



Consultorías avanzadas para la optimización de sistemas de transporte público

Analítica de datos, machine learning y optimización matemática en pos de un transporte más eficiente, sustentable y democrático.

Resumen de capacidades

2024



Optimización de redes de transporte público

- 1 En función de los objetivos planteados por el planificador público, se proponen una serie de cambios de distinta índole, tamaño e impacto que transformen y mejoren la funcionalidad del sistema de transporte público.
- 2 Las propuestas se fundamentan técnicamente de acuerdo a los resultados arrojados por las herramientas desarrolladas por Nonlinear, detalladas a lo largo del documento.
- 3 Las propuestas se sustentan también en el **trabajo colaborativo y continuo en conjunto con el planificador público**, considerando opiniones, demandas puntuales e información cualitativa recolectada por la gestión pública.

El proceso de elaboración de las propuestas incluye:

- Participación continua del planificador urbano en la discusión y elaboración de las propuestas
- Necesidades y demandas particulares establecidas por el planificador
- Información de carácter cualitativo recolectada por la localidad

- 1 Análisis pormenorizado del funcionamiento actual del sistema.
- 2 Una serie de propuestas de cambios parciales o totales del sistema de transporte público. De acuerdo a los objetivos planteados por el planificador, estos cambios pueden darse en variables como: líneas, recorridos, demanda, frecuencias, número de coches, etc.

Las propuestas incluyen la consideración de las siguientes características:

- Evaluar el sistema actual **bajo otras condiciones** (cambios de demanda, de frecuencia).
- Obtener **KPI's pertinentes** para valorar los cambios que pueden producirse.
- Calcular el **impacto económico** de los cambios.
- Comparar **Sistemas alternativos**



Al finalizar el proceso, el planificador contará con todas las herramientas e información necesaria para llevar adelante modificaciones en el sistema, conociendo el posible impacto de los cambios en cada variable de análisis.

Herramientas utilizadas para la optimización de redes de transporte público

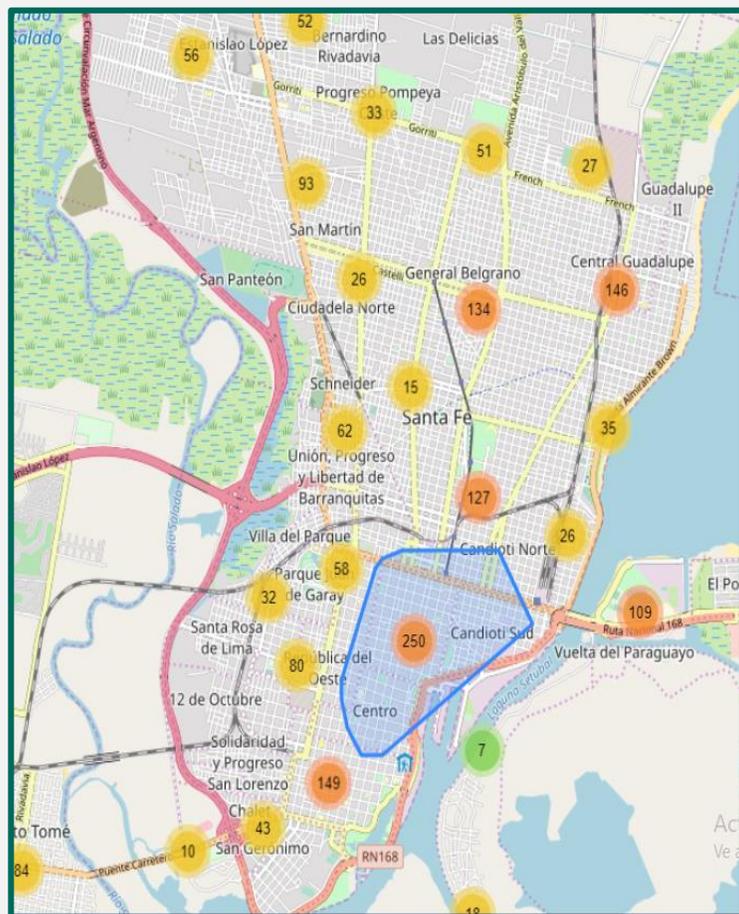
- **Analítica avanzada de datos** de transporte para la detección de patrones y la predicción de eventos.
 - 1 Análisis avanzados, tableros de gestión, desarrollo de múltiples mapas interactivos a demanda.

- **Generación de matrices OD** de sistemas de transporte público.
 - 1 Analizar el patrón de movilidad de los usuarios para comprender su comportamiento actual.
 - 2 Comprender las diferencias en los movimientos de diferentes tipos usuarios.

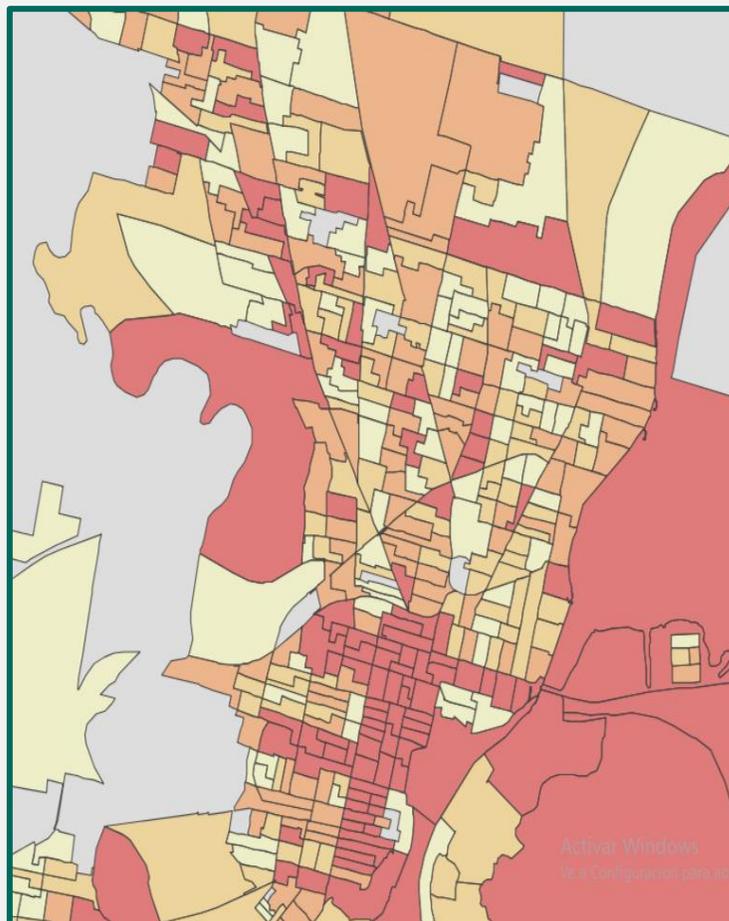
- **Simulación de sistemas de transporte de pasajeros** para análisis de cambios en la red.
 - 1 Simulación de cambios en la red de transporte: nuevas líneas, cambios de recorridos, pruebas de frecuencia.
 - 2 Determinación de indicadores de carga, IPK, frecuencias mínimas teóricas.
 - 3 Evaluación de costos e impacto ambiental.
 - 4 Evaluación de distribución de paradas y carriles rápidos.

Descripción

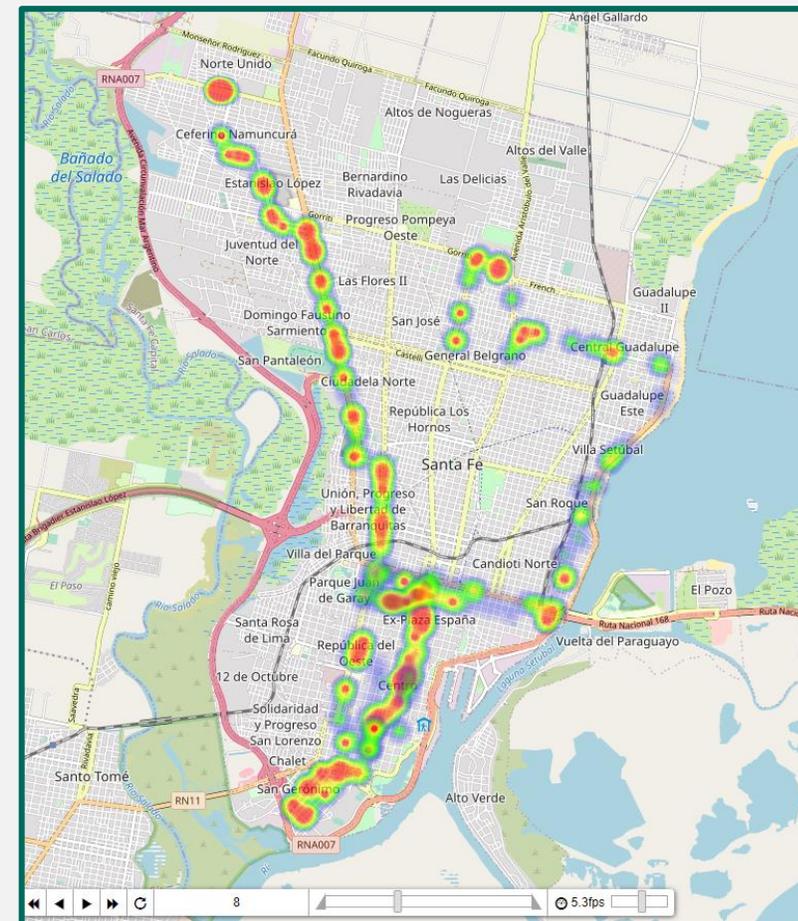
Análisis de paradas



Transacciones totales por Radio Censal



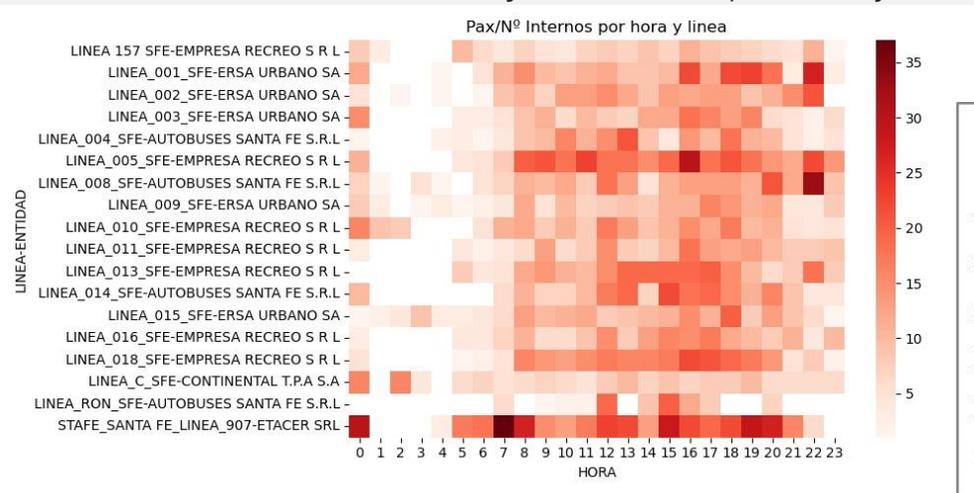
Mapas de Calor



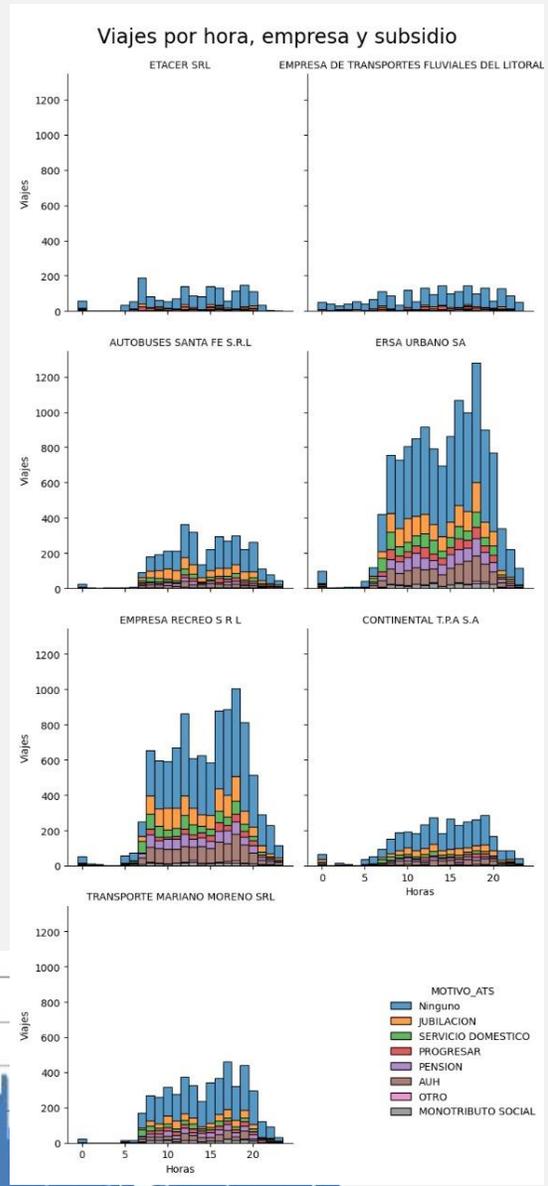
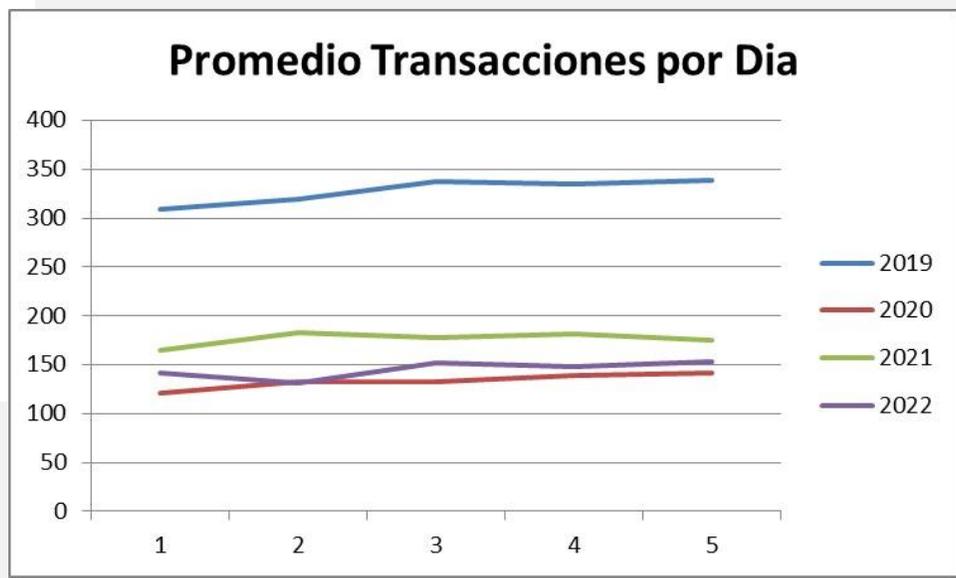


Situación Relevada Santa Fe - 2023

Pasajeros/Interno por hora y línea



Transacciones por día, hora, empresa y tipo de pasaje

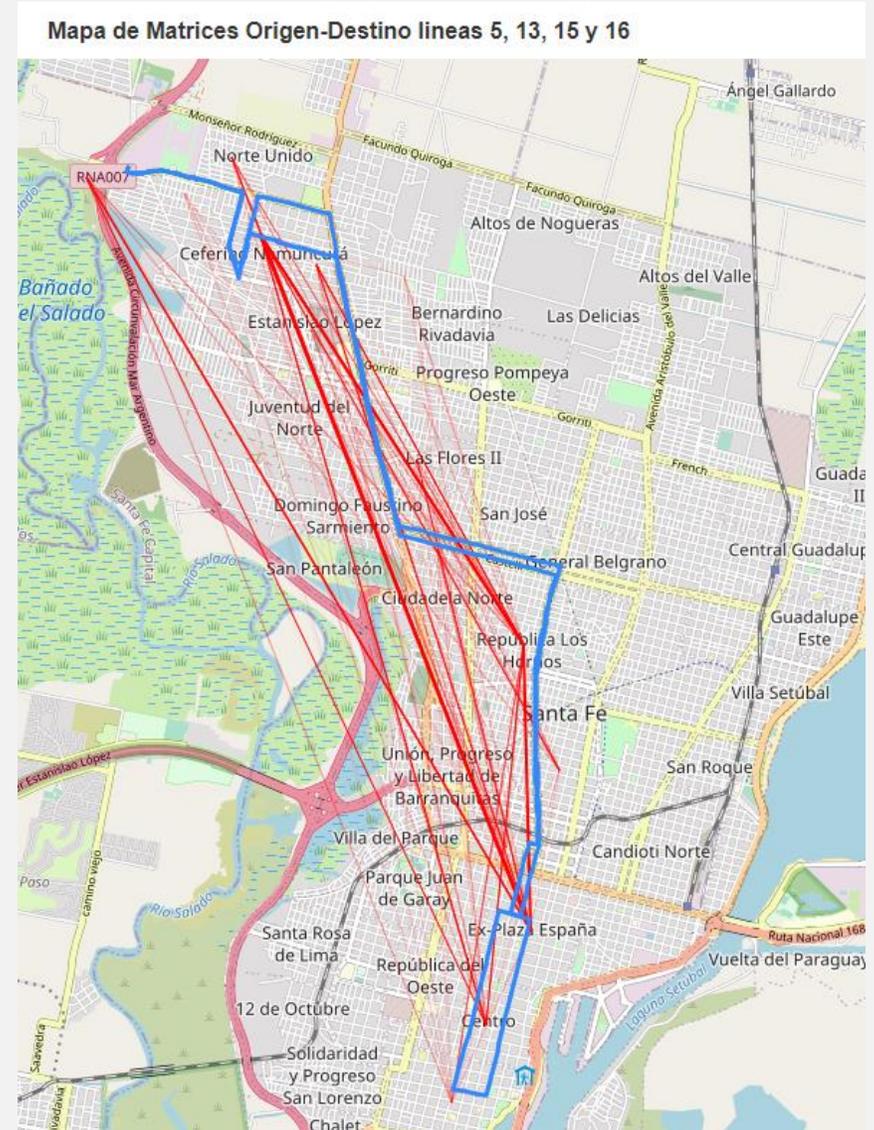


Transacciones Línea 16



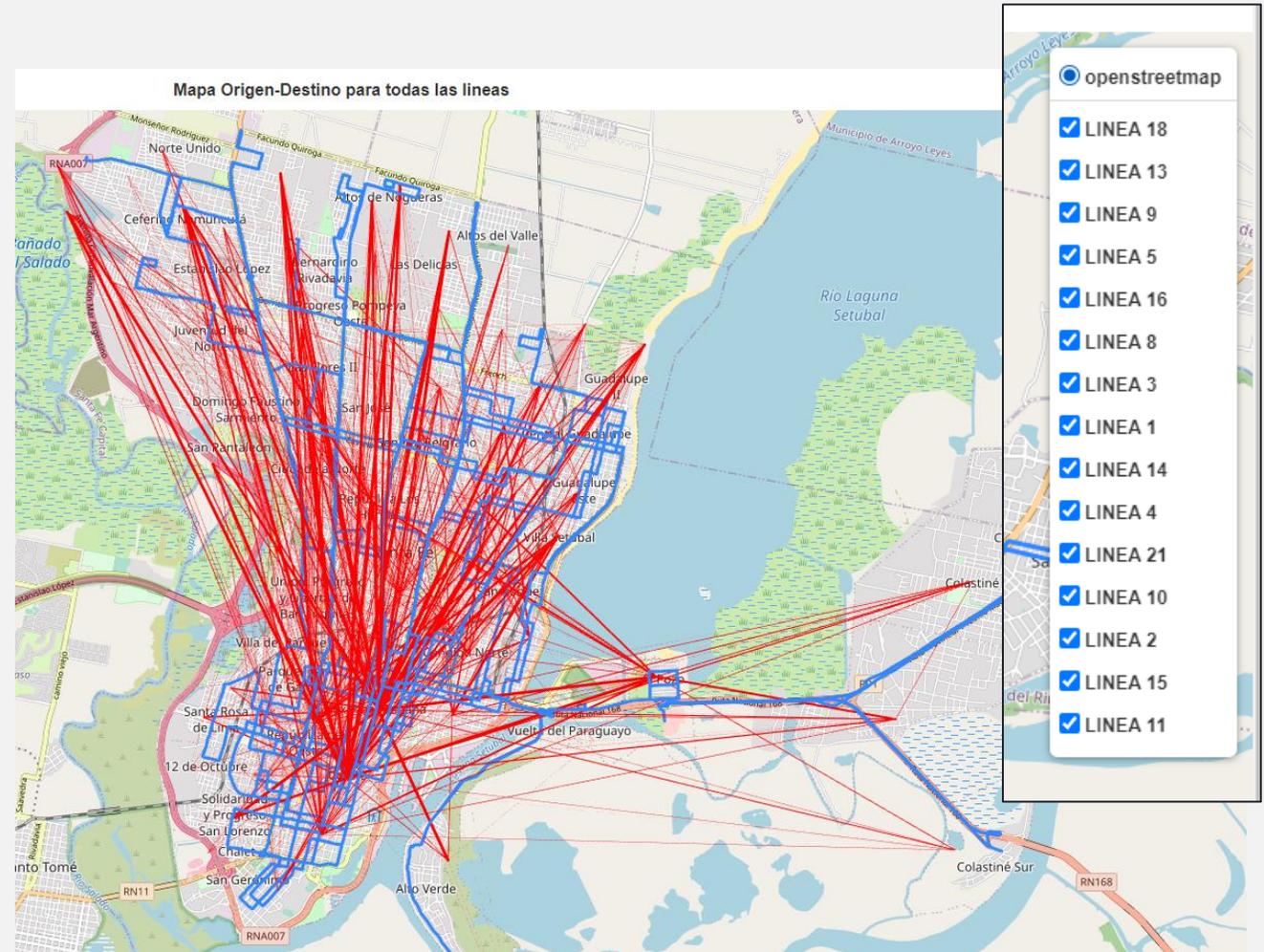
A través de las matrices OD se puede:

- 1 Analizar el patrón de movilidad de los usuarios para comprender su comportamiento actual.
- 2 Predecir como se comportaría una zona que todavía no tiene servicio de transporte público.
- 3 Comprender las diferencias en los movimientos de diferentes tipos usuarios (jubilados, docentes, estudiantes, etc.).
- 4 Es un *input fundamental* para la aplicación de herramientas para la evaluación de cambios y optimización del Sistema de transporte público.



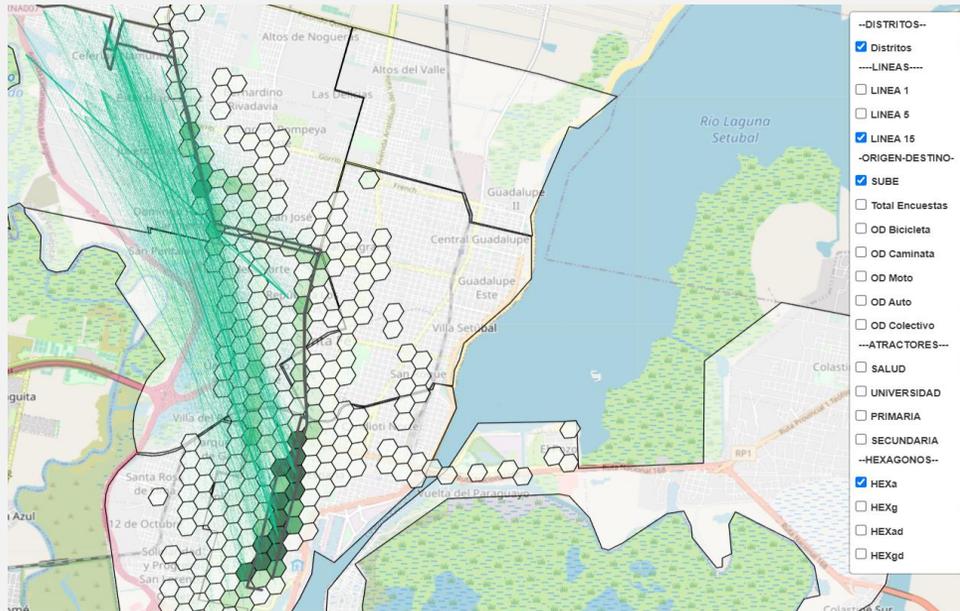
Mapa Completo

- 1 Números Totales de TRX incluidas en la matriz OD
- 2 Resultados ponderados promedio para día hábil / sábado / dom y feriado.
- 3 Resultados por Hora.
- 4 Resultado para algún grupo de usuarios
- 5 Resultado promedio por distinta zonificación: dominio – vecinal – parada
- 6 Resultado por tipo de patrón.
- 7 Combinación de todos los anteriores.



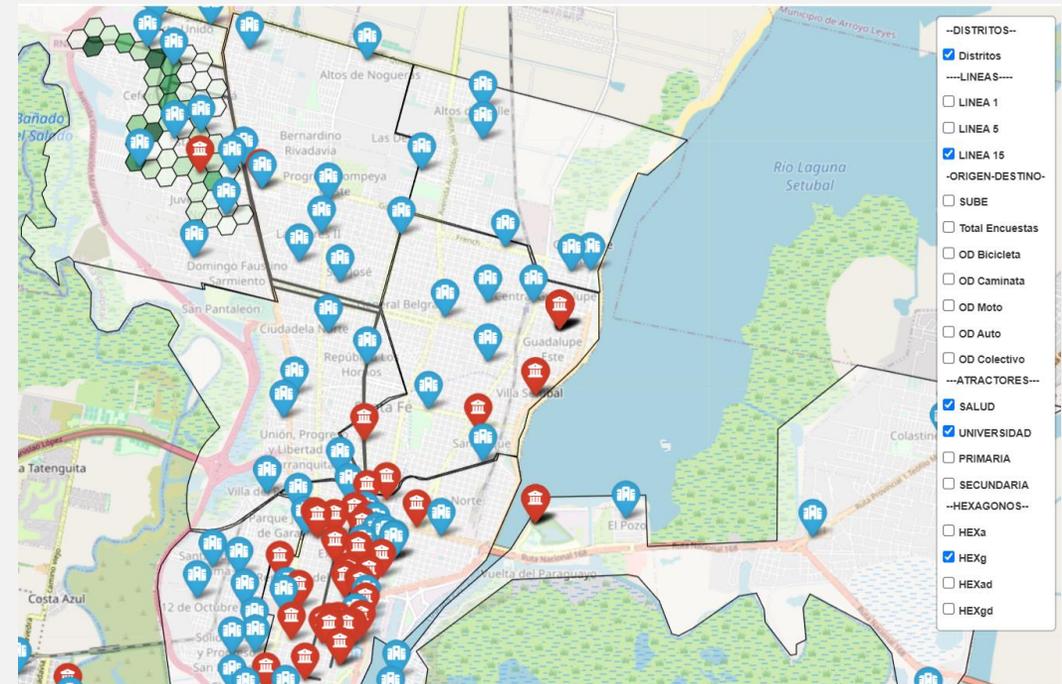
A partir del desarrollo de la matriz OD se puede determinar de la generación y atracción de viajes por zona.

➔ Este tipo de mapas permiten combinar muchas piezas de información para poder hacer análisis más profundos y/o rigurosos.



En esta visualización se observan los generadores del distrito noroeste y las geolocalizaciones de atractores comunes (centros de salud, universidades, etc.)

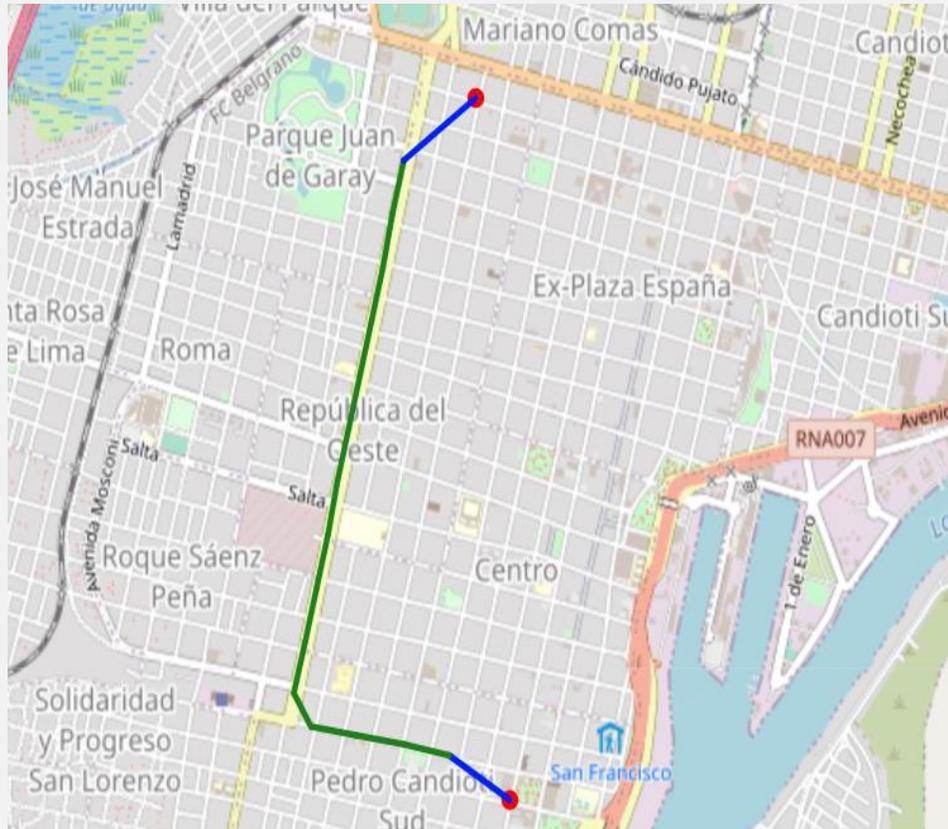
Los hexágonos es una zonificación útil debido al tamaño de los mismos. En este caso el “verdor” del hexágono representa cuantos atractores se concentran en el mismo.



→ La consultoría permite, a través del desarrollo de sistemas de simulación robustos, poder responder las siguientes preguntas:

- 1 ¿Cómo se comportaría una **nueva línea de colectivos** en el sistema actual? ¿Cuál sería su carga? ¿Cuáles serían las frecuencias recomendadas?
- 2 ¿Cómo se comportaría un nuevo sistema? ¿Qué cantidad de usuarios tendría cada línea? ¿Qué frecuencias necesitaría? ¿Cuántos coches?
- 3 ¿Cómo reaccionaría el sistema ante una **modificación en la demanda** en un sector de la ciudad?
- 4 ¿Cómo impactaría **modificar la distancia entre paradas**? ¿Cómo impactaría un **nuevo carril rápido**?
- 5 ¿Qué implicaría la **modificación parcial** en una o más líneas de colectivos?

Ejemplo Conceptual

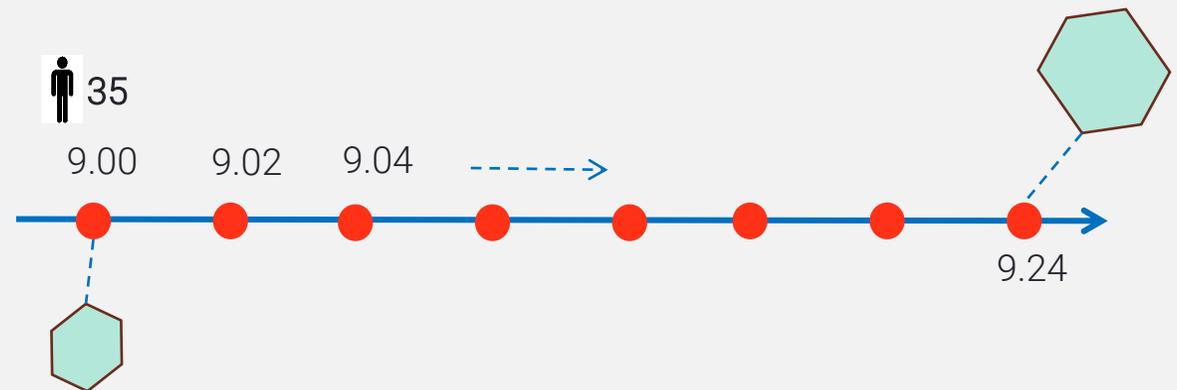


- Origen / Destino
- Tramo Caminando
- Tramo en Línea de Colectivo

Como funciona el algoritmo?

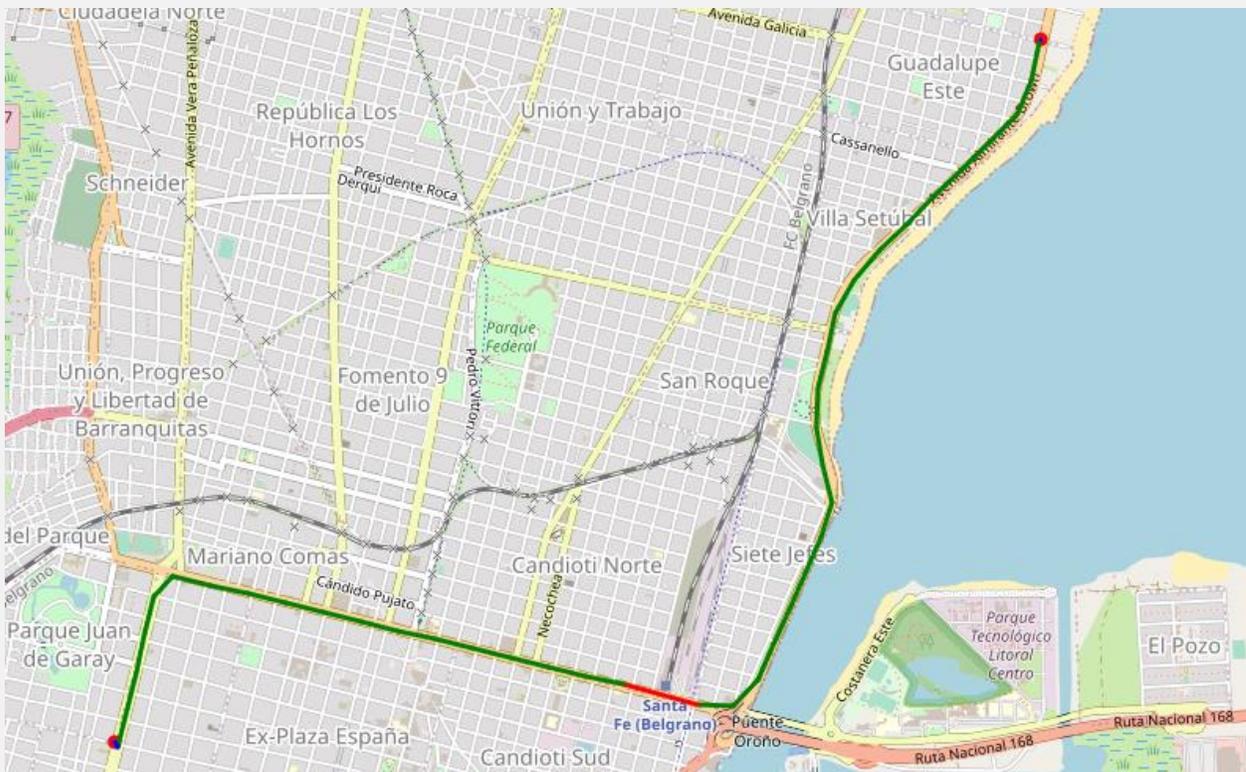
De manera simple cuenta de los siguientes pasos:

1. A partir de una red de transporte el algoritmo genera una representación basada en grafos del mismo.
2. El sistema transforma un conjunto de transacciones geolocalizadas en una matriz OD y se genera un conjunto de rutas optimas (minimizando la distancia total y la distancia caminando).



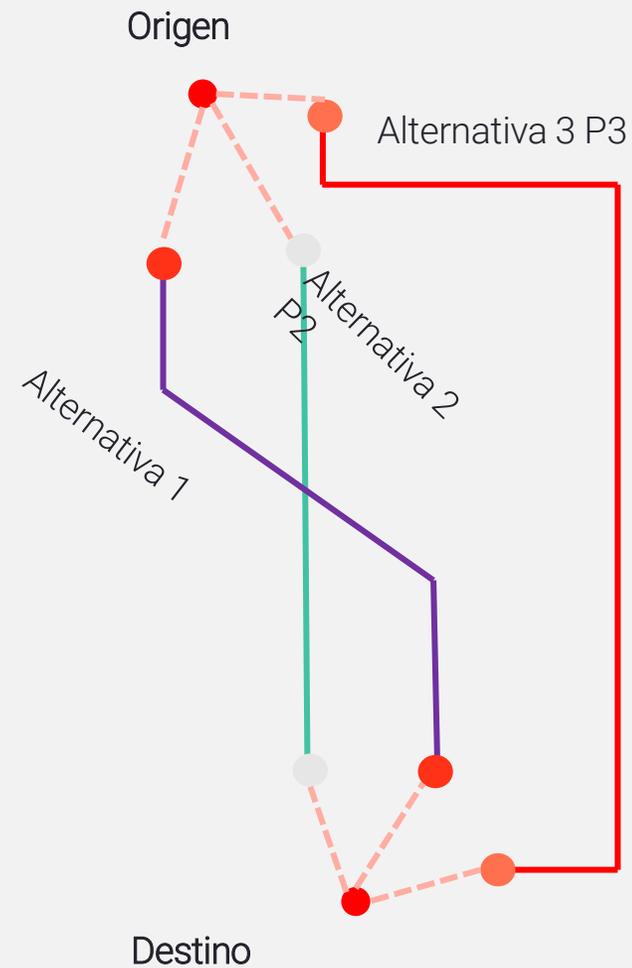
Complejidades Adicionales

Combinaciones



En muchas situaciones existen caminos alternativos y competitivos para conectar uno nodo origen con un nodo destino .

Caminos Alternativos

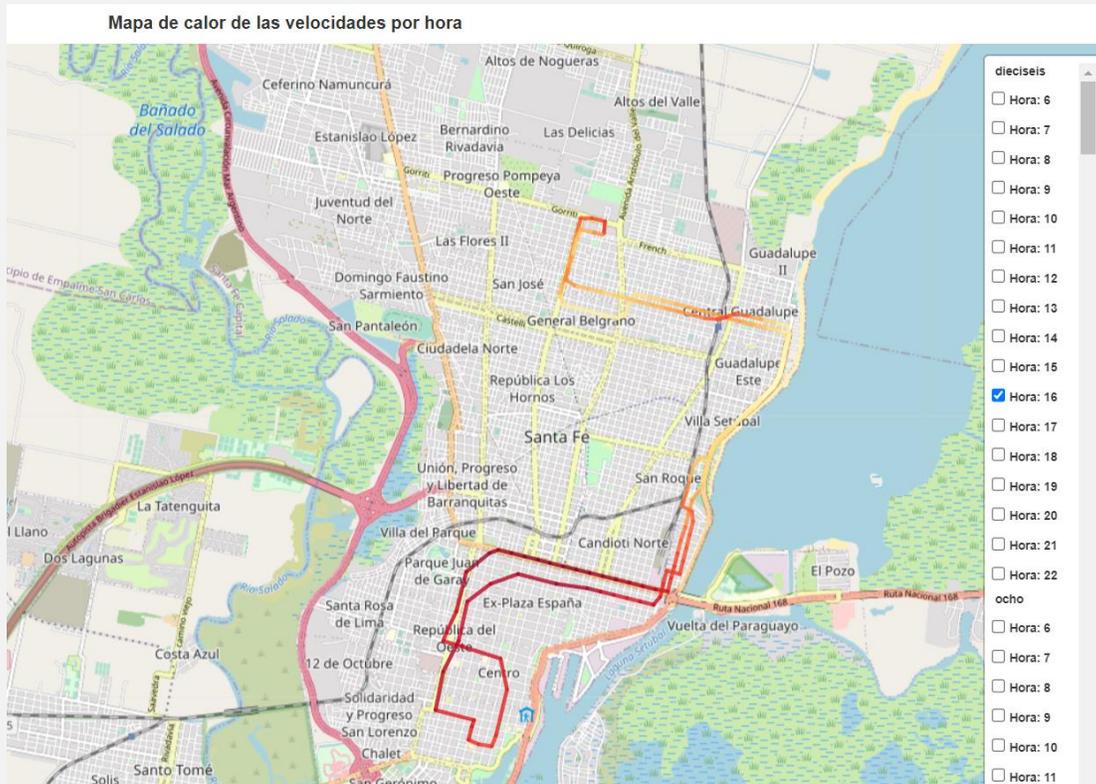


$$P1 + P2 + P3 = 1$$

Complejidades Adicionales

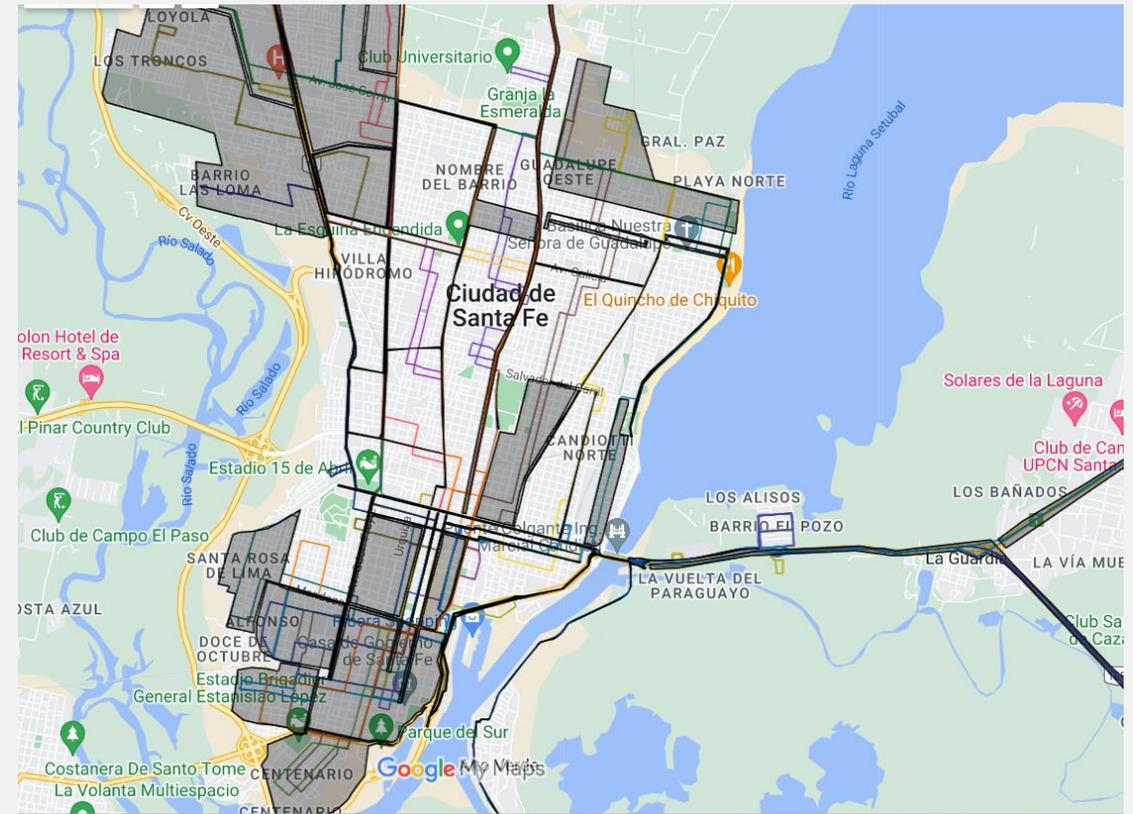
Velocidades

A través de los datos de los GPS de los colectivos se puede generar un procesamiento para conocer la velocidad en cada segmento del recorrido y a cada hora del día.

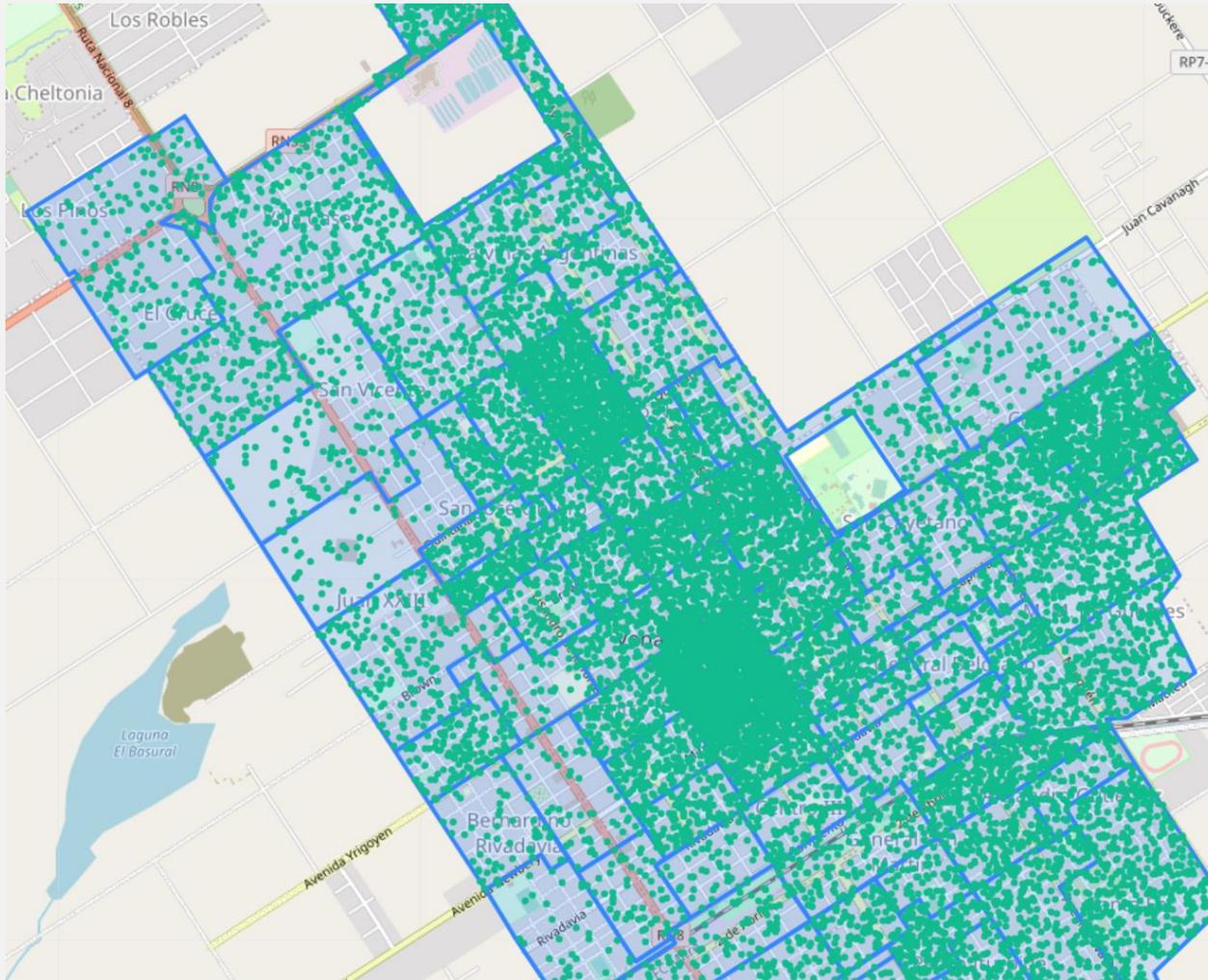


Velocidades Alternativas

Descripción de velocidades alternativas para impactar cambios en la red. Clave para **separación de paradas y carriles rápidos**.



¿Cómo podemos estimar el origen del viaje y la distancia total caminando?



Situación Actual

Las transacciones se geolocalizan según donde se registra, es decir, en el recorrido arriba del colectivo.

Explosión de la OD

Tomando como dato donde fueron registradas las transacciones y los radios censales cercanos desarrollamos un algoritmo de explosión que permite relocalizar el origen y el destino de una transacción teniendo en cuenta su contexto para de esta forma estimar los verdaderos tiempos de viaje y las distancias de caminata.

Diagrama conceptual de la solución planeada

Inputs

- 1 Transacciones geolocalizadas **Matriz OD**
- 2 **Red de Transporte Público** (nuevo, actual o cambios menores)
- 3 Distancia entre paradas, Velocidades por calle y hora

Outputs Principales

- 1 Estimación de **carga** de las nuevas líneas y/o impacto en las actuales.
- 2 Estimación de **frecuencia teórica** requerida, **flota por línea**, número de turnos requeridos.
- 3 Estimación de la **modificación de las distancias a caminar** y de los **tiempos de viaje** por los usuarios
- 4 Indicadores globales del sistema (IPK, Ocupación...)
- 5 **Estructura de Costos e Impacto Ambiental** – Estudio de Tarifas y Beneficios



Interfaz Web de Visualización

Nonlinear Tecnología **Resultados Optimización STP Venado Tuerto** Pantalla Dividida Pantalla Única

Escenario Actual | Métricas

Métricas generales del proceso

Métricas GTRX

Métrica	Valor
%OD	100
TRX sin cubrir	0
%Tuplas Abarcadas	100
Tiempo de ejecucion	38.9699786146481
%Combinaciones	0.26288481494292
NroCombinaciones	57

Métricas FA

Métrica	Valor
TiempoEjecucion	2.69813440243403
PersonasAsignadas	1285.30079538757
NroCocheMinimo	6
FrecuenciaPromedio	68.3839457065432
OcupacionPromedio%	19.6997840836752
UtilizacionPromedio%	8.7207690677858
KMTotales	1732.06088428686
TiempoPromedio	54.6271285567272

La consultoría incluye una plataforma donde el cliente podrá visualizar los diferentes escenarios de modificaciones propuestos.

Esto permite comparar el sistema actual con posible escenarios alternativos, observando diferentes características de los mismos.



Contacto:

contacto@nonlinear.com.ar

+54 9 342 487-6180

