



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Análisis de Velocidades de Operación Vehicular en Zonas de Trabajo en Vías Interurbanas

Patricio Alvarez Mendoza PhD

César Riquelme González

Sergio Vargas Tejeda PhD

XIX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte
Octubre 2019





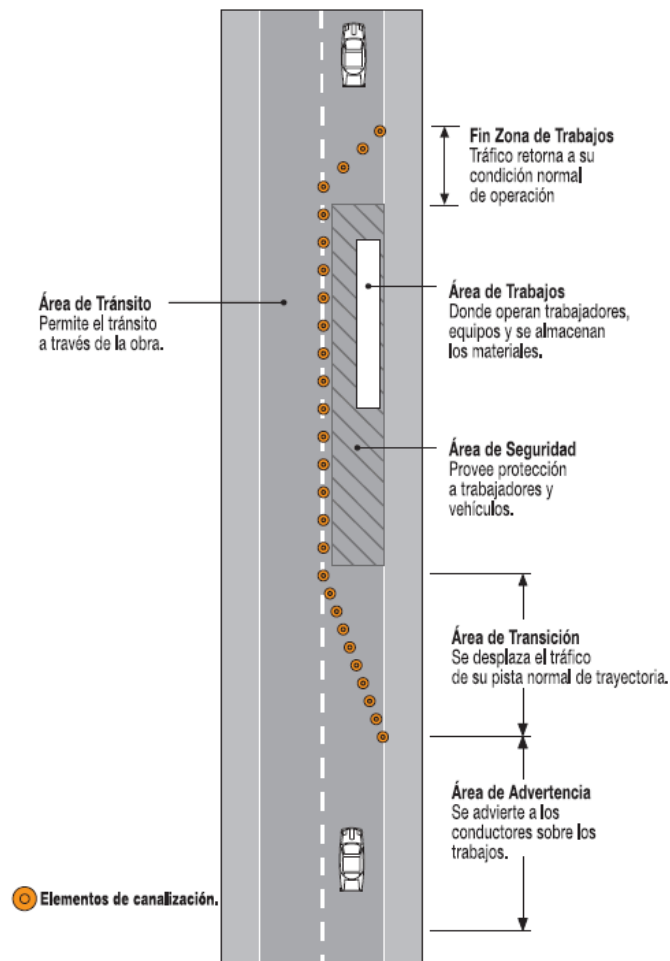
Agenda

- Introducción
- Objetivos
- Metodología
- Resultados y Análisis
- Conclusiones

Zonas de Trabajo (WZ)

Zona destinada a cualquier trabajo o restricción temporal que cause la obstrucción parcial o total de la vía.

- Zona de Advertencia
- Zona de Transición
- Área de Seguridad
- Área de Trabajos
- Fin Zona de Trabajos
- Área de Tránsito





Seguridad en WZ

- Aumento de 25,000 accidentes en 1972 a 90,000 accidentes en 2016
- Chile no cuenta con estadística de accidentes en WZ
- En EEUU 2,3 fatalidades/día (1 cada 10 hr) y 100 lesionados/día (1 cada 13 min)
- Kansas (1992-2004) de las fatalidades, 53% distracción, 25% velocidad

Fuente: Manual Aimsun

Velocidad Permitida en WZ

- En el caso nacional las velocidades permitidas en WZ están reguladas por el Manual de Carreras Vol 6

VELOCIDAD MAXIMA EN ZONAS DE TRABAJOS EN LA VIA

Velocidad Máxima Permitida (km/h)	Velocidad en Zonas de Trabajos (km/h)
120	100
100	80
90	70
80	60
70	60
60	50
50	40



Variables que Afectan la Velocidad en WZ

Factores que Afectan la Velocidad en WZ

- Geometría
- Flujo vehicular
- Control de operación
- Tipo de WZ

Factores más importantes

- Tipo de actividad en la WZ
- Composición del tráfico
- Pendiente longitudinal
- Ancho de pista y despeje lateral



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

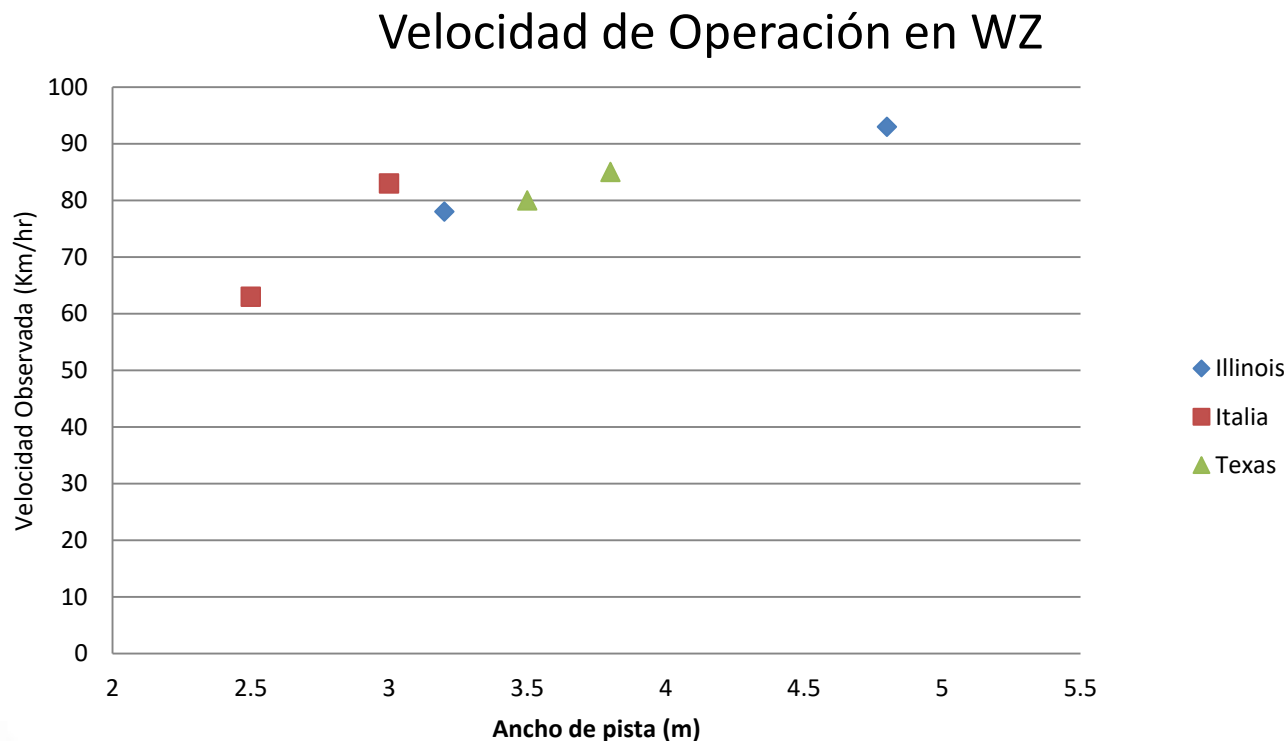
Control de Velocidad en WZ

- Señal de límite de velocidad
- Fiscalización policial
- Radar de retroalimentación
- VMS (Variable Message Sign)
- Resaltos reductores de velocidad
- Señales estereométricas
- Angostamiento de pista





