



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

19° CONGRESO CHILENO DE  
INGENIERÍA DE TRANSPORTE  
S A N T I A G O 2 0 1 9

# CARACTERIZACIÓN DE VELOCIDADES DESEADAS EN RECTAS PROLONGADAS DE CARRETERAS DE DOS PISTAS

Dr. Sergio Vargas Tejeda  
Ing. Álvaro Mejías Muñoz  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental  
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



# AGENDA

1. INTRODUCCIÓN
2. METODOLOGÍA
3. ANÁLISIS DE DATOS
4. RESULTADOS
5. CONCLUSIONES





- ✓ La Velocidad Deseada (Desired Speed) se refiere a la velocidad alcanzada por los conductores cuando su elección no es influenciada por la presencia de otros vehículos o por algún sistema de control de tráfico.
- ✓ Es posible caracterizar la velocidad deseada a través de un percentil de velocidad:  $V_{85}$  o  $V_{99}$
- ✓ Es necesaria para la construcción de perfiles de velocidad y para la estimación de velocidades en curvas horizontales (Velocidad en tramo recto anterior)
- ✓ Estudios de consistencia del diseño geométrico ( $V_{85}$ ) o diseño de elementos de seguridad vial ( $V_{99}$ )



# ANTECEDENTES

## FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCIÓN DE VELOCIDAD

### CONDICIONES DE TRAZADO

Alineamiento  
Sección Transversal  
Visibilidad Disponible  
Estado del Pavimento  
Regulación de Velocidad

Variables Exógenas

### CONDICIONES AMBIENTALES

Zonas Laterales  
Composición Vehicular  
Condiciones Climáticas  
Día/Noche

### CONDICIONES INDIVIDUALES

Estado de Atención  
Carga Mental  
Otros

Variables Endógenas



# ANTECEDENTES

**FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCIÓN DE VELOCIDAD**

**CONDICIONES DE TRAZADO**

Alineamiento  
**Sección Transversal**  
Visibilidad Disponible  
Estado del Pavimento  
Regulación de Velocidad

Variables Exógenas

**CONDICIONES AMBIENTALES**

**Zonas Laterales**  
**Composición Vehicular**  
Condiciones Climáticas  
**Día/Noche**

**CONDICIONES INDIVIDUALES**

Estado de Atención  
Carga Mental  
Otros

Variables Endógenas





# OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- ✓ Caracterizar la velocidad deseada en rectas prolongadas de carreteras de dos pistas
- ✓ Identificar las principales variables que influyen en la velocidad deseada
- ✓ Proponer valores de velocidad deseada ( $V_{85}$  y  $V_{99}$ ) para rectas prolongadas de carreteras de dos pistas



## Selección de Variables Explicativas

Variable	Tipo	Descripción
Velocidad	Dependiente	Variable numérica, registrada mediante Pistola Láser, medida en (km/h).
Berma / Despeje Lateral	Independiente	Variable numérica, registrada mediante huincha común, medida en (m).
Ancho de Pista	Independiente	Variable numérica, registrada entre ejes de las líneas de contorno de la pista mediante huincha común, medida en (m).
Condición Horaria	Independiente	Referida a la condición de medición. Horario Diurno o Nocturno
Tipo de Vehículo	Independiente	Unidad muestral, discriminada entre vehículos livianos y vehículos pesados.



## Matriz Factorial Preliminar

		Vehículos Livianos		Vehículos Pesados	
		Día	Noche	Día	Noche
Ancho de Pista > 3.3 m	Berma > 1.5 m				
	Berma < 1.5 m				
Ancho de Pista < 3.3 m	Berma > 1.5 m				
	Berma < 1.5 m				

