

Optimización de ingresos en servicios de taxi mediante programación lineal y pronósticos con Facebook Prophet en R

PALABRAS CLAVE

Facebook Prophet; maximización de ganancias; optimización de ingresos; programación lineal; servicios de taxi

RESUMEN

El estudio optimiza los ingresos de taxis (NYC 2025) integrando programación lineal y Facebook Prophet; se determinó que los viajes medianos ofrecen el mejor balance costo-beneficio y que la combinación de predicción de demanda con optimización operativa maximiza la rentabilidad y la planificación.

INTRODUCCIÓN

En el sector del transporte urbano, los servicios de taxi enfrentan el desafío constante de maximizar ingresos mientras gestionan variables operativas como tiempo, distancia y desgaste vehicular. Este proyecto aborda esta problemática mediante un enfoque dual que combina modelos predictivos con Facebook Prophet y optimización mediante programación lineal en R.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos:

Enfoque y alcance: Cuantitativo, correlacional y explicativo.

Fuente: NYW TLC Trip Record Data (ene-sep 2025)

Variables: tiempo, distancia, monto y duración de viajes

Metodología:

Preparación de datos con R (paquetes: arrow, dplyr, lubridate)

Pronóstico de demanda usando Facebook Prophet. **Optimización lineal** con lpSolve para determinar mezcla óptima de viajes:

Cortos (C), medios (M) y largos (L) (basados en terciles)

$$\text{Max}(Z = \$C + \$M + \$L) \quad (\$ = \text{ingresos promedios})$$

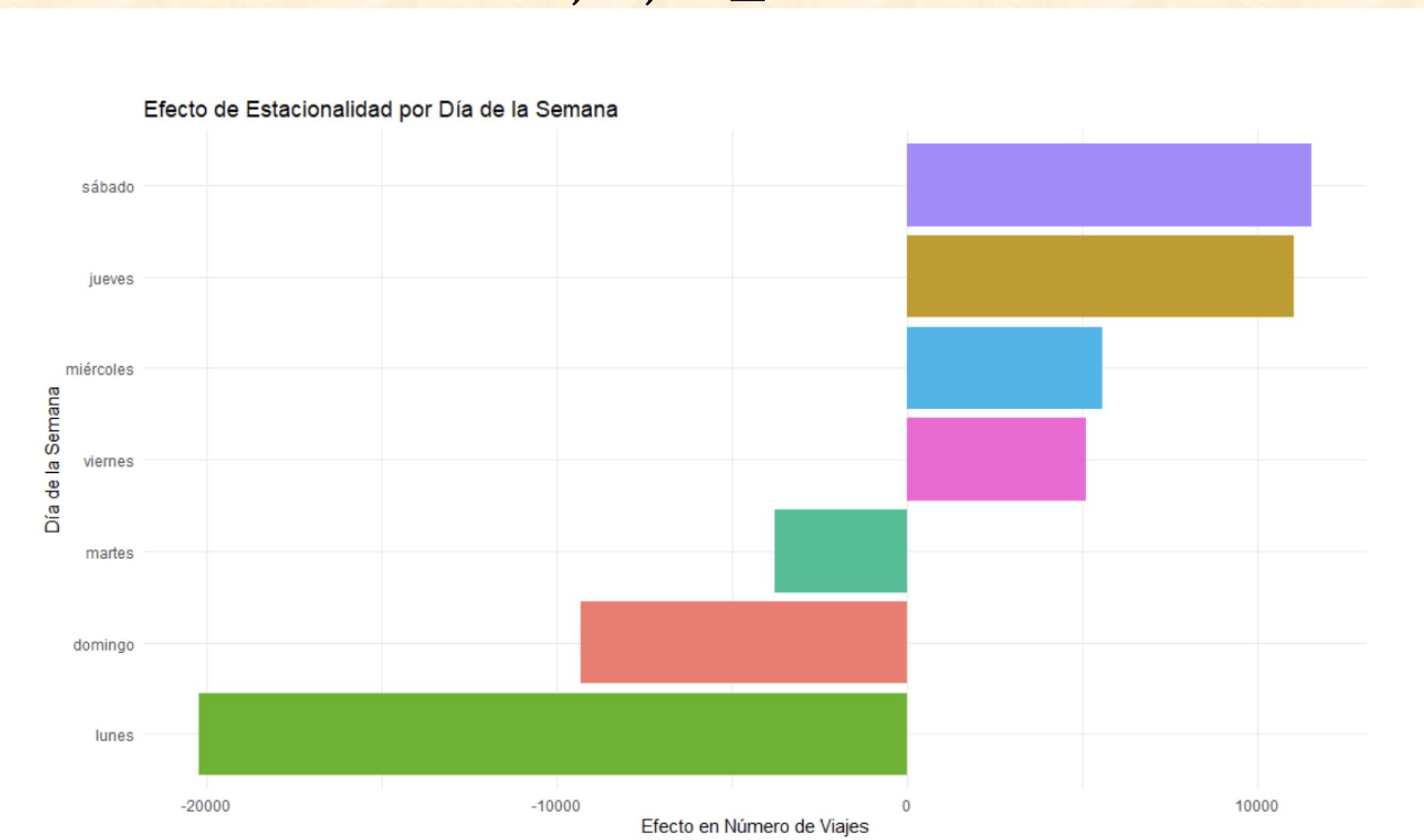
Restricciones:

$$Ct_c + Mt_M + Lt_L \leq 10 \text{ horas} \quad (t=\text{tiempo})$$

$$Cd_c + Md + Ld_L \leq 200 \text{ millas} \quad (d = \text{distancia})$$

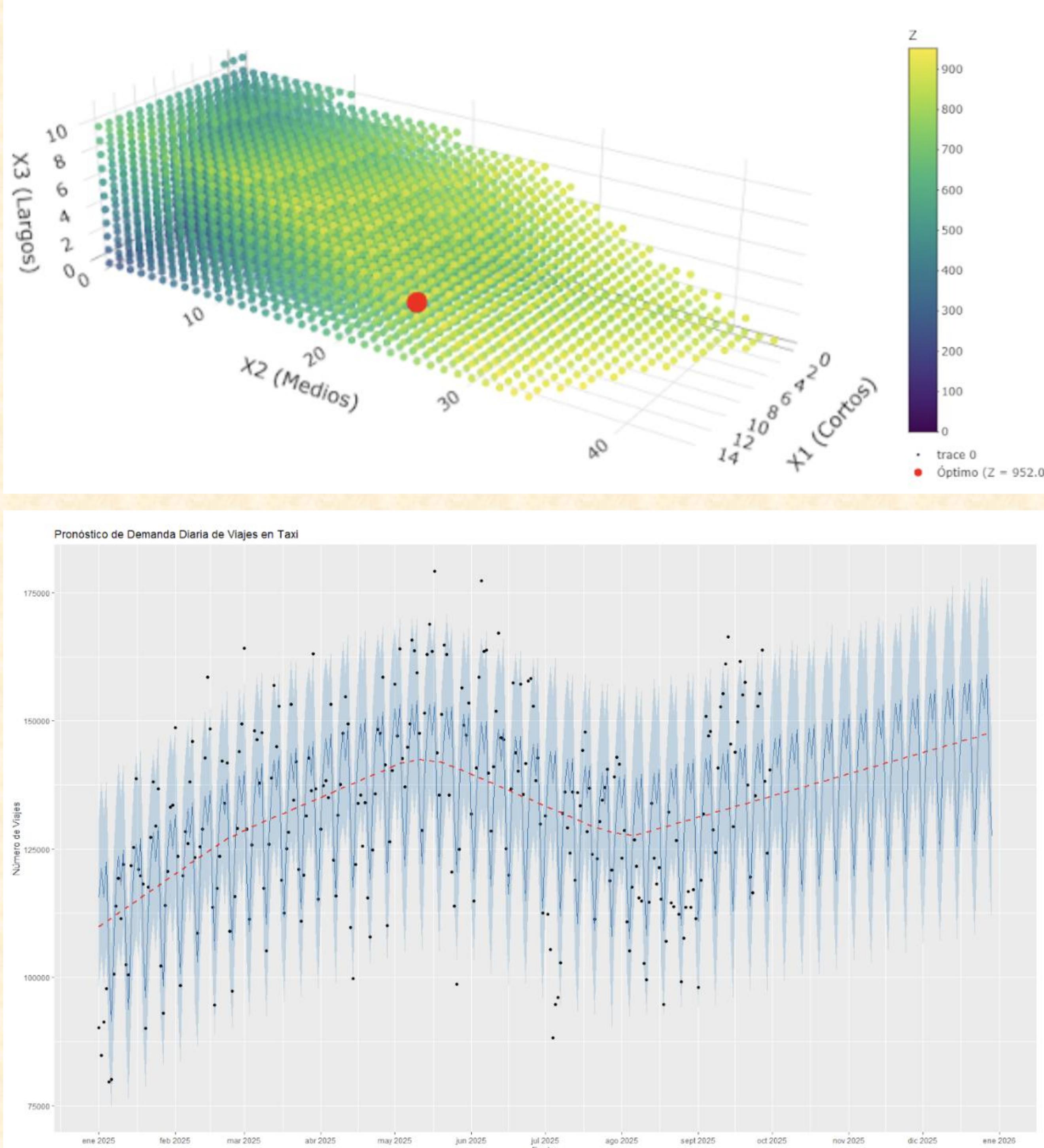
$$C \leq 15$$

$$C, M, L \geq 0$$



CONCLUSIONES:

- Los viajes categorizados como "medianos" representan el punto óptimo entre ingreso generado, tiempo invertido y desgaste vehicular.
- Existe una estacionalidad semanal marcada con variaciones de hasta 30,000 viajes, siendo jueves y sábados los días de máxima demanda.
- Los modelos desarrollados permiten a los taxistas adaptar sus estrategias operativas según la demanda pronosticada, mejorando significativamente su rentabilidad.
- La capacidad de anticipar tendencias y patrones estacionales permite una planificación operativa más eficiente y proactiva.
- Las restricciones incorporadas (tiempo, distancia, desgaste) aseguran que la maximización de ingresos no comprometa la sostenibilidad operativa del vehículo.



Angie Esquivel López
anesquivel@estudiatec.cr
<https://orcid.org/0009-0005-7633-2794>

Sebastian Quesada Córdoba
se.quesada@estudiatec.cr
<https://orcid.org/0009-0004-8162-4014>

Esteban Espinoza Solano
e.espinoza@estudiatec.cr
<https://orcid.org/0009-0003-0531-6354>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

SOLUCIÓN ÓPTIMA ENCONTRADA

Viajes cortos: 15 diarios
Viajes medios: 25 diarios
