



Una propuesta metodológica para analizar el *truck-turn-time* en puertos mexicanos. El caso de Veracruz

El tema del acceso y desalojo de la carga de los puertos a través de los sistemas de transporte terrestre suele presentar desafíos importantes por la cantidad de actividades y actores que participan en estos procesos. Comúnmente pueden observarse demoras, congestión y tiempos de inmovilización que alargan significativamente el ciclo de estadía de los vehículos dentro del puerto. Derivado de lo anterior, se desarrolló un indicador conocido a nivel internacional bajo el nombre de *truck-turn-time*, el cual busca medir el tiempo de permanencia de los camiones desde que se aproximan al puerto hasta que salen de este recinto (Ph.D. Essay, 2019) previo paso por las terminales, bodegas, patios y la aduana marítima, incluyendo los tiempos de espera para acceder a cada uno de estos eslabones que forman parte de las instalaciones ubicadas dentro del puerto.

El *truck-turn-time* (traducido al español como tiempo de giro o tiempo de permanencia de los camiones de carga en el recinto portuario), suele complicarse, en repetidas ocasiones, debido a la falta de coordinación de la gran cantidad de actores que participan en estas operaciones. Al respecto, el presente artículo tiene por objeto contribuir al desarrollo de una nueva metodología para analizar el *truck-turn-time* en puertos mexicanos, con un primer avance práctico desarrollado en el puerto de Veracruz. En este recinto se utilizaron los registros del Sistema de Posicionamiento Global GPS, de los camiones en su recorrido por las instalaciones portuarias, lo cual permitió identificar con precisión la trazabilidad de los vehículos, así como los lugares y actividades que generan más demoras, con la finalidad de establecer parámetros útiles para la Comunidad Portuaria, que conduzcan a la implementación de mejoras operativas para los diversos actores de la cadena logística marítimo-portuaria.

Adicionalmente, la identificación y cuantificación de puntos de congestión y demora de los vehículos de carga, tanto en las principales vialidades urbanas de acceso, como al interior del recinto portuario, permitirá a la comunidad portuaria tomar decisiones e implementar medidas para mejorar la fluidez, reducir el tiempo de estadía de los vehículos automotores en el entorno urbano-regional y mejorar la interacción puerto-ciudad, expresada en una mejor calidad del aire derivada de la reducción de las emisiones contaminantes de los

camiones y de la mitigación de la congestión vehicular.

El análisis del tiempo de permanencia de los camiones en el recinto portuario y sus alrededores, está estrechamente relacionado con el concepto de trazabilidad. Al abordar el tema de trazabilidad, se hace referencia al desarrollo de líneas de acción que permitan establecer mediciones en la logística, para poder conocer la ubicación exacta de las mercancías en determinado punto, es decir, la trazabilidad permite dar mediciones en tiempo real, con lo cual se puede alcanzar mayor eficiencia en la logística portuaria. Es decir, a través de los modelos de trazabilidad se permite al importador o exportador, conocer mediante sistemas informáticos y en tiempo real, donde se encuentran ubicados las unidades de transporte que mueven la carga, con ello se pueden establecer cuáles son los puntos en donde la carga permanece estacionada o sin movimiento y de esta manera poder abordar el punto para lograr que dichos embarques circulen evitando demoras y costos adicionales (Loebbecke *et al*,1998).

Para darle viabilidad a los proyectos de trazabilidad de las operaciones portuarias, que tienen como objetivo reducir el *truck-turn-time*, se requiere de la participación y el acuerdo de los múltiples actores que intervienen en la cadena logística marítimo - portuaria. Cada actor desempeña tareas específicas que se van enlazando con las de los demás participantes de la cadena. Por lo tanto, si todos ellos no actúan de manera coordinada y sincronizada será muy difícil visibilizar adecuadamente los procesos y obtener la deseada trazabilidad de las cadenas de suministro que permitan identificar los cuellos de botella y encontrar soluciones consensadas para mejorar la eficiencia de las operaciones dentro del puerto.

Desarrollos previos para la medición del *truck-turn-time*

Existen puertos que ya implementaron sistemas para realizar estas mediciones y sitios de consulta, por ejemplo: el puerto de Oakland (2021) o el de Los Ángeles en EEUU (West Coast MTO Agreement, 2021), el puerto de Tauranga (2021) en Nueva Zelanda, la Terminal APM Bahrain (APM Terminals, 2021) del puerto de Khalifa Bin Salman en el Golfo Pérsico, entre otros. Para realizar la medición de dichos tiempos, las terminales registran la entrada y salida de los vehículos de carga, haciendo uso de tecnologías como los identificadores de radio frecuencia (RFID por sus siglas en inglés). Estos identificadores son etiquetas que envían señales de identificación a antenas de comunicación que registran el paso de los vehículos. Entre los indicadores que generan, se encuentran el tiempo medio de giro y el

porcentaje de vehículos atendidos. Además, se puede dividir la información por tipo de operación, ya sea para entregar o recoger un contenedor.

