

Proyecto piloto de logística urbana sustentable y gestión digital de bahías de carga y descarga en el municipio de Zapopan, Jalisco

Reporte Final



PROGRAMA TRANSPORTE SUSTENTABLE

El presente documento se realizó en el marco de cooperación entre el Gobierno Federal Mexicano y el Gobierno de Alemania, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través del proyecto de cooperación bilateral denominado Programa Transporte Sustentable, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

El objetivo del Programa es apoyar a actores públicos y no gubernamentales en la implementación de instrumentos y medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos del sector de transporte de carga, a través de tres ejes temáticos: (1) Marco regulatorio y diálogo político, (2) Capacitación e información y (3) Proyectos piloto a nivel subnacional.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn/Alemania
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Proyecto

Programa Transporte Sustentable
D.R. ©2022 Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Agencia de la GIZ en México
Torre Hemicor, PH, Av. Insurgentes Sur 826, Col. del
Valle, Juárez, 03100, Ciudad de México, México.
T +52 55 55 36 23 44
F +52 55 55 36 23 44
E giz-mexiko@giz.de
I <https://www.giz.de/mexico>

Primera edición 2022
Elaborado en México

Coordinación institucional

Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable –
GIZ GmbH en México

Stephanie Hartmann

Directora del Programa Transporte Sustentable (PTS)

Arturo Cadena

Asesor técnico del Programa Transporte
Sustentable
(PTS)

Elaboración

Camilo Mora EZ Parking

Derechos de autor

Se permite la reproducción, total o parcial, por razones educacionales o sin ánimo de lucro de esta publicación, sin la autorización especial del portador de los derechos de autor, siempre y cuando la fuente sea citada. La GIZ agradece recibir una copia de cualquier publicación que utilice contenidos de esta publicación como fuente. No se permite en absoluto hacer uso de esta publicación con fines comerciales o de lucro.

Forma de citar

GIZ (2022). Proyecto piloto de logística urbana sustentable y gestión digital de bahías de carga y descarga en el municipio de Zapopan, Jalisco. Reporte Final

Deslinde de responsabilidad

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación, no obstante, la GIZ no garantiza la precisión o integridad de la información en este libro y no puede ser responsable por errores, omisiones o pérdidas que surjan de su uso.

Por encargo del

Ministerio Federal de Cooperación Económica y
Desarrollo (BMZ) de Alemania

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 CONTEXTO.....	8
1.2 PREFACIO	8
CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE EZ PARKING	11
2.1 DISEÑO DE LA APLICACIÓN.....	11
2.1 LANDING PAGE	20
CAPÍTULO 3. MODELO DE LOCALIZACIÓN	25
3.1 FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA LOCALIZACIÓN DE BAHÍAS	26
3.2 OBTENCIÓN DE DATOS.....	27
3.3 MODELACIÓN.....	29
CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN DEL MODELO DE LOCALIZACIÓN	35
4.1 ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN DE LAS ÁREAS DE CARGA Y DESCARGA	35
4.2 VISITA A LOS POLÍGONOS DE ESTUDIO	36
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL Y DEL ENTORNO	40
5.1 DESARROLLO DE ENCUESTAS	40
5.2 TOMA DE MUESTRAS DE CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO.....	43
CAPÍTULO 6. ACTIVIDADES PREVIAS AL PROYECTO	45
6.1 CAPTACIÓN DE EMPRESAS PARTICIPANTES	45
6.2 SEÑALÉTICA VERTICAL.....	49
6.3 EQUIPO DE PROMOTORES EZ PARKING.....	50
CAPÍTULO 7. RESULTADOS	52
7.1 ENCUESTA A LA POBLACIÓN	52
7.2 ENCUESTA A LOCATARIOS.....	61
7.3 USO DE LAS BAHÍAS EZ PARKING	68
7.4 MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	75
7.5 CALIDAD DEL AIRE Y CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	78
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOGO EZ-PARKING.....	11
FIGURA 2. PANTALLA DE INGRESO.....	12
FIGURA 3. PANTALLA DE INICIO.....	12
FIGURA 4. BUSCAR POR DIRECCIÓN.....	13
FIGURA 5. SELECCIÓN EN EL MAPA.....	14
FIGURA 6. NO COBERTURA.....	14
FIGURA 7. DESTINO SELECCIONADO.....	14
FIGURA 8. SELECCIÓN DIRECTA DE EZ-PARKING.....	15
FIGURA 9. DESCRIPCIÓN DE EZ-PARKING.....	15
FIGURA 10. INICIO DE VIAJE.....	15
FIGURA 11. CONFIRMACIÓN DE LLEGADA.....	16
FIGURA 12. REPORTAR UN PROBLEMA.....	17
FIGURA 13. INICIO DEL CONTADOR DE USO.....	17
FIGURA 14. MAPA CON CONTADOR DE USO.....	18
FIGURA 15. CONCLUIR EL USO DE UN EZ-PARKING.....	18
FIGURA 16. REPORTE DE USO.....	19
FIGURA 17. INICIO EZPARKING.MX.....	20
FIGURA 18. COLABORACIÓN EZ-PARKING.....	20
FIGURA 19. VENTAJAS DE EZ-PARKING.....	21
FIGURA 20. ¿CÓMO SELECCIONO UN EZ PARKING?.....	21
FIGURA 21. ¿QUÉ MÁS PUEDO HACER CON EZ PARKING?.....	22
FIGURA 22. OBTÉN EZ PARKING.....	22
FIGURA 23. SOLICITA EZ PARKING.....	23
FIGURA 24. POLÍGONOS DE ESTUDIO.....	25
FIGURA 25. POLÍGONO DE TRATAMIENTO CON COMERCIOS AL POR MENOR.....	28
FIGURA 26. POLÍGONO DE CONTROL CON COMERCIOS AL POR MENOR.....	29
FIGURA 27. P-MEDIAN NEGOCIOS CON DEMANDA CONSTANTE.....	32
FIGURA 28. UBICACIÓN DE LOS EZ-PARKING.....	36
FIGURA 29. PERSONAL DE REPARTO PREPARANDO PEDIDO.....	37
FIGURA 30. OCUPACIÓN DE ÁREAS DE CARGA Y DESCARGA POR PARTICULARES.....	38
FIGURA 31. COMERCIO AMBULANTE LOCALIZADO EN ESTACIONAMIENTO.....	38
FIGURA 32. APLICACIÓN DE ENCUESTA A LOCATARIOS.....	41
FIGURA 33. ESCALA DE LIKERT.....	42
FIGURA 34. APLICACIÓN DE ENCUESTA A POBLACIÓN.....	42
FIGURA 35. SEÑALÉTICA VERTICAL.....	49
FIGURA 36. SEÑALÉTICA CON CÓDIGO QR.....	49
FIGURA 37. EQUIPO DE PROMOTORES EZ PARKING.....	50
FIGURA 38. COMPARACIÓN DE LA ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE DESCARBONIZACIÓN DE LOGÍSTICA URBANA POR HABITANTES.....	53
FIGURA 39. COMPARACIÓN DE LA ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE DESCARBONIZACIÓN DE LOGÍSTICA URBANA POR VISITANTES.....	53
FIGURA 40. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS HABITANTES DE ÁREAS DE CARGA Y DESCARGA POR GRUPO DE EDAD.....	54
FIGURA 41. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS VISITANTES DE ÁREAS DE CARGA Y DESCARGA POR GRUPO DE EDAD.....	55
FIGURA 42. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS HABITANTES DE BICICLETAS DE CARGA POR GRUPO DE EDAD.....	55
FIGURA 43. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS VISITANTES DE BICICLETAS DE CARGA POR GRUPO DE EDAD.....	56
FIGURA 44. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN DE LA PROHIBICIÓN DE LA ENTRADA DE VEHÍCULOS DE REPARTO DE MERCANCÍAS POR GRUPO DE EDAD DE LOS HABITANTES.....	56
FIGURA 45. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN DE LA PROHIBICIÓN DE LA ENTRADA DE VEHÍCULOS DE REPARTO DE MERCANCÍAS POR GRUPO DE EDAD DE LOS VISITANTES.....	57
FIGURA 46. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS HABITANTES DE ENTREGAS NOCTURNAS POR GRUPO DE EDAD.....	57

