



TEMA: Diseño de Vías para una Movilidad más segura

SUB-TEMA: Diseño de Infraestructuras más seguras

**Ajuste de Parámetros en Modelo de Predicción de Accidentes Viales
del HSM (2010) para Argentina**

Ings. BERARDO, María G.; FREIRE, Rodolfo G.; MARCHESINI Paula
TARTABINI, Mauro I.; VANOLI, Gustavo D.

Cátedra Transporte II – F.C.E.F. y N. - Universidad Nacional de Córdoba.

Dirección: Corro 142 , 6to. "A" (CP 5.000) Córdoba – República Argentina

Teléfono: 0054 - 0351 – 5988814.- e-mail: teteberardo@gmail.com

1.- Resumen

Debido al erróneo predominio de fallas del conductor en la ocurrencia de accidentes, desde siempre se han considerado prioritarias las medidas tendientes a modificar la conducta del conductor, desestimando que los errores habituales del conductor se traducen en accidentes con víctimas, cuando las circunstancias de la vía y el vehículo lo permiten.

En Argentina, todas las acciones de seguridad vial están orientadas a modificar la conducta humana, lo cual es acertado, pero no suficiente. Las actuaciones sobre la infraestructura tienen un gran potencial de reducción en la cantidad y severidad de accidentes.

El objetivo del presente trabajo es obtener un modelo de predicción de accidentes para definir las acciones necesarias sobre los caminos en Argentina para minimizar las consecuencias de los accidentes, a partir del ajuste del modelo de predicción de accidentes del Highway Safety Manual de la AASHTO (2010), que utilizó estadísticas de accidentes de tránsito provenientes principalmente de los Estados Unidos y en menor proporción en Noruega y Suiza, cuyas condiciones locales y geográficas son muy diferentes a las de Argentina.

La calibración se realizó para rutas rurales de dos carriles indivisos por ser la tipología predominante en Argentina. Se trabajó sobre tramos de Rutas Nacionales Nº 9, 19 y 36, dentro de la provincia de Córdoba (Argentina), con la intención de emplear en el futuro el procedimiento utilizado con datos de otros lugares, para extender su aplicación.

Se analizó la incidencia de los factores de modificación de accidentes CMFi en la frecuencia de accidentes, así como los resultados obtenidos en la determinación del factor de calibración de accidentes Cr, para las tres rutas estudiadas.

Se extraen conclusiones y se efectúan recomendaciones sobre la metodología de aplicación del modelo de predicción de accidentes a la realidad local.

2.- Modelo Predictivo de Accidentes del HSM 2010

La estimación de accidentes propuesta por el Highway Safety Manual (2010) consta de algoritmos que predicen la frecuencia promedio y distribución de accidentes en carreteras rurales de dos carriles, rurales multicarril y en arteriales urbanas y suburbanas.

Dicha estimación puede ser realizada para condiciones existentes (tal el caso analizado en el presente trabajo), nuevas alternativas o nuevos diseños de la vía. Esto permite que el método pueda ser utilizado como herramienta para la evaluación y comparación de la frecuencia promedio esperada de accidentes en diversas situaciones, tales como el impacto en la seguridad de elementos de infraestructura dados los volúmenes de tránsito pasados o futuros, o diseños de infraestructura alternativos, o la efectividad estimada de la aplicación de contramedidas, entre otros.

El método se aplica para un período de tiempo y volumen del tránsito determinados y para ciertas características geométricas de la carretera (que deben permanecer sin cambios durante el periodo de análisis).

El Highway Safety Manual (HSM) realiza una distinción entre segmentos de camino e intersecciones, para lo cual presenta modelos predictivos separados, pero la fórmula genérica del modelo predictivo para ambos casos consta de tres elementos: a) *Función de Performance de Seguridad* (N_{spf} , donde “spf” viene del inglés *Safety Performance Function*), b) Factores de Modificación de Accidentes (CMF_{ix}) y c) Factor de calibración (C_x).

Esta fórmula genérica se expresa de la siguiente manera:

$$N_{\text{predicted}} = N_{\text{spf}} \cdot (CMF_{1x} \cdot CMF_{2x} \cdot CMF_{3x} \cdot \dots \cdot CMF_{yx}) \cdot C_x [1]$$

donde:

$N_{\text{predicted}}$:	predicción de frecuencia de accidentes para un sitio tipo “x” en un año específico (accidentes/año)
$N_{\text{spf } x}$:	predicción de frecuencia promedio de accidentes para condiciones “base” de un sitio tipo “x” ¹
$CMF_{1x} \dots CMF_{yx}$:	factores de modificación de accidentes específicos para sitios tipo “x”
C_x :	factor de calibración de ajuste a condiciones locales para sitios tipo “x”

¹ La estimación de las SPF proviene de modelos de regresión múltiple realizados en base a datos de accidentes observados durante un periodo de años determinado en sitios similares cubriendo un amplio rango de TMDA.

Se le llama condiciones “base” a la situación y/o magnitud de las características geométricas y de control de tránsito de los sitios que fueron utilizados para realizar los modelos de regresión. Para una carretera rural de dos carriles indivisos por ejemplo, algunas de las condiciones “base” son un ancho de carril de 3,65 m, un ancho y tipo de banquina de 1,8 m pavimentada, una densidad de accesos de 5 por milla, entre otras. Las intersecciones, así como los otros tipos de carretera, responden a otras condiciones “base” distintas. Los sitios bajo análisis rara vez presentarán estas condiciones “base”, por ello, mediante los CMF se “ajustan” los modelos predictivos a las condiciones dadas.

Cabe notar que las condiciones “base” no representan de modo alguno las condiciones de la infraestructura “más seguras” o “mejores”. Simplemente responden a las características de sitios similares en base a los cuales se elaboraron los modelos de regresión.

2.1. Función de Performance de Seguridad

Las Funciones de Performance de Seguridad son ecuaciones de regresión que estiman la frecuencia promedio de accidentes para un sitio dado (con ciertas condiciones base) en función del TMDA, y en el caso de los segmentos de carretera, también en función de la longitud de los mismos. Estas funciones estiman la frecuencia promedio de accidentes en general, pero el método permite separar por tipo de accidente y nivel de lesión.

El HSM ofrece Funciones de Performance de Seguridad para tres tipos de caminos; carreteras rurales de dos carriles, rurales multicarril y en arteriales urbanas y suburbanas. Y para ellos, realiza la distinción entre segmentos (divididos o indivisos) e intersecciones (semaforizadas y sin semáforos).

El presente trabajo se enfoca en segmentos de caminos rurales bidireccionales de dos carriles. Para estos, la Función de Performance de Seguridad está dada por la siguiente ecuación (aplicable para un TMDA entre 0 y 17.800 veh/día):

$$N_{\text{spf rs}} = \text{TMDA} \cdot L \cdot 365 \cdot 10^{-6} \cdot e^{(-0,312)} \quad [2]$$

donde:

$N_{\text{spf rs}}$: predicción de frecuencia total de accidentes para segmentos rurales bidireccionales de dos carriles en condiciones “base”

TMDA: tránsito medio diario anual (veh/día)

L: longitud del segmento de camino (millas)

Las “condiciones base” para un segmento de camino bidireccional de dos trochas indivisas, se detallan en la siguiente Tabla:

Tabla 1. Condiciones base para segmento de camino bidireccional de dos trochas indivisas

Fuente: Highway Safety Manual 2010. 1st Edition. Vol 2. Cap 10.

