

ASUNCIÓN
2022



Fernando
Paniagua



Paloma Benítez S.



José F. Segovia B



Luis María Sosa G.



Héctor Oviedo

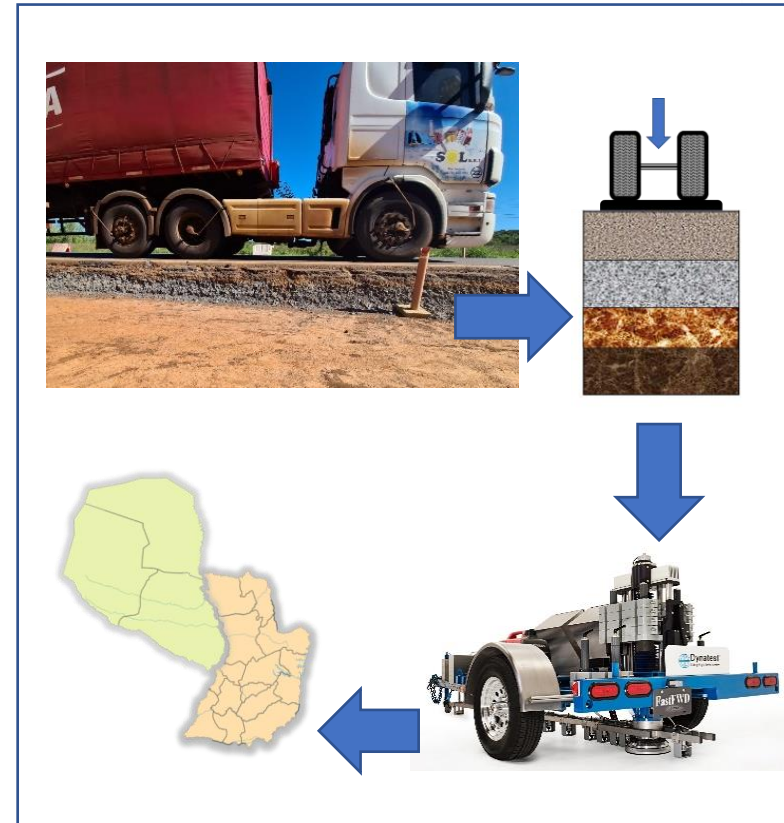


Caracterización estructural (FWD) de pavimentos flexibles en la Región Oriental y Occidental del Paraguay

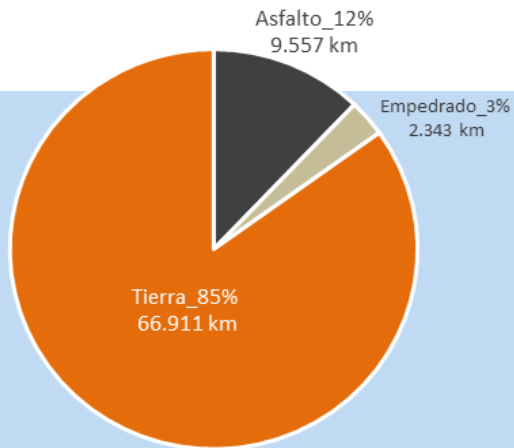
CONTENIDO:

- Contextualización_ pavimentos
- Metodología de medición
- Resultados de medición
- Aspectos pendientes
- Conclusiones

Caracterización estructural (FWD) de pavimentos flexibles en la Región Oriental y Occidental del Paraguay



“Medir para Decidir”



Inversiones Record USD/año
800 _ 1000 millones / aprox 3,5% PIB
(entre 2019 y 2021)

EDICIÓN N° 301

Gobierno proyecta invertir USD 1.080 millones en obras públicas

Fuente: Revista CAVIALPA N° 301

Reporte WEF 2020

GCI 4.0: Quality Of Roads, Rank

Calidad de las carreteras

PUESTO : 127 de 141

CALIFICACION: 2.6 de 7.0

Country	2017	2018	2019
Brazil	102	112	116
Paraguay	130	129	126

Mejoramos, pero nos falta!