Velocidades Observadas en WZ





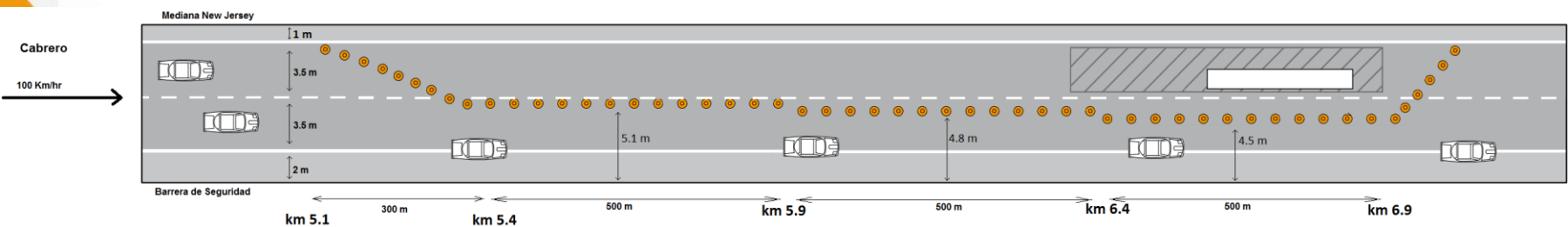
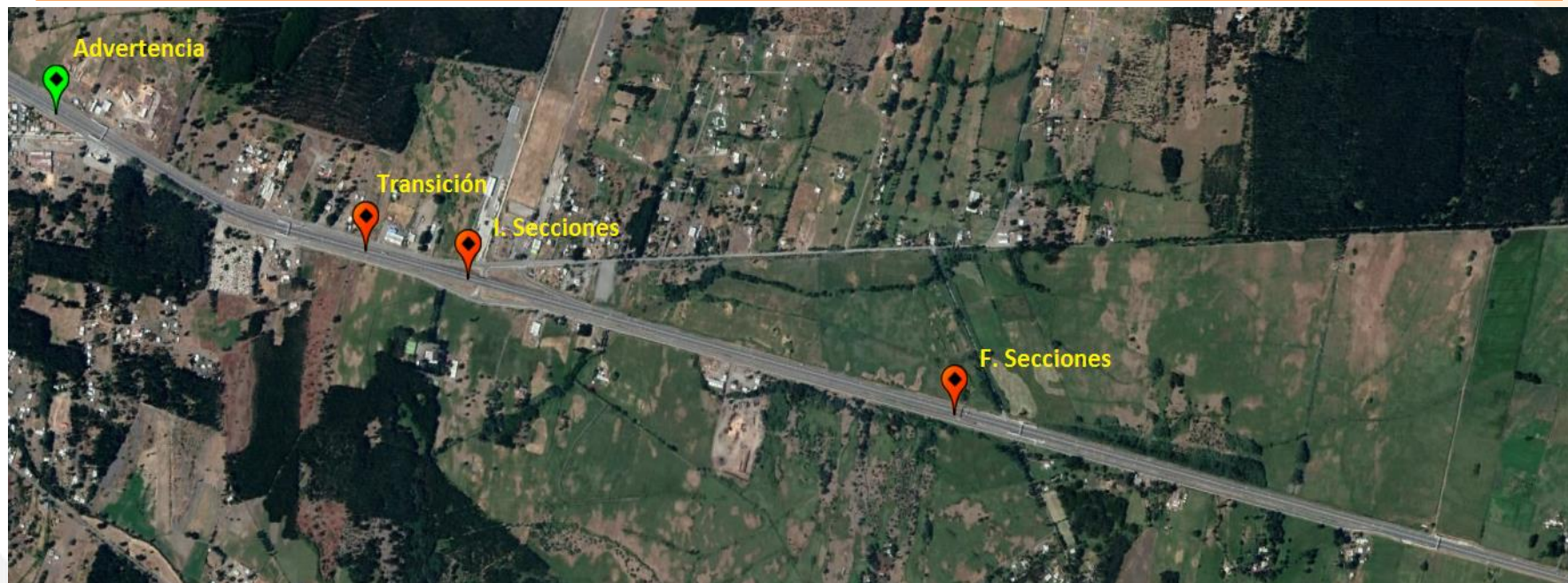
Objetivos

- General
 - Analizar la velocidad de operación vehicular en WZ.
- Específicos
 - Sintetizar información bibliográfica acerca del ancho de circulación y caracterización de velocidad en Zonas de trabajo.
 - Identificar Zonas de trabajo en Autopista en donde realizar levantamiento de información.
 - Verificar el cumplimiento de Velocidad señalizada en una Zona de trabajo.
 - Analizar el efecto en la velocidad de operación vehicular producto de la reducción del ancho de circulación en una Zona de trabajo.



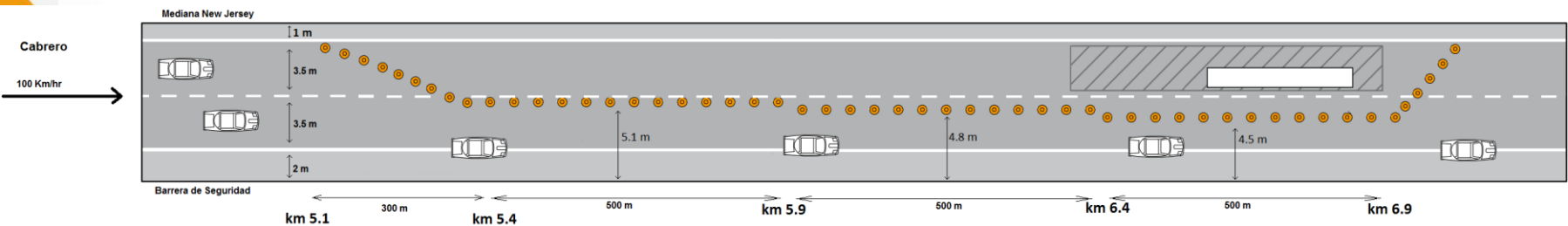
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Selección WZ (1)



Concepción

Puntos de Control en WZ (1)