Ancho de carril	3,65 m
Ancho de banquina	1,80 m
Tipo de banquina	pavimentada
Curvatura horizontal	No
Variación de peralte	<0,01
Pendiente longitudinal	<3%
Densidad de accesos	5/mi
Banda central sonora	No
Carriles de sobrepaso	No
Carriles de giro izquierda bidireccionales	No
Índice de peligrosidad del costado del camino	3
Iluminación	No
Regulación de velocidad automatizada	No

2.2. Factores de Modificación de Accidentes

Los factores de modificación de accidentes (CMF) se utilizan para ajustar la estimación de la frecuencia de accidentes (dada por Función de Performance de Seguridad - Ecuación [2]) a las características individuales del sitio en estudio.

Específicamente, los CMF representan el cambio relativo en la frecuencia de accidentes debido a la variación de una condición dada, quedando constantes todas las otras condiciones y características del sitio.

Los CMF para las condiciones base de cada Función de Performance de Seguridad tienen un valor de 1. Cuando una o más condiciones del sitio en estudio difieren de las de base, los CMF pueden tomar valores mayores o menores a 1, dependiendo si esa característica particular está asociada a una mayor o menor frecuencia de accidentes.

En el caso de los segmentos de camino bidireccional de dos trochas indivisas, los CMF son los que se detallan a continuación:

CMF₁= Por ancho de carril

CMF₂= Por ancho y tipo de banquina

CMF₃= Curvas horizontales (longitud, radio, transición)

CMF₄= Curvas horizontales (peralte)

CMF₅= Pendiente

CMF₆= Densidad de Accesos

CMF₇= Existencia de Banda Sonora

CMF₈= Existencia de Carril de Adelantamiento

CMF₉= Existencia de carril para giro a la izquierda

CMF₁₀= Costados del Camino (Indices de Peligrosidad)

CMF₁₁= Iluminación

CMF₁₂= Existencia de Control de Velocidad Automático

2.3. Factor de Calibración de Accidentes (Cr)

Las frecuencias de accidentes en segmentos o intersecciones similares pueden variar de una zona a otra debido a las diferencias en clima, población de conductores, distintos umbrales de registro de accidentes y prácticas de registro de accidentes. Por ello, para compensar estas diferencias se incluye un factor de calibración de accidentes (Cr) que considera las condiciones locales y/o geográficas del sitio en estudio.

El HSM (2010) sugiere que para obtener un valor adecuado de Cr se utilice una muestra de 30 a 50 sitios, los cuales deben sumar 100 accidentes (independientemente de la severidad) por año como mínimo (total de todos los sitios) y tener una longitud mínima recomendada de cada sitio de 160 metros (0,1 millas), suficiente para representar adecuadamente las condiciones físicas y de seguridad del lugar en proceso de calibración.

El HSM (2010) también recomienda que para aquellas regiones donde se observan diferencias topográficas y climáticas apreciables, se determine un factor para cada tipo de terreno o región geográfica.

El factor de calibración Cr (en este caso, para segmentos de dos carriles indivisos) se obtiene como el cociente entre la sumatoria de la frecuencia de accidentes observada para todos los sitios de la muestra y la sumatoria de la frecuencia de accidentes esperada en los mismos sitios.

$$Cr = \sum N_{obs} / \sum N_{pred} \quad [3]$$

Para el cálculo de la frecuencia de accidentes esperada N_{pred} para cada uno de los sitios en estudio se calculan los CMF correspondientes y se asume un Cr igual a uno.

3.- Metodología de Trabajo

La metodología propuesta por el HSM (2010), en la Parte C, Capítulo 10, Sección 10.4, para caminos de dos trochas indivisas, se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Definir los límites de la vía a considerar en la estimación.
2. Definir el período de interés.

Dado que se trata de una infraestructura existente, el modelo propone que se adopte el período para el cual hay datos de accidentes disponibles, Se trabajó entonces con datos de accidentes de tres años en cada ruta (únicos años con datos "completos" que se obtuvieron)

3. Obtener TMDA (datos oficiales de la Dirección Nacional de Vialidad)

Para Rutas Nacionales N° 9, 19 y 36 en correspondencia con cada año de datos de accidentes disponibles.

4. Determinar características geométricas y de control para todos los sitios en estudio.
 - a. Longitud del segmento
 - b. TMDA
 - c. Ancho de calzada
 - d. Ancho de banquina
 - e. Tipo de banquina
 - f. Presencia o ausencia de curva
 - i. Longitud de la curva horizontal, incluyendo espiral
 - ii. Radio
 - iii. Presencia o ausencia de espiral
 - iv. Peralte
 - g. Pendiente (en %)
 - h. Densidad de accesos/entradas en ambos lados de calzada (N° por milla)
 - i. Presencia o ausencia de bandas sonoras centrales
 - j. Presencia o ausencia de carril de sobrepaso
 - k. Presencia o ausencia de sección corta de 4 carriles
 - l. Presencia o ausencia de un carril de giro (ambos sentidos) a izquierda
 - m. Índice de peligrosidad
 - n. Presencia o ausencia de iluminación
 - o. Presencia o ausencia de control automático de velocidad
5. Dividir la vía en sitios (segmentos homogéneos e intersecciones)

3.1. Rutas y Tramos de Análisis

Tanto las rutas como los tramos de análisis se seleccionaron considerando los siguientes aspectos en conjunto: características topográficas generales (llano y/u ondulado suave), similitud de sección transversal tipo, disponibilidad y cantidad (mayor) de datos de tránsito y

accidentes, así como su proximidad a la ciudad de Córdoba con el objeto de facilitar la accesibilidad a los mismos, para la eventual verificación de ciertas variables en campo.

En función de las variables relacionadas mencionadas previamente, se seleccionaron las siguientes rutas nacionales dentro de la provincia de Córdoba (Figura 1) para su análisis:

- Ruta Nacional N°9 (S): tramo de 49 km ubicados al Sureste de la ciudad de Córdoba, entre Oliva (prog. 611) y Pilar (prog. 660), con un TMDA entre 3.962 y 6.200.
- Ruta Nacional N°19: tramo de 55 km ubicados al Este de la ciudad de Córdoba, entre Arroyito (prog. 225) y Río Primero (prog. 280), con un TMDA entre 3.649 y 4.113.
- Ruta Nacional N°36: tramo de 56 km ubicados al Sur de la ciudad de Córdoba, entre Las Bajadas (prog. 728) e Intersección con RP C-45 (prog. 784), con un TMDA entre 3.650 y 5.300.

