

# Procesamiento y disponibilización de Datos de ADATRAP

## Informe Final – OT06

---

Responsables: Mauricio Zúñiga

23/11/2023

## Tabla de Contenido

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Descripción de tareas de cierre</b>	<b>5</b>
2.1 Resumen del proyecto	5
2.1.1 Datos procesados	5
2.1.2 Órdenes de trabajo	8
2.1.3 Desarrollos realizados	8
2.2 Paso a producción nuevos datos de metro	9
2.2.1 Cantidad de validaciones en estaciones nuevas	9
2.2.2 Existencia de viajes	10
2.3 Extracción de datos	11
2.4 Actualización de manuales	11
2.4.1 Manuales para el procesamiento de validaciones	11
2.4.2 Manual herramienta cuellos de botella	12
2.4.3 Manual herramienta de subidas por parada	12
2.4.4 Manual herramienta velocidades para el PO	12
2.4.5 Manual herramienta velocidades por Eje	13
2.4.6 Manuales herramienta de gestor de PO	13
2.4.7 Manual - Consolidación a red vial	13
2.5 Entrega de software de apoyo	13
<b>3. Respuestas observaciones (informe 1)</b>	<b>13</b>

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 final de los resultados de la orden de trabajo número seis 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 seis 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 cierre del proyecto junto con el último desarrollo para la nueva versión de datos de metro, el periodo de trabajo que cubre esta orden dio inicio el 20 de octubre de 2023 y finaliza con la entrega de este informe final el 23 de noviembre de 2023.

Durante esta orden de trabajo se realizaron un conjunto de tareas correspondientes al cierre del proyecto, actualización de los manuales, entrega final de las últimas versiones de las herramientas de apoyo desarrolladas, respaldo de los datos del sistema y una descripción resumida de todo lo realizado en el proyecto.

Muy resumidamente, se realizaron 6 órdenes de trabajo, procesando 13 meses de datos desde julio 2022 a septiembre 2023. Se hicieron 26 desarrollos de distintas categorías, entre los cuales se encuentran mejoras al sistema como nuevos módulos para nuevos tipos de análisis.

# 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 fue 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 consistió en realizar el procesamiento, almacenamiento y disponibilización de información relevante para el análisis de datos del sistema de transporte de Santiago. Además, el servicio contempló horas para la investigación y desarrollo de mejoras o modificaciones en los datos de entrada del software que ocurrieron 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 del cierre del servicio entregado para esta contratación.

## 2. Descripción de tareas de cierre

Durante esta orden de trabajo se realizaron actividades con el objeto de cerrar el proyecto y entregar todos los resultados obtenidos. La descripción de cada tarea se describe a continuación.

### 2.1 Resumen del proyecto

En este resumen se incorporarán datos procesados anteriores a este estudio con el objeto de entregar una visión global respecto a la línea histórica de ADATRAP, de tal manera de detallar todos los datos desde el inicio de este conjunto de estudios a partir de agosto del año 2019.

#### 2.1.1 Datos procesados

Los datos procesados se describen en la Tabla 2.1.1.a, no todos los datos inician en el año 2019, el caso de los tiempos de pasada o stoptimes aparecen después del desarrollo del nuevo módulo que los construye a partir de agosto 2020. Otro punto relevante a explicar es que cada dato es almacenado en un archivo diario, estos archivos tienen por nombre el día con el formato YYYY-MM-DD, y cada tipo de dato tiene una extensión diferente.

Para todos los datos existen unas ventanas de tiempo no procesadas, esto puesto que la DTPM decidió no procesar por baja relevancia del periodo o en el caso de octubre y noviembre de 2023 por la dificultad de alcanzar a procesarlos antes del cierre del estudio. Estos periodos son: diciembre 2020, enero 2023, febrero 2023, octubre 2023 y noviembre 2023.