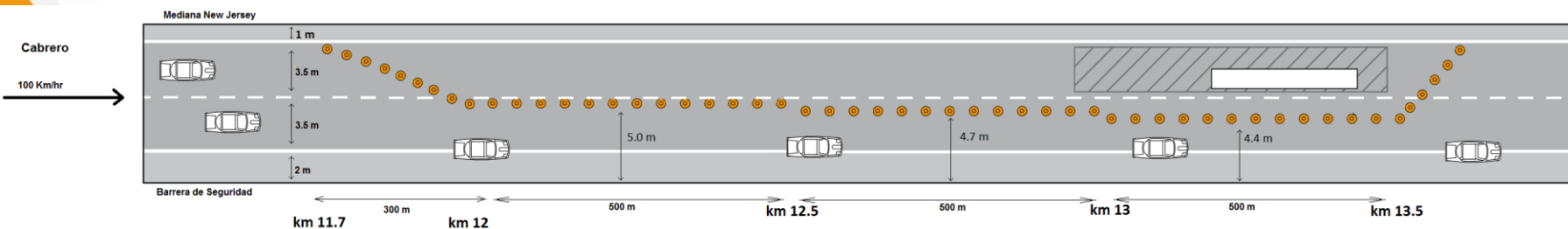


Concepción



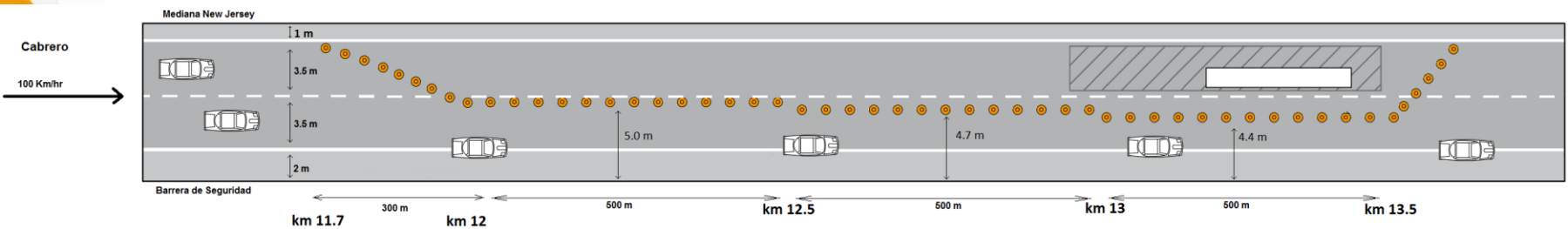
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Selección WZ (2)



Concepción

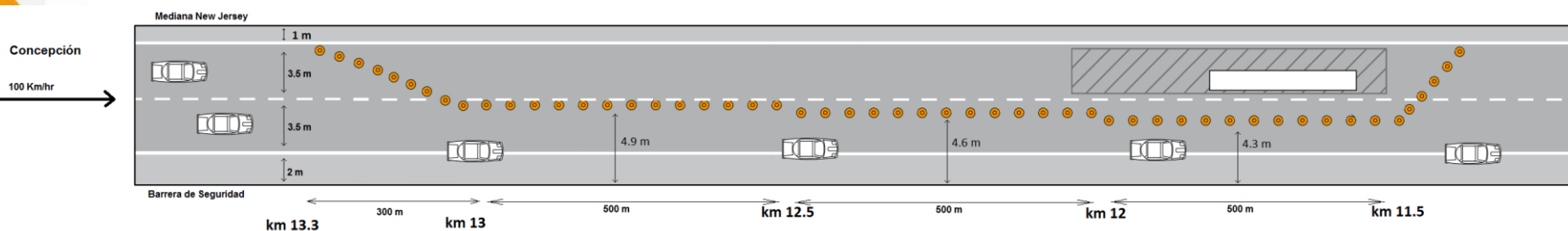
Puntos de Control en WZ (2)



Concepción

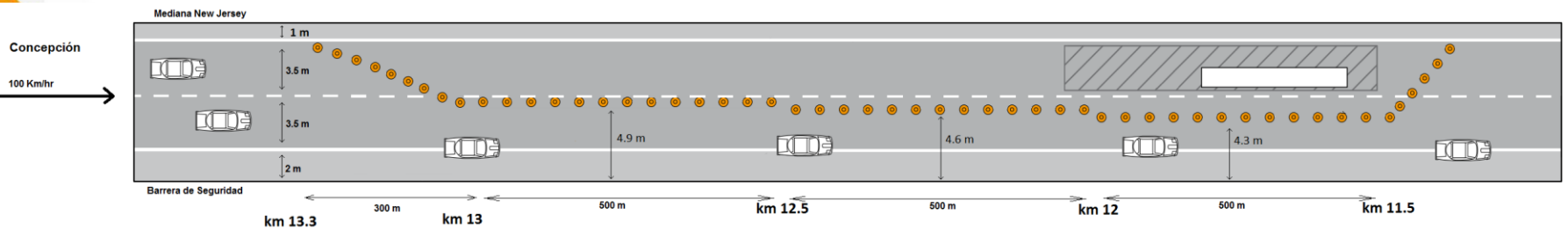


Selección WZ (3)



Cabrero

Puntos de Control en WZ (3)





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

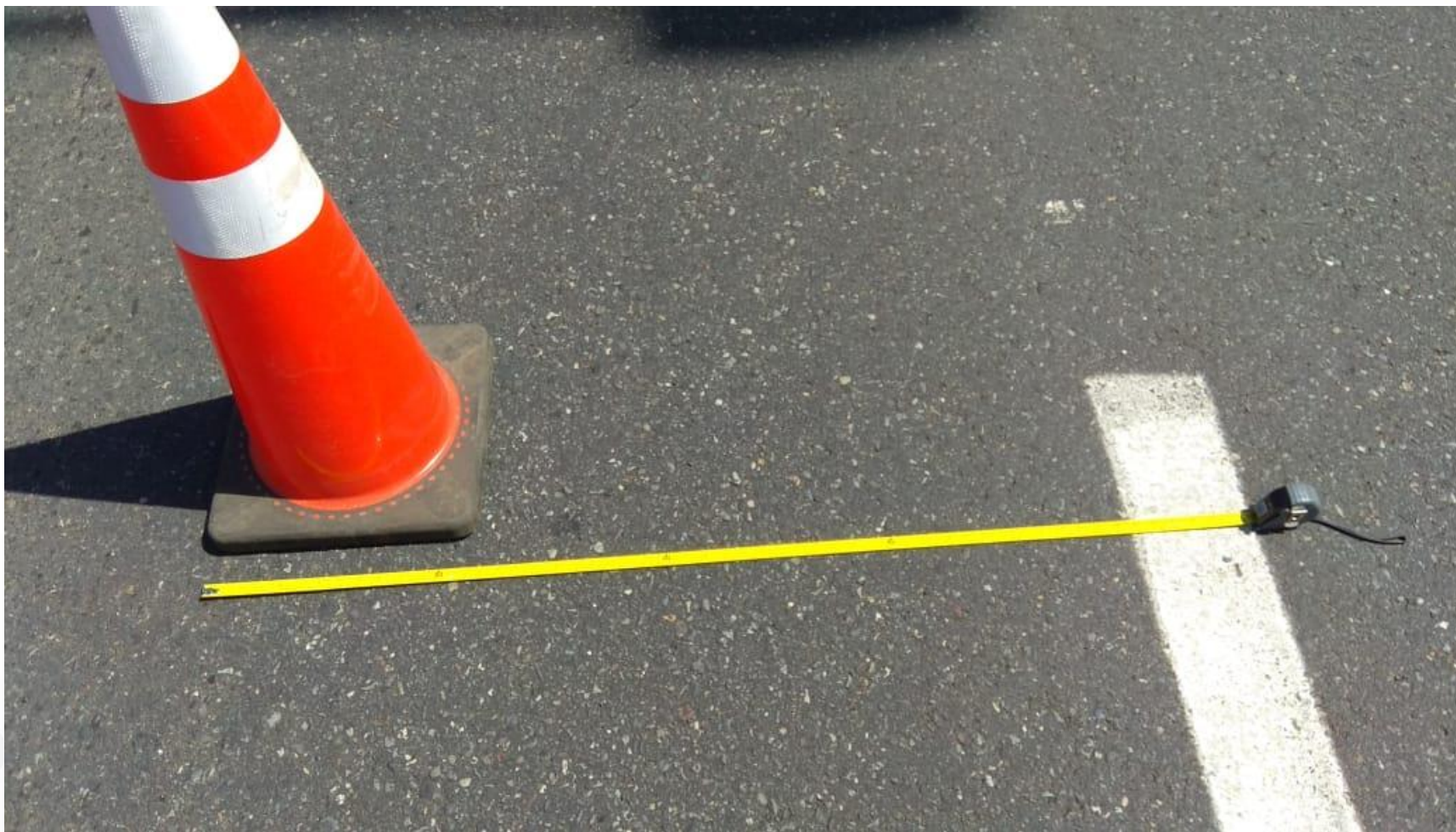
Anchos de Pista en WZ





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Anchos de Pista en WZ





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Punto de Control en WZ





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Visada desde Punto de Control