TRADICIONALMENTE



Tierra



Asfalto



Adoquín



Cemento



Empedrado



Hormigón



Capas Inferiores

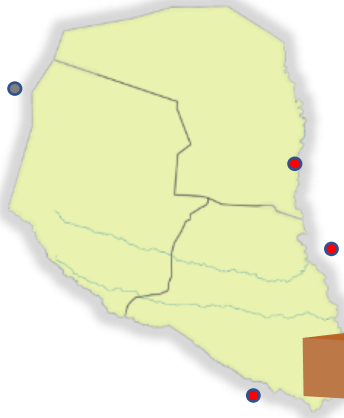
Cal



Químicos

Ripio (Py)





Topografía

- Niveles entre: 70 m.s.n.m
- Variación Altimétrica (cada 100km) entre 20 y 40m

Condiciones de Implantación de Caminos

- En tiempo de lluvias, agua con lento o nulo escurrimiento
- Suelos Marginales ...?? (CBR: 3+++ y 12--)
- Distancia media de Transporte de Agregados (canteras) alta
- Antiguo fondo marino
- Sales y Sulfatos

≠

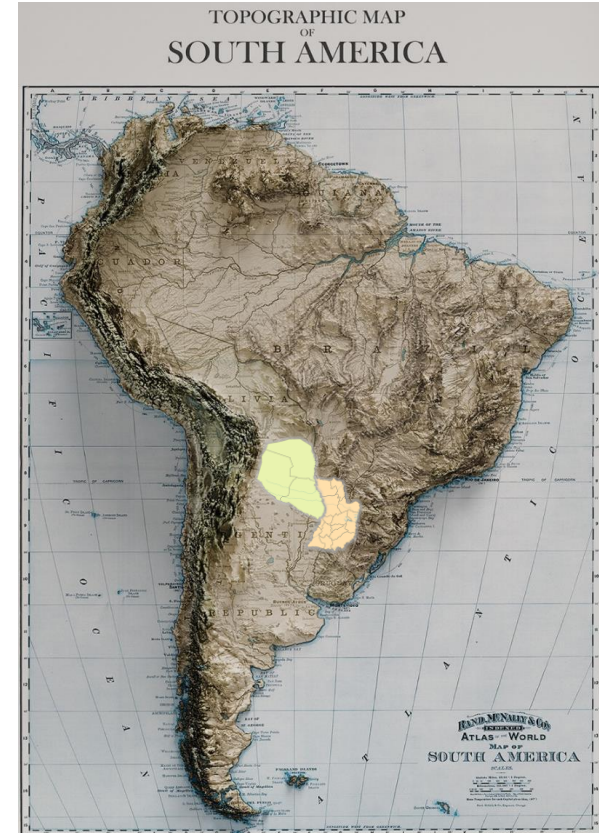


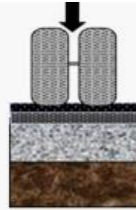
Topografía

Mayormente ondulado y con algunos sectores con Cordillera

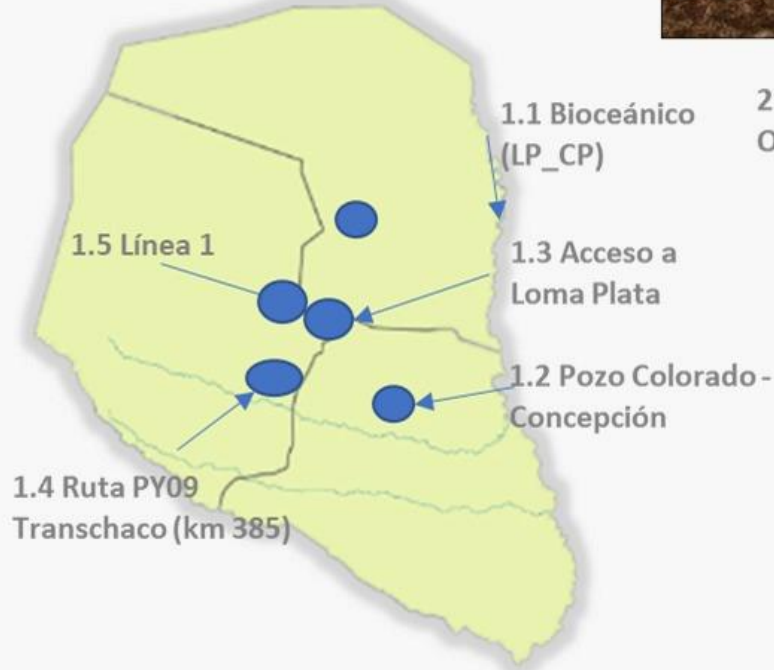
Condiciones de Implantación de Caminos

- Intensidad de lluvias mayores
- Disponibilidad de Agregados (++++)
- Suelos variables (CBR: entre 5 y 30) y Ripio