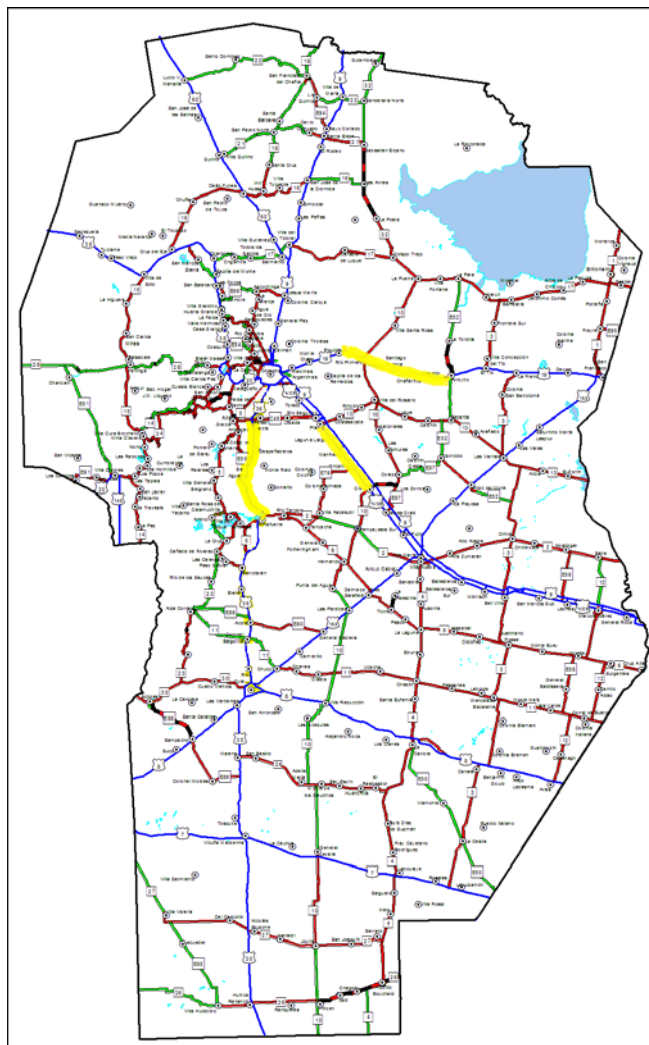


Figura 1: Ubicación de los tramos de rutas nacionales bajo análisis.

Fuente: Elaboración propia.

Para cada uno de los tramos descritos previamente, se identificó la siguiente información:

- Datos geométricos
- Datos de tránsito y accidentes

3.1.1. Datos de Geometría

Los datos geométricos necesarios son: anchos de carril, izquierdo y derecho (en metros), anchos de banquina izquierda y derecha (en metros), curvatura (en Radio de curvatura en metros y Longitud de la curva incluida espiral si hubiere), pendiente longitudinal (en %) y existencia o ausencia de TWLT (carril de giro a izquierda bidireccional).

- Para definir los anchos de carriles, se utilizó el Código de Tramos de la Dirección Nacional de Vialidad.
- Para determinar los anchos de banquina, a partir de los ejes de las rutas en estudio extraídas del programa MapSource, se tomaron medidas aproximadas en cada kilómetro, con la herramienta de medición del programa Google Earth sobre las imágenes satelitales.
- Los radios de las curvas horizontales se determinaron aproximando curvas según imágenes satelitales, probando con sucesivos círculos en el programa AutoCad hasta encontrar coincidencia y luego se midió la longitud.
- Para la determinación de la pendiente longitudinal se extrajeron curvas de nivel del Google Earth y se armó un modelo en 3D. Con esta superficie se realizó un perfil longitudinal, con el cual se midieron las pendientes en cada kilómetro.
- La observación de las imágenes satelitales permitió determinar la existencia o ausencia de carriles de giro a la izquierda bidireccionales.

Los datos de diseño geométrico requeridos para la calibración de cada tramo analizado, se resumen en las siguientes Tablas.

Tabla 1. Datos geométricos por km, RN N°9

Ruta	N°Tramo	Long [km]	Long [millas]	Progresivas			Carril [m]		Banquina grav. [m]		Curvatura		Pend [%]	TWLT
				desde	hasta	Km	Izq.	Der.	Izq.	Der.	R [m]	L [m]		
9	1	1	0,621	611	612	1	3,65	3,65	3,0	3,0	184	56	0,18	No
											135	34		
9	2	1	0,621	612	613	1	3,65	3,65	3,0	2,5	-	-	0,15	No
9	3	1	0,621	613	614	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,15	No
9	4	1	0,621	614	615	1	3,65	3,65	4,0	4,0	-	-	0,12	No
9	5	1	0,621	615	616	1	3,65	3,65	3,0	5,0	-	-	0,12	No
9	6	1	0,621	616	617	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,11	No
9	7	1	0,621	617	618	1	3,65	3,65	3,0	3,5	-	-	0,1	No
9	8	1	0,621	618	619	1	3,65	3,65	3,0	3,5	-	-	0,13	No
9	9	1	0,621	619	620	1	3,65	3,65	2,5	3,5	-	-	0,14	No
9	10	1	0,621	620	621	1	3,65	3,65	4,0	4,0	-	-	0,14	No
9	11	1	0,621	621	622	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,07	No
9	12	1	0,621	622	623	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,09	No
9	13	1	0,621	623	624	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,05	No
9	14	1	0,621	624	625	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,07	No
9	15	1	0,621	625	626	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,12	No
9	16	1	0,621	626	627	1	3,65	3,65	2,0	2,0	181	72	0,12	No
											222	47		
9	17	1	0,621	627	628	1	3,65	3,65	2,0	2,0	-	-	0,12	No
9	18	1	0,621	628	629	1	3,65	3,65	2,0	2,0	119	39	0,15	No
											171	81		
9	19	1	0,621	629	630	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,2	No
9	20	1	0,621	630	631	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,09	No
9	21	1	0,621	631	632	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,13	No
9	22	1	0,621	632	633	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,13	No
9	23	1	0,621	633	634	1	3,65	3,65	4,0	4,0	-	-	0,13	No
9	24	1	0,621	634	635	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,13	No
9	25	1	0,621	635	636	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,14	No
9	26	1	0,621	636	637	1	3,65	3,65	3,0	3,0	333	78	0,06	No
											322	101		
9	27	1	0,621	637	638	1	3,65	3,65	2,0	2,0	203	90	0,09	No
9	28	1	0,621	638	639	1	3,65	3,65	3,0	3,0	163	59	0,07	No
9	29	1	0,621	639	640	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,03	No
9	30	1	0,621	640	641	1	3,65	3,65	4,0	3,0	-	-	0,05	No
9	31	1	0,621	641	642	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,07	No
9	32	1	0,621	642	643	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,16	No
9	33	1	0,621	643	644	1	3,65	3,65	4,0	4,0	-	-	0,19	No
9	34	1	0,621	644	645	1	3,65	3,65	4,0	4,0	-	-	0,14	No
9	35	1	0,621	645	646	1	3,65	3,65	3,0	3,0	273	87	0,16	No
											221	54		
9	36	1	0,621	646	647	1	3,65	3,65	3,0	4,0	154	64	0,25	No
9	37	1	0,621	647	648	1	3,65	3,65	3,0	4,0	149	63	0,18	No
9	38	1	0,621	648	649	1	3,65	3,65	3,5	3,5	-	-	0,34	No
9	39	1	0,621	649	650	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,26	No
9	40	1	0,621	650	651	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,22	No
9	41	1	0,621	651	652	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,22	No
9	42	1	0,621	652	653	1	3,65	3,65	3,5	4,0	-	-	0,17	No
9	43	1	0,621	653	654	1	3,65	3,65	2,0	2,0	-	-	0,08	No
9	44	1	0,621	654	655	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,14	No
9	45	1	0,621	655	656	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,05	No
9	46	1	0,621	656	657	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,17	No
9	47	1	0,621	657	658	1	3,65	3,65	3,0	3,0	118	92	0,16	No
9	48	1	0,621	658	659	1	3,65	3,65	4,0	4,0	146	96	0,14	No
9	49	1	0,621	659	660	1	3,65	3,65	4,0	4,0	-	-	0,25	No
		49												