Toma de Datos y Depuración

Método Leverage

$$h_{min} = \frac{1}{n}$$

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

$$h_{crt} = \frac{2(k+1)}{n}$$

k : Cantidad de estimadores asociado a la variable analizada

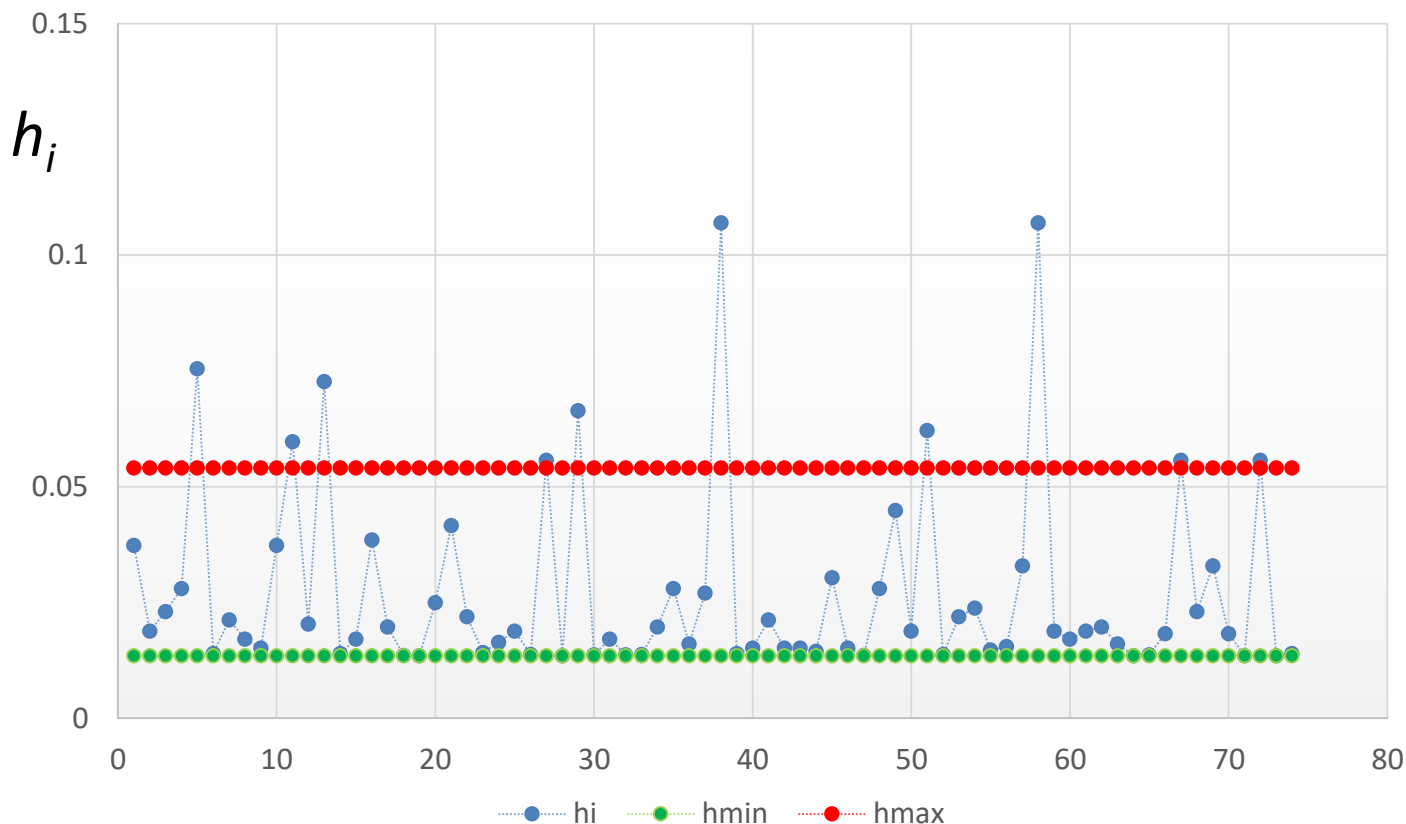




UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Toma de Datos y Depuración

Leverage Test





Test de Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
WZ1 pt1 pesados	30	85,20	6,77	0,94	0,2190
WZ1 pt2 pesados	49	84,12	4,37	0,93	0,0350
WZ1 pt5 pesados	33	86,15	5,37	0,95	0,3890
WZ2 pt1 pesados	31	89,32	7,75	0,93	0,1901
WZ2 pt3 pesados	45	85,38	6,68	0,95	0,2220
WZ2 pt4 pesados	38	83,71	4,22	0,91	0,0147
WZ2 pt5 pesados	40	86,38	6,53	0,92	0,0451
WZ3 pt1 pesados	47	88,70	6,09	0,95	0,2755
WZ3 pt2 pesados	44	82,39	5,98	0,96	0,5190
WZ3 pt3 livianos	49	90,31	12,65	0,96	0,4322
WZ3 pt3 pesados	49	84,04	7,10	0,94	0,1123
WZ3 pt4 livianos	44	90,70	8,17	0,97	0,7191
WZ3 pt4 pesados	40	80,10	7,80	0,92	0,0436

Prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov)

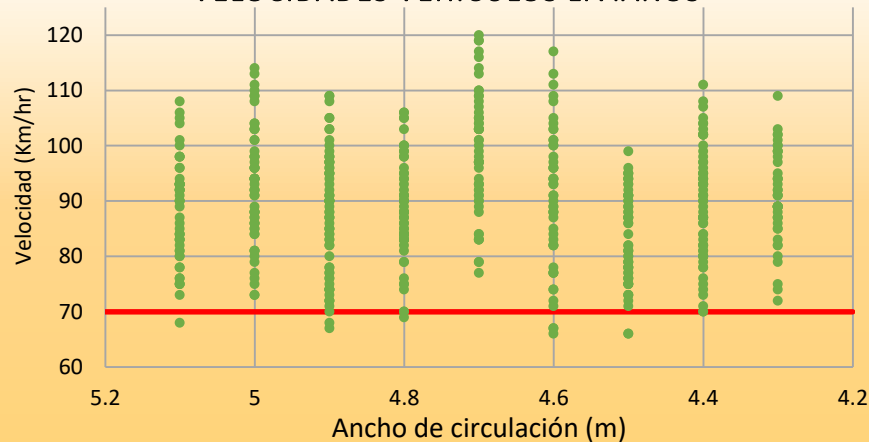
Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
WZ1 pt1 livianos	Normal(102,73)	102,69	73,81	64	0,11	0,4599
WZ1 pt2 livianos	Normal(88,86)	88,43	86,33	51	0,12	0,4780
WZ1 pt3 livianos	Normal(88,83)	88,42	83,04	59	0,11	0,5320
WZ1 pt3 pesados	Normal(80,30)	80,81	30,02	57	0,15	0,1584
WZ1 pt4 livianos	Normal(83,66)	83,57	66,76	60	0,14	0,1982
WZ1 pt4 pesados	Normal(80,51)	80,17	51,63	60	0,13	0,2365
WZ1 pt5 livianos	Normal(99,75)	99,18	75,54	80	0,08	0,7497
WZ2 pt1 livianos	Normal(95,58)	95,05	58,56	75	0,09	0,6102
WZ2 pt2 livianos	Normal(92,105)	92,69	105,63	59	0,07	0,9421
WZ2 pt2 pesados	Normal(84,42)	84,37	42,89	62	0,10	0,5956
WZ2 pt3 livianos	Normal(98,119)	98,96	119,11	55	0,11	0,4835
WZ2 pt4 livianos	Normal(89,102)	89,50	102,19	64	0,08	0,8552
WZ2 pt5 livianos	Normal(98,105)	98,90	105,69	82	0,09	0,4607
WZ3 pt1 livianos	Normal(102,137)	102,02	137,36	59	0,09	0,6844
WZ3 pt2 livianos	Normal(87,117)	87,76	117,13	71	0,10	0,4485
WZ3 pt5 livianos	Normal(100,129)	100,83	129,70	60	0,09	0,6637
WZ3 pt5 pesados	Normal(88,38)	88,84	38,10	50	0,12	0,4211



