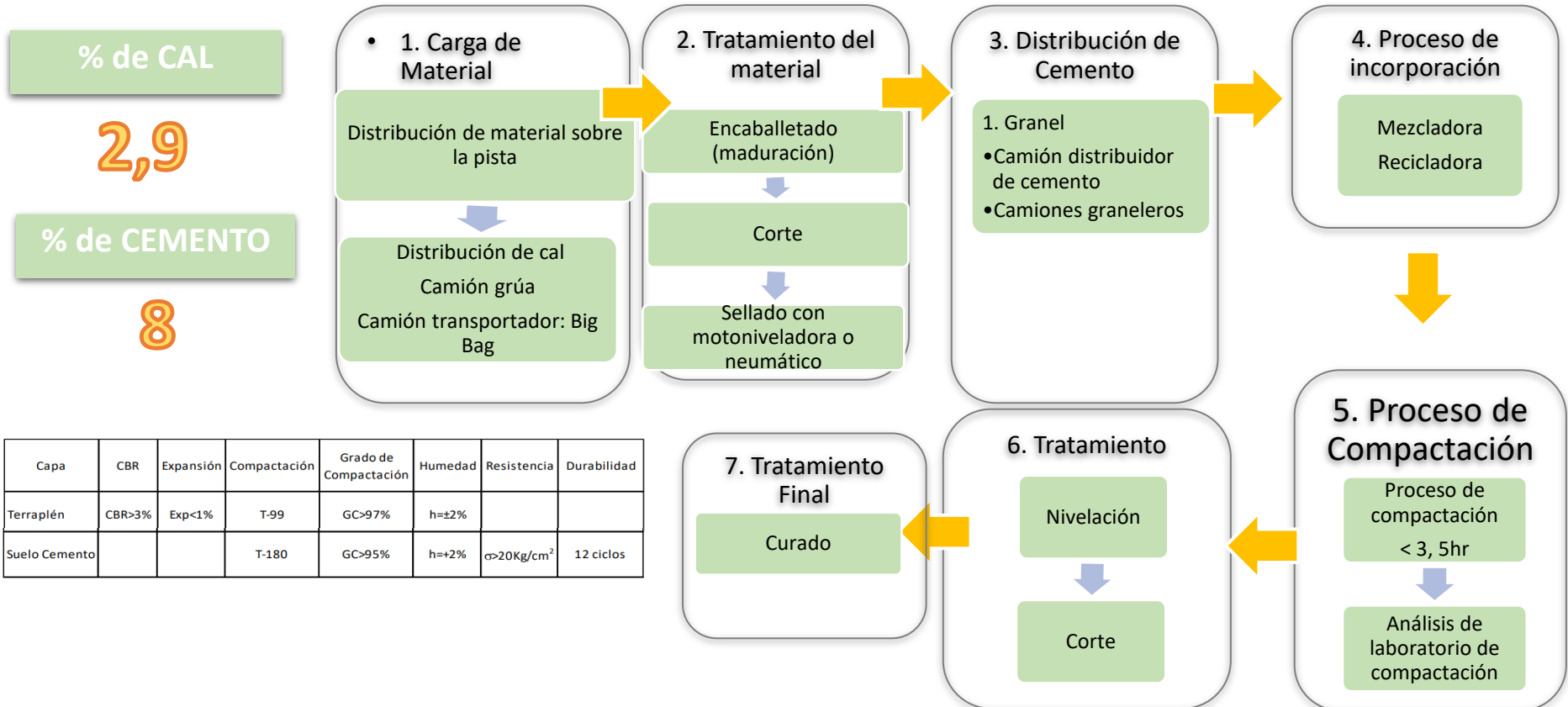


EJECUCION DE SUELO CAL – DOS CAPAS DE 0,15cm

Compactación y corte



EJECUCION DE SUELO CAL – CEMENTO: CAPA DE 0.20 m



Capa	CBR	Expansión	Compactación	Grado de Compactación	Humedad	Resistencia	Durabilidad
Terraplén	CBR>3%	Exp<1%	T-99	GC>97%	h=±2%		
Suelo Cemento			T-180	GC>95%	h=+2%	σ>20Kg/cm ²	12 ciclos

EJECUCION DE SUELO CAL - CEMENTO CAPA DE 0.20 m

Distribución del cemento



% de CAL

2,9

% de CEMENTO

8



Compactación



ASUNCIÓN
2022



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito

Asunción, 20 y 21 de octubre 2022



ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



COMITÉ NACIONAL

MANTENIMIENTO Y OPERACION

Mantenimiento y operación.

Corte del pasto y sellado de fisuras

TRAMO	FECHA DE ENTREGA
TRAMO 1 Y 20	SEPTIEMBRE 2019
TRAMO 11	FEBRERO 2022



Mantenimiento y operación.

TRAMO	FECHA DE ENTREGA	ACUMULADO SIN MANTENIMIENTO
TRAMO 1 Y 20	SEPTIEMBRE 2019	37 MESES
TRAMO 11	FEBRERO 2022	8 MESES

INVERSION: 443.473.727 US\$

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: 1.500.000 US\$ / AÑO (0,33%)

ESTIMACION DE RECONSTRUCCION TOTAL: ?

CONCLUSIONES:

1. Los suelos arcillosos como el A-7/5 y A-7/6 con alto contenido de arcilla su Valor Soporte CBR no supera el 3%. Tratados con cal llegan al 22% de su Valor Soporte CBR.
2. En toda la zona de llanura como en el presente caso se debe procurar realizar terraplenes no muy altos con pendientes mas suaves en los taludes. Considerar una revancha máxima de 40cm al nivel de crecida máxima.
3. En el diseño de Ingeniería de la super estructura, trabajar con capas múltiplo de 20 cm en el tratamiento con suelo cal.

CONCLUSIONES:

4. No se ha evidenciado hasta el presente levantamiento de la calzada por expansión debido a la presencia de sulfatos. La presencia de estos se mitiga a través de la maduración previa a la compactación.
5. Es fundamental, en ambientes con esta problemática, de terraplenes construidos con suelos dispersivos, mantener la calidad del servicio a través del mantenimiento preventivo, tales como de la cobertura vegetal de la protección de taludes, sellado de fisuras, limpieza de alcantarillas y otros aspectos.
6. Esta experiencia debe servir como antecedente para la optimización de los diseños de Ingeniería previstos en los demás tramos de la Bioceánica.

ASUNCIÓN
2022



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



ASUNCIÓN
2022



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



MUCHAS GRACIAS



CONSORCIO
CORREDOR
VIAL
BIOCEÁNICO



queiroz galvão
CONSTRUCTION



CONSORCIO CORREDOR VIAL BIOCEANICO

Ing. Felipe Ramírez

+595971210573

fe.ramirezcantero@gmail.com

Ing. Cesar López Bosio

+595981401919

cesarlopezbosio@gmail.com

Ing. Juan Manuel Cano

+595984731100

Juan.cano@ochoa.com.py

Ing. Juan Rivarola

+595981850645

Juan.rivarola@ccvb.com.py