TRAMOS REGIÓN OCCIDENTAL_CHACO PY

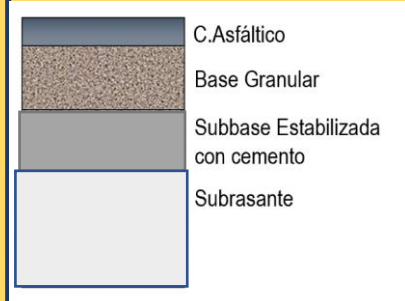


TRAMOS REGIÓN ORIENTAL



5 Tramos Chaco + 5 Tramos_Oriental

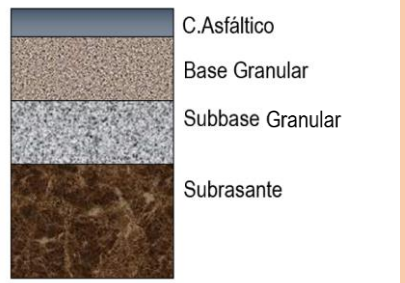




Región Occidental o Chaco: escasean los materiales granulares y se cuentan con materiales finos (suelos tipo A-6 o A-7-6), con baja capacidad portante y escasez de material pétreo.

Región	Proyecto o Tramo	Paquete Estructural	Tránsito ESALs	Edad
Occidental (Chaco)	Loma Plata - Carmelo Peralta (Bioceánico)	8cm Concreto Asfáltico 18cm Base Granular 20cm Suelo Cemento Subrasante	1.589.760	Nuevo 1-2 años
	Pozo Colorado - Concepción	7cm Concreto Asfáltico 16cm Base Granular 20cm Suelo Cemento 22cm Suelo Cal (*) Subrasante	3.212.447	Antiguo ≈ 12 años
	Acceso a Loma Plata	9cm Concreto Asfáltico 15cm Suelo Cemento Subrasante	5.225.530	Antiguo ≈ 13 años
	Ruta PY09 Transchaco (km 385)	4cm Concreto Asfáltico 22cm Base Granular 15cm Suelo Cal (*) Subrasante	4.442.148	Antiguo > 10 años
	Línea 1	5cm Concreto Asfáltico 16cm Base Granular 18cm Suelo Cemento Subrasante	1.500.000 (estimación)	Antiguo ≈ 7 años

(*) Capa considerada como parte de la subrasante debido al deterioro existente, donde se observa suelo en estado natural no estabilizado.



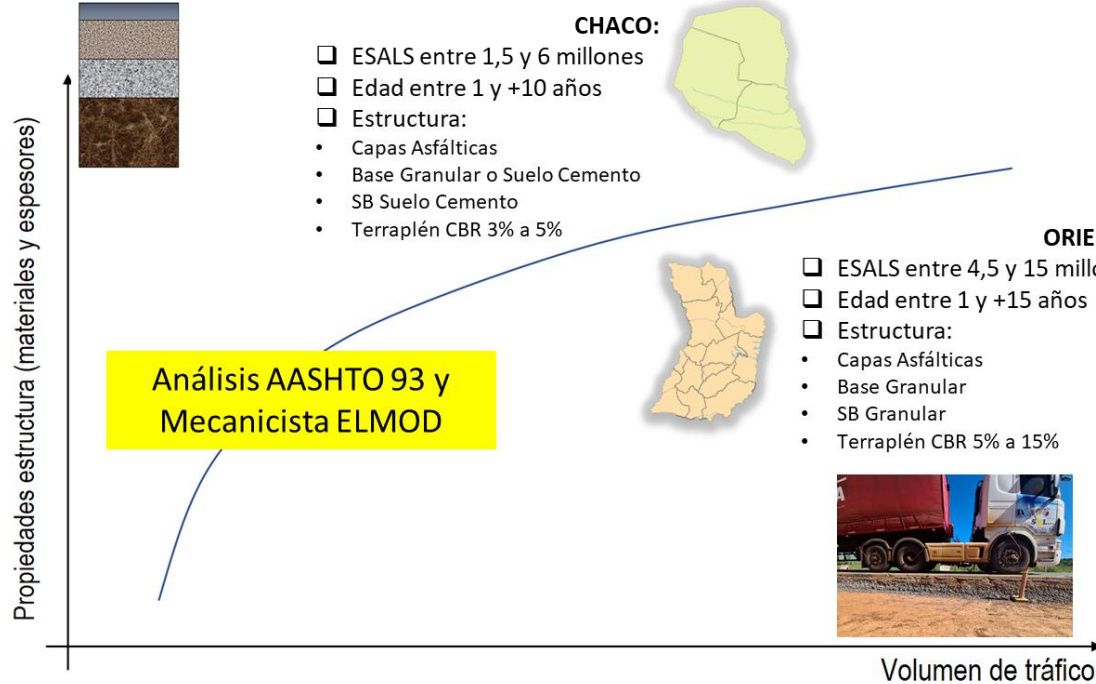
Región Oriental: mayor disponibilidad de materiales granulares de buena calidad (suelos tipo A-2-4 o ripios) y material pétreo principalmente tipo basalto)

