



# Evaluación Superficial de caminos con dispositivos de bajo costo \_ Pavimentos Py

Autores:

Ing. Aisar Faishal Canan Silva (\*)

Ing. Pablo Manuel Callizo Bedoya(\*)

MSc. Ing. Fernando Paniagua(\*)

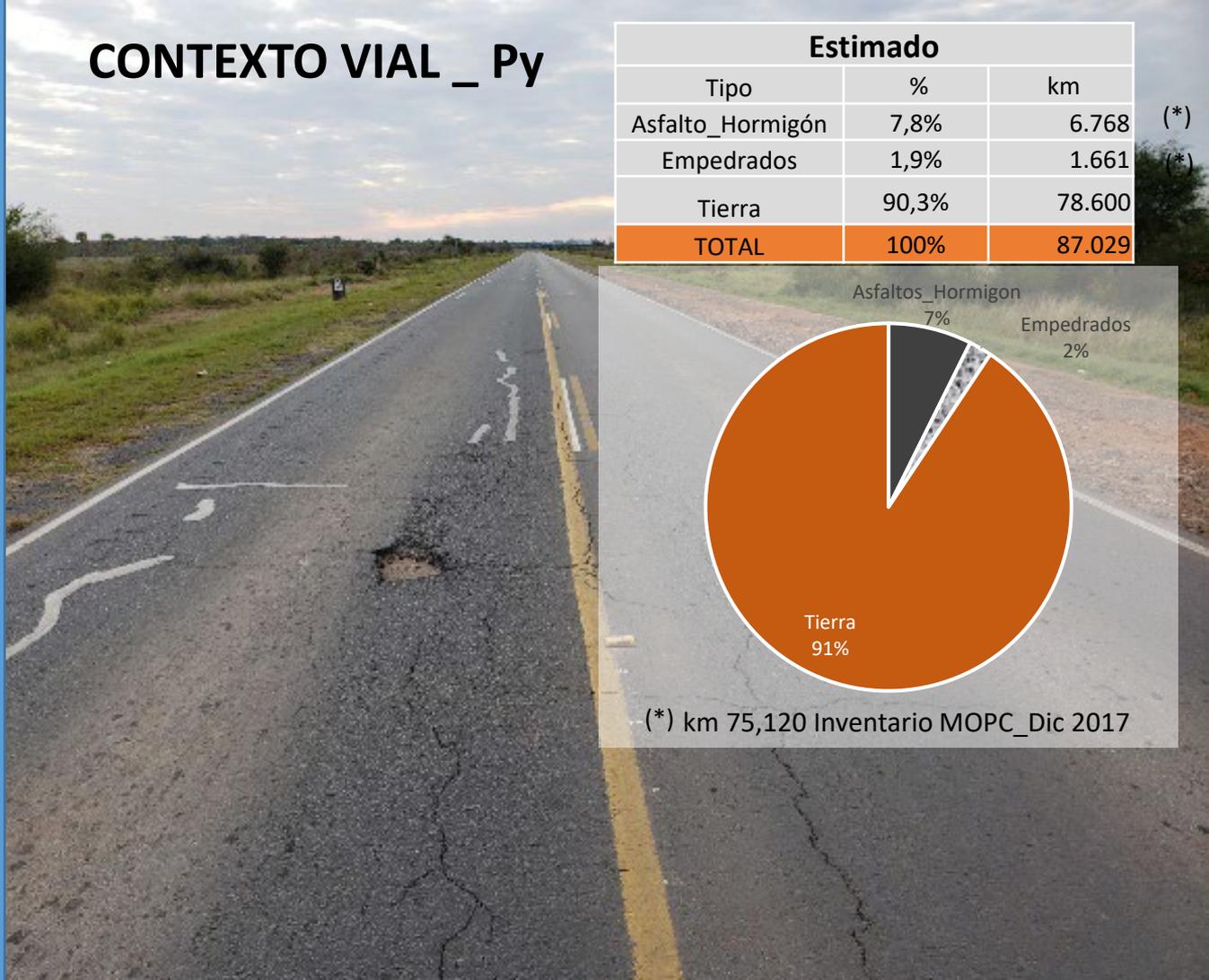
(\*) UNIVERSIDAD CATOLICA DE ASUNCION



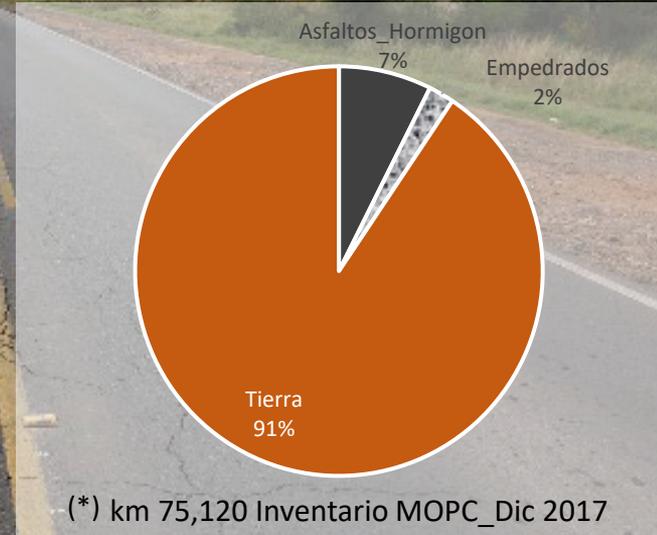
# CONTENIDO

1. Contexto
2. Planteamiento del problema
3. Propuesta de Abordaje /metodológica
4. Resultados de evaluación superficial
5. Discusión
6. Conclusiones y Recomendaciones

# CONTEXTO VIAL \_ Py



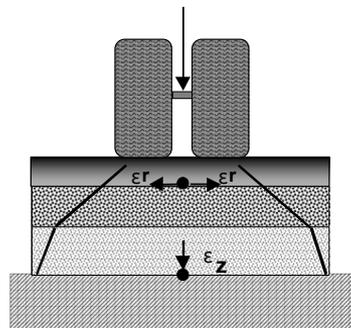
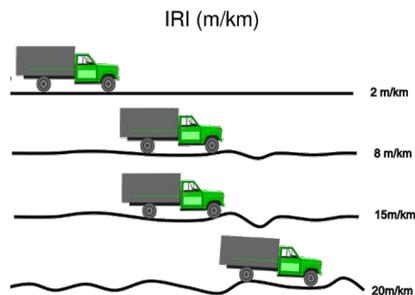
Estimado		
Tipo	%	km
Asfalto_Hormigón	7,8%	6.768 (*)
Empedrados	1,9%	1.661 (*)
Tierra	90,3%	78.600
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>87.029</b>



(\*) km 75,120 Inventario MOPC\_Dic 2017



# TIPOS DE EVALUACIONES TÉCNICAS DE PAVIMENTOS



Evaluación de Pavimentos	Función	Característica Medida	Indicadores
--------------------------	---------	-----------------------	-------------

<b>Funcional</b>	Serviciabilidad	Regularidad Superficial	IRI
			PSI
			QI
	Seguridad	Textura	Macrotextura
Microtextura			
	Resistencia al Deslizamiento	Coefficiente de fricción	
			IFI

<b>Estructural</b>	Capacidad de Soporte	Capacidad Estructural	Deflecciones
			Grietas
		Deterioro del pavimento	Defectos superficiales
			Deformaciones Perfil

# El empedrado!

## VENTAJAS - DESVENTAJAS

- ❖ Seguridad.... ok!
- ❖ Acceso y Movilidad ..... Ok! y no ok!
- ❖ Confort.... No ok!
- ❖ Tiempo de viaje.....!?
- ❖ Consumo/ Economía.....!?