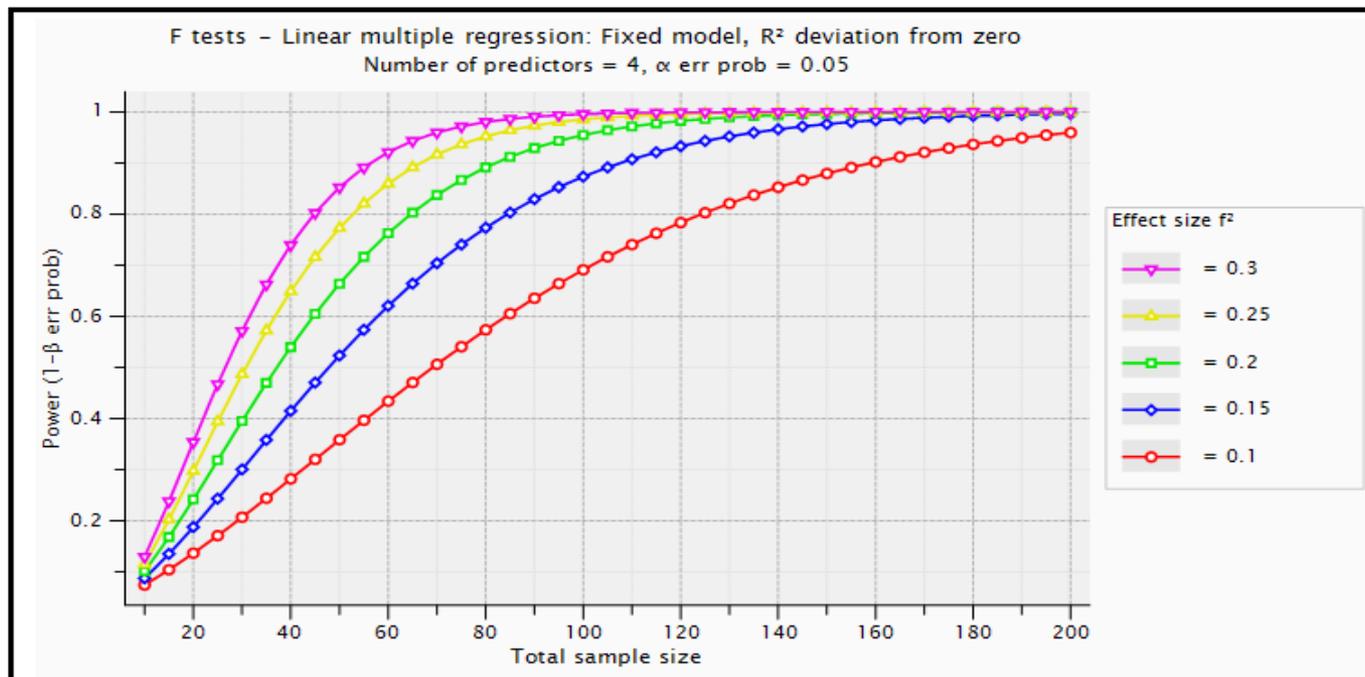


Manual de Carreteras,  
Volumen 3 (MOP, 2014)





## Determinación Tamaño Muestral



Basado en un análisis de potencia para determinar el espacio muestral (n) dada una potencia estadística  $(1-\beta) = 0.95$ , con una precisión  $\alpha = 0.05$  y un efecto tamaño de muestra  $f^2 = 0.1$ .





## Tamaño Muestral por Tratamiento

		Vehículos Livianos		Vehículos Pesados	
		Día	Noche	Día	Noche
<b>Ancho de Pista &gt; 3.3 m</b>	Berma > 1.5 m	36	36	36	36
	Berma < 1.5 m	36	36	36	36
<b>Ancho de Pista &lt; 3.3 m</b>	Berma > 1.5 m	36	36	36	36
	Berma < 1.5 m	36	36	36	36





## Selección de Tramos de Medición

- ✓ Región del Biobío
  - ✓ Longitud > 2 km.
  - ✓ Pendiente longitudinal < 1%
  - ✓ Buen estado del pavimento
  - ✓ Sin accesos laterales
  - ✓ Sin señalización de velocidad máxima
- ✓ Se seleccionaron tramos en rutas distintas para lograr una mayor cobertura espacial de la red.