En América Latina también se pueden encontrar soluciones para medir el desempeño de las operaciones en los puertos. En el puerto de Buenos Aires se usa la tecnología RFID para determinar las horas pico en áreas de recepción de camiones.

Otra propuesta para abordar la trazabilidad, con el objetivo de determinar la incertidumbre del tiempo de tránsito del transporte de carga y su despacho en puertos, es el uso de contenedores inteligentes (Wattanakul *et al*, 2018). La trazabilidad unitaria basada en Internet de las Cosas, con un seguimiento de los contenedores en tiempo real y de múltiples parámetros (como la posición, temperatura, vibración, humedad, etc.), es una solución que permite mejorar la reactividad en tiempo real al enfrentar perturbaciones y extraer conocimiento de datos históricos.

Un problema derivado de los ejemplos previos, es la heterogeneidad de los indicadores propuestos, lo cual provoca que no sea posible comparar su desempeño. Además, una desventaja inmediata de las tecnologías antes mencionadas, es la inversión que se debe hacer para su implementación. Sin embargo, existen sistemas ya en uso por las empresas transportistas, que no representan un gasto extra y ya generan información suficiente para fines de trazabilidad. Dichos sistemas son los de monitoreo de sus dispositivos GPS.

Como ejemplo se encuentra el Puerto de Balboa, en la República de Panamá, donde ya se ha realizado una propuesta de un procedimiento para aprovechar los datos GPS generados por los vehículos de carga. Con esta metodología lograron identificar los patios visitados, inferir si se deja o recoge un contenedor y medir el tiempo de estadía en cada etapa del recorrido (Bartholdi III *et al*, 2017).

Otra de las ventajas de usar los datos GPS es que el análisis no se limita únicamente al área de las instalaciones del puerto, sino que es posible medir tiempos de llegada al recinto portuario. Este tipo de propuesta se ha implementado en las terminales del Puerto de la Bahía de San Pedro (L.A. California), donde hicieron uso de datos GPS para evaluar la predictibilidad del tiempo de llegada de los camiones. El método predice el tiempo de viaje entre los pares origen-destino identificados en la muestra de datos (Zhao *et al*, 2011).

En México también se han presentado análisis para estimar tiempos de viaje usando reportes de trazabilidad GPS. Como resultado se ha logrado evaluar la fluidez del transporte

de mercancías en los principales corredores del país (Cedillo-Campos *et al*, 2019).

Metodología

Un primer paso para realizar un análisis como el aquí presentado, es adquirir una muestra de datos GPS. La fuente de la muestra debe ser una empresa transportista que realice operaciones de acceso y desalojo de mercancías en el recinto portuario. La muestra debe contener al menos los siguientes campos de información por registro: un identificador del vehículo que genero el registro GPS; la fecha y hora en que se reportó la posición; y la latitud y longitud para su ubicación espacial.

En este caso la comunidad portuaria junto con la API (Administración Portuaria Integral) de Veracruz, fueron los encargados de recolectar la muestra de datos correspondiente a operaciones realizadas del 2 de enero al 30 de marzo de 2020. Para su almacenamiento se hizo uso de una base de datos relacional (PostgreSQL); para su visualización el sistema de información geográfica QGIS; y para su procesamiento se desarrolló una rutina con el lenguaje de programación JAVA.

Tras obtener la muestra de datos es necesario realizar un análisis de consistencia y depuración. Con consistencia, nos referimos a analizar la estabilidad y coherencia de los datos, en términos de la relación que hay entre cada par de puntos GPS consecutivos en el tiempo y su distancia recorrida. El análisis nos permite identificar los elementos que deben ser descartados de la muestra, al presentar comportamientos erráticos en su movimiento. Los casos erráticos son identificados cuando se estiman las velocidades de desplazamiento entre puntos consecutivos; si estas velocidades resultan muy por encima del límite establecido, entonces se descartan los puntos del vehículo en la fecha correspondiente.

Después de realizar la revisión de la consistencia de los datos, se obtuvo una muestra significativa compuesta por 162,997 puntos recolectados correspondientes a 68 camiones de carga.