FIGURA 47. DISPOSICIÓN DE ADOPCIÓN POR PARTE DE LOS VISITANTES DE ENTREGAS NOCTURNAS POR GRUPO DE EDAD.....	58
FIGURA 48. CONCIENCIA POR PARTE DE LOS HABITANTES DE LA EXISTENCIA DE BAHÍAS DE CARGA Y DESCARGA POR RANGO DE EDAD	59
FIGURA 49. CONCIENCIA POR PARTE DE LOS VISITANTES DE LA EXISTENCIA DE BAHÍAS DE CARGA Y DESCARGA POR RANGO DE EDAD	59
FIGURA 50. DISPOSICIÓN DE LA ADOPCIÓN DE LA PROHIBICIÓN DE ENTRADA DE VEHÍCULOS DE REPARTO DE MERCANCÍAS POR GRUPO DE EDAD.....	62
FIGURA 51. DISPOSICIÓN DE LA ADOPCIÓN DE BAHÍAS DE CARGA Y DESCARGA POR GRUPO DE EDAD.....	62
FIGURA 52. DISPOSICIÓN DE LA ADOPCIÓN DE BAHÍAS DE CARGA Y DESCARGA POR LOS LOCATARIOS	63
FIGURA 53. OBSTRUCCIÓN VEHICULAR	64
FIGURA 54. TIPO DE ESTACIONAMIENTO OFRECIDO POR UNIDAD ECONÓMICA	64
FIGURA 55. DISPOSICIÓN DE LA ADOPCIÓN DE BICICLETAS DE CARGA POR GRUPO DE EDAD	65
FIGURA 56. DISPOSICIÓN DE LA ADOPCIÓN DE LA ENTREGA NOCTURNA DE MERCANCÍAS POR GRUPO DE EDAD	66
FIGURA 57. CONCIENCIA POR PARTE DE LOS LOCATARIOS DE LA EXISTENCIA DE BAHÍAS DE CARGA Y DESCARGA POR RANGO DE EDAD	66
FIGURA 58. OPERACIONES DE LAS TIENDAS.....	67
FIGURA 59. ZONAS MÁS VISITADAS POR USUARIOS DE EZ PARKING POR POLÍGONO	68
FIGURA 60. ZONAS MÁS VISITADAS POR USUARIOS DE EZ PARKING Y VELOCIDADES REGISTRADAS	69
FIGURA 61. CLUSTERIZACIÓN DE VELOCIDADES DE LOS USUARIOS DE EZ PARKING	69
FIGURA 62. ZONAS MÁS VISITADAS POR USUARIOS DE EZ PARKING POR DÍA DE LA SEMANA	70
FIGURA 63. EJEMPLO DEL TRAYECTO DE UN USUARIO DE EZ PARKING.....	71
FIGURA 64. PROMEDIO DE UTILIZACIÓN DE LAS BAHÍAS EZ PARKING.....	71
FIGURA 65. UTILIZACIÓN DE EZ PARKING EN PROMEDIO Y POR NÚMERO DE LUGARES DISPONIBLES EN CADA BAHÍA	72
FIGURA 66. UTILIZACIÓN DE EZ PARKING EN PROMEDIO Y POR TIPO DE BAHÍAS (EXISTENTES O NUEVAS).....	73
FIGURA 67. USO DE LAS BAHÍAS EZ PARKING EN PROMEDIO Y POR TIPO	73
FIGURA 68. RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO PROMEDIO RECORRIDO POR USUARIO Y SU DISTANCIA	74
FIGURA 69. REGISTROS DIARIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE, DISTANCIA RECORRIDA Y PESO DE LA MERCANCÍA TRANSPORTADA	75
FIGURA 70. REGISTROS DE LOS TIEMPOS DE RUTA ANTES Y DURANTE EL EXPERIMENTO	75
FIGURA 71. COMPOSICIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE REPARTO DE MERCANCÍAS POR TIPO Y MODELO	76
FIGURA 72. COMPOSICIÓN DE LOS VEHÍCULOS POR DESPLAZAMIENTO Y TIPO.....	77
FIGURA 73. COMPOSICIÓN DE LOS VEHÍCULOS POR DESPLAZAMIENTO Y MODELO	77
FIGURA 74. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS MUESTRALES DE CALIDAD DEL AIRE Y ORDEN DE REGISTRO DIARIO	78
FIGURA 75. REGISTROS DIARIOS DE MATERIAL PARTICULADO PM10 POR POLÍGONO	79
FIGURA 76. REGISTROS DIARIOS DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5 POR POLÍGONO	80
FIGURA 77. REGISTROS DIARIOS DE MONÓXIDO DE CARBONO POR POLÍGONO	80
FIGURA 78. REGISTROS DIARIOS DE DIÓXIDO DE CARBONO POR POLÍGONO.....	81
FIGURA 79. REGISTROS DIARIOS DE RUIDO POR POLÍGONO	82
FIGURA 80. REGISTROS DIARIOS DE HUMEDAD	82
FIGURA 81. REGISTROS DIARIOS DE TEMPERATURA	82