Oriental	Duplicación Ruta PY02	10cm Concreto Asfáltico 20cm Base Granular 20cm Sub Base Granular Subrasante	10.111.328	Nuevo 1 año
	Naranjal - San Cristóbal	8cm Concreto Asfáltico 17cm Base Granular 21cm Sub Base Granular Subrasante	1.776.721	5 años
	Tape Porá (Ruta PY02)	7cm Concreto Asfáltico 18cm Base Granular 18cm Sub Base Granular Subrasante	15.000.000	4 años
	Coronel Oviedo - Carayaó	14cm Concreto Asfáltico 18cm Base Granular 20cm Sub Base Granular Subrasante	6.052.440	Antiguo ≈ 15 años
	Mbocayaty - M. J. Troche - Empalme Ruta PY02	7cm Concreto Asfáltico 18cm Base Granular Subrasante	4.500.114	Antiguo ≈ 15 años



≠





Volumen de tráfico

Consideraciones:

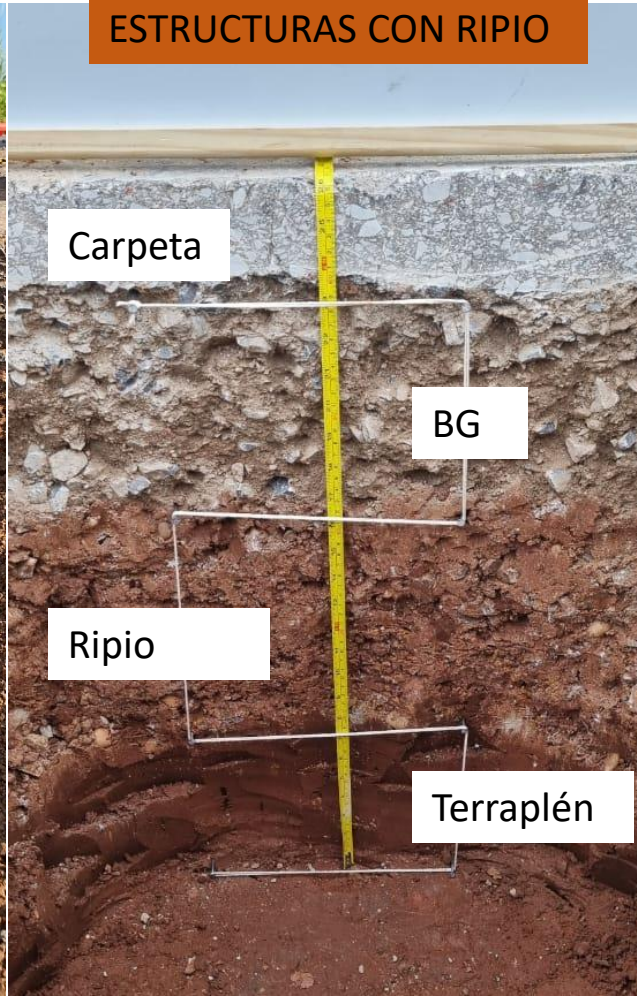
- Calicatas en todos los pavimentos evaluados
- Limpieza de datos con criterios de **manejo de Variabilidad**∞



