

Alternativas para estabilización de suelos para vías terciarias

Prof. Dr. Washington Peres Núñez
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre - Brasil



Rio Grande do Sul Estado brasileño com raices europeas





Lo que es sostenibilidad?

Concepto sistémico, relacionado con la continuidad de los aspectos económicos, sociales, culturales y ambientales de la sociedad humana



¿Lo que es sostenibilidad?

Proveer lo mejor para las personas y para el ambiente tanto ahora como para un futuro indefinido

¿Como el concepto de sostenibilidad se aplica a la vialidad?

Gestión de recursos naturales

Reducción de consumo energético

Reducción de emisiones

Minimización de impactos al paisaje, al urbanismo y a la herencia histórico-cultural

Protección a la biodiversidad

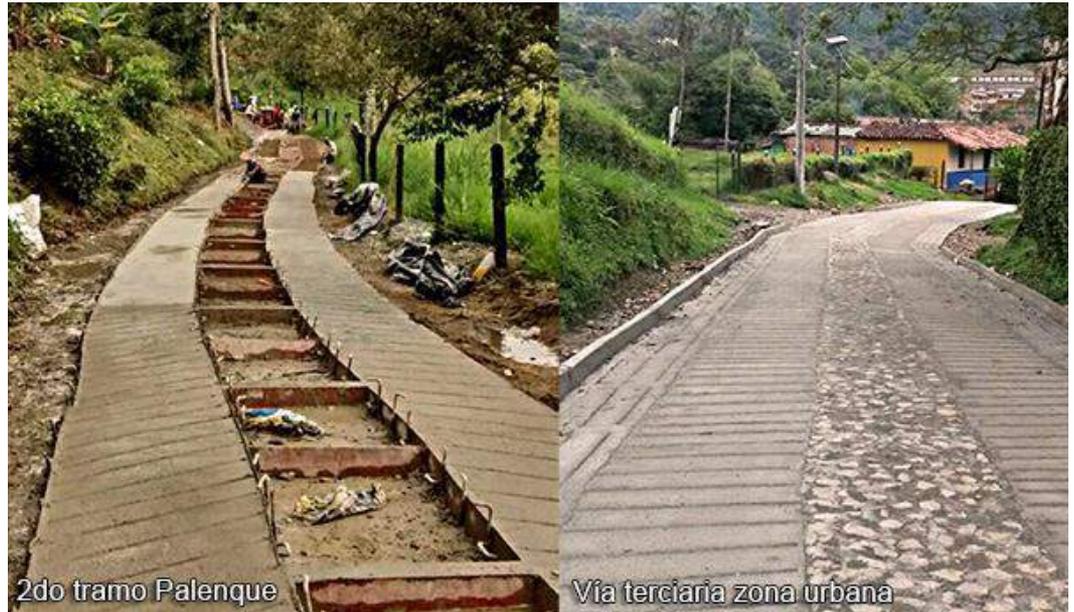
Respecto a las personas



Gestión de Recursos Naturales

Desarrollar técnicas para garantizar que la malla vial sea gerenciada de forma sostenible,

- conservando los recursos naturales,
- generando menor cantidad de residuos y
- moviendo barreras que impiden o inhiben el empleo de materiales alternativos y residuos.



Placa huella en la municipalidad de Venecia, em Antioquia

¿Como gestionar bien recursos naturales?

- Empleando materiales alternativos (lateritas, suelos residuales...)
- Empleando residuos industriales no contaminantes (escorias de acería, residuos de construcción y demolición, cenizas volantes, ...)
- Estabilizando suelos (cal, cemento Portland, cal e ceniza volante, asfaltos)
- Reciclando pavimentos