1



Capítulo 1. Introducción

1.1 Contexto

Este documento presenta el reporte del proyecto piloto de logística urbana sustentable y gestión digital de habías de carga y descarga en el municipio de Zapopan, desarrollado e implementado entre agosto y octubre de 2021. El objetivo del programa al cual pertenece este proyecto piloto es apoyar actores públicos y no gubernamentales en la implementación de instrumentos y programas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales del sector transporte. Este proyecto piloto subnacional se enfocó en el desarrollo de herramientas digitales para mitigar las ineficiencias de las operaciones de carga y descarga de mercancías asociadas a la logística de última milla en zonas urbanas altamente congestionadas. Adicionalmente, para el desarrollo de infraestructura, conocimiento y recomendaciones para la gestión del programa en caso de que se desee replicar o mantener de manera permanente.

1.2 Prefacio

La fragmentación de los mercados en países en vías de desarrollo y mercados emergentes aumenta la frecuencia de visita de vehículos de transporte de mercancías en zonas urbanas de alta densidad. La falta de áreas de carga y descarga exclusivas para que los conductores de este tipo de vehículos se puedan estacionar y realizar la entrega de mercancías, implica mayores costos logísticos (e.g., mayor distancia recorrida para encontrar un lugar de estacionamiento y por ende más tiempo y combustible), mayores emisiones de gases de efecto invernadero (ya que en la práctica los choferes dejan encendidos los motores mientras hacen las entregas para evitar multas), aumento de la congestión vehicular por estacionarse en doble fila, multas por obstaculizar entradas y salidas de estacionamientos o por subirse a banquetas, ruido y otras externalidades como accidentes e inseguridad. Todo lo anterior, incrementa los costos en las entregas de última milla, encareciendo los productos para el consumidor final.

Por ende, la relevancia de la ejecución de este proyecto. Se planteó un diseño experimental que permitiese comparar las operaciones logísticas en dos zonas similares para medir los beneficios de las áreas de carga y descarga. Los resultados obtenidos evidencian que la creación de áreas de carga y descarga bajo la metodología empleada mitiga significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, reduce los costos logísticos y mejora la calidad de vida de la

población.

El proyecto piloto se ejecutó en un periodo de un mes aproximadamente entre los meses de agosto y septiembre de 2021, en el cual se registraron 90 empresas, se realizaron 291 encuestas a la población, 349 encuestas a locatarios, se recolectaron más de 2000 mediciones de calidad del aire y ruido, y se obtuvieron más de 100 mil registros de la ubicación de los operadores que distribuyen mercancías en el área de estudio.

Los principales resultados indican que el ~80% de los habitantes de la zona centro de Zapopan están dispuestos a adoptar las bahías de carga y descarga. De manera similar, la gran mayoría de locatarios, independientemente de su rango de edad, manifestaron que estarían de totalmente de acuerdo o de acuerdo con las bahías de carga y descarga. El promedio de utilización de las bahías fue de 20 minutos, mostrando que más del 90% del tiempo los operadores lo recorren a pie y no en su vehículo. Ahora bien, se estimó que el potencial de mitigación de emisiones de carbono fue del 4%, lo cual equivale a plantar más de 18 mil árboles urbanos al año si se implementase la medida de manera permanente. Los resultados también muestran ahorros significativos en el tiempo de las rutas. Por ejemplo, una empresa reportó que en promedio se ahorró 43 minutos gracias a las bahías EZ Parking.

Este documento presenta los pasos que se siguieron para el desarrollo del proyecto. En el capítulo 2 se presenta el desarrollo tecnológico de la aplicación móvil EZ Parking. Posteriormente, en el capítulo 3 se describe el modelo de localización empleado para optimizar la ubicación de las bahías EZ Parking. En el Capítulo 4 se elabora en la validación del modelo e localización. En el Capítulo 5 se describen los instrumentos creados para analizar el impacto social, ambiental y del entorno. Subsecuentemente se presenta en el Capítulo 6 las actividades previas al proyecto. El Capítulo 7 elabora acerca de los resultados obtenidos. Finalmente, en el Capítulo 8 se presentan las conclusiones, así como también las acciones y recomendaciones para establecer áreas de carga y descarga permanentes.



Capítulo 2. Desarrollo de EZ Parking

Para la prueba piloto se desarrolló la aplicación móvil (App) EZ Parking, la cual fue galardonada en el Hack Última Milla¹, evento que fue parte del mismo proyecto. EZ Parking es una App que facilita ubicar bahías de carga y descarga exclusivas para vehículos de transporte de mercancías. EZ Parking recopila datos de ubicación para permitir el cálculo de la distancia, la velocidad y tiempo, incluso cuando la aplicación está cerrada o no está en uso. Los datos recopilados permiten estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades de logística de última milla. La App fue utilizada durante el piloto como una herramienta de medición y de gestión de las bahías de carga y descarga, la cual está disponible para dispositivos móviles Android en Google Play (ver Figura 1).



