

**Innovación para la vinculación socioproductiva 2025**

# **Visualizador de indicadores logísticos para el transporte de última milla usando datos de telefonía móvil**

**Franco Fabián Basso Sotz**

**Email: [franco.basso@pucv.cl](mailto:franco.basso@pucv.cl)**

**Número: 5689231005**

# 1. Nombre del Proyecto

Visualizador de indicadores logísticos para el transporte de última milla usando datos de telefonía móvil

## 2. Resumen del Proyecto

El proyecto “Visualizador de indicadores logísticos para el transporte de última milla usando datos de telefonía móvil” busca desarrollar una solución tecnológica escalable para caracterizar el transporte de carga urbano mediante el uso de datos de telefonía móvil y técnicas avanzadas de inteligencia artificial. A través del procesamiento de grandes volúmenes de datos anonimizados, se implementará una metodología basada en aprendizaje profundo y representación gráfica de trayectorias para identificar patrones de movilidad propios de vehículos de carga, permitiendo generar indicadores logísticos y medioambientales a nivel urbano con alta frecuencia temporal. El problema que aborda esta propuesta es la falta de información representativa y en tiempo real sobre el transporte de carga. Este sector es altamente atomizado, con miles de empresas pequeñas sin sistemas unificados de monitoreo, lo que dificulta la toma de decisiones tanto públicas como privadas. Además, el transporte de carga representa una proporción significativa de las emisiones urbanas de gases de efecto invernadero (GEI) y congestión vial, siendo clave su caracterización para avanzar hacia ciudades más sostenibles y eficientes. Mediante el uso de datos CDR (Call Detail Records) provistos por Entel, combinados con información de aplicaciones de ruteo y datos de uso de suelo, se diseñará una solución que permite detectar de manera precisa los dispositivos móviles que corresponden a camiones. Con ello se calcularán indicadores clave como matrices origen-destino, tiempos y zonas de detención, velocidades promedio y estimaciones de emisiones GEI por comuna. Estos resultados estarán disponibles mediante dashboards interactivos, orientados a instituciones públicas y empresas logísticas. El proyecto ya cuenta con resultados previos, incluyendo una publicación científica, un prototipo funcional validado en Santiago y una metodología probada en condiciones reales. En esta etapa, se fortalecerá el núcleo metodológico transformando las trayectorias en representaciones gráficas espacio-temporales, procesadas mediante arquitecturas avanzadas de aprendizaje profundo. Se explorará el uso de redes convolucionales y modelos basados en transformers espaciales para mejorar la clasificación de vehículos de carga, habilitando la generación de indicadores logísticos con mayor granularidad y menor latencia, lo que permitirá escalar la solución a nuevos territorios y alcanzar un TRL 6 al cierre del proyecto. Este desarrollo contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, al generar insumos para planificación urbana y gestión del transporte.
- ODS 13: Acción por el clima, mediante la cuantificación de emisiones de GEI y estrategias de mitigación.
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, al promover tecnologías disruptivas para la transformación digital del sector logístico.

Además, el proyecto fomenta capacidades técnicas locales, colaboración entre academia y empresa, y herramientas replicables a otros contextos urbanos.

### 3. Objetivo General

Implementar una solución tecnológica escalable, basada en el cálculo de indicadores logísticos usando datos de telefonía celular y deep learning, que permita evaluar decisiones de transporte más eficientes considerando dimensiones económicas (tiempo + costo) y medioambientales (emisión de gases).

### 4. Objetivos Específicos

Objetivo específico 1.- Definir indicadores logísticos que sean relevantes para el sector público o privado y que puedan ser calculados a partir de las trazas celulares. Objetivo específico 2.- Optimizar la capacidad predictiva de los modelos de detección de vehículos de carga, utilizando representaciones gráficas del comportamiento de dispositivos móviles, junto con técnicas de Deep Learning diseñadas para el procesamiento de imágenes. Objetivo específico 3.- Caracterizar el movimiento de carga para comprender de manera precisa y detallada los patrones de movimiento por medio de la implementación de metodologías de medición y cálculo de indicadores logísticos a partir de datos de telefonía celular. Objetivo 4.- Diseñar arquitectura y soporte computacional que disponibilice solución de transporte de carga urbana propuestos que asegure la sostenibilidad financiera de la solución. Objetivo 5.- Generar un modelo de transferencia a sector público-privado considerando acuerdo estrategia de transferencia tecnológica y diseño de modelo de negocios.