Tabla 2. Datos geométricos por km, RN N°19

Ruta	N°Tramo	Long [km]	Long [millas]	Progresivas			Carril [m]		Banquina grav. [m]		Curvatura		Pend [%]	TWLT
				desde	hasta	Km	Izq.	Der.	Izq.	Der.	R [m]	L [m]		
19	1	1	0,621	225	226	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,21	No
19	2	1	0,621	226	227	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,24	No
19	3	1	0,621	227	228	1	3,35	3,35	3,00	3,00			0,21	No
19	4	1	0,621	228	229	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,15	No
19	5	1	0,621	229	230	1	3,35	3,35	4,00	4,00	1050	500	0,23	No
19	6	1	0,621	230	231	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,19	No
19	7	1	0,621	231	232	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,15	No
19	8	1	0,621	232	233	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,12	No
19	9	1	0,621	233	234	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,02	No
19	10	1	0,621	234	235	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,13	No
19	11	1	0,621	235	236	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,14	No
19	12	1	0,621	236	237	1	3,35	3,35	3,00	3,00	125	165	0,15	No
19	13	1	0,621	237	238	1	3,35	3,35	2,50	2,50	130	183	0,16	No
19	14	1	0,621	238	239	1	3,35	3,35	2,50	2,50	140	133	0,15	No
											200	181		
19	15	1	0,621	239	240	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,20	No
19	16	1	0,621	240	241	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,04	No
19	17	1	0,621	241	242	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,04	No
19	18	1	0,621	242	243	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,13	No
19	19	1	0,621	243	244	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,13	No
19	20	1	0,621	244	245	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,15	No
19	21	1	0,621	245	246	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,21	No
19	22	1	0,621	246	247	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,21	No
19	23	1	0,621	247	248	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,15	No
19	24	1	0,621	248	249	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,16	No
19	25	1	0,621	249	250	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,23	No
19	26	1	0,621	250	251	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,23	No
19	27	1	0,621	251	252	1	3,35	3,35	4,00	4,00	174	72	0,20	No
											144	76		
											131	76		
19	28	1	0,621	252	253	1	3,35	3,35	4,00	4,00	175	88	0,15	No
19	29	1	0,621	253	254	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,15	No
19	30	1	0,621	254	255	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,18	No
19	31	1	0,621	255	256	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,24	No
19	32	1	0,621	256	257	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,18	No
19	33	1	0,621	257	258	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,21	No
19	34	1	0,621	258	259	1	3,35	3,35	4,00	4,00	176	78	0,25	No
											170	55		
19	35	1	0,621	259	260	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,26	No
19	36	1	0,621	260	261	1	3,35	3,35	3,00	3,00	310	87	0,19	No
											297	84		
19	37	1	0,621	261	262	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,19	No
19	38	1	0,621	262	263	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,17	No
19	39	1	0,621	263	264	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,16	No
19	40	1	0,621	264	265	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,20	No
19	41	1	0,621	265	266	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,19	No
19	42	1	0,621	266	267	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,20	No
19	43	1	0,621	267	268	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,26	No
19	44	1	0,621	268	269	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,20	No
19	45	1	0,621	269	270	1	3,35	3,35	4,00	4,00	231	101	0,13	No
											214	79		
19	46	1	0,621	270	271	1	3,35	3,35	4,50	4,50	258	116	0,13	No
19	47	1	0,621	271	272	1	3,35	3,35	4,00	4,00	232	110	0,14	No
19	48	1	0,621	272	273	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,01	No
19	49	1	0,621	273	274	1	3,35	3,35	4,00	4,00	986	511	0,08	No
19	50	1	0,621	274	275	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,12	No
19	51	1	0,621	275	276	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,06	No
19	52	1	0,621	276	277	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,05	No
19	53	1	0,621	277	278	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,11	No
19	54	1	0,621	278	279	1	3,35	3,35	4,00	4,00			0,12	No
19	55	1	0,621	279	280	1	3,35	3,35	3,50	3,50			0,10	No
		55												

