

Nivel de Servicio de pendientes específicas
en caminos de dos carriles indivisos

Estudio para su estimación a nivel planeamiento
en la Red Nacional de Caminos

Autores:

Diego González

Patricia Vela Díaz

Julio A. Roca 738 7°PISO (CP 1067) – CABA

TE: 011-43429199

dgonzalez@vialidad.gob.ar

N° preinscripción: 00388-PRE / 00186-PRE

Índice

Introducción	3
Objetivo	7
Información de campo	7
Ubicación de los censos	7
Validación de las muestras	11
Velocidad de flujo libre.....	12
Marcha lenta de vehículos en pendientes en descenso	18
Velocidad de marcha lenta en descensos, Vcs	18
Proporción de vehículos pesados en marcha lenta en descensos, Ptc.....	23
Conclusiones	23
Bibliografía	26
Anexo I	27

Introducción

La Dirección Nacional de Vialidad (DNV), a través de la División Tránsito, publica en su página web la versión digital del indicador de **Nivel de Servicio (NS)** referido a las condiciones prevaletientes de la red vial nacional pavimentada a nivel de planeamiento. La metodología utilizada en el análisis del Nivel de Servicio es la desarrollada en el Highway Capacity Manual HCM2010, del Transportation Research Board.

El **NS** es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de tránsito sobre un tramo de camino, y su percepción por los conductores y/o pasajeros relacionadas con la velocidad, el tiempo de viaje, la libertad de maniobra, las interrupciones y el confort. Este indicador conjuga la demanda, que se mide de acuerdo al plan anual de censos que lleva a cabo la DNV a través de sus Distritos Jurisdiccionales y que incluye censos en estaciones permanentes y censos cortos de cobertura, y la oferta, información de los relevamientos de las características físicas del camino.

El cálculo varía según se trate de una autopista, autovía o camino de dos carriles indivisos, y el resultado por tramo, luego de seleccionar la ruta y provincia, se visualiza en el siguiente cuadro. Como información adicional figura el TMDA del año de la consulta y el porcentaje de vehículos pesados de cada tramo listado.

transito.vialidad.gov.ar:8080/web_ns/consultar.jsp#

NIVEL DE SERVICIO EN LA RED NACIONAL DE CAMINOS

DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
 SUBDIRECCIÓN DE MANEJO DE TRÁNSITO Y CONTROL
 INSTITUTO NACIONAL DE PLANEAMIENTO Y PROGRAMACIÓN VIAL
 DIVISIÓN DE TRÁNSITO

HOME METODOLOGÍA CONSIDERACIONES NIVEL DE SERVICIO

SELECCIONAR

Año:

Distrito:

Provincia:

DETALLE	DISTRITO	LÍMITES DEL TRAMO	PKI	PKL	TMDA	NSP	NSH	NSM	NSR
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	AV. RFA 4 - B/N RFA 10	1.042,20	1.045,10	71700	52,0	D2	F	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	B/N RFA 10 - B/N RFA 2 SUJAN DE CUPOS	1.045,10	1.049,00	34100	14,0	C3	B1	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	B/N RFA 2 SUJAN DE CUPOS - EMPALMADO (R.SUP)	1.049,00	1.054,34	33600	22,7	B2	C0	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	EMPALMADO (R.SUP) - ACCA DESTILERA YVE	1.054,34	1.060,41	7200	27,0	D0	B3	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	ACCA DESTILERA YVE - ACCA POTRERILLOS	1.060,41	1.065,40	4800	40,0	C1	D1	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	ACCA POTRERILLOS - USPALLATA	1.065,40	1.141,70	3000	31,0	D2	D0	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	USPALLATA - ACCA FUENTE DEL INCA (S)	1.141,70	1.210,77	2320	27,7	D0	D0	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	ACCA FUENTE DEL INCA - LAS CUEVAS	1.210,77	1.230,40	2160	40,5	B3	B0	
<input type="button" value="DETALLE"/>	Mendoza	LAS CUEVAS - LOS COCHES (TUNEL NELONITO REZENDOR)	1.230,40	1.236,00	2040	30,0	D0	C0	

Referencias:

- 1) NS - porcentaje de flujo del tráfico.
- 2) NS - porcentaje de flujo del tráfico.
- 3) NSP - porcentaje de flujo del tráfico y porcentaje de flujo del tráfico en el estado del tráfico en el momento de la consulta.
- 4) NSH - nivel de servicio en horas hábiles.
- 5) NSM - nivel de servicio en días, no hábiles.
- 6) NSR - nivel de servicio en días, no hábiles.
- 7) No hay camino no pavimentado.
- 8) No hay camino no pavimentado.
- 9) No hay camino no pavimentado.

Nivel de Servicio web - DNV

En particular, para tramos de camino de dos carriles indivisos, ingresando al botón “DETALLE”, se obtiene información adicional tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Mendoza ACCA DESTILERIA YPF - ACCA POTRERILLOS 1.063.41 1.095.42 4881 40,8 C1 D1								
NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO								
Distrito	Limites del Tramo		Pr. I.	Pr. F.	TMDA	%PES	NS H	NS NH
Mendoza	ACCA DESTILERIA YPF - ACCA POTRERILLOS		1.063,41	1.095,42	4881	40,8	C1	D1
CARACTERISTICAS VIA Y ENTORNO								
Tipo de Via	Tipo de Terreno	Categoria de Camino		Ancho de carril	Ancho de banquina			
2 Carriles	Ondulado	Troncal		3,76 m	1,80 m			
CARACTERISTICAS DEL TRANSITO DE LA HORA TRIGESIMA (H30)								
	Volumen	% Direccionalidad	% Pes. Asc.	% Pes. Desc.				
Día Hábil	404	-67	29	22				
Día no Hábil	1007	-84	20	10				
SECCIONES								
Pr. I.	Pr. F.	% Long.	% Prohibición de sobrepaso	NS H	NS NH			
1.063,41	1.069,47	18,9	3	B9	D9			
1.069,47	1.074,2	14,8	43	C9	D9			
1.074,2	1.095,42	66,3	81	C2	D1			
PENDIENTES ESPECIFICAS (*)								
Pr. I.	Pr. F.	Long (km)	% Pendiente	Signo	NS H	NS NH		
1.070,05	1.077,19	7,14	3,0	1	D8	E3		
1.082,6	1.085,01	2,41	3,2	1	D7	E3		
1.088,97	1.090,22	1,26	5,2	2	E3	E5		
(*) Para el cálculo del NS H y NS NH, no se considera la existencia de terceras trochas.								
Referencias:								
* Pr. I: progresiva de inicio del tramo (Km).								
* Pr. F: progresiva de fin del tramo (Km).								
* % PES: proporción de ómnibus y camionetas en el total del tránsito expresado en porcentaje.								
* NS H: nivel de servicio en días hábiles.								
* NS NH: nivel de servicio en días no hábiles.								
* % Direccionalidad: proporción de vehículos en el sentido más cargado en porcentaje, Ascendente (+) y Descendente (-).								
* % Long.: longitud de la sección respecto a la longitud total del tramo, expresado en porcentaje.								
* % Prohibición de sobrepaso: longitud sin posibilidad de sobrepaso respecto a la longitud total de la sección, expresado en porcentaje.								

Información adicional de Nivel de Servicio en caminos de dos carriles

Una parte de la información adicional del Nivel de Servicio en tramos básicos de caminos de dos carriles indivisos está referida a las pendientes específicas, que constituyen alineamientos dentro del tramo básico con una inclinación mayor o igual al 3% y una longitud mayor o igual a 960 metros ¹, y que son evaluadas por separado como se muestra en la parte inferior del cuadro anterior.

¹ HCM2010 Capítulo 15, página 15-11, Scope of the Methodology.

En referencia a la metodología de aplicación, en su análisis por el indicador velocidad media de recorrido ATS, la velocidad de flujo libre de los vehículos en la pendiente específica en un sentido de circulación FFSd (en el sentido de ascenso o descenso) se ve afectada por dos factores: por la suma de volumen equivalente de vehículos livianos en cada sentido de circulación y por el porcentaje de prohibición de sobrepaso en la longitud analizada.

La influencia de la prohibición de sobrepaso disminuye la FFSd entre 0,5 km/h y 6,72 km/h. En el caso de pendientes específicas la prohibición de sobrepaso generalmente es alta, superior al 80%, y con demandas horarias direccionales relativamente bajas (< 200 veh/h) el efecto llega a 4,8 km/h de reducción en promedio.

En relación al factor que tiene en cuenta el volumen direccional equivalente, el efecto es un poco más complejo y se puede resumir en el siguiente esquema:

volumen equivalente ATS dir	vd ats	Vol.horario d / PHF x fg x fhv	
factor de hora pico	PHF	Down valor de tabla (*) o de mediciones de campo	Up valor de tabla (*) o de mediciones de campo
factor de inclinación del terreno	Fg	Down constante (1,0)	Up parametrizada (i, Long, Vd) (0,37 - 1,0)
No hay presencia de vehículos pesados en marcha lenta			
factor de vehículos pesados (**)	fhv	fhv = 1 / (1 + HV (Et - 1))	
Proporción de veh.pesados Equivalente para veh.pesados	HV Et	Down valor de demanda dir. (decimal) parametrizada (Vd) (1,0 - 1,9)	Up valor de demanda dir. (decimal) parametrizada (i, Long, Vd) (1,1 - 15,4)
Hay presencia de vehículos pesados en marcha lenta			
factor de vehículos pesados	fhv	fhv = 1 / (1 + (1 - HVcs) HV (Et - 1) + HVcs HV (Etc - 1))	
Proporción de veh.pesados Equivalente para veh.pesados	HV Et	Down valor de demanda dir. (decimal) parametrizada (Vd) (1,0 - 1,9)	Up valor de demanda dir. (decimal) parametrizada (i, Long, Vd) (1,1 - 15,4)
Proporción de veh.pesados en marcha lenta	HVcs	Dato de entrada	--
Equivalente para veh.pesados en marcha lenta	Etc	parametrizada (FFS-VCS, Vd) (1,0 - 35,9)	--
Velocidad de flujo libre en pendiente	FFSd	Dato de entrada	--
Velocidad de marcha lenta	VCS	Dato de entrada	--

(*) HCM94 versión española. Capítulo 8, página 287, Tabla 8-3.

(**) Vehículos pesados: vehículos con más de 4 neumáticos.

(valores) magnitud mínima y máxima de la variable.

Volumen horario equivalente direccional en pendiente específica

El volumen horario direccional equivalente surge de incrementar el volumen horario de vehículos que circula en la pendiente por el factor de hora pico (FHP), y por dos factores: factor de inclinación del terreno (Fg) y factor de vehículos pesados (Fhv), cuyo cálculo depende del sentido de análisis: ascenso (Up) o descenso (Down).

De acuerdo con el cuadro anterior, los factores que afectan la FFSd en el cálculo de pendientes Up están parametrizados en función de: la inclinación i%, de la longitud de la pendiente Long., del volumen horario direccional de vehículos Vd y de la proporción de vehículos pesados en la corriente de circulación HV.

Respecto de las pendientes Down, la parametrización solo alcanza a la proporción de vehículos pesados que no circulan en marcha lenta, mientras que para el cálculo del

impacto que causan los vehículos pesados que circulan en marcha lenta es necesario conocer tres datos de entrada: HVcs proporción de vehículos pesados en marcha lenta, FFSd velocidad de flujo libre en pendiente y Vcs velocidad de los vehículos pesados en marcha lenta.