Tabla 2.1.1.a : Datos procesados

Dato	Descripción	Extensión	Inicio	Fin
Etapas	Cada registro es una etapa de un viaje	.etapas	01-08-2019	30-09-2023
Viajes	Cada registro es un viaje con todos los campos	.viajes	01-08-2019	30-09-2023
Viajes II	Cada registro es un viaje, pero con campos reducidos solo orientado a la visualización	.trip	01-08-2019	30-09-2023
Viajes III	Cada registro es un viaje, posterior al desarrollo de indicadores de viajes, se incorporaron más campos	.trip	01-09-2022	30-09-2023
Perfiles de carga	Cada registro es una pasada de una expedición de bus por cada parada	.profile	01-08-2019	30-09-2023
Generales	Cada registro es un conjunto de números que describen el procesamiento de un día, para evaluar la existencia de algún problema en los datos	.general	01-08-2019	30-09-2023

Velocidades	Cada registro es la velocidad comercial para un servicio-sentido en un periodo de 30 minutos y un tramo de la ruta de 500 metros.	.speed	01-08-2019	30-09-2023
Pasadas	Cada registro corresponde a la pasada de un bus en un paradero para un servicio-sentido-expedición	.stoptimes	01-08-2019	30-09-2023
Subidas por parada	Cada registro corresponde al número de subidas o transacciones realizadas en un paradero/estación en un periodo de tiempo, este dato proviene de un proceso automático con el objetivo de obtener esta información con 1 día de retraso respecto al tiempo real.	.1daytrans actionsbys top	01-03-2019	30-10-2023

Es importante mencionar que durante todo este periodo se realizaron diferentes desarrollos que afectaron los datos, con el objetivo de mantener la consistencia de estos cada vez que se afectó la estructura de estos se realizaron procesos para estandarizar esta nueva estructura con los datos pasados, por razones de tiempo y costos no era posible volver a procesar los datos retroactivamente.

#### 2.1.1.1 Resumen datos históricos

##### *GPS*

La Ilustración x muestra el resumen del número de registros GPS que fueron procesados con el proyecto ADATRAP, desde el año 2018, un total de 20.557.045.320 registros. Se puede apreciar como la variabilidad o errores en los datos fue mejorando con el tiempo, logrando estabilizarse.

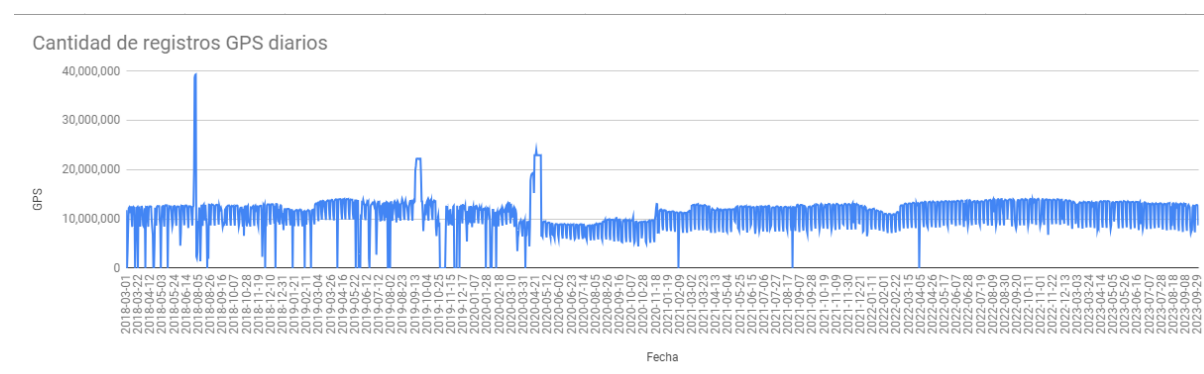


Ilustración 2.1.1.1.a : Número de registros GPS diarios históricos procesados.

##### *Transacciones Bip*

La Ilustración 2.1.1.1.b muestra el resumen del número de registros de transacciones que fueron procesados con el proyecto ADATRAP, desde el año 2018, un total de 5.424.053.583 validaciones de pago.

