

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Alcances	2
2. Antecedentes Específicos	3
2.1. Sistema de transporte público en Santiago	3
2.2. Normas de emisiones para vehículos diésel pesados	5
2.3. Matrices Origen-Destino	6
2.3.1. Buses	8
2.3.2. Metro	9
2.3.3. Estación de bus	9
2.4. Estimación de velocidad comercial promedio	9
2.5. Emisiones Contaminantes	13
2.5.1. Emisiones en motores diésel	14
2.5.2. Sistemas de control de emisiones diésel	16
2.5.3. Inventarios de Emisiones	19
2.5.4. COPERT 4	21
3. Metodología	26
3.1. Actividades	26
3.2. Recursos Disponibles	28
4. Estudio, pre-procesamiento y utilización de datos	29
4.1. Bases de datos	29
4.1.1. COPERT 4	29
4.1.2. <i>diccionarioPatentes</i>	30
4.1.3. <i>rutaTramada</i>	30
4.1.4. <i>secuenciaParadas</i> en servicio-sentido	31
4.1.5. <i>diccionarioServicio</i>	31
4.1.6. <i>velocidadesFull</i>	32
4.1.7. <i>perfilCarga</i>	32
4.2. Pre-procesamiento de datos	32
4.2.1. Filtro sobre datos de velocidad	32

4.2.2.	Correspondencia entre bases de datos velocidadesFull y perfilCarga	33
4.3.	Utilización de datos: implementaciones	34
4.3.1.	Implementación 1: caso base	34
4.3.2.	Implementación 2: efecto de la pendiente	34
4.3.3.	Implementación 3: efecto de la carga	35
4.3.4.	Implementación 4: final	35
5.	Resultados y Discusiones	37
5.1.	Factores de emisión	37
5.1.1.	Efecto de las variables de entrada	37
5.1.2.	Comparación de tecnologías	38
5.2.	Emisiones de la flota completa de buses	47
5.2.1.	Distribución temporal de emisiones	47
5.2.2.	Distribución espacial de emisiones	49
5.3.	Emisiones del servicio 506I	57
5.3.1.	Distribución temporal de emisiones	58
5.3.2.	Distribución temporal de emisiones por pasajero	63
5.3.3.	Distribución espacial de emisiones	66
6.	Conclusiones	70
	Bibliografía	72
A.	Emisiones calculadas para la flota completa	74
A.1.	Distribución temporal	74
A.2.	Distribución espacial	77
B.	Emisiones del servicio 506I	80
B.1.	Distribución temporal	80

Índice de Figuras

2.1.	Códigos alfanuméricos de servicios. Fuente: [1]	4
2.2.	Ejemplo pintura carrocería de los buses e información de recorrido. Fuente: [2]	5
2.3.	Proyección de pulsos GPS sobre los caminos. Fuente:[3].	10
2.4.	Ejemplo de resultados de simplificación de ruta, con verde la ruta simplificada sobre la ruta azul original. Fuente: [4]	10
2.5.	Diagrama tiempo-espacio para un sistema de buses. Fuente:[3].	11
2.6.	Procedimiento de interpolación basado en datos GPS. Fuente:[3].	12
2.7.	Método de reconciliación propuesto en la aplicación de enfoques bottom-up y top-down durante la construcción de un inventario de emisiones urbano. Fuente: [5]	20
2.8.	Diagrama de flujo de aplicación de la metodología para la línea de base. Fuente:[5]	23
3.1.	Diagrama de flujo de la metodología utilizada.	27
4.1.	Diagrama de relación entre las bases de datos utilizadas.	36
5.1.	Factores de emisión calculados a partir de la implementación 1 - caso base. .	39
5.2.	Factores de emisión calculados a partir de la implementación 2 - efecto de la pendiente.	40
5.3.	Factores de emisión calculados a partir de la implementación 3 - efecto de la carga.	41
5.4.	Comparación de factores de emisión de las patentes FLXR-55 y FLXB-40 calculados a partir de la implementación 1 - caso base.	44
5.5.	Comparación de factores de emisión de las patentes FLXB-40, CJRH-14 y XA-4095 calculados a partir de la implementación 1 - caso base.	45
5.6.	Comparación de factores de emisión de MP para buses Euro III, con y sin filtro calculados a partir de la implementación 1 - caso base.	46
5.7.	Emisiones totales para cada día de la semana en estudio, calculadas mediante las implementaciones 1 y 2.	50
5.7.	Emisiones totales para cada día de la semana en estudio, calculadas mediante las implementaciones 1 y 2 (continuación).	51
5.8.	Emisiones totales cada 30 minutos para la semana completa en estudio, calculadas mediante las implementaciones 1 y 2.	52
5.8.	Emisiones totales cada 30 minutos para la semana completa en estudio, calculadas mediante las implementaciones 1 y 2 (continuación).	53
5.9.	Emisiones totales por comuna para el día 14 de Marzo de 2016, calculadas mediante la implementación 1.	54