La velocidad de marcha lenta o velocidad de equilibrio (crawl speed) corresponde a la máxima velocidad que puede alcanzar un vehículo pesado que circula por una pendiente longitudinal en ausencia de aceleraciones o deceleraciones. Su magnitud depende de la longitud y la inclinación de la pendiente, la relación potencia/peso del vehículo, la altura sobre el nivel del mar, la velocidad inicial del vehículo antes de ingresar al sector de pendiente, la presencia de curvas horizontales, de restricciones laterales y la visibilidad². La marcha lenta se produce tanto en pendientes de ascenso (Up) y descenso (Down).

Con respecto a la velocidad, las mediciones de campo que realiza la DNV se ubican en alineamientos rectos y horizontales, por lo tanto se utilizan para la obtención de la velocidad de flujo libre en cada sentido de circulación FFSd del tramo básico. En ese esquema, la FFSd de la pendiente, tanto en ascenso como en descenso, no surge de las mediciones de campo, es decir, a priori, no se cuenta con la FFSd de la pendiente.

De acuerdo con lo expresado, para el cálculo de pendientes específicas de descenso (down) de la publicación del Nivel de Servicio web de la DNV se adoptaron valores para las tres variables mencionadas anteriormente en función de la inclinación de la pendiente de descenso (down): la proporción de vehículos pesados en marcha lenta respecto al total de vehículos pesados, la velocidad media de marcha lenta y la reducción de la velocidad FFSd, respecto de la estimada para el tramo en horizontal y recto, por efecto de la pendiente, que se indican en el siguiente cuadro

Pendiente [%]	Veh. Pesados en marcha lenta [%]	Velocidad de Veh. Pesados en marcha lenta [Km/h]	Reducción de Velocidad [%]
2	60	70	10
3	70	60	14
4	80	50	17
5	80	45	20
6	80	43	23
> 6	80	40	25

Variables adoptadas para el cálculo de NS de pendientes en descenso

² Truck Performance on Argentinean Highways, Archilla y Fernández de Cieza, 1996

Objetivo

Sobre la base de lo mencionado en el punto anterior *Introducción*, el objetivo del presente trabajo es la estimación de las variables que inciden en el cálculo de Nivel de Servicio en pendientes específicas de descenso (Down) de caminos de dos carriles indivisos, en particular aquellas variables que no están parametrizadas para su utilización en la publicación web de Nivel de Servicio de la DNV.

Una variable a determinar es la velocidad de flujo libre FFSd de los vehículos en la pendiente en cada uno de los sentidos, tanto en Up como en Down. El análisis para la estimación de la FFSd en la pendiente estará centrado en establecer su relación con la velocidad FFSd en recta y horizontal en el mismo tramo, e identificar los resultados en función del grado de inclinación de la pendiente.

El otro efecto bajo estudio tiene que ver con los vehículos pesados³ que circulan en marcha lenta por la pendiente Down, de los cuales se debe conocer su proporción sobre el total de vehículos pesados y su velocidad media. También, las estimaciones estarán definidas en relación al grado de inclinación de la pendiente.

El desarrollo del trabajo para la determinación de las variables objetivo se basa en el análisis de información de campo consistente en censos de tránsito. Los censos fueron realizados en pendientes específicas y en forma simultánea en una zona llana aledaña, en varios lugares del país.

Información de campo

Las tareas de campo consistieron en la ejecución de censos de velocidad por tipo de vehículo y sentido de circulación en lugares donde la configuración de la traza del camino presentara pendientes específicas “Zona Pendiente” y en zonas próximas a estas donde el alineamiento vertical no superara una variación de 2% “Zona Llana”. Como hipótesis de trabajo, en cada par de puntos de medición se debían identificar las velocidades del mismo parque automotor, es decir que no debía haber entre ambas ubicaciones (zona pendiente y llana) accesos o singularidades que lo modifiquen en forma significativa. Para lograr el objetivo la ejecución de los censos en cada par de puntos fue en forma simultánea.

Ubicación de los censos

La elección de la ubicación de los censos se hizo en base a la información obtenida del relevamiento de la oferta vial para la publicación web del NS. Entre los datos relevados, se encuentran los tramos de pendientes con una longitud mayor a 800 metros y una inclinación superior al 3%.

³ Vehículos con más de 4 ruedas apoyadas en operación normal (HCM2010 Capítulo 15, página 15-17, ATS Heavy vehicle adjustment factor)

Teniendo en cuenta las diferentes magnitudes de pendientes relevadas y el porcentaje vehículos pesados que circulan en esos tramos se eligieron para el presente análisis sectores de camino con una inclinación entre el 4% y el 7%, con un porcentaje de vehículos pesados mayor a 25%.

Además, la muestra abarca diferentes lugares a lo largo del país con el objetivo de obtener una mejor representatividad de la composición de los distintos flujos tránsito.

A continuación se muestran los lugares seleccionados.



<i>i</i> %	Provincia	RN N°	Tramo	Zona Pendiente
4	La Pampa	151	Lte c/Río Negro - Int RP N° 20	Prog. km 155
4	Corrientes	14	RN N°120 - Lte c/Misiones	Prog. km 759
4	Neuquén	237	Int RN N°234 - Int RN N° 1540	Prog. km 1525
5	Mendoza	7	Acc. a destilería YPF - Acc. Potrerillos	Prog. km 1090
5	Chubut	3	A/N RN N°25 (Fin de Sup) - Int. RP N°9 (Der)	Prog. km 1465,5
6	Jujuy	9	Humahuaca - Int ex RN N°40 (Izq)	Prog. km 1827
6	Tierra del Fuego	3	Int. RN N° J - Tierra Mayor (Pte)	Prog. km 3015
7	Catamarca/Tucumán	38	Int RP N°27 - Int RP N°334 (Der)	Prog. km 643 "Cuesta del Totoral"

Ubicación de los censos en zona pendiente.

<i>I %</i>	<i>Provincia</i>	<i>RN N°</i>	<i>Tramo</i>	<i>Zona Llana</i>
4	La Pampa	151	Lte c/Río Negro - Int RP N° 20	Prog. km 156 (puesto permanente "Colonia 25 de Mayo")
4	Corrientes	14	RN N°120 - Lte c/Misiones	Prog. km 760
4	Neuquén	237	Int RN N°234 - Int RN N° 1540	Prog. km 1519
5	Mendoza	7	Acc. a destilería YPF - Acc. Potrerillos	Prog. km 1067 (puesto permanente "Potrerillos")
5	Chubut	3	A/N RN N°25 (Fin de Sup) - Int. RP N°9 (Der)	Prog. km 1464
6	Jujuy	9	Humahuaca - Int ex RN N°40 (Izq)	Prog. km 1829
6	Tierra del Fuego	3	Int. RN N° J - Tierra Mayor (Pte)	Prog. km 3018 (puesto permanente "Rancho Hambre")
7	Catamarca/Tucumán	38	Int RP N°27 - Int RP N°334 (Der)	Prog. km 668 "Rumi Punco"

Ubicación de los censos en zona llana



Punto de conteo en Corrientes, Zona Pendiente.



Punto de conteo en Corrientes, Zona Llana.



Punto de conteo en Jujuy, Zona Pendiente.



Punto de conteo en Jujuy, Zona Llana.

En el siguiente cuadro se muestran las características del volumen de tránsito en los tramos seleccionados para el estudio:

Provincia	RN N°	Tramo	% Liv	% Bus	% sin Acopla	% con Acopla	% Semi	TMDA 2015
La Pampa	151	Lte c/Río Negro - Int RP N° 20	71,7	2,0	5,5	2,6	18,3	2687
Corrientes	14	RN N°120 - Lte c/Misiones	55,9	4,6	7,3	7,2	25,0	4000
Neuquén	237	Int RN N°234 - Int RN N° 1S40	68,9	5,5	5,8	2,6	17,4	1600
Mendoza	7	Acc. a destilería YPF - Acc. Potrerillos	60,0	2,1	8,4	3,3	26,3	4881
Chubut	3	A/N RN N°25 - Int. RP N°9	50,0	3,9	4,1	3,7	38,3	1920
Jujuy	9	Humahuaca - Int ex RN N°40	67,1	10,4	11,2	4,5	6,8	1100
Tierra del Fuego	3	Int. RN N° J - Tierra Mayor	74,4	1,5	9,8	0,6	13,8	2134
Catamarca	38	Int RP N°27 - Int RP N°334	72,6	4,0	9,1	4,8	9,4	2200

Volumen y clasificación vehicular de los tramos de la muestra.

Como se expresó anteriormente, se definieron un total de ocho (8) tramos con pendientes específicas para la realización de los censos de velocidad. En cada tramo, se realizaron dos censos en horas diurnas, uno en la “Zona Llana” y en forma simultánea otro en la “Zona Pendiente”, definidos con 4 horas de duración. El tramo de la Ruta Nacional N° 38 fue el único en el que se repitió el censo en dos meses diferentes.

Los censos se realizaron con contadores portátiles automáticos de tránsito utilizando sensores del tipo mangueras. La configuración del conteo permite distinguir el tipo de vehículo clasificado en 13 categorías (tabla DNV), el sentido de circulación y la velocidad puntual. El registro de la información fue del tipo PVR, *per vehicle record*, con la cual se graban los parámetros de cada vehículo detectado, como por ejemplo: la fecha y hora de detección, el sentido de circulación (FLOW), el estado de la medición (STAT) que identifica una buena medición de las que tuvieron algún error, la categoría del vehículo (CL), la velocidad (SPD), la cantidad ejes (AX), la distancia entre los sucesivos ejes (WB1, WB2,...), etc. Un ejemplo del registro se muestra en la siguiente imagen:

DD/MM/YY	HH:MM:SS	ARR	FLOW	STAT	VEHNO	CL	SPD	LPL	AX	WB1	WB2	WB3	WB4
			Sentido	Estado		Clase	Velocidad	Nº ejes					
18/11/2015	13:01:08	1	-	FFFF	2	11	64	---	4	11	27	3	---
18/11/2015	13:01:26	1	-	FFFF	3	11	46	---	4	12	27	3	---
18/11/2015	13:02:15	1	-	FFFF	4	11	50	---	4	11	29	4	---
18/11/2015	13:02:31	1	+	FFFF	5	2	65	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:04:37	1	+	FFFF	6	3	47	---	3	8	9	---	---
18/11/2015	13:04:55	1	-	FFFF	7	2	67	---	2	9	---	---	---
18/11/2015	13:07:02	1	-	FFFF	8	2	64	---	2	9	---	---	---
18/11/2015	13:07:15	1	-	FFFF	9	1	64	---	2	5	---	---	---
18/11/2015	13:07:16	1	-	FFFF	10	1	65	---	2	5	---	---	---
18/11/2015	13:08:54	1	+	FFFF	11	2	77	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:10:14	1	+	FFFF	12	2	50	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:10:38	1	-	FFFF	13	2	88	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:10:42	1	+	FFFF	14	6	18	---	2	17	---	---	---
18/11/2015	13:10:45	1	+	FFFF	15	15	25	---	3	16	1	---	---
18/11/2015	13:11:14	1	+	FFFF	16	2	48	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:12:05	1	-	FFFF	17	3	54	---	4	10	11	3	---
18/11/2015	13:12:42	1	-	FFFF	18	2	62	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:12:54	1	+	FFFF	19	2	53	---	2	7	---	---	---
18/11/2015	13:14:36	1	+	FFFF	20	2	64	---	2	8	---	---	---
18/11/2015	13:18:27	1	+	FFFF	21	12	47	---	5	11	21	7	3
18/11/2015	13:18:44	1	+	FFFF	22	12	52	---	5	11	21	8	4
18/11/2015	13:19:37	1	-	00EE	23	1	60	---	2	5	---	---	---
18/11/2015	13:20:38	1	+	FFFF	24	12	49	---	5	11	20	7	4

Registro PVR del equipo contador.