Red Nacional de Carreteras

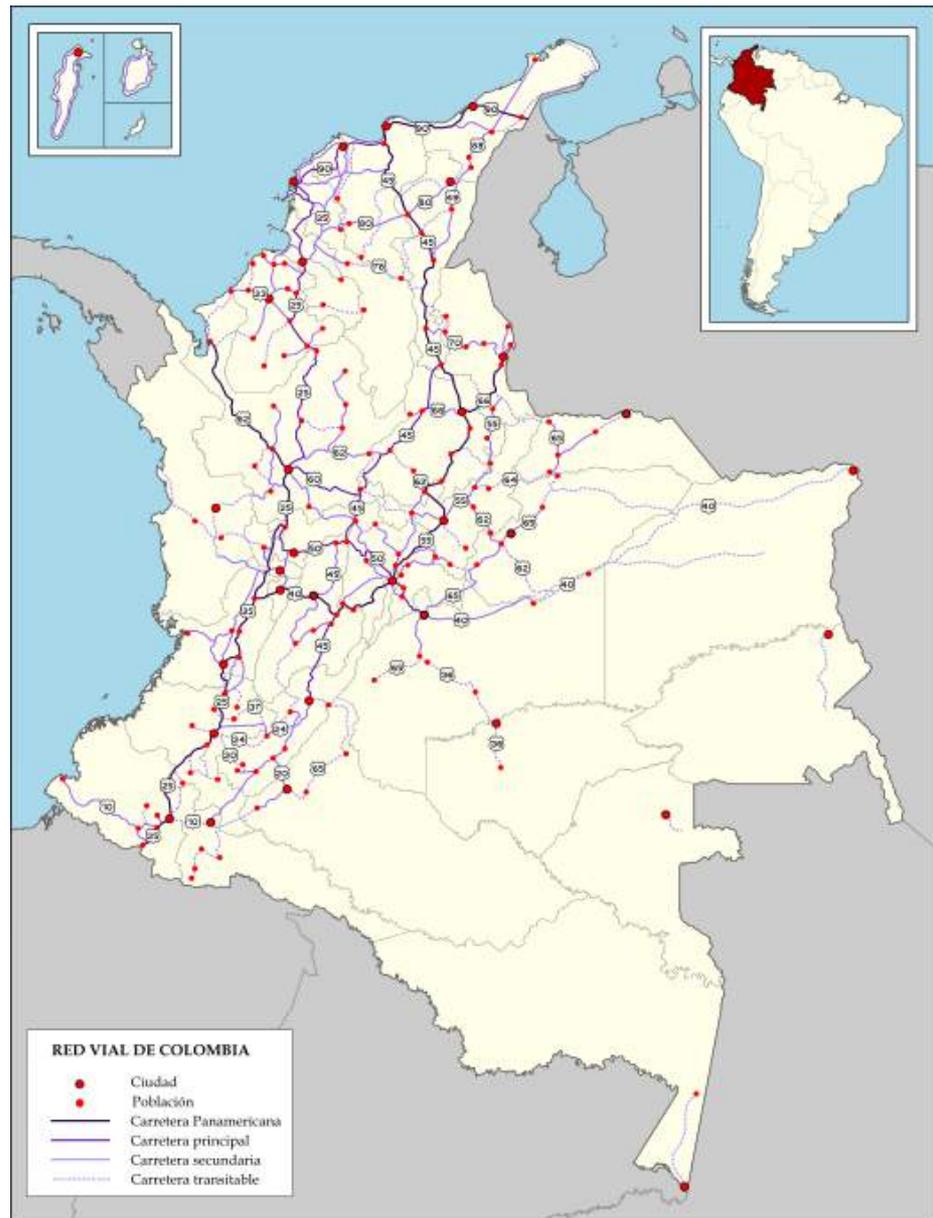
Red primaria – 19.306 km

Red secundaria – 45.137 km

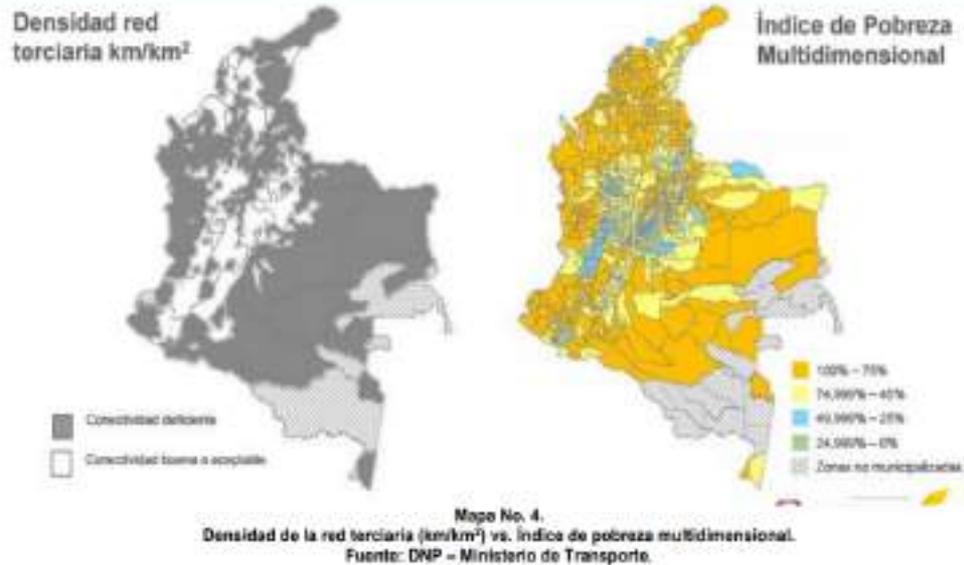
Red terciaria – 142.284 km

TOTAL 206.727 km

Las vias terciarias representan casi 69% de la extensión total



Son una herramienta para cerrar brechas



La importancia socio-económica de las vías terciarias

Análisis de la Cantidad y el Estado de las Vías Terciarias en Colombia y la Oportunidad de la Ingeniería Civil para su construcción y mantenimiento

Manuela Alejandra Acosta Ariza Pedro Alejandro Alarcón Romero

Universidad Católica de Colombia Facultad De Ingeniería Programa De Ingeniería Civil
Bogotá D.C. 2017

¿Y como están las vías terciarias?