Costo por 1000 veh km = (INT/100) Valor del vehículo nuevo.

La depreciación ocurre gradualmente hasta un punto límite denominado valor residual del capital invertido en el vehículo, el cual normalmente puede ser investigado en el lugar.

### 16. Gastos generales:

El programa expresa los gastos generados por 1000 vehículo kilómetro.

Costo por 1000 veh km = OVER/1000

### 17. Características físicas de los caminos.

El estudio contempla el cálculo de los costos operativos de vehículos para las siguientes categorías de caminos: pavimentado, empedrado, empinado, de tierra principal, de tierra colector y de tierra alimentador secundario.

Al pasar de las categorías superiores a las inferiores empeoran las características físicas del camino; aumentan la rugosidad de la superficie, el contenido de humedad del suelo, la profundidad de las huellas, la presencia de material suelto; y disminuye el ancho del camino debido a las características de la construcción y al nivel decreciente de conservación.

Los caminos pavimentados representan a los de tipo principal, de superficie asfáltica o de hormigón; se trata de caminos de dos carriles, de ancho variable y no sufren clausuras. Los empedrados son caminos con obra básica, no sufren clausuras. Los de ripio y tierra principal son caminos con obra básica en buen estado de conservación. Los de tierra sufren clausuras, no así los de ripio. Los caminos de tierra colector y alimentador secundario sufren clausuras durante y después de las lluvias.

Las características físicas adoptadas son:

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	CAM. DE TODO TIEMPO			CAMINO DE TIERRA		
	Pavimento	Empedrado	Ripio	Princ. Colector	Secundario	
RUGOSIDAD (IRI)	2,54	8,00	7,37	10,00	12,00	13,67

R (IRI) = Rugosidad del camino en (m/km).

Según la tabla de rugosidad del estudio: El valor 2,54 corresponde a pavimento entre razonablemente liso (4,00) y liso (2,00). El valor 8,00 corresponde a superficie empedrada razonablemente lisa. Para ripio: 7,37 está entre medio rugoso (6,00) y rugoso (8,00). Para superficie de tierra principal: 10,00 corresponde a razonablemente liso (8,00) y medio rugoso (12,00). Para camino de tierra colector: 12,00 corresponde a medio rugoso. Para camino de tierra alimentador secundario: 13,67 está entre medio rugoso (12,00) y rugoso (15,00).

COV, DI 12 21

Las características físicas adoptadas son:

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	CAM. DE TODO TIEMPO			CAMINO DE TIERRA		
	Pavimento	Empedrado	Ripio	Princ. Colector	Secundario	
RUGOSIDAD (IRI)	2,54	8,00	7,37	10,00	12,00	13,67

R (IRI) = Rugosidad del camino en (m/km).



# Planteamiento del Problema

- Evaluar superficialmente de pavimentos
- Utilizar equipamiento disponibles (o de bajo costo)
- Genera indicador de la calidad del servicio de los caminos
- Genera datos para instituciones con competencia vial y respectiva toma de decisiones.



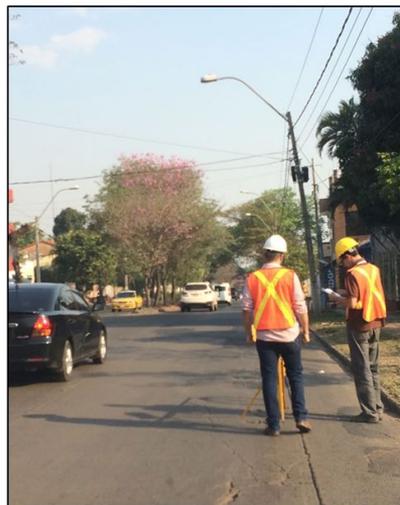
# Propuesta de Abordaje



Evaluación Condición Superficial		Variables	Valores
<b>Rugosidad</b>	<p>IRI (m/km)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Merlin (Clase I)</li> <li>-Rugosímetro III (Clase III)</li> <li>-Roadroid/App Móvil (Clase III)</li> <li>-Perfilómetro Láser (Clase I)</li> </ul>	Asfalto
			Hormigón
			Empedrado
			Tierra
			Adoquinado
<b>Coefficiente de Fricción</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rueda de Arrastre (Experimental)</li> <li>-Acelerómetro de Frenado / App Móvil</li> </ul>	Seco   Mojado
			Asfalto
			Hormigón
			Empedrado
			Tierra
Adoquinado			

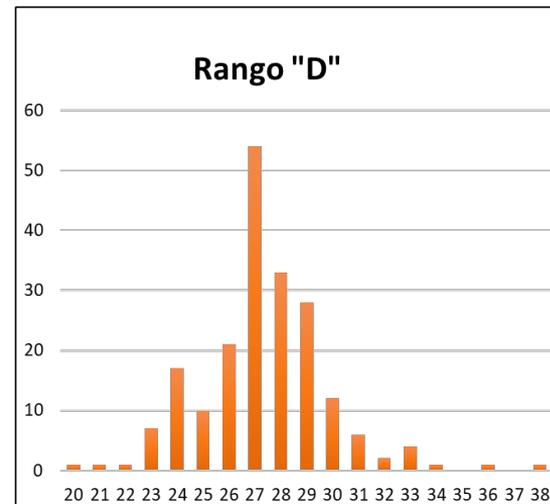


## MERLIN (1/3)



# Medición de IRI

Luego del relevamiento se completa la hoja de medición que crea el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones para luego poder hallar el rango de la muestra (D), que se determina luego de efectuar una depuración del 10% de las observaciones.



