

Redes simplificadas de transporte v1

Anexo metodológico

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. RED VIAL.....	7
2.1. ATRIBUTOS DE LOS TRAMOS	11
2.1.1. TIPO DE SUPERFICIE.....	11
2.1.2. PEAJES.....	13
2.1.3. JERARQUÍA.....	16
2.1.4. TOPOGRAFÍA.....	18
2.1.5. VELOCIDAD LIVIANOS	20
2.1.5.1. Velocidad en autopistas	20
2.1.5.2. Velocidad en autovías	20
2.1.5.3. Velocidad en rutas.....	21
2.1.5.4. Velocidad en avenidas.....	22
2.1.6. VELOCIDAD PESADOS	24
3. RED FERROVIARIA.....	26
4. REFERENCIAS.....	33

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Red vial Simplificada - Km por Provincia y Jurisdicción.....	9
Tabla 2 Red vial simplificada - Listado de peajes incluidos	13
Tabla 3 Velocidad en Flujo Libre en Autovías	20
Tabla 4 Velocidad en Rutas – Reducciones por ancho de carril.....	21
Tabla 5 Velocidad en Rutas – Reducciones por pendiente	22
Tabla 6 Factores de penalidad de la velocidad por tipo de material.....	22
Tabla 7 Velocidad en Flujo Libre en Rutas	22
Tabla 8 Velocidad en Avenidas - Factor de pendiente.....	22
Tabla 9 Velocidad en Flujo Libre en Avenidas.....	22
Tabla 10 Velocidad en Flujo Libre para Pesados.....	24

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Zonificación utilizada en el “Estudio Nacional De Cargas”	4
Ilustración 2 Zonificación según división departamental	5
Ilustración 3 Red Vial - Mapa Red Simplificada Utilizada en el “Estudio Nacional de Cargas”	8
Ilustración 4 Red Vial - Participación de cada Provincia en el total de Km de la Red Simplificada.....	9
Ilustración 5 Red Vial - Mapa red Simplificada 2019.....	10
Ilustración 6 Red Vial - Mapa red simplificada por Tipo de material.....	12
Ilustración 7 Red Vial - Mapa red simplificada con tramos con peajes	15
Ilustración 8 Red Vial - Mapa red simplificada por jerarquía	17
Ilustración 9 Red Vial - Mapa red simplificada por topografía.....	19
Ilustración 10 Red Vial - Mapa red simplificada por velocidades de livianos	23
Ilustración 11 Red Vial - Mapa red simplificada por velocidades de pesados	25
Ilustración 12 Red FFCC - Mapa red completa.....	27
Ilustración 13 Red FFCC - Mapa red simplificada según operadores.....	29
Ilustración 14 Red FFCC - Mapa red simplificada según disponibilidad.....	30
Ilustración 15 Red FFCC - Mapa red simplificada según trocha.....	31
Ilustración 16 Red FFCC - Mapa red simplificada según línea	32

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del desarrollo de un modelo¹ de transporte interurbano de cargas para la República Argentina, una de las tareas iniciales, de fundamental importancia, consiste en la definición de las redes de transporte a utilizar.

En el marco de la modelización del transporte se establece (Ortuzar, 2007) que “(...) la red de transporte está capacitada para representar el lado de la oferta del trabajo de modelización, es decir, qué ofrece el sistema de transporte para satisfacer las necesidades de movimiento de los usuarios² en el área de estudio.

La descripción de una red de transporte en un modelo computarizado puede ser realizada en diferentes niveles de detalle y requiere la especificación de su estructura, sus propiedades o atributos y la relación entre esas propiedades y los flujos de tránsito.

La práctica normal (...) es modelar la red como un gráfico dirigido, es decir, un sistema de nodos y de arcos que los unen (...): la mayor parte de los nodos se toman para representar intersecciones y los arcos simbolizan porciones homogéneas de camino entre intersecciones; los arcos son caracterizados por varios atributos como la longitud, su velocidad, el número de carriles, etcétera³. Un subconjunto de los nodos es asociado con los centroides de las zonas, y un subconjunto de los arcos a conectores de centroides.”

La tarea consistió en la determinación de las redes mínimas, necesarias para garantizar conectividad entre las zonas de transporte utilizadas. Se buscó que las Redes Simplificadas permitieran utilizar dos zonificaciones, según el tipo de análisis a realizar:

1. En primer lugar la zonificación adoptada en el “Estudio Nacional de Cargas”⁴ realizado por esta Dirección Nacional⁵.
2. En segundo lugar, una zonificación que coincida con la división territorial de segundo orden de Argentina, es decir, departamentos, partidos o comunas, según sea se trate de las distintas Provincias o de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En las ilustraciones que siguen se presentan ambos casos.

¹ El concepto de “modelo” debe ser entendido como una representación, necesariamente simplificada, de cualquier fenómeno, proceso, institución y, en general, de cualquier “sistema”. Es una herramienta de gran importancia para el planificador, pues permite simular escenarios diversos que ayudan a evaluar alternativas y realizar el diagnóstico de futuro.

² Con “usuarios” nos referiremos en forma genérica tanto a los pasajeros como a la carga.

³ Se hace referencia a la vialidad, pero la definición aplica a redes ferroviarias o fluvio-marítimas.

⁴ Allí se establece que “como primer paso para la elaboración de matrices OD, es necesario contar con una zonificación, a estos fines el territorio nacional fue dividido en 123 zonas de tráfico compuestas por grupos de departamentos o partidos, con un criterio de homogeneidad. Para cada zona se determinó un centroide que se corresponde con los centros de población donde está representado el grueso de la generación o atracción de tráfico.

Dicha zonificación fue elaborada sobre la base de la establecida por Alberto Müller y Agustín Benassi (Müller & Benassi, 2014-10). Se han agregado zonas que allí no existían, por estar concentrado ese estudio en la problemática ferroviaria. Asimismo, se han introducido redefiniciones con el propósito de preservar la integridad del territorio provincial, evitando la posibilidad de que una zona abarque más de una Provincia. La única excepción a este criterio ha sido el caso de la CABA, que se ha fusionado con el área de la Provincia de Buenos Aires comprendida por la Región Metropolitana.

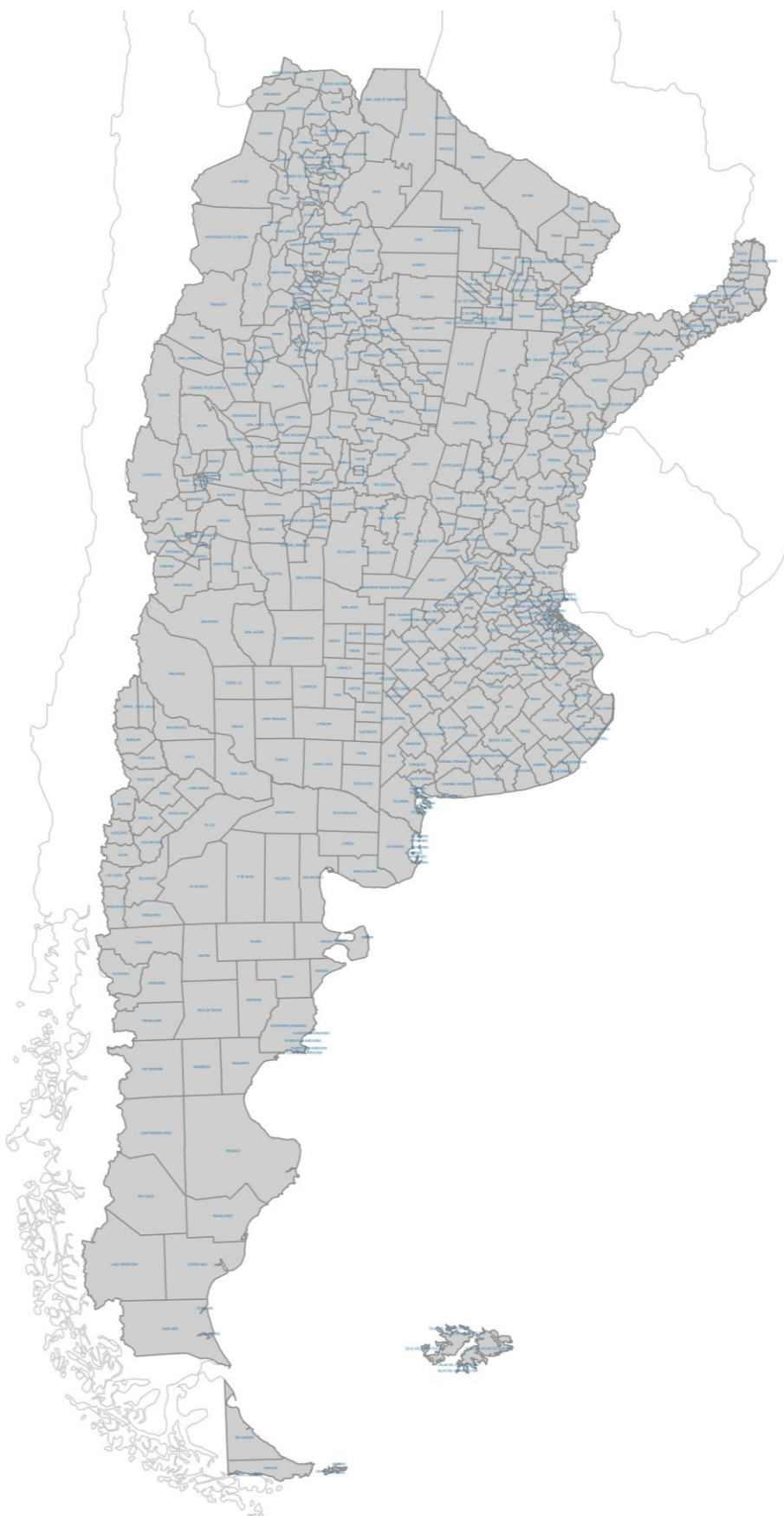
Las zonas son entendidas como agregación de Departamentos (Partidos, en la Provincia de Buenos Aires). Estas tienen la funcionalidad de representar las áreas generadoras (origen) y atractoras (destinos) de viajes, para determinar el estudio de los flujos de movimientos entre las mismas (pares origen destino)”.

⁵ <https://www.argentina.gob.ar/transporte/cargas-y-logistica/estudio-nacional-de-cargas>

ILUSTRACIÓN 1 ZONIFICACIÓN UTILIZADA EN EL “ESTUDIO NACIONAL DE CARGAS”



ILUSTRACIÓN 2 ZONIFICACIÓN SEGÚN DIVISIÓN DEPARTAMENTAL



Para la generación de las **Redes Simplificadas de Transporte** se han utilizado los datos existentes que se actualizan a partir de la información suministrada por los diferentes organismos responsables. Las principales fuentes de información son:

- **Red vial:** Sig Vial de Vialidad Nacional - OpenStreetMap - Google Street View - Dirección de Observatorio, Estudio y Sistemas - Secretaría de Planificación de Transporte de la Nación
- **Red ferroviaria:** Trenes Argentinos Infraestructura - Google Street View - Dirección de Observatorio, Estudio y Sistemas - Secretaría de Planificación de Transporte de la Nación

Partiendo de estas bases, se realizaron tareas de procesamiento y readecuación de la información, específicas según el modo de transporte. En las secciones siguientes se presenta un detalle de los aspectos metodológicos a considerar.