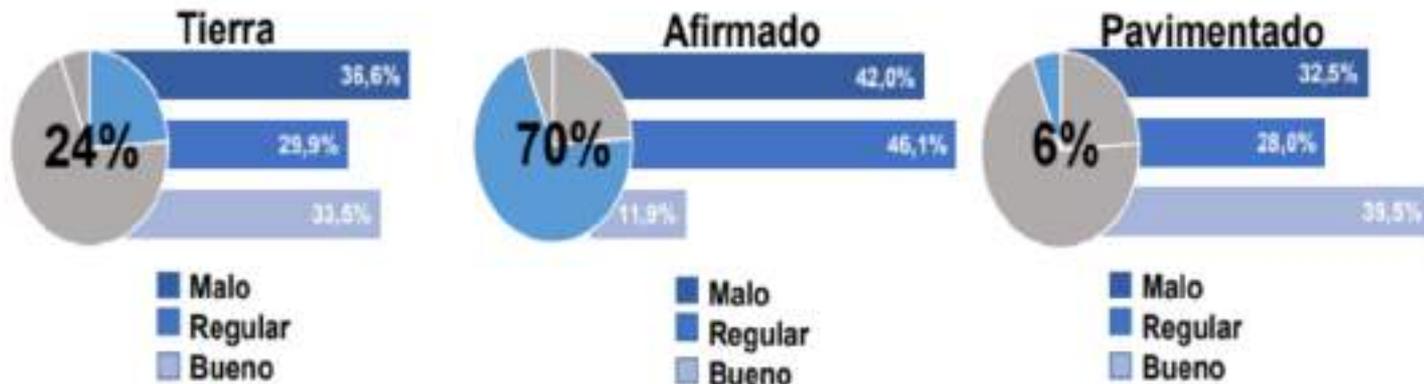


Ilustración No. 16.

Estado de las vías terciaria en Colombia expresado en porcentajes.

Fuente: DNP – Ministerio de transporte 2016

Rural Roads: Facilitating Access to Services, Markets, Employment & Education



ReCAP – Research for community access partnership

<https://youtube/pSk4cRBv22w>

OBJETIVOS **DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



Reproducido con autorización por <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> | Traducción adaptada de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> | © 2016 UN Women
Reproducido con autorización por <https://www.un.org/sustainabledevelopment/> | <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

Trece de los 17 objetivos están relacionados con vías terciarias de buena calidad

Razones para invertir en vías terciarias y desafíos

- Desarrollo rural sostenible y crecimiento nacional
- Seguridad alimentaria y Hambre Cero
- Recursos y compromiso para desarrollar y mantener vías terciarias de buena calidad
- Soluciones locales para desafíos locales

Um documento importante



Departamento Nacional de Planeación
Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas



Propuestas de estabilización



Suelos arcillosos ($IP \geq 10\%$) piden cal!