Viajes largos: 4 diarios

Ingreso máximo: $\$16.06 \times 15 + \$20.73 \times 25 + \$43 \times 4$

- La combinación de ambos métodos es más robusta que cada uno por separado. Mientras el modelo lineal es rígido con parámetros fijos, Prophet introduce flexibilidad y capacidad de adaptación a nuevas condiciones del mercado.

LIMITACIONES Y MEJORAS FUTURAS

- Limitaciones:** El modelo lineal usa promedios fijos que pueden variar, y Prophet ve aumentar su incertidumbre en pronósticos a muy largo plazo.
- Mejoras futuras:** En el caso del modelo lineal incorporar datos dinámicos y en el caso de Facebook Prophet ajustar los modelos semanales específicos.
- Se observó un punto de inflexión o desaceleración entre junio y julio, seguido de una recuperación y estabilización a partir de agosto.
- Días de Alta Demanda:** Jueves y sábado (aproximadamente +10,000 viajes respecto al promedio).
- Días de Baja Demanda:** Lunes (crítico, -20,000 viajes) y domingo (-10,000 viajes).

RECURSOS Y REFERENCIAS:

- Windover, P., Owens, R., Levinson, T., Laughlin, M., & Gaines, L. (2015). *Stop and Restart Effects on Modern Vehicle Starting System Components*.
<https://doi.org/10.2172/1184379>
- Taylor, S. J., & Letham, B. (2017). Forecasting at scale. PeerJ Preprints.
<https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.3190v2>

(VER EL PDF PARA TODAS LAS REFERENCIAS UTILIZADAS)