Validación de las muestras

Considerando que se definieron ocho (8) tramos, y que en un tramo se tomaron dos muestras en diferente mes, hace un total de nueve (9) muestras para el análisis. Cada una de ellas está formada por dos censos, zona llana y pendiente.

Las 13 categorías de vehículos se agrupan en tres grupos diferenciados de acuerdo a su velocidad de circulación y a su comportamiento en pendientes específicas:

- ✓ Livianos: autos y camionetas (categorías 2 y 3).
- ✓ S/A+Bus: camiones sin acoplado y ómnibus de larga distancia (categorías 4 a 7).
- ✓ C/A+Semi: camiones con acoplado y camiones con semirremolque (categorías 8 a 14).

Se identifican dos sentidos para cada par de censos: uno el sentido de ascenso y el otro el sentido de descenso.

Entonces, el total de muestras es:

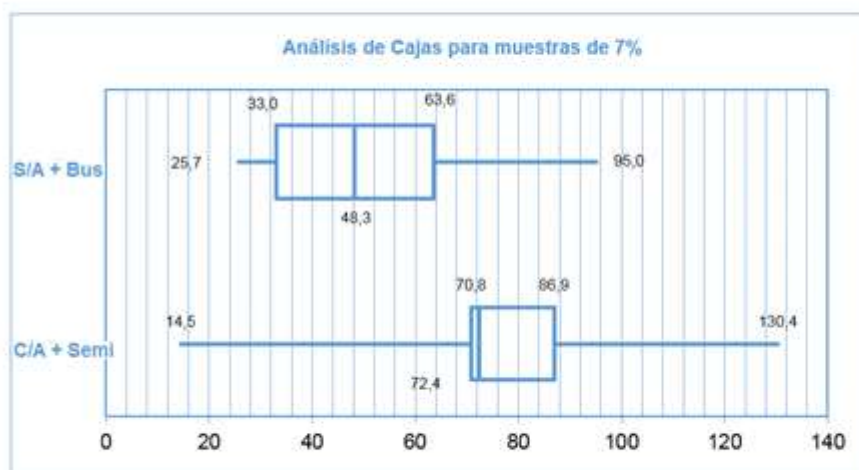
- ✓ Muestras: 9 ubicaciones x 2 censos x 3 categorías x 2 sentidos: **108 muestras**

El primer análisis para la validación de muestras que se realizó fue discriminar los vehículos bien identificados por el contador automático, campo STAT del registro PRV. En el campo STAT el equipo graba el estado de la detección, una detección correcta en donde los dos sensores detectaron la misma cantidad de pulsos y forman un tren de pulsos válidos se identifican con "FFFF".

Luego se procedió a utilizar el método de cajas para cada muestra, donde se eliminaron los valores extremos o anómalos. El procedimiento consiste en eliminar valores individuales que resulten menores a: $Q1 - 1,5 \times (Q3 - Q1)$, y mayores a: $Q3 + 1,5 \times (Q3 - Q1)$, donde Q1 es el percentil 25 y Q3 es el percentil 75 de cada muestra bruta. A continuación se muestra un diagrama de cajas para la zona de pendiente de 7% en Catamarca. Los valores en colorado son los valores extremos o anómalos.

Tipo de Veh	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Limite Inf	Limite Sup
S/A + Bus	14,48	70,81	72,42	86,90	130,36	46,67	111,04
C/A + Semi	25,75	32,99	48,28	63,57	94,95	-12,87	109,44

Zona Pendiente, 7% Catamarca		
Cant.	S/A + Bus	C/A + Semi
1	14,48	25,75
2	53,11	27,36
3	62,76	28,97
4	65,98	28,97
5	69,20	32,19
6	69,20	35,41
7	70,81	38,62
8	70,81	41,84
9	70,81	45,06
10	72,42	51,50
11	72,42	51,50
12	72,42	56,33
13	72,42	61,15
14	72,42	64,37
15	74,03	65,98
16	80,47	72,42
17	83,69	77,25
18	83,69	94,95
19	86,90	
20	86,90	
21	94,95	
22	96,56	
23	96,56	
24	103,00	
25	106,22	
26	130,36	



Ejemplo del análisis de Cajas.

El otro análisis aplicado fue la comparación de dos muestras a partir de la distinción de sus valores medios, solo para las muestras de vehículos pesados en pendientes de descenso. Este análisis apunta a identificar que el efecto de la pendiente en descenso para el grupo S/A+Bus resulta diferente al efecto sobre los C/A+Semi. Este proceso tuvo dos etapas, en primer lugar se usó el Test de Shapiro – Wilk para contrastar la normalidad de los grupos de datos, y luego para la comparación de las medias se utilizó es el Test de Welch para varianzas poblacionales desconocidas y desiguales.

Velocidad de flujo libre

En el análisis del nivel de servicio de pendiente específica, en su análisis por el indicador velocidad media de recorrido ATS, resulta necesario conocer la velocidad de flujo libre en el sentido de circulación que se analiza (FFSd). Interviene en la fórmula general para estimar la velocidad media de recorrido en la dirección de análisis:

$$ATSd = FFSd - 0,012416 (vd + vo) - fnp^4$$

Donde:

- ATSd: velocidad media de recorrido en la dirección de análisis (km/h).
- vd: volumen equivalente de autos en el sentido de análisis (autos/h).
- vo: volumen equivalente de autos en el sentido opuesto (autos/h).
- fnp: factor que considera la posibilidad de sobrepaso (km/h).

⁴ HCM2010 Capítulo 15, página 15-16, Average travel speed.

Además, la FFSd de la pendiente se utiliza en la obtención del equivalente de autos para vehículos pesados que circulan en marcha lenta (Etc), en pendientes Down.

Etc: tabla parametrizada en función de (FFSd – Vcs) y (Vd)

Donde:

Etc: equivalente de autos para vehículos pesados que circulan en marcha lenta.

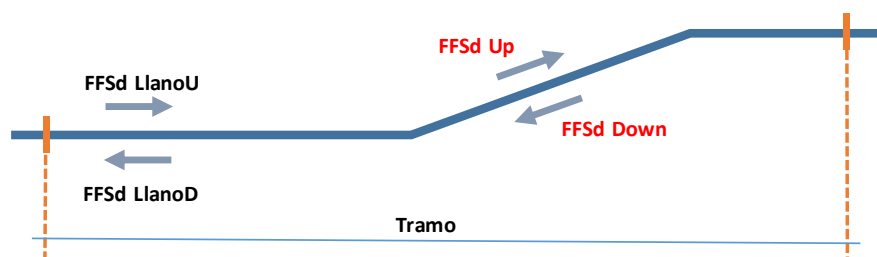
FFSd: velocidad de flujo libre en la pendiente en el sentido de análisis (km/h).

Vcs: velocidad media de vehículos pesados que circulan en crawl speed (km/h).

Vd: volumen de vehículos en el sentido de análisis (veh./h).

Teniendo en cuenta que los censos rutinarios de la DNV se realizan en tramo recto y horizontal, la forma de obtener la FFSd en la pendiente es a partir de conocer la relación entre la FFSd de la pendiente y la FFSd del alineamiento recto y horizontal. En ese esquema, es que se realizaron dos censos de velocidad por tipo de vehículo en forma simultánea, uno ubicado en la pendiente y el otro en una zona llana de tal forma que capten el mismo tránsito, en cada una de los tramos analizados. En el siguiente croquis puede verse la ubicación de los censos:

Perfil transversal del camino



Esquema de censos de velocidad por tipo de vehículo

La velocidad de flujo libre se estimó directamente de las mediciones de campo para cada sentido de circulación, y se magnitud surge del promedio de las muestras por cada tipo de vehículo siempre que el volumen horario de vehículos en el periodo del censo no supere los 200 veh/h en ambos sentidos de circulación⁵.

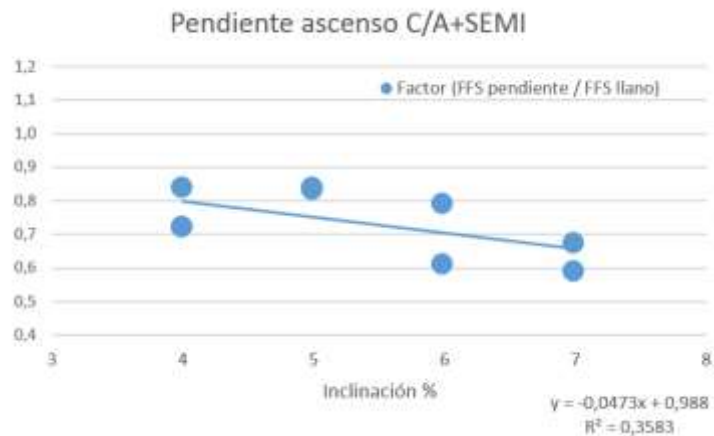
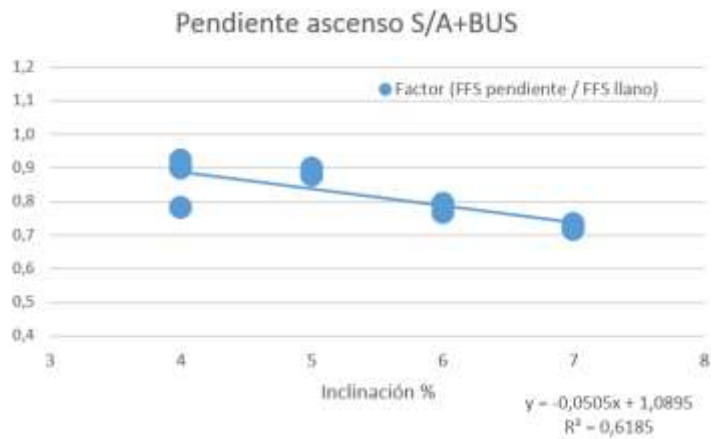
Como se indicó anteriormente, se definieron tres grupos de vehículos diferenciados de acuerdo a su velocidad de circulación y a su comportamiento en pendientes específicas:

- ✓ Livianos: autos y camionetas.
- ✓ S/A+Bus: camiones sin acoplado y ómnibus de larga distancia.
- ✓ C/A+Semi: camiones con acoplado y camiones con semirremolque.