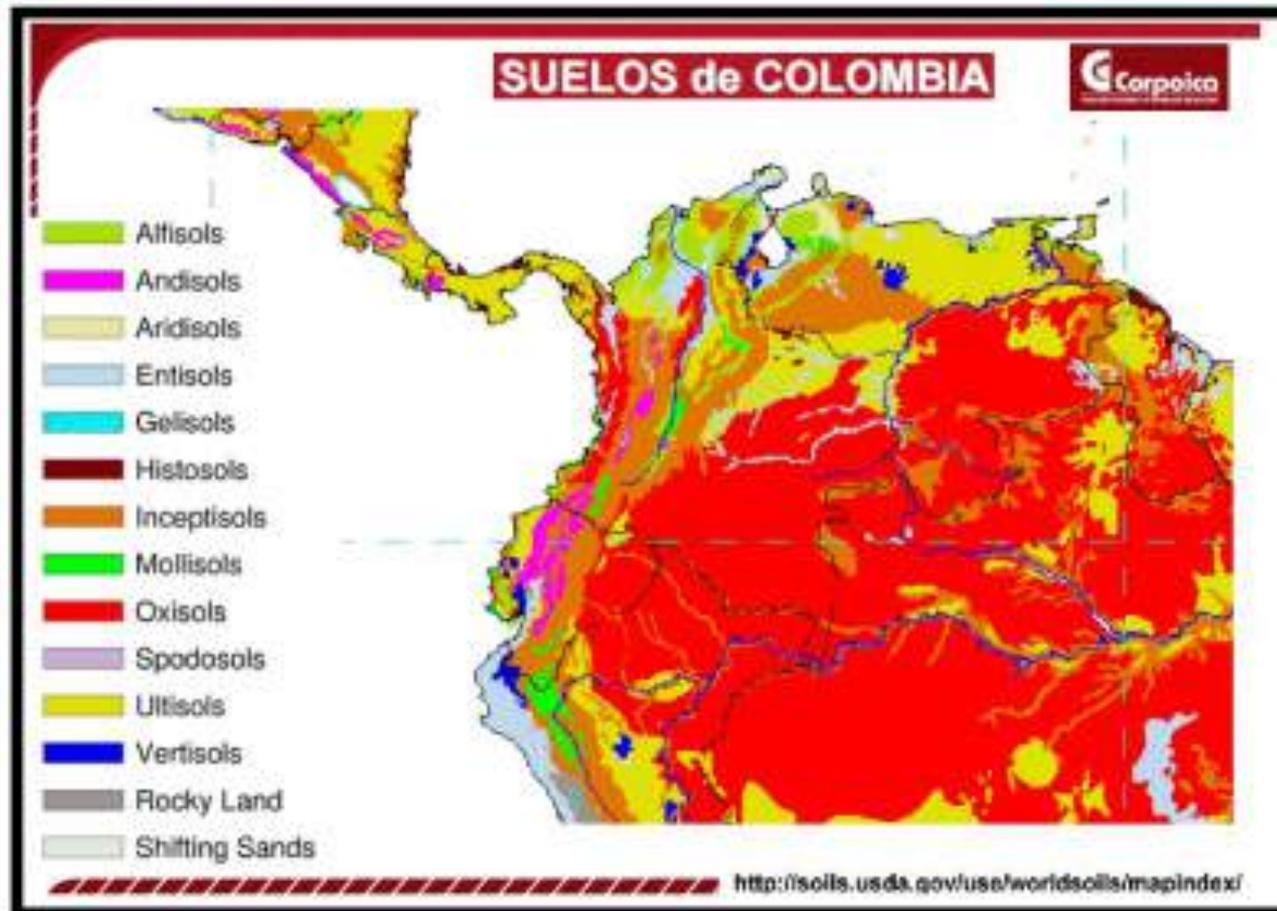
Arcillas malas



Arcillas buenas (lateríticas)



Hay muchos suelos arcillosos em Colombia



Tratamiento de suelos con cal

- Consiste en incorporar cal en un suelo, opcionalmente con adición de agua, y mezclarlo hasta obtener un material con nuevas propiedades,
- Añade valor a materiales de bajas características o aumenta su potencial para el uso en zonas adecuadas que pueden ser desde livianas hasta grandes infraestructuras (como autopistas, ferrocarriles de alta velocidad, aeropuertos, etc.).



¿COMO ES FABRICADA LA CAL?



Ca(OH)₂
Cal Hidratada
(Hidróxido)
Densidad: 0,35
a 0,5 t/m³



CaCO₃
Caliza
(Carbonato)

Agua



CaO

Cal Viva (Óxido)
Densidad: 0,8 a
1 t/m³



900°C



+ CO₂

Razones para estabilizar suelos con cal

- Reemplazar agregados de piedra
- Aprovechar suelos locales (ventajas económicas, técnicas e ambientales)
- Proporcionar plataforma poco deformable para compactación de capas granulares
- Aprovechar coproductos industriales
- Posibilitar dimensionamiento más confiable y pavimentos más durables con mejor relación beneficio/costo

Lo que es modificación de suelos con cal

Modificación

Pequeños contenidos de cal causan cambios rápidos:

- Expansión
- Plasticidad e trabajabilidad
- Curva de compactación
- CBR

Causadas por:

- intercambio catiónico,
- floculación/aglomeración

que comiezan luego que se mezcla cal al suelo

Ejemplo de suelo expansivo: los vertisoles



- Suelos con gran potencial expansivo.
- Su presencia aumenta enormemente el costo de construcción, pues es necesario sustituirlo o sobreponerle un pavimento de gran espesor

Suelos que expanden sufren contracción al secarse



El potencial expansivo/contrativo de tales suelos es notablemente reducido con la adición de cal y presenta mejor relación beneficio/costo

Ahora hablemos de estabilización de suelos con cal

Estabilización

Porcentajes más elevados de cal, después de días de curado, originan aumentos significativos de:

- Resistencia
- Rigidez
- Durabilidad

Causados por:

- reacciones puzolánicas

que ocurren días (semanas) después de la mezcla y compactación

Oxisol: Ejemplo de suelo que estabilizado con cal tendrá buen desempeño

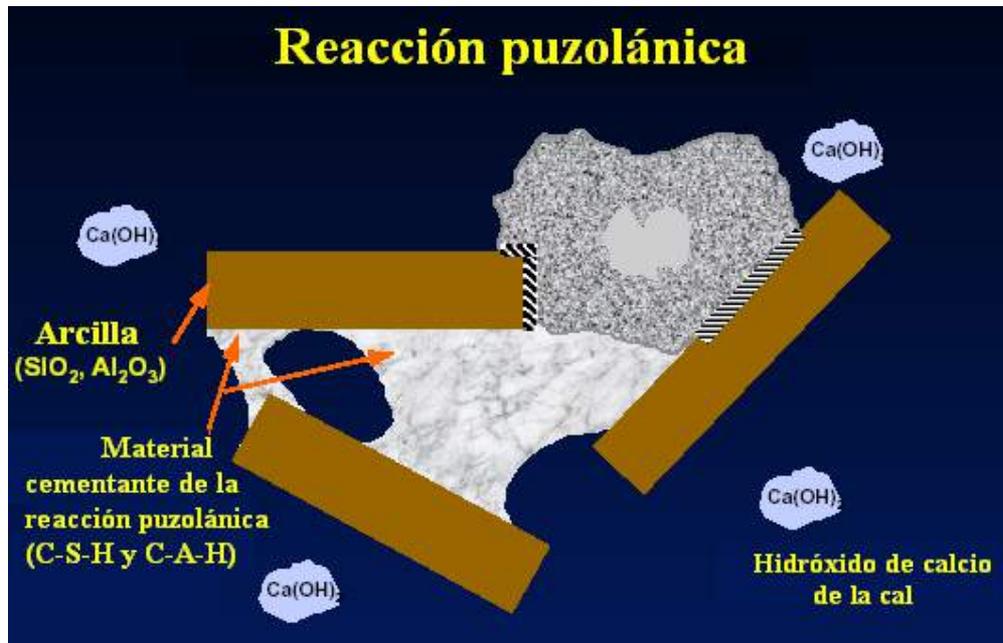


Pequeños porcentajes (3 a 5%) de cal los hacen muy resistentes, rígidos y durables (comportamiento mecánico superior a los mejores agregados granulares!)

Que suelos pueden ser estabilizados con cal?

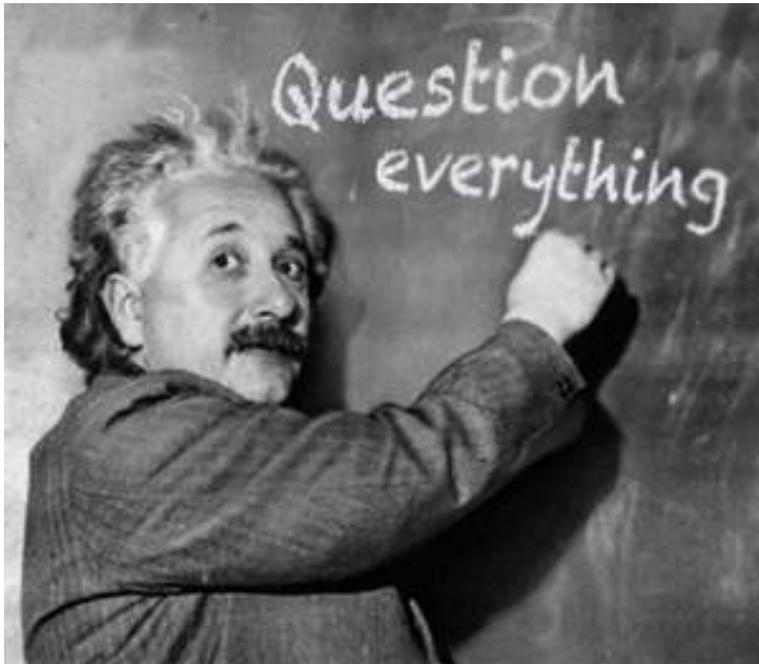
- Suelos arcillosos ($IP > 10\%$), generados en ambientes bien drenados (lejos de la napa)
- La cal reacciona con SiO_2 y Al_2O_3 amorfos presentes en las arcillas. **Cuanto mayor el porcentaje de arcilla, mas reactivo es el suelo.**

Lo que son reacciones puzolánicas?



Reacciones que generam productos cementantes (CSH, CAH ou CASH), a medida que el calcio reaciona com SiO₂ o Al₂O₃ presentes em la arcilla, en ambiente con elevado pH

Y si el suelo no es arcilloso puede ser estabilizado con cal?



Estabilización de suelos arenosos con cal y cenizas

Suelos arenosos pueden ser aprovechados en la estabilización con cal, desde que halla una fuente de pozolanas, como las cenizas resultantes de la combustión de:

- carbon
- cáscara de arroz o
- bagazo de caña de azucar.

Com esto se ayuda también a preservar el medio ambiente.
La estabilización de suelos es una práctica sostenible!

Y cuando no se debe usar cal?