En el caso del modo fluvio marítimo, se encuentra en proceso el desarrollo de la red simplificada, la cual será incorporada en una próxima versión de este trabajo.

2. RED VIAL

La red vial de la Republica Argentina cuenta con más de 500.000 km de carreteras, discriminada de la siguiente manera:

- **Red Nacional:** según datos del Sig de Vialidad Nacional⁶ son aproximadamente 41 mil km, entre autopistas, autovías y carreteras de calzada simple, de los cuales el 92% se encuentra pavimentado, el 6% es de ripio y el 2% restante es de tierra.
- **Red Provincial:** a cargo de las Direcciones Provinciales de Vialidad, según datos del Consejo Vial Federal de 2016⁷, son unos 200 mil km. El 23% cuenta con pavimento, mientras que el 77% se trata de caminos de ripio y tierra.
- **Red Terciaria:** son caminos de jurisdicción municipal, con una extensión estimada en 285 mil km, en su mayoría de tierra.

Como se mencionara, el objetivo del presente trabajo no consiste en representar toda la red vial, sino sólo la necesaria para dotar de conectividad la zonificación que se decida adoptar.

Por lo tanto, se utilizó, como punto de partida, la *red vial simplificada* desarrollada en el “*Estudio Nacional de Cargas*” realizado por esta Dirección Nacional⁸.

En dicho Estudio se establece que “la red vial simplificada cumple con los siguientes requisitos:

- a) Representa las vinculaciones entre nodos centroides que existen en la realidad, respetando las distancias efectivas.
- b) Está definida sobre la red vial real, seleccionando los tramos que presumiblemente se utilizan en la práctica
- c) Excluye el caso de conexiones entre nodos de zonas contiguas mediante dos arcos paralelos; siempre selecciona un arco único. En caso de ser necesaria una selección entre más de una alternativa, se escogerá aquella que registre los mayores volúmenes de tránsito, en el tramo que cruza el límite de las dos zonas.

En el siguiente mapa, se representa lo antes descripto para todo el territorio nacional.”

⁶ <https://sigvial.vialidad.gob.ar/>

⁷ http://www.cvf.gov.ar/red_vial_provincial.php

⁸ <https://www.argentina.gob.ar/transporte/cargas-y-logistica/estudio-nacional-de-cargas>

ILUSTRACIÓN 3 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA UTILIZADA EN EL “ESTUDIO NACIONAL DE CARGAS”



Utilizando dicha base, en primer lugar se agregaron las rutas nacionales de acceso a los principales Pasos de Frontera y Puertos, previendo la posibilidad de ampliar los análisis incorporando redes y zonas internacionales.

En segundo lugar, se sumaron aquellos tramos, de caminos de distintas jurisdicciones, que garanticen la conectividad de todos los Departamentos y Partidos de las distintas Provincias.

El resultado es un conjunto de tramos que en total supera los 58 mil km (la versión anterior constaba de 47 mil km). El 70% corresponde a Rutas Nacionales (RN), y el 30% restante a Provinciales (RP). La participación de caminos vecinales (VE) es mínima.

TABLA 1 RED VIAL SIMPLIFICADA - KM POR PROVINCIA Y JURISDICCIÓN

PROVINCIA	RN	RP	VE	TOTAL
BUENOS AIRES	4.802	6.043	6	10.851
CATAMARCA	986	758		1.744
CHACO	968	409		1.377
CHUBUT	1.873	445		2.318
CIUDAD DE BUENOS AIRES	31	11	27	69
CORDOBA	2.879	1.645		4.525
CORRIENTES	1.742	667		2.410
ENTRE RIOS	1.650	1.137		2.787
FORMOSA	1.541	88		1.628
JUJUY	1.242	186		1.428
LA PAMPA	1.375	1.026		2.401
LA RIOJA	2.232	386		2.618
MENDOZA	2.456	24		2.479
MISIONES	851	390		1.241
NEUQUEN	1.232	356		1.588
RIO NEGRO	2.707	533		3.240
SALTA	1.726	376		2.102
SAN JUAN	1.191	207		1.398
SAN LUIS	1.067	342		1.410
SANTA CRUZ	2.439	662		3.101
SANTA FE	2.416	940		3.355
SANTIAGO DEL ESTERO	1.630	587	49	2.266
TIERRA DEL FUEGO	803			803
TUCUMAN	568	335	5	908
TOTAL GENERAL	40.409	17.552	86	58.047

ILUSTRACIÓN 4 RED VIAL - PARTICIPACIÓN DE CADA PROVINCIA EN EL TOTAL DE KM DE LA RED SIMPLIFICADA

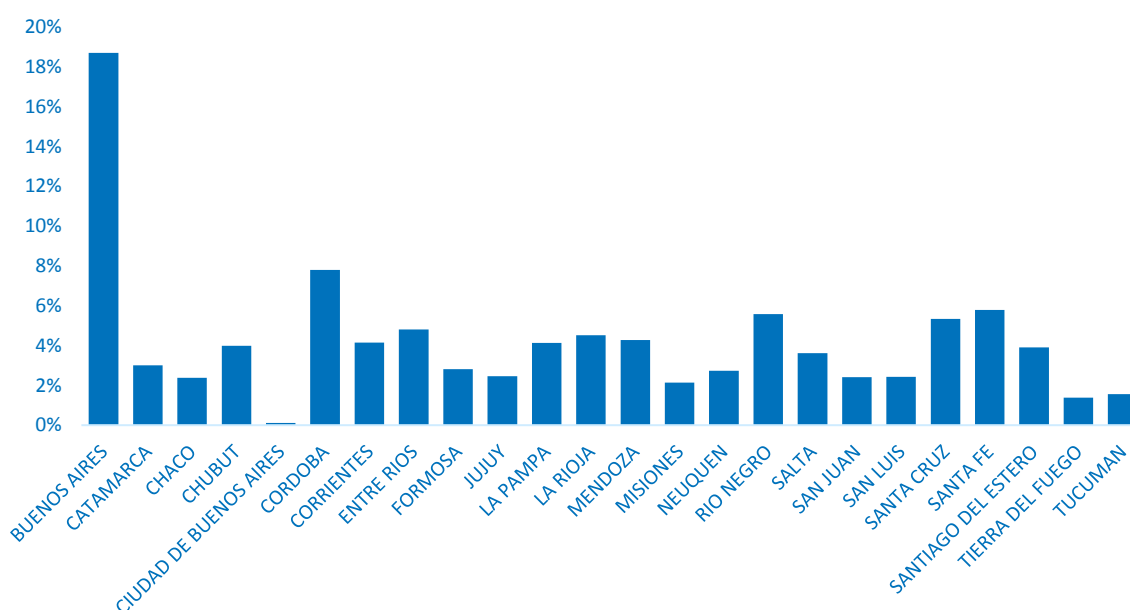
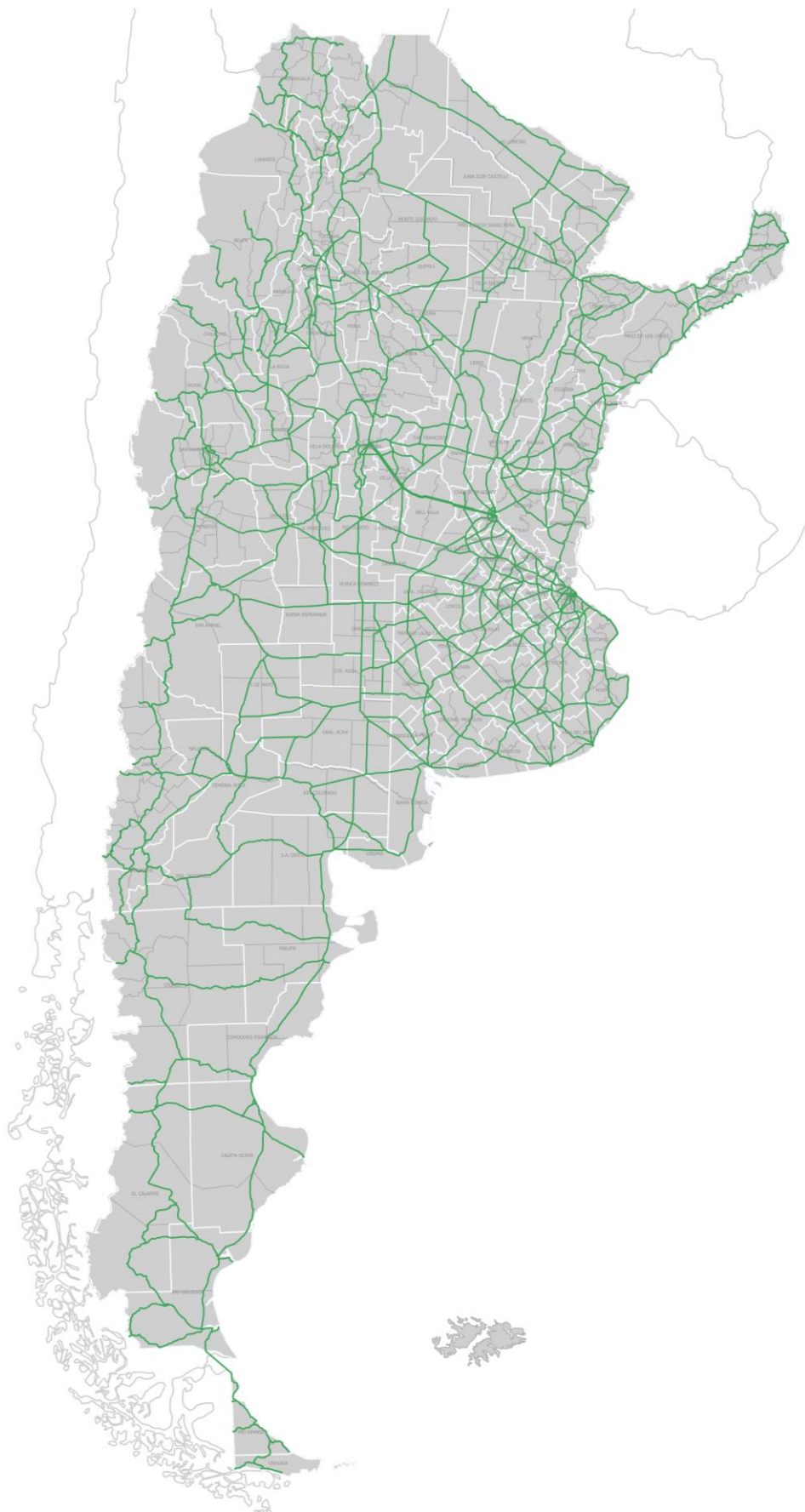


ILUSTRACIÓN 5 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA 2019



2.1. ATRIBUTOS DE LOS TRAMOS

Una vez definidos los tramos que compondrían la red vial simplificada, se procedió a determinar los atributos de cada uno de ellos, que se consideran necesarios para realizar ciertos análisis, como por ejemplo la asignación de carga en función del costo generalizado.