Tabla 3. Datos geométricos por km, RN N°36

Ruta	N°Tramo	Long [km]	Long [millas]	Progresivas			Carril [m]		Banquina grav. [m]		Curvatura		Pend [%]	TWLT
				desde	hasta	Km	Izq.	Der.	Izq.	Der.	R [m]	L [m]		
36	1	1	0,621	728	729	1	3,35	3,35	3,0	3,0	1170	87	1,10	No
											648	129		
36	2	1	0,621	729	730	1	3,35	3,35	2,5	2,5	545	121	0,63	No
36	3	1	0,621	730	731	1	3,35	3,35	3,0	2,5	395	175	0,63	No
											1271	171		
36	4	1	0,621	731	732	1	3,35	3,35	3,0	3,0	2244	217	0,15	No
36	5	1	0,621	732	733	1	3,35	3,35	3,0	3,0	2320	99	0,79	No
36	6	1	0,621	733	734	1	3,35	3,35	3,0	2,5	2799	107	0,79	No
36	7	1	0,621	734	735	1	3,35	3,35	3,0	3,0	1989	133	0,79	No
36	8	1	0,621	735	736	1	3,35	3,35	3,0	3,0	525	351	0,79	No
36	9	1	0,621	736	737	1	3,35	3,35	3,0	3,5	305	448	0,79	No
36	10	1	0,621	737	738	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,79	No
36	11	1	0,621	738	739	1	3,35	3,35	3,5	2,5	-	-	0,79	No
36	12	1	0,621	739	740	1	3,35	3,35	2,5	2,5	-	-	0,31	No
36	13	1	0,621	740	741	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	1,56	No
36	14	1	0,621	741	742	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	1,30	No
36	15	1	0,621	742	743	1	3,35	3,35	3,0	2,5	304	334	0,10	No
36	16	1	0,621	743	744	1	3,35	3,35	3,5	2,5	322	174	0,10	No
											321	255		
36	17	1	0,621	744	745	1	3,35	3,35	2,0	2,0	298	268	0,41	No
											125	112		
36	18	1	0,621	745	746	1	3,35	3,35	2,5	2,5	-	-	0,41	No
36	19	1	0,621	746	747	1	3,35	3,35	3,0	3,0	501	458	0,88	No
36	20	1	0,621	747	748	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,27	No
36	21	1	0,621	748	749	1	3,35	3,35	3,0	3,0	1086	184	0,27	No
36	22	1	0,621	749	750	1	3,35	3,35	2,5	2,5	-	-	0,27	No
36	23	1	0,621	750	751	1	3,35	3,35	2,5	2,5	-	-	0,27	No
36	24	1	0,621	751	752	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,46	No
36	25	1	0,621	752	753	1	3,35	3,35	3,0	3,0	956	543	0,46	No
36	26	1	0,621	753	754	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,91	No
36	27	1	0,621	754	755	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	1,00	No
36	28	1	0,621	755	756	1	3,35	3,35	3,0	3,0	812	279	1,29	No
36	29	1	0,621	756	757	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	1,29	No
36	30	1	0,621	757	758	1	3,35	3,35	3,0	3,5	-	-	1,37	No
36	31	1	0,621	758	759	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,79	No
36	32	1	0,621	759	760	1	3,35	3,35	3,0	3,0	2383	205	0,79	No
36	33	1	0,621	760	761	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,79	No
36	34	1	0,621	761	762	1	3,35	3,35	3,0	3,0	769	172	0,50	No
36	35	1	0,621	762	763	1	3,35	3,35	3,0	3,0	1088	314	0,50	No
36	36	1	0,621	763	764	1	3,35	3,35	3,0	3,0	-	-	0,50	No
36	37	1	0,621	764	765	1	3,35	3,35	3,0	3,0	1222	69	0,50	No
36	38	1	0,621	765	766	1	3,35	3,35	2,5	2,5	473	65	0,50	No
											1319	96		
											634	215		
36	39	1	0,621	766	767	1	3,35	3,35	3,0	3,0	375	209	0,50	No
											394	249		
36	40	1	0,621	767	768	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,50	No
36	41	1	0,621	768	769	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,19	No
36	42	1	0,621	769	770	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,19	No
36	43	1	0,621	770	771	1	3,50	3,50	3,0	3,0	1494	283	0,39	No
36	44	1	0,621	771	772	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,39	No
36	45	1	0,621	772	773	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,39	No
36	46	1	0,621	773	774	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,47	No
36	47	1	0,621	774	775	1	3,50	3,50	3,5	3,5	2205	263	0,47	No
36	48	1	0,621	775	776	1	3,50	3,50	3,5	3,5	2013	302	0,37	No
36	49	1	0,621	776	777	1	3,50	3,50	3,5	3,5	-	-	0,37	No
36	50	1	0,621	777	778	1	3,50	3,50	3,5	3,5	-	-	0,40	No
36	51	1	0,621	778	779	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,40	No
36	52	1	0,621	779	780	1	3,50	3,50	3,0	3,0	-	-	0,63	No
36	53	1	0,621	780	781	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,63	No
36	54	1	0,621	781	782	1	3,65	3,65	3,0	3,0	1355	97	0,63	No
											465	87		
36	55	1	0,621	782	783	1	3,65	3,65	3,0	3,0	510	513	0,60	No
36	56	1	0,621	783	784	1	3,65	3,65	3,0	3,0	-	-	0,60	No

3.1.2. Datos de Tránsito y Accidentes

Una vez definidos los datos requeridos para cada tramo de análisis, se deben agregar los datos de tránsito medio diario anual (TMDA) y del número de accidentes observados. El HSM (2010) sugiere usar períodos de 3 años como máximo para la calibración.

Para la obtención de datos de accidentes registrados en las Rutas Nacionales N°9, 19 y 36, se contó con una base de datos que comprende el período entre los años 1994 a 2006, que fue facilitada por el OCCOVI (Órgano de Control de Concesiones Viales).

En las Tablas siguientes se indican el total de accidentes registrados durante los tres años seleccionados para cada ruta, por ser aquellos en los cuales se disponía de mayor continuidad y calidad en el registro.

Para la RN N°9 se consideraron los años 1994, 1995 y 1996 con datos de accidentes, ya que los restantes registraban muy pocos meses del año con información relevada, como por ejemplo en el caso de 1997 y 2005 donde faltaban 3 meses de datos y en 2004 donde faltaban 6 meses de registros.

Para la RN N°19 se consideraron los años 1996, 1997 y 1998 con datos de accidentes, ya que los restantes registraban muy pocos meses del año con información relevada, como por ejemplo en el caso de 1999 donde faltaban 3 meses de datos, en 2005 faltaban 4 meses y en 2000 y 2004 donde faltaban 6 meses de registros.

Para la RN N°36 se consideraron los años 1998, 2000 y 2005 con datos de accidentes, ya que los restantes registraban muy pocos meses del año con información relevada, como por ejemplo en el caso de 1996 y 1997 faltaban 8 meses de datos, en 1999 faltaban 3 meses, y en 2004 y 2006 faltaban 5 y 11 meses de registros respectivamente.

Tabla 4. Datos de tránsito y accidentes por km, RN N°9

Ruta	Progresivas			TMDA			Nº Accid. Observados			
	desde	hasta	Km	1994	1995	1996	1994	1995	1996	Total
9	611	612	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	612	613	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	613	614	1	4500	3962	6200	0	1	1	2
9	614	615	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	615	616	1	4500	3962	6200	0	1	1	2
9	616	617	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	617	618	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	618	619	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	619	620	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	620	621	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	621	622	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	622	623	1	4500	3962	6200	0	2	1	3
9	623	624	1	4500	3962	6200	1	0	1	2
9	624	625	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	625	626	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	626	627	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	627	628	1	4500	3962	6200	0	1	1	2
9	628	629	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	629	630	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	630	631	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	631	632	1	4500	3962	6200	0	0	3	3
9	632	633	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	633	634	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	634	635	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	635	636	1	4500	3962	6200	0	1	0	1
9	636	637	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	637	638	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	638	639	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	639	640	1	4500	3962	6200	1	1	1	3
9	640	641	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	641	642	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	642	643	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	643	644	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	644	645	1	4500	3962	6200	1	1	0	2
9	645	646	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	646	647	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	647	648	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	648	649	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	649	650	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	650	651	1	4500	3962	6200	0	1	1	2
9	651	652	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	652	653	1	4500	3962	6200	1	1	0	2
9	653	654	1	4500	3962	6200	0	0	1	1
9	654	655	1	4500	3962	6200	0	0	4	4
9	655	656	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	656	657	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	657	658	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
9	658	659	1	4500	3962	6200	1	2	0	3
9	659	660	1	4500	3962	6200	0	0	0	0
							5	19	22	46