No se debe tratar los suelos con cal cuando estos presentan:

- Sulfatos
- Mica
- Materia Orgánica
- Tenores elevados de fertilizantes

Proyecto Piloto Putumayo



Lugar:



Agencia Nacional de Infraestructura



Municipio de Pto Asís en la vías terciarias (Pto Vega – Teteye ; Campo Alegre – Maravale – Placer) entre los veredas de Campo Alegre y la vereda de la Carmelita (asentamiento de comunidades campesino e Indígenas) de uso continuo de vehículos de carga de petróleo que ayudan a quebrantar condiciones ambientales en la producción de polvo y comunidad



Objetivos



INSTITUTO
NACIONAL
DE VIAS



Agencia Nacional de
Infraestructura



- Realizar estudios en tramos piloto en vías terciarias, para definir y regular los tipos de intervención que se van a implementar empleando sistemas constructivos alternativos para estabilización de suelos.
- Estandarizar metodologías y protocolos de aplicación de productos y/o tecnologías alternativas para el mejoramiento de la infraestructura vial de vías terciarias y establecer rendimientos, costos, empleo de materiales disponibles, durabilidad, generación de normas y especificaciones, bien como estrategias de participación directa de la comunidad en los procesos constructivos y de mantenimiento.



Objetivos



MINTRANSPORTE



INSTITUTO NACIONAL DE VIAS



DNP Departamento Nacional de Planeación



Agencia Nacional de Infraestructura



- Proveer capacitación y asistencia técnica para la formación de capital humano para la construcción mantenimiento y evaluación de vías terciarias que garanticen la sostenibilidad de las obras, promocióne las capacidades organizativas de las comunidades aportando a la generación de políticas públicas de gestión vial.
- Generar mecanismos de cooperación interinstitucional, de innovación y transferencia tecnológica, entre el Estado, empresas, academia y comunidad para fortalecer la presencia estatal y privada en la región que potencie el desarrollo de una infraestructura vial sostenible



TRAMO EXPERIMENTAL DE SUELO ESTABILIZADO CON CAL PRESENTE EN EL PLAN PILOTO PUTUMAYO

Tecnologías Alternativas para vías de bajos volúmenes de tráfico



Plan Piloto Putumayo - Tecnologías Alternativas para vías de bajos volúmenes de tráfico

¡EN MARCHA!

TOTAL INVERSIÓN \$1.714 MILLONES



MINTRANSPORTE

GOBIERNO DE COLOMBIA

MUTUBAJÓ



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA



PROCESO CONSTRUCTIVO



Aplicación de la cal



Extensión de la cal



Mezclado



Hidratación



Conformación



Compactación

PLAN PILOTO PUTUMAYO



- Estado del tramo estabilizado con cal a julio de 2018, seis meses después de su construcción.
- Recomendaciones de la UdeA: realizar rocería y limpieza.

CASO DE APLIACIÓN DE CAL EN VÍA Terciaria EN URUGUAY



Prof. Washington Peres Núñez
Basado en la tesis doctoral de Leandro
Behak
Universidad Federal de Río Grande del Sur,
Brasil

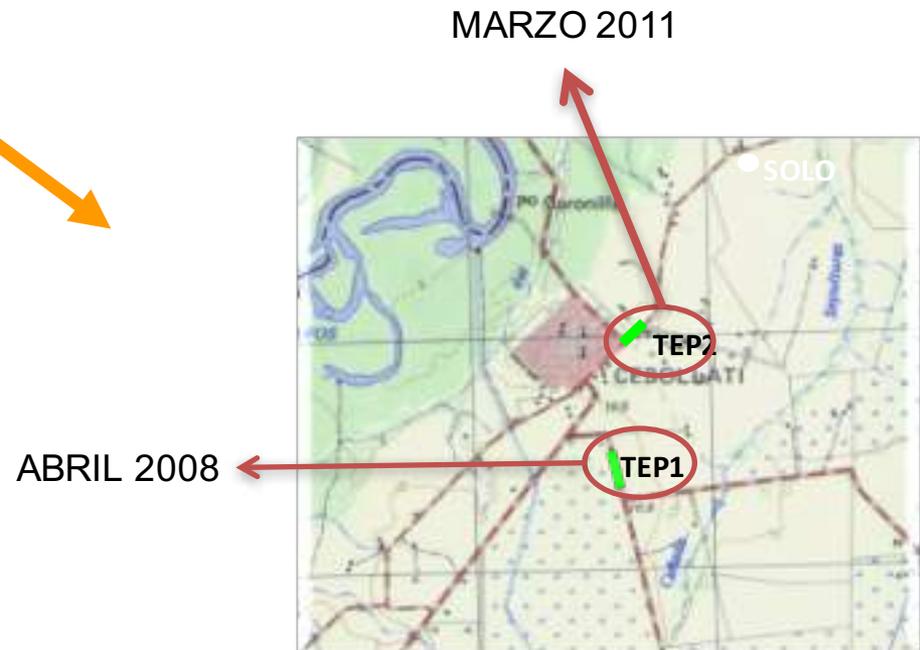
LOCALIZACIÓN



- Región plana e inundable
- Sedimentos finos

Cultura de Arroz

| Año | Producción de arroz (ton) |
|---------|---------------------------|
| 1985-86 | 405.769 |
| 2010-11 | 1.657.500 |