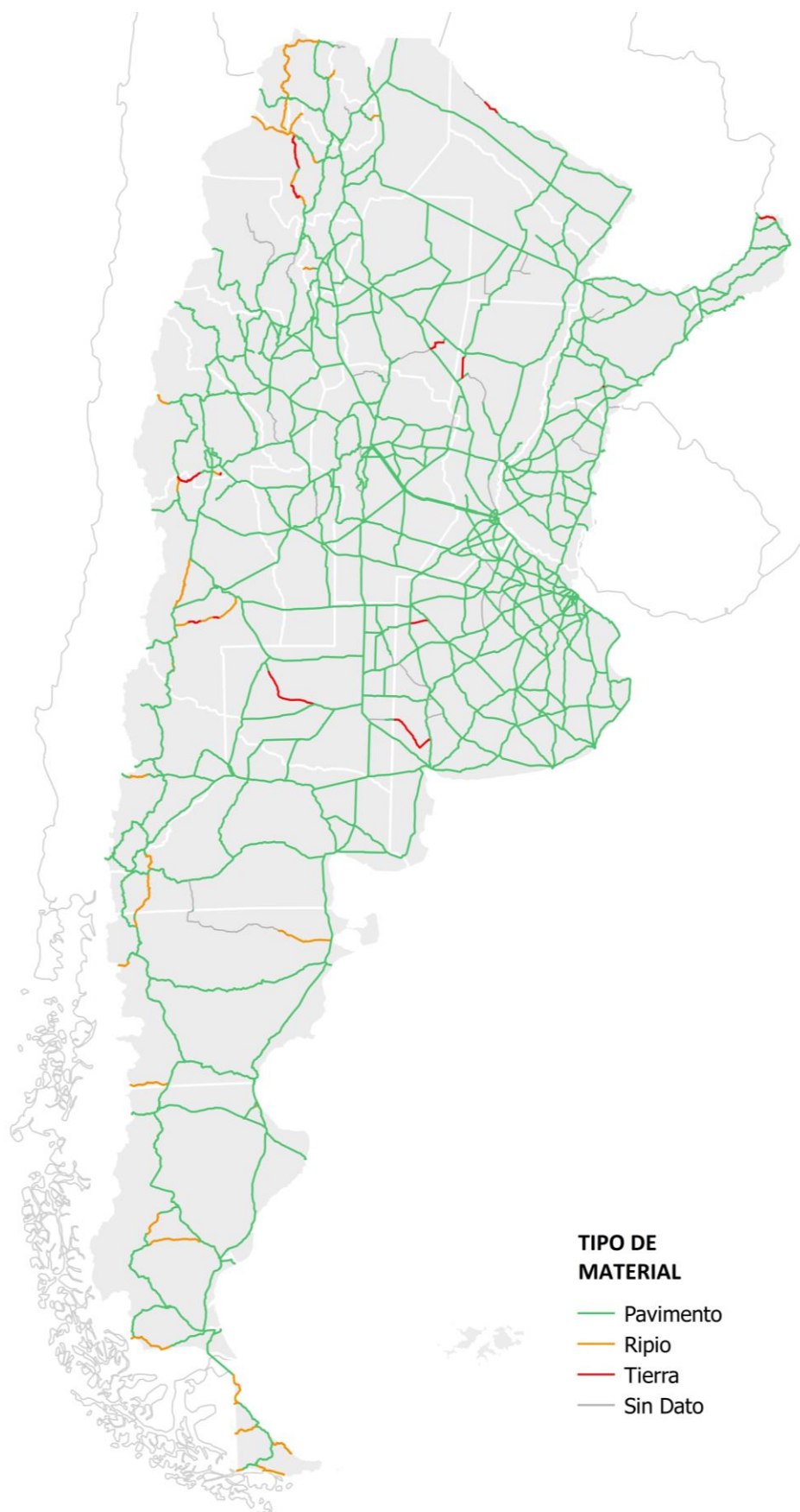
Estos atributos son:

- LENGTH: es la longitud del tramo
- DATA: es el identificador del tramo
- RUTA: es el número que identifica a la vía (ruta, autopista, etc.)
- JURISDIC: indica la jurisdicción (nacional, provincial o vecinal)
- ETIQUETA_R: es la etiqueta compuesta de JURISDIC y RUTA
- PROVINCIA: es la Provincia en la cual se desarrolla el tramo en cuestión
- MATERIAL: es el tipo de superficie
- PEAJE: indica si existe un puesto de peaje en el tramo
- CARRILES: indica la cantidad de carriles por sentido
- JERARQUIA: indica la jerarquía del tramo
- TOPOGRAFIA: indica la topografía del tramo
- VEL_LIV: indica la velocidad en flujo libre calculada para vehículos livianos
- VEL_PES: indica la velocidad en flujo libre calculada para vehículos pesados

2.1.1. TIPO DE SUPERFICIE

El “tipo de superficie” indica si el tramo en cuestión es pavimento, ripio o tierra. El dato surge, para la mayor parte de las rutas nacionales, de las bases de DNV. En el caso de las rutas nacionales y de otras jurisdicciones donde no se contaba con información se realizó un relevamiento utilizando fotos satelitales y los registros de Google Street View.

ILUSTRACIÓN 6 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA POR TIPO DE MATERIAL



2.1.2. PEAJES

Se creó una base de ubicación y tarifario de peajes en la red. Se realizaron relevamientos para determinarlos puestos existentes, y la ubicación de los mismos fue verificada utilizando fotos satelitales y registros de Google Street View.

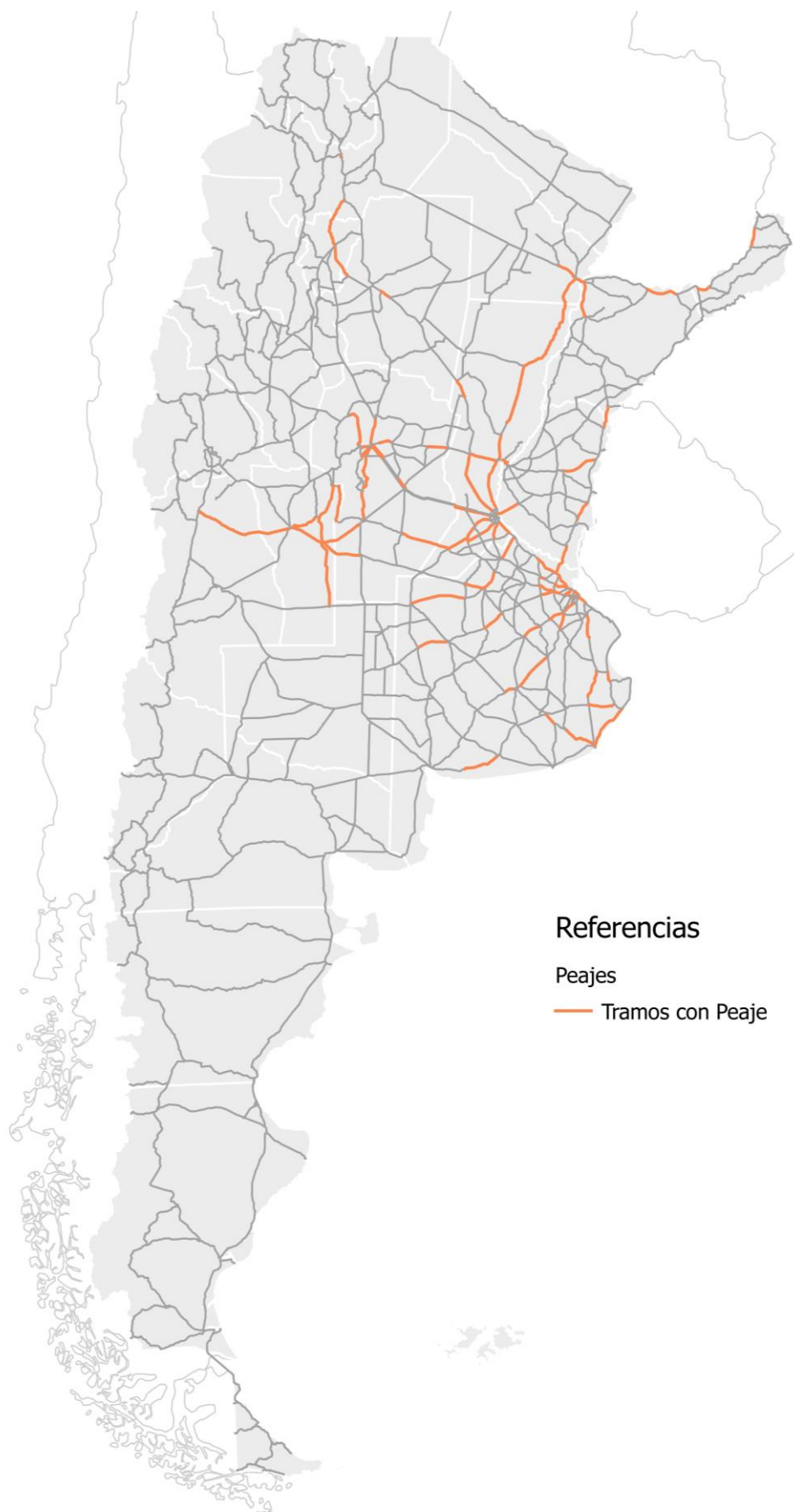
En esta primera versión de la red sólo se indica si los tramos poseen o no un puesto de peaje, para lo cual el atributo adopta un valor de 1 o 0, respectivamente. Los puestos de peaje cargados son los siguientes:

TABLA 2 RED VIAL SIMPLIFICADA - LISTADO DE PEAJES INCLUIDOS

ID	CONCESIONARIO	PLAZA DE PEAJE	ruta	SENTIDO
1	CV1	CAÑUELAS	3	DOBLE
2	CV1	AZUL	3	DOBLE
3	CV1	TRES ARROYOS	3	DOBLE
4	CV1	URIBELARREA	205	DOBLE
5	CV1	SALADILLO	205	DOBLE
6	CV1	EL DORADO	226	DOBLE
7	CV1	TANDIL - VASCONIA	226	DOBLE
8	CV1	HINOJO	226	DOBLE
9	CIPSA	TRENQUE LAUNQUEN	5	DOBLE
10	CIPSA	DE LA PEÑA	188	DOBLE
11	CIPSA	JUNÍN	188	DOBLE
12	CIPSA	AMEGHINO	188	DOBLE
13	BSAS A LOS ANDES	VILLA ESPIL	7	DOBLE
14	BSAS A LOS ANDES	JUNÍN	7	DOBLE
15	BSAS A LOS ANDES	VICUÑA MACKENNA	7	DOBLE
17	BSAS A LOS ANDES	LA FLORIDA	9	DOBLE
18	BSAS A LOS ANDES	MOLLE YACÓ	9	DOBLE
19	VIAL NOA	FERNÁNDEZ	34	DOBLE
20	VIAL NOA / BSAS A LOS ANDES	CABEZA DE BUEY	9	DOBLE
21	CCA	MOLINARI	38	DOBLE
22	CCA	VILLA GIARDINO	38	DOBLE
23	CCA	FRANCK	19	DOBLE
24	CCA	DEVOTO	19	DOBLE
25	CCA	SAN VICENTE	34	DOBLE
26	CCA	CERES	34	DOBLE
27	CINCOVIAL	ZÁRATE	9	DOBLE
28	CINCOVIAL	LAGOS	9	DOBLE
29	CINCOVIAL	CARCARAÑÁ	9	DOBLE
30	CINCOVIAL	JAMES CRAIK	9	DOBLE
31	CINCOVIAL	VIDELA	11	DOBLE
32	CINCOVIAL	RECONQUISTA	11	DOBLE
33	CINCOVIAL	FLORENCIA	11	DOBLE
34	CAMINOS DEL PARANÁ	RIACHUELO	12	DOBLE
35	CAMINOS DEL PARANÁ	ITUZAINGÓ	12	DOBLE
36	CAMINOS DEL PARANÁ	SANTA ANA	12	DOBLE
37	CAMINOS DEL PARANÁ	COLONIA VICTORIA	12	DOBLE
38	CAMINOS DEL PARANÁ	PUENTE BELGRANO	16	DOBLE
39	CAMINOS DEL PARANÁ	MAKALLÉ	16	DOBLE
40	CORREDOR CENTRAL	VENADO TUERTO	8	DOBLE
41	CORREDOR CENTRAL	SAMPACHO	8	DOBLE
42	CORREDOR CENTRAL	VENADO TUERTO	33	DOBLE
43	CORREDOR CENTRAL	CASILDA	33	DOBLE
44	CORREDOR CENTRAL	LARENA	8	DOBLE
45	CORREDOR CENTRAL	SOLIS	8	DOBLE
46	CORREDOR B5	OLIVERA	5	DOBLE
47	H 5	9 DE JULIO	5	DOBLE
48	CAMINOS DEL RÍO URUGUAY	ZÁRATE	12	DOBLE
49	CAMINOS DEL RÍO URUGUAY	COLONIA ELIA	14	DOBLE
50	CAMINOS DEL RÍO URUGUAY	YERUÁ	14	DOBLE
51	CAMINOS DEL RÍO URUGUAY	PIEDRITAS	14	DOBLE

ID	CONCESIONARIO	PLAZA DE PEAJE	ruta	SENTIDO
52	PUNTES DEL LITORAL	ISLA LA DESEADA	174	DOBLE
53	AUSOL	CAMPANA	9	DOBLE
54	AUSOL	PILAR	9	DOBLE
60	AUTOPISTAS DEL OESTE	LUJÁN	7	DOBLE
61	AUTOPISTAS DEL OESTE	ITUZAINGÓ	7	DOBLE
64	AU EZEIZA CAÑUELAS	TRISTÁN SUÁREZ	AU EZEIZA CAÑUELAS	DOBLE
66	AUTOVÍA DEL MAR	SAMBOROMBÓN	RP 2	DOBLE
67	AUBASA	HUDSON	RP 2	DOBLE
69	AUBASA	DOCK SUD	RP 2	DOBLE
70	AUBASA	MAIPÚ	RP 2	ÚNICO (AL SUR)
71	AUBASA	LA HUELLA	RP 11	DOBLE
72	AUBASA	MAR CHIQUITA	RP 11	DOBLE
73	AUBASA	GENERAL MADARIAGA	RP 74	DOBLE
74	AUSA	25 DE MAYO	AU 25 DE MAYO	DOBLE
75	AUSA	AVELLANEDA	AU PERITO MORENO	DOBLE
76	AUSA	ILLIA	AU ILLIA	DOBLE
77	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	BUENA ESPERANZA	RP 148	DOBLE
78	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	DESAGUADERO	7	DOBLE
79	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	JUSTO DARACT	7	ÚNICO (AL ESTE)
80	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	VILLA MERCEDES	RP 148	ÚNICO (AL SURESTE)
81	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	LA TOMA	RP 20	DOBLE
82	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	LOS PUQUIOS	RP 20	DOBLE
83	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	RÍO QUINTO	RP 148	DOBLE
84	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	SANTA ROSA	RP 148	DOBLE
85	CAMINOS DE LAS SIERRAS	TOLEDO	9	DOBLE
86	CAMINOS DE LAS SIERRAS	AU CÓRDOBA - CARLOS PAZ	RP 20	DOBLE
87	CAMINOS DE LAS SIERRAS	LOS CEDROS	RP 5	DOBLE
88	CAMINOS DE LAS SIERRAS	ARROYO TEGUA	36	DOBLE
89	CAMINOS DE LAS SIERRAS	PIEDRAS MORAS	36	DOBLE
90	CAMINOS DE LAS SIERRAS	BOWER	36	DOBLE
91	CAMINOS DE LAS SIERRAS	TOLEDO	AU CORDOBA PILAR	DOBLE
92	CAMINOS DE LAS SIERRAS	MONTE CRISTO	19	DOBLE
93	CAMINOS DE LAS SIERRAS	JUÁREZ CELMAN	9	DOBLE
94	CORREDOR VIAL Nº6	BIGAND	RP 14	DOBLE
95	CORREDOR VIAL Nº4	DOMÍNGUEZ	RP 18	DOBLE
96	ARSSA CORREDOR VIAL Nº9	SAUCE VIEJO	RP 70	DOBLE
97	VIAL SANTA FE	ALDAO / TIMBÚES	AU ROSARIO SANTA FE	DOBLE
98	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	LA CUMBRE	7	DOBLE
99	ENTE DE CONTROL DE RUTAS	PUNILLA	RP 1	DOBLE
100	CINCOVIAL	VIDELA	11	DOBLE
101	TÚNEL SUBFLUVIAL	TÚNEL SUBFLUVIAL	TÚNEL SUBFLUVIAL	DOBLE
102	TÚNEL SUBFLUVIAL	TÚNEL SUBFLUVIAL	TÚNEL SUBFLUVIAL	ÚNICO (AL NORTE)
103	CEAMSE	JOSÉ LEÓN SUÁREZ	CAMINO DEL BUEN AYRE	ÚNICO (AL SUR)
104	CEAMSE	S/D	CAMINO DEL BUEN AYRE	ÚNICO (AL SUR)

ILUSTRACIÓN 7 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA CON TRAMOS CON PEAJES



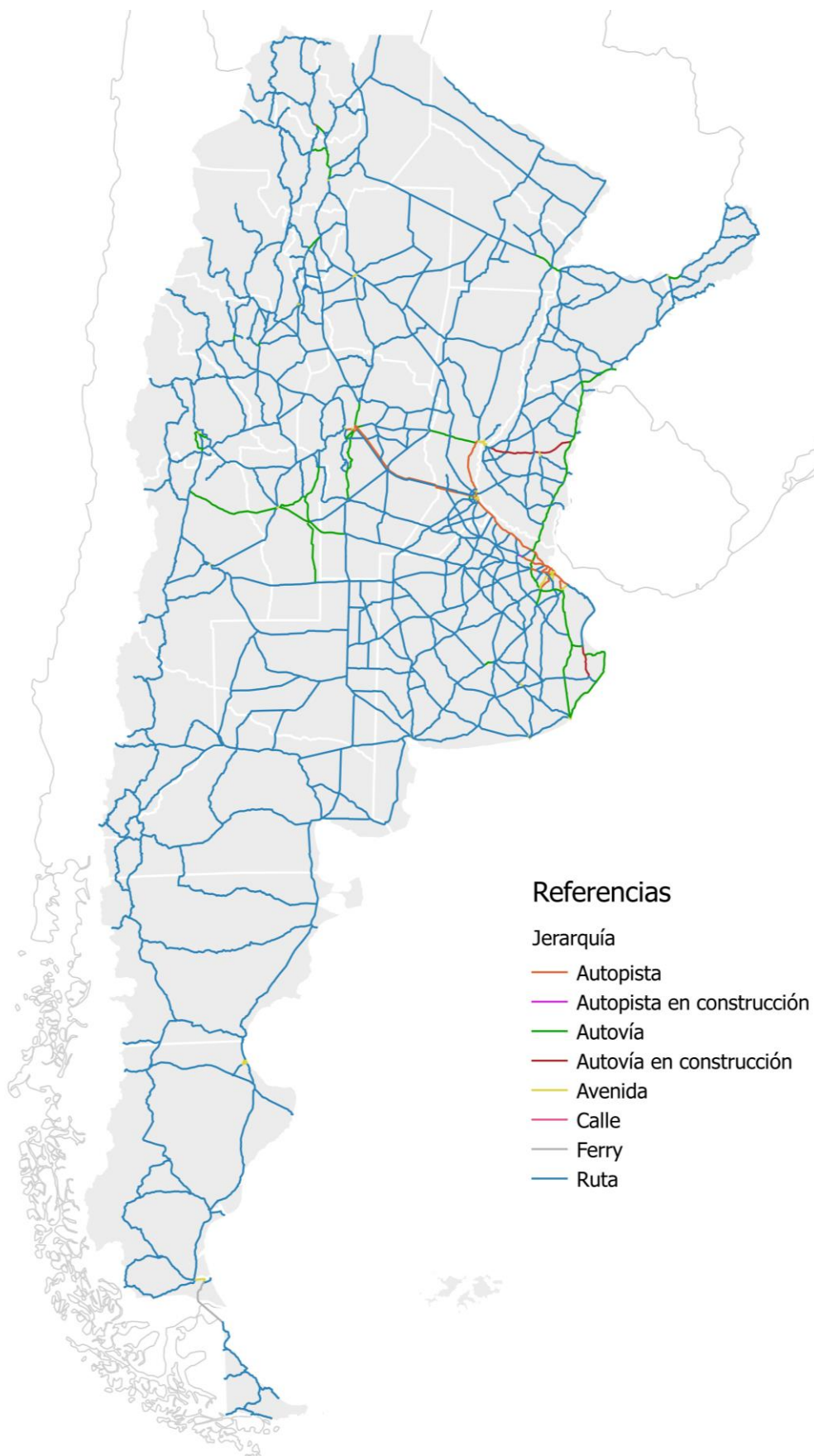
2.1.3. JERARQUÍA

La jerarquía consistió en categorizar los tramos de la red en:

- Autopista
- Autovía
- Ruta
- Avenida
- Calle

Se realizó un relevamiento de cada uno de los tramos de la red, utilizando principalmente la base de datos de Google Street View, ya que este atributo no se encuentra cargado en las bases de datos oficiales.