Una vez que se tiene la muestra depurada se da paso a realizar el análisis de trazabilidad y fluidez para determinar el *truck-turn-time* de cada viaje realizado por los vehículos durante los tres meses analizados. Para realizar la trazabilidad es necesario tener bien ubicadas cada una de las zonas de interés dentro del recinto portuario para lo cual se establecieron geocercas. Es así que, con el apoyo de la Comunidad Portuaria de Veracruz, se definieron

64 zonas, cada una de ellas representada por su correspondiente geocerca, las cuales identifican terminales de carga, la Aduana, muelles, patios, puntos de revisión, el patio de entrada y la salida del puerto, entre otras zonas importantes.

Por otra parte, para el análisis del *truck-turn-time* hay que estimar los tiempos de estadía en cada una de las zonas definidas y agruparlos por recorrido. Un recorrido en el recinto portuario corresponde a todas las posiciones GPS registradas desde que se arriba al CALT (Centro de Atención Logística al Transporte), hasta el abandono de las instalaciones después de haber pasado por la Aduana Marítima.

En este sentido, se estimaron los siguientes datos por cada recorrido:

- Tiempos de estadía en cada zona visitada. Es el tiempo transcurrido entre el primer registro GPS que cae dentro de la zona o geocerca en turno hasta la última posición antes de abandonarla.
- Tiempos de viaje entre zonas (geocercas) visitadas. Es el tiempo transcurrido desde que se abandona una zona y se ingresa a otra.
- Los tiempos de estadía y de viaje se ordenan para determinar la ruta seguida en las instalaciones del puerto.
- Por cada ruta se estima el tiempo total de estadía dentro del puerto.

En la Figura siguiente se muestra un ejemplo de este proceso, se tienen tres zonas G_1 , G_2 y G_3 , en cada una de ellas se tiene el tiempo del primer y último registro GPS: t_0 y t_a para G_1 ; t_b y t_c para G_2 ; y t_d y t_e para G_3 . Por último, las flechas amarillas describen el orden de la ruta que siguió el vehículo de carga durante su recorrido.

Ejemplo de ruta. (Fuente: Instituto Mexicano del Transporte).



Una vez estimados los tiempos de estadía en las zonas de interés, tiempos de viaje entre ellas y tiempos de las rutas completas; se da paso a la estimación del percentil del 95% y el tiempo medio. Por ejemplo, para la zona G_1 se estima tanto el percentil del 95% como su promedio con todos los tiempos de las visitas registradas; se hace lo mismo con todos los tiempos de viaje de la zona G_1 a G_2 ; y de igual manera con todos los tiempos de las rutas que visitaron exactamente en el mismo orden las zonas G_1 , G_2 y G_3 .

El percentil del 95% se puede interpretar como el mayor tiempo de estadía garantizado durante la operación cotidiana del puerto, donde se descartan el 5% de los tiempos, los cuales presentan demoras muy grandes y ocurren solo en casos puntuales. La diferencia entre el tiempo correspondiente al percentil del 95% y el tiempo medio da como resultado el tiempo de reserva necesario a considerar durante las visitas al puerto. Por ejemplo, si en promedio se tiene un tiempo de 30 minutos para recoger un contenedor, pero en el 95% de las ocasiones se llega a observar un tiempo máximo de 60 minutos (percentil del 95%), entonces la diferencia resultante de 30 minutos es el tiempo de reserva a considerar durante una visita al recinto portuario.