Tabla 5. Datos de tránsito y accidentes por km, RN N°19

Ruta	Progresivas			TMDA			N° Accid. Observados			
	desde	hasta	Km	1996	1997	1998	1996	1997	1998	Total
19	225	226	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	226	227	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	227	228	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	228	229	1	3649	3700	4113	0	1	0	1
19	229	230	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	230	231	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	231	232	1	3649	3700	4113	1	2	1	4
19	232	233	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	233	234	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	234	235	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	235	236	1	3649	3700	4113	0	1	1	2
19	236	237	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	237	238	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	238	239	1	3649	3700	4113	0	1	0	1
19	239	240	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	240	241	1	3649	3700	4113	0	1	0	1
19	241	242	1	3649	3700	4113	1	0	0	1
19	242	243	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	243	244	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	244	245	1	3649	3700	4113	0	1	1	2
19	245	246	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	246	247	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	247	248	1	3649	3700	4113	0	1	1	2
19	248	249	1	3649	3700	4113	0	1	2	3
19	249	250	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	250	251	1	3649	3700	4113	0	1	0	1
19	251	252	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	252	253	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	253	254	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	254	255	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	255	256	1	3649	3700	4113	0	1	0	1
19	256	257	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	257	258	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	258	259	1	3649	3700	4113	0	1	0	1
19	259	260	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	260	261	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	261	262	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	262	263	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	263	264	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	264	265	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	265	266	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	266	267	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	267	268	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	268	269	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	269	270	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	270	271	1	3649	3700	4113	0	0	1	1
19	271	272	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	272	273	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	273	274	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	274	275	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	275	276	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	276	277	1	3649	3700	4113	2	0	0	2
19	277	278	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	278	279	1	3649	3700	4113	0	0	0	0
19	279	280	1	3649	3700	4113	1	6	3	10
							5	18	17	40

Tabla 6. Datos de tránsito y accidentes por km, RN N°36

Ruta	Progresivas			TMDA			Nº Accid. Observados			
	desde	hasta	Km	1998	2000	2005	1998	2000	2005	Total
36	728	729	1	4350	3800	3650	0	0	0	0
36	729	730	1	4350	3800	3650	1	1	3	5
36	730	731	1	4350	3800	3650	0	0	0	0
36	731	732	1	4350	3800	3650	0	0	0	0
36	732	733	1	4350	3800	3650	0	0	1	1
36	733	734	1	4350	3800	3650	1	0	0	1
36	734	735	1	4350	3800	3650	0	1	1	2
36	735	736	1	4350	3800	3650	2	0	1	3
36	736	737	1	4350	3800	3650	1	1	2	4
36	737	738	1	4350	3800	3650	1	1	0	2
36	738	739	1	4350	3800	3650	1	0	0	1
36	739	740	1	4350	3800	3650	0	0	1	1
36	740	741	1	4350	3800	3650	2	0	0	2
36	741	742	1	4350	3800	3650	0	0	2	2
36	742	743	1	4350	3800	3650	3	0	4	7
36	743	744	1	4350	3800	3650	2	2	0	4
36	744	745	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	745	746	1	4950	5094	5300	0	0	2	2
36	746	747	1	4950	5094	5300	0	0	0	0
36	747	748	1	4950	5094	5300	0	0	0	0
36	748	749	1	4950	5094	5300	1	1	3	5
36	749	750	1	4950	5094	5300	1	1	0	2
36	750	751	1	4950	5094	5300	0	3	0	3
36	751	752	1	4950	5094	5300	1	0	1	2
36	752	753	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	753	754	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	754	755	1	4950	5094	5300	1	0	0	1
36	755	756	1	4950	5094	5300	2	0	0	2
36	756	757	1	4950	5094	5300	0	0	0	0
36	757	758	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	758	759	1	4950	5094	5300	1	1	0	2
36	759	760	1	4950	5094	5300	1	0	1	2
36	760	761	1	4950	5094	5300	2	0	0	2
36	761	762	1	4950	5094	5300	1	1	0	2
36	762	763	1	4950	5094	5300	0	2	2	4
36	763	764	1	4950	5094	5300	1	2	0	3
36	764	765	1	4950	5094	5300	2	2	0	4
36	765	766	1	4950	5094	5300	1	4	0	5
36	766	767	1	4950	5094	5300	3	2	2	7
36	767	768	1	4950	5094	5300	1	1	3	5
36	768	769	1	4950	5094	5300	2	1	0	3
36	769	770	1	4950	5094	5300	1	1	0	2
36	770	771	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	771	772	1	4950	5094	5300	0	2	1	3
36	772	773	1	4950	5094	5300	0	0	0	0
36	773	774	1	4950	5094	5300	0	0	0	0
36	774	775	1	4950	5094	5300	1	0	1	2
36	775	776	1	4950	5094	5300	1	0	0	1
36	776	777	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	777	778	1	4950	5094	5300	1	0	0	1
36	778	779	1	4950	5094	5300	1	1	0	2
36	779	780	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	780	781	1	4950	5094	5300	0	1	0	1
36	781	782	1	4950	5094	5300	0	0	1	1
36	782	783	1	4950	5094	5300	2	0	1	3
36	783	784	1	4950	5094	5300				0
							42	39	33	114

4.- Resultados Obtenidos

En las Tablas siguientes, se muestran los valores obtenidos de la frecuencia de accidentes esperada (N_p) para los TMDA de los tres años en los que se obtuvieron datos de accidentes, para las tres rutas estudiadas. Se arribó a estos resultados considerando los segmentos rectos y los segmentos con curvas por separado, atendiendo que las características geométricas y de tránsito fueran similares, tal como se indicara en el apartado 2. La frecuencia de accidentes esperada para cada año y cada sitio se obtuvo según la fórmula [1], esto es $N_p = N_{spf} (CMF_1.CMF_2.CMF_3. CMF_y).Cr$, asumiendo un Cr igual a 1.

Tabla 7. Frecuencia de Accidentes Esperada (N_p), RN N° 9

Ruta	N°Tramo	Nº Accid. Observados				Np				DIF
		1994	1995	1996	TOTAL	1994	1995	1996	Np TOTAL	
RN9	1	0	0	1	1	2	2	3	7,071	6,1
RN9	1a									
RN9	2-15	1	9	7	17	10,063	8,859	13,864	32,786	15,8
RN9	16	0	0	1	1	2	2	3	6,529	5,5
RN9	16a									
RN9	17	0	1	1	2	1,076	0,967	1,407	3,449	1,4
RN9	18	0	0	0	0	3	2	3	8,092	8,1
RN9	18a									
RN9	19-25	0	3	3	6	5,031	4,430	6,932	16,393	10,4
RN9	26	0	0	0	0	0,980	0,863	1,350	3,193	3,2
RN9	26a	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000		
RN9	27	0	0	0	0	2,177	1,944	2,890	7,011	7,0
RN9	28	0	0	0	0	2,465	2,171	3,396	8,032	8,0
RN9	29-34	2	2	2	6	4,312	3,797	5,942	14,051	8,1
RN9	35	0	0	0	0	2	1	2	4,877	4,9
RN9	35a									
RN9	36	0	0	0	0	3,624	3,267	4,691	11,582	11,6
RN9	37	0	0	0	0	2,521	2,221	3,473	8,215	8,2
RN9	38-42	1	2	2	5	3,593	3,164	4,951	11,709	6,7
RN9	43	0	0	1	1	0,777	0,685	1,070	2,532	1,5
RN9	44-46	0	0	4	4	2,156	1,898	2,971	7,025	3,0
RN9	47	0	0	0	0	2,303	2,028	3,172	7,503	7,5
RN9	48	1	2	0	3	1,928	1,698	2,655	6,281	3,3
RN9	49	0	0	0	0	1,097	0,989	1,416	3,502	3,5
					46				170	

$Cr_9 =$	Observados	46	$= 0,27$
	Estimados	170	

Cabe mencionar que los tramos con subíndice “a” corresponden a tramos de 1 Km donde hay más de una curva (el CMF por curvas se obtiene considerando el radio y la longitud de cada curva del tramo por lo cual se las debe diferenciar para obtener el Np total del tramo).