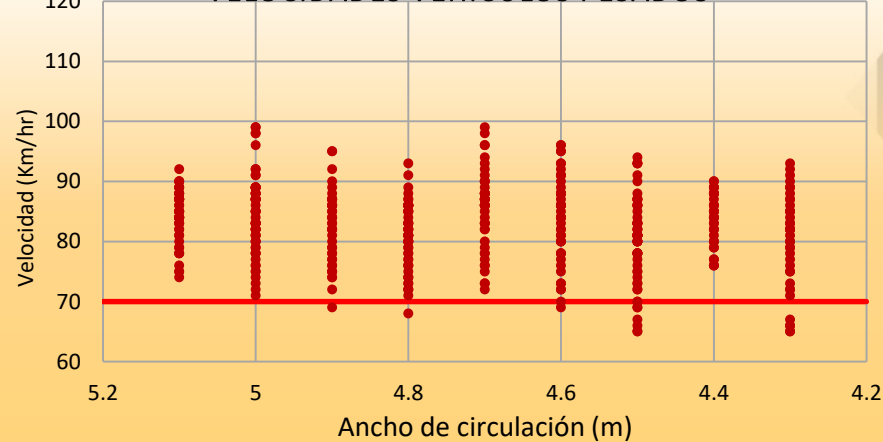
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Velocidades Observadas