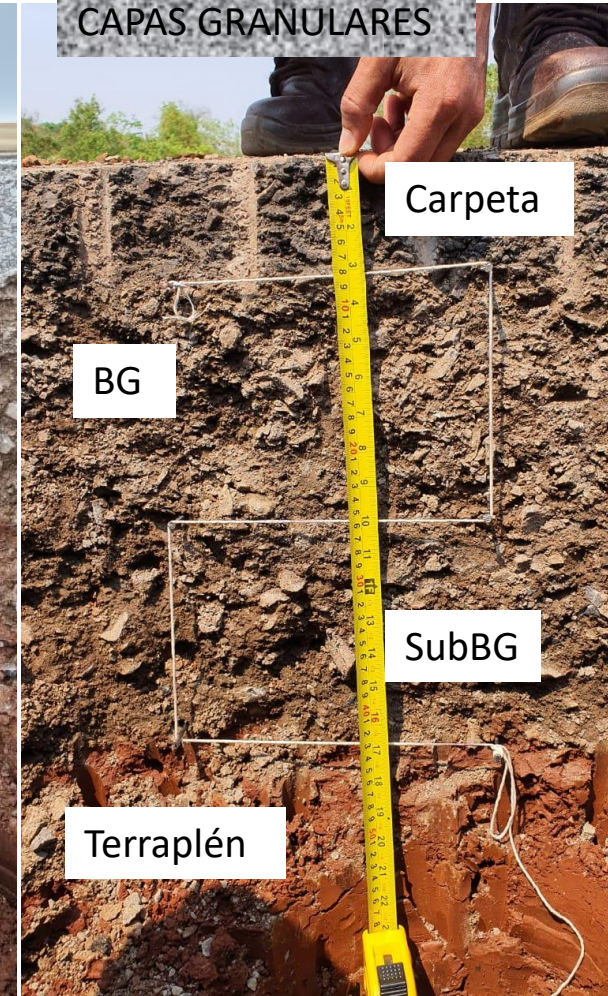
ESTRUCTURAS CEMENTADAS



ESTRUCTURAS CON RIPIO



CAPAS GRANULARES



ANÁLISIS DE COMPATIBILIDAD EN PAVIMENTOS
(Estructuras ANTIGUAS o Rutas Viejas)



BANQUINA

CALZADA

Carpeta

Carpeta

Bases
Granulares

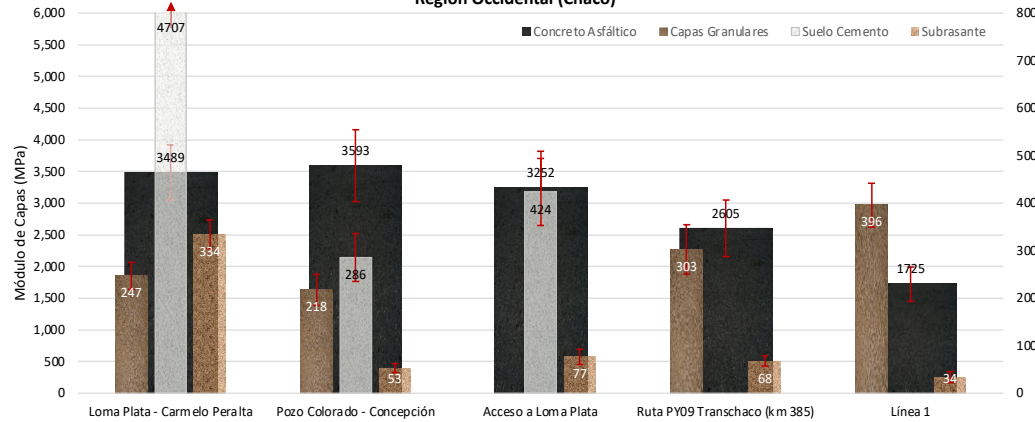
Suelo
Piedra

Terraplén

Terraplén

Incompatibilidad Estructural y
Drenaje

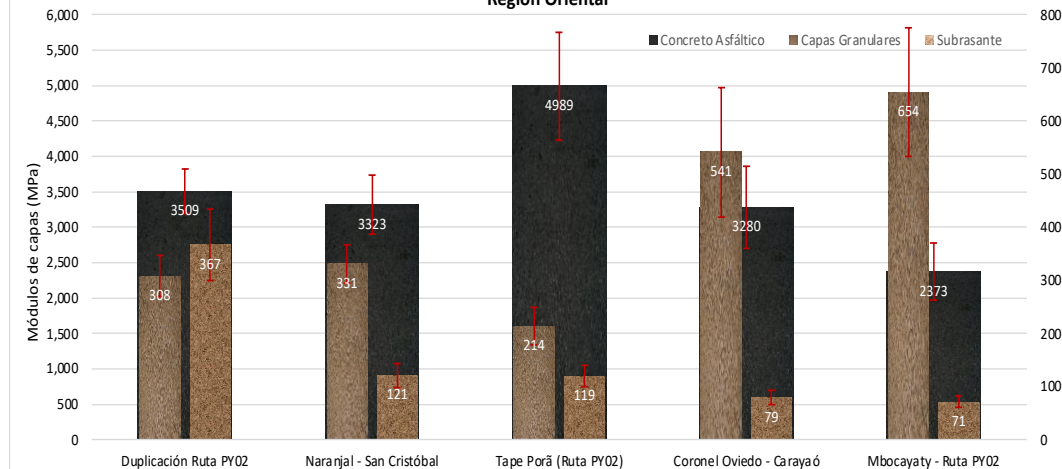
**Módulos de la Estructura de Pavimento
Región Occidental (Chaco)**