# Medición de IRI

## RUGOSÍMETRO III (2/3)



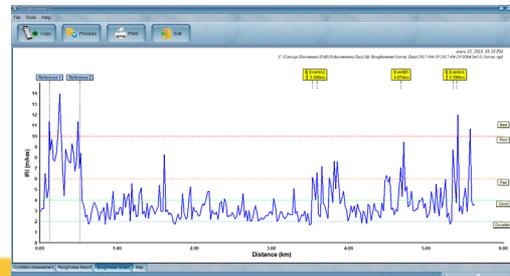
Sensor de rugosidad



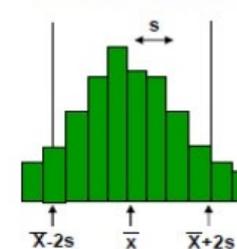
GPS



Módulo interfase



Por lo menos el 75%



Teorema de Chebyshev

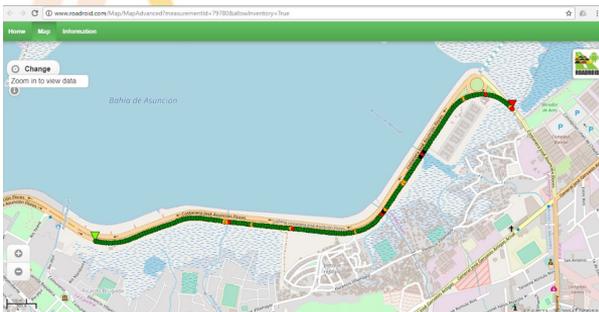
IRI Promedio ( $\bar{x}$ )	3,06
Desv. Estandar (s)	0,78
IRI Prom+2s	4,62
IRI Prom-2s	1,49
IRI PromCorregido (m/km)	2,97



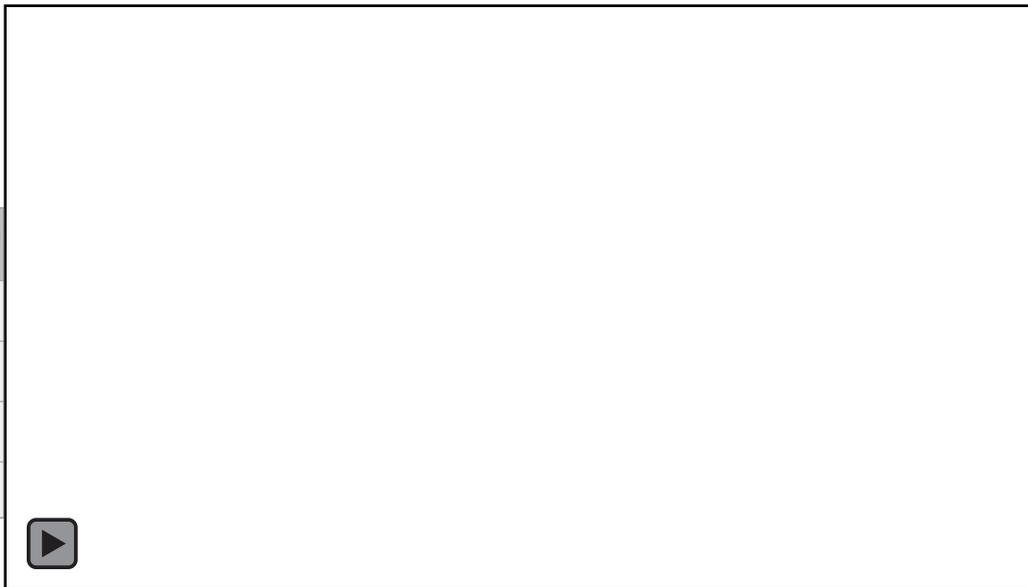
# Medición de IRI

## APLICACIÓN MÓVIL (ROADROID) (3/3)

La aplicación Roadroid es una herramienta GIS (Sistema de información geográfica) que nos permite obtener los resultados de eIRI de cada punto georreferenciado en el mapa.



Condición del pavimento	eIRI	Velocidad (km/h)
Excelente	<2,2	>70
Bueno	2,2 - 3,8	50 - 70
Regular	3,8 - 5,4	30 - 50
Malo	>5,4	<30



La aplicación se basa en varios años de investigación para la Administración de Carreteras de Suecia en cooperación con Roadroid Inventor and Engineers.

- Aplicaciones similares:





# Medición Coeficiente de Fricción ( $\mu$ )

## RUEDA DE ARRASTRE (1/2)

Consiste en un ensayo experimental que tiene como fundamento principios física, básicamente es un pedazo cortado de rueda arrastrado por un sistema de tiro con una fuerza relativamente constante en una superficie.

### 1. PEDAZO DE RUEDA

- Cubierta standar
- Peso conocido (Aprox. 15kg)
- Pieza de enganche

### 3. MEDIDOR DE FUERZA

- Dinamometro
- Recolector de datos de fuerza

$$\mu = \frac{F}{w}$$

F (kgf. 10= N)

DINAMOMETRO

### 2. SUPERFICIE DE PRUEBA

- Temperatura
- Tipo de superficie \*
- Condicion (seca-saturada)

### 4. SISTEMA DE TIRO

- Fuerza constante
- Fuerza standar
- Lecturas con poca variabilidad





# Medición Coeficiente de Fricción ( $\mu$ )

## RUEDA DE ARRASTRE (1/2)

Se completa la hoja de campo de acuerdo a la cantidad de muestras que se desea tomar, con la fuerza en kilogramos que nos indica el dinamómetro.



### ENSAYOS PARA LA MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN CON EL MÉTODO DE LA RUEDA DE ARRASTRE (HOJA DE CAMPO)

PROYECTO:	Tesis Canan-Callizo	OPERADOR:	Aisar Canan
SECTOR:	Autopista Ñu Guasu	SUPERVISOR:	Ing. Fernando Paniagua
TRAMO:	Túnel Semidel-CONMEBOL	FECHA:	16/10/2017
CARRIL:	Derecho	LONGITUD:	20 m.
		HORA:	INICIO: 10:05
			FINAL: 10:29

ENSAYO N° **RA01NG**

Estado: Seco	
N°	F(kg)
1	11,83
2	10,41
3	9,75
4	9,92
5	9,72
6	9,63
7	9,51
8	9,87
9	9,08
10	9,67
11	
12	
13	
14	
15	

Estado: Mojado	
N°	F(kg)
1	7,30
2	7,67
3	8,40
4	8,15
5	8,37
6	8,20
7	8,51
8	8,79
9	8,90
10	8,44
11	
12	
13	
14	
15	

TIPO DE PAVIMENTO: Asfalto bueno

OBSERVACIONES:

Estado: Seco

N°	F(kg)	F(Nw)	Fx	Fy	N	fr	$\mu$
1	11,83	115,9	115,5	10,51	136,5	115,46	<b>0,85</b>
2	10,41	102	101,6	9,249	137,8	101,60	0,74
3	9,75	95,55	95,16	8,662	138,3	95,16	0,69
4	9,92	97,22	96,82	8,814	138,2	96,82	0,70
5	9,72	95,26	94,86	8,636	138,4	94,86	0,69
6	9,63	94,37	93,99	8,556	138,4	93,99	0,68
7	9,51	93,2	92,81	8,449	138,6	92,81	0,67
8	9,87	96,73	96,33	8,769	138,2	96,33	0,70
9	9,08	88,98	88,62	8,067	138,9	88,62	0,64
10	9,67	94,77	94,38	8,591	138,4	94,38	0,68