ILUSTRACIÓN 8 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA POR JERARQUÍA



2.1.4. TOPOGRAFÍA

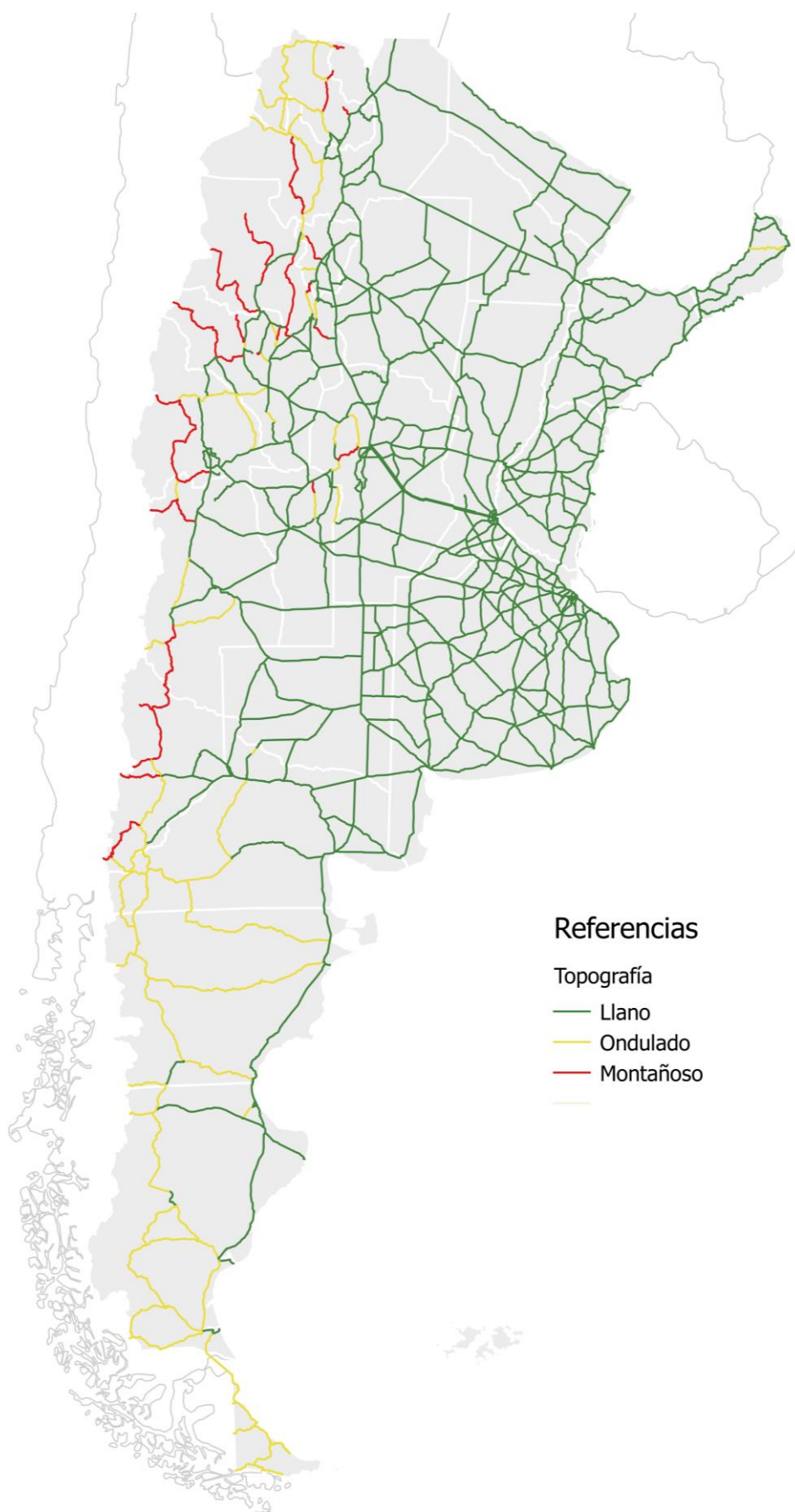
La topografía consistió en definir si el terreno en que se extiende el tramo es:

- Llano (L)
- Ondulado (O)
- Montañoso (M)

En caso de tramos con más de un sector atribuible a dos o tres topografías distintas, se optó por la de mayor preponderancia en distancia.

Se realizó un relevamiento de cada uno de los tramos de la red, utilizando las bases disponibles de imágenes satelitales y de cartografía digital.

ILUSTRACIÓN 9 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA POR TOPOGRAFÍA



2.1.5. VELOCIDAD LIVIANOS

La velocidad que se carga en la red corresponde a la de flujo libre, que según definición del HCM (Transportation Research Board, 2016) corresponde a "...velocidad media de los vehículos en un segmento dado, medida en condiciones de bajo tránsito, cuando los conductores son libres de manejar a la velocidad que desean y no existen restricciones por presencia de otros vehículos ni dispositivos de control..."

La velocidad surge de una matriz de múltiple ingreso donde se consideran los siguientes parámetros:

- Jerarquía: se definen distintas velocidades en función de la jerarquía de la arteria.
- Topografía: en todas las jerarquías, salvo en autopistas, se considera la topografía.
- Tipo de superficie

2.1.5.1. VELOCIDAD EN AUTOPISTAS

En aquellos tramos con su jerarquía definida como autopistas se calcula como el límite de velocidad más 8 km/h, siempre en un rango entre 88 km/h y 120 km/h, en coincidencia con la metodología del HCM.

VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE EN AUTOPISTAS

$$Velocidad_{en\ flujo\ libre} = Velocidad_{m\acute{a}xima} + 8\ km/h$$

No se considera posible la combinación de autopistas con impacto en su velocidad por cuestiones de topografía ya que en el trazado de autopistas los radios utilizados buscan reducir especialmente ese impacto. Por lo tanto, las autopistas siempre serán de topografía "llano".

Tampoco se considera la posibilidad de autopista con tipo de superficie que no sea asfaltado.

En esta primera etapa se consideraron a todas las autopistas con una velocidad máxima de 130 km/h, según lo definido en la Ley Nacional de Tránsito y Transporte Nº 24.449. En una segunda etapa se relevará este dato, ajustándolo a la velocidad máxima real de cada tramo.

2.1.5.2. VELOCIDAD EN AUTOVÍAS

La metodología del HCM (Transportation Research Board, 2016) plantea una velocidad base que se ve aminorada por factores de ancho de carril, distancia libre lateral, tipo de mediana y densidad de puntos de acceso. Por una cuestión de extensión, en esta primera versión se plantea una velocidad base de 112 km/h que corresponde a una topografía llana y es cercano a los 120 km/h que establece la Ley Nº24.449.

Si bien no se cuenta con un detallado relevamiento tramo por tramo, para estimar la velocidad en flujo libre para una topografía ondulada se consideraron los factores de reducción por ancho de carril (3,04 km/h), por distancia libre lateral (2,88 km/h) y por tipo de mediana (2.56 km/h). Por densidad de puntos de acceso no se consideró reducción. La suma de los 3 primeros resulta en 8,5 km/h de reducción a la velocidad base para obtener la de flujo libre.

No se consideró posible la combinación de autovía con terreno montañoso, ya que resulta difícil su implementación por cuestiones geométricas para implantar su ancho necesario. Tampoco se considera la posibilidad de autovía con tipo de superficie que no sea asfaltado.

TABLA 3 VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE EN AUTOVÍAS

TOPOGRAFÍA	VELOCIDAD
LLANO (L)	112 km/h
ONDULADO (O)	104 km/h
MONTAÑOSO (M)	No aplica (N/A)

2.1.5.3. VELOCIDAD EN RUTAS

Las rutas de dos carriles indivisos son un elemento fundamental en los sistemas viales de muchos países. Estas tienden a servir rutas comerciales de larga distancia y viajeros recreacionales, pasando largas secciones sin controles semafóricos. La metodología del HCM que se verá en este punto se refiere a arterias pavimentadas.

El HCM (Transportation Research Board, 2016) puntualiza sobre la dificultad de estimar la velocidad en flujo libre para rutas, en función del amplio rango de velocidades que pueden obtenerse y de la importancia de factores locales que influyen las mismas. Existen distintos métodos según el HCM (Transportation Research Board, 2016) para su cálculo:

- La medición directa en campo, que debe hacerse cuando los volúmenes sean menores a $200 \frac{veh}{h}$.
- La medición directa en campo con flujos mayores.

Estas no son factibles en función de la gran cantidad de tramos que conforman la red del presente modelo. En próximas versiones se intentará ajustar estos valores con mediciones obtenidas de distintas fuentes.

Luego, la estimación de la velocidad en flujo libre surge de una velocidad base reducida por distintos factores de ajuste:

- Ajuste por ancho de carril y banquetas.
- Ajuste por densidad de puntos de acceso.

El mismo HCM (Transportation Research Board, 2016) plantea que la velocidad base puede estimarse en función del conocimiento de las condiciones de operación y que la velocidad de diseño puede ser un buen estimador.

Considerando como velocidad de diseño según topografía las siguientes velocidades de flujo libre se obtienen:

TABLA 4 VELOCIDAD EN RUTAS – REDUCCIONES POR ANCHO DE CARRIL

	L	O	M
Reducción por Ancho De Carril [KM/H]	0	5,9	10,2

A su vez, luego debe estimarse el impacto operativo que tendrán los siguientes parámetros:

- Porcentaje de zonas de no sobrepaso,
- Demanda del sentido opuesto,
- Pendiente,
- Factor de equivalencia de vehículos pesados

Se consideraron los siguientes parámetros para cada tipo de terreno:

Llano, Flujo opuesto $1200 \frac{veh eq}{h}$; porcentaje de no sobrepaso menor al 20%, lo que da una reducción de la velocidad en flujo libre de 0,64 km/h.

Ondulado, Flujo opuesto $600 \frac{veh eq}{h}$; porcentaje de no sobrepaso del 60%, lo que da una reducción de la velocidad en flujo libre de 2,08 km/h.

Montañoso, Flujo opuesto menor a $100 \frac{veh eq}{h}$; porcentaje de no sobrepaso del 80%, lo que da una reducción de la velocidad en flujo libre de 3,84 km/h.

Por pendiente, los factores de ajuste -considerando los mismos flujos- son:

TABLA 5 VELOCIDAD EN RUTAS – REDUCCIONES POR PENDIENTE

	L	O	M
Reducción por Pendiente [KM/H]	1,00	0,97	0,73

Adicionalmente, se tomaron los siguientes factores de penalidad de la velocidad de acuerdo al tipo de material de la ruta:

TABLA 6 FACTORES DE PENALIDAD DE LA VELOCIDAD POR TIPO DE MATERIAL

	PAVIMENTO	RIPIO	TIERRA
LLANO	100%	60%	54%
ONDULADO	100%	50%	45%
MONTAÑOSO	100%	40%	36%

Y las velocidades en flujo libre resultan:

TABLA 7 VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE EN RUTAS

	L	O	M
Pavimento [KM/H]	109,4	99,0	70,1
Ripio [KM/H]	65,6	49,5	28,0
Tierra [KM/H]	59,1	44,5	25,2

2.1.5.4. VELOCIDAD EN AVENIDAS

El factor de pendiente contempla el siguiente valor.