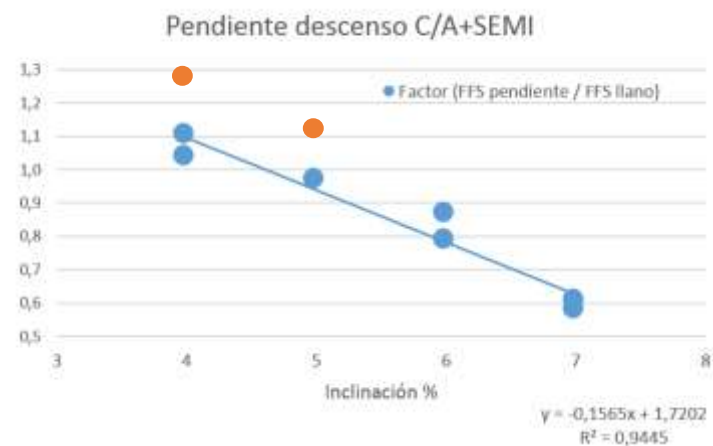
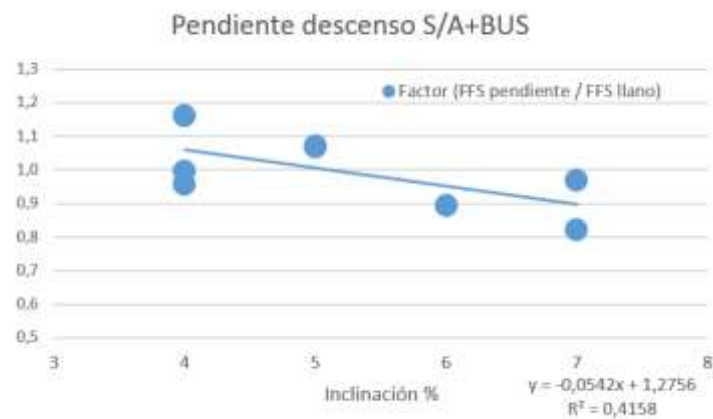
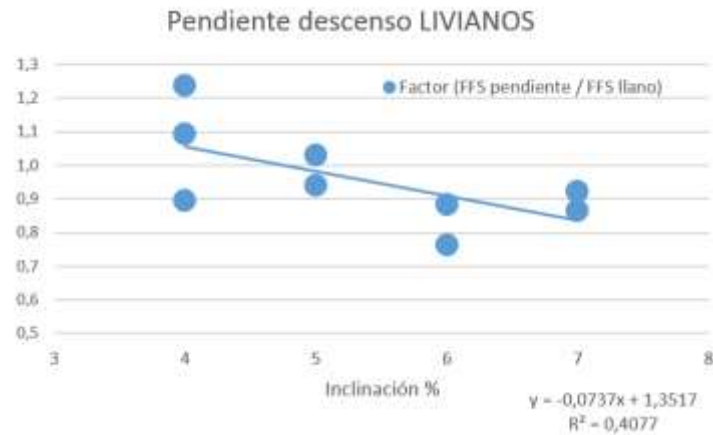
⁵ HCM2010 Capítulo 15, página 15-14, Direct Field Measurement.

A continuación se muestran en forma gráfica los factores obtenidos que relacionan la FFSd del alineamiento llano y la FFSd de la pendiente, en ascenso (Up) y en descenso (Down), para cada uno de los tres grupos de vehículos definidos.

- ✓ Factor ai: FFSd llano (grupo de veh.i) / FFSd peniente ascenso (grupo de veh.i)



- ✓ Factor di: FFSd llano (grupo de veh.i) / FFSd peniente descenso (grupo de veh.i)



Nota: en los cálculos de regresión para pendientes en descenso del grupo camiones pesados (S/A+SEMI) no se han incluido los factores calculados en la pendiente de 4% de Corrientes y del 5% en Chubut. En ambos casos, la velocidad media de los camiones pesados en el descenso de la pendiente es muy superior a la registrada en la zona llana, y se debe principalmente a que los puntos de medición de la pendiente y la zona llana están

cercanos y en el mismo alineamiento recto. Esta particularidad hace que el factor de cálculo sea superior a los del resto de la muestra, dos puntos marcados en naranja en el gráfico anterior.

En cada uno de los gráficos anteriores, donde se muestran los factores definidos como la relación entre la velocidad de flujo libre en pendiente, ascendente y descendente, y la velocidad de flujo libre en llano, se calculó la regresión lineal de las muestras por grupo de vehículo y por pendiente, ascendente y descendente. Los resultados de los coeficientes de la recta de regresión se indican en los siguientes cuadros:

ASCENSO	a	b
Livianos	-0,0422	1,0547
S/A+BUS	-0,0505	1,0895
C/A+SEMI	-0,0473	0,988

Coefficientes de la recta de regresión para ascensos

DESCENSO	a	b
Livianos	-0,0737	1,3517
S/A+BUS	-0,0542	1,2756
C/A+SEMI	-0,1565	1,7202

Coefficientes de la recta de regresión para descensos

En los cuadros que siguen, a partir de una velocidad de flujo libre definida para cada grupo de vehículos y su proporción en la corriente de circulación, se calcula a modo de ejemplo la reducción de velocidad causada por la pendiente en ascenso y en descenso.

	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	FFSd llano (km/h)
FFSd llano (km/h)	100	85	80	93,3
Composición	65%	5%	30%	
	FFSd pendiente ascenso (km/h)			FFSd (km/h)
Inclinación	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	ascenso
4	88,6	75,4	63,9	80,5
5	84,4	71,1	60,1	76,4
6	80,2	66,9	56,3	72,3
7	75,9	62,6	52,6	68,2
	Diferencia absoluta FFSd (Llano-Ascenso) (km/h)			Diferencia absoluta FFSd (llano-ascenso)
Inclinación	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	
4	11,4	9,6	16,1	12,7
5	15,6	13,9	19,9	16,8
6	19,9	18,1	23,7	20,9
7	24,1	22,4	27,4	25,0
	Diferencia relativa FFSd (LI-As)/FFSd llano			Diferencia relativa FFSd (LI-As)/FFSd LI
Inclinación	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	
4	11%	11%	20%	14%
5	16%	16%	25%	18%
6	20%	21%	30%	22%
7	24%	26%	34%	27%

Variación de FFSd en pendientes de ascenso

	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	FFSd llano (km/h)
FFS llano (km/h)	100	85	80	93,3
Composición	65%	5%	30%	
	FFS pendiente descenso (km/h)			FFSd (km/h)
Inclinación	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	descenso
4	105,7	90,0	87,5	99,5
5	98,3	85,4	75,0	90,7
6	91,0	80,8	62,5	81,9
7	83,6	76,2	50,0	73,1
	Diferencia absoluta FFS (Llano-Descenso) (km/h)			Diferencia absoluta FFSd (llano-descenso)
Inclinación	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	
4	-5,7	-5,0	-7,5	-6,2
5	1,7	-0,4	5,0	2,6
6	9,1	4,2	17,5	11,3
7	16,4	8,8	30,0	20,1
	Diferencia relativa FFSd (Ll-Des)/FFSd llano			Diferencia relativa FFSd (Ll-Des)/FFSd Ll
Inclinación	Livianos	S/A+Bus	C/A+Semi	
4	-6%	-6%	-9%	-7%
5	2%	0%	6%	3%
6	9%	5%	22%	12%
7	16%	10%	38%	22%

Variación de FFSd en pendientes de descenso

A modo de conclusión, se puede expresar para pendientes con inclinaciones entre 4% y 7%:

✓ Pendientes en ascenso

- La velocidad registrada en la pendiente resulta menor que la registrada en el llano, entre el 11% y el 34% de reducción para todos los vehículos.
- A medida que aumenta la inclinación de la pendiente, aumenta la reducción en la velocidad de circulación de la misma respecto del llano.

✓ Pendientes en descenso

- Para inclinaciones del 4% la velocidad registrada en la pendiente resulta mayor que la registrada en el llano, entre el 6% y el 9% de incremento para todos los vehículos.
- Para inclinaciones mayores o iguales 5%, la velocidad registrada en la pendiente resulta menor que la registrada en el llano, entre el 0% y el 38% de reducción para todos los vehículos.
- A partir del 5% de inclinación, a medida que aumenta la inclinación de la pendiente, aumenta la reducción en la velocidad de circulación de la misma respecto del llano.

Marcha lenta de vehículos en pendientes en descenso

Como se mencionó en el punto *Introducción*, la velocidad de marcha lenta o velocidad de equilibrio (crawl speed) corresponde a la máxima velocidad que puede alcanzar un vehículo pesado que circula por una pendiente longitudinal en ausencia de aceleraciones o deceleraciones. Su magnitud depende de la longitud y la inclinación de la pendiente, la relación potencia/peso del vehículo, la altura sobre el nivel del mar, la velocidad inicial del vehículo antes de ingresar al sector de pendiente, la presencia de curvas horizontales, de restricciones laterales y la visibilidad.

En el caso del cálculo del NS en pendientes específicas en descenso (Down) con presencia de vehículos pesados que circulan en marcha lenta, en su análisis por el indicador velocidad media de recorrido ATS, es necesario para el cálculo del factor de vehículos pesados determinar el Etc: equivalente de autos para vehículos pesados que circulan en marcha lenta, y el Ptc: proporción de vehículos pesados que circulan en marcha lenta respecto al total de vehículos pesados.

La metodología define al equivalente de autos para vehículos pesados que circulan en marcha lenta a través de una tabla parametrizada en función de la diferencia entre la FFSd de la pendiente y la **Vcs**: velocidad media de los vehículos pesados en marcha lenta, y el volumen horario de vehículos en el sentido de análisis. Entonces, la primera variable objetivo es la velocidad media de los vehículos pesados en marcha lenta. Por otra parte, es necesario identificar además la proporción de vehículos pesados que circulan en marcha lenta respecto al total de vehículos pesados: **Ptc**.

Las pendientes en descenso son tratadas en la mayoría de los casos como alineamientos llanos, salvo que las características de la pendiente (grado de inclinación y longitud), características del tránsito (relación potencia/peso) y/o ubicación (altitud sobre el nivel del mar), obliguen a los conductores a disminuir la velocidad de circulación con el fin de mantener el control de los vehículos pesados. A partir de una inclinación mayor o igual al 3% y una longitud mayor o igual a 960 metros comienzan a producirse disminuciones de velocidad en vehículos pesados y se analizan como segmentos de pendiente específica.

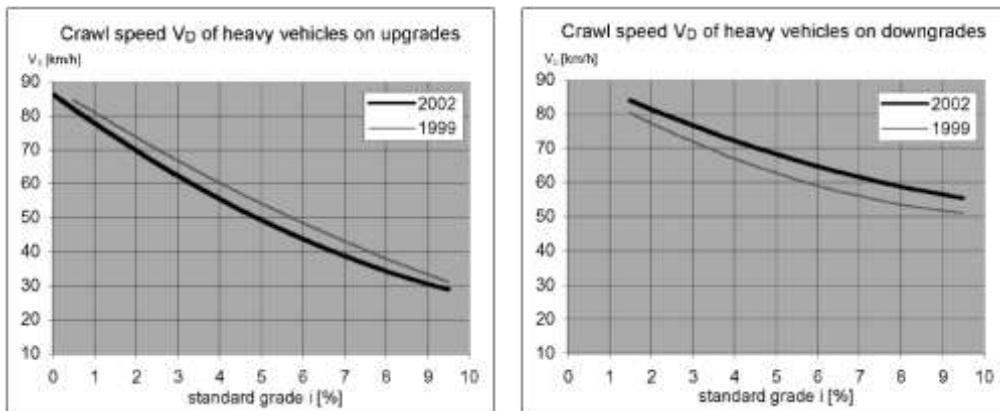
Velocidad de marcha lenta en descensos, Vcs

En descensos largos y pronunciados los conductores de camiones se ven obligados a operar en una marcha baja para aplicar el freno motor, ya que el sistema normal de frenos no sería suficiente para frenar el impulso provocado por un fuerte descenso. En esas condiciones, el camión opera en marcha lenta manteniendo el control en la circulación.