$\mu$ Promedio	0,70
Desv. estandar	0,06
$\mu$ Promedio +2 $\sigma$	0,81
$\mu$ Promedio -2 $\sigma$	0,59
$\mu$ PromedioCorregido	<b>0,69</b>



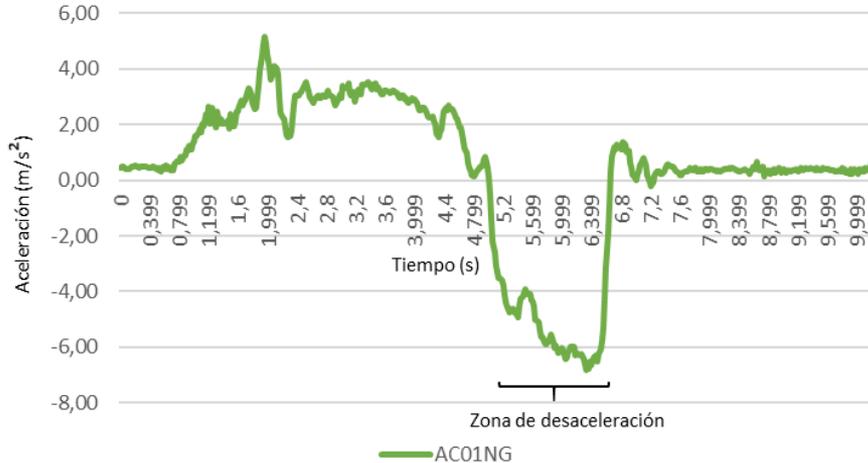
# Medición Coeficiente de Fricción ( $\mu$ )

## ACELERÓMETRO DE FRENADO (2/2)

El acelerómetro de frenado es un medidor de aceleración instalado en un celular con sistema operativo Android. Dicho software se conoce como “Accelerometer Analyzer”

$$\mu = \frac{a}{g}$$

Aceleración (m/s<sup>2</sup>) vs Tiempo (s)



Datos de Frenado

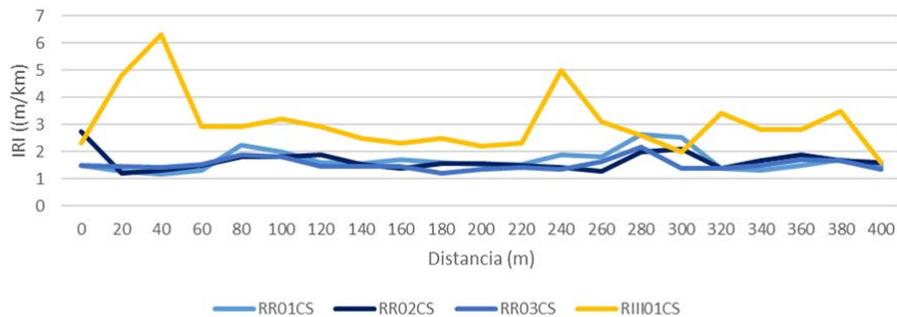
Tipo de pavimento:	Asfalto	$\mu$ :	0,581
Estado:	Seco		
Tiempo(s):	1,12	Desv. Est.:	0,085



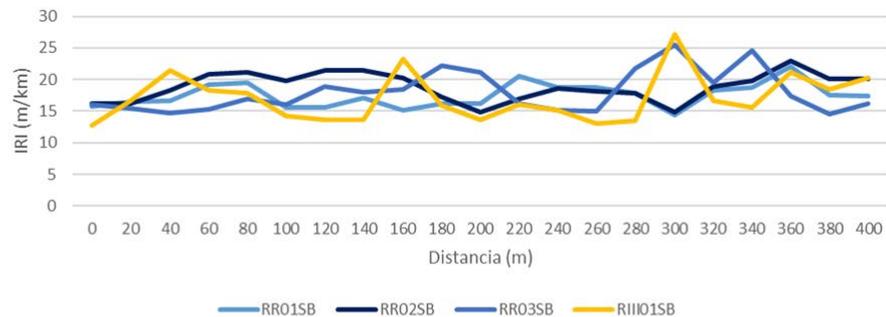
# RESULTADOS

## IRI (m/km)

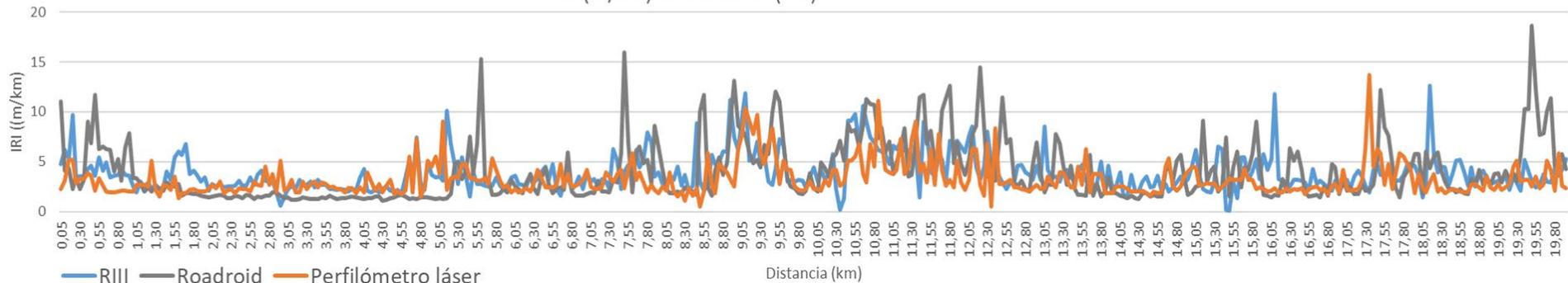
IRI (m/km) vs Distancia (m)



IRI (m/km) vs Distancia (m)



IRI (m/km) vs Distancia (km)

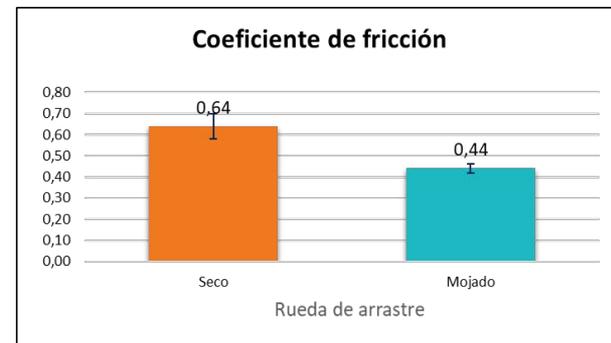
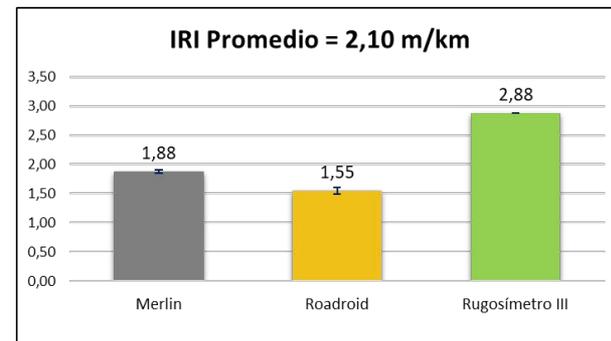