PROPIEDADES DEL SUELO

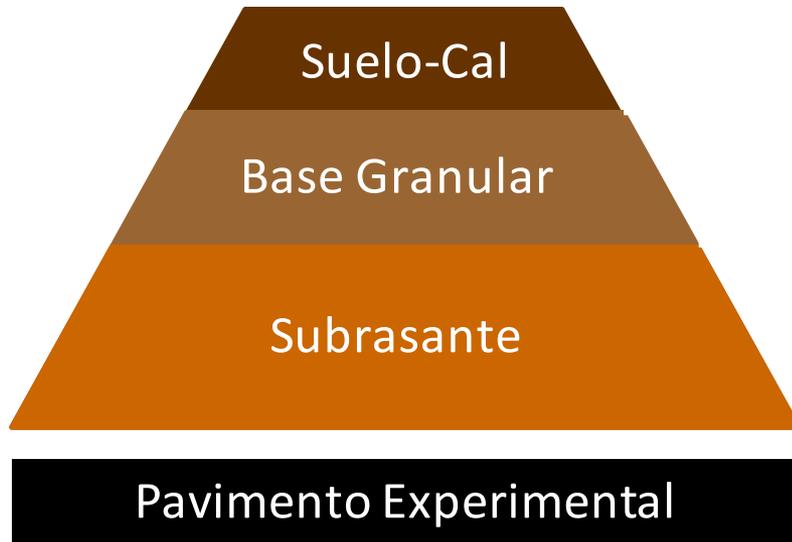
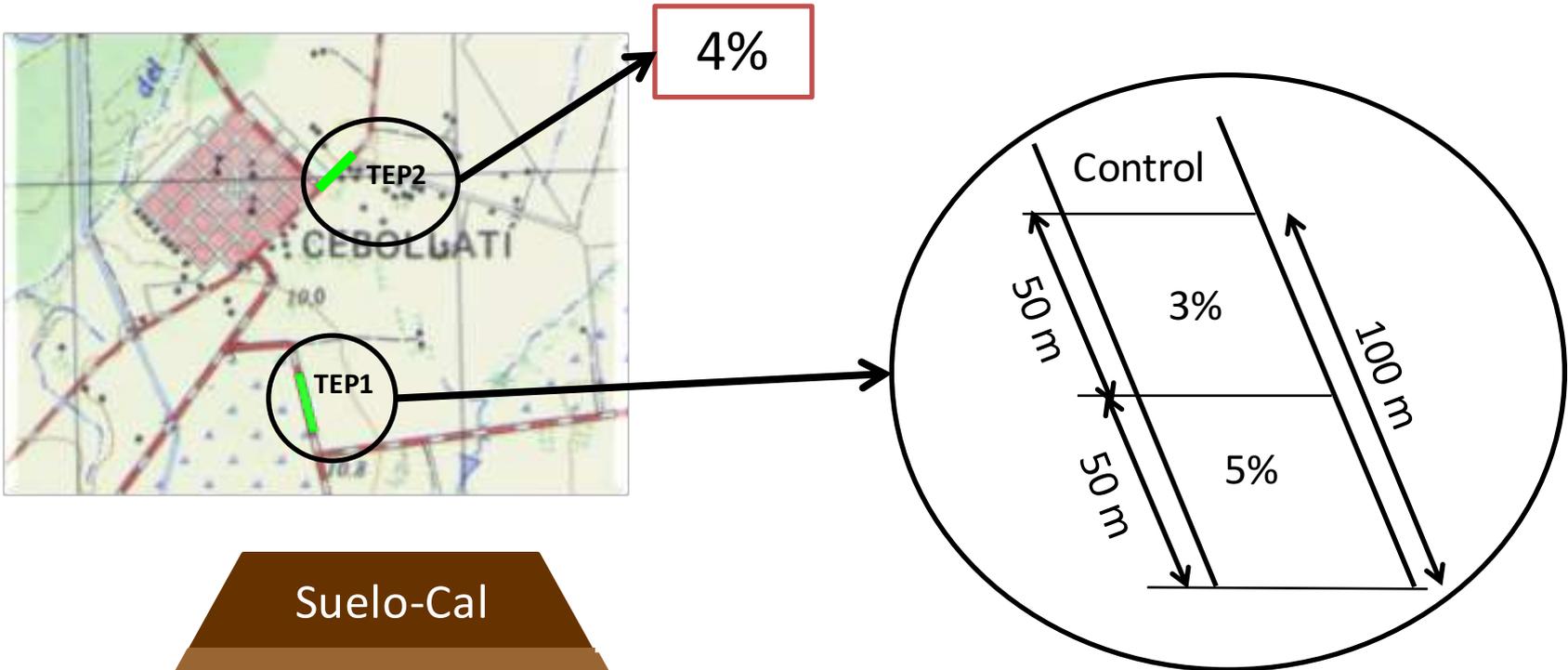
| | 1 | 2 |
|----------------|-----|-------|
| Arena | 27% | 32% |
| Limo | 49% | 46% |
| Arcilla | 24% | 22% |
| LL | 28% | 51% |
| IP | 14% | 32% |
| SUCS | CL | CH |
| AASHTO | A-6 | A-7-6 |



