

Procesamiento y disponibilización de Datos de ADATRAP

Informe 2– OT02

Responsables: Mauricio Zúñiga

14/03/2023

Tabla de Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	3
1. Introducción	4
2. Descripción de tareas	5
2.1 Incorporación de datos a red Vial	5
2.1.1 Descripción global de la metodología	5
2.1.2 Descripción de datos de entrada	7
2.1.2.1 Grafo vial completo	7
2.1.2.2 Arcos por servicio-sentido	7
2.1.2.3 Diccionario de servicios	8
2.1.3 Descripción metodología de proyección de etapas	8
2.1.3.1 Construcción trazados simplificados	10
2.1.3.2 Obtención de arcos de la etapa	11
2.1.3.3 Clases y estructuras de datos	12
2.1.3.4 Consideraciones de la metodología	13
2.1.4 Descripción metodología de proyección de buses	14
2.1.4.1 Construcción trazados simplificados	16
2.1.4.2 Obtención de arcos de la expedición	16
2.1.4.3 Clases y estructuras de datos	16
2.1.5 Datos de salida	16
2.1.6 Resultados	19
2.1.6.1 Resultados de flujo de etapas	19
2.1.6.1 Resultados de flujo de buses	22
2.1.7 Análisis y chequeos	24
2.1.8 Conclusiones y trabajo futuro	26

Señores

Subsecretaría de Transporte

Presente

Srta. Loreto Bravo

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería tiene el agrado de saludar y presentar el informe 2 de los resultados de la orden de trabajo número dos de la contratación del servicio de "Procesamiento y disponibilización de Datos de ADATRAP, Etapa III" por medio de la Resolución Ex. 459.

Quedamos a su disposición y atentos para sus consultas, la saluda cordialmente,

Mauricio Zúñiga G.

Responsable de la operación proyecto ADATRAP
ISCI



RESUMEN EJECUTIVO

En el contexto del servicio de "Procesamiento y disponibilización de Datos de ADATRAP" por medio de la Resolución Ex. 459, se ejecuta la orden de trabajo número dos por el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería, centro de investigación y desarrollo de metodologías vinculadas a la integración de ingeniería en problemas reales y complejos.

Esta orden de trabajo tiene por objetivo el desarrollo de nuevas herramientas y el mejoramiento de las existentes, el periodo de trabajo que cubre esta orden dio inicio el 1 de agosto de 2022 y finaliza con la entrega del informe final el 10 de marzo de 2023. La orden de trabajo se realizará en dos etapas, este informe entrega los resultados de la segunda etapa.

Durante esta orden de trabajo se realizaron un conjunto de análisis, mejoras y nuevos desarrollos, entre ellos están : la integración de la nueva metodología de cálculo de indicadores en la versión de producción, la mejora de la proyección a rutas para gps, paraderos y transacciones, un diagnóstico de la calidad de los datos de perfiles de carga, un diagnóstico de la calidad de los datos de tiempos de viaje en Metro, el desarrollo de un nuevo software para alimentar la visualización de ficha de servicios y un diseño de solución para la incorporación de los datos a la red vial.

1. Introducción

El ISCI es un centro de investigación y desarrollo de metodologías vinculadas a la integración de ingeniería en problemas reales y complejos, en sus diversas especialidades y en disciplinas afines y complementarias; tales como infraestructura, comportamiento humano, energía, medio ambiente, recursos naturales, transporte, ciudades y gestión.

El software de análisis de datos de transporte público ADATRAP fue desarrollado en el marco del proyecto FONDEF de Interés Público “Tecnología Avanzada para Ciudades del Futuro”. Este proyecto, liderado por académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, tiene como contrapartes beneficiarias de sus desarrollos a la Subsecretaría de Transportes, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, y el Cuerpo de Bomberos de Santiago. ADATRAP se basa en los desarrollos metodológicos de Cortés et al. (2011), Munizaga y Palma (2012), Devillaine et al. (2012), Gschwender et al. (2012), Amaya y Munizaga (2013), Núñez et al. (2013), Munizaga et al. (2014). La programación fue desarrollada por Mauricio Zúñiga, Richard Ibarra, Raúl Espinoza y Ramón Cruzat. El proyecto FONDEF es dirigido por Marcela Munizaga, investigadora encargada del área de análisis de datos de transporte público.

La Secretaría Ejecutiva del DTPM ha solicitado al Instituto de Sistema Complejos de Ingeniería, la contratación del servicio de “Procesamiento y disponibilización de Datos de ADATRAP, etapa III” por medio de la Resolución Ex. 459.

El servicio consiste en realizar el procesamiento, almacenamiento y disponibilización de información relevante para el análisis de datos del sistema de transporte de Santiago. Además, el servicio contempla horas para la investigación y desarrollo de mejoras o modificaciones en los datos de entrada del software que pueden ocurrir por cambios en el sistema, como, por ejemplo, nuevas líneas de metro o cambios en los formatos de los archivos.

Este informe contiene la descripción detallada de las nuevas herramientas desarrolladas y las mejoras realizadas a las herramientas existentes.

2. Descripción de tareas

Durante esta orden de trabajo se realizaron actividades de investigación y desarrollo enfocados a mejorar herramientas y construir nuevas. La descripción de cada tarea se describe a continuación.

2.1 Incorporación de datos a red Vial

El principal objetivo de este trabajo consisten en lograr incorporar la data de las etapas en los arcos de la red vial de Santiago, esto con el objeto de poder realizar análisis sobre las calles que componen el sistema con toda la información agregada en un único arco de la calle, a diferencia de hoy que todos los datos son desagregados por servicio y cada trazado de servicio no necesariamente calza con los otros que circulan por la misma calle, lo que dificulta de sobremanera el trabajo de poder responder preguntas simples, como por ejemplo : ¿Cuál es el flujo de personas que pasan por Alameda entre Estado y la ruta 5 norte?, o cuál es el flujo de buses en providencia en cierto horario?.

Con este objetivo se han realizado varios estudios y trabajos que han ido preparando los datos para lograrlo, el primer estudio consistió en verificar si era factible extraer este grafo desde OSM (Open Street Map) de tal forma de contar con una fuente actualizada y constante en el tiempo sin cobro adicional, lo cual fue validado y se creó un software capaz de extraer esos datos y prepararlos de la mejor manera para que fueran una entrada adicional al software de ADATRAP. Por otro lado, en la etapa anterior de esta orden de trabajo se realizó un diseño previo de cómo debiese ser el flujo de los datos para lograr incorporarlos en esta red vial, y finalmente en esta etapa se dio paso a la construcción de un prototipo que logra incorporar los datos de las etapas y por consiguiente el flujo de personas por cada arco y periodo de transantiago en la red vial. Este informe busca describir en detalle la metodología y software contruidos sobre la herramienta ADATRAP que realiza esta integración y la descripción de algunos análisis realizados para el chequear el correcto funcionamiento de esta nueva herramienta.

La herramienta solo considera los servicios de buses del sistema, no está considerado el Metro ni Metrotren en esta etapa.

2.1.1 Descripción global de la metodología

El proceso desde un punto de vista más global consisten en una herramienta desarrollada en python que es capaz de tomar los datos de OSM y realizar la asociación con los trazados del sistema RED, de tal manera que construye la información de qué servicio está asociado a cada arco de la calle, por otro lado y después de algunas

iteraciones también se integró la construcción de un dato que consisten en todos los arcos del vial que componen cada trazado de servicio, ordenados en sentido de avance de la ruta. Estos datos son entregados como entrada al procesamiento de validaciones de ADATRAP el cual realiza una iteración por sobre todas las etapas del sistema que tienen subida y bajada, las cuales son proyectadas a la secuencia de arcos del servicio y con esto se puede sacar cuál fue la secuencia de arcos por donde paso la persona.

Finalmente, se va sumando cada persona a cada arco y se construye como resultado un grafo por cada periodo Transantiago con todos los arcos que conforman todos los trazados del sistema, y cada arco con la información de número de personas que pasaron por él en ese periodo por cada servicio-sentido.

El Diagrama 1 muestra el flujo completo de acciones para lograr integrar el flujo de personas a los arcos del vial.