FACTOR POR PENDIENTE

$$f_g = \frac{100 - 2.07P_g}{100}$$

Considerando las siguientes pendientes: 0% para llano, 3% para ondulado, y 10% para montañoso.

Se obtienen los siguientes factores:

TABLA 8 VELOCIDAD EN AVENIDAS - FACTOR DE PENDIENTE

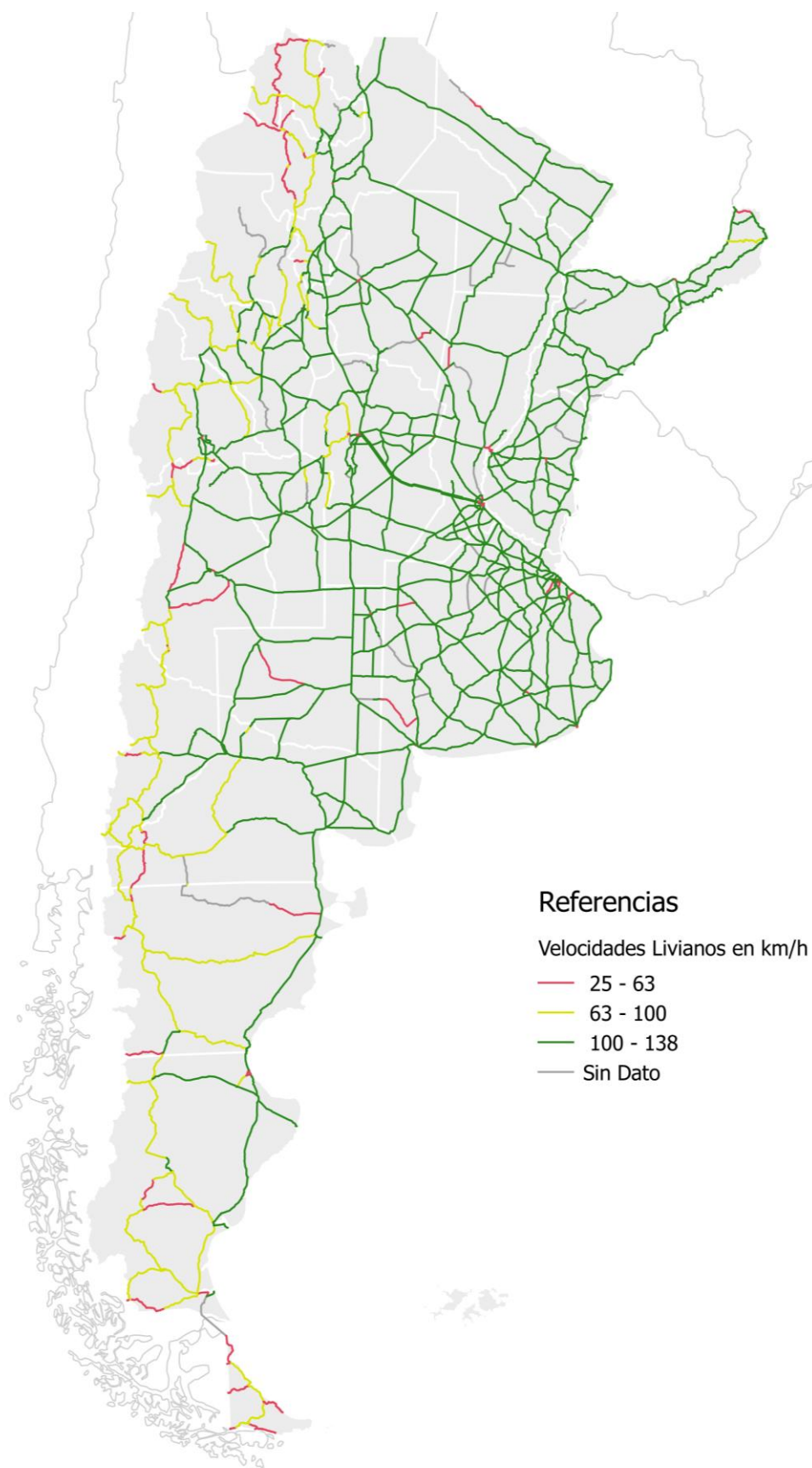
PENDIENTE CONSIDERADA	TERRENO	FACTOR DE PENDIENTE
0%	L	1,00
3%	O	0,94
10%	M	0,79

Respecto a los factores de penalidad por tipo de material, se adoptó un 50% para el ripio respecto al pavimento, en todos los casos, y un 45% para las avenidas de tierra. Las velocidades en flujo libre, base y definitivas, son las siguiente:

TABLA 9 VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE EN AVENIDAS

	L	O	M
Velocidad Base [KM/H]	60,0	60,0	60,0
Velocidad Definitiva pavimento [KM/H]	60,0	56,4	47,4
Velocidad Definitiva ripio [KM/H]	30,0	28,2	23,7
Velocidad Definitiva tierra [KM/H]	27,0	25,4	21,3

ILUSTRACIÓN 10 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA POR VELOCIDADES DE LIVIANOS



2.1.6. VELOCIDAD PESADOS

En el caso de los vehículos pesados, se adoptó la misma metodología, pero partiendo de una velocidad máxima de 80 km/h en el caso de autopistas, autovías y rutas.

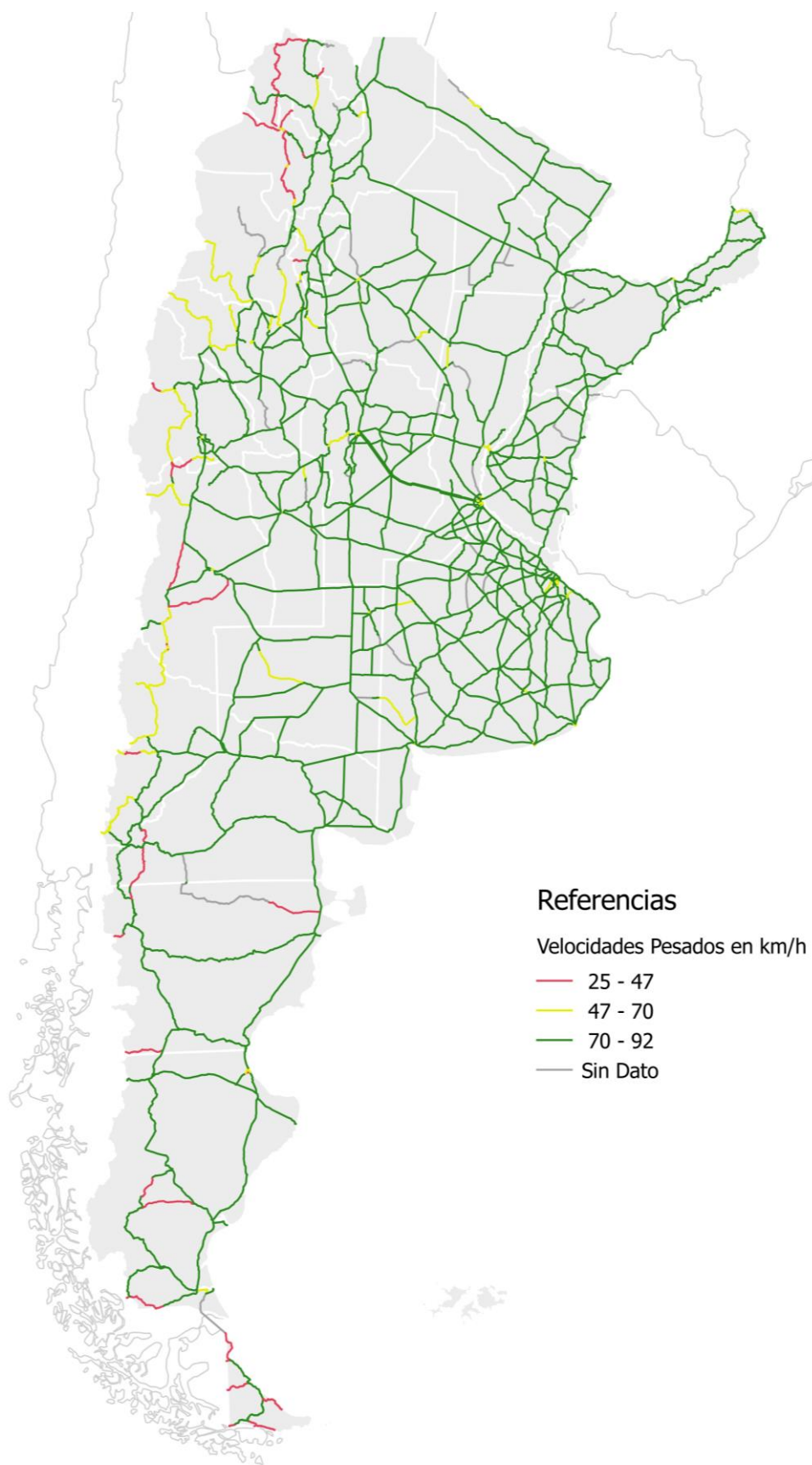
Para avenidas, si bien la velocidad máxima según la Ley N°24.449 para livianos y pesados es la misma, se consideró un 75% para los camiones con respecto a la máxima de los livianos.