Tabla 8. Frecuencia de Accidentes Esperada (Np), RN N° 19

Ruta	N°Tramo	Nº Accid. Observados				Np				DIF
		1996	1997	1998	TOTAL	1996	1997	1998	Np TOTAL	
RN 19	1-4	0	1	0	1	2,574	2,607	2,885	8,066	7,1
RN 19	5	0	0	0	0	0,664	0,673	0,744	2,081	2,1
RN 19	6-11	1	3	3	7	3,835	3,889	4,323	12,046	5,0
RN 19	12	0	0	0	0	1,182	1,197	1,332	3,711	3,7
RN 19	13	0	0	1	1	1,758	1,777	1,941	5,476	4,5
RN 19	14	0	1	0	1	1,786	1,805	1,981	5,572	4,6
RN 19	15-26	1	5	5	11	6,994	7,092	7,884	21,969	11,0
RN 19	27	0	0	0	0	1,975	1,998	2,198	6,171	6,2
RN 19	28	0	0	1	1	1,462	1,482	1,648	4,592	3,6
RN 19	29-31	0	1	0	1	1,748	1,773	1,970	5,492	4,5
RN 19	32	0	0	0	0	0,548	0,555	0,618	1,721	1,7
RN 19	33	0	0	0	0	0,583	0,591	0,657	1,831	1,8
RN 19	34	0	1	0	1	1,692	1,712	1,892	5,296	4,3
RN 19	35	0	0	0	0	0,650	0,657	0,727	2,034	2,0
RN 19	36	0	0	0	0	1,596	1,612	1,758	4,966	5,0
RN 19	37-44	0	0	3	3	4,383	4,444	4,941	13,768	10,8
RN 19	45	0	0	0	0	1,141	1,156	1,286	3,583	3,6
RN 19	46	0	0	1	1	1,170	1,184	1,308	3,662	2,7
RN 19	47-48	0	0	0	0	1,166	1,181	1,314	3,662	3,7
RN 19	49-50	0	0	0	0	1,196	1,212	1,348	3,757	3,8
RN 19	51-55	3	6	3	12	2,914	2,955	3,285	9,154	-2,8
					40				129	

Cr ₁₉ =	Observados	40	= 0,31
	Estimados	129	

Tabla 9. Frecuencia de Accidentes Esperada (Np), RN N° 36

Ruta	N°Tramo	Nº Accid. Observados				Np				DIF
		1998	2000	2005	TOTAL	1998	2000	2005	Np TOTAL	
RN36	1	0	0	0	0	0,939	0,833	0,804	2,576	2,6
RN36	2	1	1	3	5	1,079	0,956	0,921	2,956	-2,0
RN36	3	0	0	0	0	0,833	0,733	0,705	2,271	2,3
RN36	4	0	0	0	0	0,738	0,648	0,624	2,010	2,0
RN36	5	0	0	1	1	0,000	0,619	0,594	1,213	0,2
RN36	6	1	0	0	1	0,672	0,588	0,564	1,824	0,8
RN36	7	0	1	1	2	0,696	0,608	0,584	1,889	-0,1
RN36	8	2	0	1	3	0,766	0,669	0,643	2,077	-0,9
RN36	9	1	1	2	4	0,804	0,703	0,675	2,183	-1,8
RN36	10-14	4	1	3	8	3,474	3,035	2,915	9,424	1,4
RN36	15	3	0	4	7	1,021	0,904	0,871	2,797	-4,2
RN36	16	2	2	0	4	1,030	0,915	0,883	2,828	-1,2
RN36	17	0	1	0	1	1,571	1,609	1,663	4,843	3,8
RN36	18	0	0	2	2	0,868	0,891	0,925	2,684	0,7
RN36	19	0	0	0	0	1,168	1,197	1,237	3,602	3,6
RN36	20	0	0	0	0	0,841	0,864	0,898	2,603	2,6
RN36	21	1	1	3	5	0,946	0,972	1,009	2,927	-2,1
RN36	22-24	2	4	1	7	2,372	2,441	2,540	7,352	0,4
RN36	25	0	1	0	1	0,811	0,835	0,869	2,515	1,5
RN36	26-27	1	1	0	2	1,582	1,627	1,693	4,902	2,9
RN36	28	2	0	0	2	0,844	0,868	0,903	2,616	0,6
RN36	29-31	1	2	0	3	2,372	2,441	2,540	7,352	4,4
RN36	32	1	0	1	2	0,833	0,857	0,890	2,580	0,6
RN36	33	2	0	0	2	0,791	0,814	0,847	2,451	0,5
RN36	34	1	1	0	2	0,886	0,912	0,948	2,746	0,7
RN36	35	0	2	2	4	0,819	0,842	0,876	2,537	-1,5
RN36	36	1	2	0	3	0,791	0,814	0,847	2,451	-0,5
RN36	37	2	2	0	4	1,121	1,149	1,189	3,459	-0,5
RN36	38	1	4	0	5	0,972	0,998	1,034	3,004	-2,0
RN36	39	3	2	2	7	0,970	0,996	1,034	3,000	-4,0
RN36	40-42	4	3	3	10	2,372	2,441	2,540	7,352	-2,6
RN36	43	0	1	0	1	0,804	0,827	0,860	2,491	1,5
RN36	44-46	0	2	1	3	2,417	2,485	2,586	7,487	4,5
RN36	47	1	0	1	2	0,788	0,811	0,843	2,442	0,4
RN36	48	1	0	0	1	0,791	0,814	0,847	2,451	1,5
RN36	49-53	2	4	0	6	4,100	4,214	4,380	12,694	6,7
RN36	54	0	0	1	1	0,951	0,978	1,016	2,946	1,9
RN36	55	2	0	1	3	0,988	1,014	1,051	3,053	0,1
RN36	56	0	0	0	0	0,791	0,814	0,847	2,451	2,5
					114				141	

Cr ₃₆ =	Observados	114	= 0,81
	Estimados	141	

El factor de calibración de accidentes C_r , permite considerar las condiciones locales y/o geográficas de los sitios en estudio, teniendo en cuenta las diferencias en clima, población de conductores, distintos umbrales de registro de accidentes y prácticas de registro de accidentes.