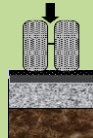
Chaco

Determinación de
Módulos
(Retro análisis Mecanicista)

**Módulos de la Estructura de Pavimento
Región Oriental**

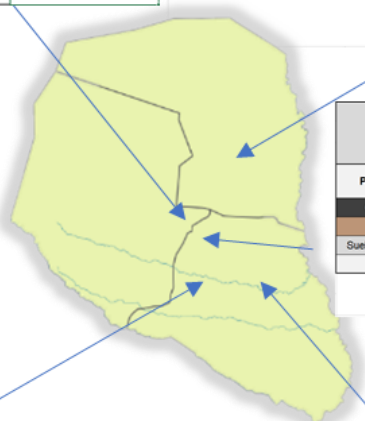


Oriental



Proyecto: Acceso a Loma Plata		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 20,7 km		Viejo _ Regular	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 5,2 millones	SNef Teórico		SNef FWD	Módulo (MPa)	
		Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef		Teórico	Promedio
Concreto Asfáltico	5	Regular	0,16	0,80	1,88	2500	3252
Base de Concreto Asfáltico	4		0,14	0,56		240	424
Suelo Cemento	15		0,047	0,71		50	77
Subrasante	-		-	-			
SNef Teórico: 2,07			¿Cumple?		NO		

Proyecto: Loma Plata - Carmelo Peralta		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 13,6 km		Nuevo _ Bueno	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 1,6 millones	SNef Teórico		SNef FWD	Módulo (MPa)	
		Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef		Teórico	Promedio
C ^o A ^o c/ Polimeros	4	Bueno	0,17	0,68	4,00	3500	3498
Base de C ^o A ^o Convencional	4		0,16	0,64		240	257
Base Granular	18		0,055	0,99		500	4707
Suelo Cemento	20		0,053	1,06		50	334
Subrasante	-		-	-			
SNef Teórico: 3,37			¿Cumple?		OK		



Proyecto: Línea 1 o Línea Sur		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 22 km		Viejo _ Malo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 1,5 millones	SNef Teórico		SNef FWD	Módulo (MPa)	
		Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef		Teórico	Promedio
Concreto Asfáltico	5	Regular a Malo	0,17	0,85	1,40	3500	1725
Base Granular	16		0,055	0,88		240	396
Suelo Cemento (Aparente)	18		-	-		50	34
Subrasante	-		-	-			
SNef Teórico: 1,73			¿Cumple?		NO		

Proyecto: Ruta PY09 Transchaco		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 5 km		Viejo _ Malo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 4,4 millones	SNef Teórico		SNef FWD	Módulo (MPa)	
		Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef		Teórico	Promedio
Concreto Asfáltico	4	Regular a Malo	0,17	0,68	1,65	1500	2605
Base Granular Reciclada	22		0,055	1,21		220	303
Suelo Mejorado con Cal	15		-	-		80	68
Subrasante	-		-	-			
SNef Teórico: 1,89			¿Cumple?		NO		

Proyecto: Pozo Colorado - Concepción		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 49,12 km		Viejo _ Malo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 3,2 millones	SNef Teórico		SNef FWD	Módulo (MPa)	
		Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef		Teórico	Promedio
Concreto Asfáltico	7	Malo	0,16	1,12	2,18		3593
Base Granular	20		0,055	1,1			218
Suelo Cemento	20		0,046	0,92			286
Subrasante	-		-	-			53
SNef Teórico: 3,14			¿Cumple?		NO		



Proyecto: Cnel Oviedo - Carayaó		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 32 km		Regular_Viejo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 4,5 millones	SNef Teórico		Módulo (MPa)		
Concreto Asfáltico	7	Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef	SNef FWD	Teórico	Promedio
Base Granular	18	Regular	0,16	1,12	2,38	2000	2373
Subrasante	-		0,047	0,846		240	654
			-	-		50	71
			SNef Teórico: 1,97				
		¿Cumple?	OK				