### 5. Problema

#### 5.1 ¿Cuál es el problema, oportunidad o necesidad que da origen a su proyecto?

El transporte de carga representa aproximadamente el 8% del PIB en países desarrollados y en desarrollo y consume cerca del 30% de la energía producida globalmente (Instituto de Energía, 2023), impactando en ámbitos sociales, medioambientales y económicos. Socialmente, es esencial para la producción, comercio y consumo de bienes (Crainic, 2000; Archetti et al., 2022; Tiwari et al., 2023). Sin embargo, la falta de información relevante y en tiempo real limita la capacidad de gestión eficiente. La obtención de datos actualizados sería crucial para la toma de decisiones logísticas, la optimización de recursos nacionales y el diseño de políticas públicas más efectivas. Desde el punto de vista medioambiental, el transporte urbano de mercancías contribuye al 26% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Forsberg y Krook-Riekkola, 2017) y agrava problemas como la congestión (Holguín-Veras et al., 2016), el deterioro vial (Fridell et al., 2019) y la contaminación acústica (Ranieri et al., 2018). A nivel nacional, hasta 2020, el sector transporte demandó el 33% de la energía total y consumió el 59% del petróleo y sus derivados (Balance Nacional de Energía, 2022). Pese a su importancia, investigar la reportabilidad del transporte de carga sigue siendo un desafío. A diferencia del transporte de personas, no existen sistemas centralizados que reúnan grandes volúmenes de datos. El sector está altamente fragmentado, con numerosas pequeñas empresas de transporte. Además, la variabilidad de patrones logísticos entre empresas y la diversidad de vehículos utilizados —desde camiones pesados hasta motocicletas y bicicletas— dificultan aún más la caracterización del sector.

## 5.2 ¿A quienes afecta este problema, oportunidad o necesidad?

La falta de información en tiempo real sobre el transporte de carga impacta a una amplia gama de actores tanto públicos como privados. En primer lugar, afecta a las autoridades públicas encargadas de diseñar políticas de transporte, movilidad y sostenibilidad urbana. Sin datos representativos y actualizados, resulta difícil implementar medidas de optimización de infraestructura, control de emisiones o eficiencia energética. En segundo lugar, los operadores logísticos y las empresas de transporte se ven directamente afectados. La ausencia de información consolidada limita su capacidad para planificar rutas óptimas, reducir costos operativos, mejorar tiempos de entrega y adaptarse a las condiciones cambiantes de movilidad urbana. También impacta a las empresas generadoras de carga —industria, comercio y servicios— que dependen del transporte para su funcionamiento diario. Mejorar la eficiencia logística podría reducir costos de producción y distribución, incrementando la competitividad de estos sectores. En el ámbito social, la ciudadanía se ve afectada indirectamente. La congestión, la contaminación ambiental y acústica, y el deterioro de las infraestructuras urbanas reducen la calidad de vida en las ciudades. Finalmente, el problema afecta a las agencias medioambientales y a los organismos de planificación energética, quienes requieren datos confiables para cumplir compromisos de reducción de emisiones y diversificación de la matriz energética. La fragmentación del sector y la variabilidad de operaciones logísticas son barreras comunes que complican el acceso a información para todos estos actores.