**1ª Etapa Selección:** Cartas Camineras y Google Earth

**2ª Etapa Selección:** Visitas a Terreno



## Tramos Seleccionados

Tramo	Carretera (ROL)	Ubicación	Ancho de Pista (m)	Berma / D. Lateral (m)	Longitud (km)
1	O-50	Km 5.1	3.57	1.90	3.6
2	O-97-N	Km 2.3	3.43	0.30	6.3
3	O-630	Km 2.7	3.03	2.24	2.8
4	O-614	Km 2.2	3.01	1.24	3.6



Tramo 2, O-97-N



Tramo 4, O-614





### Recolección de Datos

- ✓ Punto de Medición: Punto medio del Tramo
- ✓ Instrumento: Pistola Láser
- ✓ Horario: Día: 10:00 – 12:00 hrs. y 15:00 – 17:00 hrs.  
Noche: 22:00 – 24:00 hrs.
- ✓ Intervalo mínimo entre vehículos: 10 segundos.

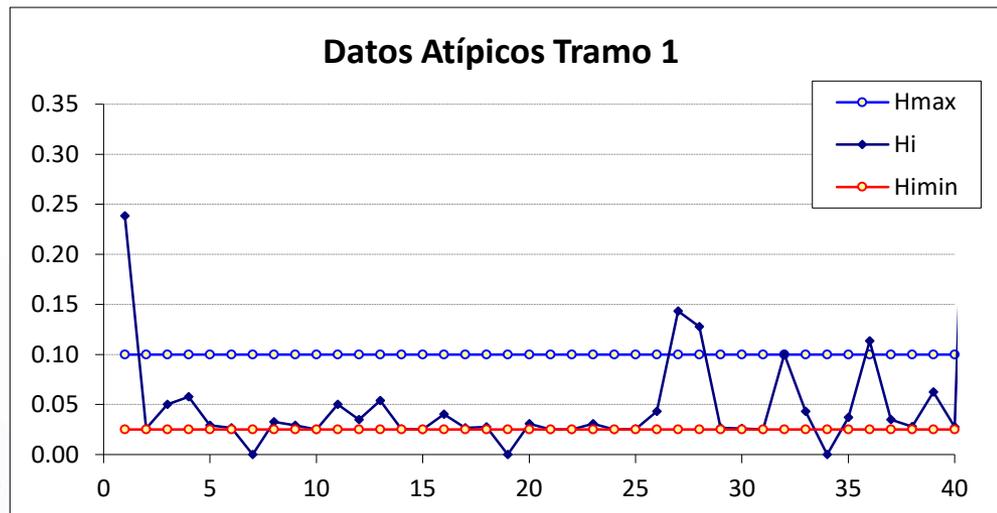




## Identificación Datos Atípicos

Finalmente se consideraron 40 datos por tratamiento pensando en la depuración posterior de posibles datos atípicos (40 x 16 = 640 registros)