El resultado es el siguiente:

TABLA 10 VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE PARA PESADOS

	L	O	M
Autopista [KM/H]	80,0	N/A	N/A
Autovía [KM/H]	80,0	71,5	N/A
Ruta pavimento [KM/H]	79,4	69,9	48,2
Ruta ripio [KM/H]	47,6	34,9	19,3
Ruta tierra [KM/H]	42,9	31,4	17,3
Avenida pavimento [KM/H]	45,0	42,3	35,6
Avenida ripio [KM/H]	22,5	21,2	17,8
Avenida tierra [KM/H]	20,3	19,0	16,0

ILUSTRACIÓN 11 RED VIAL - MAPA RED SIMPLIFICADA POR VELOCIDADES DE PESADOS



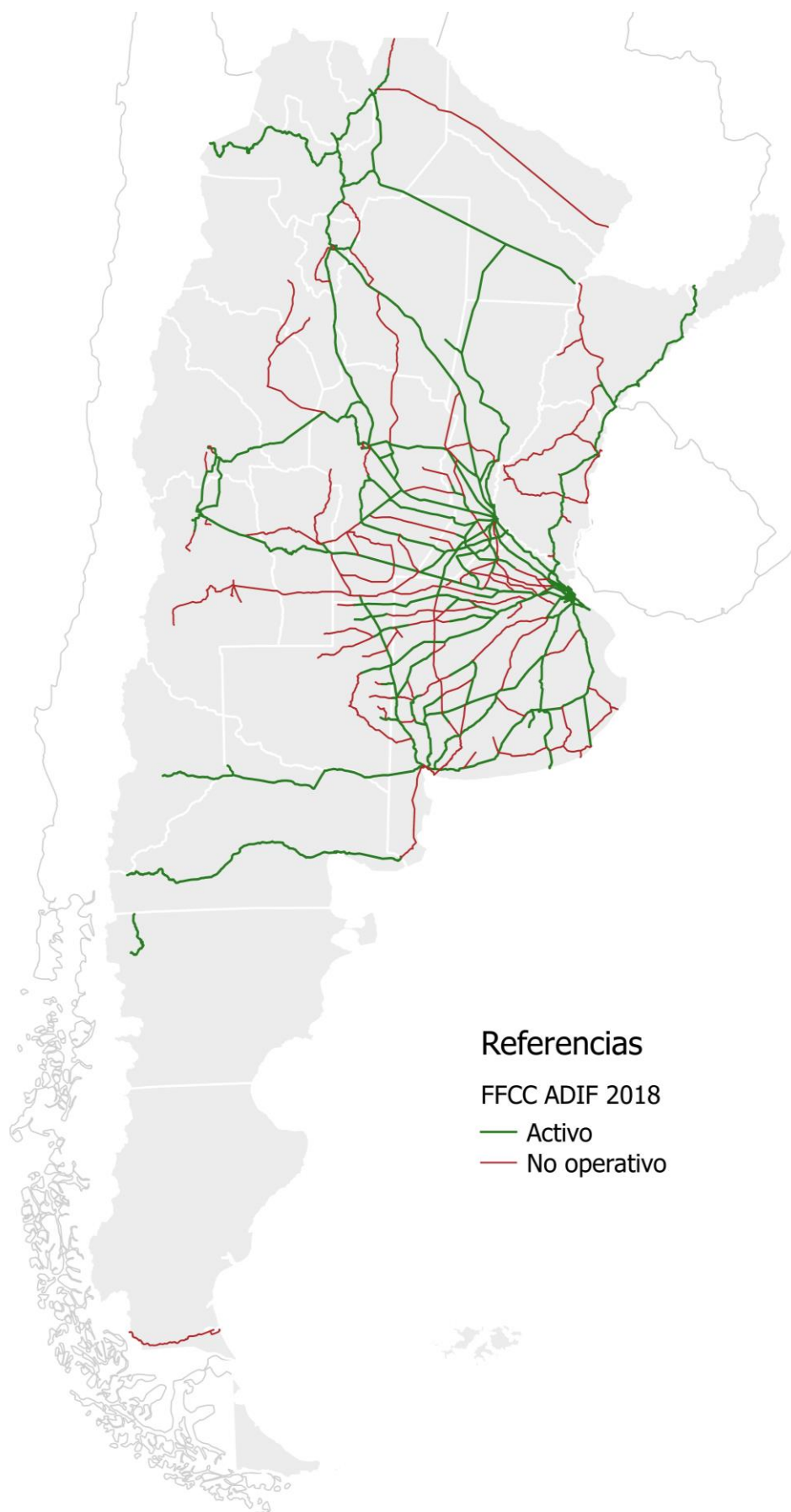
3. RED FERROVIARIA

La red ferroviaria nacional alcanzó su máxima extensión a mediados del siglo XX, con aproximadamente 47 mil km, siendo tercera en el continente americano y décima en el mundo.

Las redes concesionadas durante la década de 1990 a los ferrocarriles de carga, sumadas a las de los ferrocarriles de pasajeros de la RMBA, suman cerca de 30 mil km.

En la actualidad, aunque con distinta intensidad, se explotan unos 19 mil kilómetros (incluyendo cargas y pasajeros -principalmente de la RMBA-), el resto se encuentra desactivado o depredado.

ILUSTRACIÓN 12 RED FFCC - MAPA RED COMPLETA



Tal como se especificara en el caso de la red vial, el objetivo del presente trabajo consiste en representar simplificada la red total, con el objetivo de establecer conectividad a partir de una determinada zonificación.

Una de las principales diferencias respecto al caso vial se da con la disponibilidad de la infraestructura. Se entiende que la red de caminos, más allá de su estado, es utilizable siempre. No pasa lo mismo con la red ferroviaria, porque en muchos casos el estado actual se traduce en la imposibilidad de utilización.

Por lo tanto, se adoptó el criterio general de buscar la conectividad utilizando, en la medida de lo posible, sólo infraestructura en estado operativo. El dato surge de la información generada por ADIF (fuente de los shapes que se utilizaron como base) y complementada con relevamientos particulares sobre imágenes satelitales y de Google Streets View.

El resultado es una red de 18.358 km. dividida en 2965 tramos, que poseen los siguientes atributos:

- DATA: es el identificador del tramo
- LENGTH: es la longitud del tramo
- OP: indica si el tramo está activo o no operativo
- OPERADOR: es la empresa operadora del tramo
- LINEA: Belgrano, Roca, Mitre, San Martín, Sarmiento o Urquiza
- TROCHA: ancha, angosta o media
- VIA: indica si es vía ascendente, descendente, 3ra, 4ta, etc.
- TIPO_TRACC: gasoil o eléctrica
- RAMAL: es la denominación del ramal al que pertenece el tramo
- DIVISION: es el número de división a la que pertenece el tramo

En las imágenes que siguen se ilustran algunos de ellos.

Cabe aclarar que está previsto incluir, en una próxima versión y en la medida que pueda disponerse de dicha información, otras características relevantes de la infraestructura, como capacidad de la vía, velocidad de circulación, pendientes, etc.