Figura 1. Logo EZ Parking

Para tener control de los usuarios de EZ Parking, se creó un formulario de solicitud en una *landing page*, donde se recopiló información de contacto. A través de WhatsApp Business se enviaron las credenciales de acceso a la App y videos tutoriales. Este canal facilitó la comunicación entre los usuarios y el líder del proyecto. A continuación, se presenta el diseño de la aplicación.

2.1 Diseño de la aplicación

2.1.1 Ingreso

Al ingresar a la aplicación, lo primero que el usuario debe hacer es registrarse. Se le solicita al usuario su clave/correo de acceso y su contraseña asignada (ver Figura 2).

¹ <https://www.hackultimamilla.org/>

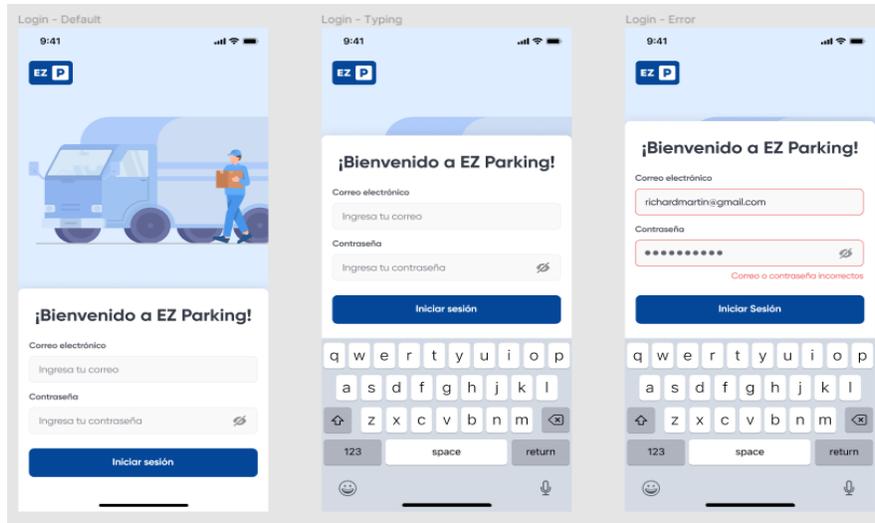


Figura 2. Pantalla de Ingreso

2.1.2 Selección de un EZ Parking

Una vez que el usuario ingresa, la aplicación lo llevara a la pantalla principal. El usuario debe autorizar a EZ Parking a que tenga acceso a la ubicación para que se pueda rastrear su geolocalización (i.e., latitud, longitud). Una vez se otorga el permiso, en automático se verá la ubicación actual del usuario en el mapa (ver Figura 3).

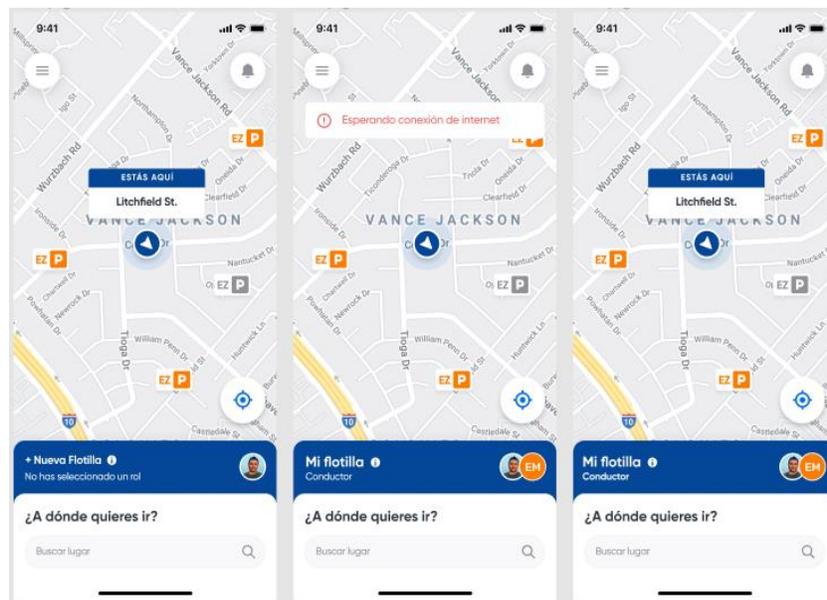


Figura 3. Pantalla de Inicio

La aplicación permite seleccionar un punto de destino de tres formas diferentes para utilizar EZ Parking:

1. Buscar por dirección.
2. Colocar un pin o seleccionar desde el mapa.
3. Seleccionar directamente un EZ Parking.

Si lo que el usuario decidió buscar su destino **por dirección**, podrá observar las pantallas presentadas en la Figura 4. Una vez que se selecciona el destino, la pantalla muestra con un pin la ubicación y a su vez los EZ Parking que se encuentran cerca de la zona (ver Figura 5). El usuario puede tener un destino donde no se encuentre con cobertura de EZ Parking, si esto llega a suceder se le mostrara la pantalla de la Figura 6.

Ahora bien, si el usuario decide seleccionar el destino **directamente en el mapa**, se colocará un pin azul y posteriormente se mostrarán los EZ Parking cercanos (ver Figura 7).

En caso de que el usuario se ubique en una zona donde se encuentren EZ Parking cercanos, en automático estos aparecerán en el mapa, por lo que podrá **seleccionar el EZ Parking directamente**, tal y como se muestra en la Figura 8.