- Nombre: AVENIDA JOSÉ ASUNCIÓN FLORES (COSTANERA)
- Estado: BUENO



# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ ASFALTO



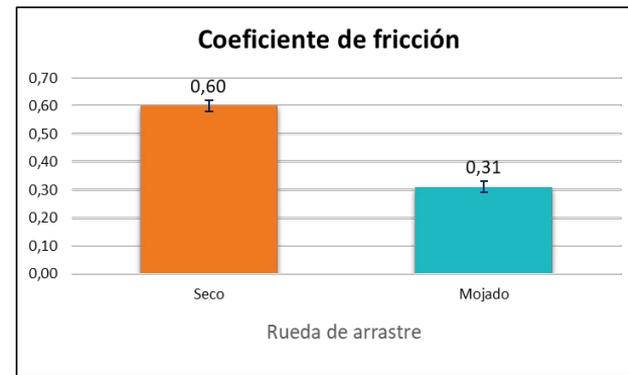
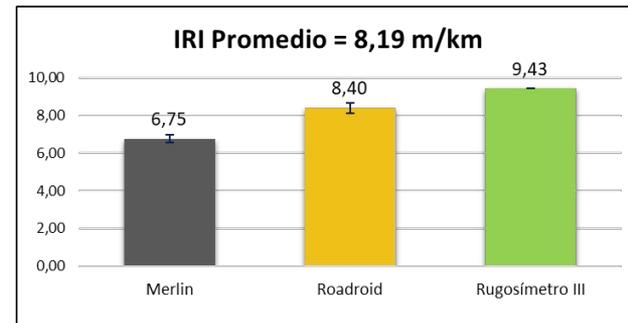
Nombre: AVENIDA COLÓN

- Estado: MALO



# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ ASFALTO

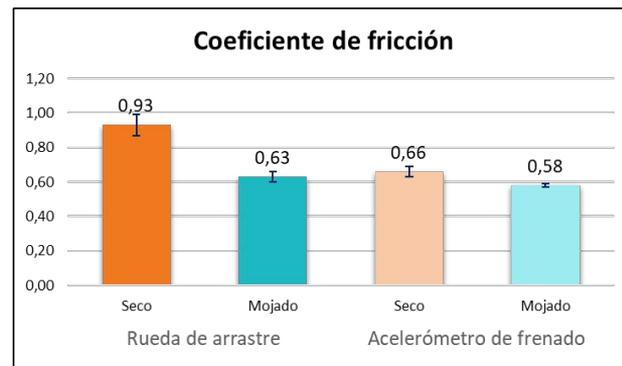
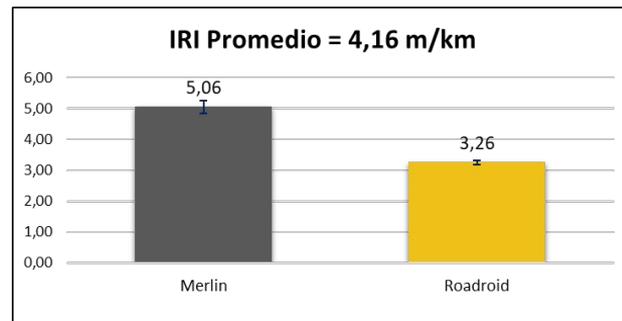


- Nombre: CALLE CARLOS GÓMEZ
- Estado: BUENO



# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ HORMIGON

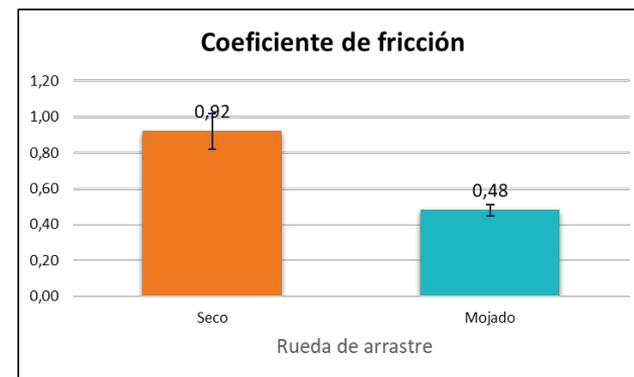
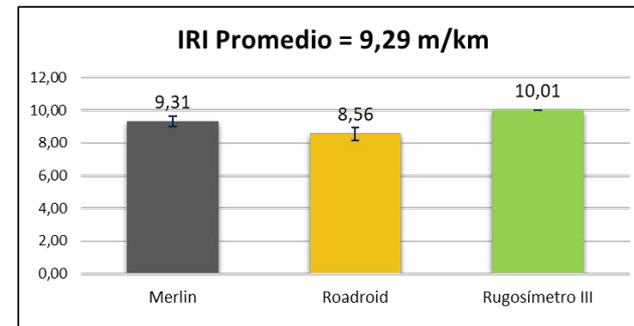