En el trabajo de Koy y Spacek⁶, la velocidad de marcha lenta (crawl speed) representativa de una muestra de vehículos del mismo tipo se puede estimar a partir del percentil 15 (P15). Las velocidades de los vehículos pesados fueron evaluadas en las principales carreteras

⁶Th.Koy y P.Spacek. (2005). Speed on upgrades and downgrades. 5th Swiss Transport Research Conference, Monte Verità / Ascona, March 9-11, 2005.

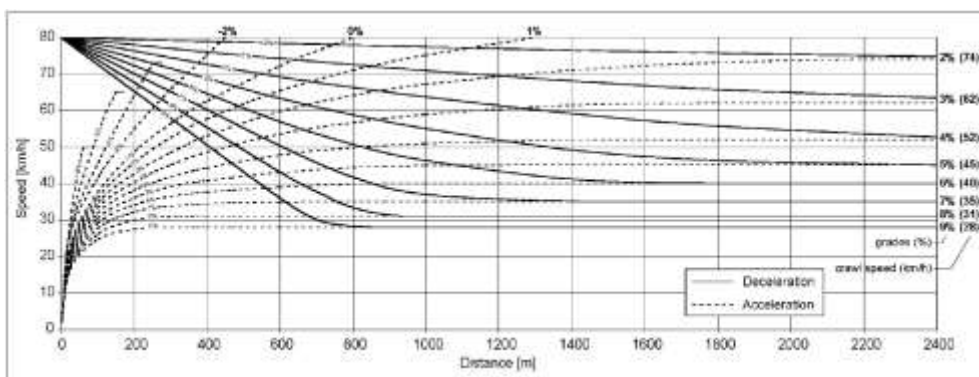
rurales y en las autopistas (con un límite de velocidad de 80 km/h en ambos tipos de carreteras). Los tramos de las autopistas se encuentran en el "Eje_Norte-Sur" en la A2 entre Basilea y Chiasso (a través de Gotthard) y en la A13 (vía San Bernardino). Estas rutas son utilizadas por el tráfico de mercancías transalpino, con límite de peso de 40 toneladas de peso bruto y el mínimo legal de la relación potencia-peso de 5,0 kW/tn para los vehículos pesados. El indicador P15 como representativo de la velocidad de marcha lenta de las muestras registradas en el trabajo (año 2002) se grafican para pendientes en ascenso y descenso en la siguiente figura:



Inclinación %	Vcs Ascenso (km/h)	Vcs Descenso (km/h)
3	62	77
4	56	72
5	49	68
6	43	64
7	38	62
8	34	58

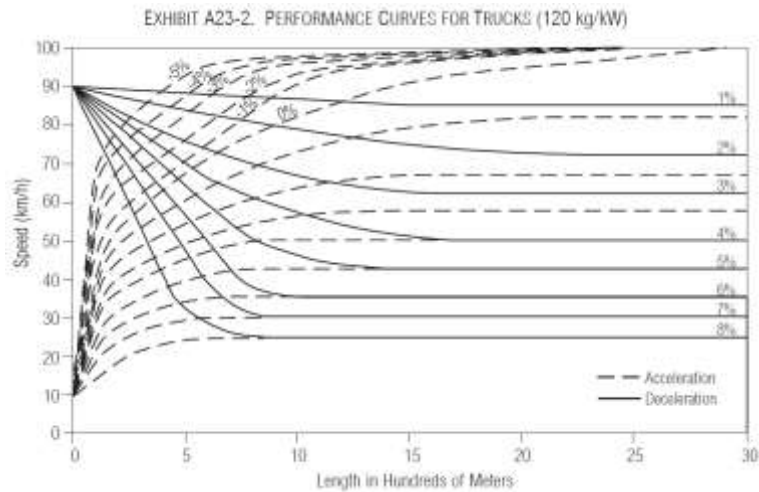
Velocidad de marcha lenta de vehículos pesados en ascensos y descensos

En el mismo trabajo, Koy y Spacek obtienen el nuevo diagrama de velocidad para el camión de diseño de 11,6 HP/Tn de relación potencia-peso y 40 toneladas de peso bruto para aceleración y desaceleración en distintos grados de inclinación.



Curvas de velocidad para el camión de diseño (Swiss)

En el HCM2000⁷ se indica el comportamiento de un camión de 11,1HP/Tn (120kg/KW) para aceleración y desaceleración, según la siguiente figura:



Curva de velocidad para el camión 11,1HP/Tn (HCM2000)

En el HCM1994⁸ se indica el comportamiento de un camión de 11,0HP/Tn (90kg/CV) y 7,3HP/Tn (135kg/CV) para desaceleración, según la siguiente figura:

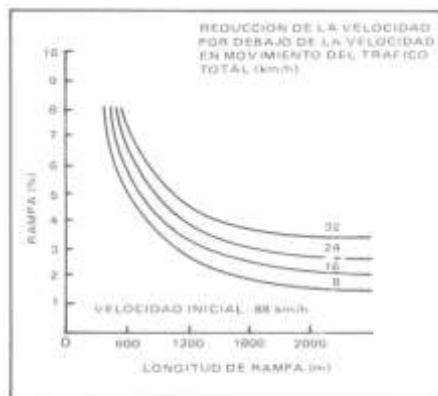


Figura 8-2. Curva de reducción de velocidad para el camión de 90 kg/CV.

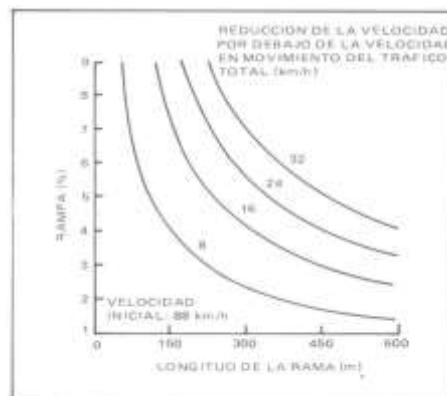


Figura 8-3. Curva de reducción de velocidad para el camión de 135 kg/CV.

Curva de velocidad para el camión 11,0HP/Tn y 7,3 HP/Tn (HCM1994)

Inclinación %	Vcs (km/h) (Swiss)	Vcs (km/h) (HCM2000)	Vcs (km/h) (HCM1995)
	11,6 HP/Tn	11,1 HP/Tn	11,0 HP/Tn
3	62	62	60
4	52	50	51
5	45	43	45 *
6	40	35	38 *
7	35	30	32 *
8	31	25	29 *

(*) estimados del gráfico

Velocidad de marcha lenta, Vcs (crawl speed)

⁷ HCM2000 Capítulo 23, página 23-30, Appendix A. composite grade.

⁸ HCM1994 Capítulo 8, página 8-43, Apéndice I.

De acuerdo a lo mencionado hasta el momento, la velocidad de marcha lenta depende principalmente de la inclinación de la pendiente y de la relación potencia-peso de los vehículos pesados de la muestra. En el caso de análisis debemos prescindir de la relación potencia-peso dado que no se conoce, es decir que es de esperar una mayor variabilidad de los resultados al comparar muestras con distribuciones potencia-peso desconocidas.

En primer lugar, planteamos que la velocidad de marcha lenta de los vehículos pesados es distinta para los dos grupos: S/A+Bus y C/A+Semi. Este análisis se llevó a cabo utilizando el test de comparación de dos muestras a partir de la distinción de sus valores medios, solo para las muestras de vehículos pesados en pendientes de descenso. El proceso tuvo dos etapas, en primer lugar se usó el Test de Shapiro – Wilk para contrastar la normalidad de los grupos de datos, y luego para la comparación de las medias se utilizó es el Test de Welch para varianzas poblacionales desconocidas y desiguales. Los resultados son los siguientes:

Muestra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Provincia	La Pampa	Corrientes	Neuquén	Chubut	Mendoza	Jujuy	T.del Fuego	Catamarca	Catamarca
Inclinación	4%	4%	4%	5%	5%	6%	6%	7%	7%

	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9	
	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes	C. Liv	C. Pes
Vel. Media [km/h]	71,9	60,8	77,6	85,6	88,5	88,1	94,0	92,9	89,0	76,2	59,9	58,8	72,3	53,4	76,3	50,0	69,0	47,0
P15 [km/h]	59,2	48,3	68,3	75,6	77,6	74,0	83,7	82,1	82,1	59,0	44,9	42,8	62,8	34,2	69,2	29,0	55,0	20,3
TEST S-W*	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NO	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
TEST W**	OK	OK	OK	OK	NO	NO	NO	NO	OK	OK	NO	NO	OK	OK	OK	OK	OK	OK

C. Liv: S/A + BUS

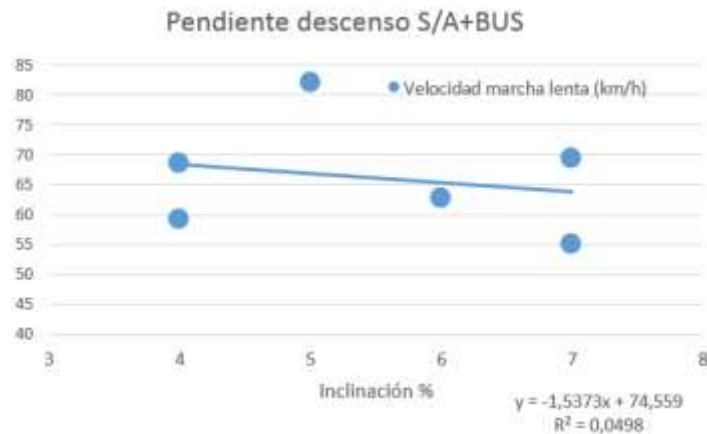
C. Pes: C/A + SEMI

P15: Percentil 15

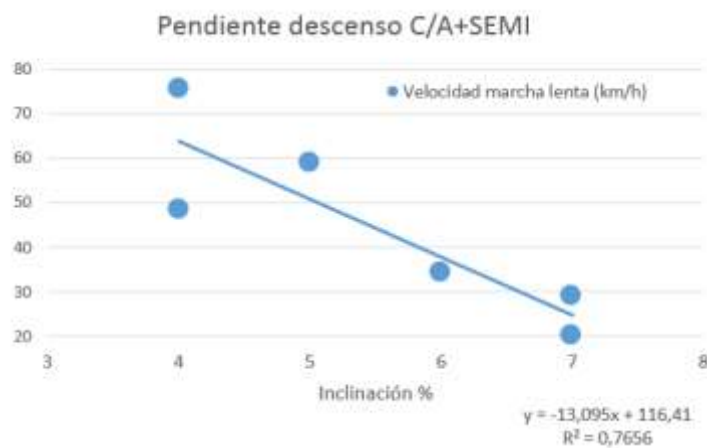
*TEST DE SHAPIRO-WILK

**TEST DE WELCH

Como puede apreciarse, las muestras M3, M4 y M6 dan como resultado medias comparables para el nivel de significancia de 97,5%, es decir que la velocidad de ambos grupos se ven afectadas por la pendiente de forma similar. Al contrario, las seis (6) muestras restantes permiten asegurar que la incidencia de la pendiente en la velocidad de cada grupo de vehículos es totalmente distinta, las velocidades medias poblacionales de cada grupo es diferente.