Los valores obtenidos para el factor de calibración parcial en las tres rutas en estudio, se resumen en Tabla 7. Del análisis de estos resultados, se advierte una importante diferencia entre las Rutas N°9 y N°19, respecto de la N°36, presentando esta última valores más confiables, según el concepto del factor de calibración C_r .

Tabla 7. Factor de calibración C_r para rutas de dos carriles indivisos

	RN N°9	RN N°19	RN N°36
N_{obs}	46	40	114
N_p	170	129	141
Factor de calibración parcial	0,27	0,31	0,81
Factor de calibración	0,45		

El factor de calibración C_r para rutas de dos carriles indivisos resulta ser entonces el cociente entre la sumatoria de la frecuencia esperada de accidentes y la sumatoria de la frecuencia de accidentes observada [3] de todas las rutas y es igual a $C_r=0,45$. Este factor de calibración obtenido se emplea para aplicar la ecuación [1] y obtener la frecuencia esperada de accidentes en rutas de dos carriles indivisos de Córdoba. Ajustando con este coeficiente la ecuación de predicción de accidentes se obtienen estimaciones más acordes a las condiciones locales de las rutas de la provincia de Córdoba.

Un C_r menor a 1 implica que la cantidad de accidentes observados es menor a la cantidad predicha por la fórmula, y el hecho de que sea tan pequeño puede estar relacionado a los datos de base utilizados.

Para extraer conclusiones, resulta imprescindible tener presente la metodología de trabajo que propone el HSM (2010), la cual sugiere que para **obtener un valor adecuado de C_r** se utilice una muestra de 30 a 50 sitios, los cuales deben sumar 100 accidentes (independientemente de la severidad) por año como mínimo (total de todos los sitios) y tener una longitud mínima recomendada de cada sitio de 160 metros (0,1 millas), suficiente para

representar adecuadamente las condiciones físicas y de seguridad del sitio en proceso de calibración.

La muestra utilizada para esta calibración fue de 49 sitios en la RN N° 9, 55 en la RN N° 19 y 56 en la RN N° 36, totalizando así 160 sitios, por lo tanto, la condición de mínimo número de sitios en la muestra se pudo cumplir.

Respecto del número de accidentes observados por año, en todos los sitios, para cada ruta, se resume en la Tabla 8.

Tabla 8. Número de Accidentes Observados para cada ruta.

Ruta	Nº Accidentes por Año			Total
	1994	1995	1996	
Nº 9	5	19	22	46
	1996	1997	1998	
Nº 19	5	18	17	40
	1998	2000	2005	
Nº 36	42	39	33	114
	TOTAL ACCIDENTES			

Del análisis de la Tabla anterior, surge que no se logró cumplir con la condición del número mínimo de accidentes (independiente de la severidad) en el total de los sitios, ya que se tomaron 3 años como periodo de estudio lo que implicaría contar con al menos 300 accidentes. Cabe notar aquí que lo ideal sería contar con datos de accidentes de los mismos años para las tres rutas, pero no fue posible dada la escasez de datos completos.

Con respecto a la longitud mínima recomendada de cada sitio suficiente para representar adecuadamente las condiciones físicas y de seguridad del sitio en el proceso de calibración, se cumplió porque se trabajó con sitios de 1 kilómetro de longitud en todos los casos.

5.- Conclusiones

- a) Al observar los factores de calibración parciales resulta notoria la incidencia de la cantidad de accidentes observados en el valor obtenido. A medida que nos aproximamos al valor mínimo de accidentes observados recomendado por el HSM, se obtienen factores de calibración Cr_i mayores.
- b) El factor de calibración total obtenido indicaría que la ecuación del HSM sobreestima la frecuencia de accidentes en las rutas de Córdoba. Sin embargo, para que esta calibración sea más certera, debiera cumplirse estrictamente la premisa respecto de la cantidad mínima de accidentes observados por año en los sitios de calibración.
- c) El análisis de la participación de cada Factor de Modificación de Accidentes (CMF), deja al descubierto la importante incidencia que tiene el mismo por curvatura horizontal (CMF₃). Este factor depende del radio, la longitud de la curva y la existencia o no de espirales.

En la RN N°36, por ejemplo, la curva de menor radio tiene 997 pies con una longitud de más de 1.000 pies, y el CMF₃ apenas supera el valor de 1,2. La curva con menor longitud en la RN N°36 alcanza 226 pies, pero tiene un radio de 4.000 pies por lo que el CMF₃ es bajo (1,12).

Por otra parte, la RN N°9 (que fue la que obtuvo el Cr_9 más bajo, mostrando grandes diferencias entre la frecuencia de accidentes observada y estimada), tiene curvas con radios muy pequeños y escasa longitud, lo que lleva a que el CMF₃ adquiera valores muy altos, llegando en algunos casos hasta 6.

De esto se desprende que los Factores de Modificación de Accidentes (CMF) penalizan significativamente la presencia de curvas de radio reducido.

- d) Similar consideración puede efectuarse para la participación del CMF₆ correspondiente a la densidad de accesos, aunque con menor incidencia que el factor de modificación de accidentes por curvatura horizontal.

6.- Bibliografía

- American Association of State Highway and Transportation Officials, **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 5th Edition**, AASHTO, Washington, DC, United States (2004).
- American Association of State Highway and Transportation Officials, **Highway Safety Manual 1st Edition**, Vol 1, 2 y 3, AASHTO, Washington, DC, United States (2010).
- Dirección Nacional de Vialidad, **“Inventario Vial”**, Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control - División Relevamientos, Sección Inventario Vial, (2003).
- Dirección Nacional de Vialidad, Años 1995 a 2005, Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control, Subgerencia de Planeamiento y Programación Vial, **“Información del Tránsito en la Red Nacional de Caminos”**, (2007).
- División Relevamientos, Sección Inventario Vial (2003), **“Código de Tramos de la Red Nacional de Caminos, Año 2003”**, Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control, Subgerencia de Planeamiento y Programación Vial, Dirección Nacional de Vialidad.
- FHWA, **Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM)**, Federal Highway Administration, U.S, Department of Transportation, Washington DC, United States (2012), Version 7.0.1.
- Lamm R., Anke Beck, T,s Ruscher, T, Mailaender, **“How to make two-lane rural roads safer”**, Boston, WIT Press, (2007), 1st edition, 118 pages.
- OCCOVI (Organo de Control de Concesiones Viales), **“Base de Datos de Accidentes Registrados entre los años 1996 a 2005”**, (2005).
- Pardillo Mayora J, M., Llamas Rubio R, **“Correlación de las Características de las Carreteras de Dos Carriles y la Accidentalidad”**, Revista Carreteras, Asociación Española de la Carretera, N°125, (2003), Págs, 7 a 16.
- XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, **Calibración del Módulo de Accidentes del Highway Safety Manual (HSM)**, Dr, Ing, Aníbal L, Altamira, Ing, Yasmany D, García Ramírez, Escuela de Ingeniería en Caminos de Montaña, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan (2012).