- Nombre: AVENIDA CHOFERES DEL CHACO
- Estado: MALO

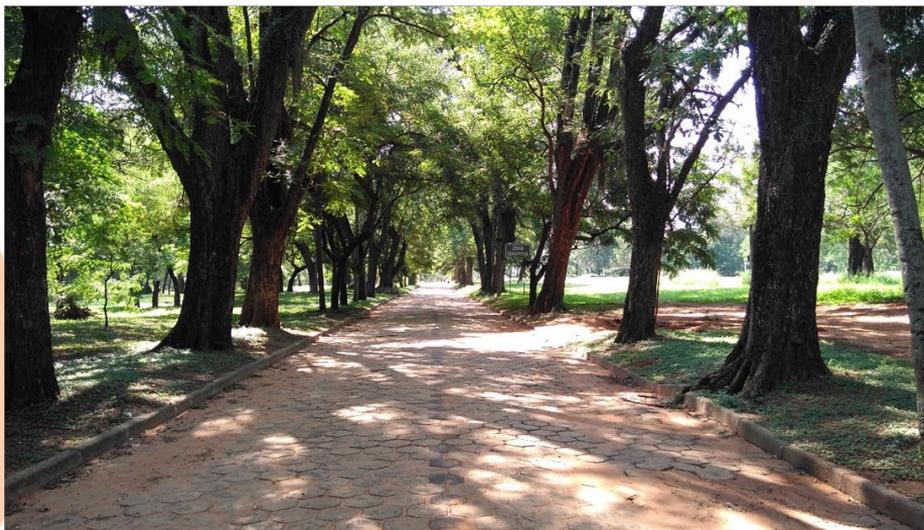


# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ HORMIGON

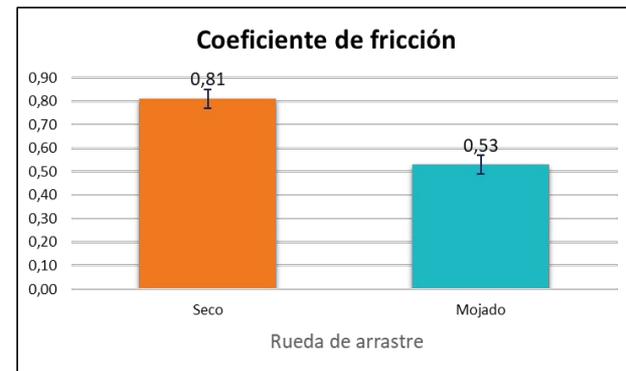
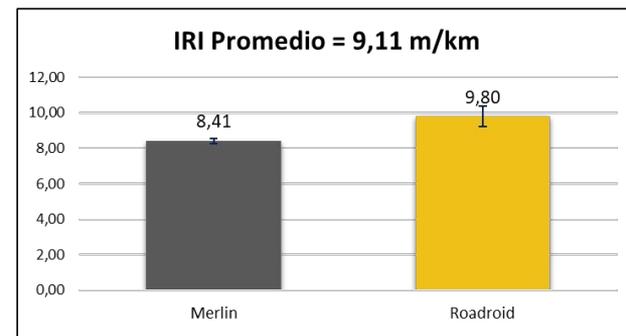


- Nombre: CALLE INTERNA DEL JARDÍN BOTÁNICO
- Estado: REGULAR



# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ ADOQUINADO



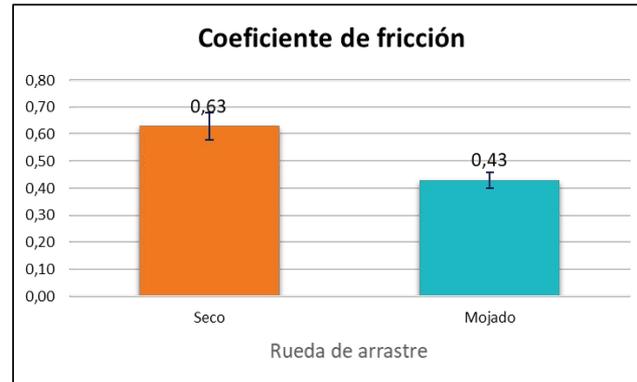
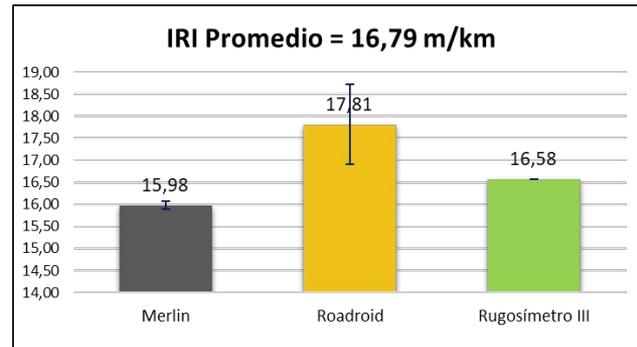
Nombre: CALLE TENIENTE MARCELINO ESPINOZA

- Estado: REGULAR



# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ EMPEDRADO



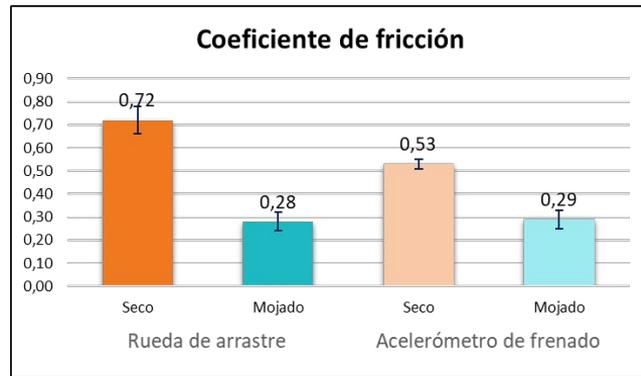
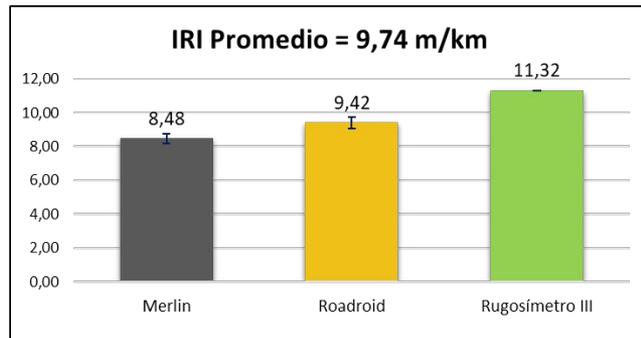
Nombre: CAMINO VECINAL DE ACCESO A LA COMPAÑÍA AURORA