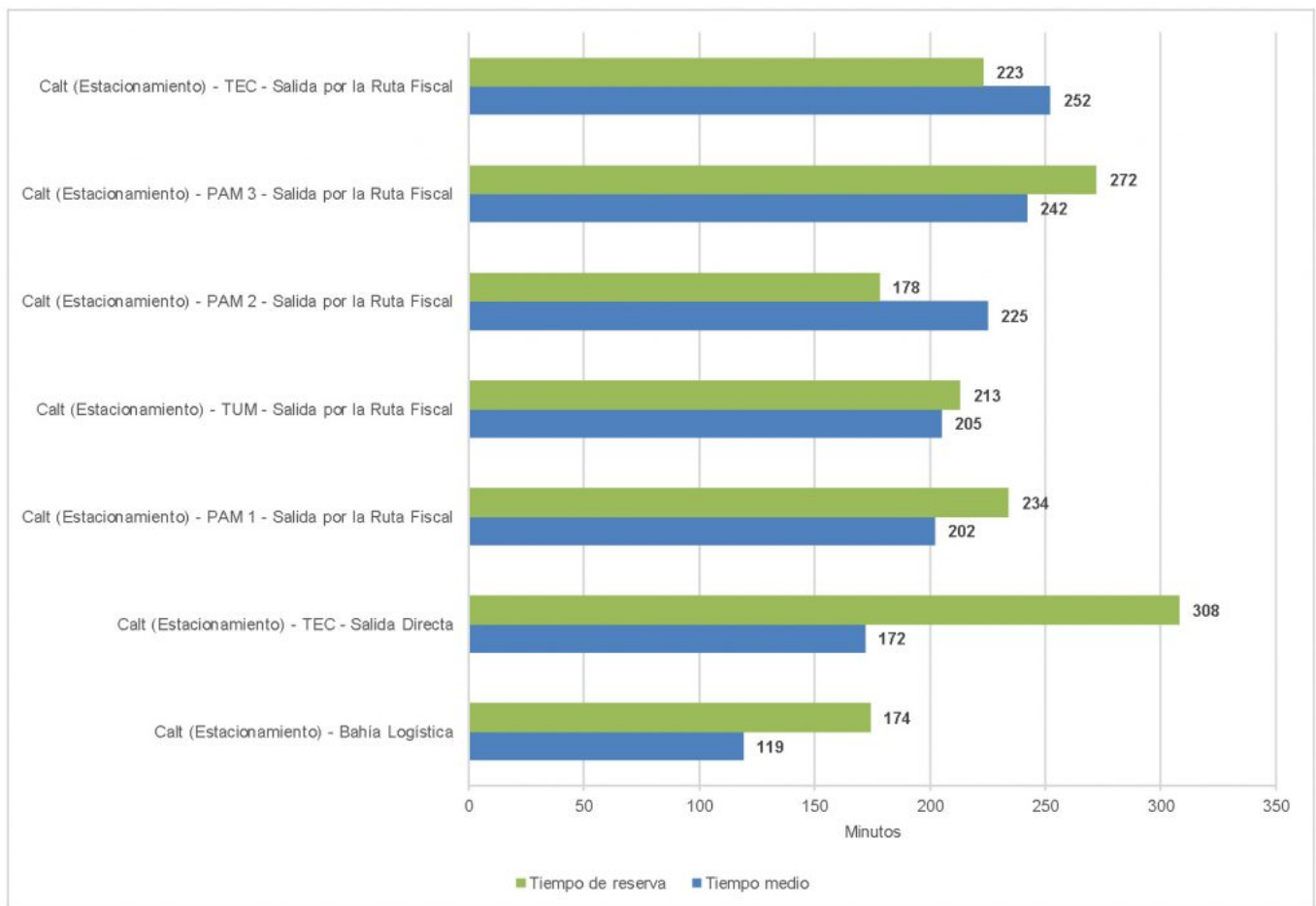
Resultados del análisis del *truck-turn-time*

Tras el análisis de la muestra de datos GPS se identificaron siete rutas principales (con mínimo 32 visitas registradas), en las cuales participan solo diez de las 64 zonas de interés definidas:

- Aduana. Como su nombre lo indica se trata de la Aduana de Veracruz.
- Bahía Logística. Zona de recepción de contenedores.
- CALT (Estacionamientos). Centro de Atención Logística al Transporte, es el punto de acceso al recinto portuario.
- TEC. Terminal Especializada de Contenedores.
- TUM. Terminal de Usos Múltiples - Contenedores, carga general y gráneles
- PAM1. Patio de almacenaje y maniobras - Contenedores y carga general.
- PAM2. Patio de almacenaje y maniobras - Contenedores y carga general.
- PAM3. Almacén y patio de maniobras - Contenedores y carga general.
- Ruta Fiscal. Fila para pasar por los Rayos Gamma de Importación y posteriormente por la Aduana Marítima.
- Salida Rayos Gamma de Importación. Última zona visitada previo al ingreso a la Aduana