### Leverage Test



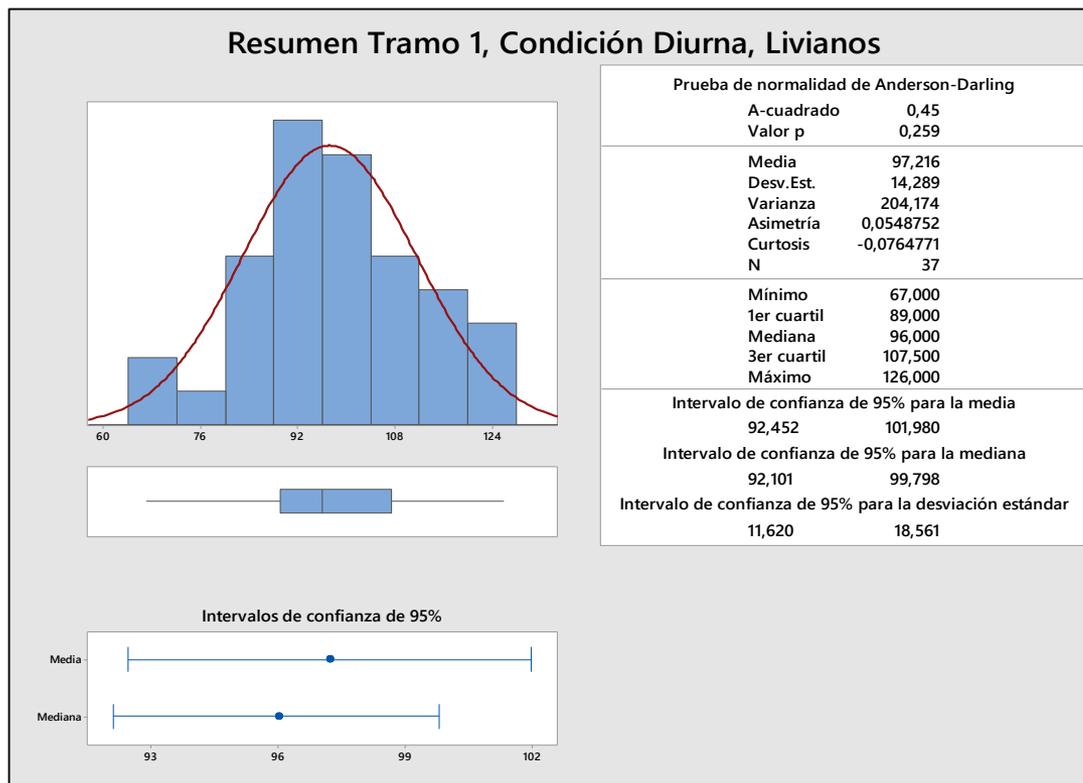
$$h_i = \frac{1}{n} + \frac{x_i - \bar{x}}{(n-1)S_x^2}$$