- Estado: REGULAR



# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ TIERRA

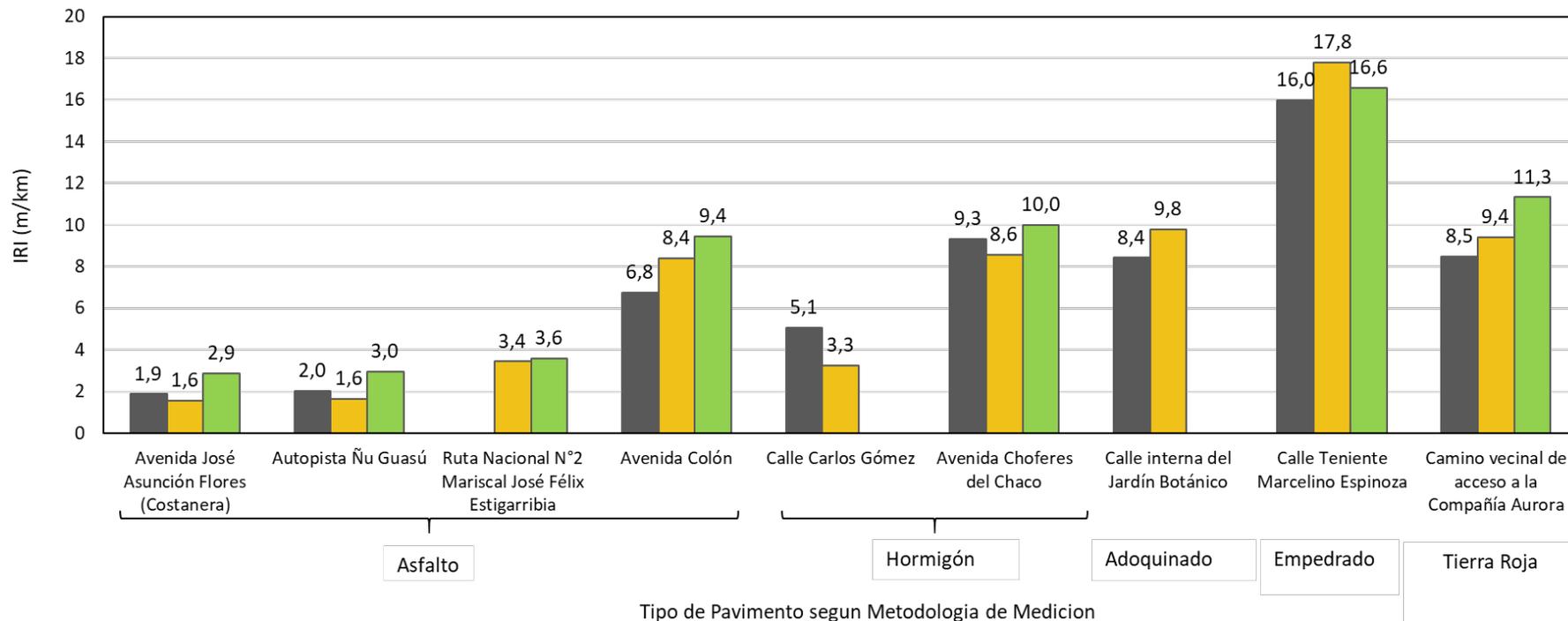




# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ RESUMEN

IRI (m/km) vs Tipo de Pavimento

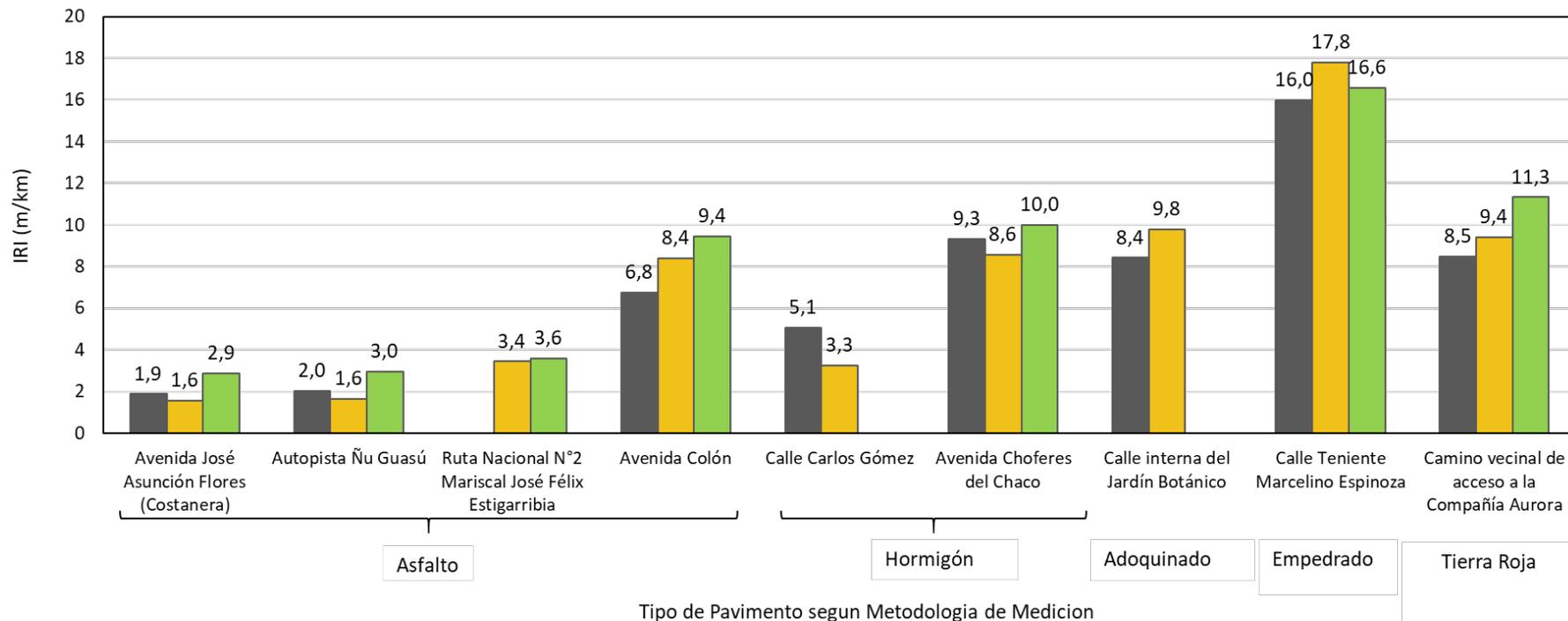




# RESULTADOS

## IRI (m/km)\_ RESUMEN

IRI (m/km) vs Tipo de Pavimento

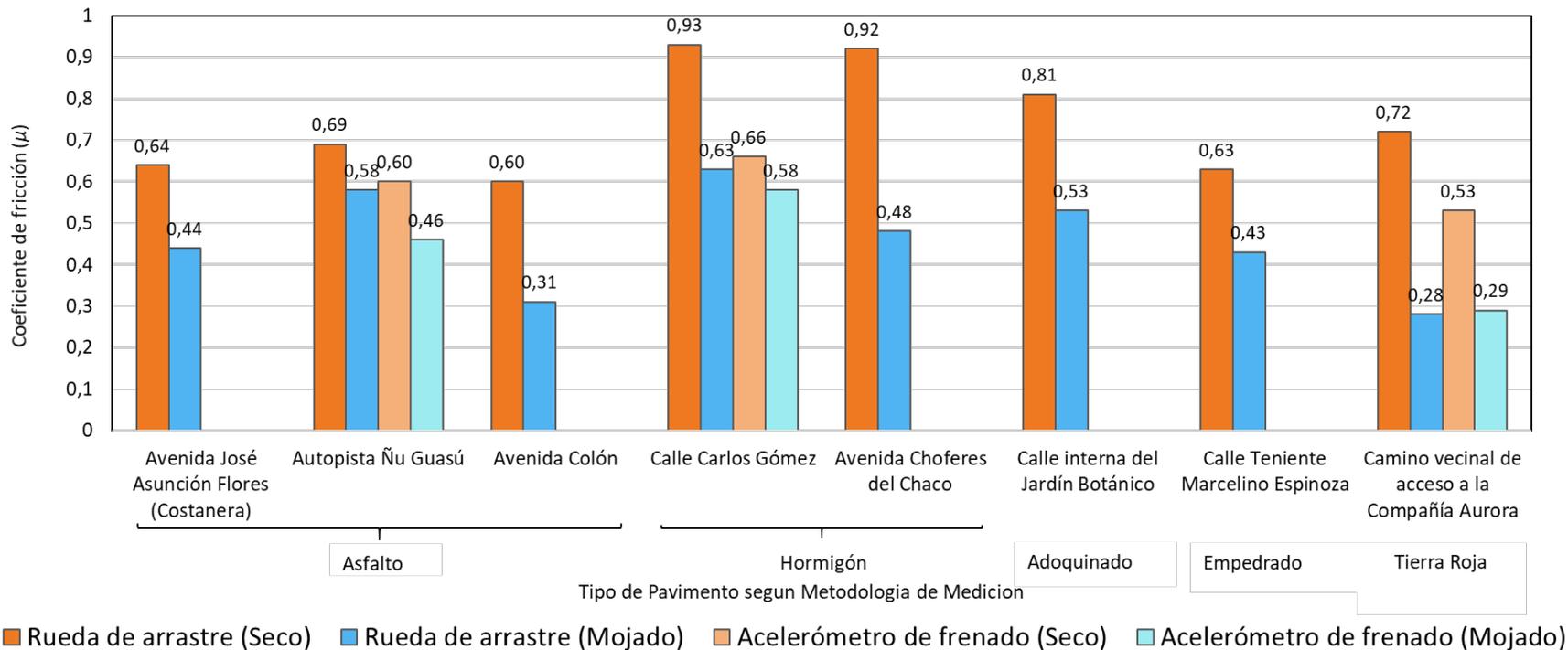


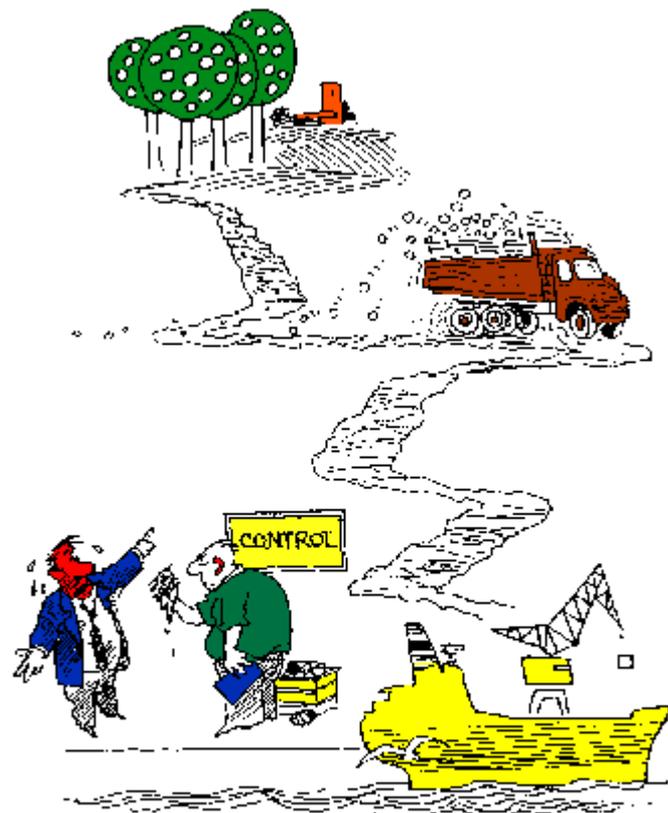


# RESULTADOS

## $\mu$ (Coef. Fricción)\_ RESUMEN

Coeficiente de fricción ( $\mu$ ) vs Tipo de pavimento





COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL  
EXPORTACIÓN DE FRUTAS



COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL  
EXPORTACIÓN DE FRUTAS

# SIÓN

m, pero según los  
ilidad de las obras  
y lo que a costo de  
n barro y sin polvo)





- El coeficiente de fricción es muy importante para la discusión de accidentabilidad. En este trabajo se extremaron condiciones (seco y mojado) y los dispositivos sensibilizaron a estas condiciones.
- Se observa que para el caso del acceso a la compañía Aurora el coeficiente de fricción tuvo una disminución considerable del 40%.
- Se recomienda además, continuar la discusión para poder definir los distintos tipos de mezcla asfáltica a ser utilizados de acuerdo al uso que requiera.



## DISCUSION



# CONCLUSIONES

Conclusión #1: Los resultados en general discrepan entre sí, se para mas o menos, segun cada tipo de pavimento debido a las distintas condiciones superficiales que se presentan, no obstante, luego del análisis estadístico, se observan valores promedios similares cuando se comparan los distintos tipos de equipos en un mismo pavimento. Las herramientas utilizadas fueron de Clase I hasta Clase III, incluyéndose una comparación con un equipo Clase I utilizado por el MOPC, cuyos valores comparativos han sido también favorables o similares a los equipos de bajo costo utilizados en este estudio.