## 5.3 ¿Cuál es el tamaño del problema, oportunidad o necesidad?

El tamaño del problema radica en la enorme cantidad de datos a procesar y la alta complejidad asociada a caracterizar el transporte de carga de manera confiable. La infraestructura de telefonía celular en Chile genera más de 800 millones de registros diarios de conexiones espacio-temporales (CDR), provenientes de más de 8 millones de usuarios (datos Entel, 2024). Para detectar y caracterizar vehículos de carga, se requiere filtrar, procesar y analizar esta base masiva, que equivale a más de 120 Terabytes acumulados desde 2019. Además, el sector de transporte de carga presenta desafíos estructurales que aumentan la dificultad: está altamente fragmentado, con miles de empresas pequeñas, y utiliza una amplia variedad de vehículos, desde camiones articulados hasta motocicletas, lo que multiplica los patrones de movilidad posibles. Cada IMSI debe ser caracterizado a partir de millones de registros individuales, combinando variables de movilidad, interacción con el espacio urbano y comportamiento digital. La movilidad de carga es altamente heterogénea: varía día a día, semana a semana y entre zonas urbanas y rurales, exigiendo modelos dinámicos que puedan adaptarse a diferentes escalas temporales y espaciales. A diferencia del transporte de pasajeros, donde existen patrones más estables, la movilidad de carga depende de la demanda diaria de múltiples industrias, generando trayectorias impredecibles. En términos tecnológicos, abordar este problema requiere arquitecturas de procesamiento Big Data, algoritmos avanzados de deep learning capaces de identificar patrones en datos no estructurados, y técnicas de representación gráfica para mejorar la predicción. Se estima que para caracterizar el 90% de los camiones activos en Santiago se deben procesar al menos 3.5 billones de registros anuales. Así, el tamaño del problema es de una magnitud masiva, tanto en volumen de datos como en complejidad operacional, metodológica y computacional.

## 6. Solución

### 6.1 ¿En qué consiste su propuesta de solución?

El producto final de este proyecto es una plataforma tecnológica escalable para la caracterización del transporte de carga urbano, basada en el análisis de datos masivos de telefonía celular mediante algoritmos de aprendizaje profundo. Esta solución permitirá generar indicadores logísticos y medioambientales con alta granularidad espacial y frecuencia temporal, disponibles a través de dashboards interactivos y servicios de consulta especializados. Su propósito es apoyar la toma de decisiones estratégicas en sectores público y privado, tanto en planificación urbana como en eficiencia logística y evaluación ambiental. La plataforma detecta vehículos de carga mediante la clasificación de dispositivos móviles, utilizando trazas de movilidad derivadas de datos CDR, enriquecidas con información de uso de suelo y aplicaciones de ruteo. Las trayectorias serán transformadas en representaciones gráficas espacio-temporales, que se analizarán mediante arquitecturas de aprendizaje profundo como redes convolucionales y transformers espaciales, permitiendo capturar relaciones espaciales y patrones dinámicos de movimiento. Una vez identificados los dispositivos asociados a camiones, se calcula una serie de indicadores clave, a saber: Matrices origen-destino a nivel urbano. Zonas y horarios de mayor intensidad logística. Detenciones operativas por ubicación y duración. Velocidad promedio por zona. Distancias recorridas y trayectorias típicas. Estimación de emisiones GEI por comuna y tipo de operación. La solución se implementará como una plataforma modular, con distintos niveles de acceso según el perfil del usuario. Se contemplan tres líneas de servicio: (i) reportería descargable para universidades y consultoras, (ii) dashboards dinámicos con actualización diaria para organismos públicos y empresas logísticas, y (iii) servicios de consultoría avanzada con reportería personalizada de alta resolución. Principales atributos: Alta frecuencia y cobertura, con posibilidad de expansión nacional. Granularidad espacio-temporal que permite caracterización fina de patrones logísticos. Arquitectura en la nube, eficiente y escalable. Interoperabilidad con otras fuentes de datos (GPS, catastros, sensores). Cálculo de emisiones alineado con políticas de descarbonización. Esta plataforma representa un avance significativo en la digitalización del transporte de carga urbano, ofreciendo una herramienta única basada en datos masivos, inteligencia artificial y visualización avanzada, con impacto directo en sostenibilidad, eficiencia y planificación.