$$h_i \geq \frac{2(k+1)}{n}$$

Ejemplo Tramo 1 – Condición Diurna – Vehículos Livianos



## Estadística Descriptiva



Ejemplo: Tramo 1, Condición diurna, vehículos livianos



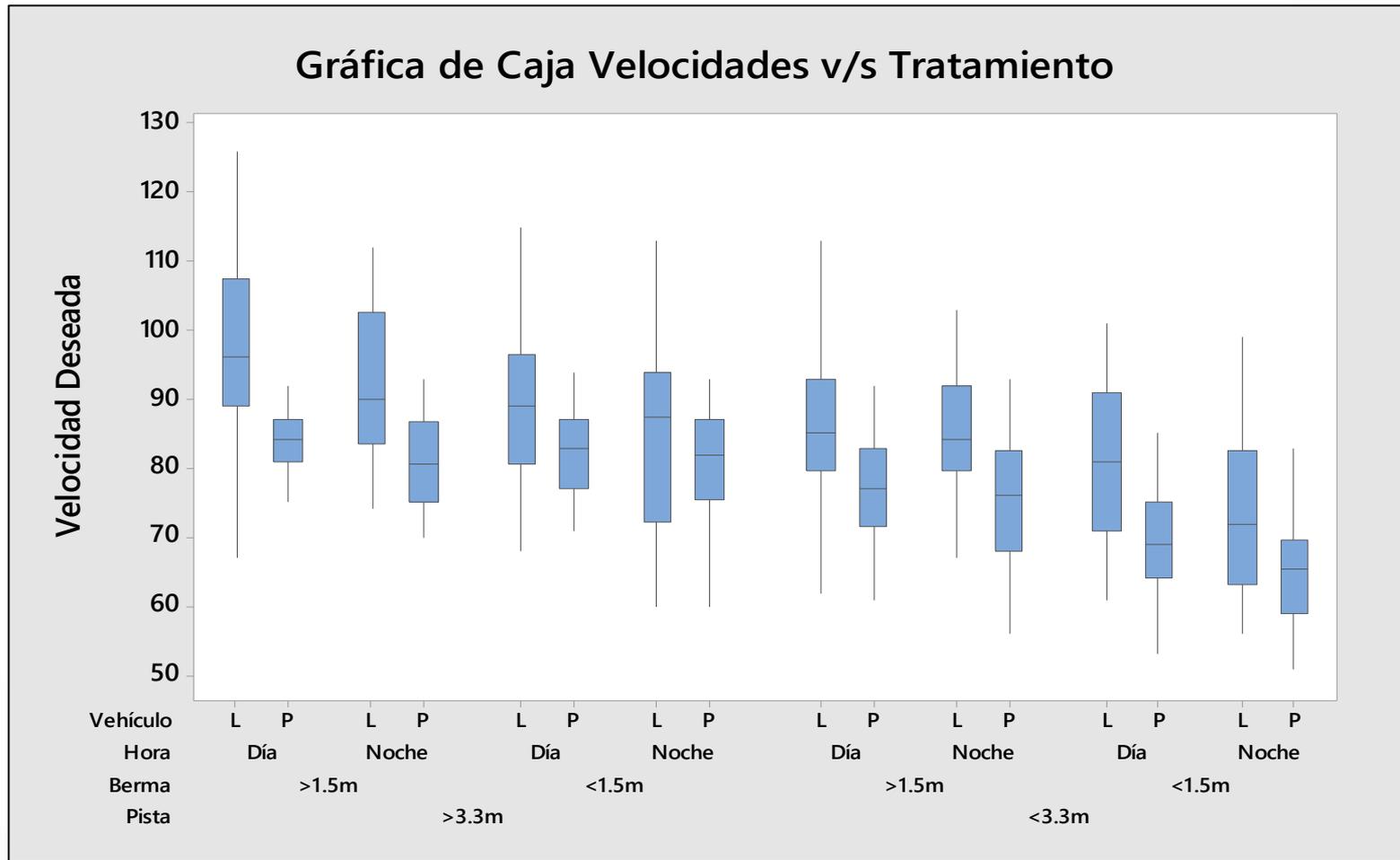


## Distribuciones por Tratamiento

		Vehículos Livianos		Vehículos Pesados	
		Día	Noche	Día	Noche
Ancho de Pista > 3.3 m	Berma	$\mu = 97$	$\mu = 92$	$\mu = 84$	$\mu = 81$
	> 1.5 m	$\sigma = 14$	$\sigma = 12$	$\sigma = 4$	$\sigma = 6$
Ancho de Pista < 3.3 m	Berma	$\mu = 89$	$\mu = 84$	$\mu = 83$	$\mu = 80$
	< 1.5 m	$\sigma = 11$	$\sigma = 14$	$\sigma = 6$	$\sigma = 8$
Ancho de Pista > 3.3 m	Berma	$\mu = 87$	$\mu = 85$	$\mu = 77$	$\mu = 75$
	> 1.5 m	$\sigma = 11$	$\sigma = 9$	$\sigma = 8$	$\sigma = 10$
Ancho de Pista < 3.3 m	Berma	$\mu = 82$	$\mu = 74$	$\mu = 69$	$\mu = 65$
	< 1.5 m	$\sigma = 12$	$\sigma = 12$	$\sigma = 8$	$\sigma = 8$