Conclusión #2: Las mediciones del coeficiente de fricción se han realizado mediante 2 (dos) tipos de herramientas, la rueda de arrastre y el acelerómetro de frenado. Todos los ensayos se realizaron en dos condiciones de superficie, seca y mojada. Los resultados en general se encuentran dentro del rango de los valores reportados en la revisión bibliográfica (tabla de valores de coeficiente de fricción), así como también han sensibilizado al estado del pavimento, seco o mojado, siendo estos algunos puntos que validan las mediciones realizadas, y dan un buen aporte a nuestro estudio al momento de evaluar la condición superficial del pavimento.



# CONCLUSIONES y APORTES

- Existe una Necesidad de seguir investigando la calidad de servicios que presta nuestras rutas y calles en Paraguay, sobre todo en el enfoque de costos reales a los usuarios, no discutir únicamente sobre el costo construcción (Año 0)
- La factibilidad de los proyectos en general es cuestionable cuando no se utilizan parámetros validados, menos cuando se usan modelos cuyos insumos no han sido calibrados o parametrizados localmente.
- El empedrado es una opción para salir del barro y polvo, pero no significa que sea factible para cierta cantidad de vehículos y longitud de proyecto, esto debe discutirse (p/ Próximo Congreso APC)
- Generar empleo con M.O intensiva (empedrado) no necesariamente es beneficioso para el país, menos en condiciones de precariedad e incidencia directa del estado de la persona en la calidad de los trabajos.
- La calidad de muchas pavimentaciones debería ser un calificador, a todos los responsables, en todos los niveles de participación, el IRI es uno fundamental, al igual que otros (estructurales). Necesitamos entender que el camino es un producto, este debe tener un fuerte control de calidad

*Los responsables de la Infraestructura Física debemos tener la sensibilidad hacia las necesidades de las personas y; además de la capacidad transmitir que la mejor ingeniería es la que generará proyectos más factibles y mejor calidad de vida (nuestra/ la de nuestros hijos)*

F. P.



**GRACIAS CDE!!**