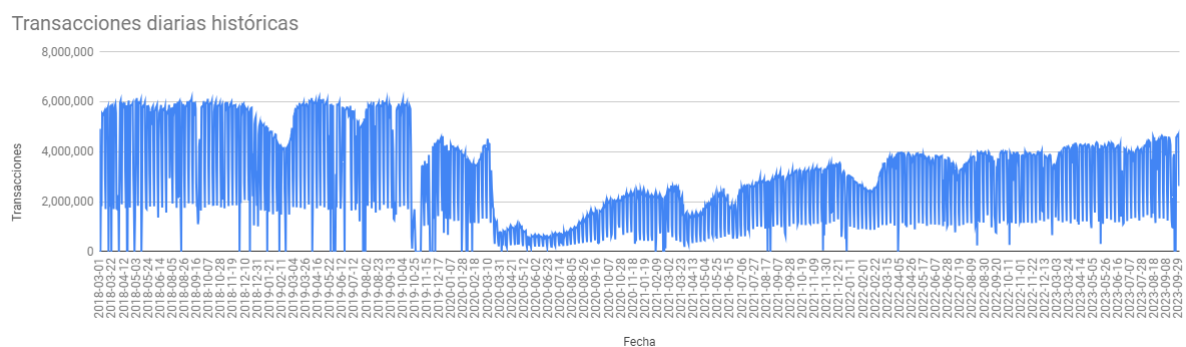


Ilustración 2.1.1.1.b: Cantidad diaria de validaciones Bip.

## Viajes

La Ilustración 2.1.1.1.c muestra el resumen del número de viajes diarios que fueron procesados con el proyecto ADATRAP, desde el año 2018, un total de 4.021.330.187 viajes

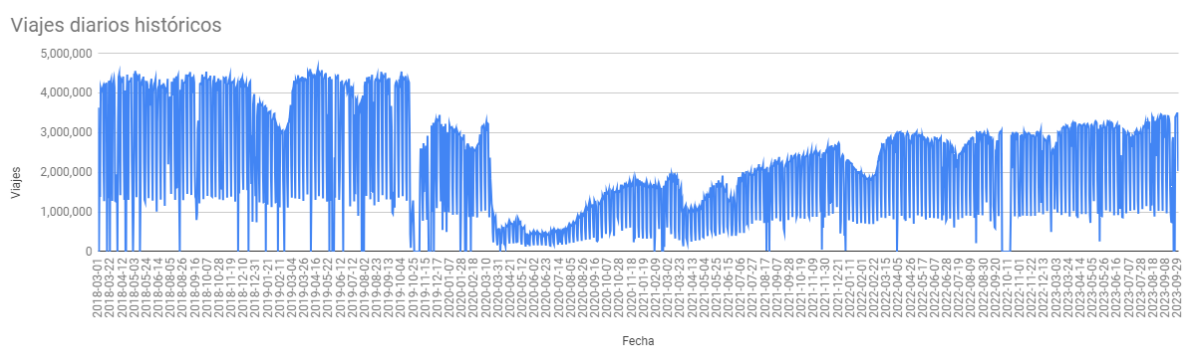


Ilustración 2.1.1.1.c: Cantidad de viajes diarios históricos.

## Tarjetas

La Ilustración 2.1.1.1.d muestra el resumen del número de tarjetas distintas diarias que fueron procesadas con el proyecto ADATRAP, desde el año 2018.