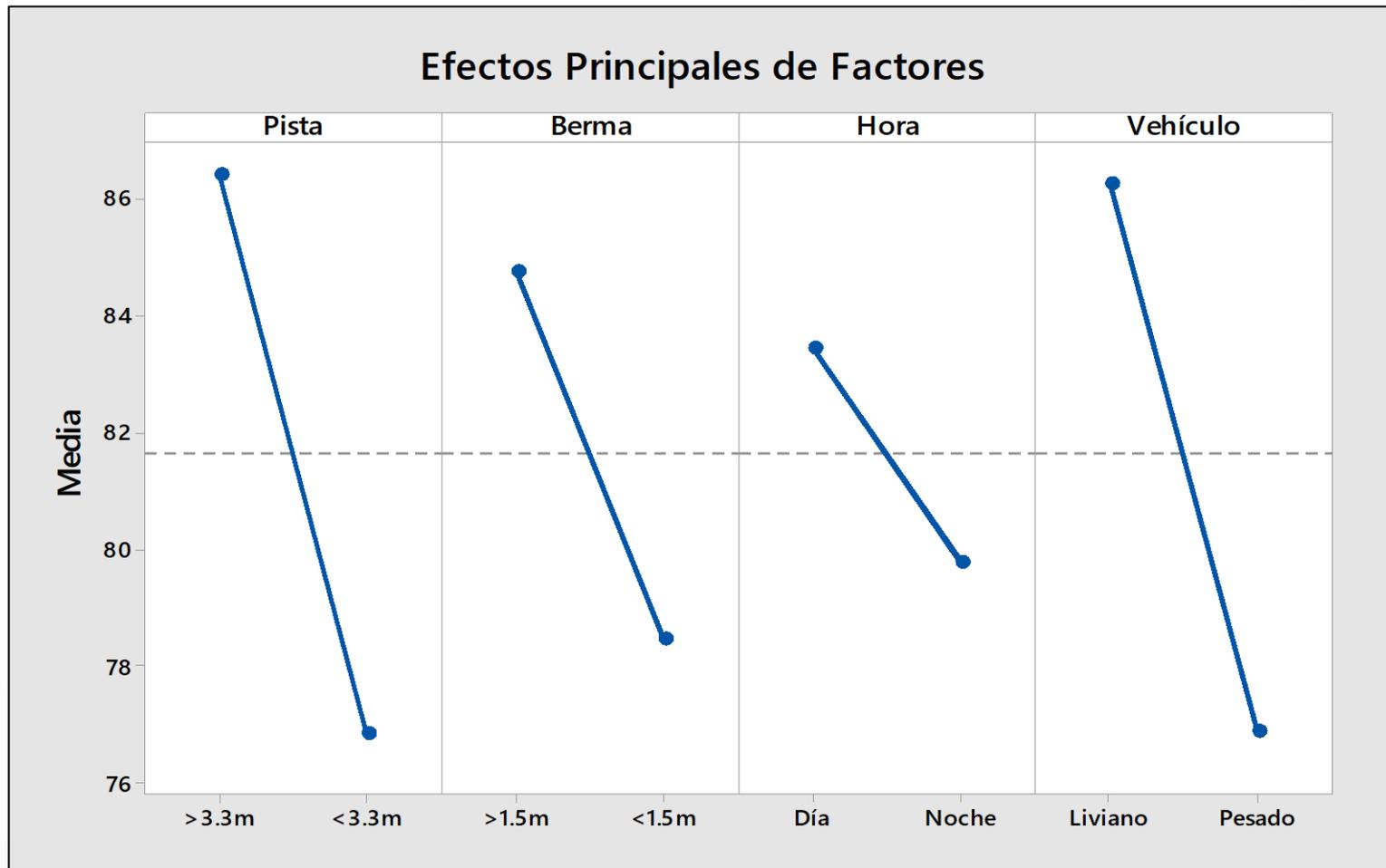


# ANÁLISIS GRÁFICO



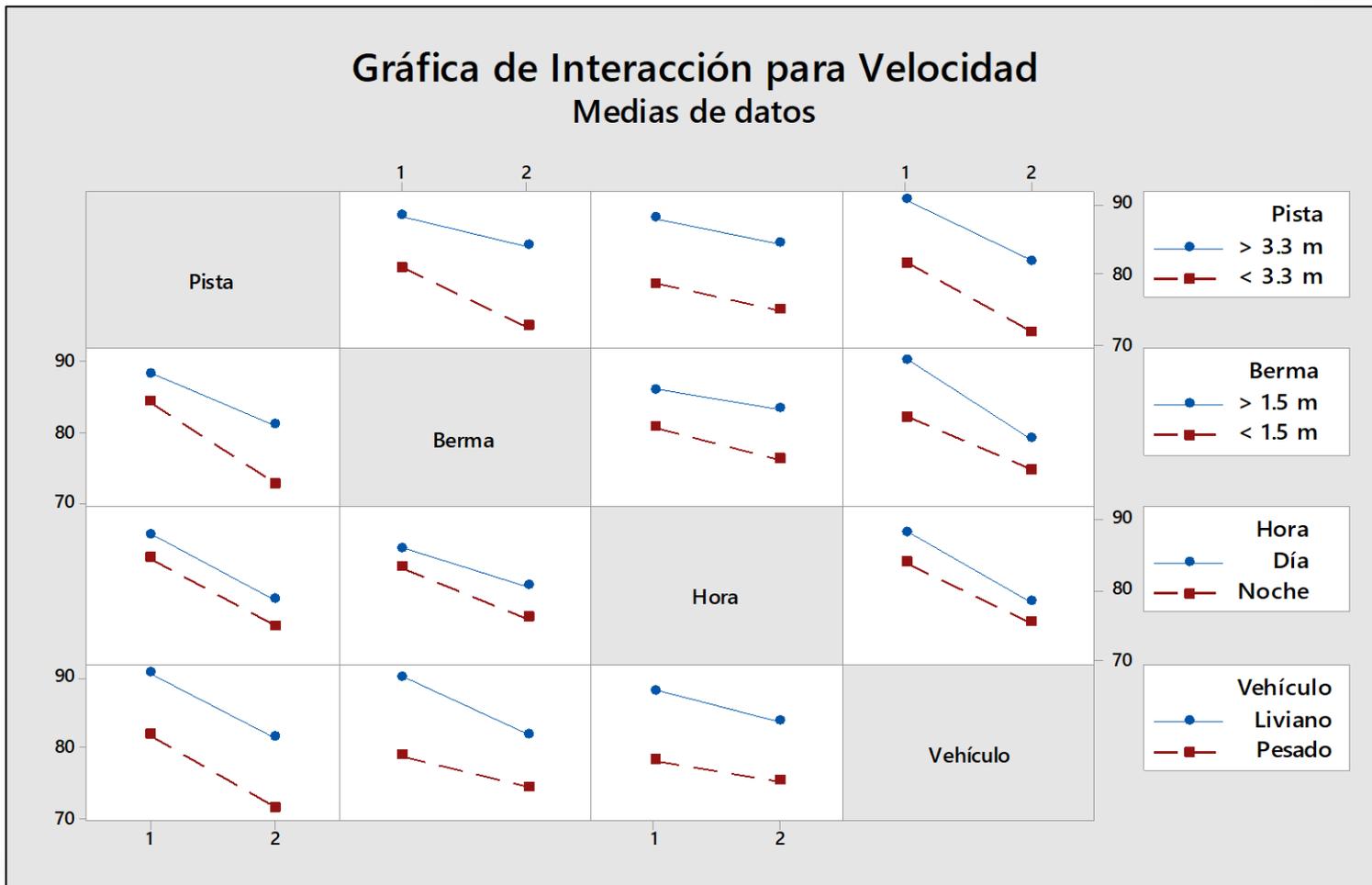


# EFFECTOS DE FACTORES





# EFFECTOS DE FACTORES





## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Pista	1	13767	13767,4	<b>133,93</b>	<b>0,000</b>
Berma	1	6055	6055,3	<b>58,91</b>	<b>0,000</b>
Hora	1	2023	2023,3	<b>19,68</b>	<b>0,000</b>
Vehículo	1	13337	13336,7	<b>129,74</b>	<b>0,000</b>
Error	584	60033	102,8		
Falta de ajuste	11	2431	221,0	2,20	0,013
Error puro	573	57603	100,5		
Total	588	94638			

- ✓ La relación entre los factores elegidos y la velocidad deseada es significativa.
- ✓ Los factores que afectan en mayor medida a la velocidad deseada son el ancho de pista y el tipo de vehículo.



## Valores Característicos Vehículos Livianos

Hora	Ancho de Pista (m)	Ancho Berma (m)	V <sub>50</sub>	V <sub>85</sub>	V <sub>99</sub>	V <sub>99</sub> /V <sub>85</sub>	V <sub>85</sub> /V <sub>50</sub>
<b>VEHÍCULOS LIVIANOS</b>							
Día	> 3.3	> 1.5	97	112	130	1,15	1,16
Día	> 3.3	< 1.5	89	100	115	1,13	1,14
Día	< 3.3	> 1.5	87	98	113	1,13	1,14
Día	< 3.3	< 1.5	82	94	110	1,15	1,16
Noche	> 3.3	> 1.5	92	104	120	1,14	1,15
Noche	> 3.3	< 1.5	84	99	117	1,17	1,18
Noche	< 3.3	> 1.5	85	94	106	1,11	1,12
Noche	< 3.3	< 1.5	74	86	102	1,17	1,18
<b>Promedio</b>						<b>1.14</b>	<b>1.16</b>

$$\frac{V_{85}}{V_{50}} \cong \frac{V_{99}}{V_{85}} \cong 1.15 \quad (\text{Valor Práctico})$$