### 6.2 ¿Cuál es el estado del arte?

En los últimos años, los avances científicos y tecnológicos en la caracterización del transporte de carga han estado dominados por tres fuentes principales: encuestas, GPS y, más recientemente, datos de telefonía móvil (CDR). Mientras que las encuestas y los datos GPS han permitido estudiar patrones logísticos a pequeña escala (Kuppam et al., 2014; Chankaew et al., 2018; Hadavi et al., 2018), su alcance limitado y sesgo muestral han impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de información. En este contexto, los datos CDR han emergido como una alternativa masiva, continua y de bajo costo para analizar la movilidad urbana (Hariharan y Toyama, 2004; Anda et al., 2017), aunque su aplicación al transporte de carga es aún incipiente. Nuestra contribución previa (Basso et al., 2024a) representa el primer esfuerzo en usar CDR para caracterizar la logística de última milla, demostrando que los modelos de aprendizaje supervisado pueden identificar dispositivos móviles asociados a camiones a partir de patrones de movilidad. Esta investigación fue publicada en Transportation Research Part A y recibió el Premio Nacional de Logística 2024 en la categoría Investigación Aplicada. La solución propuesta avanza más allá del estado del arte, incorporando representaciones gráficas de

los movimientos de los dispositivos móviles y técnicas de deep learning específicas para procesamiento de imágenes, combinando estas representaciones con variables agregadas tradicionales. Esta innovación busca capturar patrones de movilidad invisibles a métodos convencionales, mejorando significativamente la capacidad predictiva en la detección de vehículos de carga. Actualmente no existen patentes que utilicen CDR para caracterizar la totalidad de la flota urbana de carga; las soluciones actuales se enfocan en flotas privadas y dependen de GPS instalados (e.g., Telogis Inc, Fleetmatics), lo que las hace no escalables a nivel ciudad.

### **6.3 Grado de Madurez Tecnológica de la Solución**

Actualmente, la propuesta se encuentra en TRL 4. Se cuenta con una metodología validada en entornos controlados que ha permitido calcular indicadores logísticos a partir de datos CDR en la Región Metropolitana de Santiago, como cantidad de camiones, detenciones y distancias recorridas, con un desfase de menos de 24 horas. Esta validación se realizó utilizando modelos de machine learning aplicados a datos de telefonía móvil provistos por Entel, complementados con fuentes externas como aplicaciones de ruteo (SimpliRoute) y datos de infraestructura vial (Autopista Central). Los resultados fueron publicados en la revista científica *Transportation Research Part A* (Basso et al., 2024a) y reconocidos con el Premio Nacional de Logística 2024 en la categoría "Investigación Aplicada". Asimismo, se desarrolló un primer prototipo de dashboard que permite visualizar información agregada de movilidad de carga, incluyendo indicadores como flujos vehiculares, tiempos de detención y velocidades promedio, validado experimentalmente junto a Entel Digital. En la siguiente etapa del proyecto, se plantea escalar la solución a TRL 6, mediante la optimización de la arquitectura de datos, incorporación de técnicas de deep learning basadas en representaciones gráficas de movilidad, reducción del desfase de disponibilidad de datos a menos de 12 horas, expansión geográfica (Regiones de Valparaíso y Biobío) y validación en colaboración con usuarios early adopters en entornos reales.

### **6.4 Grado de diferenciación de su propuesta.**

Nuestra solución presenta un alto grado de diferenciación respecto a los productos, servicios y procesos actualmente disponibles en el mercado. Mientras que soluciones como VuTrans, Ontruck, Shipwell, Project44 o plataformas de gestión de flotas tradicionales (e.g., Telogis, Fleetmatics) se enfocan en el monitoreo interno de flotas privadas mediante dispositivos GPS o telemetría, nuestra propuesta permite caracterizar de manera masiva y continua la movilidad de la totalidad del parque de transporte de carga de una ciudad utilizando datos de telefonía móvil (CDR), sin requerir instalación de dispositivos adicionales. Comparación cuantitativa de características diferenciadoras:

- Cobertura: Soluciones tradicionales monitorizan entre el 1%-5% del parque vehicular; nuestra propuesta busca cubrir hasta el 90% mediante expansión de datos CDR.
- Frecuencia de actualización: Competidores tradicionales ofrecen datos con latencias de 24 horas o mayores; nuestra solución apunta a disponibilizar indicadores logísticos con un desfase inferior a 12 horas.
- Costo de adquisición de datos: Los sistemas basados en GPS implican altos costos de instalación y mantenimiento por vehículo; nuestra solución elimina estos costos utilizando infraestructura existente de telecomunicaciones.
- Capacidad de representar variabilidad modal: Los servicios existentes suelen centrarse exclusivamente en camiones pesados; nuestra solución permite capturar flujos de todo tipo de vehículos de carga, incluyendo medianos, livianos, motocicletas y bicicletas.
- Indicadores derivados: Competidores entregan métricas operativas individuales (localización, velocidad de vehículos); nosotros generamos indicadores agregados a nivel urbano como matrices de viaje, estimaciones de emisiones de GEI, índices de congestión logística y costos logísticos por zona. Estas características, sumadas al uso

innovador de deep learning sobre representaciones gráficas de movilidad, aseguran una ventaja competitiva difícil de replicar en el corto plazo.

## **6.5 ¿Cuál es la hipótesis que se pondrá a prueba?**

La hipótesis científica-tecnológica que se pondrá a prueba en este proyecto es la siguiente: "Es posible caracterizar de manera precisa y representativa el transporte urbano de carga, a nivel masivo, utilizando datos de telefonía móvil (CDR) mediante metodologías de aprendizaje profundo que integren variables agregadas y representaciones gráficas de los patrones de movilidad de los dispositivos móviles." Esta hipótesis se fundamenta en dos elementos principales: Primero, en estudios previos se ha demostrado que los patrones de movilidad capturados a través de datos CDR permiten inferir comportamientos de usuarios y flujos de transporte, aunque su aplicación específica al transporte de carga ha sido limitada (Basso et al., 2024a). Segundo, técnicas avanzadas de deep learning orientadas al procesamiento de imágenes (e.g., CNN) tienen un potencial inexplorado para capturar patrones complejos en trayectorias espacio-temporales que los métodos basados en variables agregadas tradicionales no logran detectar. Al poner a prueba esta hipótesis, buscamos demostrar que: Es posible identificar dispositivos móviles asociados a vehículos de carga con alta precisión, sin necesidad de hardware adicional como GPS o sensores. La combinación de datos agregados (velocidades, distancias, tiempos de detención) con representaciones gráficas (trayectorias) mejora significativamente la capacidad predictiva de los modelos respecto a métodos tradicionales basados únicamente en características tabulares. Los indicadores logísticos derivados (e.g., matrices de viaje, identificación de zonas de detención, estimación de emisiones) pueden ser generados en tiempo real, con cobertura espacial masiva y sin sesgos asociados a muestreos limitados. El éxito de la validación de esta hipótesis permitirá sentar las bases para soluciones de logística urbana más sostenibles, eficientes y escalables.

## **7. Oportunidad de mercado**

### **7.1 ¿Cuál es el mercado objetivo de su propuesta?**

El mercado objetivo de la solución "Visualizador de indicadores logísticos para el transporte de última milla usando datos de telefonía móvil" abarca tanto clientes del sector público como del sector privado, interesados en optimizar sus procesos logísticos, reducir costos asociados al transporte de carga y minimizar el impacto ambiental de sus operaciones. Segmento B2B: Sector Público y Sector Privado Sector Público: El mercado incluye ministerios (Transporte, Obras Públicas, Medio Ambiente), gobiernos regionales y municipalidades, que requieren información detallada para la planificación de infraestructura, gestión del tráfico urbano y formulación de políticas de reducción de emisiones. Además, organismos reguladores y agencias medioambientales podrán usar la herramienta para cumplir con compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) establecidos en la Ley 21.455 de Cambio Climático. Sector Privado: El mercado abarca grandes empresas de retail y logística, consultoras estratégicas (e.g., McKinsey, BCG, Deloitte), operadores logísticos, aseguradoras de transporte y empresas inmobiliarias interesadas en análisis de flujos de carga para sus proyectos de infraestructura. Magnitud del mercado (cuantificación monetaria estimada) El mercado global de logística de comercio electrónico se valoró en 372.800 millones de dólares en 2023 y se proyecta que alcanzará 1.903.080 millones de dólares en 2032, con una tasa de crecimiento anual (CAGR) de 20,04%. En Chile, el mercado logístico urbano representa un sector de rápido crecimiento impulsado por el aumento de la última milla, la expansión de zonas urbanas y las crecientes exigencias regulatorias en sostenibilidad.

Basado en estimaciones preliminares de congestión en Santiago, se podrían generar ahorros anuales de hasta 241 millones de dólares en la Región Metropolitana sólo considerando reducción de tiempos de viaje y consumo de combustible (TomTom, 2024). La aplicación de optimización logística en transporte de carga permitiría capturar una fracción significativa de este ahorro. Proyecciones de ingresos Nuestra solución contempla distintos modelos de comercialización: Data Marketplace: Servicio de bajo costo dirigido a universidades, centros de I+D y pequeños operadores logísticos, con ingresos esperados por licencias de acceso a reportes y mapas agregados. Dashboard Data BI and Reporting: Suscripciones periódicas dirigidas a grandes empresas y organismos públicos que requieren reportes estratégicos especializados. Estimación preliminar de ingresos: entre USD 50.000 a 150.000 anuales por cliente grande. Consultoría de datos especializados: Servicios de reportes a medida para clientes como aseguradoras, ministerios y grandes operadores. Ingresos potenciales de USD 30.000 a 100.000 por proyecto. Expansión internacional: Se proyecta el ingreso al mercado peruano durante el tercer año, considerando la presencia de Entel en dicho país, con un potencial adicional de crecimiento de mercado de al menos 30%. Impacto en ahorros de costos para clientes Aplicaciones de optimización logística basadas en datos masivos y en tiempo real permiten, según McKinsey, reducir los costos logísticos entre un 20% y 30%. Para un operador logístico que gestione transporte urbano con costos operativos anuales de USD 5 millones, la reducción estimada podría alcanzar entre USD 1 a 1,5 millones anuales. Síntesis El mercado objetivo de la solución es amplio, transversal a sectores estratégicos y con alta capacidad de generación de valor tanto económico como ambiental. Nuestra estrategia de segmentación (Data Marketplace, Dashboard BI, y Consultoría de Alta Precisión) permite capturar distintos tipos de clientes, adaptándonos a sus necesidades y escalando comercialmente en Chile y en otros mercados de Latinoamérica.

## **7.2 ¿Cuál es su propuesta de continuidad?**

Para dar continuidad al desarrollo y escalamiento de la solución "Visualizador de indicadores logísticos para el transporte de última milla usando datos de telefonía móvil", se contempla optar a diversas fuentes de financiamiento público y privado. En el ámbito nacional, se postulará a instrumentos de CORFO como el programa Innova Alta Tecnología y el programa de Consolidación y Expansión de Innovaciones, que apoyan proyectos con validación en entornos operativos y alto potencial de escalamiento comercial. También se evaluará la postulación a fondos de ANID para proyectos de I+D aplicada, en particular el programa de Investigación Tecnológica Empresarial. En paralelo, se buscarán alianzas estratégicas con empresas privadas interesadas en la comercialización temprana de la plataforma, especialmente a través de Entel Digital, explorando acuerdos de cofinanciamiento o implementación piloto pagada. Finalmente, en el mediano plazo, se evaluará el acceso a programas de internacionalización como GoGlobal de CORFO, para acelerar la entrada al mercado peruano y otros países donde Entel tenga presencia.

## **7.3 ¿Cuál o cuáles son los actores o entidades claves para el desarrollo del proyecto?**

El desarrollo del proyecto "Visualizador de indicadores logísticos para el transporte de última milla usando datos de telefonía móvil" requiere la participación activa de varios actores estratégicos: 1. Entel S.A. Entel es el socio tecnológico clave del proyecto. Actualmente mantenemos un vínculo formal de colaboración a través de Entel Digital, con quien ya hemos trabajado en la validación experimental de metodologías para caracterizar movilidad de carga utilizando datos de telefonía móvil (CDR). Entel proporcionará acceso continuo a su infraestructura de datos móviles, compuesta por más



de 800 millones de registros diarios, elemento esencial para entrenar los modelos de machine learning, generar indicadores logísticos, y escalar la solución. Además, Entel apoyará la estrategia de comercialización integrando la solución en su portafolio de servicios de valor agregado. 2. Empresas de logística y transporte Durante el proyecto se fortalecerá la vinculación con operadores logísticos privados y empresas generadoras de carga que actuarán como early adopters de la tecnología. Actualmente se han iniciado conversaciones preliminares con empresas del rubro interesadas en acceder a reportabilidad logística avanzada. Estos actores permitirán validar el desempeño de los indicadores en entornos operativos reales, ajustando la solución a las necesidades del mercado. 3. Municipalidades y organismos públicos Se contempla la colaboración con municipalidades de la Región Metropolitana y organismos públicos como el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). Su participación es relevante para validar el uso de la información logística en la planificación urbana, políticas de movilidad sostenible y reducción de emisiones. Además, su apoyo facilitará la adopción de la solución como herramienta de apoyo a la gestión pública.

## 8. Equipo

### Investigador Responsable

- **Nombre:** Franco Basso
- **Rut:** 16656774-2
- **Unidad Académica:** Escuela Ingeniería Industrial
- **CV Responsable:** [https://drive.google.com/file/d/0B2W0QKk8udKgVG9JZFowc1ZkRkpYdjBnNjJHSDZNR1RVT1Rn/view?usp=drive\\_link&resourcekey=0-y0wX3IhbCUZNRjxpWZvKhW](https://drive.google.com/file/d/0B2W0QKk8udKgVG9JZFowc1ZkRkpYdjBnNjJHSDZNR1RVT1Rn/view?usp=drive_link&resourcekey=0-y0wX3IhbCUZNRjxpWZvKhW)

### Investigador@s

**Nombre del investigador:** Lorena Bearzotti

**Rut del investigador:** 22201651-7

**Unidad académica del investigador:** Escuela de Ingeniería de Construcción y Transporte

**Nombre del investigador:** Javier Maturana

**Rut del investigador:** 18236828-8

**Unidad académica del investigador:** Escuela Ingeniería Industrial

**Nombre del investigador:** Raúl Pezoa

**Rut del investigador:** 18339788-5

**Unidad académica del investigador:** Escuela Ingeniería Industrial UDP

**Nombre del investigador:** Mauricio Varas

**Rut del investigador:** 16007475-2

**Unidad académica del investigador:** Escuela Ingeniería Industrial UDP

## 9. Entidad Patrocinadora

**Nombre patrocinador:** Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A (Entel)

**Rut patrocinador:** 2.580.000-7

**Rubro del patrocinador:** Telecomunicaciones

**Región del patrocinador:** Nacional

**Ciudad del patrocinador:** Nacional

**Descripción:** Entel S.A. es una de las principales empresas de telecomunicaciones de Chile, con más de 8 millones de clientes y una participación de mercado cercana al 35% en telefonía móvil. Su infraestructura robusta incluye más de 800 millones de registros diarios de interacciones móviles, permitiendo una cobertura espacio-temporal de alta calidad en todo el territorio nacional. Entel ofrece servicios de telefonía móvil, fija, internet, televisión y soluciones digitales avanzadas a través de su unidad Entel Digital, especializada en tecnologías de Big Data, inteligencia artificial, IoT y servicios de nube híbrida. La compañía ha liderado la adopción de redes 5G en Chile y mantiene una presencia regional, incluyendo operaciones en Perú.

**Link carta de patrocinio:** <https://drive.google.com/file/d/1gnHbht9pt4eyDuvHwzyFnccj2uhf49O4/view?usp=sharing>

## 10. Plan de trabajo y presupuesto

**Objetivo específico:** Definir indicadores logísticos que sean relevantes para el sector público o privado y que puedan ser calculados a partir de las trazas celulares.

### Actividades:

- **Reunión con stakeholders para priorización de indicadores**

*Se sostendrán reuniones con actores del sector público y privado para identificar y priorizar indicadores logísticos relevantes, considerando sus necesidades estratégicas y operativas.*

**Presupuesto:** \$400000

**Duración:** 1–3 meses

- **Cocreación de indicadores logísticos**

*A partir de los insumos recogidos, se diseñarán colaborativamente indicadores logísticos mediante sesiones de trabajo con los actores clave.*

**Presupuesto:** \$300000

**Duración:** 1–3 meses

- **Evaluación de factibilidad y validación técnica**

*Se analizará si los indicadores definidos pueden calcularse con trazas celulares y se validarán con expertos y usuarios.*

**Presupuesto:** \$300000

**Duración:** 1–3 meses

**Objetivo específico:** Optimizar la capacidad predictiva de los modelos de detección de vehículos de carga, utilizando representaciones gráficas del comportamiento de dispositivos móviles, junto con técnicas de Deep Learning diseñadas para el procesamiento de imágenes.

### Actividades:

- **Calibración de modelos de clasificación**

*Se ajustarán modelos de clasificación que usan como insumo representaciones gráficas del comportamiento de dispositivos móviles.*

**Presupuesto:** \$3000000

**Duración:** 2–5 meses

- **Validación del rendimiento del modelo**

*Se evaluará el desempeño de los modelos utilizando métricas como sensibilidad, tasa de falsos positivos y AUC.*

**Presupuesto:** \$3000003

**Duración:** 2–5 meses

**Objetivo específico:** Caracterizar el movimiento de carga para comprender de manera precisa y detallada los patrones de movimiento por medio de la implementación de metodologías de medición y cálculo de indicadores logísticos a partir de datos de telefonía celular.

**Actividades:**

- **Escalamiento de indicadores a nuevos mercados**

*Se aplicarán los indicadores definidos en mercados priorizados según el modelo de negocios, ampliando su alcance.*

**Presupuesto:** \$2000000

**Duración:** 4–7 meses

- **Análisis científico de resultados**

*Se evaluará el comportamiento de los indicadores a mayor escala para confirmar su validez y consistencia.*

**Presupuesto:** \$1999998

**Duración:** 4–7 meses

- **Generación de informe público inicial**

*Se elaborará un informe con los principales hallazgos y se liberará el primer producto de forma gratuita.*

**Presupuesto:** \$2000000

**Duración:** 4–7 meses

**Objetivo específico:** Diseñar arquitectura y soporte computacional que disponibilice solución de transporte de carga que asegure la sostenibilidad financiera de la solución.

**Actividades:**

- **Diseño de estructura de datos**

*Se desarrollará una estructura de datos que permita almacenar y procesar eficientemente la información necesaria para la solución.*

**Presupuesto:** \$3000000

**Duración:** 5-9 meses

- **Integración con modelos y algoritmos**

*Se conectará la estructura de datos con los modelos desarrollados para facilitar su funcionamiento dentro del sistema.*

**Presupuesto:** \$3000000

**Duración:** 5-9 meses

**Objetivo específico:** Generar un modelo de transferencia a sector público-privado considerando acuerdo estratégico de transferencia tecnológica y diseño de modelo de negocios.

## **Actividades:**

- **Firma de acuerdo estratégico de transferencia**

*Se negociará y firmará un acuerdo entre la entidad beneficiaria y la asociada para definir la estrategia de transferencia tecnológica.*

**Presupuesto:** \$1500000

**Duración:** 8–12 meses

- **Evaluación de protección de propiedad intelectual**

*Se analizará la posibilidad de patentamiento y se definirá una estrategia de protección del conocimiento generado.*

**Presupuesto:** \$1500000

**Duración:** 8–12 meses

- **Desarrollo de visualización y pruebas de usabilidad**

*Se diseñará una interfaz de visualización de resultados y se realizarán pruebas con usuarios potenciales.*

**Presupuesto:** \$1500000

**Duración:** 8–12 meses

- **Prospección y cierre de acuerdos comerciales**

*Se contactará a entidades públicas o privadas para concretar un acuerdo comercial de uso de la solución.*

**Presupuesto:** \$1500000

**Duración:** 8–12 meses

**Presupuesto total:** 25000000