5.9. Emisiones totales por comuna para el día 14 de Marzo de 2016, calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	55
5.10. Porcentaje de contribución de las comunas a la emisión total de contaminantes, para el día 14 de Marzo de 2016. Cálculo realizado mediante la implementación 1.	56
5.11. Distribución de velocidades del servicio 506I durante la semana en estudio.	57
5.12. Distribución de pendientes de la ruta del servicio 506I.	57
5.13. Emisiones totales para cada día de la semana en estudio, calculadas mediante las implementaciones 1, 2, 3 y 4.	59
5.13. Emisiones totales para cada día de la semana en estudio, calculadas mediante las implementaciones 1, 2, 3 y 4 (continuación).	60
5.14. Emisiones totales del servicio 506I cada 30 minutos del día 14-03-2016, calculadas mediante las implementaciones 1, 2, 3 y 4.	61
5.14. Emisiones totales del servicio 506I cada 30 minutos del día 14-03-2016, calculadas mediante las implementaciones 1, 2, 3 y 4 (continuación).	62
5.14. Emisiones totales del servicio 506I cada 30 minutos del día 14-03-2016, calculadas mediante las implementaciones 1, 2, 3 y 4 (continuación).	63
5.15. Emisiones promedio por pasajero del servicio 506I como función del tiempo de inicio de la expedición. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1.	64
5.15. Emisiones promedio por pasajero del servicio 506I como función del tiempo de inicio de la expedición. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	65
5.15. Emisiones promedio por pasajero del servicio 506I como función del tiempo de inicio de la expedición. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	66
5.16. Ejemplo de emisiones en ruta de la patente FLXD-45 realizando un recorrido del servicio 506I, con horario de inicio 17:00 el día 18-03-2016.	67
5.16. Ejemplo de emisiones en ruta de la patente FLXD-45 realizando un recorrido del servicio 506I, con horario de inicio 17:00 el día 18-03-2016 (continuación).	68
5.16. Ejemplo de emisiones en ruta de la patente FLXD-45 realizando un recorrido del servicio 506I, con horario de inicio 17:00 el día 18-03-2016 (continuación).	69
A.1. Emisiones totales de CO en Las Condes, Cerrillos y Pudahuel el día 14-03-2016 calculadas mediante las implementaciones 1.	74
A.1. Emisiones totales de CO en Las Condes, Cerrillos y Pudahuel el día 14-03-2016 calculadas mediante las implementaciones 1 (continuación).	75
A.2. Emisiones totales de NO _x en Las Condes, Cerrillos y Pudahuel el día 14-03-2016 calculadas mediante las implementaciones 1.	76
A.3. Emisiones totales por comuna el día 14-03-2016 calculadas mediante las implementaciones 1.	77
A.3. Emisiones totales por comuna el día 14-03-2016 calculadas mediante las implementaciones 1 (continuación).	78
A.3. Emisiones totales por comuna el día 14-03-2016 calculadas mediante las implementaciones 1 (continuación).	79

B.1. Correlación entre emisiones totales cada 30 minutos y número de buses en servicio para el periodo completo de estudio. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1.	80
B.1. Correlación entre emisiones totales cada 30 minutos y número de buses en servicio para el periodo completo de estudio. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	81
B.1. Correlación entre emisiones totales cada 30 minutos y número de buses en servicio para el periodo completo de estudio. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	82
B.2. Correlación entre emisiones promedio cada 30 minutos y velocidad promedio para el periodo completo de estudio. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1.	83
B.2. Correlación entre emisiones promedio cada 30 minutos y velocidad promedio para el periodo completo de estudio. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	84
B.2. Correlación entre emisiones promedio cada 30 minutos y velocidad promedio para el periodo completo de estudio. Las emisiones son calculadas mediante la implementación 1 (continuación).	85
B.3. Emisiones promedio y emisiones promedio por pasajero del servicio 506I como función del tiempo de inicio de la expedición. Las emisiones son calculadas mediante las implementaciones 1.	85
B.3. Emisiones promedio y emisiones promedio por pasajero del servicio 506I como función del tiempo de inicio de la expedición. Las emisiones son calculadas mediante las implementaciones 1 (continuación).	86
B.3. Emisiones promedio y emisiones promedio por pasajero del servicio 506I como función del tiempo de inicio de la expedición. Las emisiones son calculadas mediante las implementaciones 1 (continuación).	87

Índice de Tablas

2.1. Detalle de empresas del Transantiago.	4
2.2. Estándares de emisiones Europeos para motores diésel pesados: prueba en estado estacionario	6
4.1. Campos de la base de datos <i>diccionarioPatentes</i>	30
4.2. Campos de la base de datos <i>rutaTramada</i>	30
4.3. Campos de la base de datos <i>secuenciaParadas</i>	31
4.4. Campos de la base de datos <i>diccionarioServicio</i>	31
4.5. Campos de la base de datos <i>velocidadesFull</i>	32
4.6. Campos de la base de datos <i>perfilCarga</i>	33
5.1. Clasificación de buses del Transantiago según norma de emisiones, tamaño del bus y existencia de filtro.	42
5.2. Comparación de factores de emisión de un bus Euro II [6] con buses Euro III y V usados en el presente estudio. Los factores de emisión desplegados son para una velocidad de 20 km/h.	43
5.3. Comparación de emisiones anuales entre el inventario USACH2013 [7] y los resultados del presente estudio.	47
5.4. Comparación de emisiones anuales entre el inventario USACH2013 [7] y los resultados del presente estudio extrapolando los fines de semana.	48