



Universidad de
San Andrés

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE SERVICIOS
TECNOLÓGICOS Y DE TELECOMUNICACIONES

FISCALIZACIÓN DE CARGAS DINÁMICAS EN MOVIMIENTO

TESISTA

Lic. PABLO GONZALEZ
DNI 30.592.163

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Dr. ALEJANDRO PRINCE

OCTUBRE 2020

Ciudad Autónoma de Buenos Aires

INDICE

Tabla de contenido

RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE	5
INTRODUCCIÓN	5
PROBLEMA	6
OBJETIVO	9
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	9
OBJETIVOS SECUNDARIOS	10
ALCANCE	10
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	10
VIALIDAD NACIONAL	12
Introducción.....	12
Red vial troncal.....	15
Red vial secundaria.....	15
Red vial terciaria.....	16
Tipos de Gestión.....	16
Balanzas en Vialidad Nacional.....	21
Costo operativo para el mantenimiento.....	23
Recaudación.....	23
WIM - Weight-in Motion	24
Riesgos e impactos de accidentes.....	24
Daños a la infraestructura.....	25
Impacto económico.....	26
Desarrollo de WIM.....	28
Manejo de datos personales y aplicación legal.....	33
Otras aplicaciones wim.....	33
Mejores prácticas e instalación.....	33
Perspectivas a futuro.....	37
Regulación de carga dinámica y WIM a bordo.....	37
SENSORES IoT	38
Proveedores IoT.....	39
LoRa Vs SigFox.....	40
Seguridad.....	41
Nivel de servicio en la red nacional de caminos	42
Metodología.....	43
Capacidad y Nivel de Servicio.....	43
I) Camino de dos carriles.....	47
II) Autopistas.....	50
III) Autovías.....	53
Nivel de Servicio.....	56
Porcentaje de Pesados.....	62
ANÁLISIS FODA	65

CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	74
ANEXO 1 – Pantalla del sistema HS-WIM instalado en RP1001 San Pedro	74
ANEXO 2 - Análisis de pesajes, multas labradas y recaudación en 2018 y 2019.....	74
ANEXO 3 – Costo de tareas de conservación	75
ANEXO 4 – Infracciones de tránsito CABA	75
ANEXO 5 – TDMA VEHICULAR PERIODO 2018-2019.....	75
ANEXO 6 – TDMA DE CAMIONES PERÍODO 2018-2019	76
ANEXO 7 – Contadores de tráfico IoT.....	76
Lista de entrevistados	78
Agradecimientos	78



Universidad de
San Andrés

INDICE DE IMÁGENES

FIG. 1 - ELABORACIÓN PROPIA, FUENTE DE DATOS C3T-UTN 2015 (CENTRO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTE, 2015).....	9
FIG. 2 - ELABORACIÓN PROPIA BASADO EN EL MODELO (KRAUSE & DENZIN, 1989)	11
FIG. 3 - RESUMEN VIALIDAD NACIONAL - FUENTE: (TRANSPORTE, 2018)	14
FIG. 4 - DETALLE PRESUPUESTARIO VIALIDAD NACIONAL PROGRAMA 51	20
FIG. 5 - DETALLE PRESUPUESTARIO VIALIDAD NACIONAL SUBPROGRAMA 10	21
FIG. 6 - PUESTOS DE BALANZA POR PROVINCIA – CONFECCIÓN PROPIA.....	22
FIG. 7 - ACCIDENTES CON VÍCTIMAS SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO, BASE 2015 - FUENTE: (RAÑO ET AL., 2019).....	24
FIG. 8 - ACCIDENTES CON VÍCTIMA INVOLUCRADO UN CAMIÓN, SIAT 2016 FUENTE: (RAÑO ET AL., 2019)	25
FIG. 9 - ACCIDENTES CON VÍCTIMA INVOLUCRADO UN CAMIÓN, SIAT 2017 FUENTE: (RAÑO ET AL., 2019)	25
FIG. 10 - ACCIDENTES DEL TIPO POR ALCANCE - FUENTE: (RAÑO ET AL., 2019)	25
FIG. 11 - DIAGRAMA DE PRUEBAS WIM (DPV) + BALANZA ESTÁTICA (DNV).....	27
FIG. 12 - BALANZA ESTÁTICA POR EJE - FUENTE VIALIDAD NACIONAL.....	29
FIG. 13 - TECNOLOGÍAS DE SENSORES WIM - FUENTE BURNOS & RYS, 201d7	30
FIG. 14 - INSTALACIÓN DE SISTEMA B-WIM - FUENTE ISWIM	31
FIG. 15 - MEJORES PRÁCTICAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS WIM.....	32
FIG. 16 - SISTEMA DE CONTROL DE CARGAS AUTOMÁTICO EN BRASIL - FUENTE (INTEGRATED & STATION, 2016).....	35
FIG. 17 - COMITE DEL ICWIM 2021	36
FIG. 18 - DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA IoT LORA - FUENTE: HTTPS://LORA-ALLIANCE.ORG	39
FIG. 19 - MAPA DE COBERTURA DE SIGFOX EN ARGENTINA - HTTPS://WWW.SIGFOX.COM/EN/COVERAGE	40
FIG. 20 - HYPERCYCLE GARTNER - FUENTE: GARTNER	42
FIG. 21 - SEMÁFORO - NIVEL DE SERVICIO	44
FIG. 22 FLUJO DE CONGESTIÓN.....	45
FIG. 23 CAPACIDAD EN UNA VÍA	46
FIG. 24 - CAMINOS DE CLASE I	49
FIG. 25 - CAMINOS DE CLASE I.....	49
FIG. 26 - CAMINOS DE CLASE II	50
FIG. 27 - CAMINOS DE CLASE II.....	50
FIG. 28 - CAMINOS DE CLASE III	50
FIG. 29 - CAMINOS DE CLASE III	50
FIG. 30 PARÁMETROS DE EFICIENCIA	51
FIG. 31 - NIVELES DE SERVICIO	53
FIG. 32 - CURVA DE VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE	53
FIG. 33 - NIVEL DE SERVICIO	55
FIG. 34 CURVA DE VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE	55
FIG. 35 - NIVEL DE SERVICIO EN AUTOPISTAS - FUENTE - MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS 2005.....	57
FIG. 36 - GRUPO POR DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL.....	59
FIG. 37 - VOLUMEN DE H30 DÍA HÁBIL Y DÍA NO HÁBIL	60
FIG. 38 - FRECUENCIA ACUMULADA DE LA DIFERENCIA RELATIVA H30 DH Y DNH	60
FIG. 39 - DIRECCIONALIDAD DH Y DNH	61
FIG. 40 – FRECUENCIA ACUMULADA A LA DIRECCIONALIDAD POR TIPO DE DÍA	61
FIG. 41 - FRECUENCIA ACUMULADA DE LA DIFERENCIA DE DIRECCIONALIDAD POR TIPO DE DÍA	62
FIG. 42 - % PESADOS EN DÍA HÁBIL Y NO HÁBIL.....	62
FIG. 43 - FRECUENCIA ACUMULADA DE LA DIFERENCIA RELATIVA %Pes DH Y DNH.....	63
FIG. 44 REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD MEDIA EN PENDIENTE.....	64
FIG. 45 - FODA - PRODUCCIÓN PROPIA.....	65
FIG. 46 - TDMA VEHÍCULOS (2018-2019).....	76
FIG. 47 TDMA CAMIONES (2018-2019)	76

RESUMEN

Se analizará la implementación de balanzas de fiscalización utilizando el método WIM, de pesaje en movimiento, para el control de cargas en Argentina. Se abordarán estudios en el plano regional y en los principales países en el plano internacional, con el fin de analizar las mejoras que podría proporcionar este método de medición tanto en el control de cargas como así también en el costo operativo de mantenimiento de las rutas y la seguridad vial.

PALABRAS CLAVE

WIM, CARGAS DINÁMICAS, IOT, RUTAS NACIONALES, TRANSPORTE

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene el principal objetivo de analizar la implementación de balanzas de control de cargas dinámicas en las rutas nacionales de Argentina utilizando la tecnología WIM, por sus siglas en inglés de Weight In Motion (Pesaje en Movimiento). Se pretende dar una solución práctica a un problema real actual, con el fin de mejorar la fiscalización de pesos y dimensiones.

Hemos detectado un problema tanto en la fiscalización de pesos y dimensiones como así también en los bajos índices en los pagos de multas, perjudicando de esta forma a la conservación de las vías transitables. Se abordarán estudios realizados en Australia, Reino Unido y Francia, siendo este último país, uno de los precursores metrológicos a nivel mundial y de la medición de cargas en movimiento.

Se analizarán publicaciones del ISWIM (Internation Society for Weight In Motion) que describen el uso de esta tecnología de pesaje, exponiendo las diversas formas de implementación del método de medición WIM y las propuestas de mejores prácticas para su implementación.

Si nos situamos en el panorama regional, vemos a varios países que se encuentran utilizando sistemas de fiscalización WIM, tales como Brasil, Chile y Uruguay. Se abordará el caso de éxito de Brasil, ya que la madurez de la implementación que posee nos proporciona una idea de potenciales mejoras que se podrían incorporar en nuestro país.

Paralelamente, se analizará el impacto que tiene en la seguridad vial la falta de control de cargas en las rutas. En un contexto pandémico, como en el que estamos transitando, analizaremos cómo hubiese afectado a la continuidad de operaciones la fiscalización de cargas y así evitar una disminución en los controles y estadísticas.

Se analizarán entrevistas con especialistas de la Dirección Nacional de Vialidad, de las áreas de Estudios de Demanda, Control de Pesos y Dimensiones y así como también con el Área de Estudios y Proyectos.

Por otro lado en diálogo con el Director del Posgrado Instituto del Transporte de la Universidad Nacional de San Martín, nos permitirá tener un panorama general de la logística en Argentina. Por último, el aporte del director de proyectos de American Traffic S.A., una de las empresas especializadas en este tipo de tecnologías WIM, nos permitirá conocer el estado de implementaciones actuales en la región y en el país, permitiéndonos estar al tanto sobre el estado del arte.

Con el objetivo de medir el impacto recaudatorio que podría suponer la implementación de este sistema de medición dinámica y labrado de actas, acompañado de un marco regulatorio propicio, se analizarán estudios sobre el Nivel de Servicio en las rutas, estadísticas de control de pesos y dimensiones, y estudios sobre el costo operativo para el mantenimiento de las vías, así como también un estudio del sistema actual de multas de tránsito en CABA con el fin de obtener una comparación con el sistema actual de penalidad por exceso de pesos.

Dentro de los temas a desarrollar, veremos un panorama general de la Dirección Nacional de Vialidad. Éste último, es el organismo encargado de administrar las Rutas Nacionales en Argentina. Expondremos las jurisdicciones correspondientes a las rutas tanto principales, secundarias y municipales y los principales tipos de gestión. Tal como mencionamos en el párrafo anterior, se abordará el estudio de Nivel de Servicio correspondiente al manual **HCM2010** (Highway Capacity Manual). El Nivel de Servicio, que se describirá en este capítulo, es un indicador sobre la calidad de un flujo de tránsito que relaciona la demanda de tránsito con la oferta vial y sus condiciones de entorno.

Continuaremos con un análisis de los distintos sistemas WIM y su implementación en diversos países Europeos, así como también en la región.

El trabajo incluye un capítulo en el cual se realizará un paneo general de los dispositivos IoT tales como sensores, cámaras de reconocimiento de patentes y vehículos, cartelera indicadora inteligente y sensores de flujo vehicular, para complementar la efectividad del sistema.

Por último, se realizará un análisis FODA con el fin de obtener un panorama sobre la implementación propuesta, teniendo en consideración los factores internos y externos que el sistema posee, permitiendo prever las barreras de implementación y centrándose en las fortalezas y virtudes que un sistema de estas características posee.

PROBLEMA

La fiscalización de pesos y dimensiones en las rutas con alto caudal de tránsito de cargas es esencial para la conservación efectiva de la red de caminos. Las sobrecargas en los camiones transportistas generan patologías importantes sobre la calzada tales como ahuellamiento, agrietamiento y deformaciones longitudinales. Estos factores que, sumados a las condiciones climáticas, pueden ser el inicio de daños más importantes que van desde la pérdida de adherencia hasta daños

estructurales, convirtiéndose en un riesgo alto del estado de la calzada y puede ser un desencadenante de accidentes viales.

En general, los vehículos que circulan excedidos de peso son los que transportan arena y piedra desde Olavarría, Córdoba y Santa Fe e ingresan en un radio de 300 Km con centro en Buenos Aires, pero también circulan en infracción camiones que transportan granos hacia los puertos (Viano, 2016). La logística hacia los puertos tiene una regulación mayor que la logística interna (el flete), por ejemplo entre el productor y el acopiador. Estos últimos son los que más daño le provocan al pavimento, por lo general son pequeñas empresas transportistas que realizan “prácticas predatorias sobre la flota”, como nos comenta Daniel Álvarez del Instituto del Transporte de la Universidad Nacional de San Martín, exigiendo a los vehículos hasta el extremo de su destrucción. La falta de mantenimiento y con problemas mecánicos en la suspensión, son los responsables directos del desgaste temprano en los pavimentos, y potenciales actores de accidentes viales.

Un aumento del 20% en el peso transportado resulta en que un pavimento diseñado para durar diez años resista sólo cinco, generando de esta forma no sólo una degradación de las vías que perjudica a los transportistas, provocando mayores costos de mantenimiento tanto al pavimento como a los camiones, sino que también como mencionamos anteriormente, impacta en forma directa en la seguridad vial.

Llevando esto al plano económico, un estudio de Pais (Nikolaides, 2015) realizado sobre cinco tipos de pavimentos reveló que un vehículo con exceso de carga, genera un gasto de un 100% mayor del que genera un vehículo con el peso dentro de las regulaciones. Existe un costo de una magnitud que alcanza a más del 1% anual, sobre el valor patrimonial de la red pavimentada de jurisdicción nacional y provincial, que es pagada por la comunidad a través de los impuestos, y originada por la transgresión del transporte automotor de carga con sobrepeso.

A esto hay que sumarle el costo en vidas perdidas e incapacidades como resultado de accidentes viales provocados por la pérdida de seguridad en la transitabilidad.

El control de cargas en Argentina es un trabajo muy complejo habida cuenta de las actuales características de la red troncal. Según Daniel Álvarez, “la infraestructura vial Argentina tiene una oferta indivisible”, y se refiere a que cualquier persona puede transitar una ruta, contraponiendo el caso de la circulación en una vía férrea la cual tiene mejor control sobre el flujo de tránsito. La mayoría de las rutas nacionales, aún hoy, no son autopistas lo cual hace más difícil el control de ingreso y egreso de los camiones. En ese sentido, estos corredores viales se conectan con la red secundaria (camino provinciales o municipales) en infinidad de puntos desde donde es posible ingresar y egresar sin control alguno.

La consecuencia directa de esto es que el control de cargas, cualquiera sea, entre el punto A y el punto B de una vía troncal es difícil de ser realizado en forma eficiente porque puede ser evitado fácilmente.

Esto, por ejemplo, no ocurre en los caminos chilenos, ya que el acceso a las vías troncales se puede hacer en puntos específicos, pudiendo controlar mejor el acceso a la vía y evitando que se sume o egrese tráfico en el medio.

La oferta de transporte terrestre de carga en el territorio argentino está constituida por las redes ferroviarias y el transporte automotor (García, 2007). Las redes ferroviarias son responsables del traslado de cerca del 15% del total de las mercaderías transportadas, mientras que más del 85% del transporte terrestre de cargas del país se realiza en transporte automotor.

Actualmente el sistema de control se hace en forma manual y requiere de al menos cuatro personas por turno operando cada balanza, sumado al apoyo de la fuerza policial y/o de gendarmería, que aporta al menos dos efectivos en la vera de la ruta con el fin de seleccionar manualmente los camiones que serán pesados en la balanza fija. Como se mencionó en párrafos anteriores, resulta ineficiente por la imposibilidad del control de ingreso/egreso y esta ineficiencia se traslada a los datos estadísticos perdiéndose la posibilidad de realizar una correlación útil entre las características del tránsito y el nivel de servicio de la vía y su estado de deterioro en el tiempo. Cabe agregar que muchas veces, por saturación fortuita (o no), los puestos de control deben dejar camiones sin controlar, debido al volumen de tráfico. Sin mencionar que muchos de los puestos no trabajan 24/7.

El método actual de imputación de multas también tiene sus desventajas: Cuando un camión es controlado en un puesto fijo, y se encuentra excedido en sus pesos o dimensiones, se labra un acta que está imputada a la empresa. Muy pocas empresas realizan el pago de esta multa, al no comprometer otro tipo de trámite posterior, veremos en detalle un análisis de los años 2018 y 2019 y sus bajos índices de pago.

Los tiempos que se demora a los transportistas entre que entran al puesto de control hasta que se realizan las mediciones y llegado al caso, la contravención, están en el rango de 10 a 30 minutos, perjudicando la circulación y muchas veces se le genera al conductor un problema, ya que al tener que cumplir un horario de entrega se lo demora demasiado y es perceptible a sanciones. Esto tiene un impacto directo con la seguridad vial, ya que para evitar una sanción, los conductores incurren en excesos de velocidad con el fin de compensar el tiempo perdido en el puesto de control.

Por otro lado, si está excedido, debe regular carga. Para hacer esto, debe esperar que un camión complementario se acerque al puesto y haga una transferencia de carga, lo que demora aún más al transportista, perjudicando no solo al conductor sino que también a los tiempos de transporte provocando así una demora en toda la cadena de productiva o logísticas posteriores. Los camiones no pueden regular carga simplemente tirando el excedente a un costado de la ruta, no está permitido.

El movimiento de cargas pesadas en las rutas no es constante durante todo el año, su volumen es estacional. Esto quiere decir que dependerá de la cosecha a transportar, ya sea a silos o directamente a los puertos y del tipo de siembra.

A continuación, en la Fig. 1 podemos observar un gráfico de los principales granos tales como girasol, cebada, maíz y trigo y su volumen de circulación en cada mes. El gráfico está basado en la información recolectada por Centro Tecnológico del

Transporte dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional y corresponden al año 2015

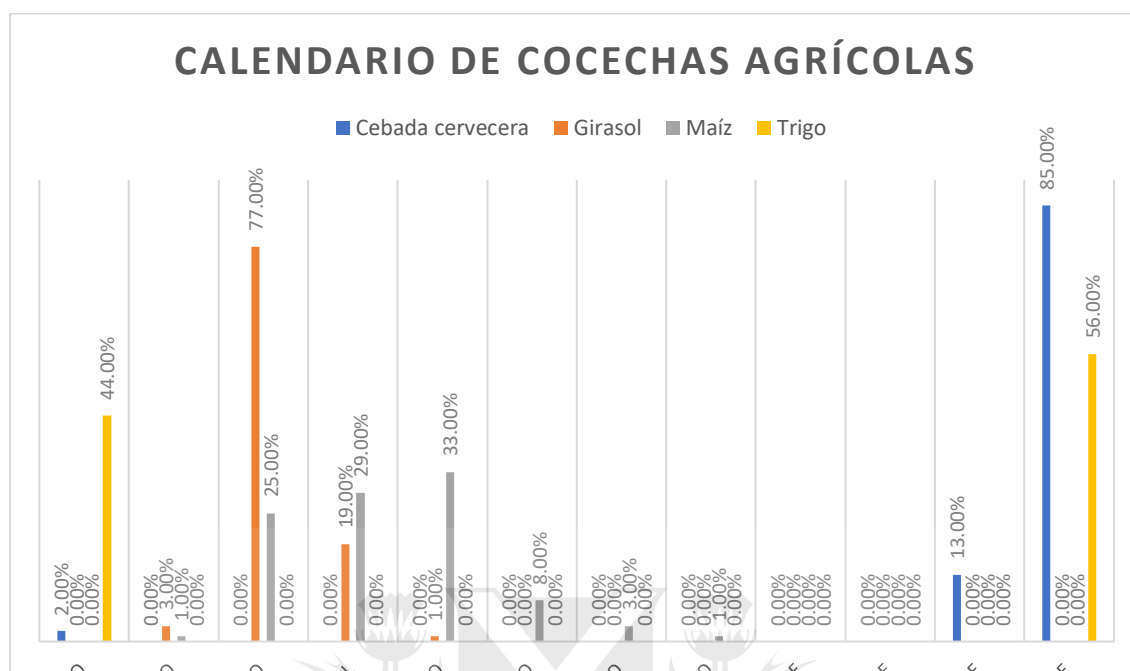


Fig. 1 - Elaboración propia, fuente de datos C3T-UTN 2015 (Centro Tecnológico de Transporte, 2015)

La experiencia regional, como es el caso de que se estudiará de Brasil y como también son los casos de Chile y Uruguay, y con el respaldo de la experiencia internacional, demuestra que se trata de un problema solucionable, pero se requiere decisión y consenso en la política a aplicar, y la alineación de varios organismos del estado apalancados por normativas y un cambio cultural.

OBJETIVO San Andrés

Analizar la implementación de balanzas de control de cargas dinámicas en movimiento para fiscalización en rutas de jurisdicción de Vialidad Nacional.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Qué mejoras podría proporcionar la implementación de sistemas WIM en la conservación de las rutas con alto volumen de cargas?

¿Cómo impactaría la implementación de un sistema WIM en el costo operativo de mantenimiento y en la seguridad vial?

¿Cuál es el beneficio que le generaría a las empresas transportistas?

¿De que forma se podría mejorar la imputación de multas por exceso de carga?

OBJETIVOS SECUNDARIOS

Investigar y describir el control de cargas a nivel global

Investigar y describir el control de cargas en la región

Determinar los beneficios clave de implementar el sistema WIM a los transportistas y a los usuarios de las vías.

Investigar como mejorar con la implementación del sistema WIM, la medición del flujo vehicular en las rutas.

Analizar cuáles son las barreras e impedimentos para la implementación de esta tecnología.

Describir el método de fiscalización actual e identificar las oportunidades de mejora complementado con dispositivos IoT.

Comparar el beneficio en el costo operativo que tendría esta mejora para el Estado, los transportistas, y los usuarios.

Promover la implementación de balanzas inteligentes para el control de cargas y dimensiones e imputación de multas.

ALCANCE

El presente trabajo tiene como foco principal de estudio la implementación de un sistema de fiscalización de pesaje en movimiento (WIM), en el tramo de la ruta nacional N33 que comprende la ciudad Bonaerense de General Villegas y el puerto de Rosario. Es uno de los tramos más importantes en el transporte de cargas, principalmente desde los campos, hacia el puerto mencionado. Conviven aproximadamente 3.000 camiones y 10.000 vehículos que transitan diariamente. Si bien es esta sección la que se va a estudiar, este sistema de fiscalización es aplicable a otros tramos y no está limitado solo a rutas nacionales, sino a cualquier otro tipo de camino que requiera fiscalizar el control de cargas de forma automatizada.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se pretende en este trabajo realizar un análisis descriptivo a través de un paradigma cualitativo, utilizando como instrumentos estadísticas y estudios de la Dirección Nacional de Vialidad, tales como censos de tránsito, volumen de transporte de cargas y costos de mantenimiento de las rutas. Así mismo se realizarán entrevistas con especialistas en Estudios y Proyectos, Estadísticas de tránsito, Seguridad Vial y especialistas de Control de Cargas. Se realizarán también, entrevistas con

especialistas en transporte y empresas que proveen soluciones de pesaje en movimiento.

Se analizará el estado de implementaciones en Francia, Estados Unidos y Australia y el estudio de los casos en la región en Chile, Uruguay y Brasil, países que tienen implementados sistemas similares al que se propone en el presente trabajo, permitiendo así obtener un panorama global y regional respecto al control de cargas.

Con el fin relacionar los datos obtenidos por métodos cualitativos y cuantitativos se realizará una triangulación (Fig. 2) con el fin de evitar el sesgo subjetivo (Flyvbjerg, 2004) y permitir el contraste de datos e informaciones.



Fig. 2 - Elaboración propia basado en el modelo (Krause & Denzin, 1989)

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Balanzas dinámicas inteligentes para el control de cargas en rutas de Argentina	Mejora en los controles de cargas Barreras Beneficios Error humano Automatización	TDMA Nivel de Servicio Épocas de cosecha Costo total de operación Infracciones por exceso de carga.	Revisión de documentos Datos de infracciones por exceso de carga Entrevistas Análisis de estadísticas de las fuentes primarias
Costo operativo y seguridad vial	Costo operativo de mantenimiento de las rutas Mejora del estado de las rutas	Gasto público Accidentes de tránsito	Análisis de estadísticas de las fuentes primarias Estadísticas de seguridad vial
Casos de estudio en Latinoamérica	Políticas públicas	Políticas de transporte de cargas	Casos de estudio Entrevista con especialistas

Tabla 1 – Elaboración propia

INTRODUCCIÓN

La Dirección Nacional de Vialidad (DNV), comúnmente llamada Vialidad Nacional, depende del Poder Ejecutivo Nacional a través del Ministerio de Obras Públicas. Su misión es la de mantener, mejorar y ampliar la red nacional de caminos, que es una parte de la red vial argentina. Fue creada en 1932, durante la presidencia de Agustín Pedro Justo, por Justiniano Allende Posse.

En un principio era un ente autárquico que se financiaba con un impuesto fijo por cada litro de nafta por medio de la Ley 11.658.

Debido a la inflación, el Decreto Nacional 505/1958 reemplazó el monto fijo por un porcentaje (el 35%) y mediante la Ley 15.274 de 1960 se creó el Fondo Nacional Complementario de Vialidad que gravaba las ventas de cubiertas y vehículos y que serviría para construir o reconstruir 15.000 km de caminos en un plazo no mayor de diez años.

Hacia mediados de los años cuarenta se fue creando un sistema troncal de caminos nacionales.

En el comienzo de los ochenta, los déficits fiscales registrados por el Estado Nacional, particularmente en la segunda mitad de los años ochenta, derivaron en que una porción considerable de los recursos que tradicionalmente se orientaba a la infraestructura del sistema vial, fuera desviada hacia otros ámbitos a fin de paliar los desequilibrios en las cuentas públicas, generando un nivel de desinversión en el sector.

Esta situación de creciente desatención tuvo su máxima expresión entre 1985 - 1990, lo que derivó en la agudización del estado crítico de las rutas nacionales. En el año 1989 apenas un tercio de la red de rutas nacionales pavimentadas se encontraba en estado transitable.

En 1988 durante el gobierno del radical Raúl Alfonsín comienzan las primeras concesiones viales a grupos privados, a través del ministro Rodolfo Terragno. La mitad de los kilómetros se adjudica entre los mayores contratistas, 22% al grupo Roggio, 17% grupo Macri y 11% al grupo Techint. Se resolvió la licitación de 9.800 km. de rutas nacionales, que representaban el 25% del total por extensión, pero significaban el 50% del tránsito y 66% de la recaudación posible.

En 1990 se eliminaron los fondos específicos para los caminos, marcando el fin de la autarquía, con lo que la Dirección Nacional de Vialidad comenzó a recibir fondos directamente a partir de asignaciones indicadas en el Presupuesto General de la Nación.

Ese año además el Congreso Nacional dicta las leyes de reforma del Estado, con lo que las rutas con mayor circulación vehicular debían pasar a concesionarios privados. Las concesiones viales tuvieron problemas de diseño del marco normativo o regulatorio, se vieron sujetas a una casi sistemática situación de incumplimiento

o renegociación de determinadas cláusulas contractuales por parte de las empresas. En 1990, Servicios Viales S.A. se adjudicó la concesión de los peajes de 1.080,51 kilómetros de rutas nacionales.

En febrero de 1991 aumentó casi el 70% el costo de los peajes, a punto tal que la tarifa básica para un automóvil se ubicaba, en promedio, entre las más altas del mundo, en torno a u\$s 2,50/ 50 km.

Las concesiones de la red vial quedaron en manos de Autopistas Ezeiza-Cañuelas S.A., Coviare S.A., Grupo Concesionario del Oeste S.A. y Autopistas del Sol S.A. Desde fines de 1999, se dio un paulatino y creciente cambio en los propios criterios que, en su momento, sustentaron la regulación tarifaria de las mismas. A partir del año 2000 se dará una proliferación de subsidios públicos hacia corredores viales privados/concesionados.

El Decreto 802 del 15 de junio de 2001 creaba una empresa estatal llamada ENAVIAL, liquidando la Dirección Nacional de Vialidad. Luego de la intervención del Congreso Nacional, en agosto del mismo año se revirtió la medida.

Mediante el Decreto Nacional 1020 del año 2009, el Órgano de Control de las Concesiones Viales (OCCOVI) pasó a depender de la Dirección Nacional de Vialidad. Este organismo tenía facultades para supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión de casi 10.000 km de caminos nacionales de alta densidad de tráfico.

La red vial de Argentina se encuentra integrada por toda superficie terrestre, pública o privada, por donde circulan peatones y vehículos, la cual está señalizada bajo la jurisdicción de las autoridades nacionales, provinciales o municipales responsables de la aplicación de las leyes de tránsito argentino, bajo la gestión de la Dirección Nacional de Vialidad.

La red vial nacional está compuesta de la siguiente forma (Fig. 3):

Red Vial Nacional (Transporte, 2018)

- Caminos Pavimentados: 36 727 Km
 - Calzada simple: 33 928 Km
 - Autovías: 1 709 Km
 - Autopistas: 1 090 Km
- Caminos Mejorados: 2 387 Km
- Caminos de Tierra: 824 Km

Red Vial Provincial (Gago, 2017)

- Caminos pavimentados: 44 861 Km
- Caminos Mejorados 39 234 km
- Caminos de tierra 114 194 Km

Red vial terciara, caminos municipales y vecinales (Gago, 2017)

- Caminos municipales y vecinales: > 500.000 KM

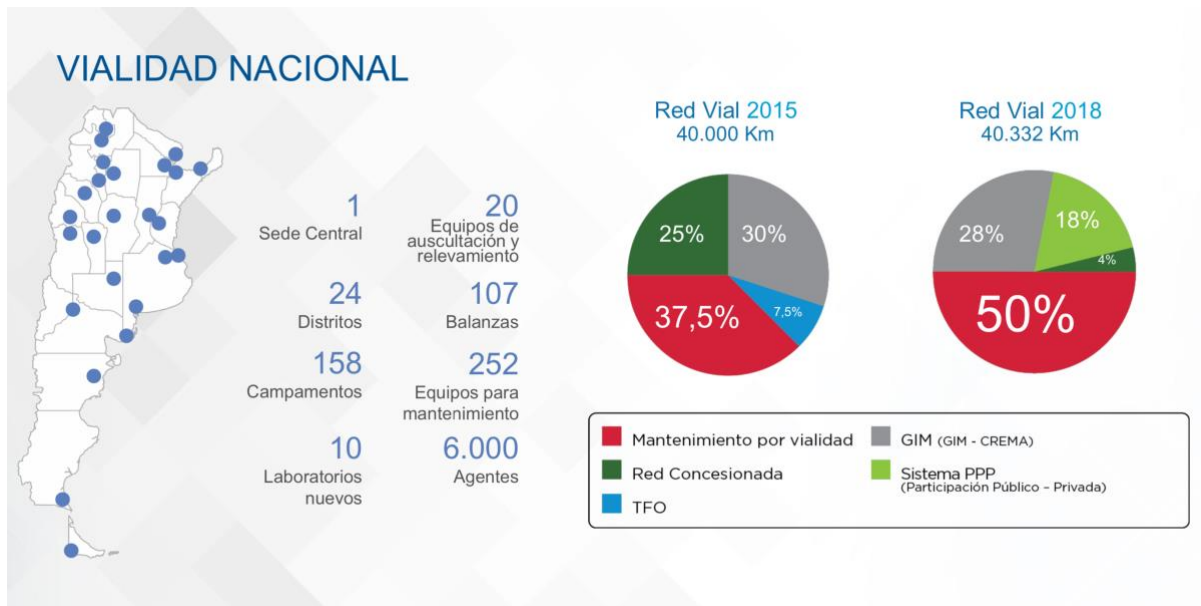


Fig. 3 - Resumen Vialidad Nacional - Fuente: (Transporte, 2018)

Se trata sin duda de una red compleja a la cual naturalmente se debe sumar la red ferroviaria con la cual se completa el sistema de transporte argentino terrestre.

El 75 % del tránsito vehicular se realiza por las carreteras pavimentadas; en el 95% de la red vial circula un tránsito medio de 500 vehículos por día. Aproximadamente 2800 km de la red total son vías rápidas (autopistas y autovías) y por ella circulan más de 4500 vehículos por día.

La red vial nacional ha sido construida durante las últimas cinco décadas; en el año 1950 se contaba con aproximadamente 7.000 km de caminos pavimentados y 7.000 km de caminos mejorados, en general enripiados. Respecto a las redes provinciales, del total de 60.000 km de caminos pavimentados o mejorados, en la actualidad, no menos del 85% han sido construidos en este período.

En el período 2003 hasta 2015 el Gobierno Nacional realizó una fuerte inversión en obras de infraestructura que permitió construir 1300 km de nuevas carreteras, pavimentar 4100 km de rutas nacionales, y cubrir con obras de mantenimiento la totalidad de la red vial nacional. Además, se llevó la cobertura de obras de mantenimiento a la totalidad de la red vial pavimentada, cuando en 2003 solo se alcanzaba a cubrir el 50 % de la misma. Gracias a estas inversiones, entre 2003 y 2015 se produjo un crecimiento del 130 % de la red vial argentina.

En el período 2015 a la actualidad se hicieron 8.958 km de obras viales finalizadas y hay 13.873 km de obras en ejecución. Este número cuenta muchos tipos de obras, como repavimentaciones, y no sólo la construcción de nuevas autopistas o rutas. De los 8.958 Km informados por el Gobierno, más de la mitad son repavimentaciones (53%). Lo siguen las pavimentaciones (14%), mantenimientos (14%) y rehabilitaciones (8%). Además, en la lista se incluyen obras de enripiado, iluminación y seguridad. Sobre las obras que todavía están en ejecución, la mayoría de los 13.873 km también son repavimentaciones (67%).

En lo que respecta a obras nuevas son más de 460 km de nuevas autopistas y rutas construidas. Además, hay otros 905 km de autopistas en ejecución.

La planificación y supervisión de la red vial argentina está bajo el control de la Dirección Nacional de Vialidad, Direcciones Provinciales de Vialidad, y otras entidades de control con fines específicos, como son el ECB (Ente del Conurbano Bonaerense), la OCRABA (Organización de Control de la Red de Accesos a Buenos Aires), cuyas funciones se superponen parcialmente con las de la DNV (Dirección Nacional de Vialidad) y las DPV (Direcciones Provinciales de Vialidad).

RED VIAL TRONCAL

La red vial troncal o red vial nacional, conforma la infraestructura vial más importante y vital del país. Está conformada por el conjunto de las rutas nacionales cuya función en el sistema de transporte es de: unir los grandes centros de producción y consumo y los puertos nacionales, que son la principal vía de ingreso y egreso de mercaderías del país.

La red de rutas nacionales, con una longitud de 40.332 km, la integran las carreteras de jurisdicción nacional y conforman la red troncal de carreteras. La cantidad de rutas nacionales es de 118, a la cual se suman las denominadas rutas complementarias. En 2005 la red estaba compuesta por 33.235 km de rutas pavimentadas, 3.577 km de ripio y 1.500 de tierra. Incluye 10.000 km de rutas que se han otorgado en concesión por peaje a empresas privadas, que son consorcios formados principalmente por empresas constructoras.

Ante la falta de capacidad financiera para mantener la red vial, desde la década de 1990, el Gobierno argentino decidió dar en concesión a operadores privados las rutas nacionales con mayor cantidad de tráfico, alrededor de 10 000 km de la red. Los tramos más transitados de dichas redes se agruparon en corredores viales que se ofrecieron en concesión mediante licitación pública.

Estos corredores viales, junto con los accesos a las ciudades de Buenos Aires y Córdoba suman poco más de 9000 km de las principales rutas nacionales, Autopistas y autovías provinciales.

RED VIAL SECUNDARIA

La red de rutas provinciales conforma la red vial secundaria del país, la cual está constituida por 198.289 km de rutas y caminos de jurisdicción provincial. Cada provincia tiene una dirección provincial de vialidad, encargada del mantenimiento, ampliación y mejora de las rutas provinciales. La Dirección Provincial de Vialidad de Buenos Aires, con sede en la ciudad de La Plata (capital de la provincia de Buenos Aires), tiene una jerarquía equivalente a la DNV (Dirección Nacional de Vialidad). La provincia de Buenos Aires, con 36 000 km de rutas provinciales, reúne más del 20% de la red secundaria del país, y con sus 9000 km de rutas pavimentadas concentra casi el 30% de toda la red secundaria asfaltada argentina. Las vialidades provinciales se financian con recursos provenientes del tesoro nacional, con recursos propios, y con fondos provistos por entidades financieras internacionales.

Las partidas que el Tesoro Nacional asigna a construcción y mantenimiento vial se envían a la DNV (Dirección Nacional de Vialidad), que distribuye los fondos

mediante un sistema de coparticipación federal, que incluye y pondera diversos criterios como:

- Superficie de cada provincia.
- Número de habitantes.
- Longitud de la red vial de cada provincia.
- Fondos propios aportados por cada provincia para el mantenimiento vial.

RED VIAL TERCIARIA

Está compuesta por caminos, calles y rutas que dependen de los municipios o comunas, los que en conjunto suman alrededor más de 500.000 km, de los cuales más de 150.000 se encuentran en la provincia de Buenos Aires. Dadas las características de concentración demográfica que tiene el país, se diferencian dos tipos de municipios: los urbanos y los rurales.

MUNICIPIOS URBANOS

Entre ellos se encuentra el de la ciudad de Buenos Aires y los municipios aledaños, que conforman el Gran Buenos Aires la cual posee 3000 km de calles en una superficie de 200 km². Se destacan también las ciudades de Córdoba y Rosario. Siguiendo una política de descentralización, la Nación ha transferido a las provincias y a particulares la administración y el mantenimiento de algunas rutas, y las provincias, a su vez, han transferido el mantenimiento de rutas de jurisdicción provincial a los municipios.

MUNICIPIOS RURALES

Se caracterizan por tener escasa población en un territorio muy amplio. Generalmente la mayoría de la población se encuentra en la cabecera de este. Los caminos rurales denominados callejones, consisten solo en una compactación del suelo base, siendo mejorados en algunos casos con grava o algún tipo de estabilización.

A pesar de tener índices de tránsito muy bajos, los caminos rurales municipales tienen una importancia significativa para la vida económica del país, ya que ellos forman los vasos capilares a través de los cuales se envían a las grandes ciudades los productos agrícolas para consumo interno y exportación, lo cual ha llevado que el Gobierno Nacional intente recuperar 60.000 km de caminos naturales.

TIPOS DE GESTIÓN

Las rutas nacionales argentinas tienen diferentes modos de gestión, dependiendo principalmente del tránsito sobre ellas.

CONCESIÓN POR PEAJE

Las rutas más transitadas se subdividieron en tres grupos: Corredores Viales cuya longitud es de 8.877 km, la Red de Acceso a Buenos Aires con una longitud de 236 km y la Red de Acceso a Córdoba cuya longitud es de 270 km, totalizando 9.383 km.

Según el Decreto Nacional 2039/90 la duración de las concesiones era de 12 años, a partir de 1990. Luego de una renegociación el Poder Ejecutivo Nacional firmó el Decreto 1817/92 que lo extendió a 13, con vencimiento el 31 de octubre de 2003. La concesión del Corredor Vial número 18 (tramo Zárate a Paso de los Libres de las rutas nacionales 12 y 14) fue extendido a 28 años (venciendo el 31 de octubre de 2028), mientras que el Corredor Vial número 29 (tramo Cipolletti a Neuquén de la Ruta Nacional 22) fue adjudicado en 1995 por un plazo de 18 años (venciendo el 30 de abril de 2013).

Los 17 corredores viales fueron adjudicados a 12 empresas de capital nacional que instalaron 49 cabinas de peaje.

Con lo recaudado los concesionarios deben conservar, remodelar, realizar ampliaciones pedidas por la DNV, mejorar, explotar y administrar los tramos de rutas incluyendo la señalización, además de ofrecer servicios a los usuarios.

CONCESIÓN CON FINANCIAMIENTO PRIVADO

Esta modalidad fue implantada a partir de 1995 y consiste en contratos por 10 años pagados por la Dirección Nacional de Vialidad, es decir, sin peaje. Las rutas deben cumplir una serie de mejoras en el tercer año de contrato. Estas mejoras deben mantenerse hasta el octavo año.

Existen dos corredores con este sistema: el tramo Resistencia al límite con Paraguay de la Ruta Nacional 11 y el tramo Bahía Blanca al empalme con la Ruta Nacional 5 de la Ruta Nacional 33.

CONTRATOS DE RECUPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Estos contratos se realizan por cinco años, en los que la empresa que gana la licitación tiene un plazo de un año para mejorar la transitabilidad (ésta es la etapa de recuperación), mientras que en los cuatro años siguientes debe realizar las obras necesarias para mantener la ruta en el mismo estado que estaba al final del primer año (etapa de mantenimiento).

En 1997 y 1998 se licitó la primera etapa que consiste en 11.813 km de rutas divididas en 61 mallas. En 2004 se licitaron 36 mallas por una longitud de 5.424 km, en el 2005 se licitaron 6 mallas y durante 2006 se licitó otras 36 por una longitud aproximada de 5.500 km.

SISTEMA MODULAR

Este método de gestión reemplaza al viejo sistema de km/mes y entró en operación en el año 2005. En este sistema se prevé no sólo el mantenimiento como en el viejo esquema sino también el mejoramiento del tramo concesionado. Los contratos duran 24 meses.

El Sistema Modular está en vigencia y se viene aplicando desde el año 1979. Ha sido creado para contribuir a la solución de los problemas que se presentaban para la realización de la conservación de rutina mediante contratación con empresas privadas, habida cuenta de las dificultades que generaba la previsión de cantidades fijas para los ítems, en los proyectos de las obras, para la aplicación de la Ley 13064 cuando las cantidades de obra ejecutadas en cada ítem variaban en porcentajes superiores al 20 % con relación a las consignadas en el contrato, que da derecho, a cualesquiera de las partes a reclamar la fijación de nuevos precios para los ítems afectados.

TRANSFERENCIA DE FUNCIONES OPERATIVAS

Consiste en que la Dirección Provincial de Vialidad de la provincia en la que se encuentre la ruta ejecute las obras de mantenimiento. Como el ente provincial actúa como un contratista de la DNV, ésta le debe pagar por los servicios realizados.

MANTENIMIENTO POR ADMINISTRACIÓN

Con esta modalidad, el personal propio de la repartición es la que realiza las tareas de conservación de la ruta. Varios de los tramos atendidos con este esquema se licitan para que sean atendidos por los contratos de recuperación y mantenimiento (C.Re.Ma.)

PARTICIPACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

En el año 2018 se lanzaron las primeras licitaciones de obras bajo la modalidad PPP. Tiene el objetivo de desarrollar la res de autopistas y rutas seguras del país, lo cuál mejoraría mas de 70000 Km de rutas nacionales. (Vialidad Nacional, 2019). Este tipo de modalidad es un modelo de gestión ya probado en otros países, y le permite al gobierno realizar “obras claves de infraestructura bajo un esquema atractivo de financiación” (Vialidad Nacional, 2019).

Los contratos de Participación Público-Privada (PPP) son aquellos celebrados entre los órganos y entes que integran el Sector Público Nacional y sujetos privados o públicos con el objeto de desarrollar una o más actividades de diseño, construcción, ampliación, mejora, mantenimiento, suministro de equipamientos y bienes, explotación u operación y financiamiento.

Este tipo de contratos constituye una modalidad alternativa a los contratos de obra pública y concesión de obra pública, en la que existe una distribución de riesgos entre la autoridad contratante y el contratista, asumiendo este último la responsabilidad por la obtención de una parte sustancial del financiamiento del proyecto.

En el año 2016 se puso en marcha el Plan Vial Federal, un programa de obras destinado a actualizar la Red Vialidad Nacional a las necesidades de nuestro país.

Los objetivos principales definidos para el 2020 son:

- Continuar con las obras en curso, con foco en aquellas de mayor impacto para la sociedad.
- Continuar el programa de Participación Público Privado vigente
- Desarrollar nuevos esquemas y proyectos con financiamiento privado
- Implementar los nuevos programas de rehabilitación con organismos multilaterales.
- Aumentar y mejorar el mantenimiento rutinario y la conservación de activos viales.

Vialidad Nacional cuenta con un financiamiento mixto compuesto por recursos provenientes del Tesoro Nacional y del Fideicomiso creado por el decreto 976/01, así como de los organismos internacionales de crédito, en particular del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Corporación Andina de Fomento (CAF), el Banco Mundial (BIRF) y el Fondo Financiero para el Desarrollo de los Países de la Cuenca del Plata (FONPLATA).

Por otra parte la Recaudación de los Peajes en las Concesiones, permite recuperar la inversión en operación, mantenimiento, servicio y administración de dichos corredores.

El presupuesto asignado a Vialidad Nacional para el 2020 es de \$ 62.076.700.049 de los cuales aproximadamente \$ 32.000M están destinados a la rehabilitación, mantenimiento y conservación de la red vial, y aproximadamente \$ 20.000M están destinados a las mejoras programadas en las rutas, tales como ejecución de obras menores para el fortalecimiento de la Red Vial Federal, Construcción y puesta en valor de la infraestructura de apoyo y soporte al Plan Vial Nacional, Ejecución de Obras de seguridad. Incisos tales en los que se podría incluir la actual propuesta del trabajo de investigación.

Dicha información la podemos encontrar en el informe presupuestario publicado en 2019 en el sitio web del ministerio de Hacienda (Vialidad Nacional, 2019).

PROGRAMA 51
**EJECUCIÓN DE OBRAS MENORES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA
RED VIAL**

UNIDAD EJECUTORA
DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

Este programa contempla la ejecución de obras que por sus características no se encuadran en la definición de los restantes programas descriptos.

Entre otras obras, se incluyen en este programa obras hidráulicas, puestos de control de pesos y dimensiones, laboratorios viales, servicios varios de apoyo a la operación (sistemas ITS, cartelería inteligente), etc.

CRÉDITOS POR INCISO - PARTIDA PRINCIPAL

(en pesos)

INCISO - PARTIDA PRINCIPAL	IMPORTE
TOTAL	154.824.012
Bienes de Uso	154.824.012
Construcciones	154.824.012

Fig. 4 - Detalle presupuestario Vialidad Nacional PROGRAMA 51

Como podemos observar en la Fig. 4, nos muestra el detalle del presupuesto asignado al mejoramiento de rutas utilizando tecnologías ITS, cartelería inteligente y otras mejoras tecnológicas.

Por último en la Fig. 5 podemos observar el presupuesto destinado al Fortalecimiento de la Red de Autopistas Federales, que tienen como objetivo ejecutar obras de ampliación con el fin de mejorar el Nivel de Servicio y garantizar la fluidez y la velocidad de circulación. De esta forma poder garantizar altos niveles de seguridad. Están contemplados sistemas de apoyo tales como postes SOS, cartelería inteligente, circuitos de CCTV. Para ello se cuenta con un presupuesto de aproximadamente \$ 20.250 M, como se lo puede ver en detalle en el informe presupuestario presentado en 2019, para el ejercicio 2020.

Subprograma 10

FORTALECIMIENTO DE LA RED AUTOPISTAS FEDERALES - PLAN NACIONAL VIAL - FASE 1

UNIDAD EJECUTORA
DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA

DESCRIPCIÓN DEL SUBPROGRAMA

Este subprograma ejecuta obras de ampliación de capacidad destinadas a incrementar la fluidez y la velocidad de circulación, garantizando altos niveles de seguridad y confort para el usuario. Una Autopista es una vía de dos sentidos de circulación físicamente separados entre sí, cada uno con un mínimo de dos carriles, con controles totales de accesos, cruces a distintos niveles, carriles de aceleración / desaceleración, para ingreso / egreso y banquetas pavimentadas externas e internas.

En zonas urbanas y semi-urbanas normalmente poseen calles colectoras adyacentes. Asimismo, pueden contar con sistemas de apoyo al usuario (ejemplo: postes S.O.S., cartelera inteligente, circuitos CCTV, etc.).

Las autopistas conforman corredores estratégicos para la integración y para el desarrollo económico de las regiones, disminuyendo considerablemente los costos de transporte y los tiempos de viaje.

CRÉDITOS POR INCISO - PARTIDA PRINCIPAL (en pesos)	
INCISO - PARTIDA PRINCIPAL	IMPORTE
TOTAL	20.246.233.979
Servicios No Personales	11.681.167
Mantenimiento, Reparación y Limpieza	5.475.521
Servicios Técnicos y Profesionales	6.205.646
Bienes de Uso	20.234.552.812
Bienes Preexistentes	788.120.040
Construcciones	19.446.432.772

Fig. 5 - Detalle presupuestario Vialidad Nacional SUBPROGRAMA 10

BALANZAS EN VIALIDAD NACIONAL

Mercedes Marchisio, la Subgerente de Control de Pesos y Dimensiones de Vialidad Nacional, nos comenta que se está estudiando junto con el INTI la instalación de una balanza modelo en la ciudad de Villa María, Córdoba.

La sinergia entre los dos organismos se produce ya que Vialidad Nacional posee los elementos y el Know How para realizar el pesaje dinámico, cosa que el INTI no. A su vez el INTI tiene la facultad de homologación de esta metrología, por ello el interés de ambos para la construcción de dicho puesto.

Es una balanza semi-automática, con métodos de señalización que desvía a los transportistas hacia un camino secundario con el fin de realizar por el método WIM una aproximación del peso. En caso de que se detecte un exceso, se le indicará con sistemas de semaforización el ingreso a la balanza fija de peso por eje. En caso de que el transportista trate de evadir dicha señalización, el puesto posee un sistema de cámaras, el cuál por medio de sensores detecta la evasión permitiendo labrar un acta contravencional por fuga.

Desde la subgerencia, nos informan los costos aproximados por cada puesto de pesaje con el siguiente detalle:

Balanza por conjunto de ejes	u\$s 21.500
Balanza por peso total	u\$s 40.000
Balanza dinámica	u\$s 200.000

Estos precios son de las balanzas más la colocación y los periféricos

A esto de suma que en un puesto de control se requieren de accesos de Hormigón, oficinas para control la playa y accesos para la regulación de exceso de carga.

El costo aproximado de un puesto de control de pesos y dimensiones nuevo con balanza por eje y por peso total es de u\$s 340.000.

El costo aproximado de un puesto de control de pesos y dimensiones nuevo con balanza por eje , por peso total y dinámica es de u\$s 787.000. La obra civil para una balanza dinámica es mayor ya que se agregan accesos de entrada al puesto.

Los puestos de control requieren de 12 operadores por puesto para cubrir todos los turnos y lo ideal es contar con 2 agentes de seguridad por turno.

El costo operativo del personal es aproximadamente \$70.000 por operador teniendo en cuenta que no se opera en el rango de 00hs - 06hs y tampoco los fines de semana. Tomando como referencia una categoría de personal intermedio y 20 días de viáticos.

PUESTOS DE CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES SOBRE RUTA NACIONAL OPERADOS POR VIALIDAD NACIONAL			PUESTOS DE CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES SOBRE RUTA NACIONAL OPERADOS POR CONCESIONARIOS CORREDORES VIALES Y PPP		
Provincia	RN	Puestos	Provincia	RN	Puestos
Buenos Aires	33 / 7	3	Buenos Aires	188	1
Córdoba	158 / AU COR-ROS	4		8	2
Tucumán	157	1		226	1
Mendoza	40 / 7	4		5	1
Salta	34 / 51	2		5	2
Jujuy	34 / 9	2		7	1
Santa Fe	168	2		9	2
La Rioja	38	1		12	1
San Juan	40 / 20 / 141	6		8	2
Corrientes	14	1		9	1
Catamarca	60 / 38	3	Salta	9	1
Neuquén	231 / 22	3	Santa Fe	8	2
Chubut	3 / 26 / 40	4	33	1	
San Luis	147 / 146	3	Corrientes	12	1
Misiones	14	4	Misiones	12	2
Santiago del Estero	34 / 89 / 64 / 9 / 98	5	12	2	
Entre Ríos	127	1	Sant. del Estero	34	1
Chaco	89 / 95 / 11	5	14	1	
Bahía Blanca	3 / 33 / 228	3	Entre Ríos	174	1
Río Negro	22	1	Chaco	16	1
La Pampa	152 / 35 / 143 / 35	8			
Formosa	86	1			
Santa Cruz	3	2			
Tierra del Fuego	3	1			
		70			27

Fig. 6 - Puestos de Balanza por provincia – confección propia

Por otro lado, existe un déficit recaudatorio importante (VER ANEXO 1). En el 2018 se recaudaron solamente u\$s 469.351,68 en lugar de los u\$s 4.900.895,34 de actas labradas. Solo el 10%. En 2019 la situación fue peor, solo se recaudó un 8% de las

actas labradas, generando una pérdida por u\$s 5.012.616, que tiene un impacto directo en la conservación de las rutas. Con ese dinero, en 2020, se podrían haber construido al menos 6 balanzas dinámicas inteligentes, según los datos informados.

Costo operativo para el mantenimiento

En el diálogo con el Ing. Claudio Menendez, Jefe de Redeterminación de precios, nos informa que el costo operativo de mantenimiento es aproximadamente de u\$s20.000 por kilómetro. Se puede consultar el detalle en el ANEXO 2.

Recaudación

Actualmente la forma de imputación de la multa es a la empresa transportista, lo que genera poca expectativa de cobro ya que no impide realizar otro trámite, como lo impide el sistema de fiscalización de muchas provincias, respecto a las multas por infracción de tránsito.

Utilizando datos de infracción de tránsito del año 2018 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, contrastando dicha información con tres notas que se publicaron en los diarios Clarín(NS/SC, 2019), La Nación(Manzoni, 2019) e Infobae (Ruth, 2019). Estimamos el costo de una multa base tomando como referencia las diez multas más comunes que se encuentran registradas. En el año 2019, se recaudaron \$2.600 millones de pesos y se labraron 4.239.457 multas, divididas de la siguiente forma:

1. estacionamiento indebido, 31,9% de las infracciones totales
2. exceso de velocidad, 27,6%
3. ingreso indebido a centro peatonal, 12%
4. uso del celular, 5,2%
5. evasión de peaje, 3,5%
6. luz roja, 2,7%
7. invasión de carriles exclusivos, 1,9%
8. no usar cinturón de seguridad, 0,9%
9. indicaciones a la autoridad, 0,8%
- 10.10) giro prohibido, 0,7%.

Según dichos porcentajes, se debería haber reacudado un total de \$8.240.041.795, según los datos publicados solo se reacudó un 32% (VER ANEXO 4)

En la próxima sección hablaremos sobre los sistemas de Pesaje en Movimiento, los cuales son la herramienta principal en la que se basa el presente trabajo de investigación. Se abordará una breve historia, tipo de mediciones, datos de implementaciones a nivel internacional y así como también en el contexto regional.

Como mencionamos anteriormente, los camiones que exceden los límites de carga, incrementan el riesgo de accidentes de tránsito y el daño a la infraestructura (Jacob, 2000). A su vez producen una competencia desleal frente a las empresas que se encuentran por dentro de las regulaciones. Por ello es tan importante asegurar su cumplimiento. Una de las tecnologías que facilita esto es WIM (Weigh-In-Motion) que permite el pesaje de vehículos en movimiento y no interfiere significativamente en el normal flujo del tránsito. Esta tecnología puede ser utilizada tanto por el sector público, como por el sector privado con el fin de pesar los ejes de los vehículos. Este tipo de tecnología se instala en la calzada y tiene la posibilidad de funcionar de forma continua y desatendida, bajo altos volúmenes de tráfico y condiciones ambientales (van Loo & Znidaric, 2019).

El problema con camiones excedidos es que estos producen serios daños a los caminos y a su vez incrementan los riesgos a los usuarios.

RIESGOS E IMPACTOS DE ACCIDENTES

Los vehículos excedidos, son más propensos a provocar accidentes de tránsito y provocar accidentes de mayor impacto. Esto se debe a la carga de la energía cinética en juego, aumentando de esta forma la fuerza del impacto y los daños a otros vehículos y a la infraestructura. Además de estos daños, al estar por sobre los niveles seguros especificados por los fabricantes del vehículo, producen un deterioro prematuro de las partes, contribuyendo a problemas de estabilidad. La manejabilidad se ve afectada provocando una pérdida del control y sumado a esto la sobrecarga genera una mayor temperatura en los neumáticos incrementando las probabilidades de rotura por sobre presión. En Argentina el volumen de camiones corresponde al 30% del TDMA (Raño et al., 2017). Los accidentes con víctimas en las que está involucrado al menos un camión es del 20% sobre el total de accidentes, como podemos observar en la Fig. 7. Los accidentes con víctimas mortales en las que está involucrado al menos un camión constituyen el 27% sobre el total de las accidentes con muertos (Raño et al., 2019)

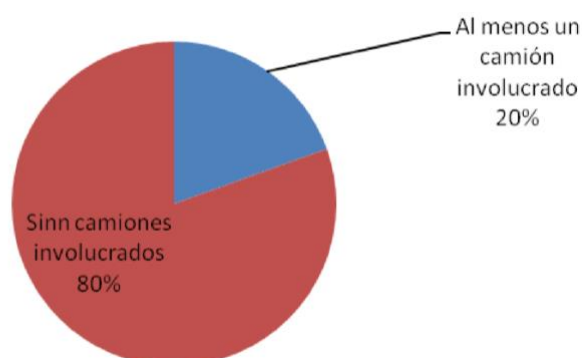


Fig. 7 - Accidentes con víctimas según tipo de vehículo, Base 2015 - Fuente: (Raño et al., 2019)

Las estadísticas de accidentes en las cuales están involucrados vehículos excedidos son difíciles de encontrar ya que en los en peritajes no realiza un relevamiento de estos datos (del peso) cuando se llevan a cabo las pericias del accidente. Esta última variable en las pericias, la vemos como un importante trabajo de investigación, que escapa del objetivo del presente escrito.

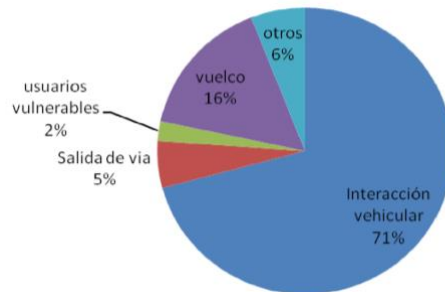


Fig. 8 - Accidentes con víctima involucrado un camión, SIAT 2016 Fuente: (Raño et al., 2019)

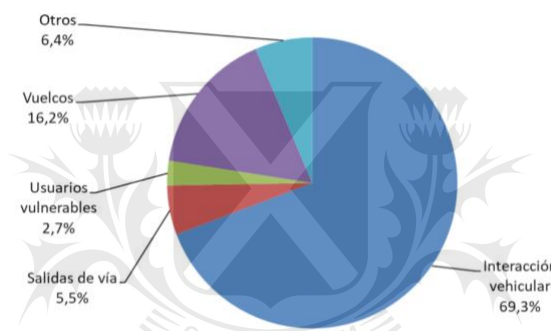


Fig. 9 - Accidentes con víctima involucrado un camión, SIAT 2017 Fuente: (Raño et al., 2019)

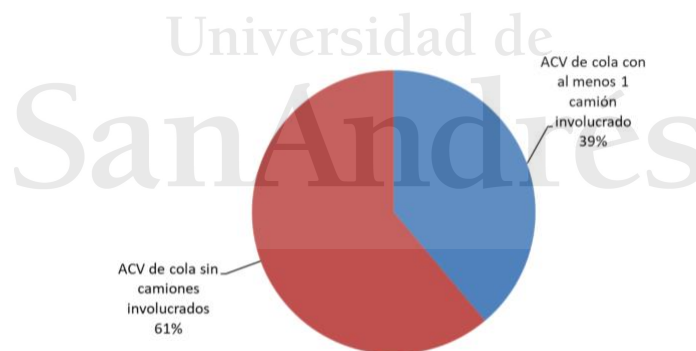


Fig. 10 - Accidentes del tipo por alcance - Fuente: (Raño et al., 2019)

DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA

El exceso de carga provoca daños en el pavimento, produciendo fisuras y roturas contribuyendo así al desgaste prematuro de los caminos. En los puentes es más crítico ya que provocan mayor desgaste por fatiga. Vialidad Nacional toma en consideración para el diseño de las vías un camión tipo WB15 con una longitud de 16,80m y un ancho de 2,60m. Por ello cualquier camión que supere estas medidas, debe pasar por un proceso de permiso, ya que sus dimensiones podrían ser inseguras. El proceso para la solicitud del permiso era presencial y obligaba a las empresas transportistas a varias visitas a las cedes de Vialidad para conseguir el

permiso de circulación por medidas especiales, generando un atraso en la logística. Desde noviembre del 2019 se implementó el SiPet, el cuál les permite a las transportistas mediante un TAD (Tramites a Distancia) la posibilidad gestionar el permiso, reduciendo considerablemente los tiempos y a su vez reducir errores humanos.

En lo referente a los accidentes laterales es dable destacar que la DNV, a través de la Resolución 966/17AG, ha elegido la Norma Europea UNE UN 1317 para la certificación de los sistemas de contención lateral. La mencionada Norma considera, para los ensayos a escala real, en el nivel de contención máxima (H4b): el impacto de un camión articulado, con un peso de 38.000ton, que circula a 65 km/h e impacta con un ángulo de 20°. Todo aquel parámetro que supere los valores mencionados puede tener consecuencias negativas a la seguridad vial propias y/o de terceros. (Raño et al., 2017)

IMPACTO ECONÓMICO

Existen también consecuencias económicas por excesos de carga, además de generar distorsiones entre los distintos modos de transporte (tren, barco o por caminos) genera competencia desleal entre los operadores y empresas que cumplen las normativas. En Francia se estima que un camión de cinco ejes excedido en un 20%, genera un beneficio anual de unos €25.000. Por otro lado, un estudio realizado en Arizona (Straus et al., 2006), estima que los vehículos que circulan excedidos, producen un perjuicio de entre 12 y 53 millones de dólares al año al estado de Arizona. La sobrecarga influye también en el pago de impuestos y los peajes, ya que estos ingresos dependen de las características del transporte.

Por ello la importancia y la necesidad de reforzar el control de pesos y dimensiones y el desarrollo de nuevos sistemas de medición/auditoría ya sea a bordo o en el camino. La utilización de dispositivos a bordo para la fiscalización de los vehículos se encuentra en un estado exploratorio. Este tipo de dispositivos permitiría pesar al vehículo prácticamente en cualquier momento (con marcha detenida) y ser medido al cruzar estaciones de peaje, por ejemplo. Los sistemas WIM utilizan sensores en el pavimento y podemos dividirlos en dos tipos, WIM de alta velocidad (HS-WIM). y baja (LS-WIM). Los WIM de alta velocidad son menos precisos y se los utilizan generalmente para realizar una preselección, para luego kilómetros más adelante indicarle al transportista sospechado de estar excedido, desviarse a una dársena, con el fin de ser medido por un sistema WIM de baja velocidad.

En Francia, los sistemas ITS ofrecen un importante potencial y solución alternativa al tradicional pesaje a la veda del camino. Un estudio del Centro de Investigación y Educación para el transporte de la Universidad Estatal (Shaheen & Finson, 2013) de Iowa demostró que se puede ahorrar hasta 1,5 Litros de combustible por cada balanza estática que se omite por usar la tecnología WIM. Si bien para la medición LS-WIM el camión tiene que pasar por una rampa, esto es mucho más beneficioso que detenerse.

La forma de pesaje tradicional es lo que se denomina de pesaje estático y era el único método aprobado por el organismo de Francia hasta antes de 1990. En Argentina actualmente es el único método homologado para realizar el pesaje, según la RES. N° 279-86/2000. La entidad certificante de los métodos de medición es el INTI designada por decreto N° 788/2003.

Existen tres tipos de métodos de pesaje: SISTEMAS FIJOS, SEMI-PORTABLES, PORTABLES. Los Sistemas fijos están al costado del camino y pueden ser de basculas de peso completo o el pesaje por ejes. Semi-portátiles, corresponde a puestos fijos con la infraestructura para pesar, pero las balanzas se instalan cuando hay operativos. Por último, los sistemas portátiles son balanzas que pueden pesar desde ruedas o ejes, pueden ser utilizadas en cualquier lugar, por ejemplo, una playa de estacionamiento, para medir una flota.

En la entrevista con Gonzalo Arias de la Empresa ATSA, comentó que tienen un sistema HS-WIM instalado en la RP1001 en Río Tala. Este sistema lo utiliza Vialidad Provincial para hacer operativos de pesaje. Mediante el sistema HS-WIM realizan (de forma manual) una preselección del camión a fiscalizar kilómetros más adelante, por medio de balanzas portátiles. El sistema se encuentra online, y al momento de hacer un operativo, mediante monitoreo remoto se puede *marcar* al camión que será fiscalizado con métodos metrológicos homologados. El sistema se encuentra funcionando actualmente y se realizaron pruebas para contrastar las mediciones realizadas por el WIM con una balanza de pesaje estático (de Vialidad Nacional) que se encuentra sobre la RN9. En la Fig. 11, podemos observar un croquis de la disposición de las balanzas mencionadas. El inconveniente que tienen es que, si bien el sistema WIM mide 24/7, la fiscalización no se realiza todo el tiempo debido a que los operativos de medición (homologada) son esporádicos. Por lo general se llevan a cabo en época de cosecha, y utilizan como fuente de datos estadísticos las mediciones que realiza el sistema WIM. La imagen del sistema de monitoreo se la puede ver en detalle en el ANEXO – 1



Fig. 11 - Diagrama de pruebas WIM (DPV) + Balanza estática (DNV)

La empresa tiene otros puestos similares en las locaciones de

- RN6 Campana
- RP1 Berazategui
- Rio Tala/San Pedro
- RN9

El pesaje estático tiene su limitación. Requiere el trabajo de varias personas (al menos 6), desde la captura del vehículo para pesar, el pesaje en si y la personal para labrar las actas de penalidades lo que imposibilita el control en vías de alto volumen. Por ello este método se vuelve inefectivo.

En Europa se estima que el período que puede transcurrir para que un camión que opera todos los días vuelva a ser controlado, puede llegar a ser de 30 años (Jacob & Feypell de La Beaumelle, 2010). Los transportistas al conocer esta baja probabilidad, el beneficio de transitar con exceso es mucho mayor a las penalidades aplicadas. Otra contra que tiene este sistema es que a un camión se lo demora entre 10 y 30 minutos (y en algunos casos más) para ser controlado. Esto produce a que los transportistas sean penalizados por demora, y para que eso no pase, estos rompen los límites de velocidad para compensar los tiempos muertos, agregando una variable más a las probabilidades de accidentes de tránsito.

DESARROLLO DE WIM

Como decíamos en párrafos anteriores, hay dos tipos de medición WIM, de alta y baja velocidad. Los de baja velocidad se encuentran instalados en los puestos de peaje y utilizan celdas de carga que pueden medir ruedas o ejes. Es un tipo de medición semi-automática. La operación es en un rango de velocidad entre 5 y 15Km/h. Este método de medición esta homologado en el Reino Unido desde 1978, igual que en Estados Unidos, Canadá y Australia.

A fines de los 90 los países europeos lo comenzaron a utilizar (Alemania, Francia y Bélgica) y Japón. La exactitud de los sistemas LS-WIM ronda entre los 3% y 5%. Los sistemas WIM de alta velocidad se utilizan para uno o más carriles a velocidades normales de circulación. Las principales características de un sistema HS-WIM son: es un sistema totalmente automatizado, puede detectar cualquier vehículo, no requiere de una infraestructura adicional y posee un costo relativamente bajo en comparación a otros.

A pesar de todas estas ventajas, también tiene sus limitaciones. La principal es la exactitud, que dependen mucho del estado del camino y del estado de la suspensión de los vehículos. Son de difícil calibración y la exactitud por este método se acerca a la especificada en COST323(Jacob, 2002) como clase B(10) y un D(25). COST323 es la especificación europea para la medición de cargas dinámicas. Otra norma de medición es la ASTM (American Society for Testing and Materials) la cuál es una norma estado unidense. Y el estándar internacional OIML (Organización Internacional de Metrología Legal). Este último, son los estándar que tienen que cumplir los equipos de medición para poder ser utilizador para fiscalización.

Los HS-WIM, dado la dispersión en la medición, son utilizados principalmente para el diseño de patrones de carga, recolecciones estadísticas de tráfico y una medición previa a los camiones (screening), antes de ser multados, por medición con los métodos tradicionales.

La tecnología WIM fue introducida al mercado por Estados Unidos en 1950 de allí en más, los grandes cambios para este método de medición fueron los sensores. Hay varios tipos de sensores WIM: Por flexión o celdas de carga son los más antiguos, solo sirven para pesaje estático o a muy baja velocidad, están prohibidos para autopistas y rutas, dado que son peligrosos por los materiales que utiliza y generalmente se usan para pesajes por eje. La principal desventaja que tiene es la compleja obra civil que requiere para la instalación de la báscula y tienen que ser calibrados por medio de masas estándar para cumplir las normas metrológicas. Por razones económicas y operacionales su uso está decayendo progresivamente y son reemplazados por sensores de tipo Strip.

El la Fig. 12 se refiere a uno de los puestos de pesaje estático de Vialidad Nacional. En este caso el tipo de balanza es de peso por eje. El camión debe posicionar cada eje en la balanza, con la ayuda de un operario, y detener la marcha por cada eje con el fin de realizar la medición. El trabajo del operario es muy importante ya que si la rueda no queda solamente apoyando sobre la balanza en sí, la medición sería errada, no indicando al sistema el real peso del eje. Esta es una de las posibles fallas humanas que un sistema de WIM automatizado, podría llegar a evitar, dentro de otras ventajas que se verán en los párrafos siguientes.



Fig. 12 - Balanza estática por eje - Fuente Vialidad Nacional

Los sensores tipo Strip fueron introducidos a principios de los 80s. Consisten en un barra angosta con un material sensor en su interior y es instalado transversalmente al pavimento.

En la Fig. 13 se pueden observar los distintos sensores utilizados para el método de medición WIM. Cada tipo de sensor tiene sus ventajas y desventajas. Si se pretende ahondar en el tema, se recomienda consultar el informe de la ISWIM Guide for Users of Weigh-In-Motion (van Loo & Znidaric, 2019) el cuál posee un apartado dedicado a los diversos .

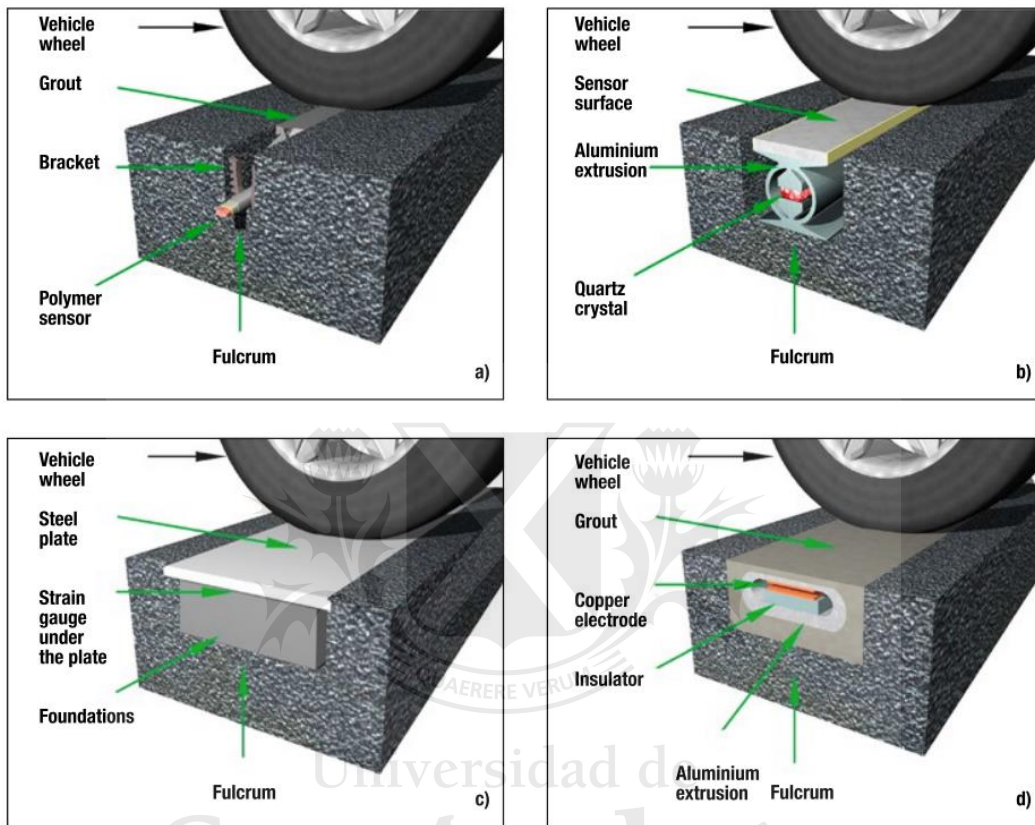


Figure 3.5: Pavement WIM sensor technologies: (a) piezo-electric or piezo-polymer bar, (b) piezo-quartz, (c) bending plate, (d) capacitive sensor Source: BURNOS & RYS, 2017

Fig. 13 - Tecnologías de sensores WIM - Fuente BURNOS & RYS, 201d7

El método consiste en medir la presión o la variación de la fuerza una vez que es golpeada por las ruedas. Los materiales que utilizan este tipo de sensores pueden ser piezo-cerámico, piezo-cuarzo o piezo-polímero y también es frecuente el uso de fibras ópticas. Este tipo de sensores son mucho más económicos que los anteriores y no necesitan una obra civil importante, aunque su instalación es compleja. La exactitud está entre Clase B (Jacob, 2000) y Clase D, son muy sensibles al material del pavimento y las condiciones ambientales. No pueden ser calibradas con masas estándar es una gran desventaja para la calibración y la homologación del método.

Accuracy classes	A (5)	B+ (7)	B (10)	C (15)	D+(20)	D (25)	E
Gross weight	0.05	0.07	0.10	0.15	0.20	0.25	> 0.25
Group of axle	0.07	0.10	0.13	0.18	0.23	0.28	> 0.28
Single axle	0.08	0.11	0.15	0.20	0.25	0.30	> 0.30
Axle of a group	0.10	0.14	0.20	0.25	0.30	0.35	> 0.35

Tabla 2 - Cuadro comparativo de precisiones según COST232 - Fuente COST323

El estudio de mediciones dinámicas es extensamente estudiado por la OECD (OECD, 1998) (Organisation for Economic Co-operation and Development) en el proyecto DEVINE (Dynamic Interaction between Vehicle and Infrastructure Experiment). El estudio demuestra que, para ese momento, aún en las mejores condiciones del pavimento, la diferencia entre el pesaje dinámico y el estático, podía alcanzar ratios de entre un 1,1 y 1,15 para carga en eje y peso bruto respectivamente y entre un 1,2 y 1,25% en pavimentos más deteriorados. Para ese entonces, ni el mejor de los sensores WIM puede pesar con una exactitud mejor a esta. Por ello el método WIM no era aceptado legalmente para multar directamente en la mayoría de los países. Sin embargo en el diálogo con Gonzalo (ATSA) nos comenta que los sistemas han evolucionado mucho últimamente y que hoy en día se pueden lograr exactitudes muy cercanas a las balanzas de peso estático. Los modelos de los productos que comercializan, simplemente colocando dos sensores encadenados en un sistema LS-WIM, pueden lograr las exigencias metrológicas que requiere la OIML-R134 y puede ser utilizado para fiscalización.

En el Reino Unido y Estados Unidos se realizaron instalaciones de pruebas instalando varios sensores WIM en matriz, el resultado fue una exactitud entre B+(7) y B(10), el objetivo es llevarlo a una exactitud clase A(5) para aplicación legal, pero esto depende mucho de la calidad y cantidad de sensores, el estado del pavimento, el algoritmo, el procesamiento de datos y otras variables. Este método es denominado múltiple WIM (MS-WIM). Actualmente solo los equipos con una exactitud clase A o B+ están homologados (Standard, 2016) en la gran mayoría de los países para realizar sanciones por exceso de carga

Otras de las formas de realizar una medición en movimiento, es utilizando el método WIM en puentes. Este es denominado B-WIM. Básicamente consiste en utilizar el puente como una gran balanza calibrada para pesar ejes o vehículos. Al principio la exactitud era muy mala, y solo podía instalarse en puentes construido con vigas de concreto. En el proyecto WAVE (Jacob, 1999) se detallan bien las especificaciones para realizar este tipo de medición. Entre las ventajas de este sistema de medición es que los sensores se pueden quitar e instalar en otro puente de una forma sencilla, este es el tipo de sensores que se muestra en la Fig. 14. Otra ventaja que este sistema no es visible para los transportistas y además es de difícil evasión. El problema es encontrar el puente apropiado y la tecnología requiere una cierta especialización para instalación y operación.



Fig. 14 - Instalación de sistema B-WIM - Fuente ISWIM

En la siguiente imagen (Fig. 15) podemos observar en resumen los tipos de métodos de medición WIM descriptos, junto a la forma de medir y los tipos de sensores que se utilizan normalmente.

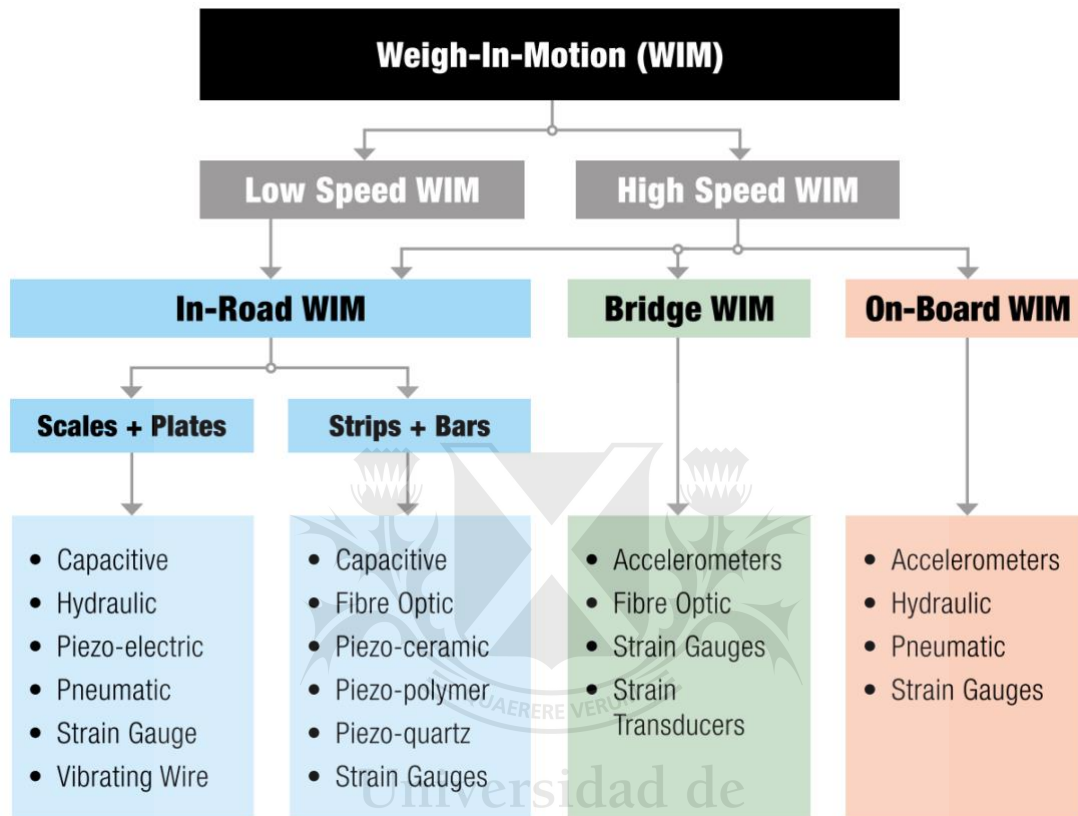


Fig. 15 - Mejores prácticas para implementación de sistemas WIM

Por último, como forma de intensificar la exactitud de la medición en movimiento se le puede añadir una cámara de video (V-WIM). Este método fue desarrollado en Los Países Bajos y Estados Unidos. Integra un sistema WIM con una cámara de video con capacidad de LPR para detectar la patente del vehículo. Este sistema es instalado kilómetros antes de las estaciones de pesaje. Si el vehículo transita con sobrecarga, o a su vez con exceso de velocidad, se toma una fotografía completa del vehículo (y su patente) y es enviada al puesto de control para luego ser verificado con una balanza estática.

A principios de los 2000, en Los Países Bajos comenzó a utilizar un concepto preventivo. Consiste en tomar fotografías de los vehículos con posible exceso de peso y guardarlos en una base de datos del Ministerio de Transporte para luego enviar a las empresas una advertencia de los vehículos con reincidencia.

MANEJO DE DATOS PERSONALES Y APLICACIÓN LEGAL

El uso de sistemas WIM para preselección requieren de infraestructura de comunicaciones, por lo general los puntos de instalación se encuentran fuera de las ciudades lo que incrementa el vandalismo. Los datos obtenidos tales como fotos, patente, velocidad, vehículo, entre otros, requieren de un alto nivel de seguridad con el fin de proteger los datos personales.

Una de las diversas opciones que hay hoy en día, sería la implementación de Blockchain con el fin de asegurar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información (Kehoe et al., 2018). En muchos países se están preparando procedimientos legales para tales fines. Solo personal autorizado puede ver la información y datos sensibles solo pueden ser almacenados por un período de tiempo corto, mientras que información sobre vehículos, pesos y características pueden ser almacenados de forma anonimizada para su posterior análisis y utilización.

OTRAS APLICACIONES WIM

Hay muchas aplicaciones en las que se puede utilizar este sistema, entre las principales que estuvimos analizando, como lo es, para capturar información y tráfico de cargas, la cuál es muy importante para conocer el tráfico estacional, y tener una esta información con el fin de tener otra herramienta para planificar tareas de mantenimiento, y a su vez poder realizar un análisis detallado del flujo de transporte sobre la red de carreteras. Otro de los usos que mencionamos es para la fiscalización, reducir los excesos de cargas, evitar ventajas competitivas y aumentar la seguridad vial.

Otro uso interesante que se podría realizar con este método de medición es el cobro de peaje por peso. Lo cual genera una tarifa dinámica, según el peso (que se traduce en desgaste de la calzada).

El sistema de WIM también es utilizado en aplicaciones industriales tales como puertos, y centros de logística, con el fin de verificar pesos y cargas por eje en los camiones que dejan o ingresan a un establecimiento o puerto. Muchas plantas poseen balanzas a la salida de la planta, ya que tienen que cumplir con exigentes estándares en su proceso de producción y logística.

No solo los vehículos que transitan por las rutas pueden ser medidos por WIM. También pueden ser instalados en vías férreas. Los usos son similares a los que se les da en las carreteras.

MEJORES PRÁCTICAS E INSTALACIÓN

Son muy pocos los países en los que se utiliza HS-WIM como sistema de aplicación de multas en forma directa. Taiwán es uno de ellos, utilizan amplias tolerancias para

compensar la exactitud del método. Se estima que existen entre un 20% y un 50% de exceso de carga.

En otros países se utilizan sistemas WIM portátiles para hacer una preselección, previo a la medición en los puestos de pesaje.

En Estados Unidos, Francia, Suecia, Japón y Canadá (entre otros) utilizan Video-WIM para realizar una preselección y un continuo monitoreo de sobrecargas, y envían avisos a las empresas de transporte. Este procedimiento ha sido muy eficiente reduciendo las sobrecargas en el transporte. Desde 2007 se redujo un 50% en algunos países.

Brasil posee un sistema de fiscalización de cargas autónomo, similar a los sistemas instalados en los países mencionados anteriormente. Como primer punto de control se encuentra instalado un sistema HS-WIM el cuál se encuentra complementado con un sistema de sensores tales como un sistema de cámaras para el reconocimiento de patente, medición de velocidad, sistema de clasificación del vehículo, control de las medidas del vehículo, lector de tag RFID. De esta forma, se realiza la primer medición sin que se detenga o deduzca la marcha el transportista.

Se realiza una primer medición por eje, se clasifica el vehículo teniendo en cuenta la configuración de los ejes y se asocia la medición a la placa patente identificadora. Kilómetros más adelante, en caso de detectarse una potencial sobrecarga y por medio de un sistema de cartelería inteligente, se le indica al transportista el ingreso a una dársena de control, al costado de la calzada principal, con el fin de realizar una medición con por medio de un sistema LS-WIM. Esta segunda medición, en caso de requerirse, se realiza circulando a 6 Km/h sobre el sistema de medición. En este caso, el vehículo aminora la marcha con el fin de realizar un nuevo control, pero sin detenerse.

En caso de no detectarse una sobrecarga que finalizaría en una infracción, con la ayuda de cartelería se le indica que puede volver a la calzada principal y continuar su recorrido.

En caso de que se verifique que el vehículo se encuentre fuera de los límites legales tanto de peso como dimensiones, se lo deriva a una tercer medición, una balanza estática, con el objetivo de hacer efectiva el acta de sanción.

Como decíamos, el sistema es totalmente autónomo, luego de la medición el transportista se acerca a una terminal autoservicio y gestionar la multa correspondiente. En el puesto de control hay dos sistemas complementarios que tienen la finalidad de realizar el control de escape. El primero se ubica al comienzo, para controlar que el vehículo a ser controlado, no se dé a la fuga. El segundo se encuentra a la salida de la dársena, para controlar una posible fuga luego de ser medido por el sistema LS-WIM. El diagrama de lo mencionado anteriormente se lo puede consultar en la Fig. 16

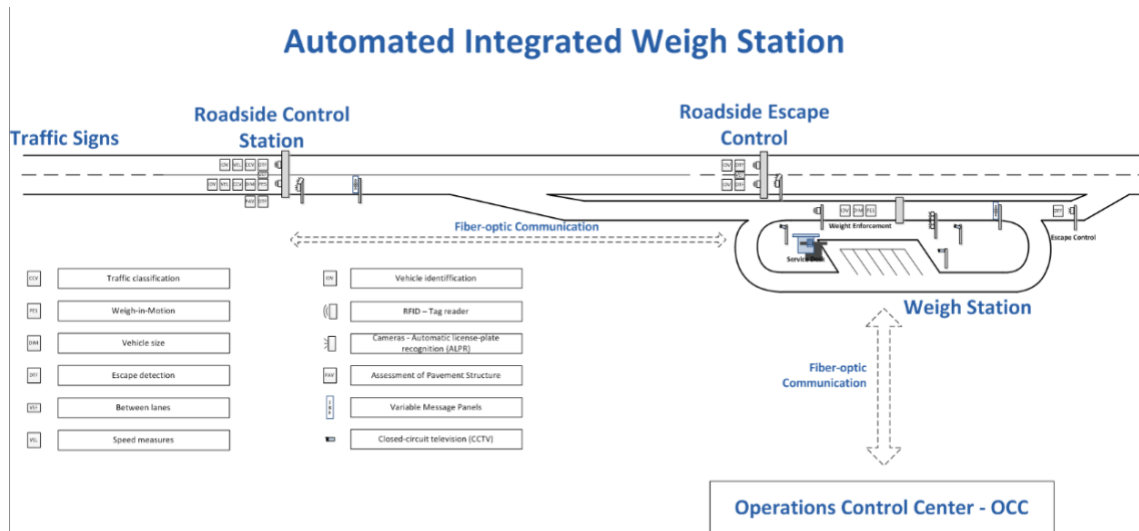


Fig. 16 - Sistema de control de cargas automático en Brasil - Fuente (Integrated & Station, 2016)

Este tipo de balanzas se encuentran online y envían la información al Centro de Control de Operaciones (OCC), los cuales pueden ver la información y monitorear en tiempo real, por medio de un circuito de CCTV el estado de los puestos de fiscalización.

La infraestructura vial de Brasil gestionada por la Dirección Nacional de Transporte (DNIT) es de aproximadamente 52.000Km de rutas Federales aproximadamente un 20% más que la Red Vial Federal en Argentina y tiene un presupuesto de R\$20.400M (que representan aproximadamente a u\$s4.000M).

Según el informe publicado en el sitio web del Gobierno brasilero, poseen un 70% de las rutas en buen estado y el resto los clasifican en terribles o malos. Brasil cuenta con 320 puestos de control, dependientes del PNCT¹ (Plano Nacional del Contagem de Tráfego, Programa Nacional de Conteo de Tráfico). La información recolectada incluye, conteo vehicular, clasificación, peso y velocidad. Se lanzó en 2012 y tuvo una inversión de u\$s 41M. Y el Plan Nacional de Pesaje (PNP) que incluye las estaciones inteligentes de pesaje HS-WIM.

En Argentina, la Dirección Nacional de Vialidad se encarga de la recolección de estos datos de forma automática, salvo la de pesos y dimensiones que siguen siendo manualmente a través de los 107 puestos de pesaje estático. El mantenimiento de los puestos se realiza por medio de las dependencias provinciales (CeCoT, Centro de Control de Tráfico). Se encuentran instaladas más de 250 puestos permanentes de contadores de tráfico, y complementados con equipos móviles para hacer estudios puntuales y censos de giro. Con esta información se realizan los estudios de demanda utilizando indicadores como el TDMA. Algunos puestos se encuentran online, pero dista bastante de ser la mayoría. Muchas veces por problemas de conectividad sumado a vandalismo, sobre todo de los paneles solares. En la página de tránsito, se puede consultar esta información de forma abierta (http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SeICE_WEB/intro.html).

¹ <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/infraestrutura-rodoviaria>

Dada la importancia del sistema implementado en Brasil, en el Noviembre de 2016 se realizó la séptima conferencia internacional de pesaje en movimiento. Conferencias que años anteriores tuvieron las siguientes locaciones:

- Zurich 1995
- Lisboa 1998
- Orlando 2002
- Taipei 2005
- Paris 2008
- Dallas 2012
- Foz de Iguazú 2016
- Praga 2019

La próxima ICWIM tendrá lugar en Australia en 2023. Sin embargo la ISWIM decidió realizar un seminario en Pretoria, Sudáfrica en 2021. El título de este seminario es "Optimizando el transporte de cargas utilizando información WIM".

Su principal objetivo es reunir a la comunidad regional con el fin de indagar las necesidades y requerimientos. Sin embargo la invitación permanece abierta a todo el mundo. Muchos países están haciendo uso de sistemas WIM en dicha región por varios años, y otros recientemente comenzaron a hacerlo.

Es un seminario técnico relacionado con el control de pesos y dimensiones y el uso masivo de esta información. El objetivo principal es mostrar los últimos desarrollos, promocionar las mejores prácticas de instalación y relacionar a distintos actores de diferentes países tales como agencias responsables de diseño y construcción de infraestructura vial, agencias de gobierno responsable de fiscalización de pesos y dimensiones, operación y control de vehículos pesados, agencias, o empresas que utilizan información de transporte relacionados con el transporte de cargas, seguridad vial y peajes. Así también se hace extensiva a investigadores, estudiantes, fabricantes y usuarios de este tipo de equipamiento.

En la Fig. 17 se muestra quienes integran el comité de organización, encabezado por Bernard Jacob, citado varias veces en este trabajo, por ser uno de los referentes de esta tecnología.

COMMITTEES

Programme Committee	Organizing Committee
Bernard Jacob (chair), <i>Université Gustave Eiffel, France</i> Morris de Beer, <i>RPFE, South Africa</i> Kim Chulwoo, <i>Kyoto University, Japan</i> Andrew Houliston, <i>Syntell, South Africa</i> Javier Alejandro Jorge, <i>National Institute of Industrial Technology, Argentina</i> Chris Koniditsiotis, <i>TCA, Australia</i> Layton Leseane, <i>SANRAL, South Africa</i> Caroline May, <i>Texas DoT, United States</i> Paul Nordengen, <i>HVTech, South Africa</i> Eugene O'Brien, <i>UCD, Ireland</i> Jonathan Regehr, <i>University of Manitoba, Canada</i> Gerhard de Wet, <i>Static Motion, South Africa</i> Aleš Žnidaric, <i>ZAG, Slovenia</i>	Chris Koniditsiotis (chair), <i>Consultant, Australia</i> Marisa Fortune, <i>Syntell, South Africa</i> Andrew Houliston, <i>Syntell, South Africa</i> Bernard Jacob, <i>Uni. Gustave Eiffel, France</i> Andy Lees, <i>Q-Free, United Kingdom</i> Layton Leseane, <i>SANRAL, South Africa</i> Caroline May, <i>Texas DoT, United States</i> Jonathan Regehr, <i>Uni. Manitoba, Canada</i> Rob Sik, <i>Mikros, South Africa</i> Hans Van Loo, <i>Corner Stone, Switzerland</i> Deborah Walker, <i>FHWA, United States</i> Aleš Žnidaric, <i>ZAG, Slovenia</i>
	Exhibition Committee
	Andy Lees (chair), <i>Q-Free, United Kingdom</i> Andrew Houliston, <i>Syntell, South Africa</i> Rob Sik, <i>Mikros, South Africa</i> Hans Van Loo, <i>Corner Stone, Switzerland</i>

Fig. 17 - Comité del ICWIM 2021

PERSPECTIVAS A FUTURO

El gran desafío de los sistemas HS-WIM es poder lograr un sistema confiable automático para realizar infracciones por exceso de cargas, así como lo es con los sistemas de infracción por exceso de velocidad. Los sistemas comercializados por la empresa francesa Esterela (www.esterela.fr) están certificados para cumplir con la OIML R134 y poder ser utilizados para fiscalización directa en alta velocidad. Aunque para este último, en Argentina no está homologado el método para las rutas.

En la mayoría de los países para que pueda realizarse una infracción de exceso de carga utilizando el método WIM, es necesario una exactitud clase A(5) en un 95% de los vehículos o más cercano al 99%. Más allá de eso, las recomendaciones de la OIML no aplican y la certificación de metrología es difícil de conseguir. Sin embargo las mejoras en sistemas B-WIM y MS-WIM permiten labrar actas de infracción de forma automática, pero hay temas legales que hacen falta ser resueltos.

REGULACIÓN DE CARGA DINÁMICA Y WIM A BORDO

La medición de peso en vehículos con sistemas a bordo no es nuevo. Fue introducido en los 80 en países como Canadá, Finlandia y el Reino Unido con fines de investigación para pavimentos y aplicaciones de ingeniería para los vehículos. Muchos de estos sistemas utilizan acelerómetros y celdas de carga instalados en los vehículos. Pero no prospero ya que los equipamientos eran muy caros, el procesamiento se hacia a posteriori (no estaban online), la calibración era complicada y se requería personal calificado y mucho tiempo. Por otro lado, tienen la desventaja que es más difícil tener un estudio del flujo de cargas dado que no se encuentran en un punto fijo y complejiza el estudio, tal como se menciona en el informe de la ISWIM (van Loo & Znidaric, 2019)

En el proyecto OECD/DEVINE la medición de peso por eje a bordo y los sensores WIM en los caminos, están sincronizados. Lo que permite una nueva forma de calibrar los sistemas WIM. En Australia (ARRB) están investigando en un sistema de láseres para medir la deflexión de las cubiertas y de esta forma medir el peso sobre las ruedas. La clave del éxito de este sistema es la exactitud de los láseres, la adquisición de datos a alta velocidad y el procesamiento.

Diferentes Operadores de carreteras y agencias de regulación, están requiriendo equipos de medición a bordo, los cuales podrían ser instalados en todos los camiones con el fin de monitorear y sancionar excesos de carga. Equipos similares a los que en la mayoría de las flotas existen, el cronotaquímetro. Los actuales sistemas a bordo miden al vehículo en forma estática, cuando se encuentra en un semáforo, o estación de servicio o peaje. En Australia hay inversiones significantes para el desarrollo de estos equipos. El método que están utilizando es dual, con celdas de carga y medidores de presión de los neumáticos.

WIM a bordo serían vitales para sistemas de conducción autónoma (ADAS) con el fin de poder monitorear las cargas dinámicas y evitar la resonancia en caminos

deteriorados. Esto permitiría aumentar la seguridad en la ruta y mejor el confort para el conductor y a su vez reducir el desgaste de la calzada provocado por factores de cargas dinámicas.

En un futuro, los vehículos podrían estar equipados de fábrica con estos dispositivos obligados por regulaciones. En un principio podría ser un incentivo su instalación basado en la reducción de impuestos, o permitirles una aumento la carga permitida. Complementando los puestos de control WIM fijos en las rutas. Lo cual es totalmente posible hoy en día con la incorporación de dispositivos IoT tema a tratar en los párrafos posteriores.

SENSORES IoT

El concepto de IoT no es nuevo, aunque no hay una definición fundada per se, existen muchas descripciones de lo que corresponde a un sistema IoT. Una de ellas es la que describe la IEEE en el trabajo Standards for the internet of things (Laplante et al., 2016) citando a European Research Cluster que dice así:

IoT es como “una infraestructura de red global dinámica con capacidad de autoconfiguración, basada en un estándares y protocolos de comunicación interoperables, en donde las “cosas” físicas y virtuales tienen una identidad, atributos físicos y personalidades virtuales. Usan interfaces inteligentes y son integrados de una forma transparente a la red de información”. Por otro lado la ITU, la agencia de la ONU especializada en TIC, describe a IoT como: “Una infraestructura global para la sociedad de la información, permitiendo servicios avanzados por interconectando “cosas” (físicas y virtuales) basado en tecnologías de la información y comunicaciones existentes”. La OASIS se refiere a IoT como “un sistema en donde Internet está conectado al mundo físico mediante sensores obicuos” (que están presentes en muchos lugares y situaciones y da la impresión de que está en todas partes.) Por último queremos exponer la definición de la W3C que lo define como “Sensores y actuadores, objetos físicos y lugares, e incluso personas. Trata esencialmente del papel de las tecnologías web para facilitar el desarrollo de aplicaciones y servicios para las “cosas” y su representación virtual. Se pueden encontrar muchas definiciones, pero vemos que tienen un nodos en común tales como Sensores, Internet, Interconexión, Software y Actuadores. Las que el NIST denomina la cinco primitivas.

Medidas, mediciones y metrología son conceptos diferentes, pero relacionados, que son esenciales para la creación de estándares para sistemas físicos, virtuales, financieros, cuidado médico, sistemas de respuesta temprana, gobernanza, entre otros. Se depende de los estándar para prácticamente todo. Los estándar están basados en mediciones y métodos. Sin ellos, sería difíciles de crear (Voas et al., 2018). El interesante artículo publicado por la IEEE en el journal *IT Profesional*, describe los métodos de medición en distintas ramas y explora como en el campo de la metrología podría ser aplicable a los dispositivos IoT.

Hay pocos trabajos publicados sobre medidas, mediciones o metrología para IoT. Uno de ellos es *Health Internet of Things: Metrics and Methods for Efficient Data*

Transfer (Paschou et al., 2013) el cual realiza un estudio enfocado en la obtención de mediciones en aplicaciones de salud. Y está centrado en la premisa: “Con IoT, qué podemos medir?”. El trabajo trata de describir la letra T del acrónimo (IoT) que corresponde a Cosas (Things en inglés). Fundado en esto, como mencionamos anteriormente, el NIST describe cinco cosas primitivas:

1. Sensores (algo que mide propiedades físicas)
2. Software [*aggregator*]: (software para transformar la información del sensor)
3. Canal de comunicación (vínculo de conexión, inalámbrica o cableada)
4. e-Utility: (Software o hardware para ejecutar el proceso)
5. Disparados: (actuador, que produce el resultado final)

Estas cinco primitivas las define como bloques al estilo LEGO y son usadas por cualquier sistema basado en IoT. El foco del presente trabajo no es realizar una descripción en detalle de IoT, más aún así dar un panorama general de la tecnología. Si se desea profundizar en el tema, recomendamos consultar el trabajo de tesis de Ing. Ariel Pisano (Pisano, 2018)

PROVEEDORES IOT

Actualmente existen dos estándares muy importantes en lo que refiere a redes IoT, uno de ellos es LoRaWAN. Es una especificación para dispositivos de baja potencia alimentados a baterías que operan dentro de redes inalámbricas que pueden ser regionales, nacionales o globales. Incorporan seguridad del enlace de comunicación bidireccional, servicios de localización y interoperabilidad continua entre dispositivos inteligentes.

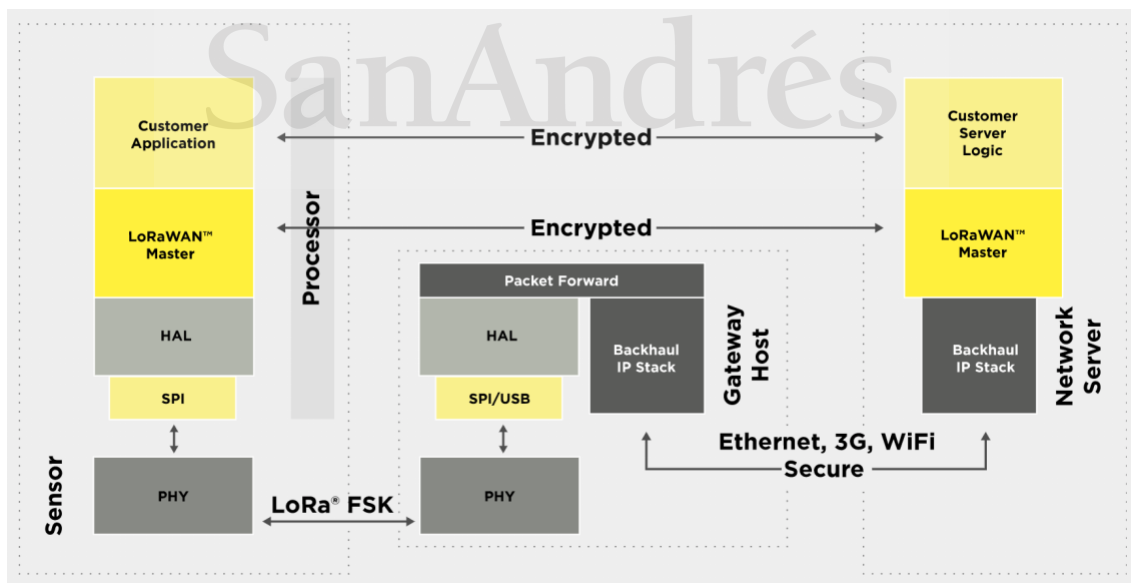


Fig. 18 - Diagrama de flujo de sistema IoT LoRa - Fuente: <https://lora-alliance.org>

En el gráfico anterior (Fig. 18) se visualiza el diagrama en bloques de alto nivel de la especificación LoRa, que incluye todo el flujo de comunicación. Los sensores se comunican directamente con los nodos de LoRa por medio de un enlace de radio

frecuencia no licenciado. Este enlace puede ser en los canales de 433Mhz o 915Mhz. Al ser frecuencias no licenciadas², la utilización de estas bandas tiene cierta limitación. Para hacer uso de estas, en Argentina, se tienen que cumplir con la Resolución N° 4653/19. Cada nodo esta conectado a internet, puede ser vía celular, cableado o por wifi, dependiendo de la infraestructura de conectividad existente.

El otro estándar que queremos destacar es SigFox. Es una empresa francesa fundada en 2009. Está presente en más de cincuenta países alrededor del mundo. En Argentina es operado por WND Group, liderado por Emmanuel Jaffrot. En la entrevista con él nos comentó que existe una red SigFox desplegada por varias provincias en Argentina, sobre todo por Buenos Aires, Córdoba, Neuquén, Mendoza y Rio Negro centradas en la agricultura. SigFox a través de WND está presente en toda la región.

En la siguiente imagen Fig. 19 se puede observar el mapa de cobertura en Argentina que posee Sigfox actualmente. Los puntos de color celeste corresponden a una cobertura actual de la red de sigfox, la cuál esta en constante expansión bajo demanda.

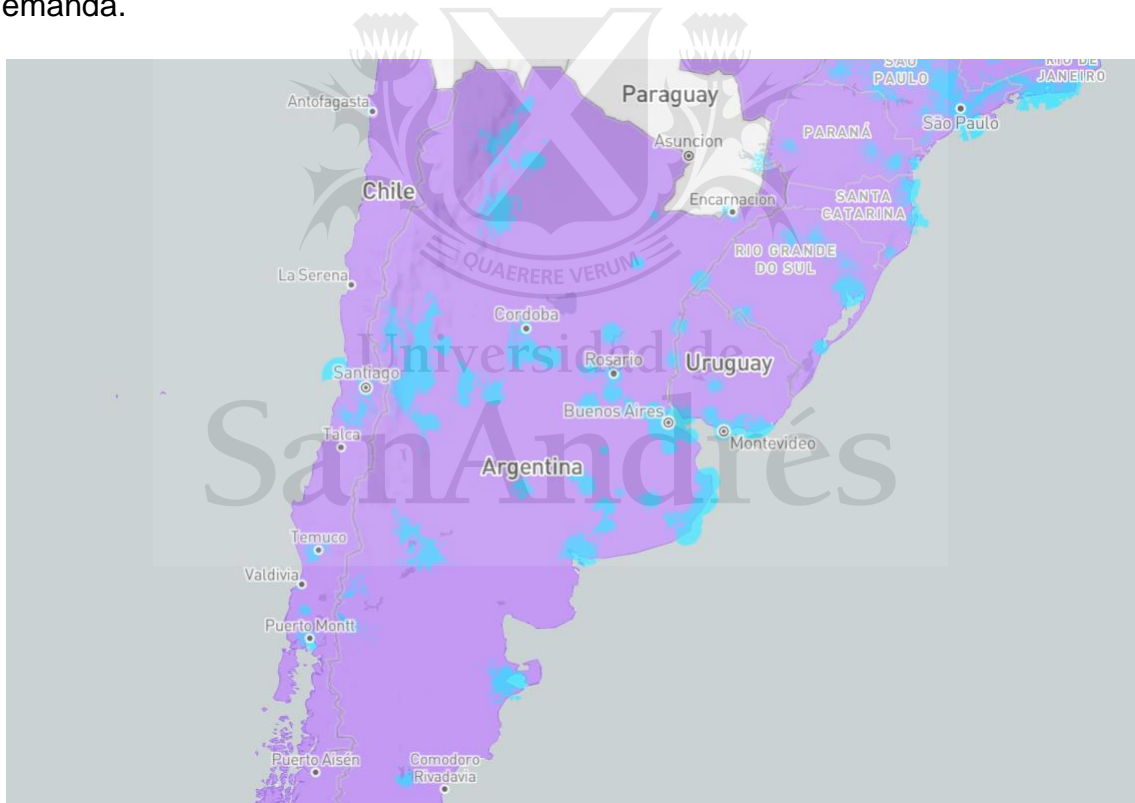


Fig. 19 - Mapa de cobertura de SigFox en Argentina - <https://www.sigfox.com/en/coverage>

LORA VS SIGFOX

LoRa y SigFox son dos estándares de IoT hoy en día, aunque tienen modelos de negocios distintos. LoRa Alliance no provee de red a sus clientes, no hay que usar

² https://www.enacom.gob.ar/bandas-de-uso-compartido-sin-autorizacion_p680

una infraestructura propietaria, los ingresos los obtienen por medio de la venta de los chips patentados. Para utilizar LoRaWAN, uno debe crear su propia red, administrar las puertas de enlace y realizar el backend, lo que requiere mayor tiempos de implementación y mantenimiento de la red. Y los módulos, al tener chips licenciados, son mas costos.

El enfoque de SigFox es totalmente diferente, tiene una infraestructura propietaria que tiene solucionada toda la parte de conectividad. Para utilizar su red, es necesario contar con un módulo compatible, que tiene un costo menor a u\$s2, y contar una suscripción (aproximadamente u\$s1 por sensor por año) ya que los datos recopilados por los sensores viajan hasta los servidores de SigFox. Los tiempo de implementación son muchísimo menores, si se cuenta con cobertura en la zona deseada.

“...creemos que para que el Internet de las Cosas prospere verdaderamente, los fabricantes de dispositivos necesitarán utilizar toda la gama de tecnologías de radio a su disposición. ...No existe una solución única para todos a la hora de construir una red capaz de conectividad ubicua.” (WND UK, 2017)

En Estado Unidos el NIST publicó recientemente un borrador (IR 8063) sobre un posible estándar IoT que ofrece una base científica y propone una armonización para los estándares de IoT.

SEGURIDAD

Respecto a la seguridad de los datos, que no es un tema menor, Emmanuel nos informa lo robusto que es el sistema de sigfox, que fue planteado desde un principio. Los dispositivos IoT no están expuesto a Internet de forma directa, por lo que se hace mas difícil explotarles vulnerabilidades.

Se estima que en el 2020 ya hay aproximadamente unos 50.000 millones de dispositivos conectados Iso cuales se incrementará aún mas cuando se desplieguen las redes de 5G (Park, 2019) IDC estima que en 2020 el mercado global de IoT sería de u\$s7.1 trillion y General Electric estima que podría agregar u\$s15 trillion al PBI mundial hacia el 2030. (Weinberg et al., 2015).

La información, en los sistemas IoT es esencial ya que sin esta información no existiría. Esto incluye la generación, adquisición, transmisión e interpretación. Información que puede ir desde tan simple como medir la temperatura, el peso de un vehículo, el número de patente, o hasta información médica de niveles de insulina a inyectar en un paciente diabético. En Costa Rica y Guatemala tienen implementado camiones modelo, sistemas de pesaje on-board. Con la financiación del BID y la colaboración del Ministerio de Transporte de Costa Rica y Guatemala. El control del peso de la carga transportada por carretera podría llevarse a cabo con un sistema de éstos y de esta manera suplir la deficiencia del número de básculas. Actualmente Guatemala cuenta con una red vial de 17.178 kilómetros y cuenta con 4 estaciones de pesaje mientras que la red vial de Costa Rica es de 7.821 kilómetros de red vial nacional, con 5 estaciones de pesaje (Cortés & Bayona, 2019).

Figure 1. Gartner Peer Insights “Voice of the Customer” Primary Storage Customers’ Choice

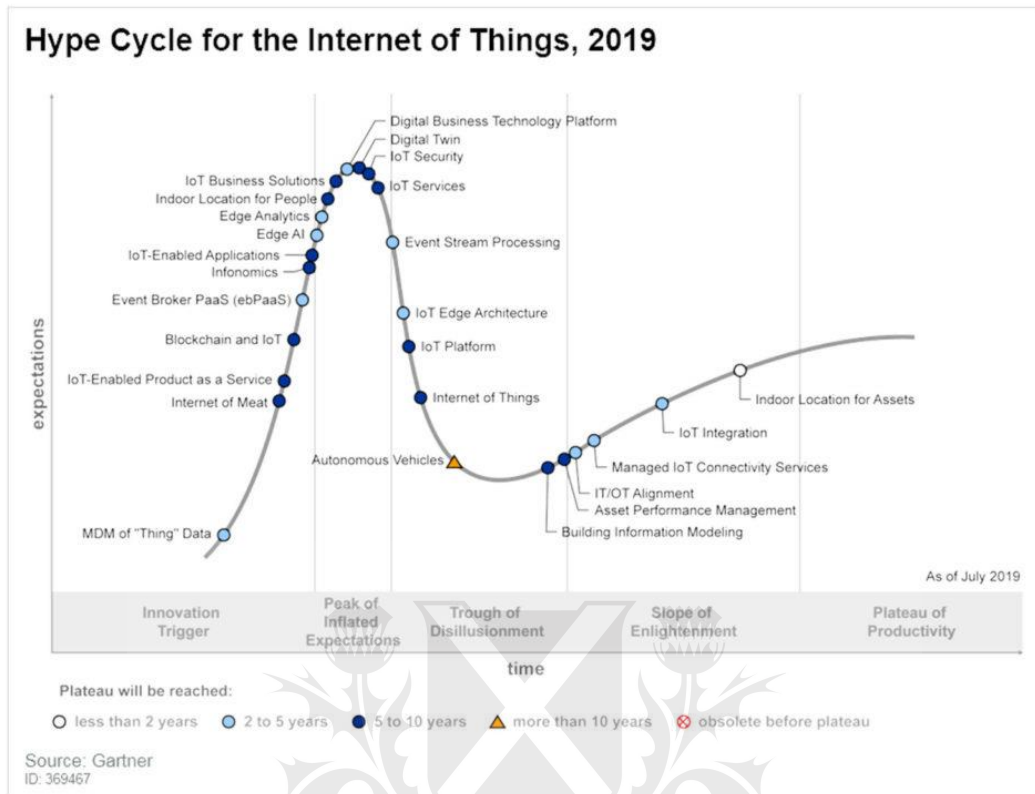


Fig. 20 - HyperCycle Gartner - Fuente: Gartner

Como podemos observar en el gráfico anterior (Fig. 20), corresponde a la curva del Hiper Ciclo para el Internet de las Cosas. La seguridad de IoT es un tema no menor, en el que los proveedores están poniendo mucha atención. Por otro lado los dispositivos IoT del tipo Edge Analytics y Edge AI, en los últimos dos años, han tomado mucho protagonismo. Este tipo de dispositivos, no solo son sensores, sino que a su vez realizan análisis de comportamientos y hasta pueden tomar decisiones. Se tiende a un sistema de computación distribuido, (Edge Computing) hiper conectado, con un gran poder de procesamiento.

Hoy en día las cámaras de seguridad ya vienen integradas con analíticas lo que facilita el reconocimiento de placas patente de los vehículos, sin la necesidad de contar con un equipo que realice el procesamiento de datos, como lo era necesario con las cámaras analógicas utilizadas comúnmente. Hikvision, Boch son unas de las empresas que proveen este tipo de cámaras.

Nivel de servicio en la red nacional de caminos

En las facilidades viales existentes el Nivel de Servicio, que se describirán en este capítulo, es un indicador sobre la calidad de un flujo de tránsito que relaciona la

demanda de tránsito con la oferta vial y sus condiciones de entorno, basado en el libro **HCM2010** (Highway Capacity Manual) (Transportation Research Board, 2010).

Se pueden visualizar los valores de este indicador para cada tramo de ruta de la red nacional pavimentada, seleccionando el año y la ruta que desea consultar.

A modo de resumen, la publicación brinda el Nivel de Servicio para las condiciones de la hora trigésima de dos grupos de horas del año: horas en días no hábiles que comprende los fines de semana (sábados y domingos), los feriados, y las vísperas y días posteriores a fines de semana largo; y horas en días hábiles el resto del año.

Entonces, cada tramo pavimentado que no haya sido definido como área urbana tendrá indicado su Nivel de Servicio para día hábil "NS H" y no hábil "NS NH".

En el apartado Metodología se accede a una descripción resumida de la metodología de cálculo aplicada, y en Consideraciones es donde están descriptas algunas premisas utilizadas en el cálculo.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el análisis de la **Capacidad** y el **Nivel de Servicio** es la desarrollada en el **Highway Capacity Manual 2010** (Manual de Capacidad 2010), una publicación del Transportation Research Board, instituto de Estados Unidos que tiene como misión promover la innovación y el progreso del transporte a través de la investigación.

CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

La **Capacidad** de una infraestructura de transporte refleja su facultad para acomodar un flujo móvil de personas o vehículos. La CAPACIDAD VEHICULAR es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto dado durante un período específico sometido a las condiciones prevalecientes de la carretera, la circulación y las condiciones de control. Es una medida desde el punto de vista de la oferta de una infraestructura de transporte.

El **Nivel de Servicio (NS)** es una medida de la calidad del flujo. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de tránsito 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. En este caso y a diferencia de la capacidad, es una medida que conjuga la oferta y la demanda. La metodología establece seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, siendo el nivel A el que corresponde al tránsito más fluido, el de mejores condiciones; mientras que el nivel F, corresponde a una circulación muy forzada. El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía.

En la siguiente Fig. 21 se trata de ejemplificar los niveles con el concepto del “semáforo” dónde el nivel A (el de mejores condiciones), se lo representa con el color verde y el nivel F (de las peores condiciones); se lo representa de color rojo.



Fig. 21 - Semáforo - Nivel de Servicio

CAMINOS DE DOS CARRILES

Un camino de dos carriles puede definirse como una calzada que tiene un carril para cada sentido de circulación. Una característica propia de la circulación en este tipo de vía es la maniobra de sobrepaso a vehículos más lentos, que requiere utilizar el carril del sentido opuesto. A medida que aumenta el volumen de tránsito, y/o las restricciones geométricas disminuye la posibilidad de sobrepasar, dando lugar a la formación de pelotones de vehículos detrás de un vehículo lento.

La capacidad de un camino de dos carriles en condiciones ideales de tránsito y calzada (descriptas en Niveles de Servicio de caminos de dos carriles más adelante en este capítulo) es de 1700 automóviles por hora para cada sentido de circulación, pero debe tenerse en cuenta que la suma de las capacidades en ambos sentidos no puede exceder los 3200 automóviles por hora. Excepcionalmente, en tramos cortos, puede aceptarse hasta 3400 automóviles por hora.

AUTOPISTAS

Es un camino de calzadas separadas con control total de accesos y dos o más carriles por sentido para uso exclusivo de la circulación. En su desarrollo, no existen las intersecciones a nivel ni el acceso directo desde las propiedades colindantes, y el ingreso/egreso a/de la autopista está limitado a los lugares donde existen ramas de acceso. La circulación en esta vía nunca se ve interrumpida por un semáforo o una señal de pare, y la circulación de los dos sentidos opuestos está separada por una mediana divisoria continua.

La Capacidad de una autopista es el valor máximo sostenido de flujo (periodo de 15 minutos) en un punto o segmento uniforme para las condiciones prevalecientes de tránsito y calzada. Se define por sentido de circulación y se expresa en automóviles por hora por carril.

El flujo de tránsito dentro de un tramo básico de autopista se puede caracterizar generalmente en tres tipos de flujo: **flujo libre**, **flujo de dispersión de cola** y **flujo en congestión**. Cada tipo de flujo se puede definir dentro de rangos de relación velocidad-flujo-densidad y representa diferentes condiciones sobre la autopista.

- **Flujo libre (FFS):** representa condiciones de tránsito que no están afectadas por cuellos de botella corriente arriba o corriente abajo. Este régimen de flujo generalmente se define dentro de rangos de velocidad que van de 90 a 120 km/h cuando los volúmenes equivalentes son bajos a moderados y rangos que van de 70 a 100 km/h cuando los volúmenes equivalentes son altos.

- **Flujo por dispersión de la cola:** representa el tránsito que recién ha pasado por un cuello de botella y está acelerando para volver a alcanzar la velocidad en flujo libre de la autopista. La descarga de la cola se caracteriza por un flujo relativamente estable, siempre y cuando no exista el efecto de otro cuello de botella aguas abajo. Este tipo de tránsito generalmente se encuentra en volúmenes que oscilan entre 2000 y 2300 automóviles por hora y por carril, con velocidades que normalmente se mueven entre 55 km/h hasta la velocidad en flujo libre del tramo de autopista. Las velocidades más bajas normalmente se observan ni bien se ha pasado el cuello de botella.
- **El flujo por congestión:** representa el flujo influenciado por los efectos de un cuello de botella aguas abajo. El volumen de tránsito en un régimen de congestión puede variar en un amplio rango y también lo hacen las velocidades dependiendo de la severidad del cuello de botella.

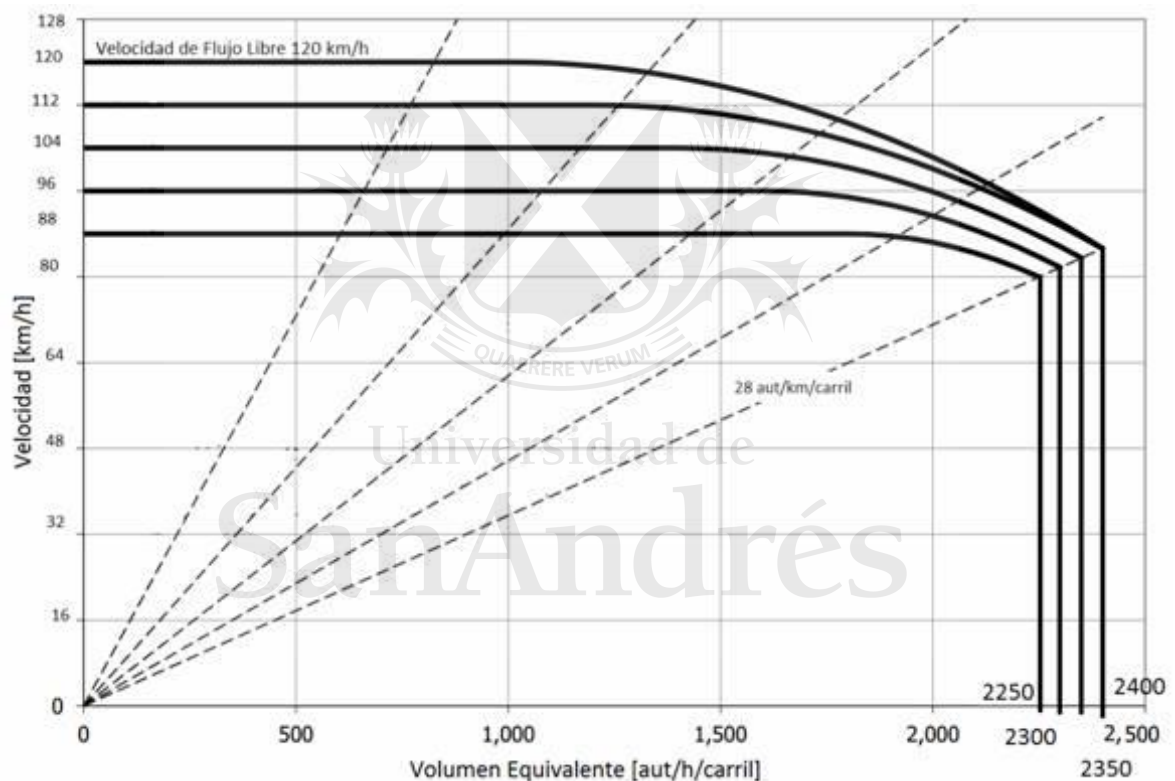


Fig. 22 Flujo de congestión

En la Fig. 22 se observa que la capacidad (máximo volumen equivalente para cada velocidad indicado sobre el eje de abscisas) varía con la velocidad en flujo libre, entonces las capacidades son:

- 2400 aut/hora/carril para velocidades en flujo libre de 112 y 120 Km/h.
- 2350 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 104 Km/h.
- 2300 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 96 Km/h.
- 2250 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 88 Km/h.

De acuerdo con lo expresado, bajo condiciones ideales de tránsito y calzada, las autopistas pueden operar con capacidades de hasta 2400 automóviles por hora y por carril.

AUTOVÍAS

Son vías típicas de zonas suburbanas que conectan dos ciudades o dos sitios que generan importante número de viajes. Tienen entre 4 o 6 carriles en total, usualmente divididas, pero pueden ser también indivisas. No tienen control de acceso y en su desarrollo pueden encontrarse intersecciones sanforizadas. Las velocidades límites van desde los 90 km/h a los 100 km/h, y el TMDA varía entre 15.000 y 40.000 veh/día.

La Capacidad de una autovía es el valor máximo sostenido de flujo (periodo de 15 minutos) en un punto o segmento uniforme para las condiciones prevalecientes de tránsito y calzada. Se define por sentido de circulación y se expresa en automóviles por hora por carril.

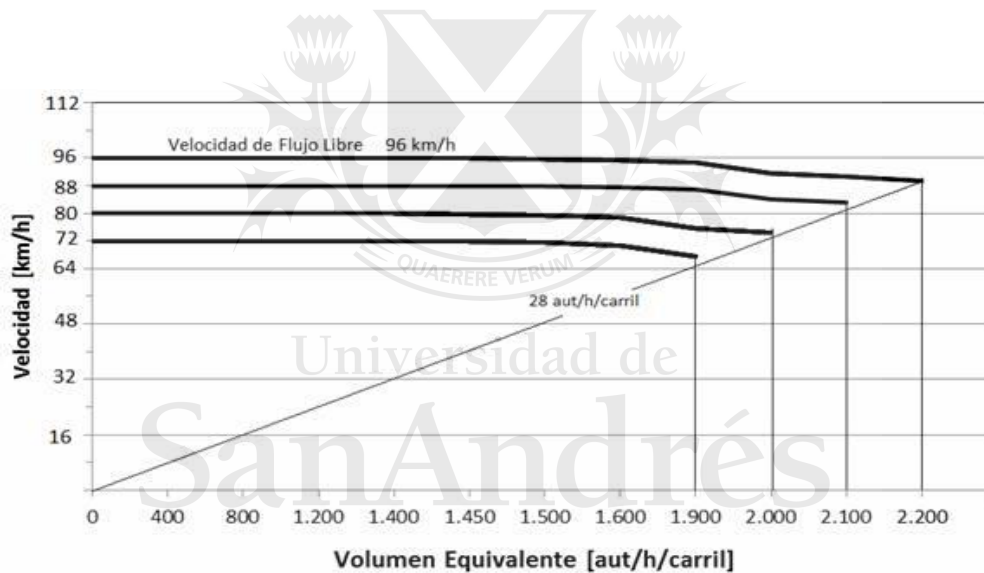


Fig. 23 Capacidad en una vía

En la

se observa que la capacidad (máximo volumen equivalente para cada velocidad indicado en el eje de abscisas) varía con la velocidad en flujo libre, entonces las capacidades son:

- 2200 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 96 Km/h
- 2100 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 88 Km/h
- 2000 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 80 Km/h
- 1900 aut/hora/carril para velocidad en flujo libre de 72 Km/h.

De acuerdo con lo expresado, bajo condiciones ideales de tránsito y calzada, las autovías pueden operar con capacidades de hasta 2200 automóviles por hora y por carril.

I) CAMINO DE DOS CARRILES

Para el análisis, los caminos de dos carriles se categorizan en tres clases:

- **Clase I:** son caminos donde los usuarios esperan desarrollar velocidades relativamente altas. En general son rutas interurbanas que conectan importantes centros de generación de viajes, caminos en los cuales predomina los viajes hogar–trabajo–hogar, rutas nacionales o provinciales troncales, esta clase a menudo sirve a viajes de larga distancia.
- **Clase II:** son los caminos de dos carriles sobre los que los usuarios no necesariamente esperan desarrollar altas velocidades. Este grupo abarca las rutas turísticas, las que pasan por terrenos escarpados y las que sirven de acceso a rutas del Grupo I. En general los tipos de viajes corresponden a viajes cortos o a la parte inicial o final de viajes largos.
- **Clase III:** son los caminos que conectan áreas moderadamente desarrolladas. En algunos tramos, el tránsito local se entremezcla con el pasante y la densidad de puntos de accesos sin señalizar es notablemente mayor que en un camino de una zona rural. Estos tramos están generalmente acompañados de reducciones del límite de velocidad que reflejan un mayor nivel de actividad.

Parámetros de eficiencia:

- Velocidad promedio de viaje (**ATS**): es la longitud del segmento de camino dividido por el tiempo medio de viaje de todos los vehículos que atraviesan el segmento en ambas direcciones durante un intervalo de tiempo.
- Porcentaje de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso (**PTSF**): es el porcentaje promedio de tiempo total de viaje que los vehículos deben viajar en pelotones detrás de los vehículos más lentos debido a la incapacidad de sobrepasar en una carretera de dos carriles. Por lo tanto, la libertad de maniobra, la comodidad y el confort de los viajes quedan representados por esta variable de forma inversamente proporcional.
- Porcentaje de la velocidad en flujo libre (**PFFS**): representa la capacidad de los vehículos para viajar a la velocidad en flujo libre en las condiciones prevalecientes de calzada o cerca de la misma.

En la **Clase I**, lo fundamental es la movilidad, por lo que se deberán verificar tanto el parámetro ATS como el PTSF.

Para la **Clase II**, en la que la movilidad no es tan crítica, el nivel de servicio se define únicamente en función del parámetro PTSF.

Para **Clase III** se considera la posibilidad que tienen los vehículos a circular cercanos a la máxima velocidad en las condiciones prevalecientes de calzada, por lo cual el parámetro considerado es el PFFS.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO

Características de la vía

- Tipo de vía: **Clase I, II o III**
- Número de carriles
- Ancho de calzada y carril
- Tipo y ancho de banquina
- Longitud sin posibilidad de sobrepaso
- Intersecciones (accesos laterales)
- Velocidad de circulación: el rango usual de velocidad en este tipo de vía oscila entre 70 y 120 km/h.

Tránsito

- Volumen de Tránsito: Volumen de la hora trigésima
- Factor Hora Pico
- Proporción de vehículos pesados (camiones y ómnibus)
- Direccionalidad

Características del entorno de la vía

- Topografía

CONDICIONES IDEALES

Las condiciones ideales para los caminos de dos carriles se definen como aquellas condiciones que no presentan restricciones desde el punto de vista de la geometría del camino, su entorno y la circulación, y son las siguientes:

- Ancho de carril ≥ 3.65 m
- Ancho de banquetas ≥ 1.8 m
- No hay restricciones de adelantamiento
- No hay vehículos pesados
- Terreno llano
- No existen impedimentos para la circulación (señales de tránsito, vehículos que giran, que ingresan/egresan).

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

Con el fin de estimar las condiciones de operación de la vía se realiza el análisis de cada sentido de circulación por separado, es decir se aplica un análisis direccional. Las condiciones prevalecientes de calzada, tránsito y entorno se obtienen a través de distintos factores que modifican las condiciones ideales anteriormente definidas. Los factores que afectan a la velocidad son: factor de ancho de carril, factor de despeje de obstáculos, factor por densidad de puntos de acceso, factor de hora pico, factor de vehículos pesados, factor por tipo de terreno y el porcentaje de zona de prohibición de sobrepaso. Respecto al porcentaje de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso los factores son: factor de hora pico, factor de vehículos

pesados, factor por tipo de terreno y el porcentaje de zona de prohibición de sobrepaso.

La aplicación de los factores calculados en fórmulas predefinidas permite estimar los parámetros de eficiencia para luego determinar el Nivel de Servicio utilizando los entornos definidos en las siguientes tablas Fig. 24 para cada clase de camino:

Nivel de Servicio	% de tiempo sin sobrepaso	Velocidad promedio de viaje
A	≤ 35	> 88
B	$> 35 - 50$	$> 80 - 88$
C	$> 50 - 65$	$> 72 - 80$
D	$> 65 - 80$	$> 64 - 72$
Demanda excede la capacidad		
E	> 80	≥ 64

Fig. 24 - Caminos de Clase I

Por ejemplo, los resultados del análisis para el sentido con mayor volumen de tránsito son: **ATS = 70 km/h** y **PTSF = 52%**. De la Fig. 22 con ATS se obtiene un **NS = D**, con PTSF se obtiene un **NS = C**. Estos resultados pueden visualizarse en la Fig. 25

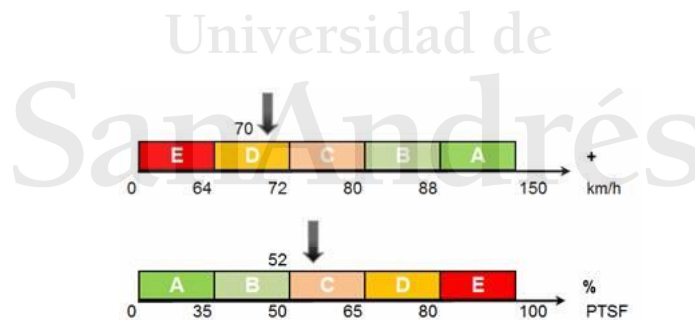


Fig. 25 - Caminos de clase I

El resultado final que expresa la operación de la vía será siempre el más desfavorable de los dos niveles de servicio obtenidos, en este caso es el **NS = D**.

Por ejemplo, el resultado del análisis para el sentido con mayor volumen de tránsito es: **PTSF = 58%**. De la Fig. 26 con PTSF se obtiene un **NS = C** como resultado final que expresa la operación de la vía. Lo anterior puede visualizarse en la Fig. 27

Nivel de Servicio	% de tiempo sin sobrepaso
A	≤ 40
B	$>40 - 55$
C	$>55 - 70$
D	$>70 - 85$
E	>85

Fig. 26 - Caminos de Clase II



Fig. 27 - Caminos de clase II

Nivel de Servicio	% de la velocidad en flujo libre
A	$>91,7$
B	$>83,3 - 91,7$
C	$>75,5 - 83,3$
D	$>66,7 - 75,5$
E	$\leq 66,7$

Fig. 28 - Caminos de Clase III

Por ejemplo, el resultado del análisis para el sentido con mayor volumen de tránsito es: **PFFS = 85%**. De la Fig. 28 con PFFS se obtiene un **NS = B** como resultado final que expresa la operación de la vía. Lo anterior puede visualizarse en la Fig. 29

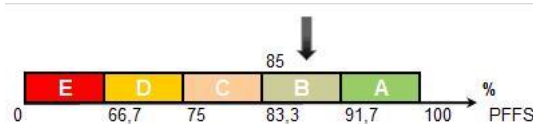


Fig. 29 - Caminos de Clase III

II) AUTOPISTAS

En este punto se resume el cálculo del Nivel de Servicio para Secciones Básicas de Autopista, que representan segmentos de la autopista que no se ven afectados por

movimientos de convergencia o divergencia de las ramas (ingreso/egreso) o por movimientos de entrecruzamiento.

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

La velocidad, la libertad para maniobrar y la proximidad con otros vehículos son parámetros que inciden en la calidad de servicio. La mayor preocupación de los conductores con respecto a la calidad del servicio tiene que ver con la velocidad de circulación, pero este parámetro no es adecuado para medir la eficiencia y definir los niveles de servicio ya que existe un amplio rango de volúmenes de tránsito para los cuales la velocidad se mantiene relativamente constante, como se muestra en la Fig. 30.

Por otra parte, los tres parámetros nombrados se relacionan con la densidad de la corriente de tránsito de la autopista, y este parámetro aumenta a lo largo de todo el campo de variación del volumen de tránsito, desde cero hasta la capacidad, por lo que se emplea como medida de eficiencia:

- Densidad de la corriente de tránsito (**D**): es la cantidad de vehículos equivalentes presentes en un carril de autopista de un kilómetro de longitud. Es una medida de la proximidad de los vehículos entre sí en el flujo del tránsito del carril.

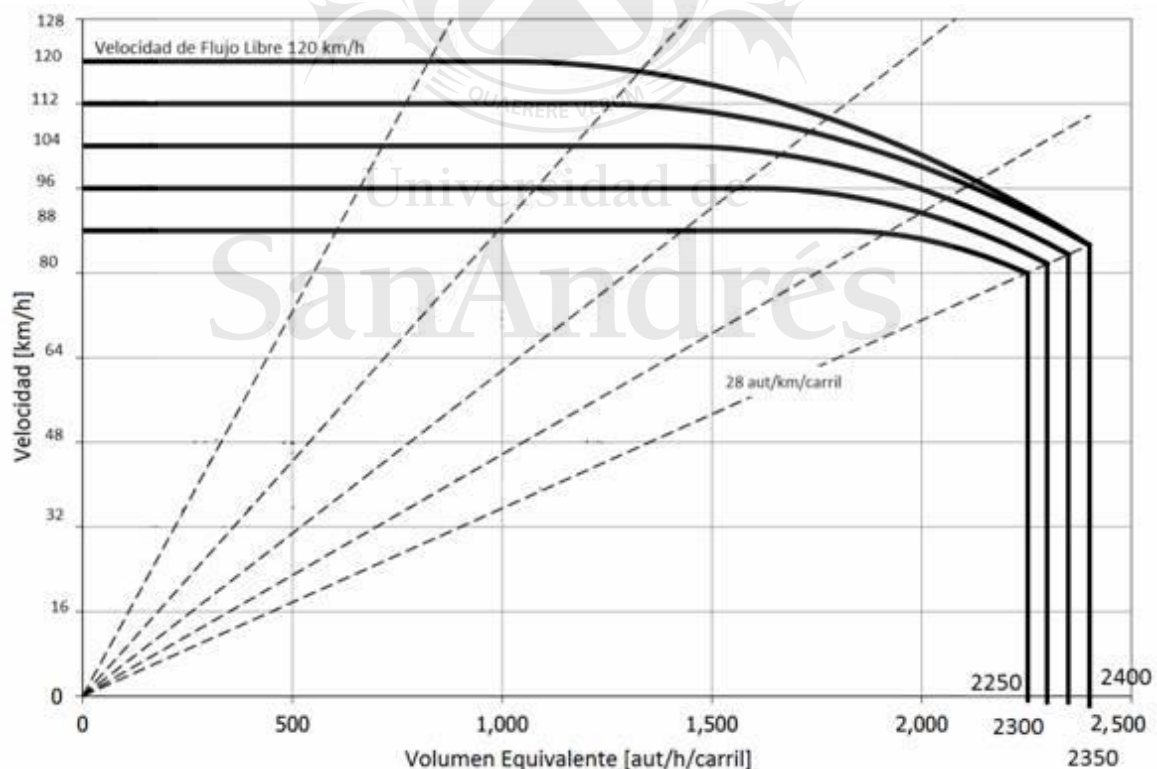


Fig. 30 Parámetros de eficiencia

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO

Características de la vía

- Número de carriles en cada sentido
- Ancho de calzada y carril
- Tipo y ancho de banquina
- Ramas de ingreso/egreso
- Velocidad de flujo libre

Tránsito

- Volumen de Tránsito: Volumen de la trigésima hora
- Factor Hora Pico
- Proporción de vehículos pesados (camiones y ómnibus)
- Direccionalidad
- Tipo de conductores

Características del entorno de la vía

- Topografía

CONDICIONES IDEALES

Las características básicas empleadas como condiciones ideales:

- Buenas condiciones climáticas, buenas condiciones de calzada e inexistencia de incidentes
- Ancho de carril 3,65 m
- Ancho de banquetas 1,8 m
- El ancho mínimo del separador central debe ser de 0,60 m
- Corriente vehicular compuesta únicamente por automóviles
- En áreas urbanas conductores diarios; para otras áreas conductores regulares
- Terreno llano

Estas condiciones ideales representan el más alto tipo de tramo básico de autopista, con velocidad en flujo libre de 110 km/h o superiores.

DETERMINACIÓN DE NIVEL DE SERVICIO

En principio se obtienen las condiciones prevalecientes de calzada, tránsito y entorno a través de distintos factores que modifican las condiciones ideales anteriormente definidas. Los factores que afectan a la velocidad son: factor de ancho de carril, factor de despeje de obstáculos y el factor por densidad de puntos de acceso. En el cálculo del volumen equivalente intervienen: el factor de hora pico, el factor de vehículos pesados, el factor de tipo de terreno y el factor por tipo de conductores.

La relación entre el volumen equivalente de tránsito y la velocidad en condiciones prevalecientes da como resultado la densidad, parámetro de eficiencia a partir del

cual se obtiene el nivel de servicio de acuerdo con los valores definidos en la Fig. 31. Por otra parte, en la Fig. 32 se puede apreciar para cada curva de velocidad de flujo libre en condiciones prevalecientes, el rango de volumen de tránsito equivalente para cada uno de los niveles de servicio.

Nivel de Servicio	Densidad [aut/km/carril]
A	0 - 7
B	>7 - 11
C	>11 - 16
D	>16 - 22
E	>22 - 28
F	>28

Fig. 31 - Niveles de servicio

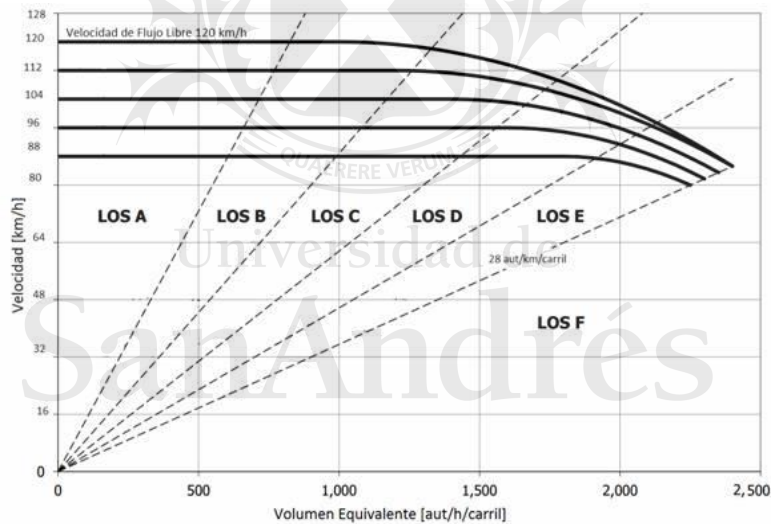


Fig. 32 - Curva de velocidad de flujo libre

III) AUTOVÍAS

El cálculo del Nivel de Servicio está dirigido únicamente para Segmentos de Autovías con flujo ininterrumpido con accesos solo en calles de cruce y en accesos directos desde las propiedades colindantes.

PARÁMETROS DE EFICIENCIA

Al igual que en una Autopista, el parámetro de eficiencia es la densidad de la corriente de tránsito.

Densidad de la corriente de tránsito (**D**): es la cantidad de vehículos equivalentes presentes en un carril de autopista de un kilómetro de longitud. Es una medida de la proximidad de los vehículos entre sí en el flujo del tránsito del carril.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO

Características de la vía

- Velocidad de flujo libre
- Número de carriles en cada sentido
- Ancho de calzada y carril
- Tipo y ancho de banquina izquierda y derecha
- Densidad de puntos de acceso
- Tipo de mediana (calzada con o sin división).

Tránsito

- Volumen de Tránsito: volumen de la trigésima hora
- Factor Hora Pico
- Proporción de vehículos pesados (camiones y ómnibus)
- Direccionalidad
- Tipo de conductores

Características del entorno de la vía

- Topografía

CONDICIONES IDEALES

Las características básicas empleadas como condiciones ideales:

- Buen estado de la calzada, ausencia de incidentes de tránsito, buenas condiciones climáticas
- Ancho de carril: 3,65 m.
- Despeje lateral a izquierda y derecha de la calzada $\geq 1,80\text{m c/u}$
- Calzadas separadas
- Inexistencia de puntos de acceso directos a lo largo del segmento
- Terreno llano
- Corriente vehicular compuesta únicamente por automóviles.
- El grupo de conductores, compuesta principalmente de usuarios regulares que están familiarizados con la vía.

DETERMINACIÓN DE NIVEL DE SERVICIO

El volumen vehicular de las autovías es en muchos aspectos similar al de una autopista, sin embargo, en varios factores son diferentes, principalmente debido a las fricciones laterales que están presentes en los accesos y las intersecciones, y también a las causadas por los flujos opuestos en las secciones de calzadas indivisas. Las velocidades en las autovías tienden a ser más bajas que en secciones de autopista similares, al igual que las capacidades.

En principio se obtienen las condiciones prevalecientes de calzada, tránsito y entorno a través de la aplicación de distintos factores que modifican las condiciones ideales anteriormente definidas. Los factores que afectan a la velocidad son: factor de ancho de carril, factor de despeje de obstáculos a izquierda y derecha, el factor por tipo de mediana y el factor por densidad de puntos de acceso. En el cálculo del volumen equivalente intervienen: el factor de hora pico, el factor de vehículos pesados, el factor de tipo de terreno y el factor por tipo de conductores. La relación entre el volumen equivalente de tránsito y la velocidad en condiciones prevalecientes da como resultado la densidad, parámetro de eficiencia a partir del cual se obtiene el nivel de servicio de acuerdo con los valores definidos en la Fig. 33

Nivel de Servicio	Velocidad de flujo libre [km/h]	Densidad [aut/km/carril]
A	Todas	0 - 7
B	Todas	>7 - 11
C	Todas	>11 - 16
D	Todas	>16 - 22
E	96	>22 - 25
	88	>22 - 26
	80	>22 - 27
	72	>22 - 28
Demanda excede la capacidad		
F	96	>22 - 25
	88	>22 - 26
	80	>22 - 27
	72	>22 - 28

Fig. 33 - Nivel de servicio

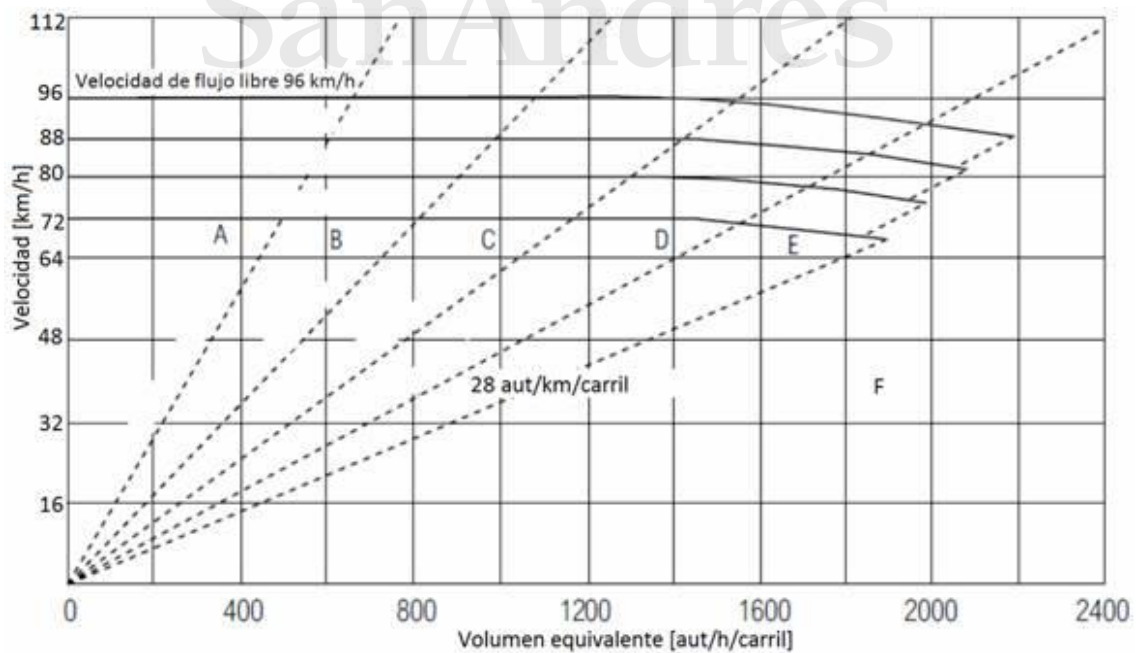


Fig. 34 Curva de velocidad de flujo libre

Por otra parte, en la Fig. 34 se puede apreciar para cada curva de velocidad de flujo libre en condiciones prevalecientes, el rango de volumen de tránsito equivalente para cada uno de los niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO

El análisis del Nivel de Servicio (**NS**) se calcula sobre la base metodológica del **Highway Capacity Manual 2010** (Manual de Capacidad 2010) una publicación del Transportation Research Board, instituto de Estados Unidos que tiene como misión promover la innovación y el progreso del transporte a través de la investigación.

El NS es una medida de la calidad del flujo. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de tránsito 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. En este caso y a diferencia de la capacidad, es una medida que conjuga la oferta y la demanda. La metodología establece seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, siendo el nivel A el que corresponde al tránsito más fluido, el de mejores condiciones; mientras que el nivel F, corresponde a una circulación muy forzada. El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía.

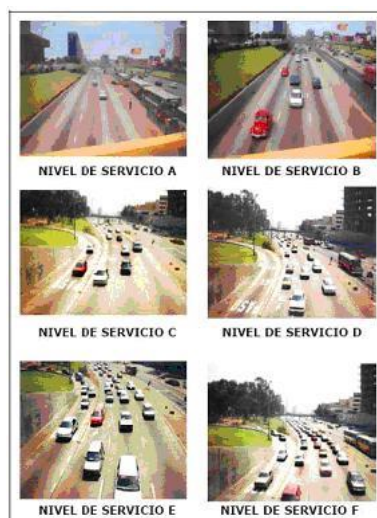
NS EN CAMINOS DE DOS CARRILES

- **NS A:** velocidades medias próximas a los 96 km/h. Casi no se observan pelotones de 3 o más vehículos. En condiciones ideales se puede alcanzar un volumen máximo de 420 autos/h en ambos sentidos.
- **NS B:** en terreno llano las velocidades medias son del orden de 90 km/h. La demanda de sobrepaso necesaria para mantener las velocidades deseadas es significativa, y aproximadamente igual a la capacidad de sobrepaso en el límite del NS B, cerca de pasar a NS C. En condiciones ideales se alcanzan volúmenes máximos de servicio de 750 autos/h en ambos sentidos.
- **NS C:** se incrementa notablemente la formación de pelotones, sus longitudes y la frecuencia de imposibilidad de sobrepaso. En terrenos llanos se supera la velocidad media de 83 km/h. Bajo condiciones ideales los volúmenes máximos son de hasta 1200 autos/h en ambos sentidos.
- **NS D:** el flujo de tránsito se aproxima al régimen inestable. Los dos sentidos de circulación empiezan a funcionar separadamente dado que las maniobras de sobrepaso se tornan extremadamente difíciles. Son frecuentes los pelotones de 5 o 10 vehículos. Se pueden mantener velocidades de 80 km/h. En condiciones ideales el máximo volumen en ambos sentidos es de 1800 autos/h.
- **NS E:** el sobrepaso es prácticamente imposible. La formación de pelotones se hace más intensa. Las velocidades bajan de los 80 km/h y pueden llegar a los 40 km/h dependiendo de la presencia de vehículos lentos y pendientes prolongadas. El máximo volumen de servicio del nivel E define la capacidad de la carretera: 3200 autos/h en ambos sentidos y un máximo de 1700 autos/h en un sentido.

- **NS F:** se presenta una circulación muy congestionada con una demanda superior a la capacidad. Las condiciones de operación son inestables, y el flujo de tránsito cae por debajo de la capacidad.

NIVEL DE SERVICIO EN AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS

- **NS A:** operación en régimen libre. Los vehículos circulan sin restricciones y el espaciamiento medio entre vehículos es 161 metros.
- **NS B:** las velocidades se mantienen en niveles de flujo libre. El espaciamiento se reduce a 100 metros, pero la libertad de maniobra no es afectada.
- **NS C:** comprende volúmenes de tránsito con velocidades todavía en la velocidad de flujo libre de la vía o muy cerca de la misma. La libertad de maniobra se ve notablemente restringida, se requiere mayor cuidado en los cambios de carril. El espaciamiento entre vehículos se reduce a 67 metros.
- **NS D:** las velocidades comienzan a declinar ligeramente a medida que se incrementa del volumen de tránsito dentro de este nivel. La libertad de maniobra está seriamente limitada. Es de esperar que incluso en incidentes de menor entidad se creen colas sustanciales. El espaciamiento entre vehículos se reduce a 50 metros.
- **NS E:** en el límite inferior, cercano a NS F, describe las operaciones en capacidad. En este nivel la operación es volátil, porque virtualmente no existen intervalos huecos utilizables en la corriente circulatoria dejando muy poco espacio para maniobrar dentro de la corriente a velocidades que todavía superan los 80 km/h. Cualquier alteración menor en la corriente circulatoria puede producir serios colapsos y causar colas de gran magnitud.
- **NS F:** describe un flujo forzado o en colapso. Esta situación se produce dentro de las colas que se forman detrás de los puntos de rotura del flujo. El régimen de circulación observado dentro de una cola es el resultado de un colapso o un cuello de botella existente en alguna sección aguas abajo.



Fuente: Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

Fig. 35 - Nivel de Servicio en Autopistas - Fuente - Manual de diseño geométrico de Vías Urbanas 2005

CONSUMO DEL NIVEL DE SERVICIO

El Consumo del Nivel de Servicio (**CN**), surge de la proporción entre el parámetro calculado y los límites superior e inferior del mismo parámetro en el nivel de servicio obtenido. Su valor se calcula multiplicando por 10 la proporción mencionada y truncando el resultado al valor entero. En síntesis, el **CN** es un número entero que varía entre 0 y 9, y en su aplicación directa expresa, en una escala de 10, cuanto se ha consumido del nivel de servicio obtenido. Por ejemplo: $CN = 2$ expresa que se ha consumido el 20% del nivel de servicio y $CN = 9$ indica que el nivel de servicio obtenido está consumido casi en su totalidad o dicho de otra forma que la operación de la vía está a punto de pasar al nivel de servicio contiguo que describe peores condiciones de operación. Lo anterior se calcula con las siguientes ecuaciones:

Para caminos de 2 carriles:

$$CN_{ATS} = \frac{ATS(i-1) - ATS}{ATS(i-1) - ATS(i+1)} \quad CN_{PTSF} = \frac{PTSF - PTSF(i-1)}{PTSF(i+1) - PTSF(i-1)}$$

- ATS = velocidad promedio de viaje obtenida del cálculo.
- $PTSF$ = porcentaje de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso obtenida del cálculo.
- $ATS(i-1)$ = límite inferior de ATS del **NS** obtenido (ídem $PTSF$).
- $ATS(i+1)$ = límite superior de ATS del **NS** obtenido (ídem $PTSF$).

Para autovías y autopistas:

$$CN_{De} = \frac{De - De(i-1)}{De(i+1) - De(i-1)}$$

- De = densidad de la corriente de tránsito obtenida del cálculo.
- $De(i-1)$ = límite inferior de Densidad del **NS** obtenido.
- $De(i+1)$ = límite superior de Densidad del **NS** obtenido.

Finalmente, en la publicación el Nivel de Servicio queda expresado como: **NS, CN** por ejemplo: **C,6**.

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO

Los datos de tránsito se obtienen de los puestos de censos **permanentes** y **cobertura** que tiene la DNV en la **Red Nacional de Caminos**. De los puestos permanentes se calcula el volumen de la hora trigésima de cada tramo, y para esa hora la proporción de vehículos pesados (ómnibus y camiones) y su direccionalidad. En cambio, la información disponible en los puestos

de censos de cobertura se limita al TMDA y al porcentaje de vehículos pesados expresado en valor diario. En estos casos, los valores horarios se obtienen a partir de la relación de las variables diarias entre el puesto de censos de cobertura y el correspondiente puesto de censo permanente asociado.

Los datos del camino y del entorno provienen del relevamiento realizado por cada uno de los 24 Distritos sobre la porción de red nacional pavimentada dentro de su jurisdicción. El relevamiento será actualizado anual y consecutivamente se incluirán, por ejemplo, los tramos de rutas que hayan sido pavimentadas, los tramos donde se hayan habilitado ampliaciones de capacidad, y también obras de ensanche de calzada.

Según la metodología aplicada, los tramos de ruta pavimentada de la red nacional se clasifican en:

- Camino de dos carriles indivisos
- Autopista
- Autovía

El análisis del **Nivel de Servicio** para las distintas vías mencionadas se lo separa en días hábiles (NS Hábil) y en días no hábiles (NS **No** Hábil). Se considera como días no hábiles al fin de semana (sábado y domingo), a los feriados y a la víspera de los fines de semana largo, así como también al día posterior a los fines de semana largo. En consecuencia, los días hábiles son aquellos que complementan a los días no hábiles para incluir el total de días del año.

En general, el tránsito en estos dos grupos de días se puede caracterizar de acuerdo con la Fig. 36

	Volumen	RERE % Pesados	Direccionalidad
Día Hábil	Medio	Alto	Media
Día No Hábil	Alto	Bajo	Alta

Fig. 36 - Grupo por día hábil y no hábil

VOLUMEN HORARIO

Para el análisis del volumen horario de la hora trigésima (**H30**) en día hábil y no hábil se cuenta con una muestra de 903 tramos de 2 carriles indivisos. En el 92% de los tramos el valor de H30 en el sentido más cargado en día no hábil resulta superior al registrado en día hábil (Fig. 37).

Para esa muestra del 92% (8128 tramos), donde H30 no hábil es mayor a H30 hábil, la mediana del volumen horario de la hora trigésima (H30) para días no hábiles supera en un 32% a la mediana obtenida para la misma muestra en días hábiles. Este efecto se amplifica al 46% si se toma en consideración el volumen H30 del sentido más cargado para días no hábiles y hábiles. En la Fig. 38 se visualiza lo mencionado.

Volumen horario H30 sentido más cargado en día hábil y día no hábil

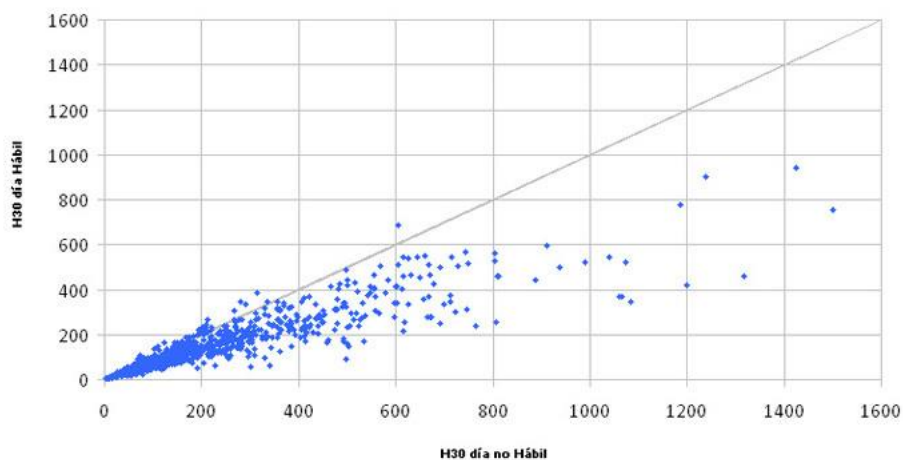


Fig. 37 - Volumen de H30 día hábil y día no hábil

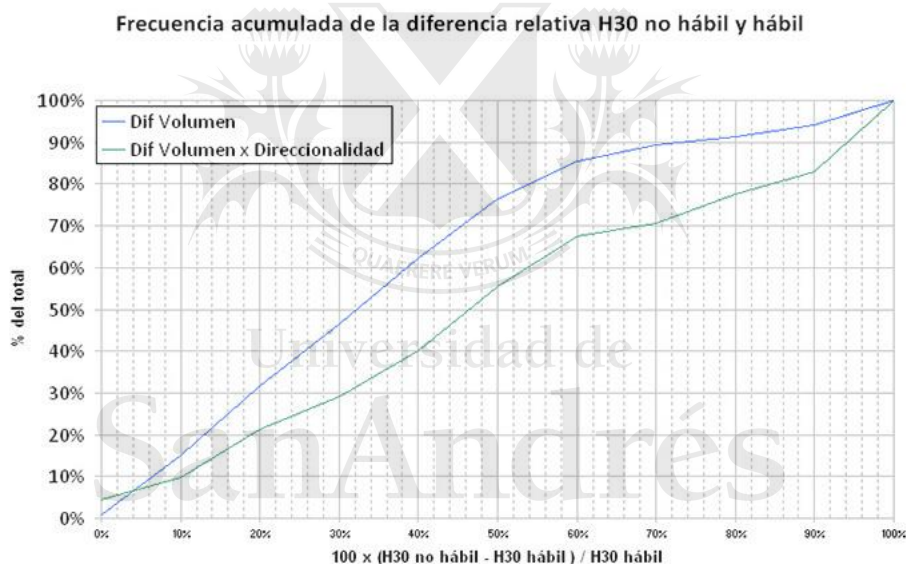


Fig. 38 - Frecuencia acumulada de la diferencia relativa H30 DH y DNH

DIRECCIONALIDAD

En los gráficos siguientes se puede apreciar la direccionalidad por tipo de día en 228 puestos permanentes ubicados en caminos de dos carriles indivisos.

En el 84% de los puestos, la direccionalidad para la hora trigésima de día hábil resulta mayor que la registrada en día no hábil, Fig. 39. La mediana de día hábil se ubica en el 56% y en día no hábil en 64%, lo que implica una diferencia de 8 puntos porcentuales. Esta diferencia se amplifica a 17 puntos porcentuales en el percentil

Frecuencia acumulada de la direccionalidad por tipo de día

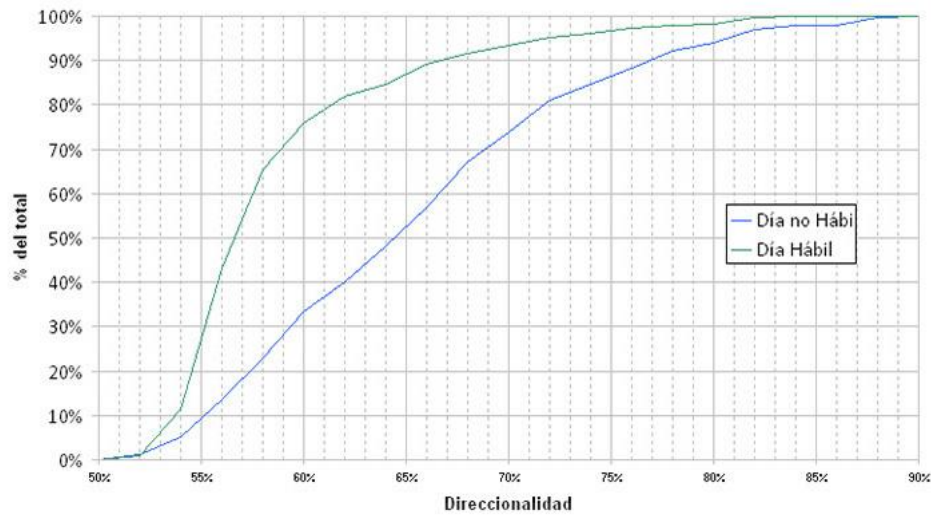


Fig. 40 y Fig. 41.



Direccionalidad Día Hábil - Día no Hábil

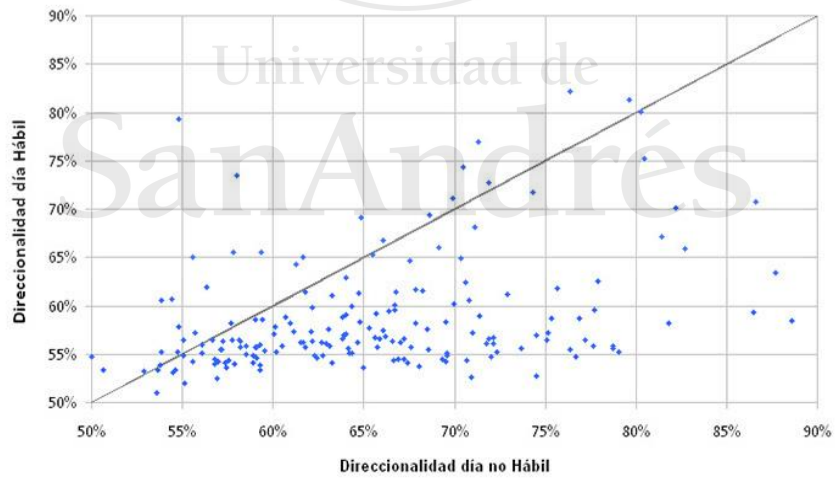


Fig. 39 - Direccionalidad DH y DNH

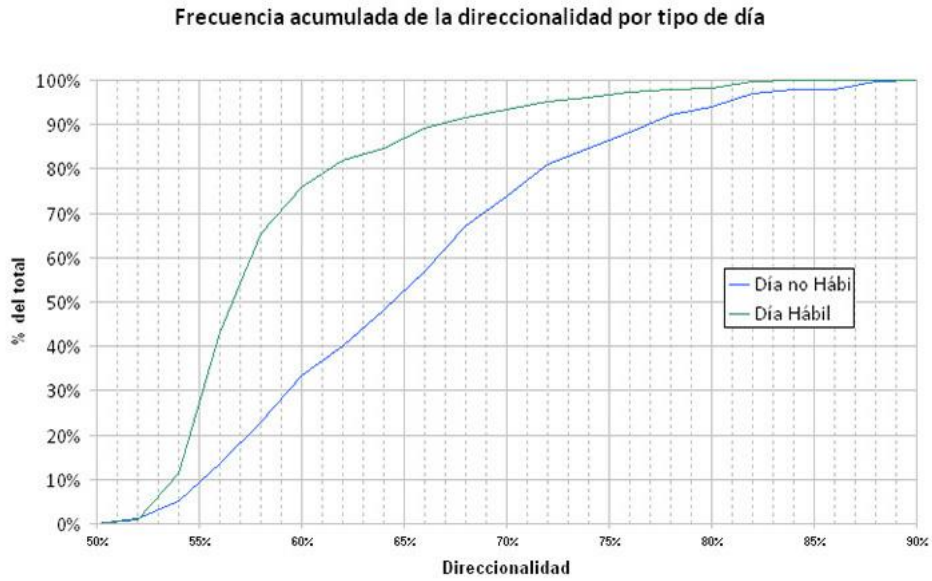


Fig. 40 – Frecuencia acumulada a la direccionalidad por tipo de día

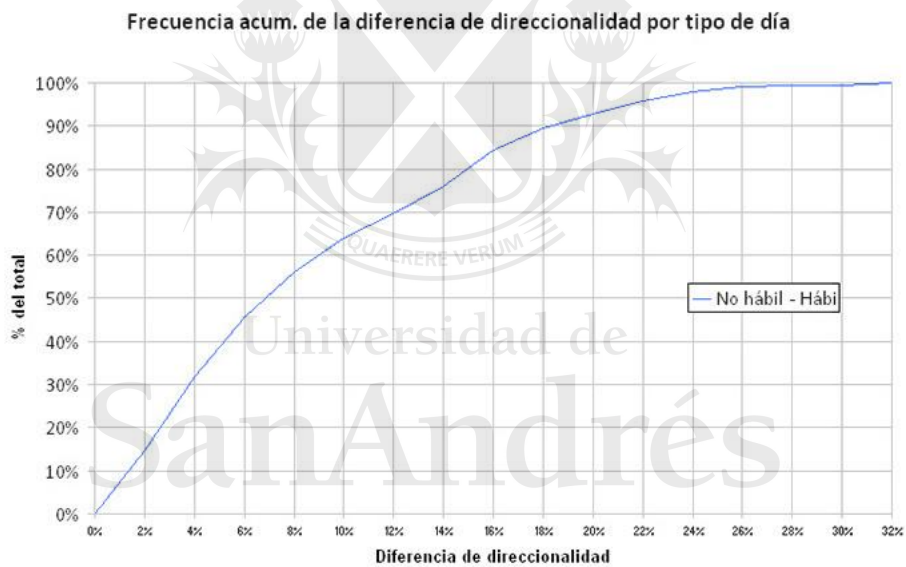


Fig. 41 - Frecuencia acumulada de la diferencia de direccionalidad por tipo de día

PORCENTAJE DE PESADOS

En referencia al porcentaje de pesados (%Pes), calculado como la suma de ómnibus y camiones referida a la suma de todos los vehículos en la hora trigésima, se concluye que el registrado en día hábil resulta superior al registrado en día no hábil en el 97% de los casos, para un total de 903 tramos de dos carriles indivisos. Fig. 42.

En el Fig. 43 se visualiza la diferencia en puntos porcentuales entre el porcentaje de vehículos pesados de día hábil y no hábil. Se puede observar que la mediana de la diferencia se ubica en 10 puntos porcentuales, es decir que en la mitad de los casos la diferencia del porcentaje de vehículos pesados entre día hábil y no hábil no supera los 10 puntos porcentuales.

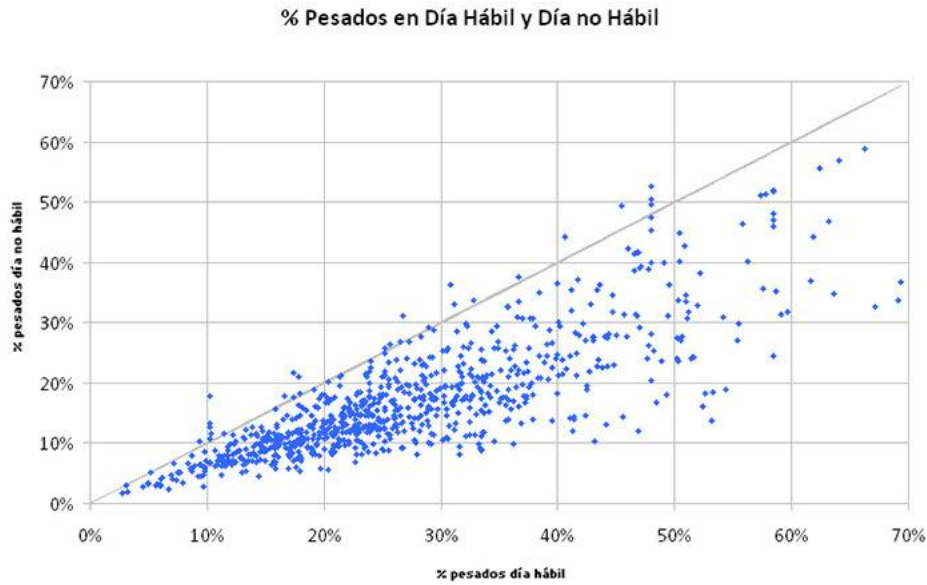


Fig. 42 - % Pesados en día hábil y no hábil

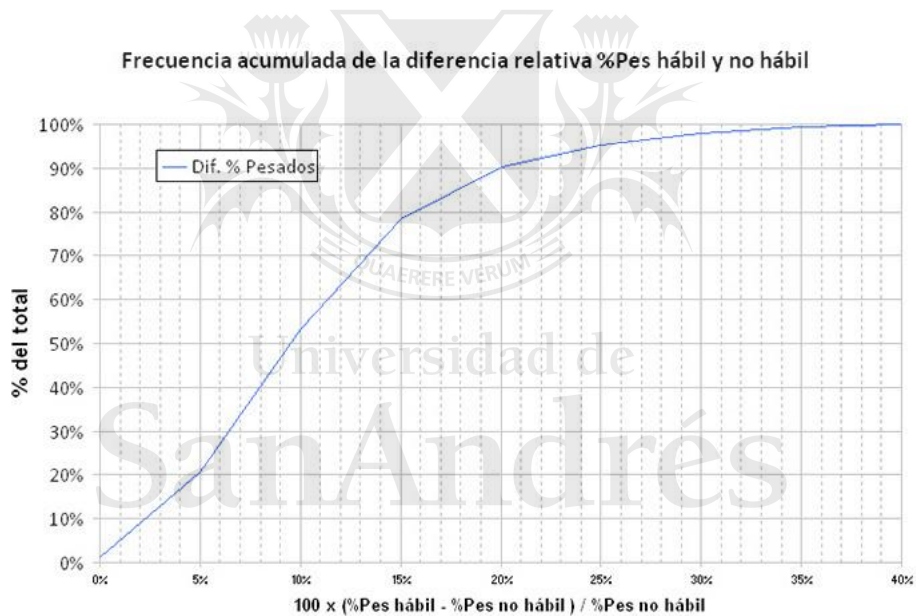


Fig. 43 - Frecuencia acumulada de la diferencia relativa %Pes DH y DNH

CONSIDERACIONES PARA CAMINOS DE DOS CARRILES

- Se realiza el análisis de nivel de servicio para tramo básico y pendiente específica.
- Los tramos de la Red Nacional fueron clasificados en Troncal (Clase I) y Semiurbano (Clase II). No se considera la Clase III para la Red Nacional.
- Para definir las velocidades medias de todos los vehículos se tuvo en cuenta el tipo de terreno, la influencia de la cantidad de accesos por kilómetro del

camino y la base de censos de velocidad puntual de la DNV. Esto vale sólo para el análisis del tramo básico y no para el de pendiente específica.

- El tramo básico se subdivide a su vez en secciones de por lo menos 3 km de longitud. Las secciones son definidas según la variación del porcentaje de prohibición de sobrepaso, tomando como referencia las 5 escalas de la metodología: E1: 0-20%, E2: 20-40%, E3: 40-60%, E4: 60-80% y E5: 80-100%. La longitud de la sección se expresa como porcentaje de la longitud total del tramo.
- Esta publicación no contempla el análisis de tramos con tercer carril para sobrepaso, ni para el análisis de tramos básicos ni para pendientes específicas.
- Para la definición de pendiente específica tiene que haber una inclinación mayor o igual al 3% en al menos una longitud de 800 metros.

En el análisis de pendiente específica en bajada se establecen tres variables sobre la base de información disponible. El porcentaje de vehículos pesados en marcha lenta se estima a partir de la proporción de camiones pesados referidos al total de vehículos pesados. La velocidad de los vehículos pesados en marcha lenta surge de considerar la potencia de frenado requerida para descensos largos, - que se relaciona con la inclinación de la pendiente, con el peso bruto del camión y con la velocidad de descenso mediante la siguiente fórmula: $HP_{req} = \text{Peso (tn)} \times \text{Vel (km/h)} \times i (\%) / 27,4$ (Evaluación de la necesidad de lechos de frenado en pendientes descendentes usando principios de confiabilidad. Revista Ingeniería de Construcción RIC Vol 28 N°3 2013 <http://www.ricuc.cl>), y la potencia del parque de camiones de 45 tn brutas en la zona de pendientes específicas, estimada en 300 a 400 HP. Esta variable será motivo de posteriores ajustes con censos específicos de velocidad realizados a lo largo de pendientes específicas. Por último, el porcentaje de reducción de la velocidad media en pendiente específica respecto de un tramo llano se obtuvo de la comparación de censos de velocidad de la DNV. Los valores

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

aplicados se visualizan en Fig. 44.

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

Fig. 44 Reducción de la velocidad media en pendiente

CONSIDERACIONES PARA AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS

- La hora trigésima se analiza por sentido en forma separada.
- En primera instancia se muestra el NS más desfavorable de los dos sentidos (ascendente o descendente) para los días hábiles y no hábiles, luego en “Detalle” se muestra el NS para cada sentido y tipo de día.
- La reducción de la velocidad de flujo libre por presencia de vehículos pesados que circulan en marcha lenta es la mitad de la que figura en la

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

- Fig. 44.



Fig. 45 - FODA - Producción propia

Como estuvimos viendo a lo largo del trabajo, este tipo de control tiene varias ventajas sobre los sistemas que se utilizan actualmente en Argentina. Una de las principales fortalezas es que el pesaje del vehículo se realiza sin detenerse. El sistema hace una preselección kilómetros antes del puesto de control, en caso de sospecha de exceso, el camión sale de la calzada principal por indicación de cartelería inteligente y transita por la dársena de control LS-WIM a velocidad reducida, en donde se realiza el pesaje y la preselección automática.

En caso de detectarse un exceso de carga, se deriva al transportista al sector de pesaje estático, el cual es el método homologado para la aplicación de multas. En caso de estar dentro de los parámetros legales, continúa su trayecto reingresando a la calzada principal, luego de la indicación por medio de cartelería dinámica.

En caso de detectar un exceso y luego de indicado con la señal, el transportista no acatara las indicaciones dándose a la fuga, el sistema lo detecta automáticamente y realizando la lectura de la patente, genera el acta de infracción por fuga.

Dado que los tiempos de medición se reducen ampliamente, el sistema WIM permite un aumento muy considerable del volumen de medición. Otra de las fortalezas que posee el sistema, es la reducción de fallas por error humano, tanto en la medición como en el labrado de las actas. En los sistemas actuales, el operador debe verificar que las ruedas estén bien ubicadas en la balanza por eje del tipo estático. Si no es así, la medición no es efectiva, ya que no se está midiendo el peso real del eje en cuestión. Otra variable a considerar, por parte del operador, es la clasificación del vehículo, que depende de la cantidad y ubicación de los ejes.

En el contexto pandémico en el que nos encontramos, sería muy útil este puesto de control, tal como lo tiene implementado Brasil, Chile y Uruguay en la región, ya que no necesita interacción humana para la operación. Pudiendo así cumplir, de esta

forma, con todos los protocolos sanitarios que surgiera la OMS, además de poder estar operando de forma normal en estos tiempos. La sanción de regulaciones que apalancen la implementación de estos tipos de puestos de control es muy importante. Al aumentar el volumen de medición de los vehículos, ya que el sistema WIM lo permitiría, sumado a las foto multas realizadas de forma automática, permitiría mejorar considerablemente la fiscalización con el fin de controlar los excesos, reducir la competencia desleal, mejorar la seguridad vial y también se conseguiría un mayor conocimiento de los flujos de cargas en las rutas, entre otros beneficios.

Una de las debilidades que posee el sistema de medición de cargas en movimiento, es el error de medición que tiene el sistema. Por ello es que no se pueden realizar labrados de actas de forma directa con este método ya que no está regulado por la autoridad metrológica (INTI). Por ello es que, siguiendo con la tendencia mundial, actualmente se utiliza para realizar una preselección de los vehículos excedidos por medio de un HS-WIM. Las normativas vigentes ponen en cierta debilidad, por ello que es importante una actualización. Hoy en día la protección de datos personales³ esta muy latente, y tanto empresas privadas como el Estado tienen que modificar ciertos procedimientos y procesos, y a su vez regular y registrar las bases de datos, con el fin de poder cumplir con las políticas vigentes. Hay que prestar atención en este punto con el fin de no exponer datos sensibles, por ejemplo en las fotografías tomadas para las multas.

Las amenazas más importantes vienen por parte de los transportistas y sindicatos, ya que es un punto muy sensible en Argentina por el peso político que dicho sector tiene. Por ello es imprescindible crear un marco regulatorio para mejorar el cumplimiento por parte de los transportistas y a su vez concientizar sobre el tema, para realizar el control de cargas con el fin de mejorar la seguridad vial y reducir los costos en mantenimiento de las rutas y desgaste prematuro de las mismas.

SanAndrés

³ <https://www.argentina.gob.ar/aaip/datospersonales>

CONCLUSIONES

El aporte de las diferentes fuentes citadas en el presente trabajo así como las entrevistas a especialistas de la Dirección Nacional de Vialidad de las áreas de control de peso y dimensiones, estudios de demanda, estudios y proyecto e ingeniería vial; especialistas de transporte de la Universidad de San Martín y empresas que comercializan la tecnología de pesaje en movimiento en Argentina, sumado a los datos obtenidos, tales como los presupuestos destinados a Vialidad Nacional y la comparación con su par brasilero, nos permitió realizar un análisis del estado actual del sistema de fiscalización, así como también de las posibilidades que posee, los esfuerzos que implica y los beneficios que acarrea un sistema de fiscalización del tipo WIM.

La experiencia a nivel mundial en países como Estados Unidos, Francia, Suecia, Japón y Canadá (entre otros), que utilizan sistemas WIM para la fiscalización y también para obtener un monitoreo continuo de los flujos de cargas, nos demuestra que este sistema ha contribuido de forma muy eficiente en la reducción de las sobrecargas en el transporte, resultando en un impacto de hasta un 50% desde 2007.

Si vamos al plano regional, con una antigüedad menor, como es el caso de Brasil, donde se encuentra implementado desde 2013 y casos similares en Chile y Uruguay donde el sistema de medición WIM descrito, está compuesto por un HS-WIM, para la preselección; un LS-WIM para realizar la medición con mayor exactitud y finalmente con el fin de cumplir con la normativa metrológica, la balanza estática, que ayuda a reducir la cantidad de vehículos excedidos. Al tener menos vehículos con exceso, esto se traduce en una mejor conservación de las rutas y en la reducción en la cantidad de accidentes, mejorando considerablemente la seguridad vial en la vías transitables. A su vez, se mejora directamente el nivel de servicio de las rutas, reduciendo congestión, sobre todo en caminos del tipo 1+1 como lo es el tramo estudiado.

El análisis de la implementación de balanzas de control de cargas en movimiento para la fiscalización en rutas de jurisdicción de Vialidad Nacional, como estuvimos viendo a lo largo de capítulos anteriores, nos da una idea del potencial de mejora que tiene esta tecnología.

Recordemos las preguntas que nos planteáramos al comienzo del trabajo, ¿Qué mejoras podría proporcionar la implementación de sistemas WIM en la conservación de las rutas con alto volumen de cargas?

Tal como lo describimos, las mejoras son varias. Desde la mejora en los tiempos de medición, la reducción en los tiempos de parada de los transportistas, la reducción de los errores humanos en la medición, así como también en el incremento de las horas de operación de los puestos de control. Otra de las mejoras es tener un mayor conocimiento del flujo de cargas en las rutas.

Teniendo en cuenta el costo operativo de mantenimiento y el de construcción del puesto de control con tecnología WIM, concluimos que la inversión necesaria sería de aproximadamente de un 10% del costo de mantenimiento que tendría el tramo

analizado y que a su vez extendería considerablemente la vida útil de la calzada para la cual fue diseñada.

Luego de analizar el presupuesto 2020 destinado a Vialidad Nacional, podemos observar que el subprograma 10, destinado al fortalecimiento de la red vial, siguiendo con el Plan Vial Federal, tiene un presupuesto de \$20.000M e incluye incorporación de cartelera inteligente y otras tecnologías con el fin de mejorar los costos de transporte y los tiempos de viaje. Lo que da viabilidad a este proyecto.

A su vez, debido a la reducción de excesos de carga, la implementación de esta tecnología tendría una incidencia directa en la mejora de la seguridad vial, al tener vehículos circulando dentro de los parámetros de fabricación.

La fiscalización de pesos y dimensiones utilizando el sistema propuesto, podría generar beneficios a todos los jugadores. Por un lado a las autoridades gubernamentales las beneficiaría con la obtención de datos en tiempo real, que podrían ser utilizados de una forma más eficiente para estudios de flujo de cargas y estadísticas de cargas estacionales. Además, se podría utilizar con el fin de proyectar el mantenimiento de las rutas de manera más eficiente, reduciendo el impacto en la circulación y disminuiría los daños ocasionados a las rutas por parte de los camiones que circulan excediendo los límites legales.

Según la bibliografía consultada, se mejoraría la seguridad vial con la ayuda de un control de cargas más eficiente. Además, es importante remarcar que la congestión del acceso a las balanzas que con el sistema WIM se reduciría considerablemente es actualmente utilizada por los transportistas como maniobra para evitar los puestos de control.

Por el lado del transportista, se verifica una mejora en los tiempos de circulación, ya que el camión no se demora tanto tiempo como lo hace en el método de medición actual. Indirectamente también beneficiaría a las empresas en su esquema de costos, ya que los mismos se reducen en el mantenimiento de los vehículos. Todo esto sin dejar de lado que se mejoraría la seguridad de sus colaboradores, dado que los transportistas circulan dentro de los parámetros técnicos que el fabricante recomienda.

Además, sin escapar a la situación mundial en la que estamos, la pandemia de COVID-19, los puestos de control que hoy en día no están funcionando, podrían estarlo y así evitar la vía libre a los transportistas a circular excedidos, generando así una desventaja competitiva en relación con los transportistas que sí cumplen con la normativa.

La implementación de balanzas WIM para el control de cargas en movimiento tiene una importancia clave y con el fin de apalancar la implementación, se debería modificar la forma de imputación de las multas, ya que el método actual no es efectivo al no estar vinculado al registro de conducir. Actualmente la multa se la realiza a la empresa transportista, a la que no le genera ningún impedimento a posteriori. No influye en la renovación del registro o cambio de radicación del vehículo, y no es advertido por ningún otro control policial o un control de otro tipo en el cuál el vehículo o el transportista sea inspeccionado. En el único caso en que

si influye es en los denominados carretones, que al necesitar un permiso especial que debe ser gestionado en la Dirección Nacional de Vialidad, se ven obligados a tener regularizado su estado de multas impagas, si no, no se le renueva el permiso. Pero la incidencia de estos casos es minoritaria.

Lo expuesto anteriormente, es uno de los motivos por los cuales se consigue recaudar menos del 10% de las multas labradas.

En la comparación con el estudio realizado en CABA, en relación con las multas de tránsito urbanas, obtuvimos resultados estimados de un alcance del 32% en la recaudación de multas (VER ANEXO 4). Esto nos permite argumentar que realizando la implementación del tipo de balanzas propuestas, y modificando la normativa de imputación de multas, se podría mejorar en al menos un 20% el porcentaje percibido de las mismas. Una de las herramientas es modificar la forma de imputación a un sistema similar a las multas de tránsito, que bloquee la realización de trámites en caso de existir deuda.

En resumen, estas medidas servirían para desalentar la circulación de vehículos con exceso de cargas, mejorar la recaudación, y de esta forma articular en la reducción del costo operativo para el mantenimiento de las rutas. A su vez tiene impacto directo sobre la seguridad vial, ya que como mencionamos anteriormente, al tener un control sobre las cargas que circulan en los caminos, se mejora considerablemente la seguridad vial debido a que los transportes circulan con las cargas seguras según las especificadas por los fabricantes.

Por todo lo expuesto, consideramos factible la implementación del sistema de fiscalización de cargas en movimiento y la potencial mejora que este sistema podría dar a la red vial, sobre todo en los tramos de altos volúmenes de cargas.

RECOMENDACIONES

Si bien es un proceso que se viene implementando en los países estudiados, muy pocos utilizan sistemas HS-WIM para realizar sanciones en forma directa, debido a cuestiones legales y regulatorias de las instituciones de metrología y los errores que el sistema tiene en la medición. Mas aún así, es una tendencia mundial y será posible implementarlo en breve ya que los avances, tanto de esta tecnología, como elementos complementarios, permitirán realizar la imputación en forma directa.

Uno de los puntos importantes que queremos remarcar, es un cambio en la reglamentación que acompañaría a una correcta implementación del sistema. Imputación de la multa por exceso al registro del conductor.

Siguiendo el caso de Brasil, Chile y Uruguay en la región, con sistemas muy similares al descrito en capítulos anteriores, Colombia también tiene implementaciones WIM desde el 2016.

Durante la presente investigación, nos surgió la inquietud de un dato estadístico que no pudimos aclarar. La relación que existe entre los accidentes que tienen al menos un camión involucrado y si estaba o no excedido en sus límites de carga. Es un dato que nos parece importante recabar durante las pericias accidentológicas.

Para apalancar este tipo de puestos de control, es indispensable una normativa con el fin de poder aplicar de forma fehaciente el control y exigirles a los transportistas la obligatoriedad de la medición del 100% de los camiones que transportan cargas regulares. Se hace esta aclaración para dejar exceptuados a los transportistas que circulan con cargas especiales, ya que se requiere un permiso especial para transitar las rutas.

La implementación de este tipo de balanzas traería muchos beneficios, tales como fueron descritos algunos de ellos. Sin pensar, en la posibilidad de sumar a todo este sistema, dispositivos IoT a bordo. No solo de los vehículos de transporte, sino que también a los vehículos livianos, creando así una red vial inteligente.



Universidad de
San Andrés

BIBLIOGRAFÍA

- Cortés, R., & Bayona, M. (2019). *Soluciones tecnológicas de pesaje inalámbrico en vehículos de carga*. BID. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/soluciones-tecnologicas-de-pesaje-inalambrico-en-vehiculos-de-carga/>
- Flyvbjerg, B. (2004). Cinco malentendidos acerca de la investigación mediante los estudios de caso. *Aalborg University, REIS N° 106*, 33–62.
- Gago, J. O. (2017). *La Red Vial Argentina*. Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires.
- García, I. S. (2007). *El desarrollo y la tercerización del Registro Único de Transporte Automotor en la Federación Argentina De Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas*. UDESA.
- Jacob, B. (1999). *Proceedings of the Final Symposium of the project WAVE (1969-99)*. Hermes Science Publications, 352.
- Jacob, B. (2000). ASSESSMENT OF THE ACCURACY AND CLASSIFICATION OF WEIGH-IN-MOTION SYSTEMS. 7, 136–152.
- Jacob, B. (2002). *COST323 - Weigh-in-Motion of Road Vehicles*. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 368.
- Jacob, B., & Feypell de La Beaumelle, V. (2010). Improving truck safety: Potential of weigh-in-motion technology. *IATSS Research*, 34(1), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2010.06.003>
- Kehoe, E. P., Dalton, D., & Kehoe, L. (2018). *Blockchain & Ciberseguridad*. 1(Deloitte), 1–16. [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/risk/Blockchain & CiberseguridadESP.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/risk/Blockchain&CiberseguridadESP.pdf)
- Laplante, P. A., Voas, J., & Laplante, N. (2016). Standards for the Internet of Things: A Case Study in Disaster Response. *Computer*, 49(5), 87–90. <https://doi.org/10.1109/MC.2016.137>
- Manzoni, C. (2019). *Las multas de tránsito dejan en CABA \$2600 millones anuales*. La Nación. <https://www.lanacion.com.ar/economia/las-multasde-transito-dejanen-caba-2600-millones-anuales-nid2210126>
- Nikolaides, A. (2015). *Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality*.
- NS/SC. (2019). *Seguridad vial Multas más caras: cuánto cuestan las diez*

- infracciones de tránsito más comunes.* Clarín.
https://www.clarin.com/ciudades/multas-caras-cuestan-infracciones-transito-comunes_0_RUqs4Z4s_.html
- OECD. (1998). Dynamic Interaction between Vehicle and Infrastructure Experiment. *Technical Report*, 151.
- Park, J. H. (2019). Advances in future internet and the industrial internet of things. *Symmetry*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/sym11020244>
- Paschou, M., Sakkopoulos, E., Sourla, E., & Tsakalidis, A. (2013). Health Internet of Things: Metrics and methods for efficient data transfer. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 34, 186–199. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2012.08.002>
- Pisano, A. (2018). Internet de la Cosas. *Gestión de Servicios Tecnológicos y de Telecomunicaciones*, 1, 94.
https://www.owasp.org/images/3/36/loT_CyberSecurity.pdf
- Raño, S., Martínez, C., Dearte, W., & Romanelli, M. (2017). *Análisis de la Experiencia Accidentológica de los Vehículos de Transporte de Carga* DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD. 1–15.
- Raño, S., Romanelli, M., Ferenbokas, M., Dupré, M., & Nigro, M. M. (2019). *Análisis de la Experiencia Accidentológica de los Vehículos de Transporte de Cargas Actualizado con datos correspondientes al año 2016*. 1–14.
- Ruth, C. (2019). *Multas de tránsito: las nuevas medidas que cambian los tiempos de notificación y el acceso a planes de pago*. Infobae.
<https://www.infobae.com/sociedad/2019/09/03/multas-de-transito-las-nuevas-medidas-que-cambian-los-tiempos-de-notificacion-y-el-acceso-a-planes-de-pago/>
- Shaheen, S., & Finson, R. (2013). Intelligent Transportation Systems. *Ensemble*, 15(4), 250–260. <https://doi.org/10.11436/mssj.15.250>
- Standard, E. (2016). *Weigh-in-Motion of road vehicles - Requirements* Pesage. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION.
- Straus, S. H., Raton, B., & Semmens, J. (2006). *Estimating the Cost of Overweight Vehicle Travel on Arizona Highways*.
- Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual. *Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC*.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000746](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746).
- Transporte, M. de. (2018). *Red de Autopistas y Rutas Seguras Participación Público*

- Privada. Vialidad Nacional.

van Loo, H., & Znidaric, A. (2019). *Guide for Users of Weigh-In-Motion*. 81.

Vialidad Nacional. (2019). *Política Presupuestaria Vialidad Nacional*.

<https://www.minhacienda.gob.ar/onp/documentos/presutexto/proy2020/jurent/pdf/P20E604.pdf>

Viano, L. (2016). *Camiones sin control rompen la ruta*. La Voz.

<https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/camiones-sin-control-rompen-la-ruta>

Voas, J., Kuhn, R., & Laplante, P. A. (2018). IoT metrology. *IT Professional*, 20(3),

6–10. <https://doi.org/10.1109/MITP.2018.032501740>

Weinberg, B. D., Milne, G. R., Andonova, Y. G., & Hajjat, F. M. (2015). Internet of

Things: Convenience vs. privacy and secrecy. *Business Horizons*, 58(6), 615–

624. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.06.005>



Universidad de
San Andrés

ANEXOS

ANEXO 1 – Pantalla del sistema HS-WIM instalado en RP1001 San Pedro

ANEXO 2 - Análisis de pesajes, multas labradas y recaudación en 2018 y 2019

	2018	2019	
Pesadas	1.330.714	1.579.268	16%
Actas de infraccion	17.493	22.459	22%
Litros de nafta	4.299.031	5.719.328	25%
Actas abonadas	1.801	2.083	14%
Litros Abonados	411.712	497.853	17%
Total País			
Canon Promedio	246	255	3%
Actas Pagas	10,30%	9,27%	-11%
Canon Abonado	9,58%	8,70%	-10%
Total País			
Canon (u\$s)	USD 4.900.895,34	USD 5.490.554,88	11%
Abonado (u\$s)	USD 469.351,68	USD 477.938,88	2%
Diferencia (u\$s)	-USD 4.431.543,66	-USD 5.012.616,00	12%

Gral Villegas - Buenos Aires			
	2018	2019	
Pesadas	1433	2584	
Actas de Infracción	32	76	138%
Litros de nafta	6807	17464	157%
Actas abonadas	1	0	-100%
Litros abonados	159	0	-100%

Padre Buodo Este - La Pampa			
	2018	2019	
Pesadas	8934	13238	48%
Actas de Infracción	210	382	82%
Litros de nafta	60413	82405	36%
Actas abonadas	40	3	-93%
Litros abonados	12698	594	-95%

Gral Villegas - Buenos Aires			
	2018	2019	
Canon (u\$s)	USD 7.759,98	USD 16.765,44	116%
Abonado (u\$s)	USD 181,26	USD -	-100%
Diferencia (u\$s)	-USD 7.578,72	-USD 16.765,44	-121%

Padre Buodo Este - La Pampa			
	2018	2019	
Canon (u\$s)	USD 68.870,82	USD 79.108,80	15%
Abonado (u\$s)	USD 14.475,72	USD 570,24	-96%
Diferencia (u\$s)	-USD 54.395,10	-USD 78.538,56	-44%

Precio Nafta Súper	
Month	Price (u\$s)
Enero	~1,10
Febrero	~1,10
Marzo	~1,10
Abril	~1,10
Mayo	~1,10
Junio	~1,10
Julio	~1,10
Agosto	~1,10
Septiembre	~1,10
Octubre	~1,10
Noviembre	~1,10
Diciembre	~1,10

El costo aproximado de un puesto de control de pesos y dimensiones nuevo con balanza por eje , por peso total y dinámica es de u\$s 787.000

Elaboración propia basado en datos de Control de pesos y dimensiones de Vialidad Nacional

ANEXO 3 – Costo de tareas de conservación

Costo de tareas de conservación mensuales				
Ítem	Unidad	Cantidad/km*año	\$ Unitarios	Total/km*año
Bacheo con Mezcla Bituminosa e=10 cm	m3	15	\$ 18.809,95	\$ 274.625,26
Sellado Tipo Puente de grietas y fisuras	m	100	\$ 90,00	\$ 9.000,00
Perfilado y Recalce de Banquinas	m3	15	\$ 35,00	\$ 525,00
Demarcación horizontal por Pulverización	m2	10	\$ 860,04	\$ 8.600,38
Demarcación horizontal por Extrusión 3 mm	m2	2	\$ 1.727,40	\$ 3.454,80
Señalización Vertical	m2	20	\$ 11.800,40	\$ 236.007,92
Limpieza de desagües y cunetas	hs retro	5	\$ 8.600,00	\$ 43.000,00
Reposición Barandas de Defensa Metálica Tipo Flex Beam	m	40	\$ 3.691,77	\$ 147.670,61
Corte de Pasto y Malezas en forma Mecánica y Manual calzada simple**	Ha	60	\$ 3.936,60	\$ 236.196,00
Limpieza de zona de camino	Ha	60	\$ 9.315,00	\$ 558.900,00
Total tareas de conservación por kilómetro de calzada				1.517.980

*Intervención del 2% anual del total de calzada en cada ítem. Calzada tipo 1 + 1	1 Cantidad de Km
**Suponiendo 25 m de ancho de zona de camino desde banquina a pie de alambrado	1.517.980 Total anual
	20.240 Valor USD

Valores Incluyen IVA - No incluye beneficio

Fuente: *Vialidad Nacional*

ANEXO 4 – Infracciones de tránsito CABA

	Top 10 multas	Monto*	Núm. de multas	%	Total a Cobrar	Monto total recaudado
	Total Multas		4.239.457,00	-	\$ 8.240.041.795,34	\$ 2.600.000.000,00
1	Estacionamiento indebido	\$ 1.785,00	1.352.386,78	31,9%	\$ 2.414.010.407,66	
2	Exceso de velocidad	\$ 2.677,50	1.170.090,13	27,6%	\$ 3.132.916.328,43	% de cobro
3	Ingreso a áreas prohibidas	\$ 1.785,00	508.734,84	12,0%	\$ 908.091.689,40	32%
4	Uso celular	\$ 1.785,00	220.451,76	5,2%	\$ 393.506.398,74	
5	Evación de peaje	\$ 2.677,50	148.381,00	3,5%	\$ 397.290.114,11	
6	Violación luz roja	\$ 5.355,00	114.465,34	2,7%	\$ 612.961.890,35	
7	Carriles exclusivos	\$ 2.677,50	80.549,68	1,9%	\$ 215.671.776,23	
8	Cinturón de seguridad	\$ 1.785,00	38.155,11	0,9%	\$ 68.106.876,71	
9	No respetar indicaciones	\$ 1.312,50	33.915,66	0,8%	\$ 44.514.298,50	
10	Giro prohibido	\$ 1.785,00	29.676,20	0,7%	\$ 52.972.015,22	

Confección propia basado en fuentes: Clarín(NS/SC, 2019), La Nación(Manzoni, 2019), Infobae (Ruth, 2019).

ANEXO 5 – TDMA VEHICULAR PERIODO 2018-2019

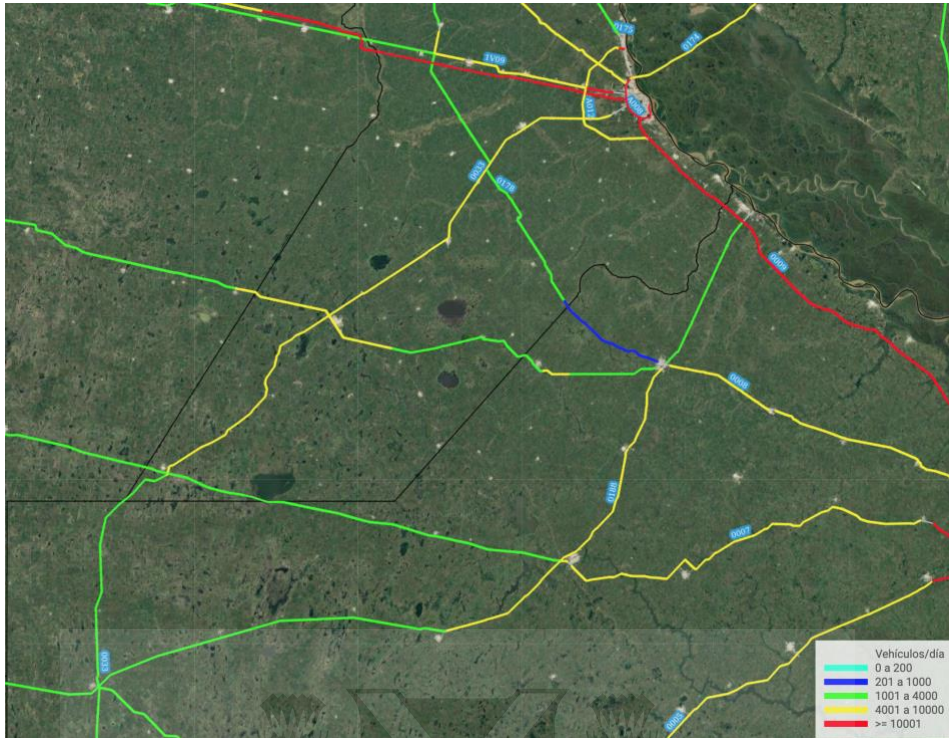


Fig. 46 - TDMA Vehículos (2018-2019)

ANEXO 6 – TDMA DE CAMIONES PERÍODO 2018-2019

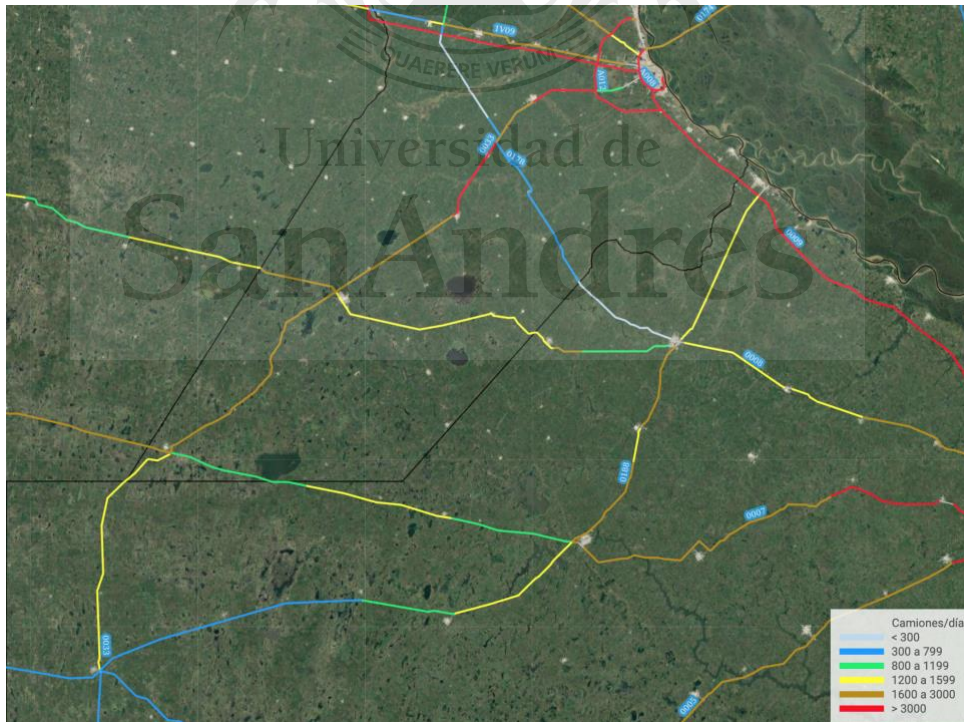
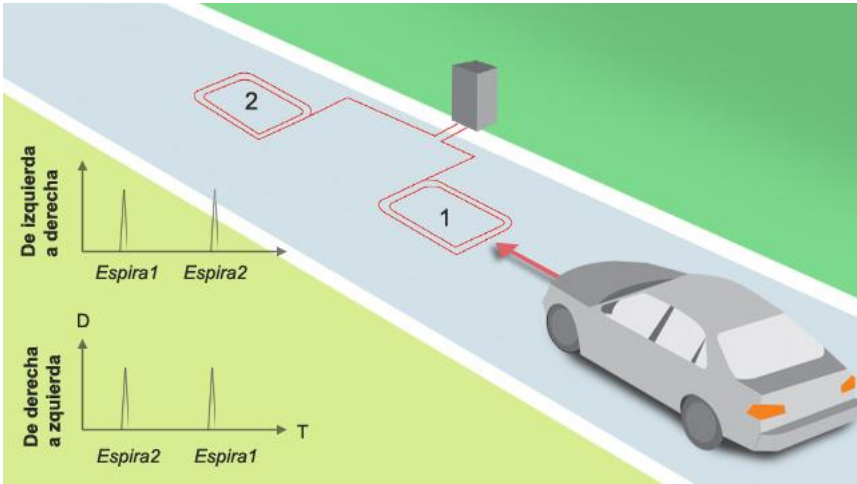


Fig. 47 TDMA Camiones (2018-2019)

ANEXO 7 – Contadores de tráfico IoT



Exemys



Universidad de
San Andrés

Lista de entrevistados

Dr. Daniel Álvarez – Director de Posgrado Instituto del Transporte de la Universidad Nacional de San Martín

Phd. Emmanuel Jafrott – Sigfox

Ing. Gonzalo Arias – Director de proyectos American Traffic S.A.

Ing. Diego González – Subgte de Estudios de Demanda (DNV)

Ing. Claudio Menéndez - División Redeterminación de Precios (DNV)

Ing. Mercedes Marchisio - Subgte de Control de Pesos y Dimensiones (DNV)

Ing. Elsa Britez – División Puentes (DNV)

Agradecimientos

María Emilia Torresín

María Juana Torresín

Alejandro Prince

Leandro Garber

Matías Correa

Néstor Menendez

Lucas Pacheco

Nancy Fernandez



Glosario

ADAS

sistemas de conducción autónoma, 37

ATS

Velocidad promedio de viaje, 48

C.Re.Ma

contratos de recuperación y mantenimiento, 17

CABA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 5

CCTV

Circuito Cerrado de TV, 19

CN

Consumo del Nivel de Servicio, 58

FFS

Flujo libre, 44

FODA

Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, 5

H30

Hora Trigésima, utilizado para el diseño de vías, 60

HCM

Highway Capacity Manual, 5

INTI

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 20

IoT

internet of things, 37

ISWIM

International Society for Weight In Motion., 4

ITS

Sistema de Transporte Inteligente, 19

LEGO

Juego de bloques encastrables, 38

NS

Nivel de Servicio, 43

OCCOVI

Órgano de Control de Concesiones Viales, 12

OIML

Organización Internacional de Metrología Legal, 30

PPP

Participación Público-Privada, 17

RFID

Identificación por Radio Frecuencia, 33

TDMA

Tránsito Diario Medio Anual es un indicador de volumen de tráfico, 10

WB15

Tipo de vehículo de cargas estandar para el diseño de carreteras, 24
WIM
Weight In Motion, 4



Universidad de
San Andrés