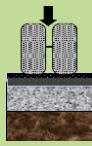
Proyecto: Tape Porá (Ruta PY02)		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 140 km		Regular_Viejo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 15 millones	SNef Teórico		Módulo (MPa)		
Concreto Asfáltico	7	Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef	SNef FWD	Teórico	Promedio
Base Granular	18	Regular	0,16	1,12	2,81	3500	4989
Sub Base Granular	18		0,055	0,99		200	215
Subrasante	-		0,053	0,95		90	119
			-	-			
		SNef Teórico: 3,06					
		¿Cumple?	NO				



Proyecto: Cnel Oviedo - Carayaó		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 32 km		Regular_Viejo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 6 millones	SNef Teórico		Módulo (MPa)		
Concreto Asfáltico	14	Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef	SNef FWD	Teórico	Promedio
Base Granular	18	Regular	0,16	2,24	4,25	2500	3280
Sub Base Granular	20		0,055	0,99		240	700
Subrasante	-		0,047	0,94		210	382
			-	-	50	79	
		SNef Teórico: 4,17					
		¿Cumple?	OK				

Proyecto: Duplicación Ruta PY02		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 41,1 km		Nuevo_Bueno	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 10,1 millones	SNef Teórico		Módulo (MPa)		
C'A ^o c/ Polimeros	5	Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef	SNef FWD	Teórico	Promedio
Base de C'A ^o Convencional	5	Bueno	0,17	0,85	3,99	3800	3509
Base Granular	20		0,16	0,80		280	308
Sub Base Granular	20		0,055	1,10		98	367
Subrasante CBR >=15%	-		0,053	1,06			
			-	-			
			SNef Teórico: 3,81				
		¿Cumple?	OK				

Proyecto: Naranjal - San Cristóbal		Estado del Pavimento	Metodología de Retrocálculo				
Longitud: 42,7 km		Regular_Viejo	AASHTO '93			Mecanicista	
Paquete Estructural	Espesor (cm)	EEq: 1,7 millones	SNef Teórico		Módulo (MPa)		
C'A ^o c/ Polimeros	4	Estado de Paquete Estructural	Coef. Aporte	SNef	SNef FWD	Teórico	Promedio
Base de C'A ^o Convencional	4	Bueno a Regular	0,17	0,68	3,10	3500	3323
Base Granular	17		0,16	0,64		240	331
Sub Base Granular	21		0,055	0,935		50	121
Subrasante	-		0,053	1,113			
			-	-			
		SNef Teórico: 3,37					
		¿Cumple?	NO				

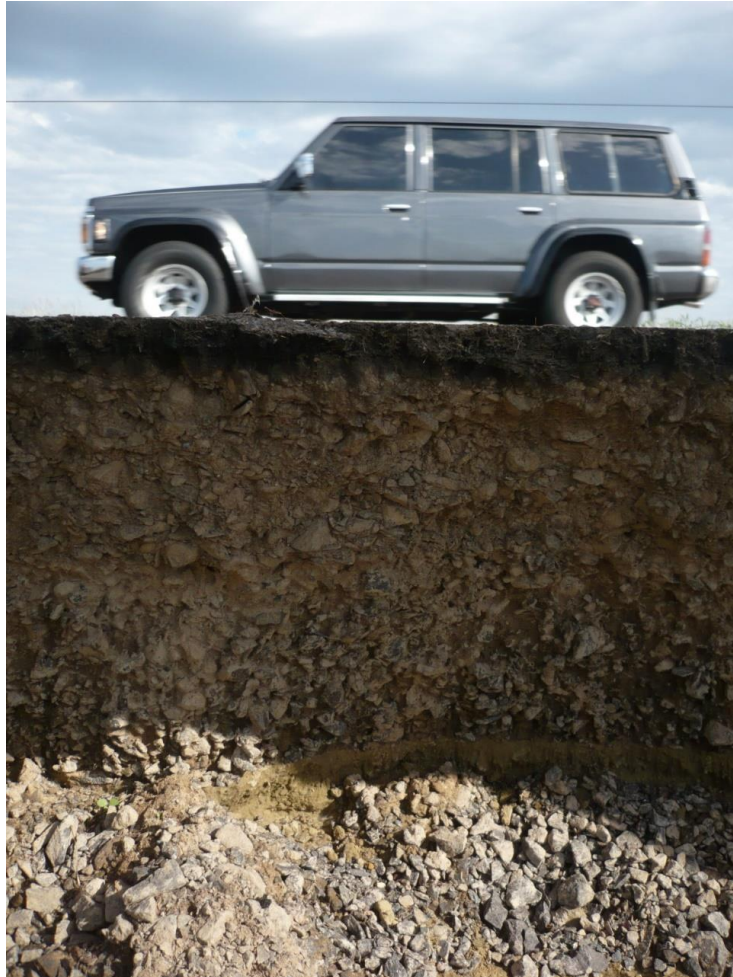
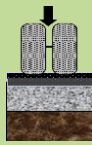