VELOCIDADES VEHÍCULOS LIVIANOS



VELOCIDADES VEHÍCULOS PESADOS

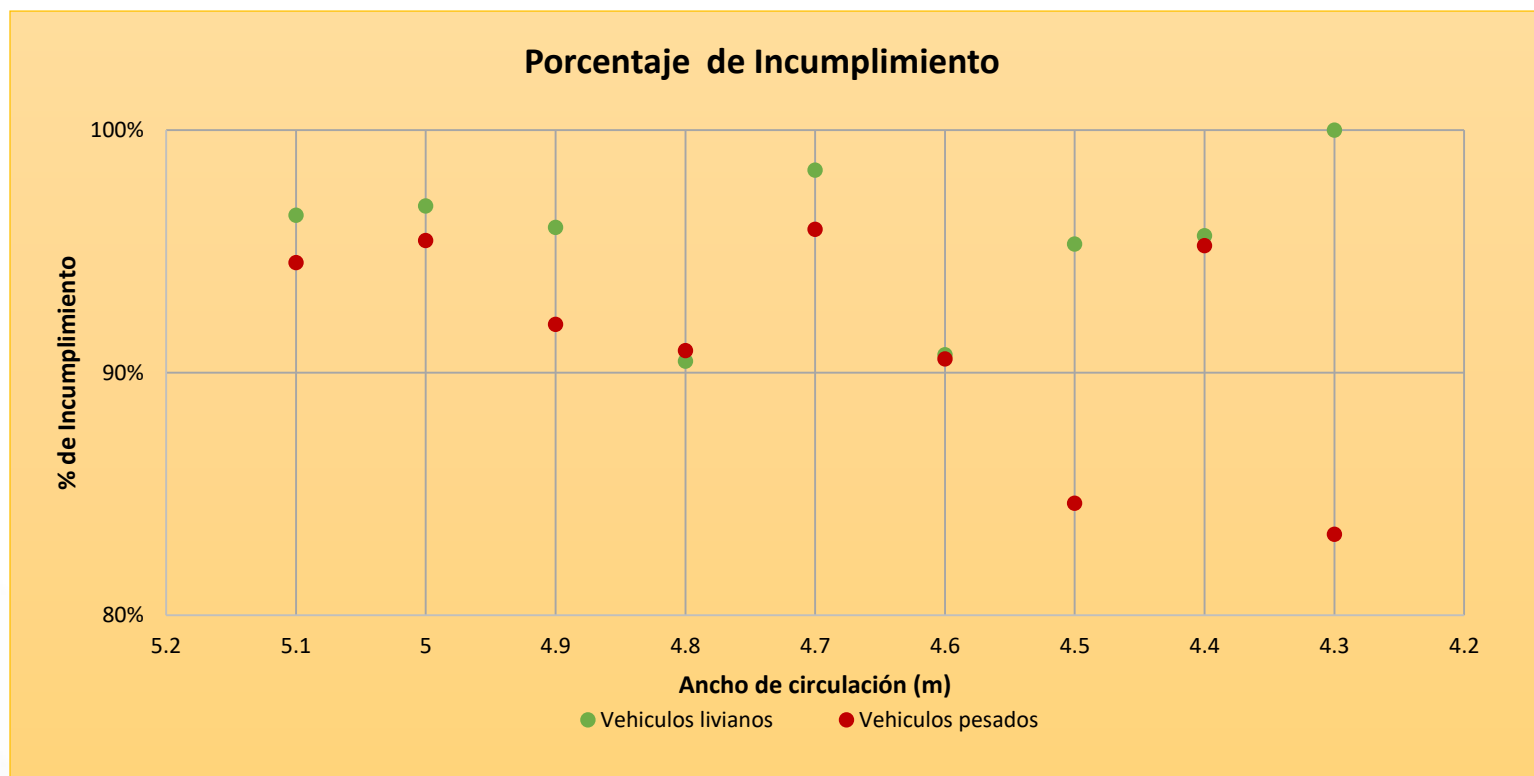


Resultados y Análisis 1/10

Vehículos	% Incumplimiento
Total	94%
Livianos	95%
Pesados	91%



Incumplimiento Según Tipo de Vehículo

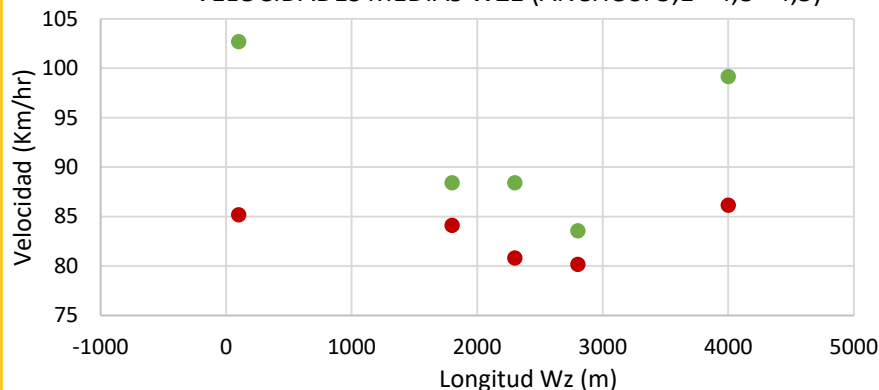




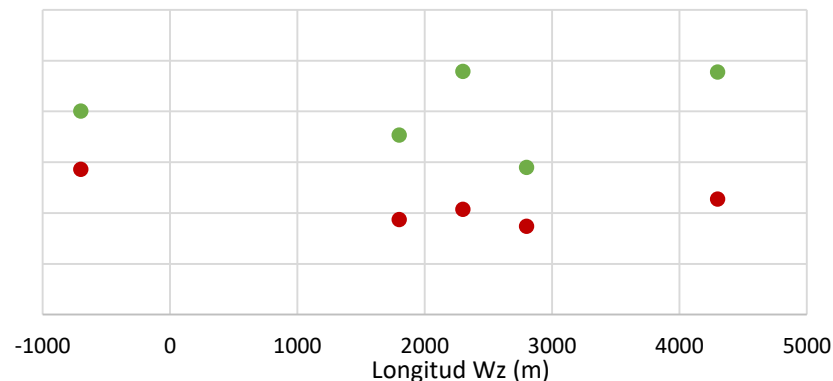
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Velocidad Operación en WZ

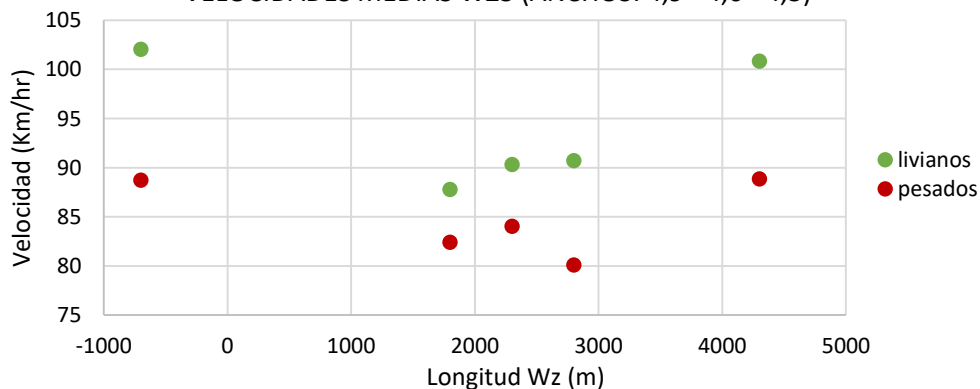
VELOCIDADES MEDIAS WZ1 (ANCHOS: 5,1 - 4,8 - 4,5)



VELOCIDADES MEDIAS WZ2 (ANCHOS: 5,0 - 4,7 - 4,4)



VELOCIDADES MEDIAS WZ3 (ANCHOS: 4,9 - 4,6 - 4,3)





Comparación Entrada WZ (2)

Sitio	Velocidad Media Vehículos Livianos (Km/hr)	Velocidad Media Vehículos Pesados (Km/hr)
Entrada WZ 1	103	85
Entrada WZ 2	95	89
Entrada WZ 3	102	89

$H_0: \mu_1 = \mu_2$; No existen diferencias de V. medias entre vehiculos livianos y pesados

$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$; Si existen diferencias de V. medias entre vehiculos livianos y pesados

Sitio	Nivel de Significancia	Valor P	Hipótesis Nula
Entrada WZ 1	0,05	0	Si se rechaza
Entrada WZ 2	0,05	0,00051	Si se rechaza
Entrada WZ 3	0,05	4,64E-14	Si se rechaza



Intervalo Confianza WZ (1)

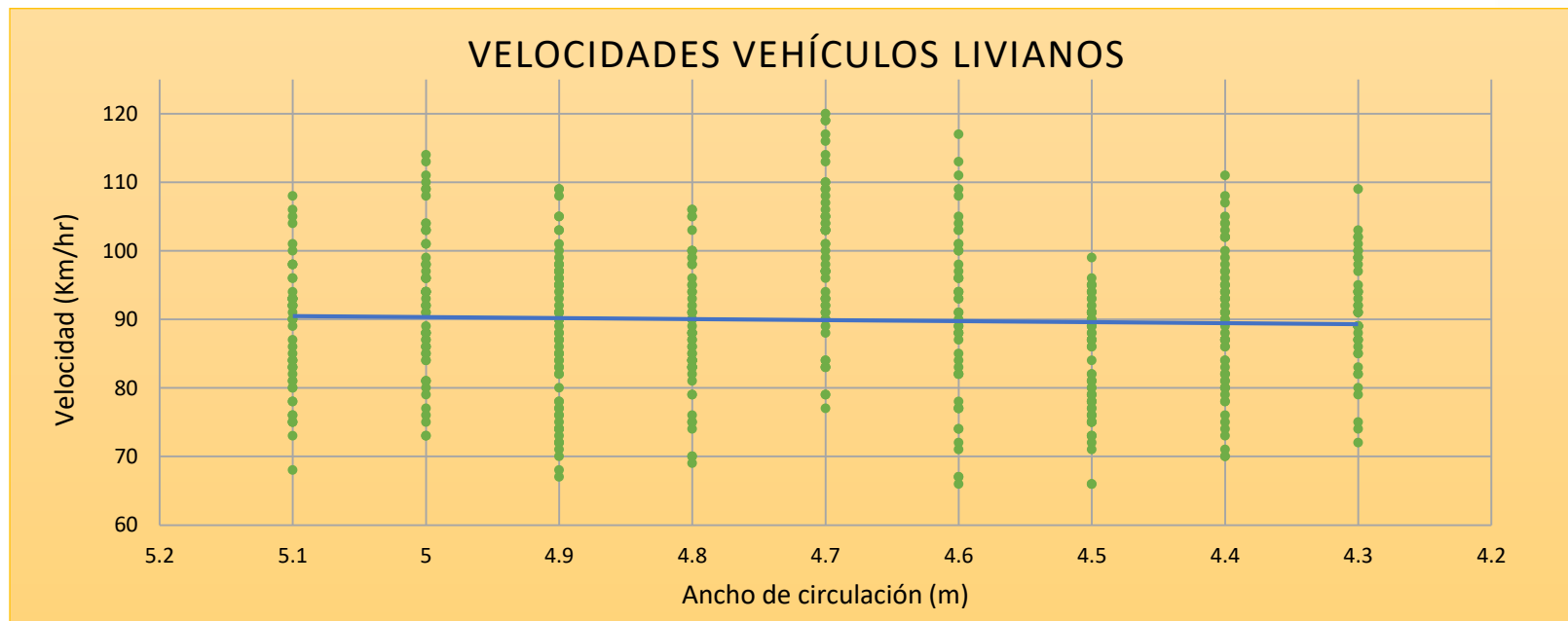
Zona de trabajo	Tipo de vehículo	Ancho última sección (m)	Velocidad antes de la segregación (Km/hr)	Velocidad última sección (Km/hr)	Reducción de velocidad (Km/hr)/ (%)		Intervalo de media poblacional (μ_p) (Km/hr)
WZ 1	Liviano	4.5	103	84	19	18,4%	$17,1 \leq \mu_p \leq 21,2$
WZ 1	Pesado	4.5	85	80	5	5,8%	$3,2 \leq \mu_p \leq 6,9$
WZ 2	Liviano	4.4	95	90	5	5,2%	$3,1 \leq \mu_p \leq 8,0$
WZ 2	Pesado	4.4	89	84	5	5,6%	$4,3 \leq \mu_p \leq 7,0$
WZ 3	Liviano	4.3	102	91	11	10,7%	$8,9 \leq \mu_p \leq 13,7$
WZ 3	Pesado	4.3	89	80	9	10,1%	$6,2 \leq \mu_p \leq 11$