Velocidad de marcha lenta como P15 de la muestra S/A+BUS



Velocidad de marcha lenta como P15 de la muestra S/A+BUS

DESCENSO	a	b
S/A+BUS	-1,5373	74,559
C/A+SEMI	-13,095	116,41

Coefficientes de la recta de regresión para Vcs en descensos

Inclinación %	Vcs (km/h) (Swiss)	Vcs (km/h) (HCM2000)	Vcs (km/h) (HCM1995)	Vcs (km/h)
	11,6 HP/Tn	11,1 HP/Tn	11,0 HP/Tn	Presente estudio
4	52	50	51	64
5	45	43	45	51
6	40	35	38	38
7	35	30	32	25

Comparación de Vcs

La velocidad de marcha lenta (crawl speed), **Vcs** para el grupo de camiones pesados C/A+SEMI varía entre 64km/h y 25 km/h de acuerdo a la inclinación de la pendiente.

Proporción de vehículos pesados en marcha lenta en descensos, Ptc

Es necesario identificar la proporción de vehículos pesados que circulan en marcha lenta respecto al total de vehículos pesados: **Ptc**.

La proporción de vehículos pesados en marcha lenta, al igual que en el punto anterior, depende principalmente de la distribución de la relación potencia-peso del parque automotor que circula por la pendiente. Cuanto menor sea la relación potencia-peso mayor es el número de vehículos pesados en marcha lenta.

Si bien las velocidades registradas en los censos indican el efecto de la pendiente, no encontramos un criterio que relacione la variación de la velocidad del vehículo pesado (disminución en las inclinaciones de 5% o más) con la definición sobre si la velocidad es de marcha lenta o no.

Por otra parte, la estimación de la velocidad de marcha lenta con el P15 de la muestra, indirectamente está fijando una cantidad de vehículos pesados que circulan en marcha lenta. Si asumimos que el P15 es el promedio de la velocidad de los vehículos que circulan en marcha lenta, lo que resta es determinar la cantidad de vehículos que aportan a ese promedio. Los cálculos con las muestras disponibles llevan a identificar aproximadamente que en promedio el 40% el grupo de vehículos pesados circula en marcha lenta, y el promedio de su velocidad es el P15.

Otra estimación la provee el HCM2000, donde la proporción de camiones en marcha lenta para descensos largos y pronunciados la cantidad de camiones que circulan en marcha lenta se puede estimar como el total de camiones pesados, es decir que el Ptc (proporción de vehículos pesados que circulan en marcha lenta respecto al total de vehículos pesados) resulta igual a cantidad de camiones pesados sobre el total de vehículos pesados⁹.

Entonces, podemos concluir que el Ptc estará entre el 40% de los vehículos pesados y la proporción de camiones pesados respecto del total de vehículos pesados, que en general supera el 40% y en promedio para las rutas troncales nacionales se ubica entre 60 y 80%.

La proporción de vehículos pesados que circulan en marcha lenta respecto al total de vehículos pesados, **Ptc** podrá ser definido entre el 40% y el 80%.

Conclusiones

El presente trabajo planteó como objetivo la estimación de tres variables que intervienen en el cálculo del nivel de servicio de pendientes específicas sobre la base del análisis de información de campo.

⁹ HCM2000 Capítulo 20, página 20-14, Adjustments for grade and heavy vehicles.

- a) Relación entre FFSd pendiente y FFSd llano para el mismo parque automotor. Las relaciones encontradas responden a regresiones lineales que se expresan de la siguiente forma: **FFSd pendiente = FFSd llano * (a * i% + b)**, donde:

ASCENSO	a	b
Livianos	-0,0422	1,0547
S/A+BUS	-0,0505	1,0895
C/A+SEMI	-0,0473	0,988

Coefficientes de la recta de regresión para ascensos

DESCENSO	a	b
Livianos	-0,0737	1,3517
S/A+BUS	-0,0542	1,2756
C/A+SEMI	-0,1565	1,7202

Coefficientes de la recta de regresión para descensos

- La velocidad registrada en la pendiente en ascenso resulta menor que la registrada en el llano, desde un 11% de reducción para el 4% de inclinación hasta el 34% de reducción para el 7% de inclinación.
- La velocidad registrada en la pendiente en descenso resulta menor que la registrada en el llano, desde un 0% de reducción para el 5% de inclinación hasta el 38% de reducción para el 7% de inclinación.
- Para inclinaciones del 4% la velocidad registrada en la pendiente en descenso resulta mayor que la registrada en el llano, entre el 6% y el 9% de incremento para todos los vehículos.
- Para ambas pendientes, ascenso y descenso, a medida que la inclinación crece la diferencia de velocidades entre el llano y la pendiente resulta cada vez mayor.

- b) Velocidad de marcha lenta en pendiente en descenso, **Vcs = a * i% + b**

DESCENSO	a	b
S/A+BUS	-1,5373	74,559
C/A+SEMI	-13,095	116,41

Coefficientes de la recta de regresión para Vcs en descensos

- Para el grupo de S/A+BUS la variación de la velocidad de marcha lenta con la inclinación de la pendiente es pequeña, solo 5km/h para inclinaciones desde 4% a 7%. En valores absolutos, Vcs = 68,4km/h para el 4% y Vcs = 63,8km/h para 7%.

- El grupo de camiones pesados C/A+SEMI la amplitud del rango de V_{cs} es de 39km/h, con valores de $V_{cs} = 64\text{km/h}$ para 4% y $V_{cs} = 25\text{km/h}$ para 7%
 - Para los dos grupos de vehículos pesados, a medida que la inclinación crece la velocidad de marcha lenta decrece.
- c) Proporción de vehículos pesados en marcha lenta respecto del total de vehículos pesados, **$P_{tc} = \geq 40\%$ a $\leq 80\%$**
- El valor es variable y depende de la distribución de la relación potencia-peso del parque automotor que circula en cada localización.
 - La cota inferior (40%) surge del promedio de vehículos pesados que intervienen en la obtención del P15 como promedio de V_{cs} .
 - La cota superior (80%) surge de suponer la máxima distribución entre camiones pesados y total de vehículos pesados obtenida en la red nacional, y además que todos los camiones pesados circulan en marcha lenta.

Bibliografía

Adrián Ricardo Archilla y Arístides Osvaldo Fernández de Cieza, Truck Performance on Argentinean Highways. Transportation Research Record 1555. Washington DC, 1996.

Th.Koy y P.Spacek. (2005). Speed on upgrades and downgrades. 5th Swiss Transport Research Conference, Monte Verità / Ascona, March 9-11, 2005.

Manual de Capacidad de Carreteras, versión en español del HCM 1994, Transportation Research Board. Madrid, 1995.

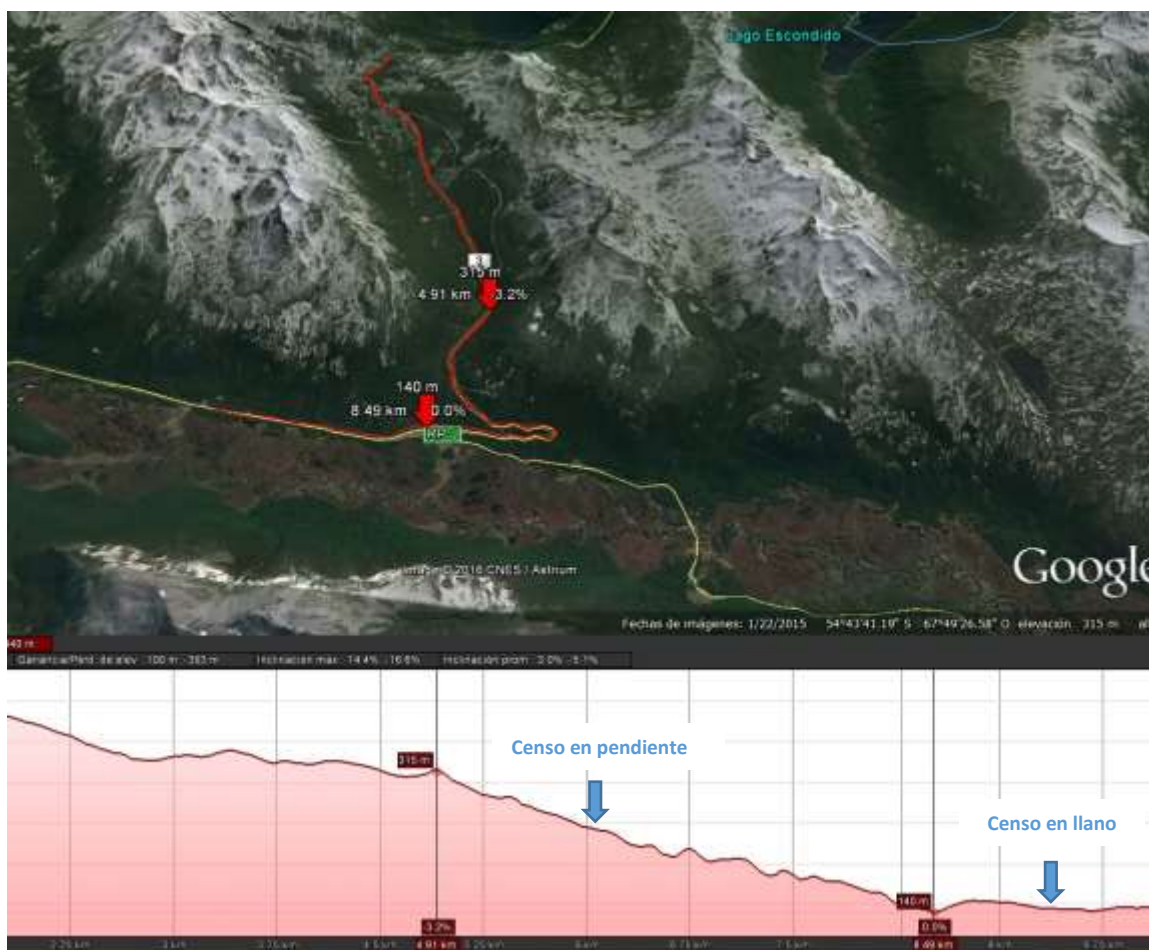
Highway Capacity Manual, HCM2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington DC, 2000.

Highway Capacity Manual, HCM2010. Transportation Research Board, National Research Council. Washington DC, 2000.