ILUSTRACIÓN 13 RED FFCC - MAPA RED SIMPLIFICADA SEGÚN OPERADORES

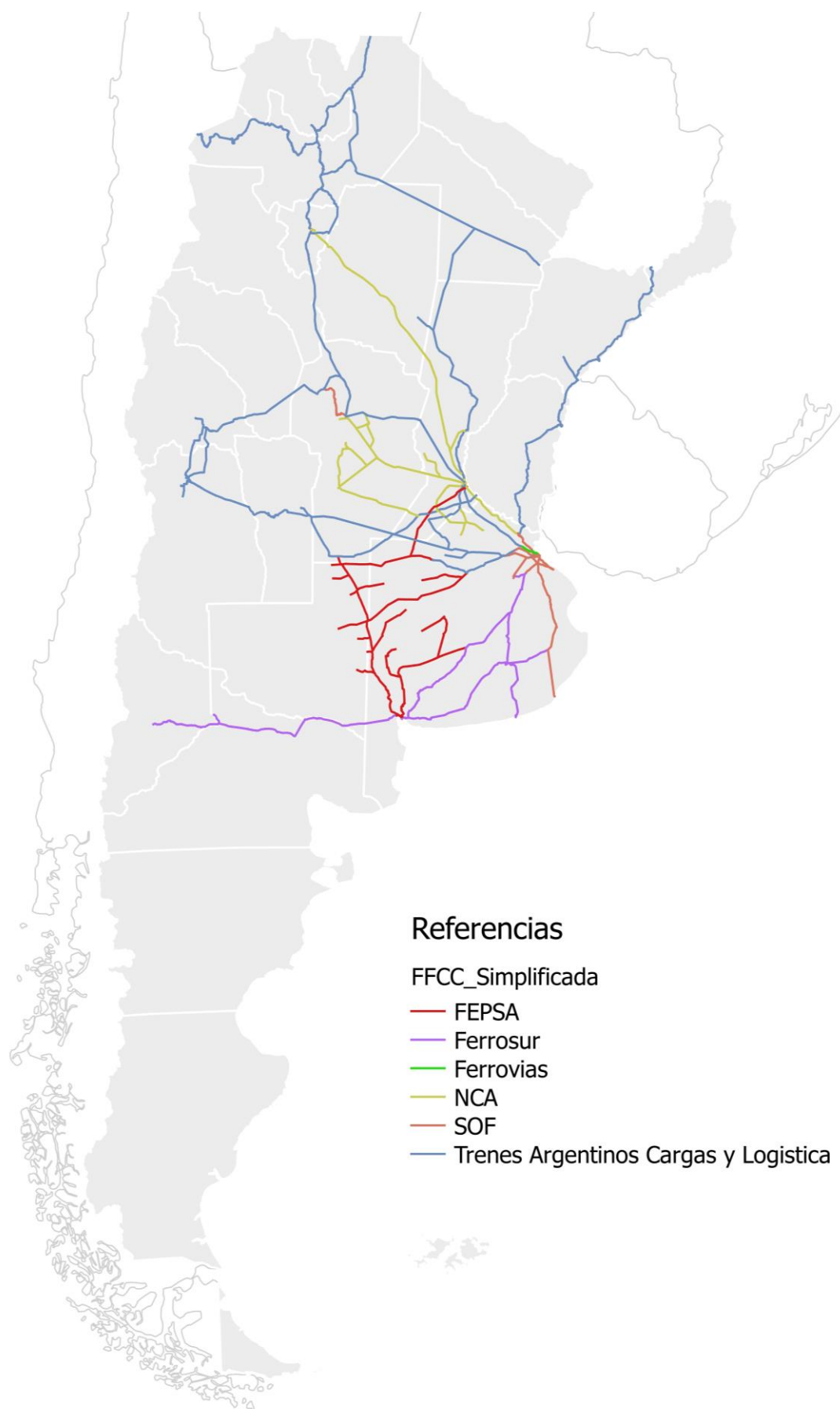


ILUSTRACIÓN 14 RED FFCC - MAPA RED SIMPLIFICADA SEGÚN DISPONIBILIDAD

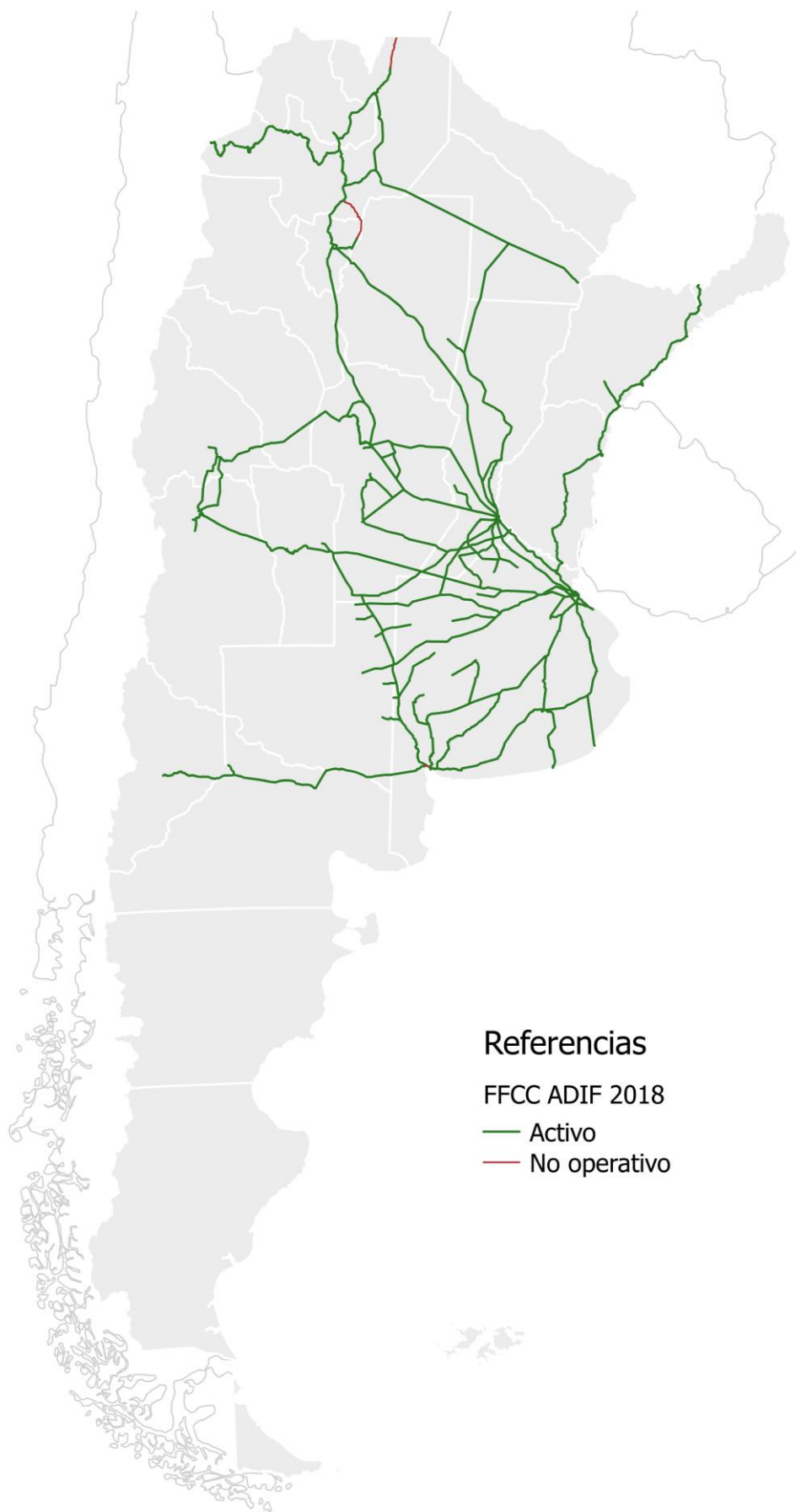


ILUSTRACIÓN 15 RED FFCC - MAPA RED SIMPLIFICADA SEGÚN TROCHA

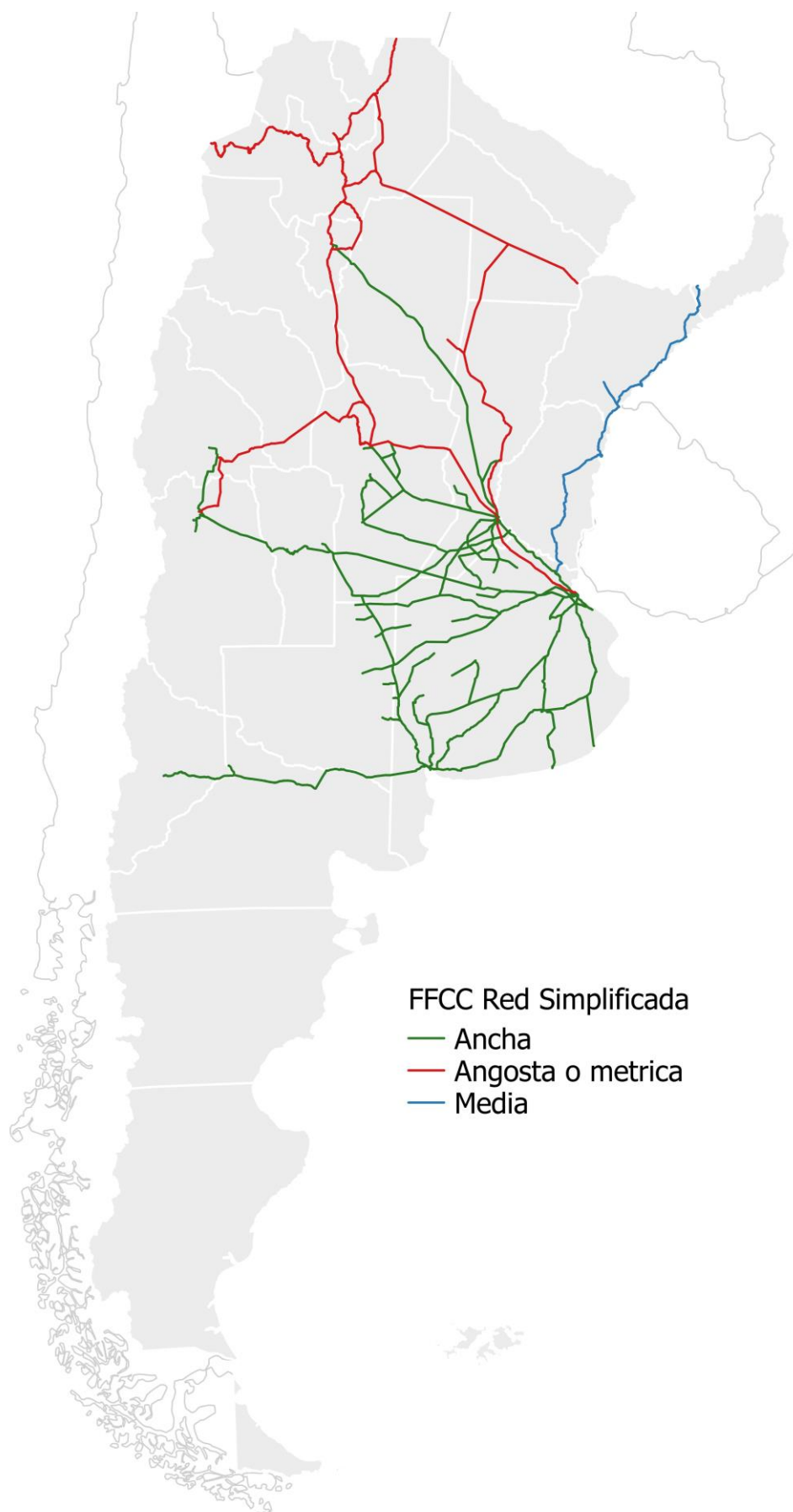
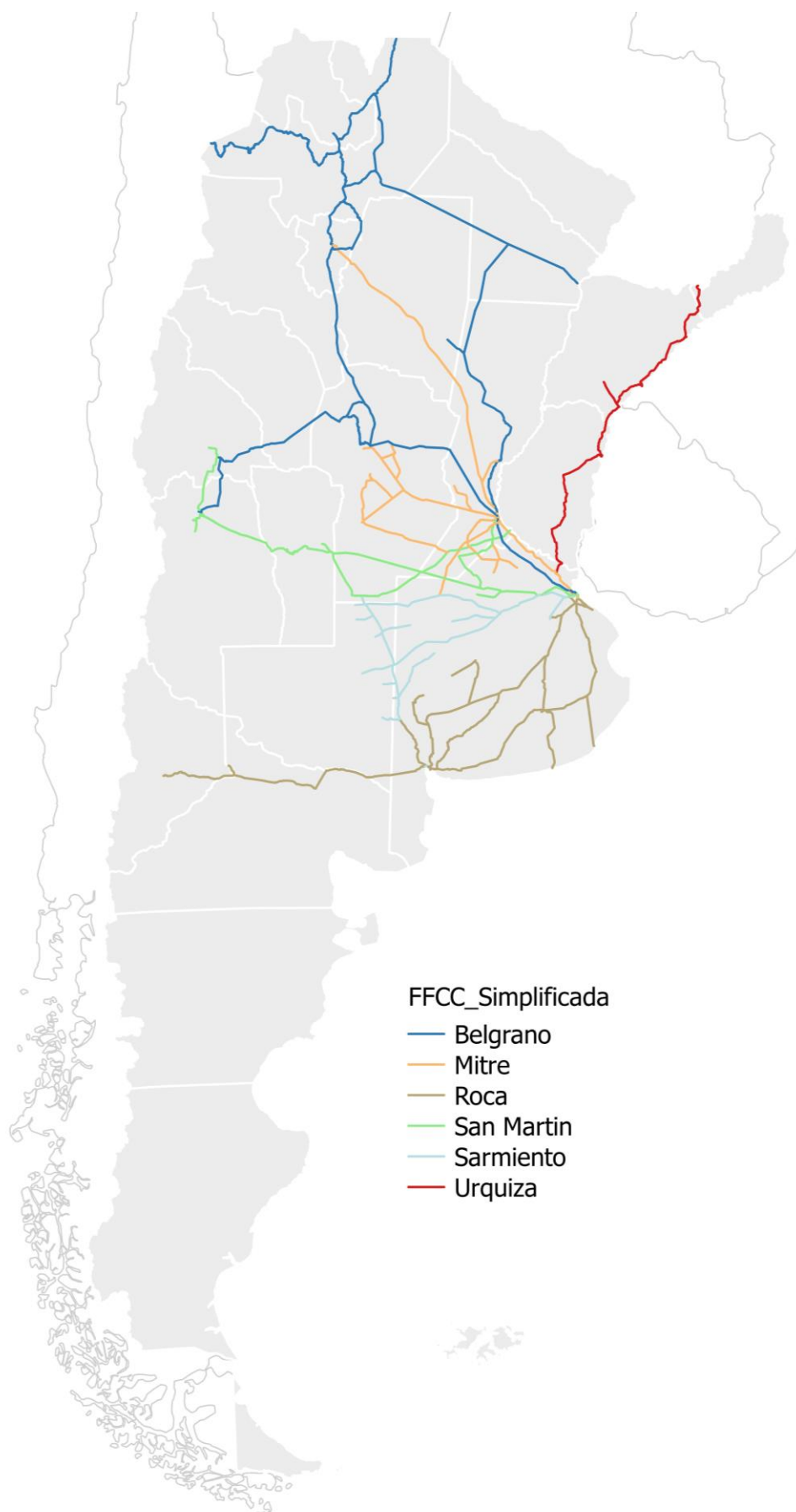


ILUSTRACIÓN 16 RED FFCC - MAPA RED SIMPLIFICADA SEGÚN LÍNEA



4. REFERENCIAS

- Ley Nº 24.449 Ley Nacional de Tránsito y Transporte. (1994).
- Müller, A., & Benassi, A. (2014-10). *Transporte automotor de cargas en Argentina una estimación de orígenes y destinos 2010*. Buenos Aires: CESPA, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires. Obtenido de http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/docin/docin_cespa_037.pdf
- Ortuzar, J. d. (2007). *Modelización del Transporte*. Rosario: Municipalidad de Rosario.
- Transportation Research Board. (2016). *Highway Capacity Manual: A Guide for Multimodal Mobility Analysis*.