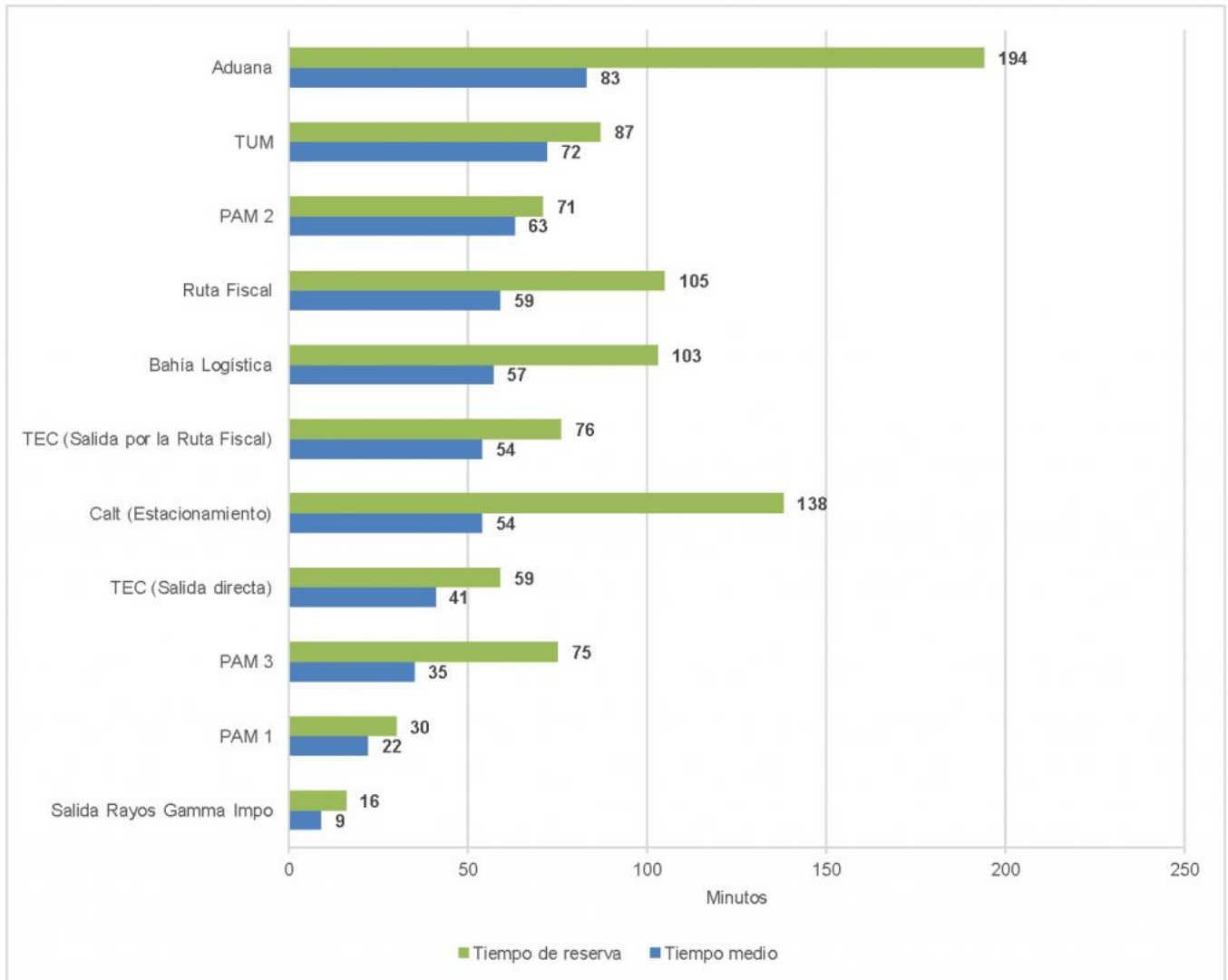
En la gráfica de la Figura siguiente se muestran los tiempos medios y de reserva por ruta (*truck-turn-time*). No basta con conocer el tiempo medio que se llevara durante la visita al puerto, también es necesario conocer el tiempo en el escenario más extremo para su consideración. Un ejemplo importante es el de la ruta “CALT (Estacionamientos) - TEC-Salida directa” que presenta un tiempo promedio de 2h52min (uno de los menores tiempos promedio), sin embargo, su tiempo de reserva es de casi el doble. Puede llegar a ocurrir que sea necesario considerar un tiempo extra de 5h08min, que sumados al tiempo medio da como resultado 8 horas en total.

Se puede observar que en cinco de las siete rutas el tiempo de reserva supera al tiempo medio, por lo que en esas cinco rutas es necesario tomar en cuenta más del doble del tiempo medio.



Tiempos medios y de reserva por ruta. (Fuente: Elaboración propia, 2021).

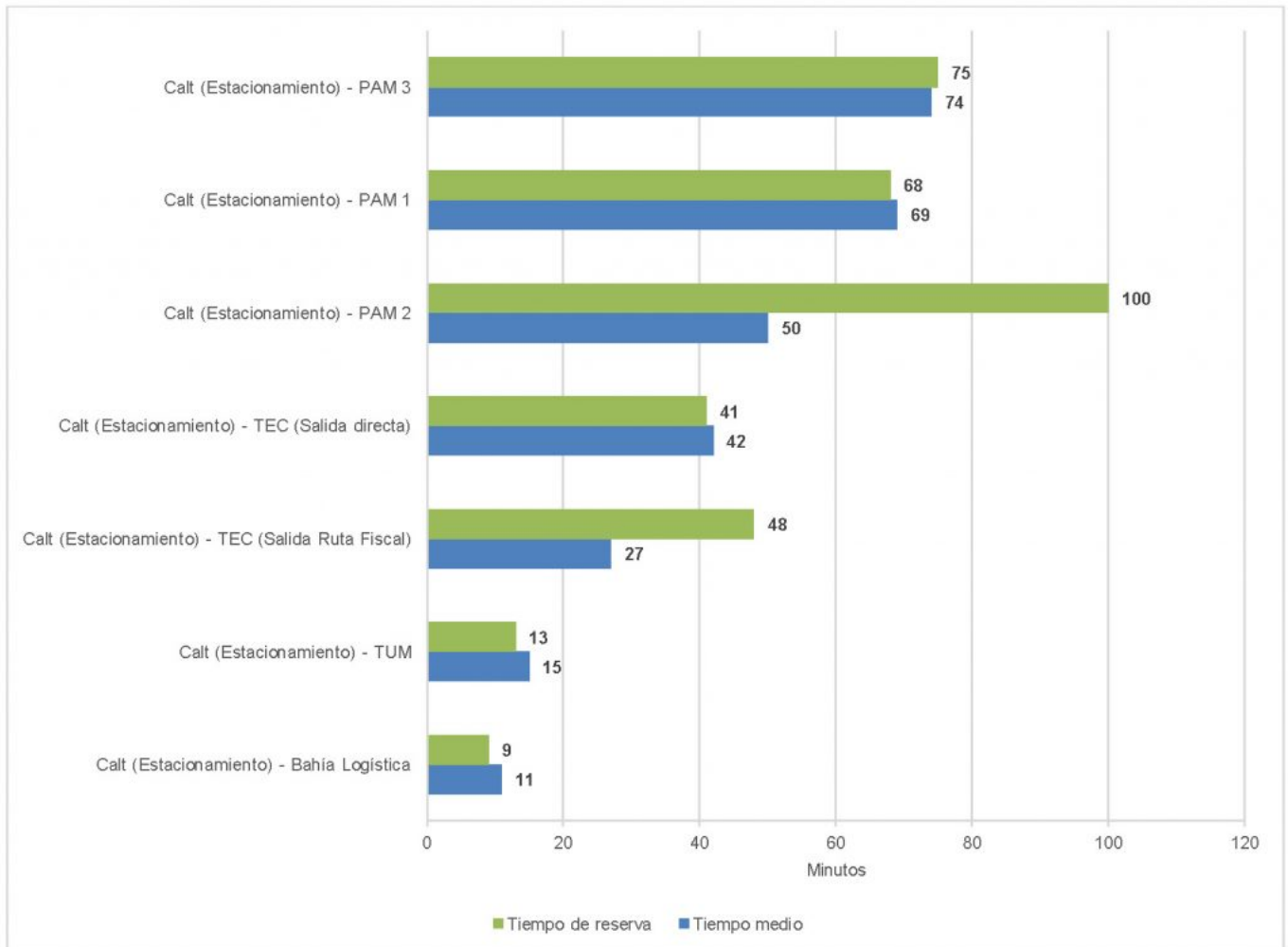
El análisis de los datos GPS permite indagar más en los tiempos de estadía dentro del puerto, para detectar los cuellos de botella puntuales. En la Figura siguiente se presentan los tiempos medios y de reserva por cada una de las zonas de interés. Se puede observar que la TEC aparece dos veces, uno corresponde a las visitas donde los vehículos salen por la ruta fiscal y otro al caso donde los vehículos salen de manera directa por la zona norte del puerto. Es claro que la Aduana presenta una importante oportunidad de mejora, ya que el tiempo de reserva duplica al tiempo medio. De igual forma, el CALT presenta una importante diferencia entre su tiempo de reserva y el tiempo medio, sin embargo, en este caso influye el tiempo previo con que arriban los transportistas al puerto. El resto de zonas presentan también tiempos de reserva mayores a su tiempo medio, lo cual es una oportunidad de mejora el disminuir este tiempo extra.



Tiempos medios y de reserva por zona de interés. (Fuente: Elaboración propia, 2021).

Continuando con la identificación de los cuellos de botella, en la Figura siguiente se muestran los tiempos de los recorridos desde el CALT hasta las diferentes terminales. Como estos tiempos se miden desde que los vehículos abandonan el CALT hasta que ingresan a las terminales, el tiempo de espera fuera de estas últimas para ser atendidos queda aquí registrado. Casos importantes son los tiempos de espera fuera de las terminales con patios de almacenamiento y maniobras PAM1, PAM2 PAM3, cada una de las cuales, al sumar sus

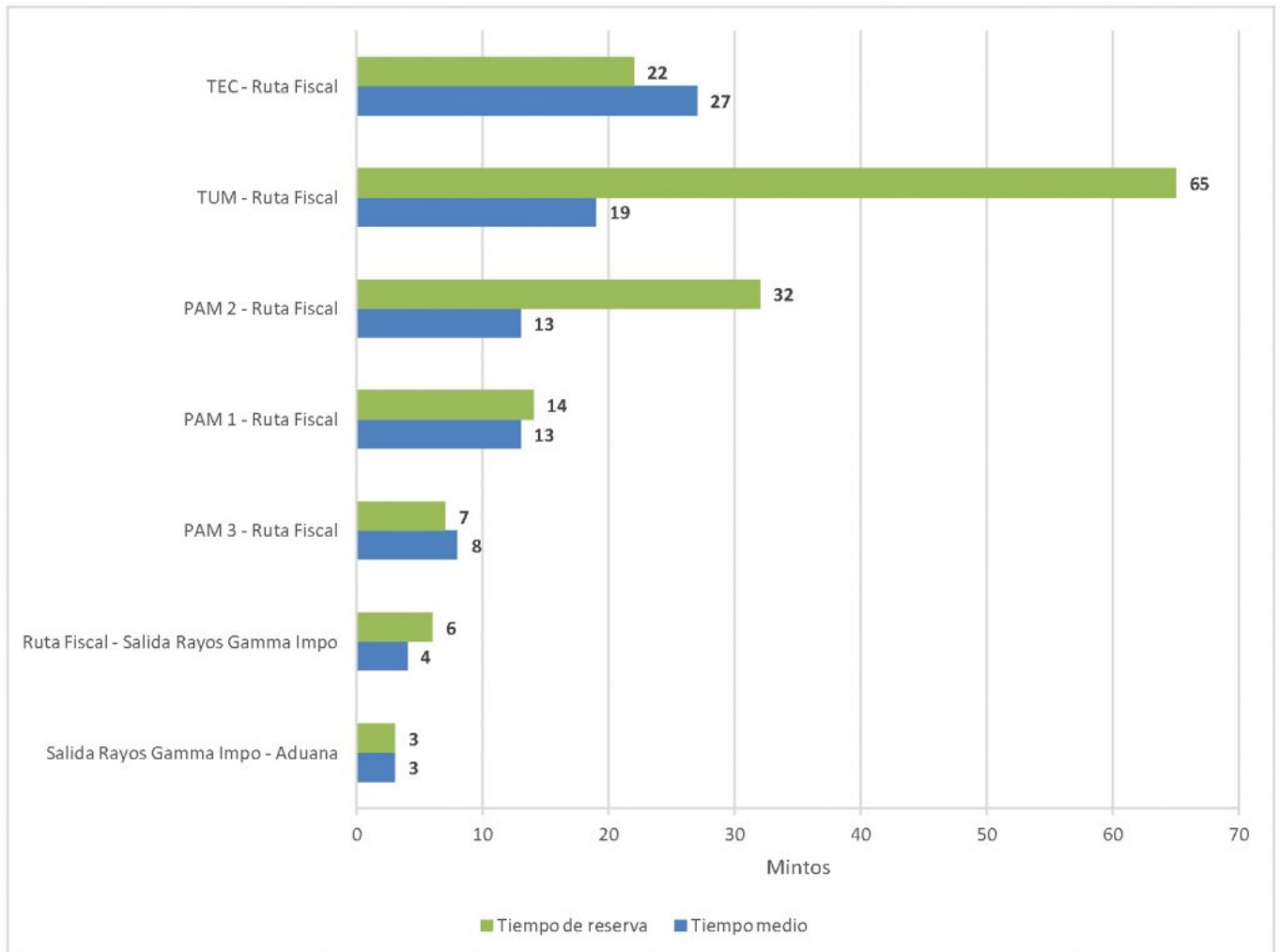
tiempos medios y de reserva, quedan por arriba de las 2 horas.



Tiempos medios y de reserva de los recorridos del CALT a las terminales. (Fuente: Elaboración propia, 2021).

Por último, en la Figura siguiente se muestran los tiempos medios y de reserva a considerar para los traslados desde las terminales hasta la ruta fiscal. El caso que llama más la atención es el traslado desde la terminal TUM, cuyo tiempo medio es de 19 minutos, pero se debe tener en cuenta un posible tiempo extra de 65 minutos. Los casos con menores tiempos medios corresponden al traslado entre la ruta fiscal y los rayos gamma, y de los

rayos gamma a la Aduana, lo cual es lógico dado que se trata de áreas pegadas una a otra. El mayor tiempo medio se presenta durante el recorrido desde la TEC hasta la Ruta Fiscal y es debido a que se trata del recorrido más largo dentro del puerto.



Tiempos medios y de reserva de los recorridos entre zonas de interés. (Fuente: Elaboración propia, 2021).

Conclusiones

La consistencia de los resultados alcanzados mediante el análisis de datos GPS generados

por los vehículos de carga permite estimar un par de medidas importantes para determinar la fluidez y el *truck-turn-time* actual de las operaciones, así como identificar áreas de mejora dentro de las instalaciones del puerto. El tiempo medio, pero sobre todo el tiempo de reserva aparece como un indicador relevante para determinar la probable variabilidad de los promedios y, en definitiva, la confiabilidad de los tiempos reales de este eslabón clave dentro de la cadena logística marítimo-portuaria.

Otro aspecto importante de este trabajo, fue la identificación con éxito de las distintas rutas que siguen los vehículos entre las geocercas, su tiempo total y su clasificación. A estos resultados se suman tanto la estimación de los tiempos medios y de reserva de estadía en las geocercas como en el puerto en diferentes franjas horarias de cada día. Con ello se logró medir el *truck-turn-time* por tipo de ruta, lo cual permite determinar aspectos clave para mejorar la trazabilidad de los flujos en beneficio de las actividades realizadas dentro del recinto portuario.

Con el análisis de esta información, la Comunidad Portuaria contó con datos duros para tomar las medidas pertinentes con la finalidad de:

- Lograr un aumento en la productividad del desalojo de la carga del puerto
- Determinar los tiempos en terminales, recintos fiscalizados, ruta fiscal y Aduana
- Mejorar la logística de los procesos y agilización en el movimiento de cargas de comercio exterior
- Identificar procesos administrativos que se deben simplificar.

Adicionalmente, identificó nuevas áreas de oportunidad para mejorar la interacción puerto-ciudad, basadas en la posibilidad de cuantificar demoras por congestión o tiempos de espera de los vehículos sobre las vialidades, así como en la estimación de las emisiones contaminantes de los camiones y su eventual mitigación asociada a la reducción del *truck-turn time*. Ambos temas abren la posibilidad de nuevas áreas de estudio y posteriores avances de investigación.

IMAGEN INICIAL | *El puerto de Veracruz. (Fuente: Instituto Mexicano del Transporte).*



Referencias

APM Terminals (2021). «Truck Turn Times,» [En línea]. Available: <https://www.apmterminals.com/en/bahrain/e-tools/truck-turn-times>.

Bartholdi III, J. J., Lasso, A., H. D. Ratliff y Y. Oliver (2017). «Using GPS to measure truck service times in container terminal,» *Maritime Economics & Logistics*, vol. 21, n. 1, pp. 146-155.

Cedillo-Campos, M. G.; C. M. Pérez-González, J. Piña-Barcena y E. Moreno-Quintero (2019). «Measurement of travel time reliability of road transportation using GPS data: A freight fluidity approach,» *Transportation Research Part A*, vol. 130, pp. 240-288, 12.

Loebbecke, C. y P. Powell (1998). «Competitive advantage from IT in logistics: The integrated transport tracking system,» *International Journal of Information Management*, vol. 18, p. 17-27, 2.

Ph.D. Essay (2019). Tiempo de respuesta en logística. (2019, 13 de septiembre) PhD Essay (2019). Tiempo de respuesta en logística. (2019, 13 de septiembre) <https://phdessay.com/determining-and-reducing-vehicle-turnaround-time-tat/>.

Port of Oakland (2021). «Truck Turn Time FAQ's,» [En línea]. Available: https://portofoakland.emodal.com/documents/Truck_Turn_Time_FAQs.pdf/.

Port of Tauranga (2021). «Truck Turn Time,» [En línea]. Available: <https://www.port-tauranga.co.nz/metroport/truck-turn-time/>.

Wattanakul, S., Henry, S., L. Bentaha, N. Reeveerakul y Y. Ouzrout (2018). «Improvement of the Containerized Logistics Performance Using the Unitary Traceability of Smart Logistics Units,» de *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0*, Springer International Publishing, p. 410-419.

West Coast MTO Agreement (2021). «Truck Turn Times,» [En línea]. Available: <https://www.wcmtoa.org/terminals/truck-turn-times/>.

Zhao, W. y A. V. Goodchild (2011). «Truck travel time reliability and prediction in a port drayage network,» *Maritime Economics & Logistics volume*, vol. 13, pp. 387-418.