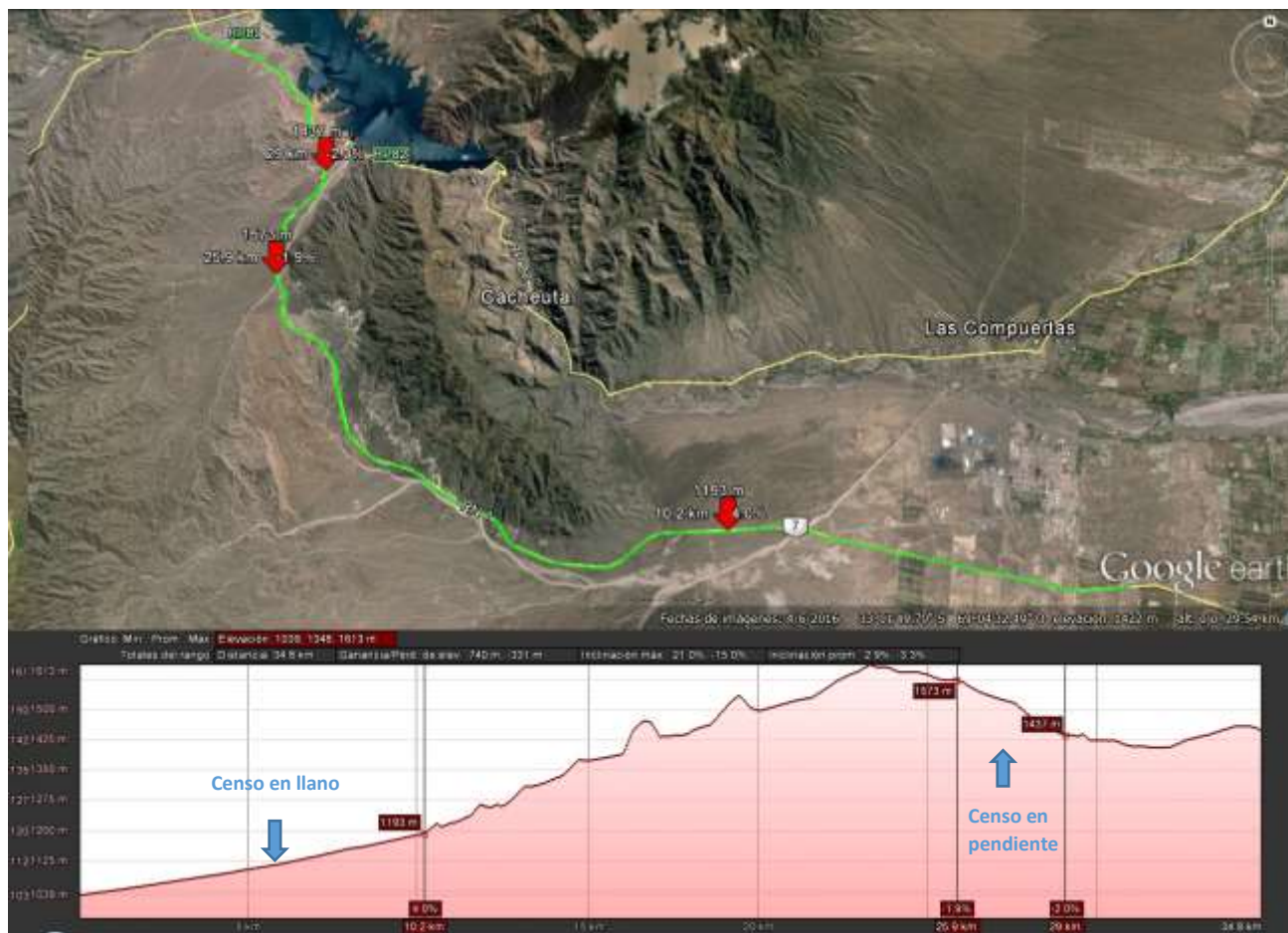
Anexo I

PUNTOS DE MEDICIÓN

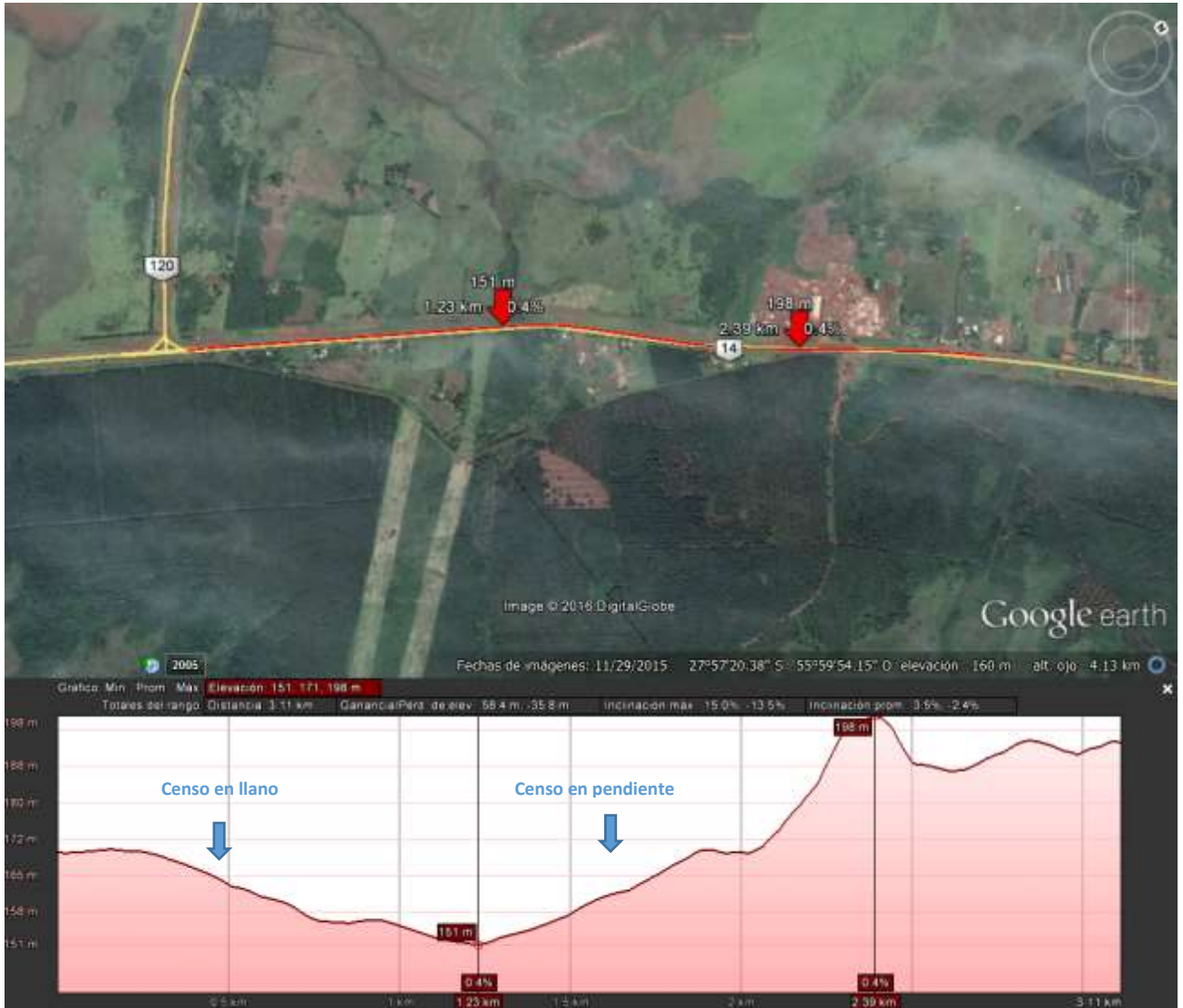
RN3 (Km 3014-3017) T.del Fuego	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	315	140	175	4,9%
distancia (km)	4,91	8,49	3,58	



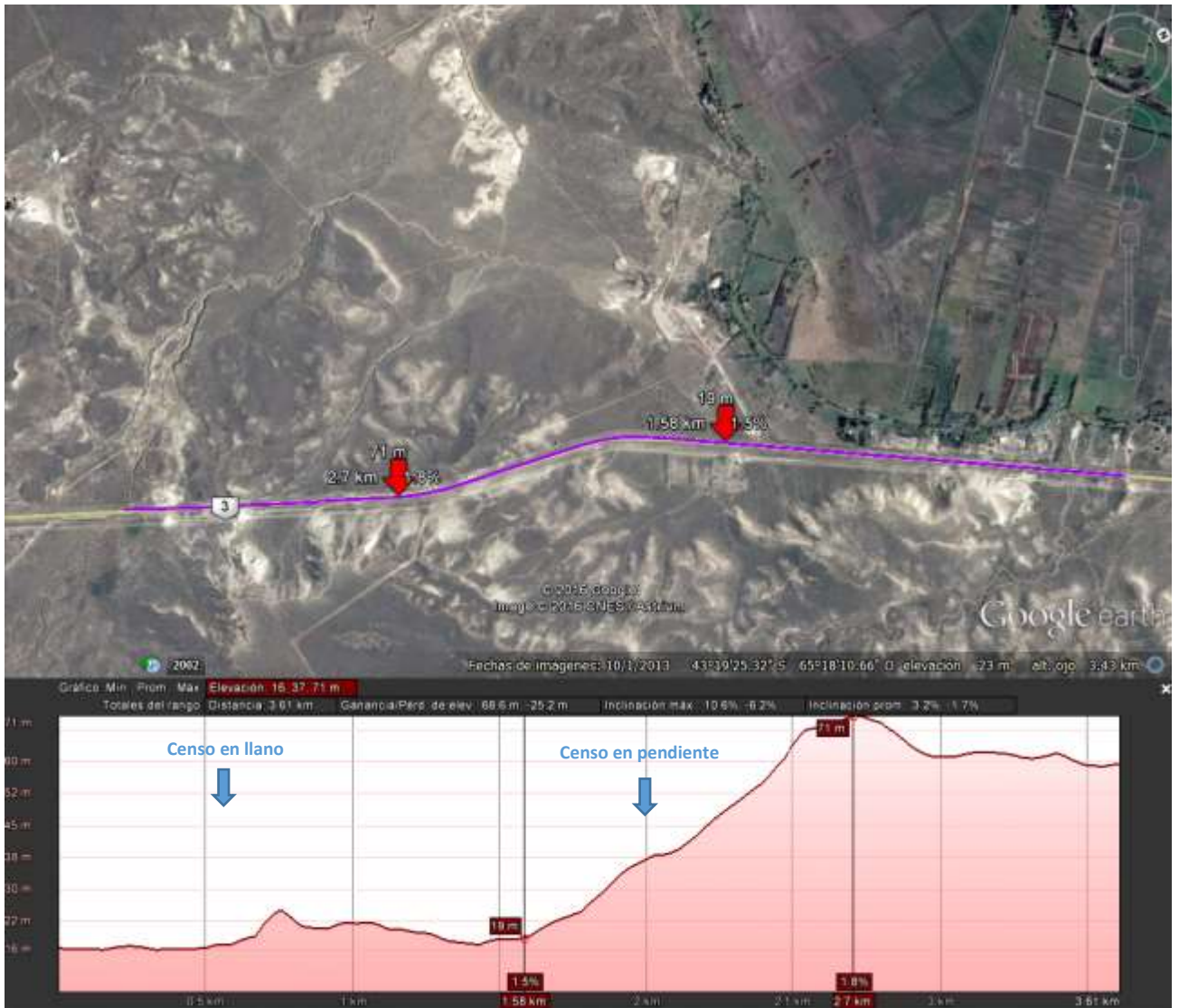
RN7 (Km 1085-1093) Mendoza	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	1574	1437	137	5 %
distancia (km)	26	29	3	