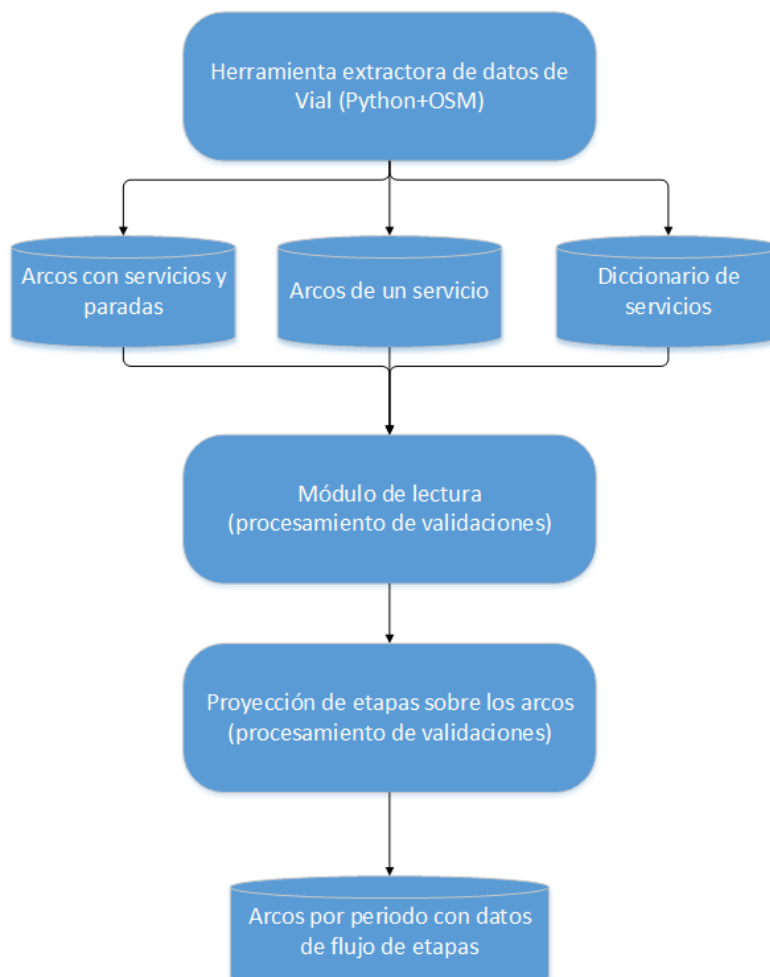


Diagrama 1 : Flujo general de la integración de datos de etapas a la red vial.

2.1.2 Descripción de datos de entrada

Como fue descrito anteriormente es necesario construir y entregar los datos de la red vial en un cierto formato a la herramienta de procesamiento de validaciones, estos archivos son descritos a continuación.

2.1.2.1 Grafo vial completo

El primer archivo necesario para realizar la integración corresponde al grafo vial, el cual está compuesto por un conjunto de arcos que definen todas las calles por las cuales pasa algún servicio-sentido del sistema de transporte público Red. El contenido y formato de este archivo se describe en la Tabla 2.1.2.1.

Campo	Descripción	Ejemplo
Arco_id	Id del arco, este id viene de los datos de OSM, se asume único por cada arco	286462
recorridos	Lista de los códigos de shape de cada servicio-sentido que utiliza el arco.	410yl;120l;B29l;410l;410IPT;408l;408l_fmavi;105l;B30NI;B03l;B03l_fjudo;B20l;B09l;110R;109l_fmajuvido;109l
paraderos	Paraderos que están en el arco	PB69
linestring	Secuencia de coordenadas que define el trazado en la ruta del arco	LINESTRING (-70.7058775 -33.4044577, -70.7058135 -33.4044782, -70.7057514 -33.4045025, -70.7056936 -33.4045293, -70.7056381 -33.4045593, -70.7055174)

Tabla 2.1.2.1 : Formato y estructura de archivo con red vial.

Como se aprecia en la tabla anterior, en este archivo vienen todos los arcos que definen la red vial y su geometría. Esta red está definida por todos los trazados de la red sin considerar las horas de operación.

2.1.2.2 Arcos por servicio-sentido

Después de varias iteraciones desarrollando la metodología y algoritmos se llegó a la conclusión que es más eficiente construir, además, un archivo que indique que arcos son los que componen cada servicio-sentido por separado, arcos que deben estar ordenados en el sentido de avance de este. De esta manera no es necesario realizar un reproceso de los datos del vial completo para obtener esta información, la cual es necesaria para determinar qué arcos componen el tramo que recorre una etapa de un usuario. El detalle de este algoritmo se describe en la sección 2.1.3. La Tabla 2.1.2.2 muestra el formato y estructura del archivo que contiene estos datos.

Campo	Descripción	Ejemplo
Servicio_id	Corresponde a un ID que define cuál es el trazado del servicio-sentido, este ID trae una traducción en el archivo de diccionario_rutas.csv, descrito en la siguiente sección.	1
cpath	Lista de arcos, corresponde a la lista de los ids de los arcos que componen el trazado de dicho servicio-sentido, estos ID corresponden a los mismos Arco_id de los datos de la red vial.	286462,165428,183007,183052,183055,229225,252403,252397,252404,294409,300691,100492,120297,300856,60976,300110,120076,120078,300103,49019,162455,136941,136947,52514,136950,321748,321751,120090,57092,57099,58480,58479,136962,347178,216891,299232,59909,60544,262794,50441,106873,49305,49309,49717

Tabla 2.1.2.1 : Formato y estructura de archivo con datos de arcos por servicio-sentido.

2.1.2.3 Diccionario de servicios

Como se aprecia en la sección 2.1.2.2, se hace necesario un diccionario para traducir el ID del trazado y poder llevarlo a la codificación utilizada en el sistema ADATRAP, para esto se construyó un diccionario tal como se describe en la Tabla 2.1.2.3.

Campo	Descripción	Ejemplo
Servicio_id	Corresponde a un ID que define cuál es el trazado del servicio-sentido, este ID trae una traducción en el archivo de diccionario_rutas.csv, descrito en la siguiente sección.	1
route_name	Código del trazado en la codificación de los shapes utilizados por DTPM	301cl_fsa

Tabla 2.1.2.1 : Formato y estructura de archivo con diccionarios de servicios.

2.1.3 Descripción metodología de proyección de etapas

Durante esta orden de trabajo se desarrolló una metodología para poder integrar esta capa de red vial dentro de la herramienta de procesamiento de validaciones de ADATRAP, para esto se realizaron los siguientes definiciones para acotar un primer prototipo:

1. Se busca obtener el flujo de personas que transita por un arco en un periodo de tiempo definido por los periodos Transantiago entregados a ADATRAP.

2. Se utilizará la información de etapas de cada transacción la cual tiene un punto de subida y otro de bajada
3. No se consideran transacciones realizadas en Metro
4. No se consideran transacciones realizadas en MetroTren
5. No se consideran transacciones sin servicio-sentido asignado

Con estas definiciones en consideración, el problema se traduce en lograr incorporar a la red vial todas las validaciones que tienen servicio-sentido asignado y realizadas en bus. Con este objetivo se construyó el siguiente algoritmo:

1. Se leen los datos de los archivos y se almacenan en memoria dinámica (las estructuras de datos se describen en el diagrama de clases Diagrama 2.3.1)
2. Se construyen un trazado paralelo para cada servicio-sentido utilizando solo el nodo de inicio y fin de cada arco, esto se realiza para optimizar las proyecciones más adelante.
3. Se realiza un ciclo para iterar sobre todas las validaciones en bus y zonas pagas que tengan: subida, bajada y servicio-sentido asignado.
4. Por cada validación se realiza la proyección de su subida sobre el trazado de su servicio-sentido con arcos de la red vial, se identifica el arco más cercano y se considera ese arco como el **arco_inicio**.
5. Por cada validación se realiza la proyección de su bajada sobre el trazado de su servicio-sentido con arcos de la red vial, se identifica el arco más cercano y se considera ese arco como el **arco_fin**.
6. Identificados el arco de inicio y fin, se extrae la secuencia de arcos que van desde el **arco_inicio** al **arco_fin**, utilizando el sentido de avance de la ruta y se almacenan en un arreglo de arcos.
7. Se identifica el grafo o red vial del periodo de subida de la validación
8. En caso que el tiempo de bajada sea antes del fin del periodo se utiliza como cierre la posición de la bajada, en caso contrario se utiliza como cierre el gps del bus justo anterior al término del periodo.
9. Se agrega una persona por cada arco de ese grafo en cada arco de la secuencia encontrada

Al finalizar el proceso por cada una de las transacciones queda un conjunto de red viales o grafos, uno por cada periodo, y cada uno cuenta con los mismos arcos pero sus arcos contienen la suma de validaciones que pasaron por él en ese periodo de tiempo.

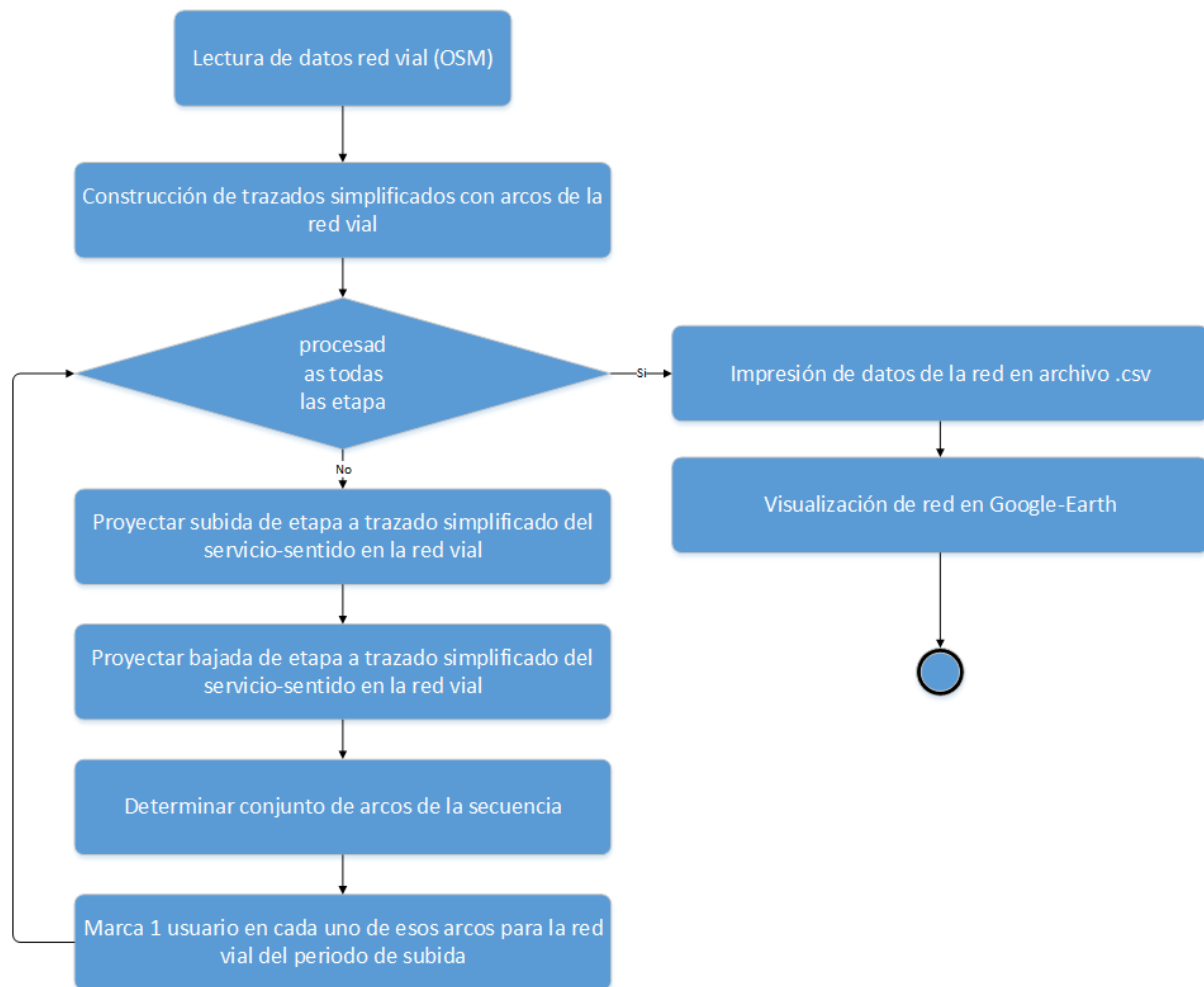
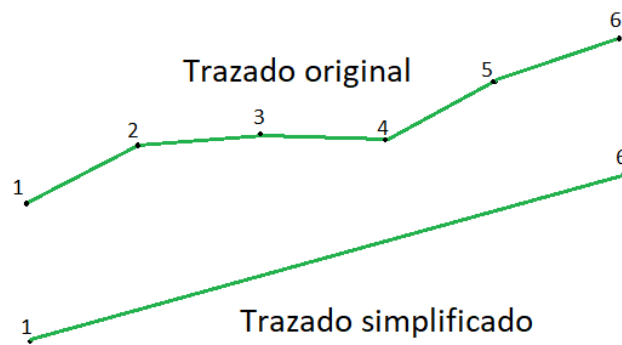


Diagrama 2.1.3.a : Algoritmo que lleva la información de validaciones a flujos de usuarios por arco.

Algunos puntos que requieren más descripción son:

2.1.3.1 Construcción trazados simplificados

Como se menciona en la descripción del algoritmo global existe un proceso de simplificación del trazado de la red vial de cada servicio-sentido, este consiste en la eliminación de todos los puntos intermedios de un arco, dejando sólo los puntos de inicio y fin de cada arco. La Ilustración 2.1.3.1 muestra el caso antes y después de la simplificación, como se aprecia el trazado original tiene 6 puntos y el nuevo solo 2, adicionalmente, un trazado de un servicio-sentido está compuesto por una secuencia de arcos por lo que el trazado final corresponde a la unión de todos estos puntos eliminando los puntos duplicados formados por el fin de un trazado y el inicio del siguiente.



Esta simplificación tiene varios objetivos, en primera instancia busca bajar los tiempos de cálculo para las proyecciones que se explicaran en la sección 2.1.3.2 y por otro lado permite que las visualizaciones en Google-Earth sean más livianas. Hay que tener en consideración que esta simplificación puede traer algún error en la elección del tramo al cual pertenece alguna etapa, pero la frecuencia de ocurrencia es prácticamente cero, y además, en el peor caso sólo considera una subida o bajada en el arco siguiente o anterior, es por esto que es una buena elección utilizarlo, en el caso que se requiere máxima precisión se pueden utilizar todos los puntos de la geometría pero esto genera aumentos significativos en los tiempos de cálculo.

2.1.3.2 Obtención de arcos de la etapa

Con los trazados simplificados se da paso a llevar la información de cada etapa a los arcos del servicio-sentido del bus que subió, para esto se realiza el siguiente procedimiento:

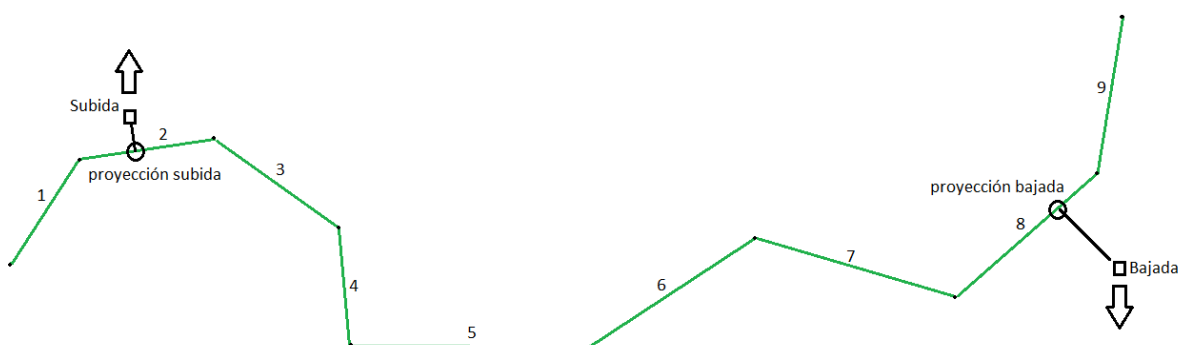


Ilustración 2.1.3.2 : Obtención de secuencia de arcos por donde pasó la etapa.

En la Ilustración 2.1.3.2 se describe el proceso de obtención de la secuencia de arcos de la red vial que utiliza una etapa, lo primero que se realiza es la identificación el arco de subida de la etapa, para esto se proyecta la coordenada de subida sobre todos los arcos

y el arco más cercano es el seleccionado, el mismo proceso se realiza con la coordenada de bajada de la etapa y con esto se obtienen el arco inicio y final de la secuencia. Finalmente, la secuencia de arcos por donde se desplaza la etapa es la secuencia formada por el conjunto de arcos que une el inicio y el final, para este caso de ejemplo la secuencia es 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Sobre cada uno de estos arcos se suma 1, y se repite el algoritmo para todas las etapas, esto permite acumular en cada arco el número de etapas que pasaron por ahí en el periodo definido.

Es importante aclarar que la asignación no sólo es geográfica sino que también temporal, es decir, se asigna, utilizando la información del GPS del bus en el cual se hizo la validación los tiempos para poder asignar estos flujos al periodo que corresponde, la Ilustración 2.1.3.2.a muestra un ejemplo donde las asignaciones en los arcos quedan en distintos grafos según el periodo.

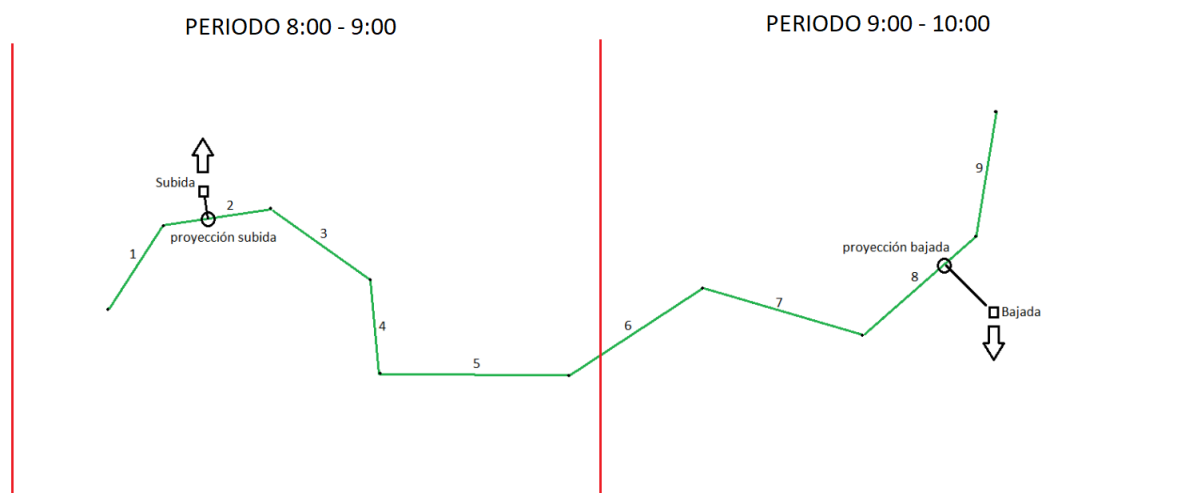


Ilustración 2.1.3.2.a : Diagrama para ejemplificar no solo la división en segmentos de ruta sino que también entre periodos, las barras rojas representan los inicio-fin de periodos.

2.1.3.3 Clases y estructuras de datos

Un diagrama de clases es una herramienta utilizada en el diseño de software que muestra la estructura de un sistema a través de la representación gráfica de sus clases, atributos, métodos y las relaciones entre ellas. Las clases son los bloques fundamentales de un sistema orientado a objetos, y en un diagrama de clases se pueden representar todas las clases involucradas en un sistema, así como sus relaciones y propiedades. Estos diagramas permiten a los desarrolladores entender la estructura de un sistema y las interacciones entre sus componentes, lo que les ayuda a identificar y solucionar posibles problemas en el diseño del sistema. Además, los diagramas de clases son una herramienta útil para la comunicación entre los miembros

del equipo de desarrollo, ya que proporcionan una representación visual clara y concisa de la arquitectura del sistema y su diseño.

En esta sección el Diagrama 2.1.3.b muestra las clases implementadas en el procesamiento de validaciones (ADATRAP) para cubrir las nuevas estructuras de datos necesarias para carga todos los datos de entrada (Nodo, Arco y RutaGrafo), y por otro lado para almacenar los resultados (GrafoTS).

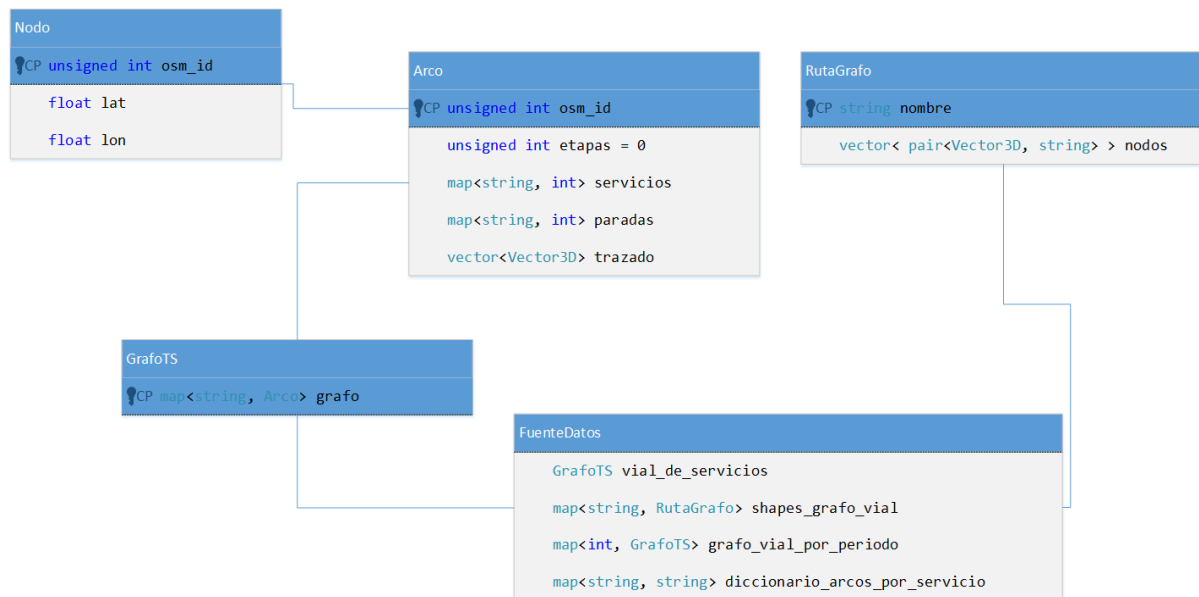


Diagrama 2.1.3.b : Diagrama de clases del módulo de red vial.

Nodo : Clase con contiene la posición en coordenadas de todos los nodos de la red vial.

Arco : Clase que contiene la geometría del trazado del arco, además, contenedora de las etapas por servicio y el número de total de etapas que pasaron por ese arco.

RutaGrafo : Contiene el trazado simplificado de la secuencia de arcos que conforman el trazado total de un servicio-sentido.

GratoTS : Contiene todos los arcos de la red vial

grafo_vial_por_periodo : Estructura que almacena un GrafoTS por cada periodo del sistema.

2.1.3.4 Consideraciones de la metodología

Es muy importante dejar numerados todos los casos que esta metodología inicial no considera y que fueron descubiertos dentro del mismo proceso de creación de esta orden de trabajo, y deberán ser consideradas en trabajo futuro:

1. **Etapas sin servicio** : La metodología no considera sumar a la red vial etapas que no tienen servicio asignado, para tales casos se deberá construir un método que permita seguir la trayectoria gps sobre la red, lo que considera otro algoritmo que queda fuera de alcance en esta etapa previa.
2. **Arco único con ambos sentidos** : Existen arcos en la red que representan los flujos en ambos sentidos, esto es un problema a la hora de visualizar el flujo de personas puesto que suma ambos sentidos, se hace necesario buscar algún método para poder diferenciar los sentidos.
3. **Factor de expansión** : Las etapas sumadas a la red vial no consideran ningún factor de expansión por lo que existe una subestimación de los flujos en por las etapas que no tienen estimación de bajada estimada (~20%).

2.1.4 Descripción metodología de proyección de buses

Junto con la proyección de etapas para ver los flujos de personas se desarrolló una metodología para poder proyectar los flujos de buses a los arcos dentro de la herramienta de procesamiento de validaciones de ADATRAP, para esto se realizaron las siguientes definiciones para acotar un primer prototipo:

1. Se busca obtener el flujo de buses que transita por un arco en un periodo de tiempo definido por los periodos Transantiago entregados a ADATRAP.
2. Se utilizará la información de GPS y las expediciones por servicio-sentido
3. No se consideran viajes de bus que no tienen servicio-sentido

Con estas definiciones en consideración, el problema se traduce en lograr incorporar a la red vial todas las expediciones que tienen servicio-sentido asignado. Con este objetivo se construyó el siguiente algoritmo:

1. Se leen los datos de los archivos y se almacenan en memoria dinámica (las estructuras de datos se describen en el diagrama de clases Diagrama 2.3.1)
2. Se construyen un trazado paralelo para cada servicio-sentido utilizando solo el nodo de inicio y fin de cada arco, esto se realiza para optimizar las proyecciones más adelante.
3. Se realiza un ciclo para iterar sobre todas las expediciones de buses que tengan servicio-sentido asignado.
4. Por cada expedición se realiza la proyección del primer GPS sobre el trazado de su servicio-sentido con arcos de la red vial, se identifica el arco más cercano y se considera ese arco como el **arco_inicio**.
5. Por cada expedición se realiza la proyección del último GPS sobre el trazado de su servicio-sentido con arcos de la red vial, se identifica el arco más cercano y se considera ese arco como el **arco_fin**.

6. Identificados el arco de inicio y fin, se extrae la secuencia de arcos que van desde el **arco_inicio** al **arco_fin**, utilizando el sentido de avance de la ruta y se almacenan en un arreglo de arcos.
7. Se identifica el grafo o red vial del periodo de subida de la validación
8. En caso que el último GPS, se verifica que el tiempo de fin de la expedición sea antes del fin del periodo, en caso contrario el cierre de la expedición se realiza con la hora fin del periodo, de tal manera de no incorporar arcos posteriores al cierre del periodo.
9. Se agrega una persona por cada arco de ese grafo en cada arco de la secuencia encontrada

Al finalizar el proceso por cada una de las expediciones queda un conjunto de red viales o grafos, uno por cada periodo, y cada uno cuenta con los mismos arcos pero sus arcos contienen la suma de expediciones que pasaron por él en ese periodo de tiempo.

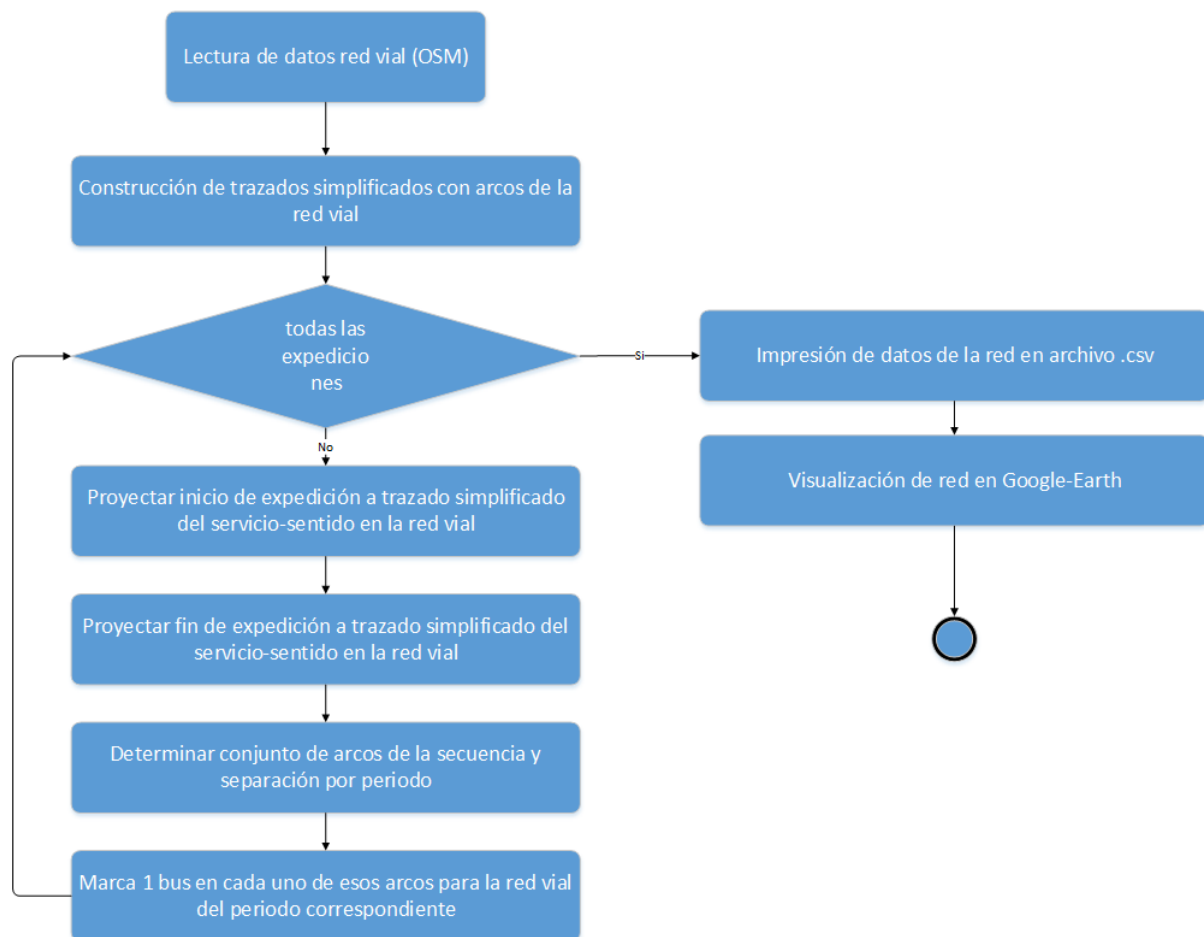


Diagrama 2.1.3.a : Algoritmo que lleva la información de expediciones a flujos de buses por arco.

Algunos puntos que requieren más descripción son:

2.1.4.1 Construcción trazados simplificados

Esta construcción es exactamente la misma descrita en el punto 2.1.3.1.

2.1.4.2 Obtención de arcos de la expedición

Estos arcos se obtienen con la misma metodología descrita en 2.1.3.2. La única diferencia radica en que en vez de la subida y bajada de la etapa es reemplazada por las posiciones de los GPS del inicio y fin de la expedición.

2.1.4.3 Clases y estructuras de datos

Se mantienen las mismas clases y estructuras de datos, solo se agrega una componente para llevar registro del número de buses en cada arco.

2.1.5 Datos de salida

Una vez procesadas todas las etapas se da paso a construir los archivos de salida, estos archivos aún no cuentan con su formato final, puesto como el módulo está en una etapa de prototipo esto pueda cambiar al momento de ser necesario integrarlos a la plataforma de visualización por ejemplo. La salida actual consiste en un archivo por cada periodo, el cual contiene la información de todos los arcos de la red vial con su correspondiente número de etapas para ese periodo.

Campo	Descripción	Ejemplo
periodo	Nombre periodo	04 - PUNTA MAÑANA
hora_ini	Hora de inicio del periodo	06:30
hora_fin	Hora de fin del periodo	08:00
id_arco	Corresponde al id del arco de la red vial	20236
flujo_etapas	Número de etapas que fueron contabilizadas en ese periodo para el arco id_arco.	105
flujo_buses	Número de buses que fueron contabilizados en ese periodo para el arco de id_arco	20
flujo_etapas_x_hora	Número de etapas dividido por el número de horas del periodo	100
flujo_buses_x_hora	Número de buses dividido por el número de horas del periodo	13,3

Tabla 2.1.2.1 : Formato y estructura de archivo con diccionarios de servicios.

Se incluye la construcción de un archivo por periodo de formato .kml para realizar una visualización en Google-Earth con todos los arcos, la Ilustración 2.1.4 muestra un ejemplo para el periodo de punta mañana.

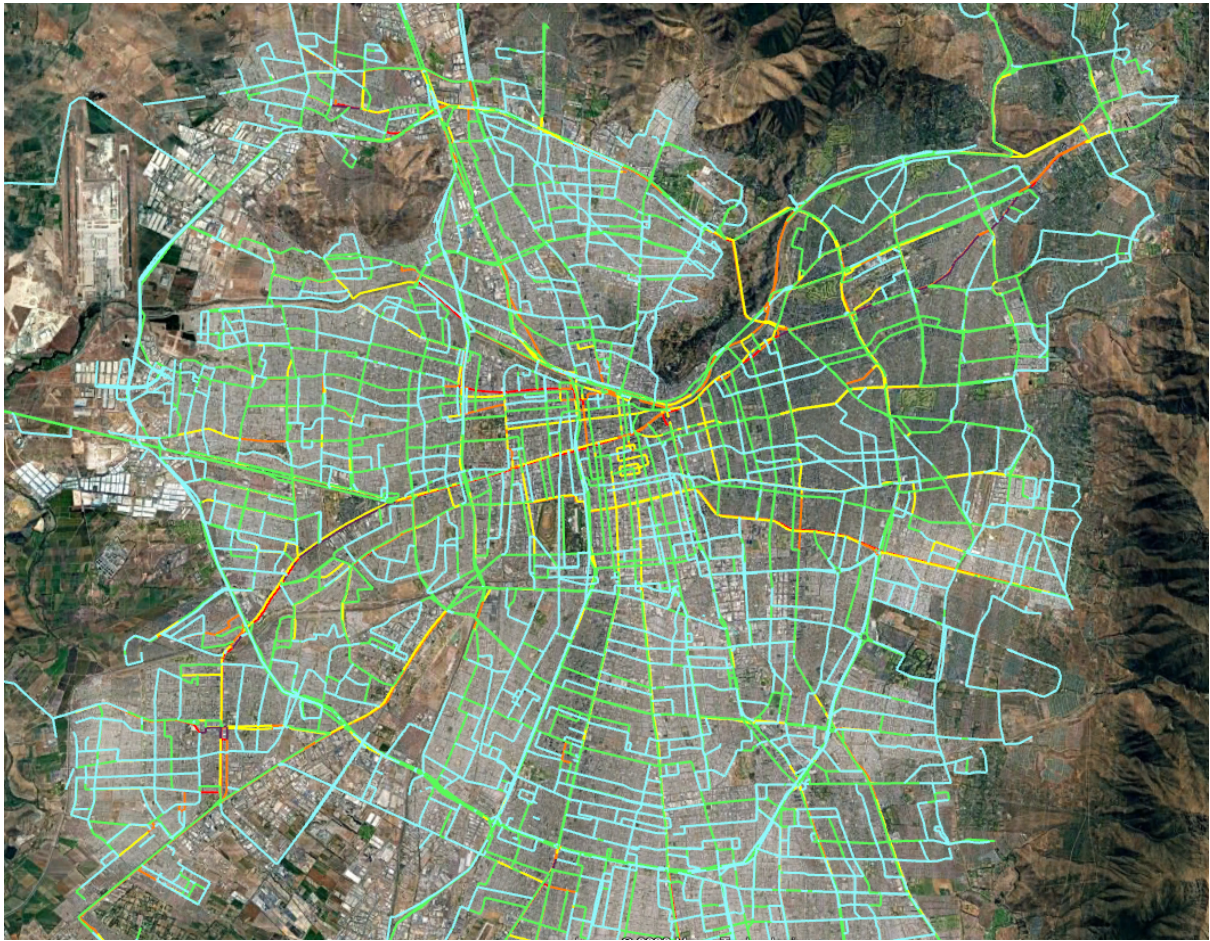


Ilustración 2.1.4 : Ejemplo de imagen con visualización de un grafo, punta mañana del 23-11-2023.

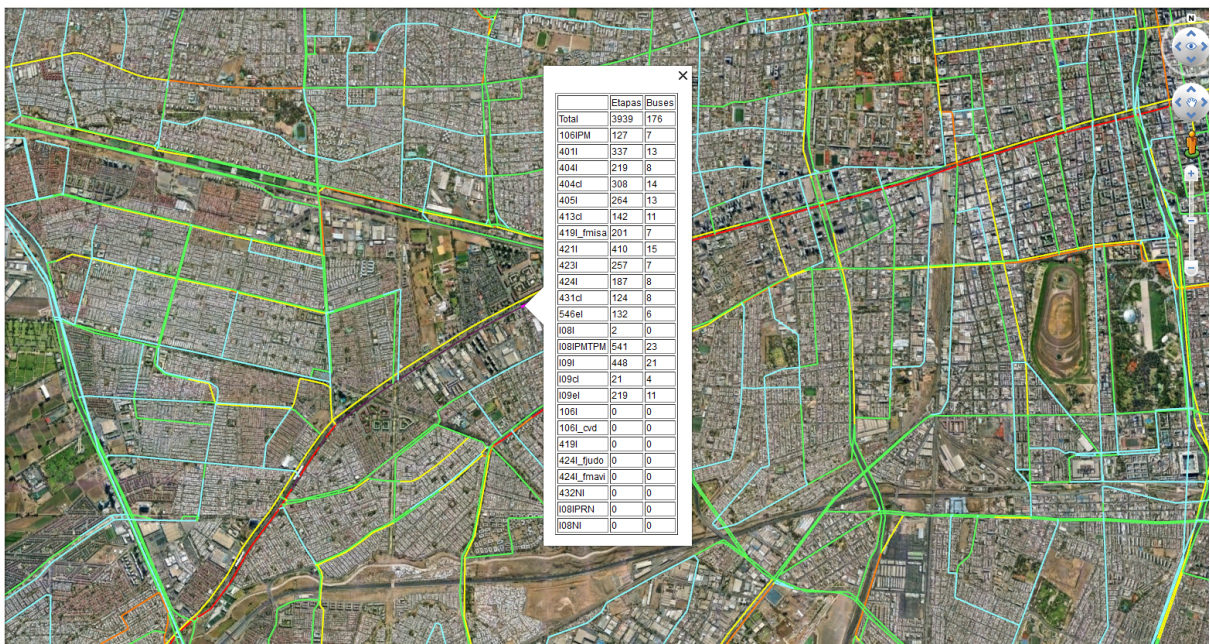


Ilustración 2.1.4.c : Ejemplo de selección de un arco, despliegue de información por servicio.

	Etapas	Buses
Total	3939	176
106IPM	127	7
401I	337	13
404I	219	8
404cl	308	14
405I	264	13
413cl	142	11
419I_fmisa	201	7
421I	410	15
423I	257	7
424I	187	8
431cl	124	8
546el	132	6
I08I	2	0
I08IPMTM	541	23
I09I	448	21
I09cl	21	4
I09el	219	11
106I	0	0
106I_cvd	0	0
419I	0	0
424I_fjudo	0	0
424I_fmavi	0	0
432NI	0	0
I08IPRN	0	0
I08NI	0	0

Ilustración 2.1.4.d : Vista en detalle de tabla de información por arco.

2.1.6 Resultados

En esta orden de trabajo se realizaron análisis y pruebas con un único día de pruebas (23-11-2023).

2.1.6.1 Resultados de flujo de etapas

Datos de la ejecución de pruebas:

Ítem	Valor
Día	23-11-2023
Etapas totales	3.898.974
Etapas en bus+zp	1.819.356
Etapas en bus+zp con bajada	1.268.601
Etapas en los grafos	1.222.665
Total de arcos	49.033

Tabla 2.1.5.a : Formato y estructura de archivo con diccionarios de servicios.

Transacciones que no lograron ser asignadas porque la ruta no fue encontrada en los datos de entrada:

Servicio Sentido	Etapas no consideradas
210el	180
210eR	149
C02I	2895
C02IPM	272
C02R	1499
C02RPM	394
C02cl	2050
C02cR	518
D10IPT	449
F05I_fmisa	1300
F05R_fmisa	2391
F13I_fmivi	418
F13R_fmivi	886
G09I_fmisa	737
G09R_fmisa	523
J07el	3061
TOTAL	17.722

Tabla 2.1.5.b : Etapas que no pudieron ser integradas a la red vial porque el trazado no fue encontrado en la red vial.

Transacciones que no lograron ser asignadas porque las rutas no fueron encontradas en el diccionario de servicios:

Servicio Sentido	Etapas no consideradas
F06 04I	34
F06 04R	42
T314 C3 00I	1224
T314 C3 00R	161
T325 05R	136
T329 09I	1085
T329 09R	746
T373 C0 09I	172
T384 C3 00R	44
T385 08R	994
T405 C0 00I	27
T405 C2 00I	5
T442 03R	149
T447 10I	994
T447 10R	802
T450 09I	252
T450 09R	496
T455 05I	654
T464 00I	60
T516 02I	344
T516 03I	1677
T564 E0 00I	234
T564 E0 00R	550
T565 E0 00I	439
T565 E0 00R	143
TOTAL	6.792

Tabla 2.1.5.c : Etapas que no pudieron ser integradas a la red vial porque el servicio no fue encontrado en el diccionario de servicios.

Visualización de datos Punta Mañana (6:30:00 a 8:00:00)

Se realizó una visualización de la red vial (Ilustración 2.1.5.d) con los datos para el periodo punta mañana, en la visualización se aprecian todos los arcos con un flujo mayor a 10 etapas en ese periodo. La escala de colores se muestra en la Tabla 2.1.5.d.a.

Color	Etapas no consideradas
Gris	$0 < \text{etapas} \leq 10$
Celeste	$10 < \text{etapas} \leq 100$
VerdePalido	$100 < \text{etapas} \leq 500$
Amarillo	$500 < \text{etapas} \leq 1000$
Naranja	$1000 < \text{etapas} \leq 2000$
Rojo	$2000 < \text{etapas} \leq 3000$
Morado	$\text{etapas} > 3000$

Tabla 2.1.5.c : Etapas que no pudieron ser integradas a la red vial porque el servicio no fue encontrado en el diccionario de servicios.

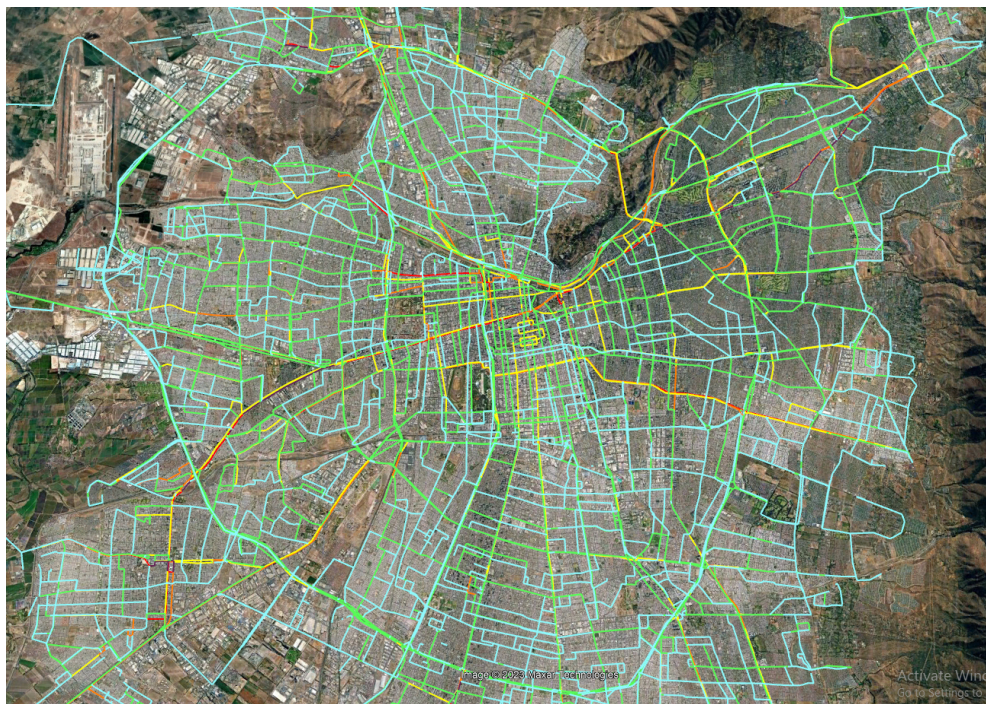


Ilustración 2.1.5.d : Visualización de red vial con flujos de personas en punta mañana.

Los resultados muestran una gran consistencia con lo esperado, los mayores flujos corresponden al eje pajaritos, alameda, intermodal de la cisterna.

Visualización de datos Punta Tarde 2 (18:30:00 a 20:00:00)

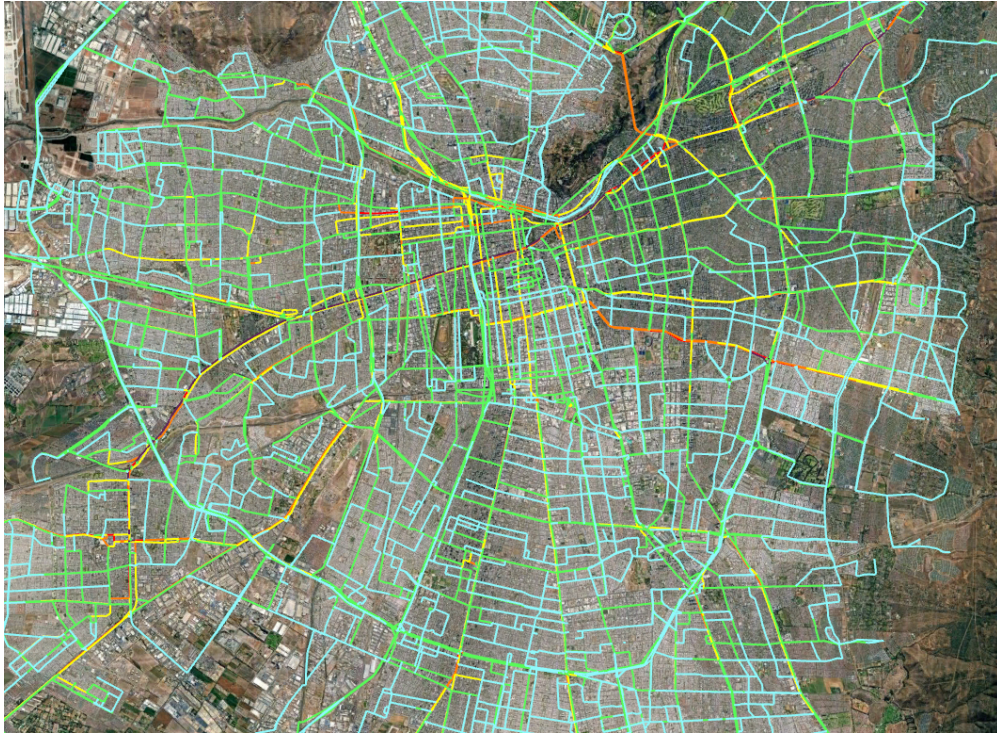


Ilustración 2.1.5.e : Visualización de red vial con flujos de personas en punta tarde 2.

Se aprecia una mayor densidad en los flujos de pasajeros en el eje alameda, y baja la densidad en la intermodal de la Cisterna, también parece consistente con lo esperado.

2.1.6.1 Resultados de flujo de buses

Datos de la ejecución de pruebas:

Ítem	Valor
Día	23-11-2023
Expediciones procesadas	66.058

Tabla 2.1.6.1.a : Formato y estructura de archivo con diccionarios de servicios.

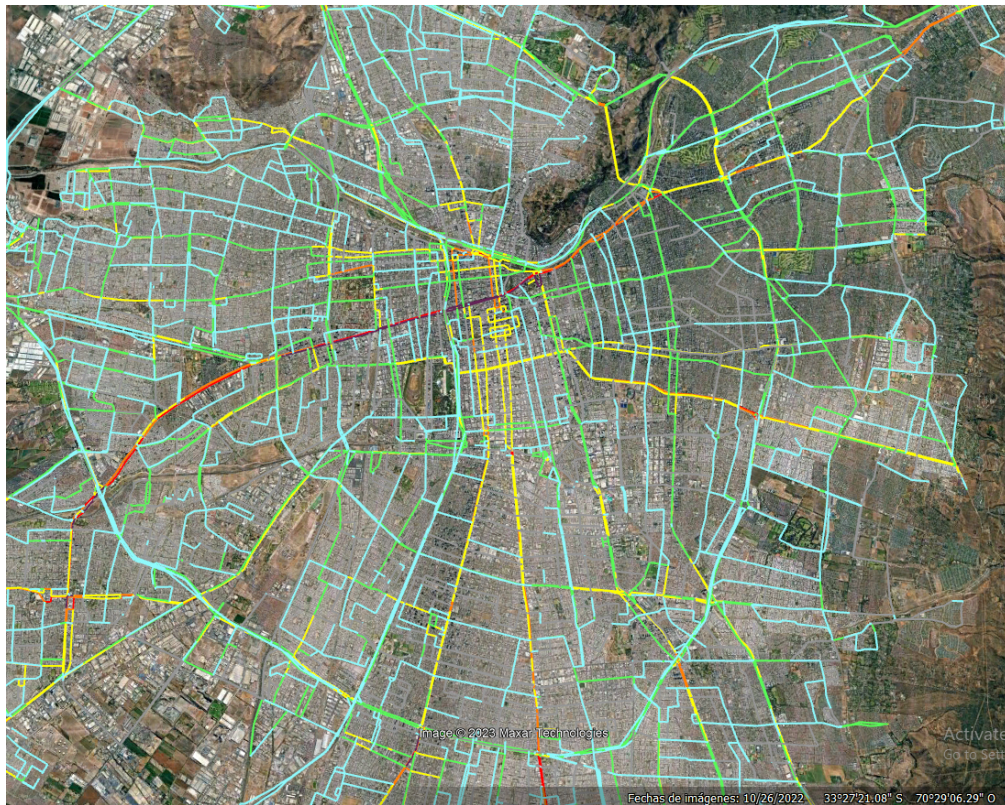


Ilustración 2.1.6.1.a : Flujo de buses en punta mañana.

De la misma manera que el flujo de etapas, los buses mantienen el mismo patrón, mayor densidad en los ejes pajarito, alameda, sector intermodal de la Cisterna.

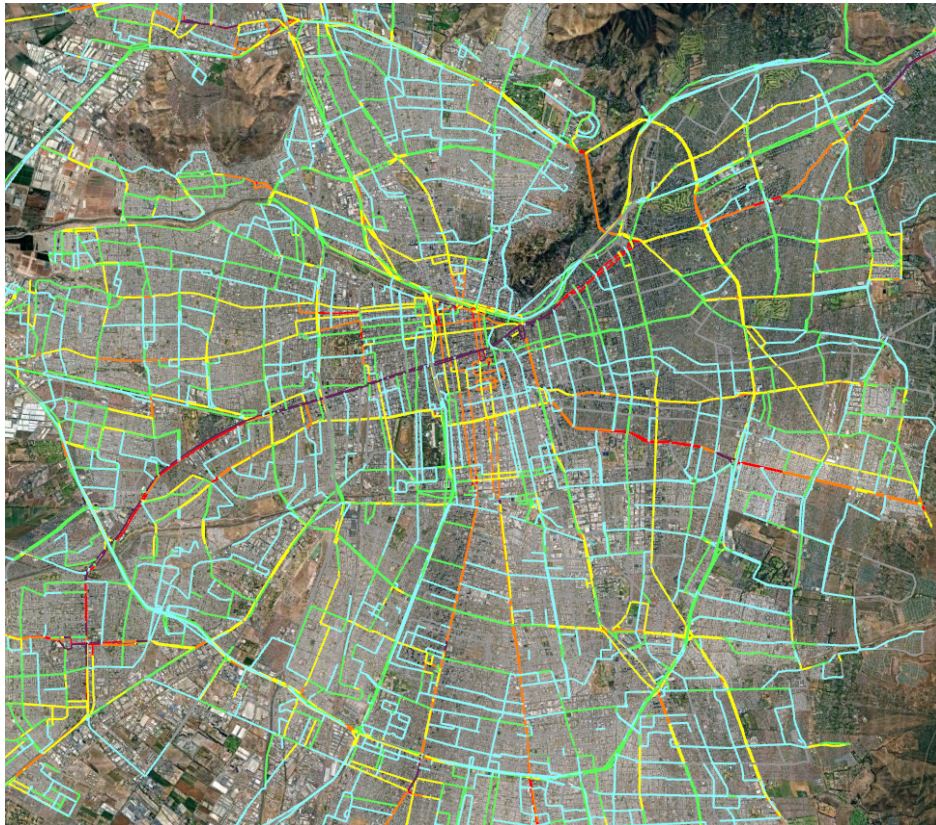


Ilustración 2.1.6.1.b : Flujo de buses en punta tarde.

2.1.7 Análisis y chequeos

El primer análisis realizado consiste en revisar la distribución de etapas y buses por arco, para esto se seleccionó el periodo de punta mañana y se construyó un histograma para cada caso, la Ilustración 2.17.a muestra el histograma para las etapas y la Ilustración 2.1.7.b el histograma para el número de buses.

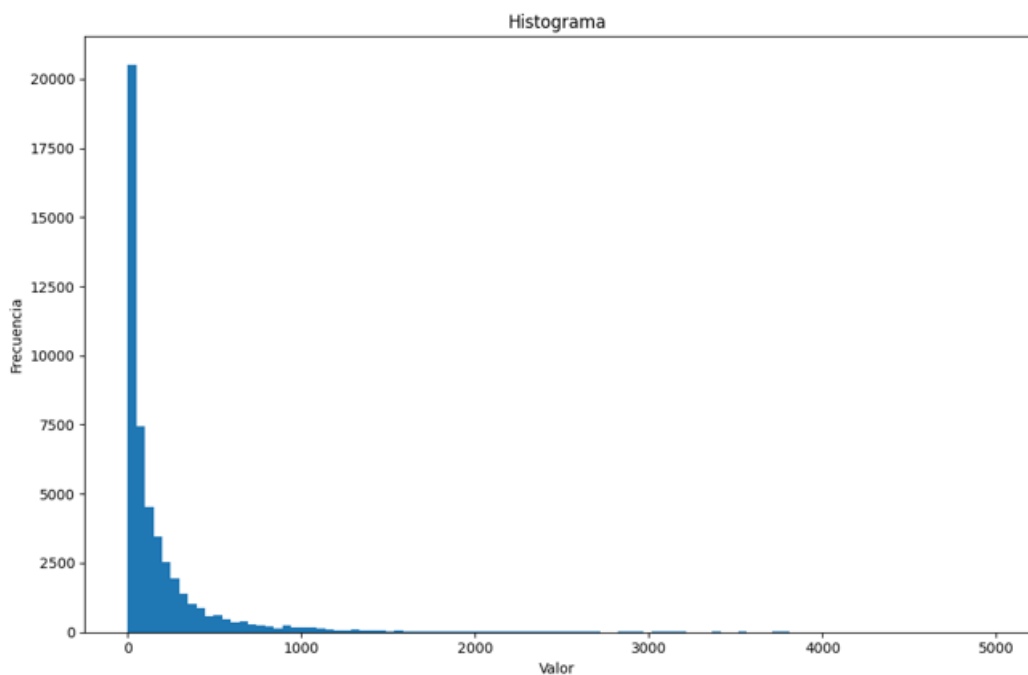


Ilustración 2.1.7.a : Histograma de número de etapas en arcos.

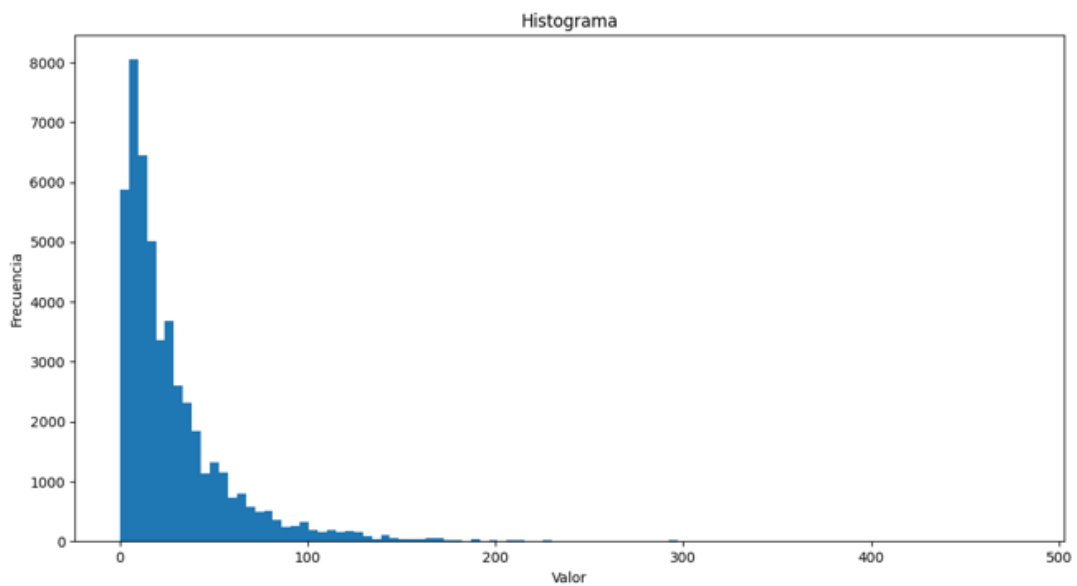


Ilustración 2.1.7.b : Histograma de número de buses por arco.

Con esta información se dio pie a la construcción de las escalas de valores y colores para la visualización en Google-Earth.

2.1.8 Conclusiones y trabajo futuro

Durante esta orden de trabajo se cumplió el objetivo de implementar una primera metodología para lograr la integración de los datos de etapas sobre la red vial, pero también se ha demostrado la necesidad de realizar más análisis de los resultados para encontrar posibles errores en la metodología para lograr la integración de los datos de etapas sobre la red vial. Si bien los resultados obtenidos son prometedores, es importante llevar a cabo un examen más exhaustivo para garantizar la validez y fiabilidad de los hallazgos. Los datos recopilados durante este estudio pueden proporcionar una base sólida para futuros procesos y análisis en ADATRAP, y es importante seguir refinando y mejorando la metodología utilizada para obtener resultados aún más precisos y confiables en el futuro. En resumen, este estudio es solo el primer paso en un proceso continuo de evaluación y mejora de la metodología, y esperamos que los resultados aquí presentados sirvan como punto de partida para futuras investigaciones.