Comparación Interior WZ (2)

$H_0: \mu_1 = \mu_2$; No existen diferencias de V.medias previo a la WZ y su ultima sección
 $H_0: \mu_1 \neq \mu_2$; Si existen diferencias de V.medias previo a la WZ y su ultima sección

Zona de trabajo	Tipo de Vehículo	Nivel de Significancia	Valor P	Hipótesis Nula
WZ 1	livianos	0,05	0	Se rechaza
WZ 1	pesados	0,05	0,00110	Se rechaza
WZ 2	livianos	0,05	0,00031	Se rechaza
WZ 2	pesados	0,05	0,00029	Se rechaza
WZ 3	livianos	0,05	8,03E-9	Se rechaza
WZ 3	pesados	0,05	1,52E-8	Se rechaza

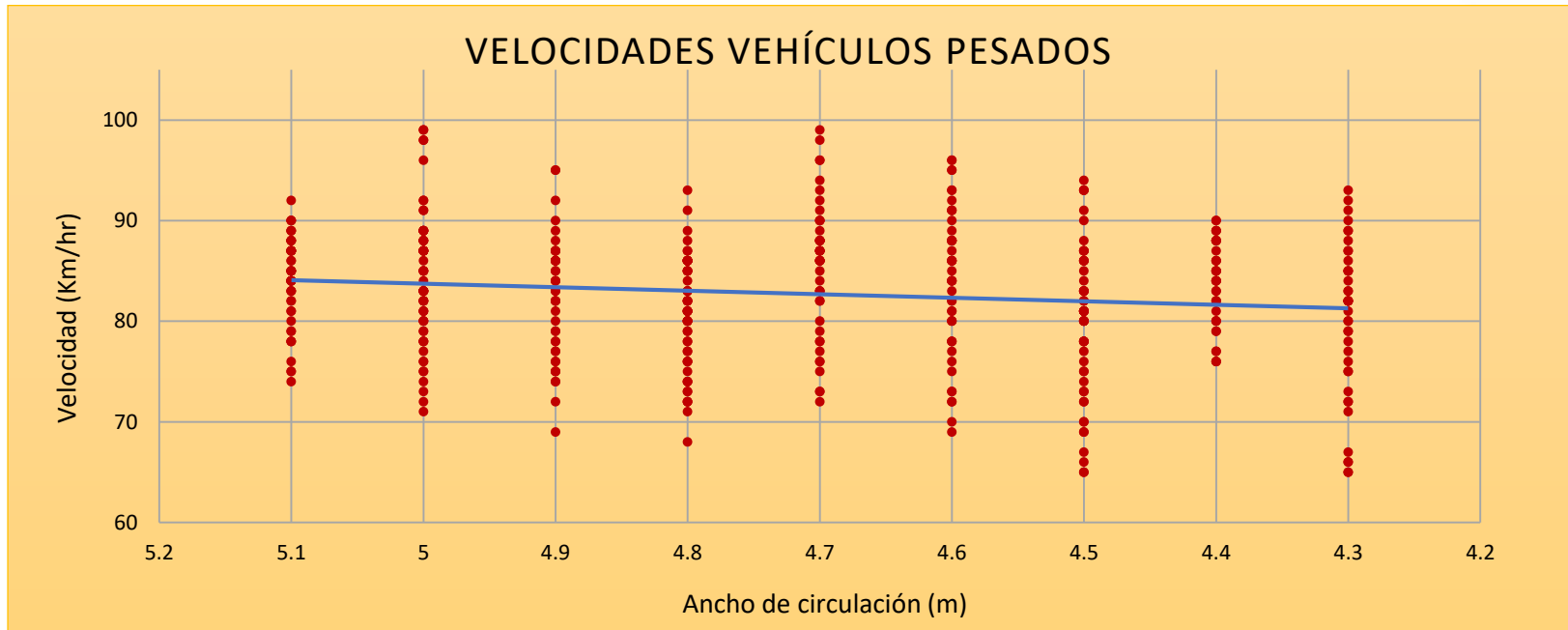
Reducción de Velocidad en Función del Ancho de WZ VL



$H_0: \beta_1 = 0$; No existen reducciones significativas de velocidad
 $H_1: \beta_1 \neq 0$; Si existen reducciones significativas de velocidad

Variable analizada	Tipo de vehículo	Coeficiente	Significancia	Valor P	Hipótesis Nula
Velocidad	Liviano	Pendiente	0,05	0,43	No se rechaza
Velocidad	Liviano	C. de posición	0,05	2,69E-19	Si se rechaza

Reducción de Velocidad en Función del Ancho de WZ HV



$H_0: \beta_1 = 0$; No existen reducciones significativas de velocidad
 $H_1: \beta_1 \neq 0$; Si existen reducciones significativas de velocidad

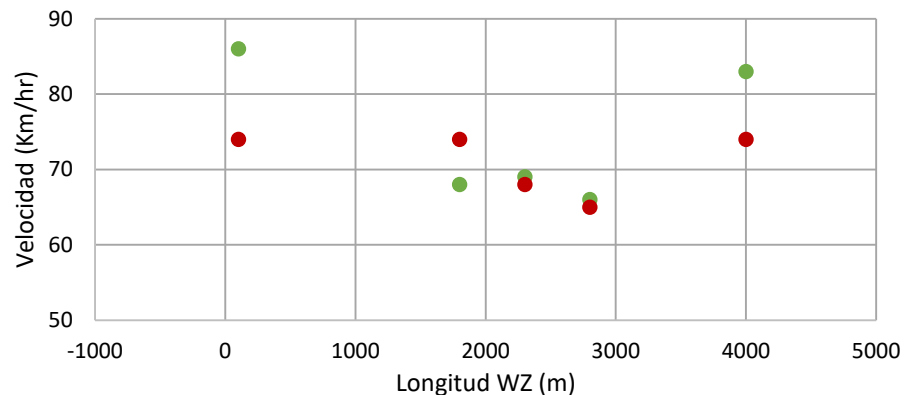
Variable analizada	Tipo de vehículo	Coeficiente	Significancia	Valor P	Hipótesis Nula
Velocidad	Pesado	Pendiente	0,05	0,0041	Si se rechaza
Velocidad	Pesado	C. de posición	0,05	4,04E-27	Si se rechaza