# PROPUESTA DE VALORES

CCIT19  
SANTIAGO

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

## Valores Característicos Vehículos Pesados

Hora	Ancho de Pista (m)	Ancho Berma (m)	V <sub>50</sub>	V <sub>85</sub>	V <sub>99</sub>	V <sub>99</sub> /V <sub>85</sub>	V <sub>85</sub> /V <sub>50</sub>
<b>VEHÍCULOS PESADOS</b>							
Día	> 3.3	> 1.5	84	88	97	1,10	1,06
Día	> 3.3	< 1.5	83	89	93	1,04	1,09
Día	< 3.3	> 1.5	77	85	96	1,11	1,12
Día	< 3.3	< 1.5	69	77	88	1,12	1,13
Noche	> 3.3	> 1.5	81	87	95	1,08	1,09
Noche	> 3.3	< 1.5	80	88	99	1,10	1,12
Noche	< 3.3	> 1.5	75	85	98	1,14	1,15
Noche	< 3.3	< 1.5	65	73	84	1,13	1,14
<b>Promedio</b>						<b>1.10</b>	<b>1.11</b>

$$\frac{V_{85}}{V_{50}} \cong \frac{V_{99}}{V_{85}} \cong 1.10 \quad (\text{Valor Práctico})$$





## Valores Recomendados:

	Ancho de Pista > 3.3 m		Ancho de Pista < 3.3 m	
	Berma > 1.5 m	Berma < 1.5 m	Berma > 1.5 m	Berma < 1.5 m
<b>Vehículos Livianos</b>				
$V_{99}$ (km/hr)	130	115	113	110
$V_{85}$ (km/hr)	112	100	98	94
$V_{99}/V_{85}$	<b>1.15</b>			
<b>Vehículos Pesados</b>				
$V_{99}$ (km/hr)	97	93	96	88
$V_{85}$ (km/hr)	88	89	85	77
$V_{99}/V_{85}$	<b>1.10</b>			



# CONCLUSIONES

- ✓ En este trabajo se ha caracterizado la velocidad deseada en rectas prolongadas, a través de percentiles de velocidad  $V_{85}$  y  $V_{99}$ .
- ✓ Las variables consideradas en este estudio afectan significativamente la velocidad deseada de los conductores, siendo más relevantes el ancho de pista y el tipo de vehículo.
- ✓ La diferencia entre la condición más favorable (pista > 3.3 m, berma < 1.5 m, condición diurna) y la condición más desfavorable (pista < 3,3 m, berma < 1,5 m, condición nocturna), en términos de velocidad media, es de 23 km/h para los vehículos livianos y de 19 km/h para los vehículos pesados.
- ✓ La relación  $V_{99}/V_{85}$  puede ser considerada de 1.15 en vehículos livianos y 1.10 en vehículos pesados.



# RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda para futuros análisis de seguridad y de consistencia de diseño, considerar los valores de velocidad propuestos en este estudio.
- ✓ Para futuros estudios se recomienda aumentar el número de tramos de medición y el tamaño muestral de modo de reducir el error de estimación de los valores propuestos.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

19° CONGRESO CHILENO DE  
INGENIERÍA DE TRANSPORTE  
S A N T I A G O 2 0 1 9

# CARACTERIZACIÓN DE VELOCIDADES DESEADAS EN RECTAS PROLONGADAS DE CARRETERAS DE DOS PISTAS

Dr. Sergio Vargas Tejeda  
Ing. Álvaro Mejías Muñoz  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental  
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO