

APRUEBA INSTRUCTIVO DE PROGRAMACIÓN DE TRANSPORTE E INSTRUCTIVO DE TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO Y VELOCIDADES, EN EL PROCESO "LICITACIÓN PÚBLICA PARA LA CONCESIÓN DEL USO DE LAS VÍAS DE LAS UNIDADES DE SERVICIOS N^{OS} 1, 2, 3, 4, 5 Y 6, PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS URBANOS DE TRANSPORTE PÚBLICO REMUNERADO DE PASAJEROS MEDIANTE BUSES", APROBADO MEDIANTE RESOLUCIÓN N°57 DE 2019, DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES EN CONJUNTO CON EL MINISTERIO DE HACIENDA, N° LPCUV 001/2019.

VISTOS: Lo dispuesto en el Decreto con Fuerza de Ley N°1-19.653 de 2000, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; los Decretos con Fuerza de Ley N°343, de 1953 y N° 279, de 1960, ambos del Ministerio de Hacienda, relativos a la organización, obligaciones y atribuciones de la Subsecretaría de Transportes; el Decreto Ley N°557, de 1974, del Ministerio de Interior, que crea el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; la Ley N°18.059, que asigna al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones el carácter de organismo rector nacional de tránsito y le señala atribuciones; la Ley N°18.696, que modifica artículo 6° de la Ley N°18.502, autoriza importación de vehículos que señala y establece normas sobre transporte de pasajeros; la Ley N°20.378, que crea un subsidio nacional para el transporte público remunerado de pasajeros; el Decreto Supremo N°413, de 2018, del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, que nombra a doña Gloria Hutt Hesse Ministra de Transportes y Telecomunicaciones; el Instructivo Presidencial N°1, de 2003, que crea el Comité de Ministros para el Transporte Urbano de la ciudad de Santiago, y sus posteriores modificaciones; la Resolución N°57, de 2019, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en conjunto con el Ministerio de Hacienda, que "Aprueba bases de licitación y sus anexos para la concesión del uso de las vías de las unidades de servicios N^{OS} 1, 2, 3, 4, 5 y 6, para la prestación de servicios urbanos de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses y autoriza llamado a licitación pública, N° LP CUV001/2019" y sus modificaciones; la Resolución Exenta N°1824 de 2021, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que aclara bases y aprueba respuestas a las consultas efectuadas en el proceso de licitación N°LP CUV001/2019; las Resoluciones N°7 de 2019 y N°16 de 2020, de la Contraloría General de la República, que fijan normas sobre exención del trámite de toma de razón; y en la demás normativa que resulte aplicable.

CONSIDERANDO:

1. Que, mediante Resolución N°57, de 2019, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y suscrita también por el Ministerio de Hacienda, se aprobaron las bases de licitación y sus anexos para la concesión del uso de las vías de las unidades de servicios N^{OS} 1, 2, 3, 4, 5 y 6, para la prestación de servicios urbanos de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses, en

adelante, las bases de licitación o bases. La citada Resolución fue tomada de razón con alcance por la Contraloría General de la República, con fecha 10 de diciembre de 2020.

2. Que, una vez iniciado el proceso licitatorio, éste se ha desarrollado de conformidad a lo dispuesto en el artículo 3.4.1 de las bases de licitación, encontrándose actualmente en la etapa de preparación de las ofertas.

3. Que, las bases de licitación regulan la facultad del Ministerio de dictar diversos instructivos destinados a entregar directrices metodológicas para una adecuada ejecución del Contrato de Concesión de Uso de Vías para la Prestación de Servicios de Transporte Público Urbano Remunerado de Pasajeros mediante Buses (en adelante, el Contrato de Concesión), en distintas materias, los que serán comunicados a los interesados a través de su publicación en el sitio web.

4. Que, en este sentido, el apartado M.3 del Apéndice 3 del Contrato de Concesión, sobre "Metodología de Programación de Transporte", regula la facultad del Ministerio de dictar un Instructivo de Programación de Transporte, en los siguientes términos:

*"La metodología para construir la tabla horaria será regulada **en un instructivo** que publicará el Ministerio para estos fines. Este instructivo contendrá, al menos, los siguientes elementos:*

- (i) Eventos: Se debe detallar en la Tabla de Horarios, para cada uno de los tipos de días, cada uno de los movimientos realizados por cada bus lógico, desde que inicia la actividad del día hasta que la finaliza, es decir, movimientos vacíos desde y hacia el depósito, expediciones comerciales, regulaciones en cabeceras, inactivos en depósito, entre otros.*
- (ii) Parámetros y reglas operacionales: Se debe detallar en la Tabla de Horarios, los parámetros que definen la operación de cada uno de los eventos de los buses lógicos, es decir, tiempos, velocidades, distancia, entre otros (...)"*
(el destacado es nuestro).

En los apartados C.1.3 y F.1.4 del referido Apéndice 3, sobre "Set de parámetros y reglas operacionales de input para la programación de transporte" y "Programación de Transporte", respectivamente, también se hace referencia al Instructivo de Programación de Transporte y a su contenido. Este instructivo contiene además el "Set de Parámetros y Reglas Operacionales" a que se refiere la cláusula 4.1.3 del Contrato de Concesión y el citado apartado C.1.3.

Este instructivo establece la metodología para propender a un correcto desarrollo de la programación de transporte, proceso que tiene como resultado la obtención de la Tabla Horaria o Tabla de Horarios de cada Operador de Buses. Los oferentes del proceso de licitación N° LP CUV001/2019 podrán considerar lo dispuesto en este instructivo para la presentación de sus ofertas.

5. Que, asimismo, el apartado M.4 del Apéndice 3 del Contrato de Concesión, sobre "Metodología para Tiempos de Desplazamiento y Velocidades", regula la facultad del Ministerio de dictar un Instructivo sobre Tiempos de Desplazamiento y Velocidades, en los siguientes términos:

*"... el Ministerio **desarrollará y publicará un instructivo** con la metodología, la que será comunicada al Concesionario, mediante oficio del Administrador de Contrato, y deberá considerar al menos lo siguiente:*

- (i) *Fuente de información: La información provendrá de los sistemas GPS, extrayendo los datos en un reporte, cuyo formato será entregado por el Ministerio o por quien éste designe.*
- (ii) *Tamaño y temporalidad de la muestra: Definición del periodo a considerar (días, semanas o meses), para obtener la cantidad de datos mínimos requeridos que permitan una correcta evaluación de los tiempos y velocidades a nivel de servicio, sentido, periodo y tipo de día. Además, deberá considerar datos que sean representativos y acordes a la temporalidad del programa de operación que esté analizando.*
- (iii) *Procesamientos estadísticos. El proceso deberá considerar datos estadísticos que permitan:*
 - *Depuración de datos y eliminación de valores atípicos a través de un método estadístico.*
 - *Análisis de la variabilidad de los datos. La metodología incorporará un mecanismo para considerar la variabilidad de los datos. Este mecanismo podría incorporar el uso de percentil, uso de desviaciones estándar, u otro.*
 - *Para representar de mejor manera la temporalidad de los datos, de manera que se ajuste al periodo que se está evaluando, la metodología definirá el mecanismo a utilizar, ya sea mediante proyecciones de tiempos y velocidades, u otro mecanismo.*
 - *La metodología podrá incorporar otros análisis estadísticos necesarios para representar de mejor manera los tiempos y velocidades, por ejemplo, análisis de suavización de la curva de las velocidades por servicio, sentido y tipo de día.*

Esta metodología deberá ser utilizada para el cálculo de las velocidades comerciales. Además, podrá ser usada de forma íntegra o parcial para obtener otras medidas de tiempos, tales como tiempos asociados a movimientos no comerciales, tiempos de regulación, tiempos para transbordos, tiempos para cambios de línea, tiempos para entradas y salidas de terminales, entre otros.” (el destacado es nuestro).

El apartado F.2 del citado Apéndice 3, sobre “Determinación de la Flota”, también hace referencia a la metodología que debe contener el Instructivo sobre Tiempos de Desplazamiento y Velocidades.

Sin perjuicio de la metodología que se establece en este Instructivo, los oferentes del proceso de licitación N° LP CUV001/2019 deberán considerar las velocidades que se indican en el Anexo N°15 de las bases de licitación para la estimación de la flota, de conformidad a lo dispuesto en el Documento 8 del artículo 4.1.2 de las bases de licitación.

6. Que, en virtud de lo dispuesto en los considerandos precedentes, mediante el presente acto administrativo se aprobarán el Instructivo de Programación de Transporte y el Instructivo sobre Tiempos de Desplazamiento y Velocidades.

RESUELVO:

1. APRUÉBASE el “Instructivo de Programación de Transporte”, en el marco del proceso de licitación pública para la concesión del uso de las vías de las unidades de servicios N°s 1, 2, 3, 4, 5 y 6, para la prestación de servicios urbanos de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses, N° LPCUV 001/2019, cuyo texto íntegro se transcribe a continuación:

INSTRUCTIVO DE PROGRAMACIÓN DE TRANSPORTE

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	2
2	ANTECEDENTES	2
3	DEFINICIONES BÁSICAS Y FORMATOS	3
3.1	Bus Lógico.....	3
3.2	Tabla Horaria o Tabla de Horarios.....	3
3.3	Eventos.....	4
3.4	Red de Modelación.....	5
4	CRITERIOS Y RESTRICCIONES PARA LA PROGRAMACIÓN	6
4.1	Irregularidad en itinerario de salidas de la Tabla Horaria.....	6
4.2	Restricciones de lógica de eventos.....	7
4.3	Criterios para la definición de parámetros.....	7
4.3.1	Tiempos de Recorrido.....	7
4.3.2	Holguras en tiempos de recorrido.....	7
4.3.3	Tiempos de regulación.....	8
4.4	Criterios y restricciones para la Red de Modelación.....	8
4.5	Requisitos básicos de optimización.....	9
5	MODIFICACIONES DEL PRESENTE INSTRUCTIVO Y DEL SET DE PARÁMETROS Y REGLAS OPERACIONALES	9
5.1	Proceso de Modificación del Instructivo de Programación de Transporte.....	9
5.2	Proceso de Modificación del Set de Parámetros y Reglas Operacionales.....	9
5.3	Valores de Referencia para Modificaciones.....	10

1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una adecuada programación de transporte es esencial para permitir una correcta gestión de los Operadores de Buses (en adelante también, e indistintamente, Operador u Operadores), y para mejorar la calidad de servicio que se entrega a los usuarios. Teniendo en consideración dichos fines, el objetivo de este instructivo es describir la metodología y directrices que deben adoptarse para propender a un correcto desarrollo de la programación de transporte, proceso que tiene como resultado la obtención de la Tabla Horaria o Tabla de Horarios de cada Operador.

La metodología que se expone en este documento es aplicable a los Operadores de Buses que hayan suscrito Contratos de Concesión de Uso de Vías derivados de la Licitación Pública N° LPCUV 001/2019¹, o que se celebren en el futuro conforme al mismo modelo de operación -sin preferencias ni exclusividad de las vías- y a aquellos Operadores de Buses que presten servicios en conformidad a condiciones de operación que así lo establezcan².

La metodología que se describe en este instructivo considera como información base lo siguiente:

- a. Los servicios del Operador (trazados y parámetros de operación).
- b. Información de terminales.
- c. Velocidades resultantes de la “Metodología de Tiempos de Desplazamiento y Velocidades”, descrita en el apartado M.4 del Apéndice N°3 del Contrato de Concesión de Uso de Vías (en adelante también, e indistintamente, en plural o singular, Contrato de Concesión o Contrato)³.
- d. El “Set de Parámetros y Reglas Operacionales” de cada Operador de Buses, cuyo formato tipo se encuentra anexo a este instructivo, y que responde a lo descrito en la cláusula 4.1.3 del Contrato de Concesión y en el apartado C.1.3 del Apéndice N°3.

Cabe destacar que existen distintas maneras de realizar la programación de transporte, dependiendo de si se cuenta con *softwares* especializados para estos fines. El uso de estos *softwares* no será obligatorio para los Operadores, en la medida en que el resultado, esto es, la Tabla de Horarios resultante, cumpla con todos los criterios establecidos en este instructivo, según los parámetros y restricciones declarados en la sección 4.

2 ANTECEDENTES

Los antecedentes regulatorios para la creación del presente Instructivo sobre Programación de Transporte se encuentran en los apartados C.1.3, F.1.4 y M.3 del Apéndice N°3 de los Contratos de Concesión de Uso de Vías. En ellos se establece que el Concesionario deberá presentar, en la etapa de la elaboración del Programa de Operación referente a la Programación de Transporte, una tabla de horarios de conformidad a los requerimientos de formato y contenido del presente Instructivo, en el que se definen rangos de parámetros y reglas operacionales. Esta tabla de horarios será revisada y aprobada por el 0 como parte del proceso de elaboración del PO.

¹ La Resolución N°57, de 2019, modificada por la Resolución N°9, de 2020, ambas conjuntas entre el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y el Ministerio de Hacienda, aprobaron las bases de licitación y sus anexos para la concesión del uso de las vías de las unidades de servicios N°s 1, 2, 3, 4, 5 y 6, para la prestación de servicios urbanos de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses, N° LPCUV 001/2019. En los Contratos de Concesión que nacen a partir de esta licitación, el uso de las vías se organiza en función del uso común y en iguales condiciones -sin preferencias, ni exclusividad- de las mismas.

² Las normas de este instructivo también podrán ser aplicables a otros Operadores de Buses mediante la regulación de condiciones específicas de operación.

³ Todas las referencias que se hagan en este instructivo a cláusulas, apéndices, apartados o subapartados se entenderán hechas a las cláusulas de los Contratos de Concesión de Uso de Vías derivados de la Licitación Pública N° LPCUV 001/2019, y a sus apéndices, apartados y subapartados.

Los plazos y procedimientos para la ejecución de lo dispuesto en este instructivo serán los indicados en el apartado F.1.4 del Apéndice N°3 y en el Instructivo de Elaboración del PO. En términos generales, será obligación del Operador desarrollar y entregar la propuesta de programación, la que será revisada y sancionada por el Ministerio, tanto en kilómetros comerciales como no comerciales.

Para realizar esta revisión, el Ministerio podrá solicitar antecedentes adicionales al Operador, no quedando limitado necesariamente a la propuesta de programación. Sin perjuicio de lo anterior, el Ministerio podrá entregar la programación al Operador, según las condiciones establecidas en el Apéndice N°3 del Contrato de Concesión. En caso de existir observaciones, éstas se revisarán en los plazos y procedimientos indicados en el apartado F.1.4. del Apéndice N°3 y en el Instructivo de Elaboración del PO.

3 DEFINICIONES BÁSICAS Y FORMATOS

La metodología se construye sobre una serie de definiciones básicas listadas en esta sección, además de aquellas definiciones descritas en el Contrato de Concesión de Uso de Vías y sus Apéndices (en particular, las definiciones establecidas en el apartado B del Apéndice N°3). Adicionalmente, en esta sección se incluyen los formatos de entrada y salida a utilizar al momento de desarrollar la programación de transporte.

Sin perjuicio de las definiciones adicionales previstas en otras disposiciones, las palabras que se usan en el presente Instructivo tendrán el significado que para cada caso se indica a continuación, independientemente de su uso en singular o en plural, en género masculino o femenino, en mayúsculas o minúsculas, o en las formas y funciones gramaticales en que sean empleadas para la adecuada redacción, comprensión e interpretación de este Instructivo.

3.1 Bus Lógico

Definido en el apartado B.1 del Apéndice N°3 como:

“Es la composición de movimientos y actividades planificadas para la operación de un bus durante un tipo de día.”

Cada Bus Lógico debe ser codificado en la Tabla de Horarios con un identificador numérico único.

3.2 Tabla Horaria o Tabla de Horarios

La Tabla Horaria es definida en el apartado B.5 del Apéndice N°3 como:

“Es el instrumento que establece los movimientos y actividades (viajes en vacío, expediciones comerciales, regulación, carga de energía, entre otros) del conjunto de buses lógicos que permiten la factibilidad operacional del Programa de Operación para cada tipo de día.”

Desde la Tabla Horaria puede obtenerse directamente el requerimiento de flota para cada tipo de día, mediante el conteo simple de la cantidad de buses lógicos programados.

La Tabla Horaria debe presentarse en una tabla en que cada fila corresponda a un movimiento o actividad de un bus lógico, con las columnas indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1: Detalle de columnas contenidas en la Tabla Horaria

Nombre Columna	Descripción
UNIDAD_SERVICIOS	Unidad de servicios.
ESCENARIO	Agrupación de oferta (servicios-terminales) considerada para realizar la optimización en la programación.
BUS_LOGICO	Identificador numérico único del bus lógico que realiza el movimiento o actividad.

SERVICIO	Código del servicio asignado al bus lógico, para el movimiento o actividad realizado.
SENTIDO	Sentido del servicio asignado al bus lógico, para el movimiento o actividad realizado.
TIPO_DIA	Tipo de día asignado al bus lógico, para el movimiento o actividad realizado.
TIPO_EVENTO	Movimiento o actividad realizada por el bus lógico, el cual se identifica con un código según el diccionario definido en la sección 3.3 de este Instructivo.
HORA_INICIO	Hora de inicio del evento.
PERIODO_INICIO	Periodo en que se encuentra HORA_INICIO, en principio de 30 minutos, según lo dispuesto en el apartado C.2 del Apéndice N°3.
HORA_FIN	Hora de fin del evento.
PERIODO_FIN	Periodo en que se encuentra HORA_FIN, en principio de 30 minutos, según lo dispuesto en el apartado C.2 del Apéndice N°3.
DURACION	Duración de tiempo, en minutos, para el evento realizado. Debe coincidir con la diferencia entre HORA_FIN y HORA_INICIO.
PUNTO_INICIO	Ubicación geográfica que corresponde al punto de inicio del evento realizado, identificada con un código según la red de modelación descrita en la sección 3.4 de este Instructivo.
PUNTO_FIN	Ubicación geográfica que corresponde al punto de término del evento realizado, identificada con un código según la red de modelación descrita en la sección 3.4 de este Instructivo.
DISTANCIA	Largo en metros del movimiento realizado (si corresponde).
TIPO_BUS	Tipo de bus (tipología y tecnología de propulsión) asociado al bus lógico que realiza el evento.

3.3 Eventos

Según lo especificado previamente, un evento es un movimiento o actividad realizado por un bus lógico, pudiendo corresponder, por ejemplo, a expediciones comerciales, movimientos vacíos desde y hacia el depósito o terminal, regulaciones en puntos de regulación o cabeceras, carga de energía, períodos de inactividad en depósito, entre otros.

La Tabla Horaria debe contener los eventos indicados en la Tabla 2, utilizando los códigos contenidos en la misma.

Tabla 2: Descripción de eventos contenidos en la Tabla Horaria

Evento	Nombre	Descripción
I01	Inicio de Bus	Alistamiento del bus en terminal/depósito (<i>check-list</i> del bus) para el primer movimiento del bus lógico.
C01	Expedición Comercial	Bus circulando en ruta comercial.
V01	Vacío desde Terminal/Depósito	Bus en vacío desde terminal o depósito.
V02	Vacío hacia Terminal/Depósito	Bus en vacío hacia terminal o depósito.
V03	Vacío por asimetría en frecuencia	Bus en vacío entre la cabecera de fin y el punto de regulación o cabecera de inicio de un mismo servicio-sentido, en caso de existir diferencias en frecuencia programada entre sus sentidos (Ida/Regreso).
V04	Vacío entre cabeceras	Bus en vacío entre las cabeceras de fin e inicio, para realizar un cambio de línea o sentido.
V05	Vacío desde punto de regulación	Bus en vacío desde punto de regulación a cabecera.
V06	Vacío hacia punto de regulación	Bus en vacío desde cabecera hacia punto de regulación.
L01	Cambio de línea	Bus realizando los procesos para el cambio de línea.

R01	Regulación en punto de regulación	Bus detenido en punto de regulación por motivos de regulación.
R02	Regulación en Terminal/Depósito	Bus detenido en terminal, depósito por motivos de regulación.
D01	Depósito/Terminal	Bus fuera de servicio en terminales o depósitos.
E01	Carga de energía	Bus en proceso de carga de energía (combustible o eléctrica, según corresponda al bus).
F01	Fin de Bus	Entrega del bus en terminal/depósito, para el último movimiento del bus lógico.

En caso de que para un servicio no apliquen todos los eventos definidos en la Tabla 2, el Operador deberá utilizar los que corresponda según su programación. Por otro lado, de requerir eventos adicionales a los indicados en la Tabla 2, el Operador deberá solicitar autorización previa al MTT para definir nuevos eventos y sus códigos correspondientes.

3.4 Red de Modelación

Para realizar la programación, se debe considerar una red de modelación en que se identifiquen por códigos y ubicación geográfica todos los cabezales, puntos de regulación, depósitos, terminales y otros puntos de interés. Estos puntos, llamados nodos, deben estar conectados en una red en que cada arco (que representa el trazado completo de un servicio) tenga una distancia y un tiempo de recorrido, según los criterios definidos en las secciones 4.3 y 4.4. de este Instructivo.

La red de modelación deberá ser entregada por el Operador junto con la Tabla de Horarios, en los formatos indicados en las Tablas 3 y 4. Cabe destacar que el MTT podrá informar oportunamente criterios específicos adicionales que el Operador deberá considerar para la construcción de la red, tales como códigos a usar en nodos, nombres de terminales, formato de coordenadas, entre otros.

La red entregada deberá considerar que todo punto de regulación del Sistema esté tipificado según la clasificación de la Tabla 7 de la sección 4.3 de este Instructivo, para todos los horarios de operación en que sea factible su uso, en base a criterios operacionales y de interacción con el entorno. Esta tipificación será propuesta por el Operador y debidamente calificada por el MTT; en caso de que el MTT considere que haya nodos que no estén clasificados debidamente, podrá instruir su adecuación al Operador.

Tabla 3: Detalle de columnas contenidas en los nodos de la Red de Modelación

Nombre Columna	Descripción
CODIGO_NODO	Código identificador único del nodo.
NOMBRE	Nombre de depósito, terminal, intersección de calles o dirección.
UBICACION_GEOGRAFICA	Coordenadas geográficas del nodo.
HORARIO	Horario en el cual es posible operar en el nodo en las condiciones establecidas en TIPO_PR.
TIPO_PR	Según lo establecido en la Tabla 7.

Tabla 4: Detalle de columnas contenidas en los arcos de la Red de Modelación

Nombre Columna	Descripción
NODO_1	Nodo donde inicia el arco.
NODO_2	Nodo donde finaliza el arco.
HORARIO	Horario para el cual es válida la operación en el arco con la DISTANCIA y TIEMPO RECORRIDO indicado.
DISTANCIA	Distancia en metros entre nodos, en base a distancia en ruta mínima y factible (no euclidiana).
TIEMPO_RECORRIDO	Tiempo necesario siguiendo ruta mínima y factible entre NODO_1 y NODO_2.

TIPO_MOVIMIENTO	Tipo de movimiento (comercial o no comercial) correspondiente al arco para el cual son válidas DISTANCIA y TIEMPO_RECORRIDO en el HORARIO indicado.
-----------------	---

4 CRITERIOS Y RESTRICCIONES PARA LA PROGRAMACIÓN

Para el desarrollo de la programación de transporte se deben seguir una serie de criterios y restricciones que aseguran su correcta construcción, los cuales se detallan en esta sección.

Estos criterios y restricciones buscan garantizar que la programación resultante:

- Cumpla lo indicado en el Anexo-PO N°3, definido en el Instructivo de Elaboración del Programa de Operación, el que se elabora sobre la base de los estándares de calidad de servicio establecidos en el apartado E del Apéndice N°3.
- No cuente con intervalos irregulares significativos que aumenten los tiempos de espera de los usuarios del Sistema, según lo establecido en la sección 4.1. de este Instructivo.
- Sea consistente con el Set de Parámetros y Reglas Operacionales.
- Sea factible de operar con la Flota Operativa Base (FOB) del Operador.
- Utilice de la manera más eficiente posible los recursos disponibles. Es decir, que apunte a entregar la mejor oferta posible minimizando los requerimientos de flota y kilómetros no comerciales asociados al servicio.

4.1 Irregularidad en itinerario de salidas de la Tabla Horaria

Como regla general, se deberá considerar que todos los intervalos programados⁴ entre expediciones de un mismo servicio-sentido dentro de un período deberán tener la misma duración, por lo que no se admitirán intervalos de distinta duración en la programación. Sin perjuicio de lo anterior, el Ministerio podrá tolerar y aprobar intervalos irregulares ante situaciones debidamente justificadas.

Para solicitar esta aprobación, el Operador deberá entregar una justificación que cumpla al menos con los siguientes criterios:

- Los itinerarios respetan las salidas por período establecidas en el Anexo-PO N°3.
- La irregularidad no genera impactos significativos en la calidad del servicio entregado a los usuarios, en la medida en que no aumenta significativamente los tiempos de espera programados. Lo anterior se resguardará exigiendo que el intervalo máximo del período tenga una diferencia de máximo X minutos respecto al intervalo mínimo del mismo período, donde X dependerá del largo del intervalo programado (calculado según lo establecido en el Anexo-PO N°3), y se define según la Tabla 5.

Tabla 5: Rango máximo de irregularidad aceptable según intervalo programado.

Rango de intervalo programado (I) en minutos	X (minutos)
$I \leq 10$	2
$10 < I \leq 20$	4
$20 < I$	6

El Operador deberá demostrar que la irregularidad presentada en la programación permite el ahorro de uno o más buses, a través de la entrega de la programación con y sin ningún grado de irregularidad, con el fin de comparar la cantidad de buses con y sin irregularidad, y así comprobar el ahorro de buses. Estos niveles de irregularidad serán debidamente calificados

⁴ Para la definición de intervalos programados, remitirse al apartado D.2.2 del Apéndice N°6 del Contrato de Concesión.

por el MTT; en caso de que el MTT considere que los rangos no se están utilizando debidamente, podrá instruir su adecuación al Operador.

Cabe destacar que no se aceptarán irregularidades programadas con el objetivo de concentrar oferta para suplir una demanda específica. Lo anterior, pues se considera que una periodización a nivel de media hora, junto con la posibilidad de generar inyecciones programadas, es suficientemente precisa para resguardar el correcto calce entre oferta y demanda. En caso de que los períodos sean mayores en duración a media hora, o cuando la operación se realice con el Indicador de Puntualidad (IP), podrá revisarse esta restricción.

4.2 Restricciones de lógica de eventos

La programación de transporte deberá ser factible operacionalmente, por lo que deberá cumplir, como mínimo, las siguientes reglas operacionales y secuencias lógicas:

- a. Primer movimiento de bus lógico debe iniciar en terminal.
- b. Último movimiento de bus lógico debe finalizar en terminal.
- c. Evento I01 debe ser el primer movimiento del bus lógico.
- d. Evento F01 debe ser el último movimiento del bus lógico.
- e. Los movimientos de un bus lógico deben estar ordenados secuencialmente.
- f. No debe haber movimientos consecutivos de un mismo tipo para un bus lógico.
- g. Los movimientos de un bus lógico no pueden acumular, en ningún momento, un número de kilómetros superior a su autonomía base sumada a eventuales cargas de energía.
- h. Los tiempos de carga de energía deben ser consistentes con la estrategia de carga del Operador (aprobada por el respectivo Suministrador de Buses, según corresponda).

4.3 Criterios para la definición de parámetros

Los parámetros para la modelación se definirán según los criterios que se describen en las secciones 4.3.1 a 4.3.3 siguientes, sin perjuicio de los valores, rangos y promedios que se definen en el “Set de Parámetros y Reglas Operacionales” anexo a este instructivo, que también deberán ser considerados para la modelación.

4.3.1 Tiempos de Recorrido

Los tiempos de recorrido a utilizar para la programación de transporte se obtendrán sobre la base de las velocidades calculadas a nivel de servicio-sentido-período según la metodología de tiempos de desplazamiento y velocidades descrita en el apartado M del Apéndice N°3, y en el Instructivo de Metodología de Tiempos de Desplazamiento y Velocidades.

4.3.2 Holguras en tiempos de recorrido

Corresponden a rangos que definen los tiempos de recorrido mínimos y máximos aceptables a considerar en la programación de transporte, sobre la base de los Tiempos de Recorrido calculados según lo establecido en la sección 4.3.1. precedente.

Cabe destacar que estas holguras de tiempo de recorrido deben utilizarse sólo en el contexto de ajustes menores a la programación de transporte que permitan optimizar la flota, y en ningún caso se pueden considerar para uso generalizado. En otras palabras, la velocidad a utilizar para la programación es la definida en la “Metodología de Tiempos de Desplazamiento y Velocidades”, sin perjuicio de que esta pueda sufrir variaciones en algunas expediciones según las holguras definidas en esta sección.

Estas holguras de tiempos de recorrido se establecen en la Tabla 6, donde el tiempo de recorrido mínimo queda definido por el tiempo de recorrido estimado menos la holgura correspondiente según rango de duración, y el tiempo de recorrido máximo queda definido por el tiempo de recorrido más la holgura indicada.

Tabla 6: Porcentaje de holgura aceptable según tiempo de recorrido.

Tiempo de recorrido (minutos)	Holgura para definir tiempo mínimo y máximo aceptable
0 - 29	± 10%
30 - 59	± 8,6%
60 - 84	± 7,2%
Mayor o igual a 85	± 6 minutos

El uso de estas holguras será debidamente calificado por el MTT; en caso de que el MTT considere que éstas no se están utilizando debidamente, podrá instruir su adecuación al Operador.

4.3.3 Tiempos de regulación

Se definen tiempos de regulación mínimos y máximos según tipo de punto de regulación (depósito, vía pública, vía pública en sector crítico y estaciones intermodales).

Tabla 7: Tiempos mínimos y máximos de regulación según tipo de punto de regulación.

Tipo de punto de regulación	Tiempo mínimo de regulación (min)	Tiempo máximo de regulación (min)
Depósito	10	Libre ⁵
Terminal de regulación	5	Libre
Vía pública	3	10
Vía pública (crítico)	1	5
Estación Intermodal	3	Libre

Dentro de estos límites, el Operador tendrá definidos los tiempos de regulación promedio por tipo de punto de regulación, que quedarán registrados en el “Set de Parámetros y Reglas Operacionales” anexo a este instructivo. La programación de transporte deberá construirse utilizando estos valores promedio, entendiendo que las holguras de tiempo definidas en la Tabla 7 deben utilizarse sólo en el contexto de ajustes menores que permitan optimización de flota, y en ningún caso pueden considerarse para uso generalizado.

Adicionalmente, el tiempo de regulación promedio por tipo de punto de regulación no podrá ser modificado en los procesos de elaboración del Programa de Operación en un valor mayor a ±1 minuto respecto al valor establecido en el Set de Parámetros. Cabe destacar que, en el caso que cambie el tipo asignado a un punto de regulación, dicha modificación deberá ajustarse al procedimiento establecido en la sección 5.2 de este instructivo.

Estos ajustes menores serán debidamente calificados por el MTT; en caso de que el MTT considere que los rangos no se están utilizando debidamente, podrá instruir su adecuación al Operador.

4.4 Criterios y restricciones para la Red de Modelación

- Restricciones de uso:** se deben considerar tiempos y capacidades máximas en puntos de regulación en los casos y horarios en los que corresponda y cuando el MTT así lo informe, las que no podrán ser excedidas en la programación.
- Matriz de movimientos no comerciales:** De contar con las herramientas pertinentes, el MTT podrá definir las velocidades a considerar para los movimientos no comerciales y

⁵ El tiempo máximo de regulación definido como “Libre” es sin perjuicio del cumplimiento de las normas de funcionamiento de cada punto de regulación y de lo dispuesto en el literal a de la sección 4.4 de este instructivo.

estandarizar y codificar los movimientos no comerciales factibles. Mientras no se cuente con estas herramientas, el Operador deberá indicar las velocidades consideradas para los movimientos no comerciales en la elaboración de la programación, sin perjuicio de que el MTT pueda emitir observaciones, requerir aclaraciones y/o solicitar antecedentes adicionales que se consideren necesarios para complementar la información presentada inicialmente por el Operador respecto a las velocidades entregadas.

4.5 Requisitos básicos de optimización

Para realizar la programación, se plantean los siguientes requisitos básicos de optimización:

- a. Solo se podrán aplicar las holguras definidas en las secciones 4.1 y 4.3 de este instructivo, en los casos en que esto permita optimizar flota, y en los términos establecidos en las referidas secciones.
- b. Se debe considerar la posibilidad de realizar interlineado en depósitos y terminales para reducir requerimiento de flota, entendiendo el interlineado como la asignación de buses lógicos a la operación de más de un servicio, según lo establecido en el apartado C.1.3 del Apéndice N°3.
- c. En el caso de días laborales en temporada normal, existe la obligación de que la programación considere actividad de toda la flota al mismo tiempo en al menos un periodo del día.
- d. Se debe hacer un buen uso de la autonomía del bus en la programación, procurando reducir el requerimiento de flota.

En situaciones excepcionales el Operador podrá solicitar al MTT que se flexibilice la aplicación de alguno de los requisitos referidos, situaciones que se analizarán caso a caso entre las partes.

5 MODIFICACIONES DEL PRESENTE INSTRUCTIVO Y DEL SET DE PARÁMETROS Y REGLAS OPERACIONALES

5.1 Proceso de Modificación del Instructivo de Programación de Transporte

El Ministerio podrá siempre que lo estime necesario, y con el fin de asegurar la continuidad y calidad de los servicios, modificar el Instructivo de Programación de Transporte, comunicando dicha modificación a los Operadores, al menos, cuarenta (40) días antes de la etapa de Evaluación de Admisibilidad a la que hace referencia el apartado F.1.2 del Apéndice N°3. Cualquier cambio en este instructivo registrará para todos los Operadores de Buses a quienes sea aplicable.

Los Operadores podrán emitir observaciones a la modificación informada por el Ministerio. Para ello, deberán presentar sus observaciones por escrito dentro de los cinco (5) días siguientes a la comunicación señalada en el párrafo anterior, indicando los fundamentos de sus observaciones. El Ministerio podrá considerar las observaciones realizadas por los Operadores, y definirá las modificaciones al presente Instructivo, dentro de los cinco (5) días siguientes de recibidas las observaciones, o de vencido el plazo para presentarlas.

5.2 Proceso de Modificación del Set de Parámetros y Reglas Operacionales

El “Set de Parámetros y Reglas Operacionales” de cada Operador podrá modificarse por el Ministerio siempre que lo estime necesario, y con el fin de asegurar la continuidad y calidad de los servicios, de conformidad a las condiciones establecidas en el apartado C.1.3 del Apéndice N°3. La modificación deberá comunicarse al Operador, al menos, cuarenta (40) días antes de la etapa de Evaluación de Admisibilidad a la que hace referencia el apartado F.1.2 del Apéndice N°3.

El Operador podrá emitir observaciones a lo informado por el Ministerio. Para ello, el Operador deberá presentar sus observaciones por escrito dentro de los cinco (5) días siguientes a la comunicación señalada en el párrafo anterior, indicando las razones o fundamentos de sus observaciones. El Ministerio podrá considerar las observaciones realizadas por el Operador, y definirá las modificaciones al respectivo Set de Parámetros y Reglas Operacionales, dentro de los cinco (5) días siguientes de recibidas las observaciones, o de vencido el plazo para presentarlas.

Las modificaciones resultantes de este proceso quedarán reflejadas en los respectivos “Set de Parámetros y Reglas Operacionales”.

Las modificaciones a los valores establecidos en el Set de Parámetros y Reglas Operacionales estarán sujetas a las siguientes condiciones, sin que la lista sea taxativa:

- a. Los valores de regulación podrán cambiar en la medida en que, de común acuerdo con el Ministerio, cambie la clasificación de los puntos de regulación utilizados, pudiendo revisarse los tiempos promedio de regulación por tipo para ajustarse a la nueva clasificación.
- b. La información de carga de energía podrá actualizarse de común acuerdo con el Ministerio, en función de variaciones en la tecnología de carga de los buses que componen la Flota Operativa Base y la Flota de Reserva, u otras variables relevantes respecto a la carga y el estado de las baterías.
- c. Si el Operador no realiza interlineado en cabezales o puntos de regulación y decide hacerlo, se puede actualizar de común acuerdo con el Ministerio.

5.3 Valores de Referencia para Modificaciones

Sin perjuicio de lo definido en las secciones anteriores, y de conformidad con lo dispuesto en el apartado C.1.3 del Apéndice N°3, se permitirá que el Operador realice su programación con diferentes parámetros en distintos procesos de elaboración del Programa de Operación, siempre y cuando todos ellos cumplan con las restricciones y holguras establecidas en este Instructivo.

SET DE PARÁMETROS Y REGLAS OPERACIONALES UNIDAD DE SERVICIOS N° [•]

El Operador deberá presentar la tabla de horarios de conformidad a los parámetros y reglas operacionales definidos en este documento, cumpliendo con lo establecido en el Instructivo de Programación de Transporte.

Los valores de las variables quedarán definidos tras el proceso de elaboración del Programa de Operación Inicial, según lo establecido en la cláusula 4.1.3 del Contrato de Concesión.

A. Tiempos de regulación promedio por tipo de punto de regulación

El valor promedio de tiempo de regulación por tipo de punto de regulación se calculará mediante el promedio simple de las expediciones. Este valor se indica a continuación:

- A.1.** Depósito: [•] minutos
- A.2.** Terminal de Regulación: [•] minutos
- A.3.** Vía pública: [•] minutos
- A.4.** Vía pública (crítico): [•] minutos
- A.5.** Estación intermodal: [•] minutos

B. Carga de energía

Cada tipo de bus podrá tener uno o más tipos de carga, los que deben ser consistentes con las especificaciones entregadas por el Suministrador, según corresponda, y tendrán definidos los parámetros de:

- B.1.** Tiempo de carga
- B.2.** Autonomía asociada a ese tiempo de carga

C. Interlineados

Según se establece en el Instructivo de Programación de Transporte, el Operador deberá considerar, al menos, la posibilidad de realizar interlineado en depósitos y terminales para reducir requerimiento de flota.

Adicionalmente, en este documento se podrá definir la posibilidad de realizar interlineado en más tipos de puntos de regulación, ya sea ubicados en vía pública y/o estaciones intermodales. Alternativamente, se podrá definir un subconjunto de puntos de regulación con la posibilidad de realizar interlineado, ya sea para todos los servicios que utilizan el punto de regulación o para un subconjunto de ellos.

2. APRUÉBASE el “Instructivo Tiempos de Desplazamiento y Velocidades”, en el marco del proceso de licitación pública para la concesión del uso de las vías de las unidades de servicios N^{os} 1, 2, 3, 4, 5 y 6, para la prestación de servicios urbanos de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses, N^o LPCUV 001/2019, cuyo texto íntegro se transcribe a continuación:

INSTRUCTIVO TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO Y VELOCIDADES

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	2
2	ANTECEDENTES	2
3	DEFINICIONES	2
3.1	Unidad de Análisis	2
3.2	Cortes Temporales.....	3
3.3	Tamaño de Muestra Mínimo.....	3
3.4	Percentil	4
3.5	Regresión Lineal	4
4	PROCEDIMIENTO	4
4.1	Datos de entrada.....	5
4.1.1	Reporte de expediciones de buses del sistema.....	5
4.1.2	Salidas programadas del Programa de Operaciones.....	6
4.2	Limpieza de la Base de Datos	6
4.2.1	Limpieza Inicial de Datos.....	6
4.2.2	Eliminación de Datos Atípicos	7
4.3	Cálculo de la Tendencia de la Velocidad del Sistema	7
4.3.1	Cortes Normales	8
4.3.2	Cortes Estivales.....	9
4.4	Construcción de Unidades de Análisis.....	10
4.5	Cálculo del Percentil 40 de las Velocidades.....	11
4.6	Proyección de Velocidades.....	11
4.7	Suavización de Velocidades	11
5	CASOS ESPECIALES	13
5.1	Cambio de Trazado, Extensiones y Nuevos Servicios	13
5.2	Servicios con Ampliación de Horario de Operación	13
5.3	Inyecciones y Servicios Cortos.....	13
5.4	Servicios Circunvalares.....	14
5.5	Cambios en Infraestructura	14
5.6	Servicios Medidos con Indicador de Puntualidad en Horario de Pasada.....	14
6	MODIFICACIONES DEL PRESENTE INSTRUCTIVO	14
6.1	Proceso de Modificación del Instructivo de Desplazamiento y Velocidades.....	14
7	BIBLIOGRAFÍA	14

1 INTRODUCCIÓN

Considerando la importancia que reviste el Programa de Operación, tanto desde el punto de vista de los usuarios como respecto del quehacer y gestión del Operador de Buses (en adelante también e indistintamente Operador u Operadores), es relevante contar con procedimientos estandarizados y objetivos que permitan facilitar su elaboración y unificar el criterio utilizado en la estimación de variables cuyo impacto es sustancial. En este sentido, las velocidades de circulación corresponden a una de las principales variables que es necesario determinar para buscar el calce entre la demanda y la oferta de transporte que quede plasmado en el Programa de Operación, en la medida que las circunstancias lo permitan.

El presente instructivo detalla la metodología para calcular las velocidades a utilizar para la elaboración del Programa de Operación, estableciendo las fuentes de información a considerar, los tamaños muestrales requeridos, la temporalidad y los procesamientos estadísticos correspondientes para sus cálculos.

El resultado de la aplicación de esta metodología corresponderá a las velocidades de los recorridos que componen el Programa de Operación o el Plan de Operaciones a nivel de servicio-sentido-tipo día-media hora.

La metodología que se expone en este documento es aplicable a los Operadores de Buses que hayan suscrito Contratos de Concesión de Uso de Vías derivados de la Licitación Pública N° LPCUV 001/2019¹, o que se celebren en el futuro conforme al mismo modelo de operación -sin preferencias ni exclusividad de las vías- y a aquellos Operadores de Buses que presten servicios en conformidad a condiciones de operación que así lo establezcan².

2 ANTECEDENTES

Los antecedentes regulatorios para la creación del presente Instructivo sobre Tiempos de Desplazamiento y Velocidades se encuentran en los apartados F.2 y M.4 del Apéndice N°3 de los Contratos de Concesión de Uso de Vías³. En ellos se establece que el Concesionario deberá cumplir y respetar la metodología establecida en este Instructivo para dimensionar apropiadamente los requerimientos de flota y dar cumplimiento al Programa de Operación. Esta metodología deberá ser utilizada para el cálculo de las velocidades comerciales, velocidades en vacío, y tiempos de regulación, y considera, al menos, las fuentes de información, tamaño y temporalidad de la muestra, y procesamientos estadísticos.

3 DEFINICIONES

Para la correcta comprensión y ejecución de la metodología se presentan las siguientes definiciones básicas.

3.1 Unidad de Análisis

En adelante se denominará “Unidad de Análisis” a los conjuntos de expediciones resultantes de agrupar la operación del Sistema por servicio, sentido, tipo de día y media hora. Cada uno de estos conjuntos contiene las expediciones que serán utilizadas para estimar el respectivo valor de la velocidad de la unidad de análisis en un corte temporal futuro.

¹ La Resolución N°57, de 2019, conjunta del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y el Ministerio de Hacienda, aprobó las bases de licitación y sus anexos para la concesión del uso de las vías de las unidades de servicios N°s 1, 2, 3, 4, 5 y 6, para la prestación de servicios urbanos de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses, N° LPCUV 001/2019. En los Contratos de Concesión que se celebren a partir de esta licitación, el uso de las vías se organizará en función del uso común y en iguales condiciones -sin preferencias, ni exclusividad- de las mismas.

² Las normas de este instructivo también podrán ser aplicables a otros Operadores de Buses mediante la regulación de condiciones específicas de operación.

³ Todas las referencias que se hagan en este instructivo a cláusulas, apéndices, apartados o subapartados se entenderán hechas a las cláusulas de los Contratos de Concesión de Uso de Vías derivados de la Licitación Pública N° LPCUV 001/2019, y a sus apéndices, apartados y subapartados.

3.2 Cortes Temporales

La metodología contempla la estimación de velocidades en cuatro cortes temporales durante el año. Dos cortes normales asociados al primer y segundo semestre, y dos cortes estivales asociados a los meses de enero y febrero. Para cada uno de estos cortes se define un periodo anterior del cual recopilar datos para la estimación de velocidades. A continuación, se presentan los cuatro cortes temporales y los respectivos meses que los componen para estimar las velocidades (Tabla 3-1).

Tabla 3-1: Resumen periodos de recopilación de datos por corte temporal.

	Corte temporal	Meses
Normal	1er Semestre	Agosto, octubre y noviembre (*)
	2do Semestre	Abril, mayo y junio
Estival	Enero	Enero (*)
	Febrero	Febrero (*)

(*) Datos del año anterior.

3.3 Tamaño de Muestra Mínimo

Para realizar la estimación de las velocidades es necesario cumplir con un mínimo de información a modo de obtener resultados estadísticamente significativos. Se define el siguiente tamaño de muestra mínimo por unidad de análisis:

$$Cota\ Mínima\ de\ Datos \geq 4 \cdot Número\ de\ meses\ considerados\ para\ el\ corte$$

En aquellas unidades donde no se cumpla con la cota mínima de datos se podrá ampliar el periodo de datos según lo dispuesto en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Resumen de periodos de recopilación adicional de datos por corte temporal

	Corte temporal	Meses
Normal	1er Semestre	Incluir semanas de septiembre o diciembre del año anterior que no tengan feriados
	2do Semestre	Incluir las últimas semanas de marzo
Estival	Enero	Incluir el mes de enero de dos años previos (**)
	Febrero	Incluir el mes de febrero de dos años previos (**)

Los periodos de información adicional señalados con (**) requieren de una corrección debido a su desfase temporal con respecto al periodo original de datos. Esta corrección se explica en detalle en la sección 4.4 del presente Instructivo.

En los cortes temporales normales, se debe incluir la nueva información por semanas comenzando con aquellas que tengan una velocidad media del sistema más cercana a la del periodo original de recopilación de datos. En cambio, en los cortes estivales se debe incorporar el mes completo.

A modo ilustrativo, se incluyen las siguientes figuras que explican la razón de la corrección de la información adicional en los cortes estivales.

Figura 3-1: Esquema de periodos de recopilación de información del corte normal de primer semestre.

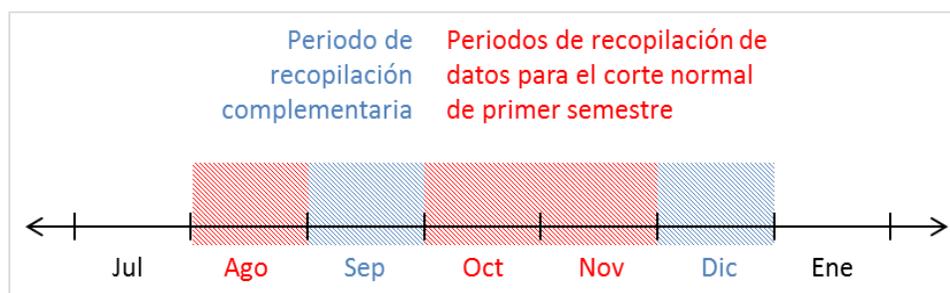


Figura 3-2: Esquema de periodos de recopilación de información del corte normal de segundo semestre.

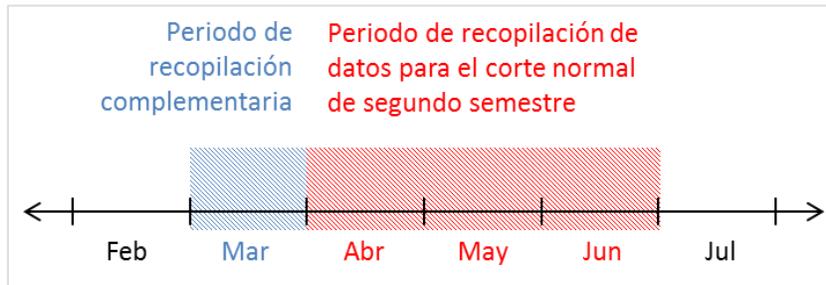
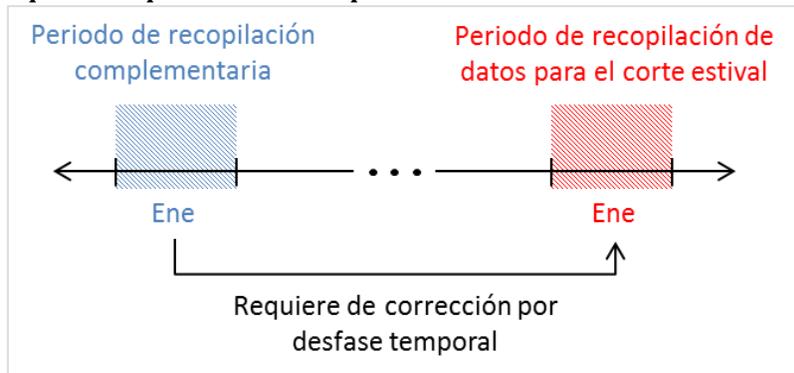


Figura 3-3: Esquema de periodos de recopilación de información del corte estival de enero.



3.4 Percentil

El percentil es una medida de posición usada en estadística que entrega, una vez ordenados los datos de menor a mayor, el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones en el grupo. Así, para obtener el percentil 40 de la velocidad de una unidad de análisis, se deben ordenar las expediciones por sus velocidades de menor a mayor y luego seleccionar la velocidad de la expedición que se ubique sobre un 40% de las observaciones del conjunto.

3.5 Regresión Lineal

Un modelo de regresión tiene por objetivo explicar la relación que existe entre una variable dependiente (variable respuesta) y un conjunto de variables independientes (variables explicativas). En específico, una regresión lineal simple busca explicar la relación entre la variable dependiente y una única variable explicativa mediante una función de la siguiente forma:

$$Y = \alpha + \beta X + \epsilon$$

Donde:

α = intercepto en el origen (el valor que toma Y cuando X vale 0).

β = pendiente de la recta (e indica cómo cambia Y al incrementar X en una unidad).

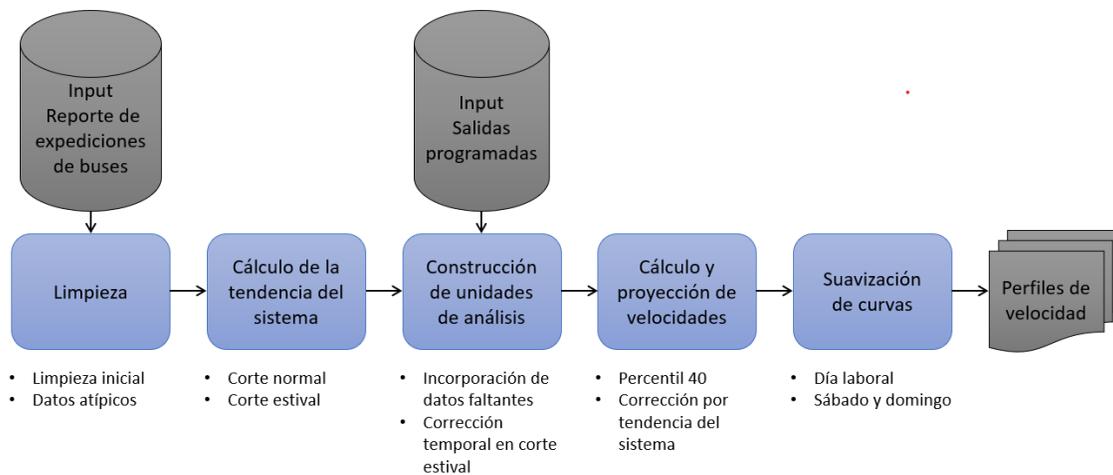
ϵ = error por factores externos no considerados.

En específico para este Instructivo, la regresión lineal se utiliza para entender cómo cambia la velocidad del sistema (variable dependiente) con el tiempo (variable explicativa).

4 PROCEDIMIENTO

A continuación, se describe el procedimiento para la estimación de las velocidades por servicio-sentido, tipo de día y media hora de los cuatro cortes temporales definidos para cada año. A modo ilustrativo, se presenta un esquema del proceso completo en la Figura 4-1, donde se señalan los archivos de entrada, las diferentes etapas consecutivas y el principal archivo de salida.

Figura 4-1: Flujograma del proceso de cálculo de velocidades.



4.1 Datos de entrada

4.1.1 Reporte de expediciones de buses del sistema

La principal fuente de información necesaria para la ejecución del procedimiento se obtendrá del reporte de minería de datos denominado “Reporte 1.96_simplificado”, o el que lo modifique o reemplace, entregado por el proveedor del servicio complementario de gestión de flota. En este reporte se debe informar sobre los tiempos de inicio y fin de todas las expediciones ejecutadas por el sistema. Los tiempos son medidos en puntos de control ubicados al inicio y fin del trazado de cada servicio. La posición de estos puntos y la respectiva hora de pasada de las expediciones son reportadas para el posterior cálculo de los tiempos de viaje y velocidades. Además, el reporte debe especificar la condición de cumplimiento de paso por los puntos de control de cada una de las expediciones. La base de datos debe contener al menos los últimos cuatro años de operación del sistema para el correcto cálculo de la tendencia del sistema.

La base de datos del reporte debe contener como mínimo, los campos que se describen en la siguiente Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Campos mínimos requeridos del reporte de expediciones de buses para el desarrollo de la metodología

Campo	Descripción
Unidad	Unidad de Servicios asociada al Operador de Buses
Patente	Patente del bus que realiza la expedición
Identificación servicio sentido variante (codigoruta)	Código de la ruta o trazado asociada al servicio, sentido y variante (Ejemplo: T101 00I, T101 06I). Incluye trazados alternativos por feria, reversibilidades, ciclovías, otros.
fhposini	Fecha-hora de paso por el punto de control inicial (dd/mm/yyyy hh:mm:ss)
fhposfin	Fecha-hora de paso por el punto de control final (dd/mm/yyyy hh:mm:ss)
lruta	Longitud del trazado (km)
dpcontrol	Distancia entre los puntos de control (km)
velpcontrol	Corresponde al cociente entre la distancia y el tiempo de viaje entre los puntos de control (km/h)
Timec	Tiempo corregido por tramos no controlados fuera de los puntos de control (min) $60 \cdot \left(\frac{dpcontrol}{velpcontrol} \right)$
Tipodia	Tipo de día según el inicio de la expedición (Laboral, sábado y domingo)
mhsal	Media hora correspondiente al inicio de la expedición
Operativo	Condición de cumplimiento de paso por los puntos de control:

C (Cumple): Para cada intervalo de media hora, la expedición Cumple la condición “Tiene Inicio y Fin de Ruta”.

NC (No Cumple): Para cada intervalo de media hora, la expedición No Cumple la condición “Tiene Inicio y Fin de Ruta”.

4.1.2 Salidas programadas del Programa de Operaciones

El Programa de Operaciones contiene información respecto de todas las salidas programadas de buses a nivel de servicio, sentido, tipo de día y media hora. Esta información se utiliza para corroborar las unidades de análisis que tienen operación programada y, por lo tanto, deben ser estimadas. Para determinar las medias horas que tienen operación programada, se considera como criterio que el número de salidas programadas debe ser mayor a cero (0) para el respectivo servicio, sentido, tipo de día y media hora.

Los campos mínimos que se deben obtener del Programa de Operaciones se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4-2: Campos mínimos requeridos del Programa de Operaciones:

Campo	Descripción
Unidad	Unidad de Servicios asociada al Operador de Buses.
Identificación servicio sentido	Código de la ruta o trazado asociada al servicio y sentido (Ejemplo: 501L, 515R).
Tipo Día	Laboral, sábado y domingo.
MH	Media hora según el inicio de la expedición.
N° Salidas	Cantidad de salidas programadas.

4.2 Limpieza de la Base de Datos

A partir de la base de datos del “Reporte 1.96_Simplificado”, se debe realizar una limpieza de los datos con el fin de eliminar aquellos registros que se encuentran fuera de los límites operacionales permitidos por condiciones tecnológicas o de eventos externos a la operación que son considerados no válidos para realizar una estimación correcta de las velocidades comerciales.

La limpieza se separa en dos etapas secuenciales que se describen a continuación.

4.2.1 Limpieza Inicial de Datos

Este proceso consiste en eliminar, para efectos del análisis, aquellas expediciones que no cumplan con determinadas condiciones, según se indica a continuación.

En este sentido, el “Reporte 1.96_Simplificado” genera una columna indicando las expediciones a eliminar por:

- No cumplir con el paso por ambos puntos de control del trazado señalado en el campo *operativo* de la base de datos con el valor “NC”.

Adicionalmente, corresponde eliminar las siguientes expediciones:

- Expediciones que hayan sido controladas por una longitud menor al 80% del total del trazado.

$$\frac{dpcontrol}{lruta} < 80\%$$

- Expediciones con velocidades entre puntos de control inferiores a 1 km/h o superiores a 80 km/h.

- d. Expediciones duplicadas en la base de datos. Para encontrar estas expediciones, se utilizan los campos: *codigoruta*, *fhposini* y *fhposfin*.

4.2.2 Eliminación de Datos Atípicos

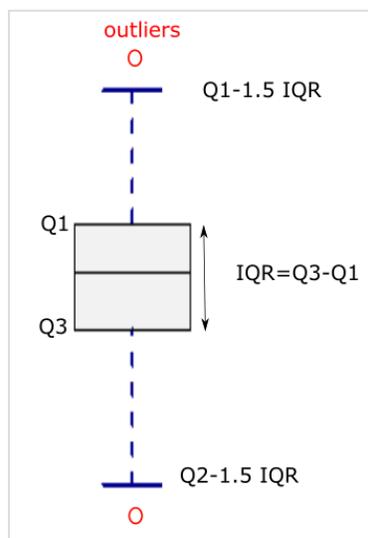
Este proceso consiste en eliminar aquellos registros cuyos tiempos se consideran estadísticamente fuera de rango. Para ello se utiliza el método Boxplot desarrollado por Tuckey [1]. El método consiste en definir el rango intercuartil (caja) como $IQR = Q_3 - Q_1$, donde Q_i es el i -ésimo cuartil de la muestra. A partir del rango intercuartil se definen los límites entre los registros regulares y atípicos.

Estos límites son:

- Frontera inferior inferior: $Q_1 - 1,5 IQR$
- Frontera interior superior: $Q_3 + 1,5 IQR$

En la Figura 4-2 se esquematizan los elementos que constituyen el método de Boxplot y la identificación de los datos atípicos (*outliers*):

Figura 4-2: Esquema del método de Boxplot.



4.3 Cálculo de la Tendencia de la Velocidad del Sistema

El objetivo de esta sección es calcular una tasa que explique la tendencia histórica de la velocidad promedio del sistema con la cual se podrá corregir y proyectar velocidades de distintos cortes temporales. La tasa se obtendrá extrayendo la pendiente de la recta resultante del método de regresión lineal aplicado sobre las velocidades promedios del sistema del último tiempo.

La tasa será utilizada en dos oportunidades, reguladas más adelante en este instructivo:

- a. En la construcción de las unidades de análisis de cortes estivales, donde los periodos de información adicional deben ser corregidos por su desfase temporal.
- b. Al proyectar las velocidades obtenidas de cortes temporales anteriores.

Para el cálculo de la tendencia se utilizarán las unidades de análisis que cumplan con la condición mínima de datos, sin incorporar información adicional, y para encontrar el nivel de ajuste deseado se procederá de forma iterativa según las siguientes instrucciones:

1. Estimar una recta que explique la tendencia del sistema con un ajuste de R-cuadrado (R^2) mayor o igual a 0,9 con los últimos 4 años de información. Si no se obtiene el ajuste deseado, continuar conforme se señala en el punto 2 siguiente.
2. Repetir el proceso descrito en el punto 1 con los últimos tres años de información. Si no se obtiene el ajuste deseado, continuar conforme se señala en el punto 3 siguiente.

3. Volver a aplicar el punto 1 y buscar un ajuste de R^2 0,05 menor (0,85; 0,80; 0,75; ...), y así proceder sucesivamente, de forma iterativa, hasta obtener una recta que satisfaga las condiciones.

Este proceso debe llevarse a cabo cada vez que se desee estimar las velocidades de un nuevo corte, es decir, en cortes normales se actualiza cada semestre y en cortes estivales cada año.

A continuación, se presentan en detalle los pasos para el cálculo de la tendencia del sistema para cortes normales y estivales.

4.3.1 Cortes Normales

Para la estimación de la tasa de crecimiento semestral en cortes normales se utilizarán los siguientes pasos:

1. Calcular las distancias totales (km) y los tiempos totales (h) de las expediciones realizadas en todas las unidades de análisis disponibles por año y semestre (1er y 2do semestre por separado) según lo indicado en la sección 3.3 de este Instructivo.
2. Calcular la velocidad promedio del sistema para cada semestre y año a partir de las distancias y los tiempos estimados en cada unidad de análisis, como se define en la siguiente expresión:

$$V_{a,s} = \frac{\sum_i Dt_{a,s,i}}{\sum_i Tt_{a,s,i}}$$

Donde:

- $V_{a,s}$ = Velocidad promedio del sistema en el año y semestre en corte normal.
- $Dt_{a,s,i}$ = Distancia total en el año, semestre y unidad de análisis en corte normal.
- $Tt_{a,s,i}$ = Tiempo total en el año, semestre y unidad de análisis en corte normal.

3. Generar una base de datos con la información del año, semestre y velocidad promedio. El semestre corresponderá a una secuencia de números que parten desde 1 hasta el número máximo de semestres disponibles.
4. Estimar los parámetros de un modelo de regresión lineal simple utilizando como variable dependiente la velocidad y como variable independiente el semestre.
5. Obtener el valor estimado de la velocidad según la recta de regresión estimada para el último semestre de los datos utilizados. Este valor se obtendrá mediante la expresión:

$$V_e = A * Smax + B$$

Donde:

- V_e = Velocidad estimada mediante la recta de regresión para el último semestre de los datos en corte normal.
- A = Pendiente de la recta de regresión en corte normal.
- B = Intercepto de la recta de regresión en corte normal.
- $Smax$ = Valor numérico asignado al último semestre de los datos en corte normal.

6. Calcular la tasa semestral, expresada en porcentaje (%), para la proyección de las velocidades.

El cálculo de la tasa se estimará en función de la pendiente de la recta y el valor estimado de la velocidad en el numeral anterior. El valor de la tasa, expresada en porcentaje, se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$Tasa_n = \frac{A}{V_e} * 100$$

Donde:

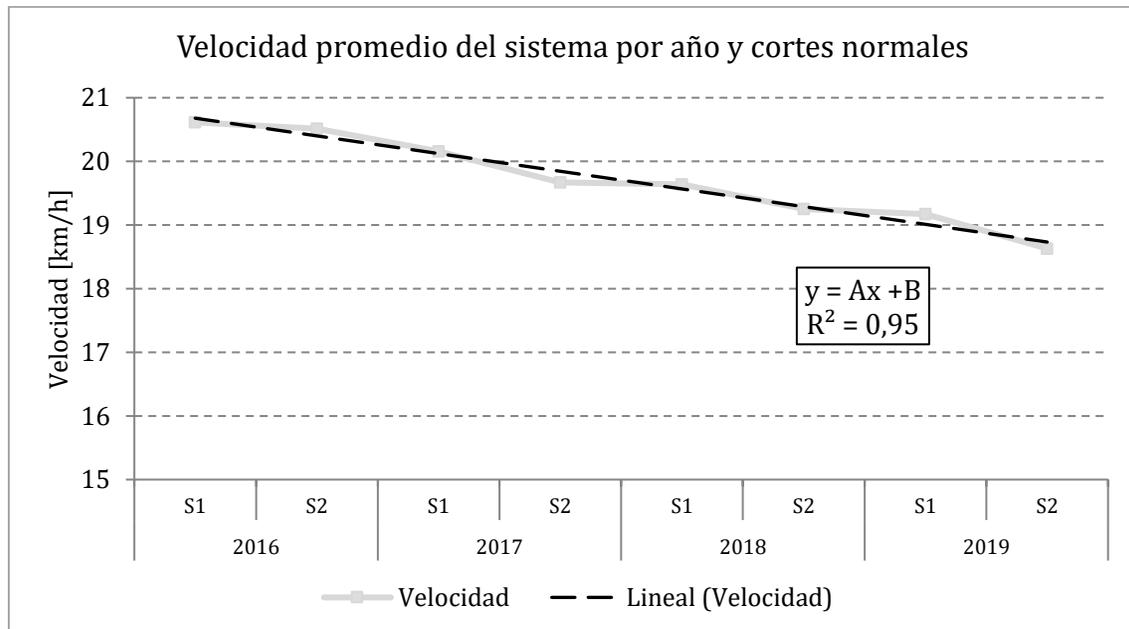
$Tasa_n$ = Tasa de proyección de la velocidad semestral en corte normal, expresada en porcentaje (%).

V_e = Velocidad estimada mediante la recta de regresión para el último semestre de los datos en corte normal.

A = Pendiente de la recta de regresión en corte normal.

A modo de ejemplo, en la Figura 4-3 se presenta el cálculo de una regresión lineal de cortes normales utilizando las velocidades promedio del sistema de cuatro años de operación.

Figura 4-3: Cálculo de la tendencia del sistema para cortes normales.



4.3.2 Cortes Estivales

Para la estimación de la tasa de crecimiento anual en cortes estivales se utilizarán los siguientes pasos:

1. Calcular las distancias totales (km) y los tiempos totales (h) de las expediciones realizadas en todas las unidades de análisis disponibles por año y corte estival (Estival1 = enero y Estival2 = febrero por separado) según lo indicado en la sección 3.3 de este Instructivo.
2. Calcular la velocidad promedio del sistema para cada año y corte estival a partir de las distancias y los tiempos estimados en cada unidad de análisis, como se define en la siguiente expresión:

$$V_{a,c} = \frac{\sum_i Dt_{a,c,i}}{\sum_i Tt_{a,c,i}}$$

Donde:

$V_{a,c}$ = Velocidad promedio del sistema en el año y corte estival.

$Dt_{a,c,i}$ = Distancia total en el año, corte estival y unidad de análisis.

$Tt_{a,c,i}$ = Tiempo total en el año, corte estival y unidad de análisis.

3. Generar una base de datos con la información del año y velocidad promedio del corte estival.
4. Estimar los parámetros de un modelo de regresión lineal simple utilizando como variable dependiente la velocidad y como variable independiente el año.
5. Obtener el valor estimado de la velocidad según la recta de regresión estimada para el último año de los datos utilizados. Este valor se obtendrá mediante la expresión:

$$V_e = A * Amax + B$$

Donde:

V_e = Velocidad estimada mediante la recta de regresión para el último año de los datos

A = Pendiente de la recta de regresión en corte estival.

B = Intercepto de la recta de regresión en corte estival.

A_{max} = Valor numérico asignado al último año de los datos en corte estival.

6. Calcular la tasa anual, expresada en (%), para la proyección de las velocidades.

El cálculo de la tasa anual se estimará en función de la pendiente de la recta y el valor estimado de la velocidad en el numeral anterior. El valor de la tasa en porcentaje se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$Tasa_c = \frac{A}{V_e} * 100$$

Donde:

$Tasa_c$ = Tasa de proyección de la velocidad anual en corte estival, expresada en porcentaje (%).

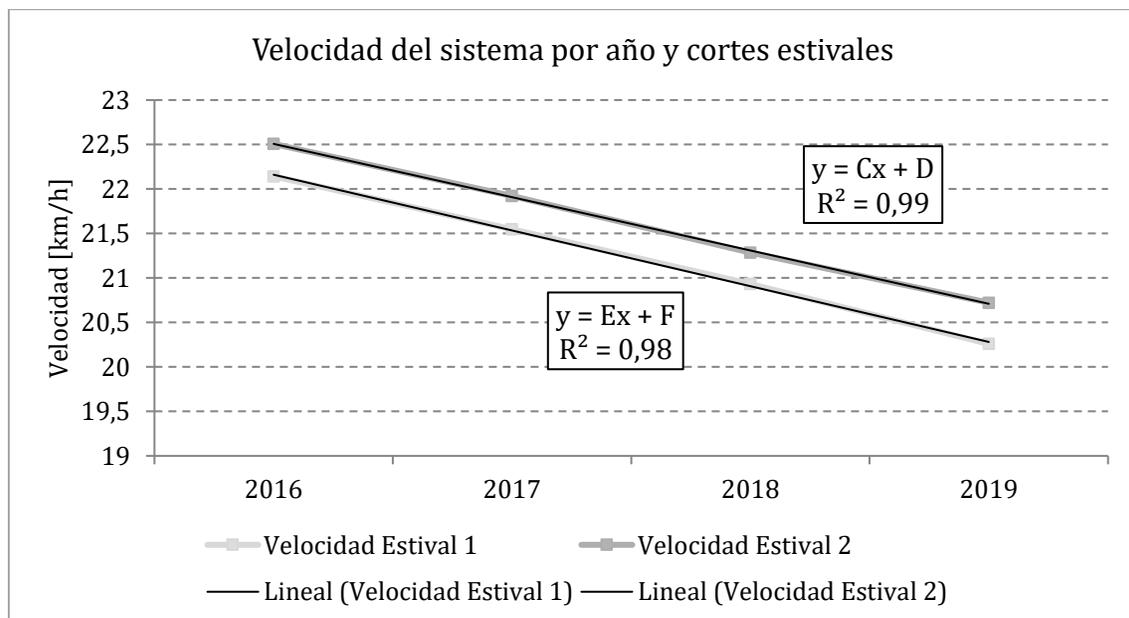
V_e = Velocidad estimada mediante la recta de regresión para el último año de los datos en corte estival.

A = Pendiente de la recta de regresión en corte estival.

El proceso descrito anteriormente se realizará de manera independiente para el corte Estival1 (enero) y Estival2 (febrero), obteniendo una tasa anual para cada uno de los dos cortes.

A modo de ejemplo, en la Figura 4-4 se presenta el cálculo de una regresión lineal de cortes estivales utilizando las velocidades promedio del sistema de cuatro años de operación.

Figura 4-4: Cálculo de la tendencia del sistema para cortes estivales.



4.4 Construcción de Unidades de Análisis

El objetivo de esta sección es definir las unidades de análisis a las cuales se les estimará una velocidad de acuerdo con lo señalado en el Anexo 3 del Plan de Operaciones y luego completar aquellas que no cumplan con la cota mínima de datos según las instrucciones definidas en la sección 3.3 de este Instructivo.

Según lo señalado en la sección 3.2 y en la Figura 3-3 de este Instructivo, los periodos de información adicional de cortes estivales se encuentran desfasados un año con respecto al periodo original de recopilación de datos, por lo tanto, los nuevos datos incluidos en cortes estivales deben ser corregidos por la tendencia del sistema, calculada conforme a lo indicado en la sección 4.3.2 de este documento.

Por otra parte, las variantes por ferias u otras actividades de días festivos, o por reversibilidad de calles u otras medidas propias de un periodo del día (por ejemplo, servicios que operan en punta mañana o punta tarde), deben ser agrupadas junto a sus servicios originales, y se deben considerar las medias horas correspondientes a ambos servicios.

De presentarse el caso de un servicio que sufre una modificación durante el periodo de recopilación de datos, todos los datos anteriores a dos semanas después de aplicada la modificación quedan invalidados. Si debido a esta medida existen unidades de análisis que no cumplen con la cota mínima de información, de forma excepcional, se podrán utilizar semanas posteriores al periodo de recopilación de datos como información complementaria.

En caso de ausencia de información por motivos de fuerza mayor, como errores en las bases de datos, el servicio puede tratarse como nuevo y se debe aplicar la metodología establecida en la sección 5.1 de este Instructivo, referente a cambios de trazado, extensiones y nuevos servicios.

4.5 Cálculo del Percentil 40 de las Velocidades

Se debe realizar el cálculo de los percentiles 40 de las velocidades por servicio-sentido-tipo de día-media hora de acuerdo con lo definido en la sección 3.4 de este Instructivo. Para esto, se debe corroborar que todas las unidades de análisis contienen la información suficiente definida por la cota mínima de datos y que los datos adicionales estivales hayan sido debidamente corregidos de acuerdo con lo definido en este Instructivo.

4.6 Proyección de Velocidades

Las velocidades calculadas conforme a la sección 4.5 precedente se proyectan utilizando las tendencias del sistema obtenidas por el corte temporal definido en la sección 4.3. Esto permite proyectar las velocidades de los periodos de alimentación de datos al periodo de estimación deseado. Esto se realizará según la siguiente ecuación.

$$V_{proyectadas}^{P40} = V^{P40} \cdot (1 + Tasa_i/100)^n$$

Donde:

$V_{proyectadas}^{P40}$ = Velocidad proyectada utilizando el percentil 40 de las velocidades por servicio-sentido-tipo de día-media hora.

V^{P40} = Velocidad estimada mediante la recta de regresión para el último año de los datos para el percentil 40 de las velocidades.

$Tasa_i$ = Tasa en porcentaje de la velocidad del sistema en corte i (normal, estival1, estival2) calculadas en las secciones 4.3.1 y 4.3.2.

n = Número de periodos a proyectar según el corte temporal.

4.7 Suavización de Velocidades

El principal propósito de esta tarea es controlar caídas y/o aumentos abruptos de velocidad en periodos en donde existe evidencia de que estos no se producen. La suavización se realiza a nivel de servicio-sentido y tipo de día utilizando los bloques continuos de medias horas. La técnica utilizada para este propósito es el estimador de kernel de Nadaraya-Watson [2], el que se basa en estimaciones no paramétricas mediante estimadores de kernel. Este método opera de forma similar a una media ponderada en donde se asume que cada observación influye en las observaciones de su entorno según una distribución definida por la función de kernel. El estimador de Nadaraya-Watson se define de la siguiente forma:

$$\hat{f}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)}$$

Donde:

x = Punto donde se busca suavizar la curva.

n = Cantidad de observaciones del conjunto.

- K = Función no-negativa de forma decreciente llamada kernel.
- x_i, y_i = Pares de información conocidos del entorno del punto a suavizar.
- h = Parámetro de la función de kernel llamado ancho de banda.

El parámetro h puede ser interpretado como un indicador de suavización, es decir, a mayor valor de h se tendrá una curva más suave y a menor valor de h se tendrá, prácticamente, una interpolación. Existen varias funciones que satisfacen las condiciones que definen a una función de Kernel. En este caso se utiliza el kernel gaussiano que asigna una ponderación decreciente con respecto a la distancia del dato según la siguiente ecuación:

$$K(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}(\mu)^2\right)$$

En este caso particular:

$$\mu = \frac{x - x_i}{h}$$

Debido a los importantes cambios de velocidad sufridos por los servicios durante las puntas de días laborales, se ha implementado el uso de un ancho de banda específico para estos periodos.

En la siguiente tabla se señalan los anchos de banda definidos por tipo de día y periodo.

Tabla 4-3: Resumen de ancho de banda por tipo de día y periodo

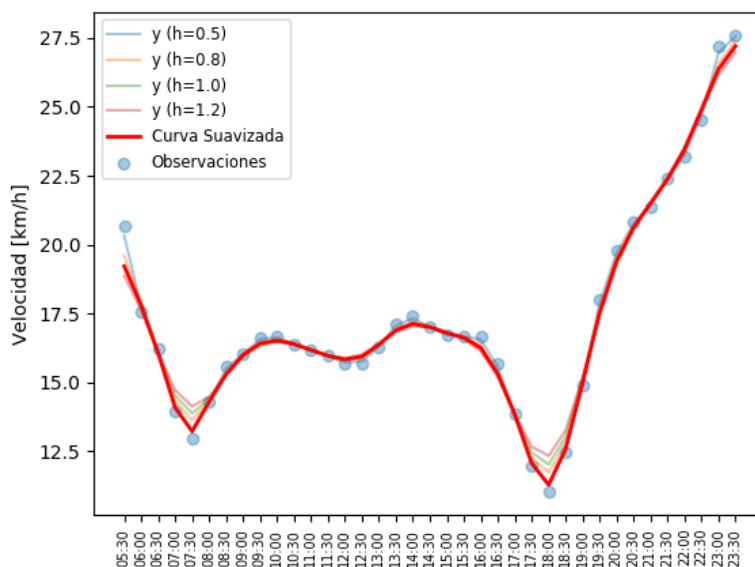
Tipo de día	Periodo	Ancho de banda (h)
Laboral	Puntas	0,5
	Fuera de puntas	1,0
Sábado		2,0
Domingo		2,0

El horario de los periodos puntas será definido por DTPM.

Finalmente, la curva suavizada final de días laborales se construye uniendo los puntos de las curvas suavizadas con ambos anchos de banda según el periodo correspondiente. Es decir, se utilizan los puntos de la curva con ancho de banda $h=0,5$ para los períodos puntas y los puntos de la curva con ancho de banda $h=1,0$ para los períodos fuera de punta.

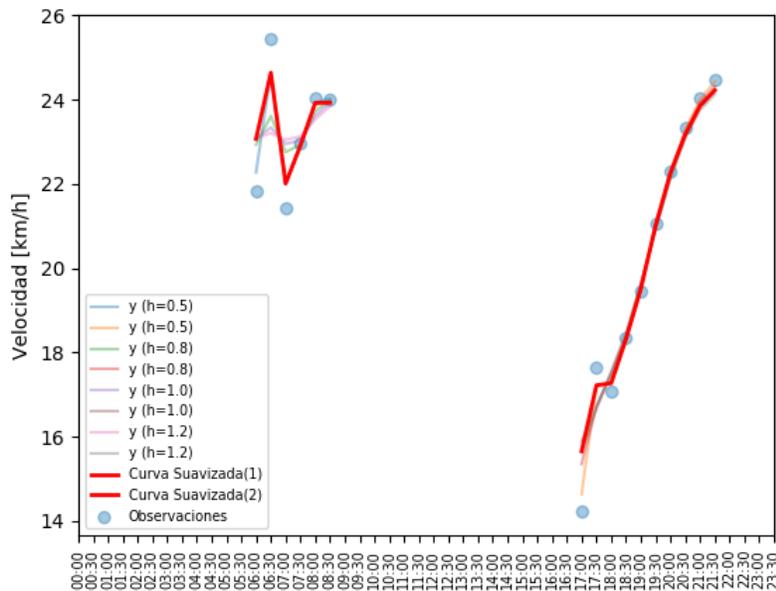
La Figura 4-5 muestra un ejemplo donde la curva suavizada final, indicada en rojo, se aproxima más a las observaciones en períodos punta, mientras que en los periodos fuera de punta sigue un curso más suave.

Figura 4-5: Ejemplo de curva suavizada final para un día laboral.



Cuando se observe un comportamiento errático de la curva suavizada, como por ejemplo el presentando en la Figura 4-6, se modificarán los valores de ancho de banda señalados en la Tabla 4-3.

Figura 4-5: Ejemplo de curva suavizada con un comportamiento errático.



5 CASOS ESPECIALES

En este capítulo se describen las metodologías de servicios que, debido a particularidades relacionadas a la modificación de sus trazados o de su propia operación, no pueden ser evaluados con el procedimiento normal. En estos escenarios se requiere de una fuente de información alternativa que permita desagregar geográficamente la velocidad de los servicios sobre una red.

5.1 Cambio de Trazado, Extensiones y Nuevos Servicios

Los servicios que vean modificados sus trazados debido a cambios o extensiones, los servicios nuevos de los cuales no se disponga de información y los servicios que vean extendida su operación por más de una hora, podrán ser analizados según las velocidades o tiempos por tramos del trazado (arcos), si se estima necesario.

En caso de no estar disponible la información de tiempos por arco, se utilizará información agregada zonal y/o información del servicio base. Una vez que estos servicios dispongan de información suficiente, se les estimará la velocidad de acuerdo con la metodología general.

5.2 Servicios con Ampliación de Horario de Operación

En caso de extensión de los horarios de operación de los servicios en la que no existe información histórica para estimar la velocidad, se deberá aplicar lo siguiente:

- Si la extensión de horario es una hora o menos, las velocidades podrán imputarse utilizando los valores de la media hora más cercana con información disponible en los datos.
- Si la extensión del horario supera una hora o se amplía a nuevos tipos de días, deberán aplicarse los procesos definidos en la sección 5.1 de este Instructivo.

5.3 Inyecciones y Servicios Cortos

En el caso de inyecciones y servicios cortos que no dispongan de información previa para su correcta estimación, se procederá a utilizar la información del servicio original. Si esta información tampoco se encuentra disponible, se considerará como un nuevo servicio y se procederá de acuerdo a la sección 5.1 de este Instructivo.

5.4 Servicios Circunvalares

En el caso de nuevos servicios circunvalares que se construyan a partir de servicios operativos con información disponible, se procederá a estimar sus velocidades considerando al nuevo servicio como la unión de los servicios-sentidos anteriores, procurando corregir el cálculo de sus velocidades por sus respectivos tiempos y distancias. Si la información no está disponible o si la construcción del nuevo servicio obliga a realizar modificaciones importantes, se considerará como un nuevo servicio y se procederá de acuerdo a la sección 5.1 de este Instructivo.

5.5 Cambios en Infraestructura

En los casos de servicios cuyos trazados tengan modificaciones en su entorno de operación por cambios en la infraestructura por la cual circulan, como construcciones o puesta en marcha de corredores segregados, se podrá modificar su velocidad cambiando las velocidades de los tramos del trazado (arcos) afectados. Para estos cambios, se utilizará información de situaciones similares.

5.6 Servicios Medidos con Indicador de Puntualidad en Horario de Pasada

La velocidad de las Unidades de Análisis en que se aplican indicadores de puntualidad (IP) deberá ser calculada de forma consistente con la información de los intervalos entre puntos de control dispuesta en el Plan de Operaciones, particularmente a partir del horario de despacho y de llegada al término de la ruta.

La definición de los horarios de paso por los puntos de control se realizará de acuerdo a lo dispuesto en el Instructivo de Elaboración del Programa de Operación.

6 MODIFICACIONES DEL PRESENTE INSTRUCTIVO

6.1 Proceso de Modificación del Instructivo de Desplazamiento y Velocidades

El Ministerio podrá siempre que lo estime necesario, y con el fin de asegurar la continuidad y calidad de los servicios, modificar el Instructivo de Desplazamiento y Velocidades, comunicando dicha modificación oportunamente a los Operadores. Cualquier cambio en este instructivo regirá para todos los Operadores de Buses a quienes sea aplicable.

Los Operadores podrán emitir observaciones a la modificación informada por el Ministerio. Para ello, deberán presentar sus observaciones por escrito dentro de los cinco (5) días siguientes a la comunicación señalada en el párrafo anterior, indicando los fundamentos de sus observaciones. El Ministerio podrá considerar las observaciones realizadas por los Operadores, y definirá las modificaciones al presente Instructivo, dentro de los cinco (5) días siguientes de recibidas las observaciones, o de vencido el plazo para presentarlas.

7 BIBLIOGRAFÍA

[1] John Tukey, 1977: Exploratory Data Analysis, Addison-Wesley, pp. 43-44.

[2] Michalak, Marcin. (2014): On Interval Estimating Regression. Computer Science & Information Technology. 4. 45-53. 10.5121/csit.2014.4605.



3. NOTIFIQUESE el presente acto administrativo a los interesados en el proceso de licitación pública N° LPCUV 001/2019, mediante su publicación en el sitio web www.dtpm.gob.cl, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 3.4.1 de las bases de licitación.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE EN EL SITIO WEB
www.dtpm.gob.cl

Distribución:

DIRECTORIO DE TRANSPORTE PUBLICO METROPOLITANO – OFICINA DE PARTES



Para verificar la validez de este documento debe escanear el código QR y descargar una copia del documento desde el Sistema de Gestión Documental.

294287

E92981/2021