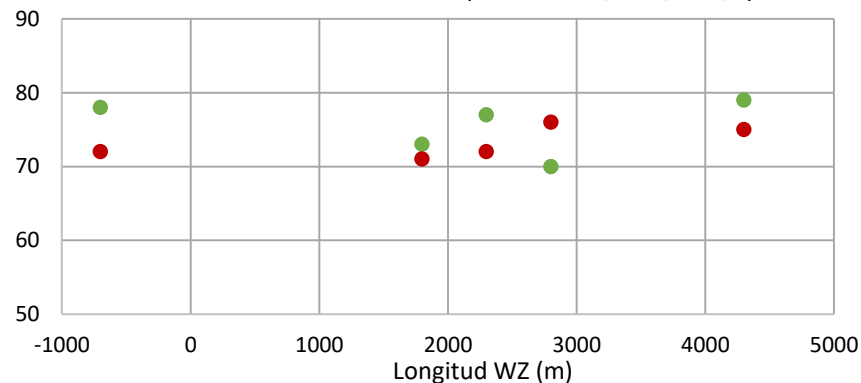
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Velocidad Mínima en WZ

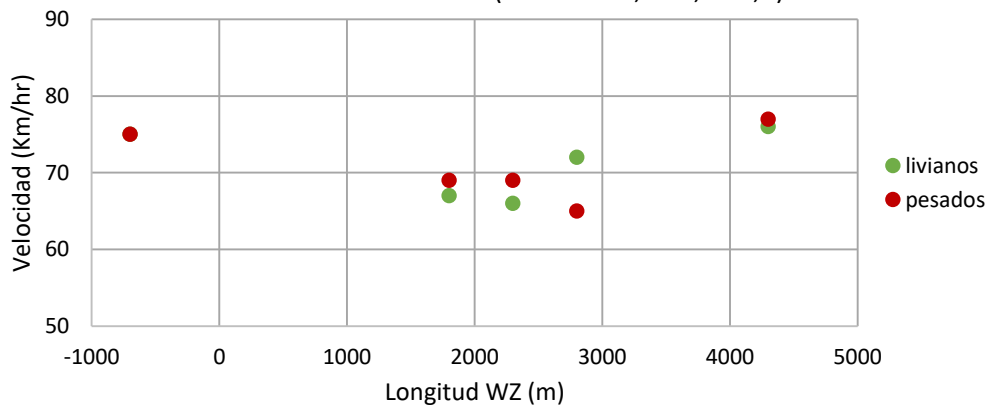
VELOCIDADES MÍNIMAS WZ1 (ANCHOS: 5,1 - 4,8 - 4,5)



VELOCIDADES MÍNIMAS WZ2 (ANCHOS: 5,0 - 4,7 - 4,4)



VELOCIDADES MÍNIMAS WZ3 (ANCHOS: 4,9 - 4,6 - 4,3)

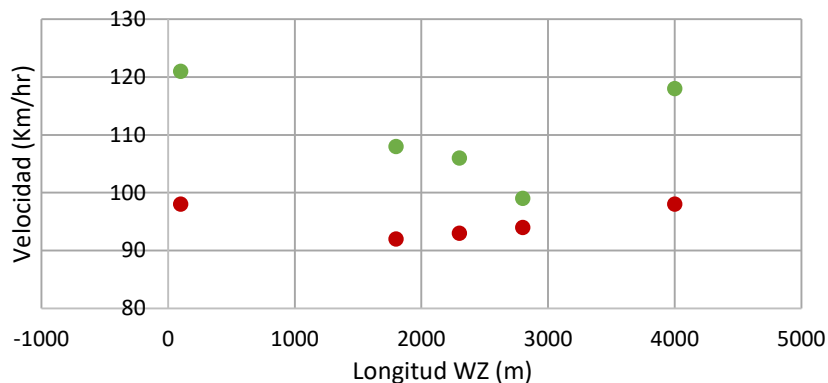




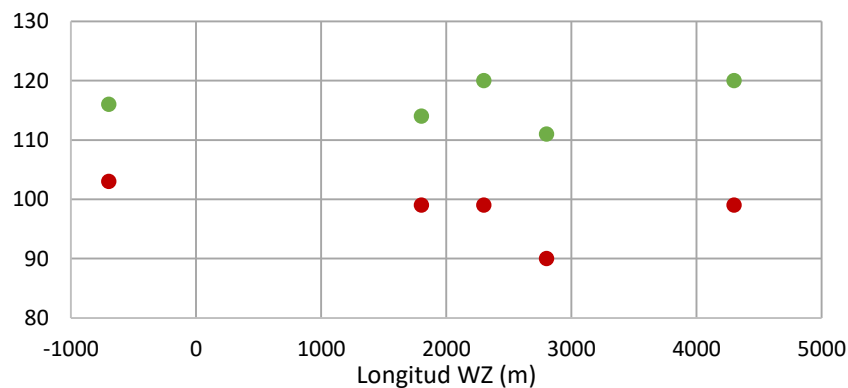
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Velocidad Máxima en WZ

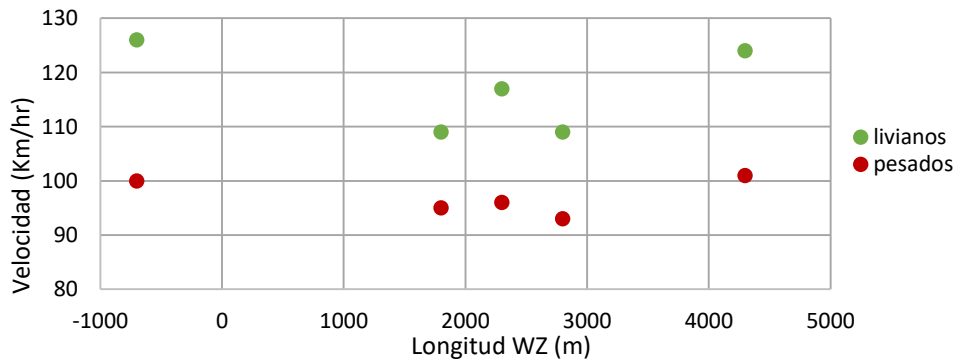
VELOCIDADES MÁXIMAS WZ1 (ANCHOS: 5,1 - 4,8 - 4,5)



VELOCIDADES MÁXIMAS WZ2 (ANCHOS: 5,0 - 4,7 - 4,4)



VELOCIDADES MÁXIMAS WZ3 (ANCHOS: 4,9 - 4,6 - 4,3)





Conclusiones

Sobre el 90% del total de Vehículos no respeta la velocidad señalizada en las Zonas de trabajo analizadas.

En el rango de anchos de circulación explorados, no hay evidencia de que exista una relación entre el ancho y la reducción de velocidad de los vehículos livianos. Sin embargo, si logra apreciarse en los vehículos pesados.

Las reducciones de velocidad en los vehículos livianos se deben netamente al efecto “cono”. Para lograr mayores reducciones se hace necesaria la implementación de otra estrategia y/o angostar aún más el ancho de circulación.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Análisis de Velocidades de Operación Vehicular en Zonas de Trabajo en Vías Interurbanas

Patricio Alvarez Mendoza PhD

César Riquelme González

Sergio Vargas Tejeda PhD

Eric Forcael Durán PhD

XIX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte
Octubre 2019