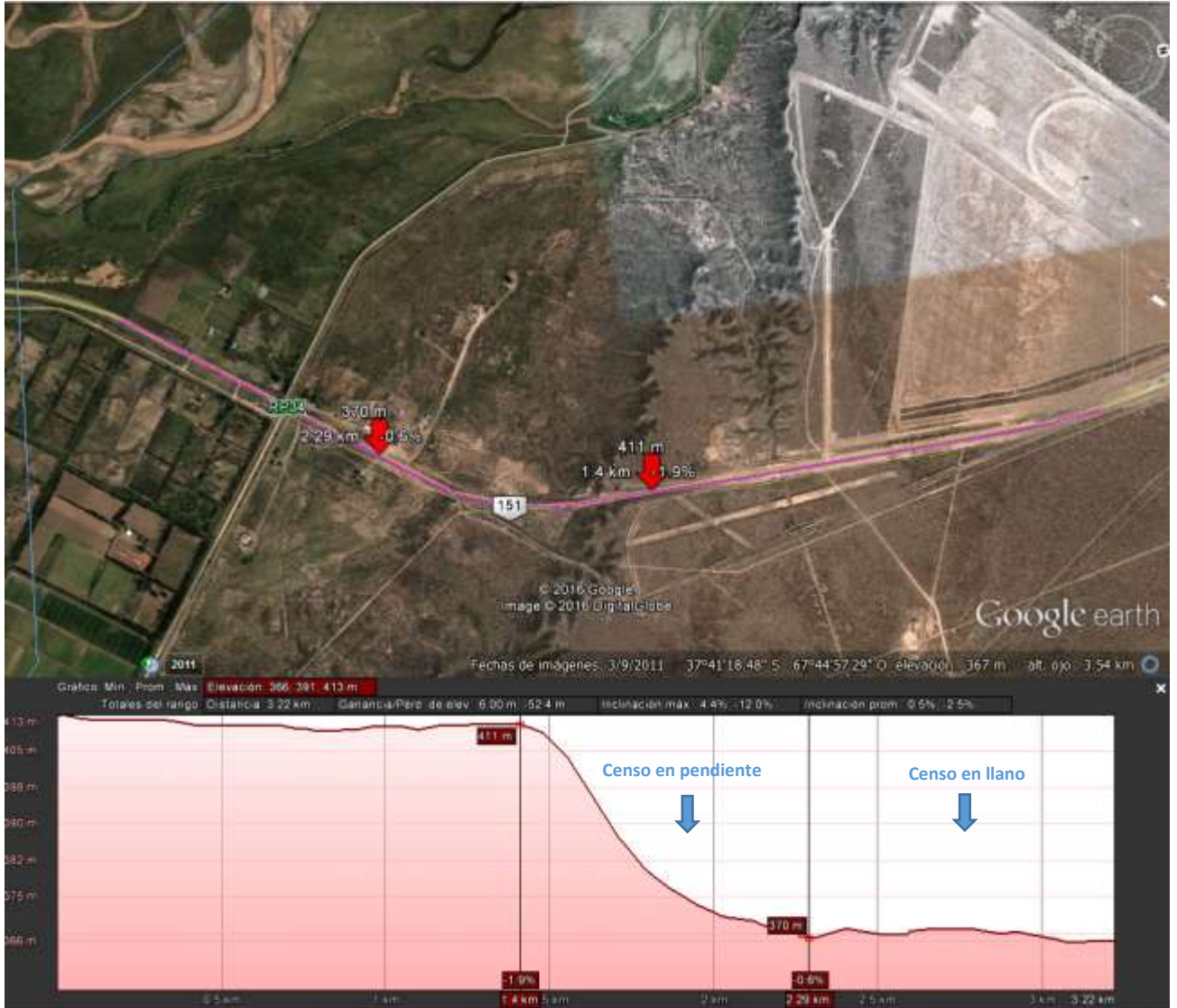
RN14 (Km 756-759) Corrientes	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	151	198	-47	4%
distancia (km)	1,23	2,39	1,16	



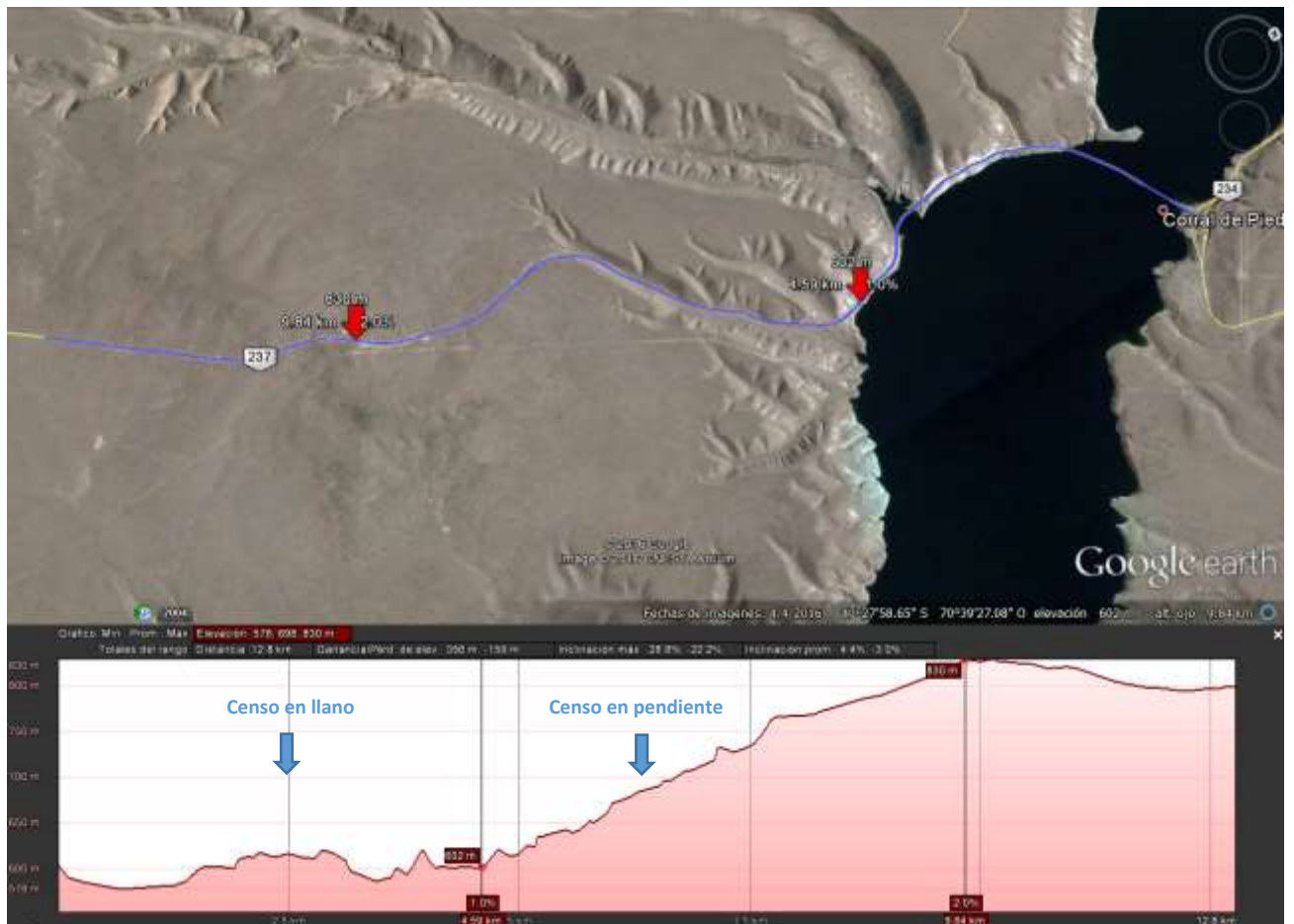
RN3 (Km 756-759) Chubut	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	18	71	-53	5 %
distancia (km)	1,58	2,7	1,12	



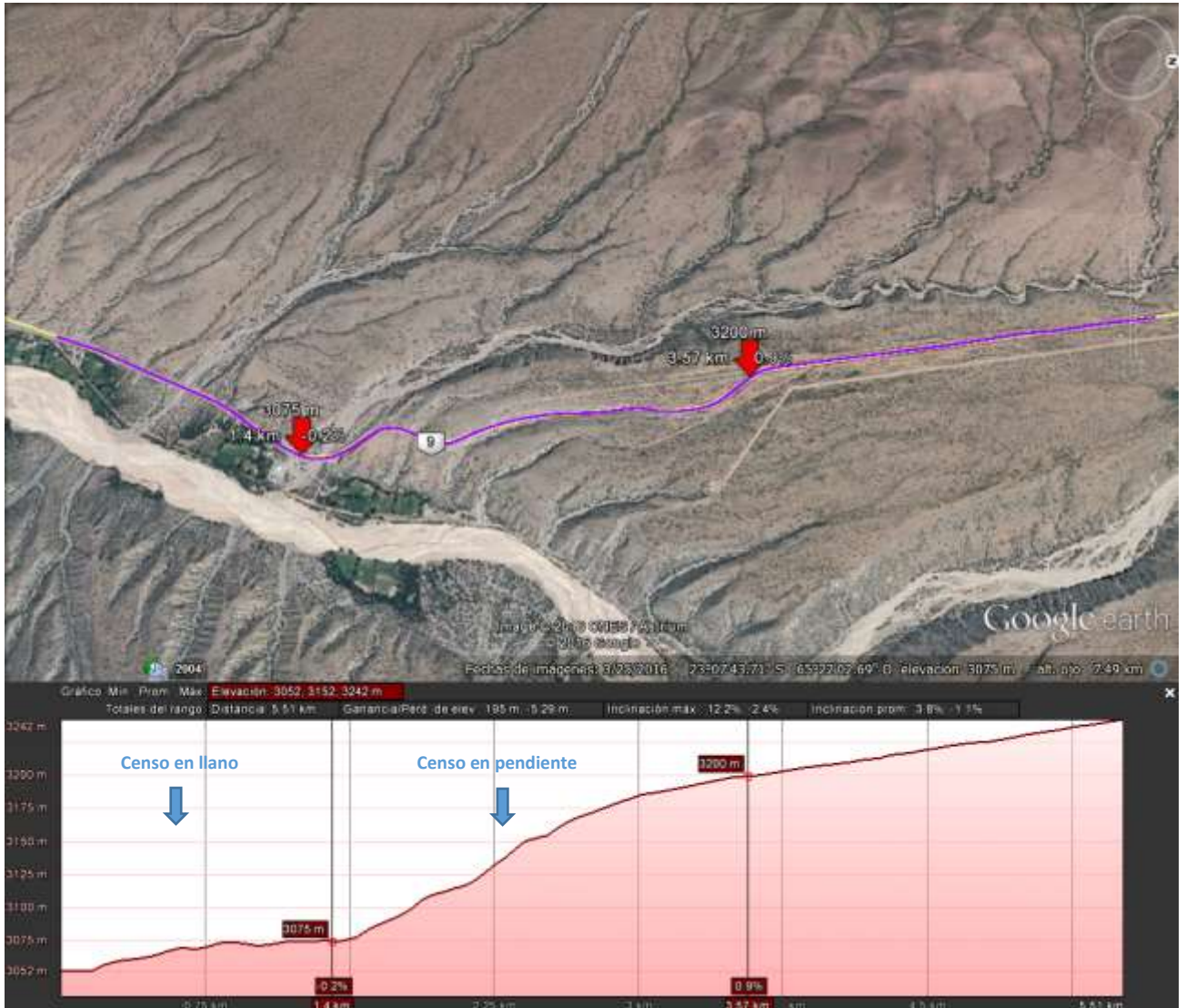
RN151 (Km 154-157) La Pampa	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	370	410	-40	4%
distancia (km)	2,3	1,4	-0,9	



RN237 (Km 1506-1519) Neuquén	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	602	830	-228	4%
distancia (km)	4,52	9,84	5,32	



RN9 (Km 1824-1829) Jujuy	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	3075	3200	-125	6 %
distancia (km)	1,45	3,57	2,12	



RN38 (Km 636-668) Jujuy	P1	P2	Diferencia	Pendiente
altura (m)	927	1156	-229	6%
distancia (km)	2,4	6,21	3,81	