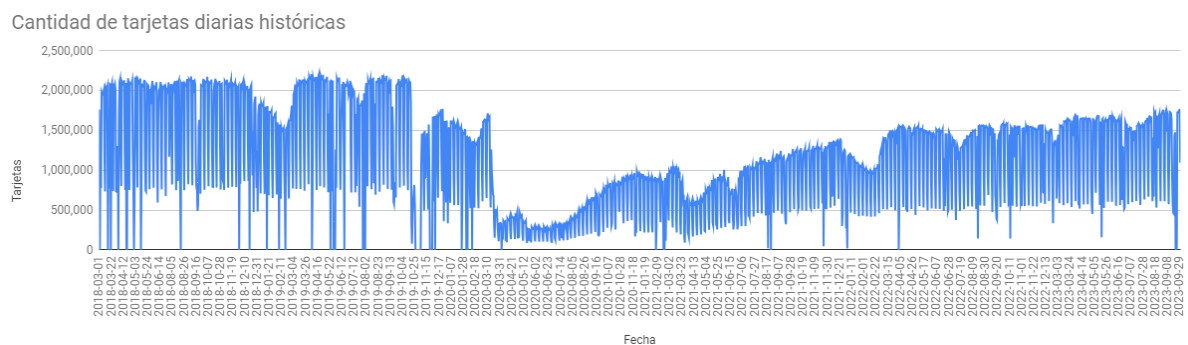


Ilustración 2.1.1.1.d: Cantidad de tarjetas distintas diarias históricos.

## 2.1.2 Órdenes de trabajo

Durante los estudios se realizaron un conjunto de órdenes de trabajo, las cuales se describen en la tabla 2.1.2.a.

Tabla 2.1.1.a : Órdenes de trabajo

Resolución	Orden de Trabajo	Descripción
Regulación carta N° 3388/2022	Informe 1	Orden de trabajo de procesamiento diciembre 2021, enero 2022, febrero 2022, marzo 2022 y abril 2022
Regulación carta N° 3388/2022	Informe 2	Orden de trabajo de procesamiento mayo 2022 y junio 2022
459	OT01	Orden de trabajo de procesamiento julio 2022, agosto 2022, septiembre 2022, octubre 2022, noviembre 2022 y diciembre 2022
Regulación carta N°3513/2022	Informe 1	Orden de trabajo de desarrollos
459	OT02	Orden de trabajo de desarrollo
459	OT03	Orden de trabajo de procesamiento marzo 2023, abril 2023
459	OT04	Orden de trabajo de desarrollo
459	OT05	Orden de trabajo de procesamiento mayo 2023, junio 2023, julio 2023, agosto 2023 y septiembre 2023
459	OT06	Orden de trabajo de desarrollo y cierre del proyecto

## 2.1.3 Desarrollos realizados

En esta sección se entrega una lista de todos los desarrollos realizados durante este estudio (Resolución Ex. 459):

Tabla 2.1.1.a : Desarrollos realizados

#	OT	Descripción
1	01	Mejora herramienta de cuellos de botella
2	01	Mejoras a modulo de zonas pagas

3	01	Modificación diccionario de metro tren
4	01	Incorporación de cálculo de nuevos indicadores de tiempo de viaje
5	01	Creación herramienta para visualización de GPS
6	01	Estudio de restricción de capacidad de buses en perfiles de carga
7	01	Diseño de Gestor de Programas de operación
8	02-1	Mejoramiento de proyección en rutas (circunvalares)
9	02-1	Nueva interpolación de tiempo de pasada (stoptimes) metodología SONDA
10	02-1	Estudio para el diagnóstico de problemas en perfiles de carga
11	02-1	Diagnóstico problemas estimación de tiempos de viaje en Metro
12	02-1	Software para datos de ficha de servicio
13	02-1	Paso a producción módulo indicadores
14	02-1	Integración tipo de usuario
15	02-1	Corrección matriz od por servicio-sentido
16	02-1	Eliminación de subida automática GPS
17	02-1	Diseño para incorporación de datos a red Vial
18	02-2	Incorporación de datos a red vial
19	04	Análisis de inconsistencias en datos de etapas
20	04	Análisis de inconsistencias en datos de viajes
21	04	Estudio para analizar estado de datos en circunvalares
22	04	Revisión de datos de perfiles de carga
23	04	Integración de nuevo archivo GPS (offline)
24	04	Nuevas funcionalidades de ficha de servicio
25	04	Mejora a filtro de perfiles de carga en visualizador
26	06	Incorporación en versión de producción de nuevo estándar de datos de red de metro

## 2.2 Paso a producción nuevos datos de metro

El último desarrollo realizado en este estudio corresponde a la puesta en producción de la versión del software que utiliza el nuevo formato de datos de metro, esta versión estuvo en un estado de revisión hasta la integración de una nueva línea o estación de metro, como en septiembre 2023 aparecieron nuevas estaciones de metro en la línea 3, el proceso se vio obligado a actualizarse para usar el nuevo formato que permite integrar cambios a la red de metro.

Se realizó la mezcla de la versión de metro con la actual versión de producción y se corrigieron todos los conflictos, luego de esto se realizaron procesamientos de algunos días con los nuevos datos de metro y se realizaron los siguientes análisis para verificar que no existe algún problema o conflicto.

### 2.2.1 Cantidad de validaciones en estaciones nuevas

Se realizó un conteo sobre las etapas que inician en algunas de las estaciones nuevas, la Ilustración 2.2.1 muestra el número de etapas por día para cada una de estas estaciones, se suma un día adicional (4 de septiembre) donde no existían aun estas

estaciones y con el objeto de utilizarlo como comparador. Se aprecia un crecimiento en las transacciones de todas las estaciones, en particular en la estación Los Libertadores que es la estación de combinación que las integra a la red.

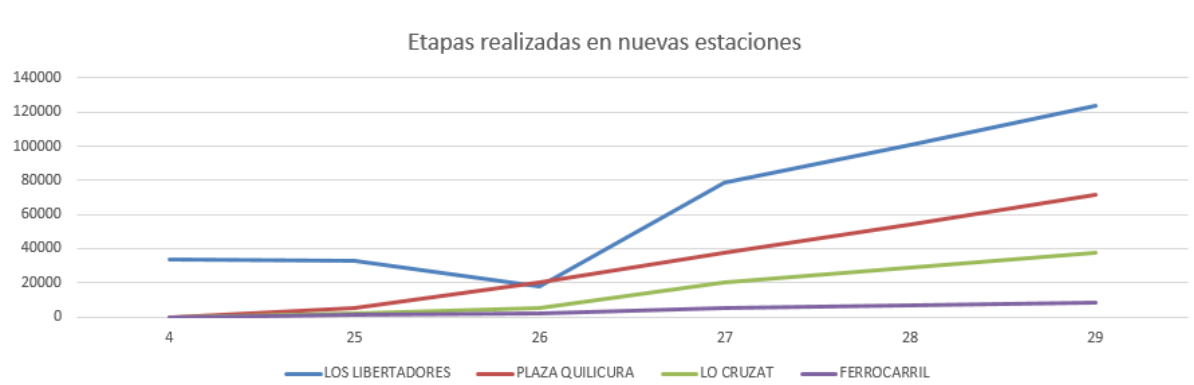


Ilustración 2.2.1 : Cantidad de etapas en las estaciones nuevas durante los últimos días de septiembre, se añade el 4 de septiembre para comparar.

Por otra parte, se evaluó la estimación de bajada de cada caso y día, la Tabla 2.2.1.a muestra los resultados. Se aprecia que el porcentaje de bajada mantiene el mismo rango que todas las estaciones, se aprecia una pequeña variación para el caso de la estación Ferrocarril, pero sigue estando en el rango normal.

	4	25	26	27	28	29
LOS LIBERTADORES	81.6%	83.7%	84.1%	82.6%	82.1%	81.1%
PLAZA QUILICURA	0.0%	65.9%	84.6%	81.2%	81.8%	81.2%
LO CRUZAT	0.0%	65.9%	84.5%	82.4%	82.9%	82.5%
FERROCARRIL	0.0%	61.6%	81.6%	76.8%	78.2%	77.8%

Tabla 2.2.1.a : Porcentaje de estimación de bajada para cada estación en cada día.

## 2.2.2 Existencia de viajes

Se realizó un conteo sobre la cantidad de etapas sobre los datos de viajes, donde se contaron los orígenes y destinos con las nuevas estaciones de metro.

	25/09/2023		26/09/2023		27/09/2023		28/09/2023		29/09/2023	
	Origen	Destino	Origen	Destino	Origen	Destino	Origen	Destino	Origen	Destino
PLAZA QUILICURA	4,849	5,290	16,004	10,753	16,738	10,800	16,263	10,172	17,309	10,387
LO CRUZAT	2,320	3,527	8,510	6,122	9,341	6,075	8,589	5,885	9,046	6,084
FERROCARRIL	1,099	966	1,743	1,591	2,022	1,587	1,756	1,691	1,805	1,542

Tabla 2.2.2 : Etapas hechas en las estaciones nuevas, tanto etapas que se originan (origen) en ellas como las que terminan en ellas (destino)

## 2.3 Extracción de datos

En el proceso de cierre del proyecto se realizó un trabajo con la extracción de los datos del sistema para su respaldo y hacer entrega de ellos hacia la DTPM para los futuros proyectos.

Los datos que serán respaldados corresponden a los que fueron producidos por los diversos procesos, no serán respaldados los datos de entrada, como GPS y validaciones de pago crudos, dado que estos están respaldados en los servidores de la DTPM. Los datos que se respaldaron se muestran en la Tabla 2.3.a.

Dato	Extensión
Etapas	.etapas
Viajes	.viajes
Viajes II	.trip
Viajes III	.trip
Perfiles de carga	.profile
Generales	.general
Velocidades	.speed
Pasadas	.stoptime
Subidas por parada	.1daytransactionsbystop
Bip	.bip
Distribución de validaciones en zonas pagas	.paymentfactor

Tabla 2.3.a : Datos que serán respaldados.

Se considerarán los datos procesados en este estudio como también los datos de estudios anteriores, con tal de mantener respaldados toda la historia de estos. Estos datos fueron descargados desde el sistema y entregados en un disco duro a la DTPM para que fueran copiados y respaldados antes de la entrega de este informe.

## 2.4 Actualización de manuales

Durante esta tarea se realizó una revisión de todos los manuales entregados durante el proyecto y se realizaron actualizaciones en los casos que existió alguna modificación de la herramienta. A continuación, la descripción de cada uno de estos manuales, todos son entregados en un archivo comprimido de nombre manuales\_adatrap.zip junto con este informe.

### 2.4.1 Manuales para el procesamiento de validaciones

#### **00 - Descripción General - Procesamiento Validaciones**

Este manual responde a la necesidad de un documento con un nivel de detalle general respecto a las metodologías y datos utilizados por la herramienta de procesamiento de validaciones, esta herramienta es la responsable de construir las etapas, viajes, perfiles de carga y distribución de validaciones en zonas pagas. En esta orden de trabajo se actualizaron los diagramas de flujo y nuevos datos de salida.

#### ***010 - Manual - Procesamiento Validaciones - Anexo - Mejoras indicadores***

Este manual contiene el detalle de la metodología utilizada para construir los indicadores de viaje, tiempos de trasbordo, caminata y tiempos de viaje más precisos y la eliminación de outliers.

#### ***011 - Manual - Procesamiento Validaciones - Anexo - Metodología Factores de Pago***

Este manual contiene el detalle de la metodología y acceso a los datos de distribuciones de validaciones en zonas pagas.

#### ***Manual - Validacion datos de entrada Adatrap***

Este manual corresponde al modo de uso e instalación de la herramienta para validar los datos de entrada del procesamiento de validaciones.

### **2.4.2 Manual herramienta cuellos de botella**

Este manual contiene el detalle de la metodología que utiliza la herramienta que calculo los cuellos de botella en la ciudad de Santiago y los formatos de los datos de entrada y salida.

### **2.4.3 Manual herramienta de subidas por parada**

Este manual contiene el detalle de la metodología que utiliza la herramienta que construye la información de subidas por parada en forma diaria.

### **2.4.4 Manual herramienta velocidades para el PO**

Este manual contiene el detalle de la metodología que utiliza la herramienta que construye la estimación de velocidades para períodos futuros con el objetivo de usar esa información para la construcción de nuevos programas de operación.

### 2.4.5 Manual herramienta velocidades por Eje

Este manual contiene el detalle de la metodología que utiliza la herramienta que calcula las velocidades por eje, se describen los datos de entrada, salida y forma de uso.

### 2.4.6 Manuales herramienta de gestor de PO

La herramienta de gestor de PO, es un sistema web el cual debe ser instalado en un servidor para poder ejecutarlo, esta herramienta tiene dos documentos explicativos, el primero corresponde a un manual de diseño “Manual - Diseño herramienta de gestor de PO” con una descripción de los requerimientos pedidos para el sistema y un manual de instalación “Manual de instalación OPCT.pdf” que contiene los links y datos para poder instalar el sistema.

### 2.4.7 Manual - Consolidación a red vial

Este manual describe las metodologías y herramientas utilizadas para poder incorporar un módulo de proyección de los datos de flujos de personas y vehículos a una red de calles sobre la ciudad de Santiago.

## 2.5 Entrega de software de apoyo

Junto con los manuales y descripciones de las metodologías utilizadas, se da entrega de los códigos fuentes de las herramientas de apoyo desarrolladas durante el proyecto, la Tabla 2.5 muestra los nombres de los archivos que contienen los códigos fuentes según la herramienta correspondiente.

Tabla 2.5 : Archivos con códigos fuentes por herramienta

Herramienta	Nombre de archivo
Cuellos de Botella	cuellos-de-botella-feature-newouput.zip
Gestor de PO	opct-backend-1.0.1.zip / opct-frontend-main.zip
Velocidades PO	velocidades-po-master.zip
Visualización GPS	vizgps-main.zip

## 3. Respuestas observaciones (informe 1)

Generación y actualización de manuales:

- 00 – Descripción General – Procesamiento Validaciones:

i. En la página 8, el último párrafo de la sección 1.9, confirmar si la información es correcta o corresponde a una versión anterior del software. Se entiende que actualmente sí se cuenta con el tipo de contrato.

**Corregido, se cambió el párrafo por “En su versión actual la herramienta si tiene información del contrato de la validación, se realiza la mención puesto que durante un años anteriores esta información dejó de existir.”**

ii. En página 20, actualizar tabla de campos del archivo de Transacciones Bip!. Los archivos de usos actuales además contienen los campos “CCR” y “CONTRATO”

**Corregido, se reemplaza tabla por**

Campo	Descripción del formato	Posición del campo
<b>Id</b>	El número del chip de la tarjeta bip!	1
<b>Tiempo</b>	Instante en que se realizó la transacción (aaaa-mm-dd hh:mm:ss)	2
<b>Sitio</b>	Patente de vehículo, nombre de estación de metro o validador de la zona paga	3
<b>Operador</b>	Número identificador del operador	4
<b>CCR</b>		0
<b>Contrato</b>	Tipo de contrato de la tarjeta	(101, 509, 564...)

- 010 – Manual – Procesamiento Validaciones – Anexo – Mejora indicadores: en Introducción corregir la redacción del segundo párrafo.

**Corregido, nuevo párrafo:**

***Es importante destacar que ADATRAP surgió como una extensión del proyecto FONDEF D10I1002 - “Tecnología avanzada para ciudades del futuro”. Este proyecto dio lugar al desarrollo de un software con la finalidad de generar matrices origen-destino de viajes en transporte público, perfiles de velocidad e indicadores de calidad de servicio. En términos generales, el proceso implica el análisis de un día de datos de transacciones bip! y pulsos GPS para obtener dicha información.***

***Este informe tiene por objetivo explicar las metodologías y algoritmos utilizados para poder obtener datos o indicadores de los tiempos de viaje con la mayor calidad posible, a partir de los datos de viaje ya construidos por la herramienta.***

- En el capítulo 2.1.1 no se menciona el manual de consolidación en Red Vial, pero sí se incluye en los documentos adjuntos. Se solicita incorporar al informe con una breve descripción del producto asociado.

**Corregido, se suma en la sección 2.4.7**