RESUMEN DE RESULTADOS

Módulos de Capas Estructurales según Región Py (MPa)								
Región	Criterio	Asfaltos	MPa	MPa	MPa	CBR %	MPa	CBR %
			Base Granulares	Suelo Cemento	Ripio	SubRasante		
Occidental_Chaco	Máximo	3.900	420	2.300	-	-	80	10
	Mínimo	1.300	240	1.200	-	-	40	3
	Medio	3.000	330	1.700	-	-	80	10
	Recomendado	2.800	270	n/a	-	-	40	3
Oriental	Máximo	4.300	590	/	512	-	140	28
	Mínimo	2.500	280		134	27	70	8
	Medio	3.400	340		323	131	110	18
	Recomendado	3.000	350		190	50	90	12



El filtro estadístico utilizado generó un criterio para definir calidad u homogeneidad de pistas medidas, destacando aquellas con alta variabilidad (cantidad de puntos eliminando mayores o menores al 30% de la desviación estándar) pueden ser catalogados como de alta variabilidad, dado principalmente por la variación de espesores de capas



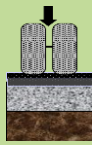
ASPECTOS A CONSIDERAR

EVALUACION ESTRUCTURAL

- A. Mediciones FWD (no destructivos)
- B. Calicatas o sondeos (destructivos)
- C. Relevamiento Visual y Expertis

Adicionalmente: Ensayo funcional (IRI, Ahuellamiento)
Necesidad medir espesores: GPR (Radar)
..... CREMA/GMANS

- Necesidad de medir en distintas épocas del año
- Recabar Y GESTIONAR datos de Mediciones (estructurales y funcionales) y procesarlas según tres aspectos:
 - Estructuras, transito, calidad constructiva
- Respecto a las cargas se deben medir y cuantificar (estratigrafía de cargas)
- Aplicar cargas cíclicas (repetidas) en materiales para pavimentos en laboratorio y relacionarlos con las mediciones de campo. No todos los ensayos deben ser de rotura (falla del material)
- Necesidad de evaluar banquetas en Rutas viejas



GENERAL FWD: Los resultados preliminares de aportes estructurales y módulos en las distintas capas evaluadas localmente se encuentran dentro **valores aceptables o teóricamente consistentes.**

GENERAL FWD: No se puede ser concluyente respecto a los valores dado que se debe **seguir investigando**, sobre todo en aquellas **capas cementadas** cuyos valores varían en el tiempo.

TERRAPLEN : Se resaltan los resultados obtenidos en el apoyo de las estructuras y diferenciadas para cada región, en la Occidental entorno a 40 MPa (CBRs 3% o 4%) y en la Oriental a 90 MPa \approx CBRs 12%, próximos a los teóricos.

BASES GRANULARES : Para las bases granulares cuyo requerimiento teórico es de CBR 100% (280 MPa) se pueden obtener valores levemente mayores en torno a 350 MPa en la Región Oriental y de 270 MPa en la Occidental.

C_ASFALTICAS : En las capas asfálticas se obtuvieron valores consistentes (entre 1.300 y 4.300 MPa) cuyas recomendaciones pueden servir para futuros proyectos, al igual que los otras capas. Se debe tener en cuenta la susceptibilidad a la temperatura y edad.

CAPAS CEMENTADAS : si bien no se tiene una alta variación en los módulos, se hace necesario ahondar el análisis o aumentar tramos de estudio, siendo este motivo de otro artículo y análisis



- Las Estructuras de Pavimentos (PE) definen las Inversiones \$
- Debemos mejorar la transición entre Terraplén y PE
- Espesores altos de CA (10 a 13cm) con BGs de espesores mínimos 15 cm
- Mayor esfuerzo en la Evaluación de Rutas Antiguas

MEDIR PARA DECIDIR



GRACIAS !!

DESAFIO:
Mejorar el conocimiento de nuestros Materiales utilizados en Infraestructura Vial

Fernando Paniagua

AGRADECIMIENTO

MÉTRICA 
I N G E N I E R Í A

- Evaluación de Pavimentos
- Proyectos en Ingeniería Vial
- I+D en Infraestructura



www.metrica.com.py