PROPIEDADES DE LA CAL

| | |
|-------------------|--------|
| CaO | 62-70% |
| MgO | 5% |
| Passa #10 | 100% |
| Passa #200 | 93% |
| Passa 2mm | 2% |

Tramos Experimentales



Construcción de Tramos Experimentales

1

Colocación del suelo



2

Colocación de la cal



3

Mezcla



4

Compactación



Monitoreo de Condición Superficial y Capacidad Estructural



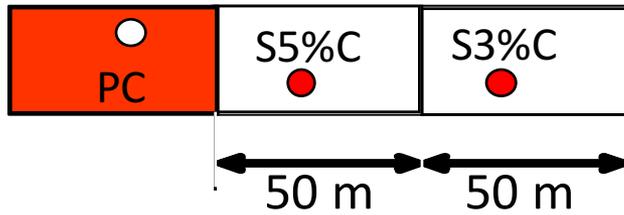
Baja adherencia entre la llanta y el pavimento corregido con cobertura de grava



CAPACIDAD ESTRUCTURAL

TEP1

Cebollatí
←



| Fecha | Dias de tránsito | Deflexión (10 ⁻² mm) |
|----------|------------------|---------------------------------|
| | 0 | 220 |
| 26/08/08 | 131 | 70 |
| 11/05/12 | 1485 | 110 |
| 05/12/12 | 1693 | 100 |



Noviembre de 2016

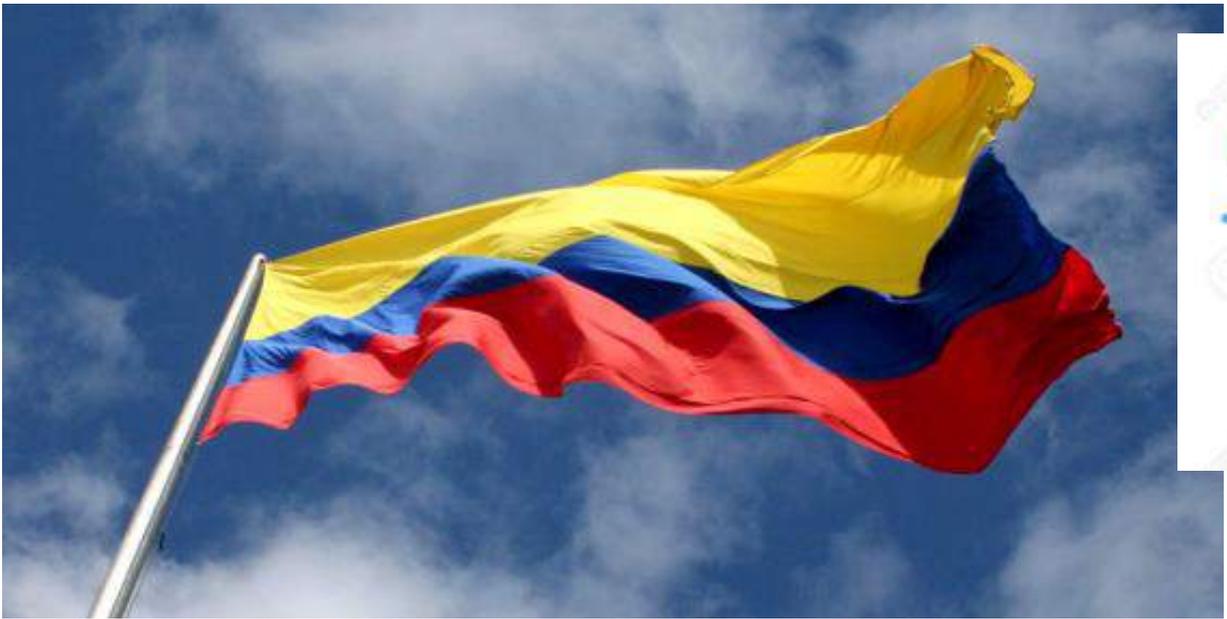


11/2016

Noviembre de 2016



11/2016



wpnunez@superig.com.br







desmotivaciones.es

Aver si lo he entendido...

Nadie va a preguntar?



**Los invitamos a visitar el
departamento de Rio Grande do Sul
state, Southern Brazil**