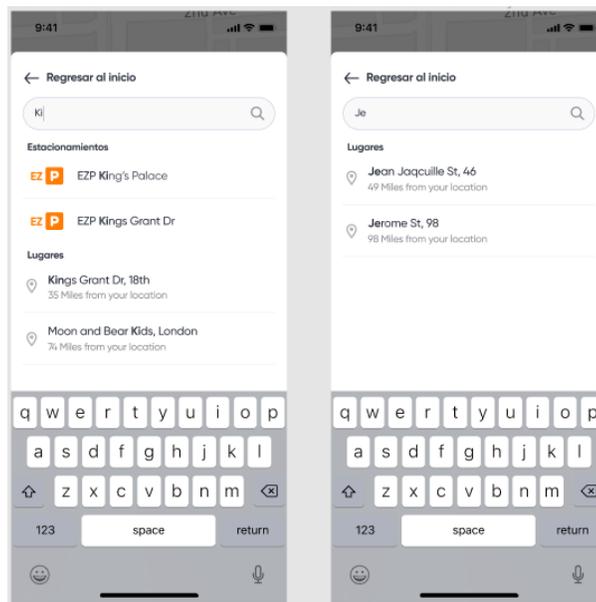


Figura 4. Buscar por dirección

Cuando el usuario selecciona un EZ Parking, se despliega información general (ver Figura 9), como lo es:

1. Nombre del EZ Parking.
2. Dirección.

3. Imágenes de referencia.
4. Número de espacios de estacionamientos disponibles.
5. Dimensiones.
6. Amenidades (solo si cuenta con alguna)

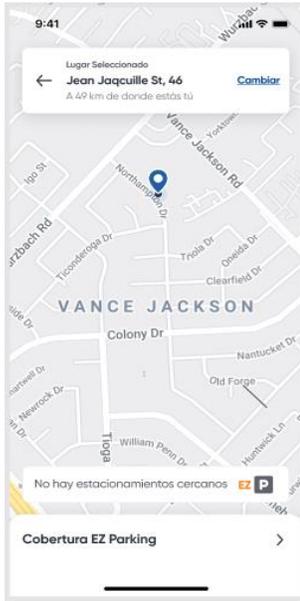


Figura 6. No cobertura

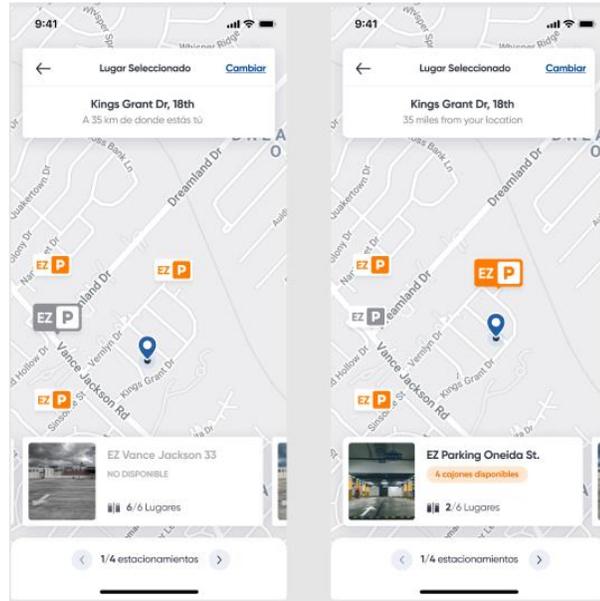


Figura 5. Selección en el mapa

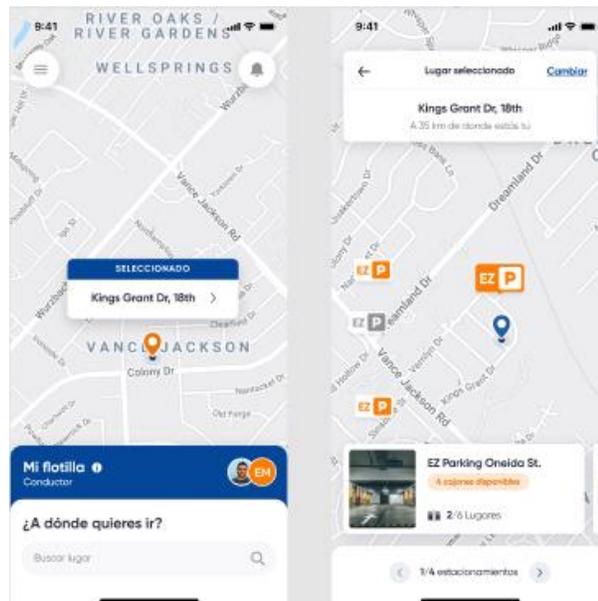


Figura 7. Destino seleccionado

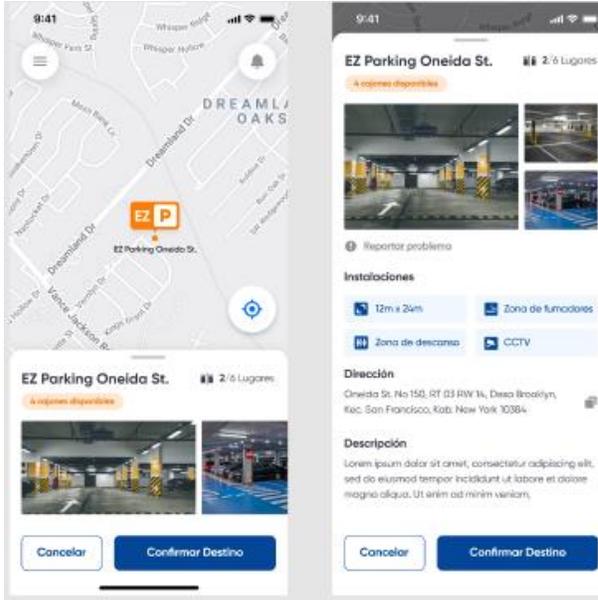


Figura 9. Descripción de EZ Parking

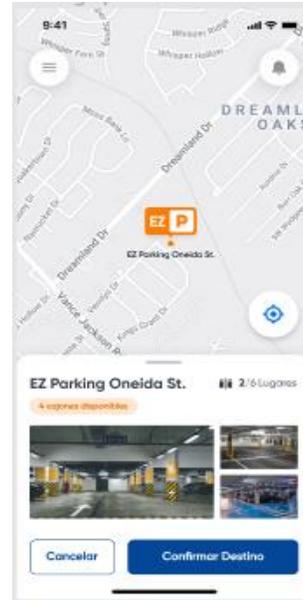


Figura 8. Selección directa de EZ Parking

2.1.3 Inicio y confirmación de viaje

Una vez que se verifico la disponibilidad de un EZ Parking, el usuario puede confirmar el destino y la aplicación permitirá acceder a la funcionalidad de navegación. Solo basta con presionar la opción de **Llévame**, como se puede observar en la Figura 10.

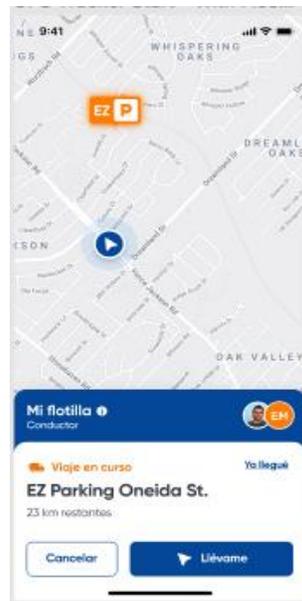


Figura 10. Inicio de viaje

2.1.4 Llegada a EZ-Parking

Una vez que el usuario se acerca a un EZ Parking, se despliega una ventana para confirmar su llegada. Posteriormente le pedirá que escanear el código QR de la señalética vertical (ver Figura 37). El registro de llegada permite actualizar los registros y en ese momento establecer que ese EZ Parking o bien, uno de sus lugares ya no se encuentra disponible (ver Figura 11).

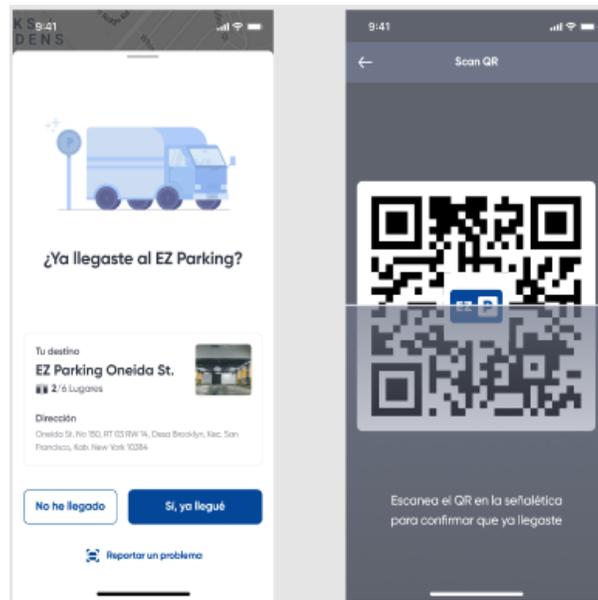


Figura 11. Confirmación de llegada

2.1.5 Reportar problema

En caso de que un EZ Parking sea invadido (e.g., vehículo estacionado, puesto ambulante, conos, etc.), el usuario puede reportar que hay un problema. Para hacerlo, selecciona la opción de reportar (ver Figura 12), donde se solicita ingresar una descripción de la situación e incluso tomar una fotografía. Esta información se canaliza a las autoridades correspondientes (i.e., agentes de movilidad) para que con autoridad y discernimiento atiendan el reporte.

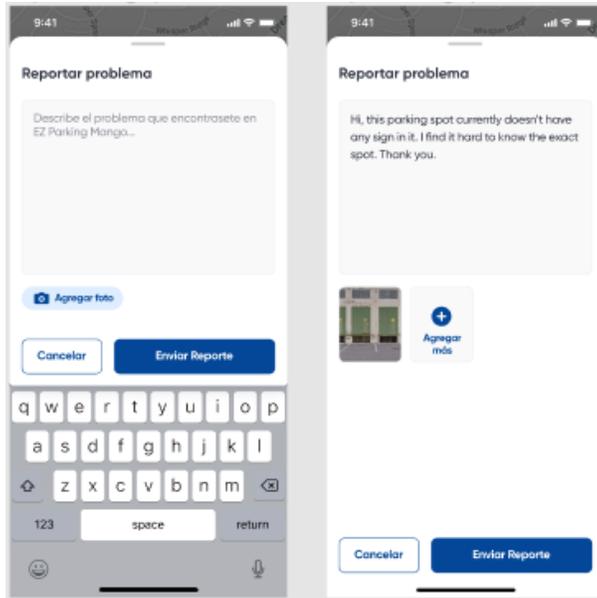


Figura 12. Reportar un problema

2.1.6 Contador de uso

Una vez que el usuario escanea el código QR, automáticamente se despliega e inicia un contador (ver Figura 13).

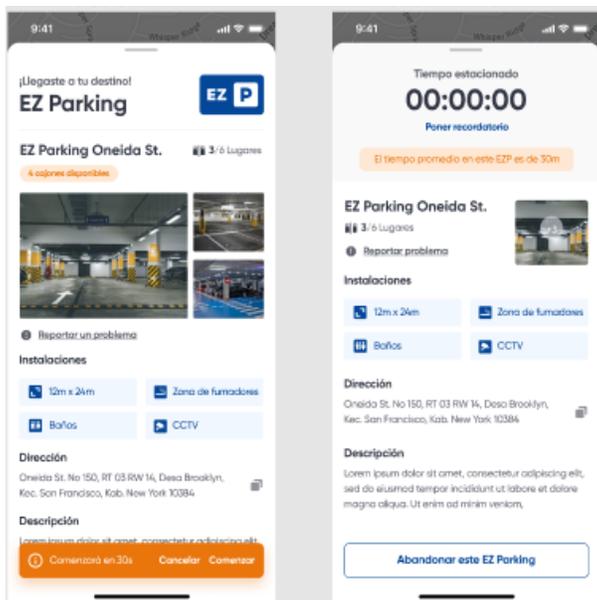


Figura 13. Inicio del contador de uso

Si se arrastra la segunda pantalla de la Figura 13 hacia abajo, el usuario tendrá nuevamente una vista del mapa, tal y como se muestra en la Figura 14.

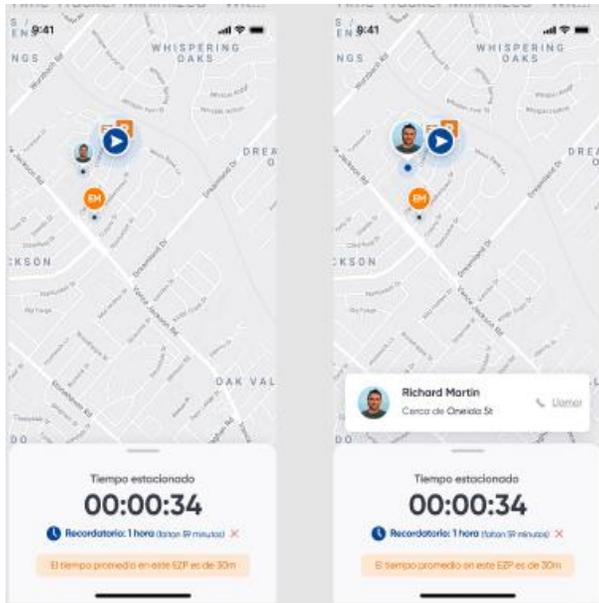


Figura 14. Mapa con contador de uso

2.1.7 Concluir el uso de un EZ Parking

Una vez que el usuario termina sus actividades de carga o descarga y desea abandonar un EZ Parking, basta con entrar a la App y terminar su uso. Puede llegar a suceder que el conductor olvide finalizar la reserva, por lo que la aplicación despliega un mensaje cuando el usuario se aleja para que decida si desea terminar (ver Figura 15).

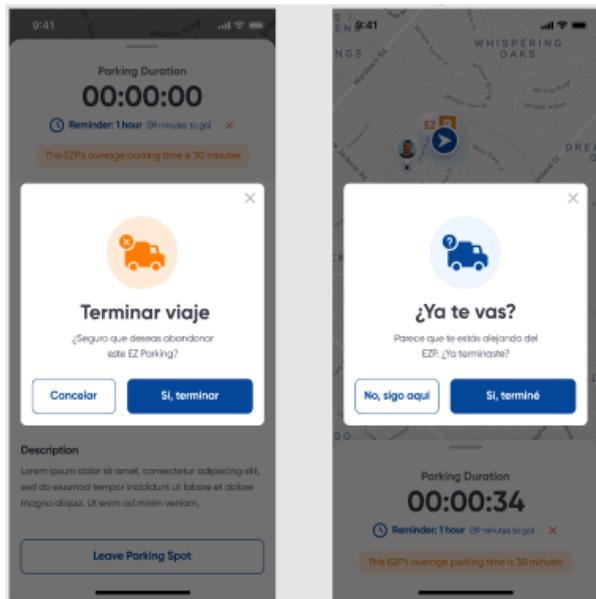


Figura 15. Concluir el uso de un EZ-Parking

2.1.8 Reporte de uso

Cuando se selecciona la opción de "Si, terminé", entonces la aplicación muestra un resumen de uso del EZ Parking (Figura 16).

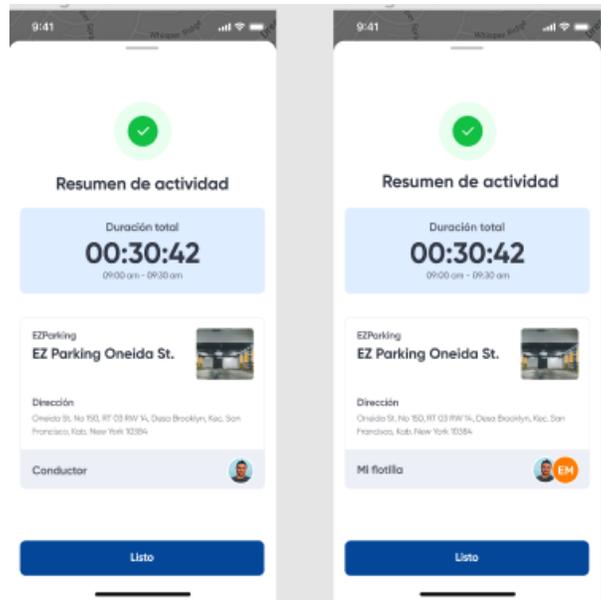


Figura 16. Reporte de uso

2.1 Landing Page

Además de la aplicación móvil, se desarrolló una *landing page*, donde los usuarios y/o público en general pueden obtener más información sobre el proyecto. El dominio es **www.ezparking.mx** dentro del cual se presenta una descripción general de EZ Parking (ver Figuras 17, 18, 19, 20). La información se encuentra disponible en inglés y en español.

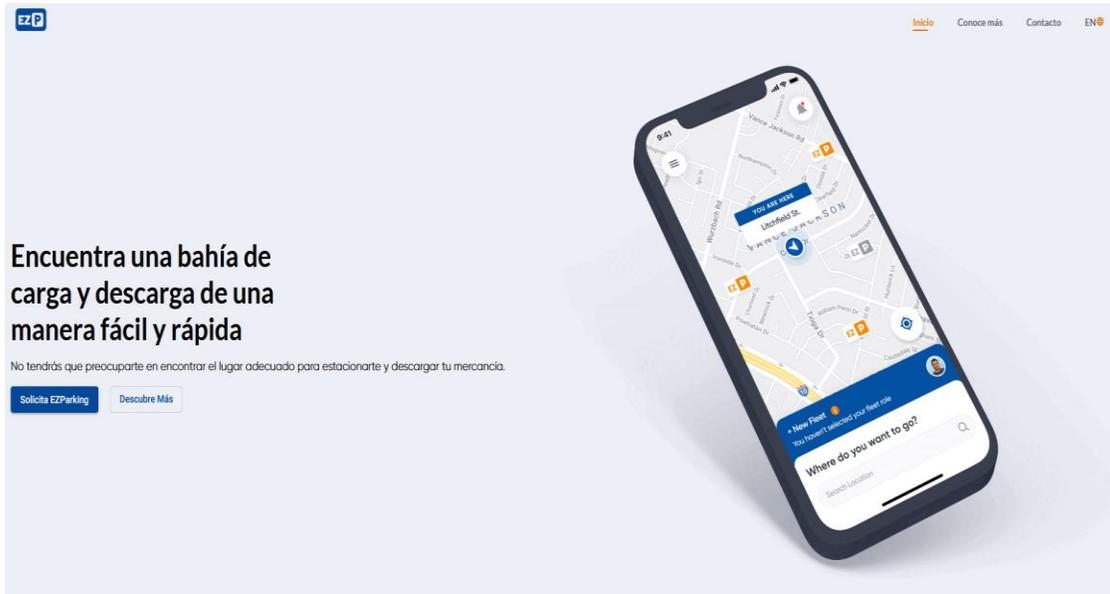


Figura 17. Inicio ezparking.mx

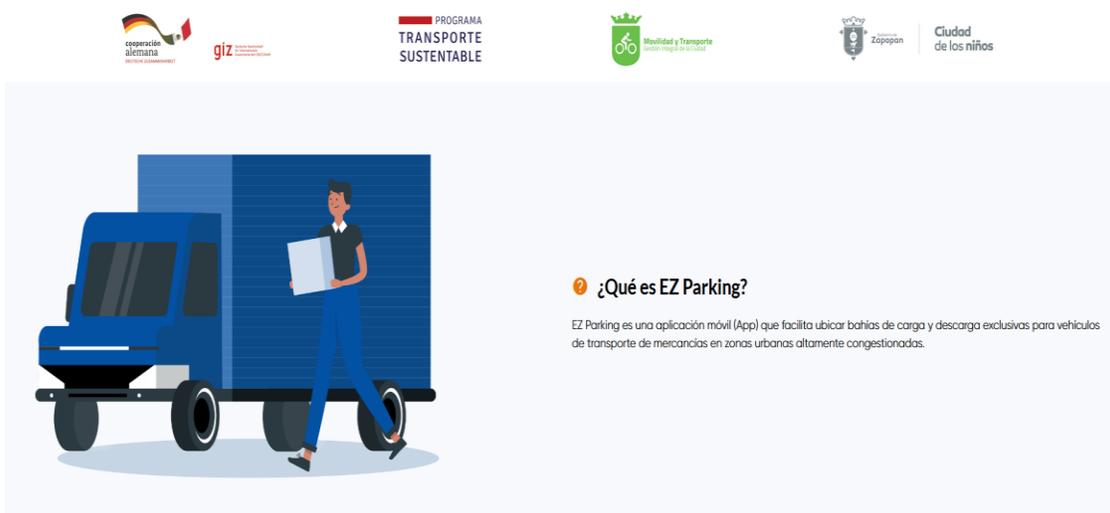


Figura 18. Colaboración EZ-Parking



Figura 19. Ventajas de EZ-Parking

Dentro de las ventajas de usar un EZ Parking no solo se destaca la facilidad de uso, sino también las funcionalidades de localización y de conteo. Estas herramientas no solo son de apoyo a los conductores de reparto de mercancías, sino también para los tomadores de decisiones de las empresas (Figura 19). Así mismo, se le invita al visitante de la *landing page* a utilizar EZ Parking, para lo cual debe instalar la App y solicitar acceso (ver Figuras 22 y 23).

Encuentra fácilmente tu bahía de carga y descarga

Puedes buscar tu destino de múltiples formas con EZParking

- 1 Busca por dirección
Utiliza una dirección o busca con el nombre de tu destino.
- 2 Seleccióna desde el mapa
Seleccióna tu destino directamente del mapa.
- 3 Seleccióna un punto EZParking
Seleccióna tu destino directamente desde un punto EZParking.

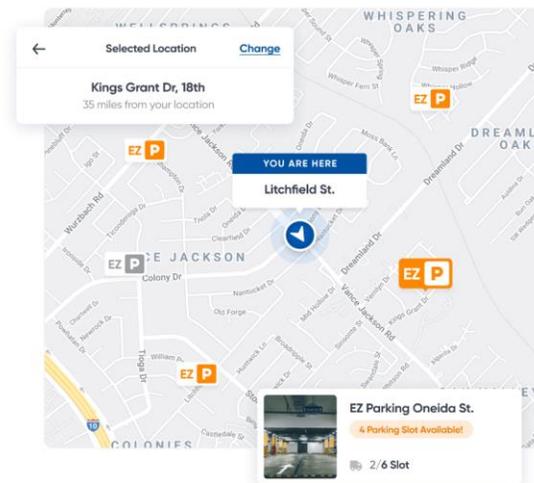
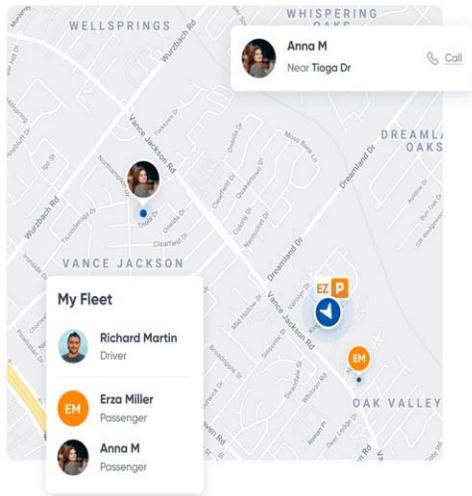


Figura 20. ¿Cómo selecciono un EZ Parking?



Entrega de manera eficiente

Por cada vehículo de transporte de mercancías puedes personalizar tu flota añadiendo compañeros como conductores o repartidores.

- 1 Roles
Puedes seleccionar tu rol, ya sea como conductor o repartidor (ayudante).
- 2 Agrega integrantes
Cuando creas tu flota, puedes añadir a un repartidor o bien unirse a la flota de un conductor activo.
- 3 Rastrea a tus compañeros
Rastrea a los miembros de tu flota en tiempo real cuando se encuentren en un EZ Parking para hacer las entregas de una manera más eficiente.

Figura 21. ¿Qué más puedo hacer con EZ Parking?

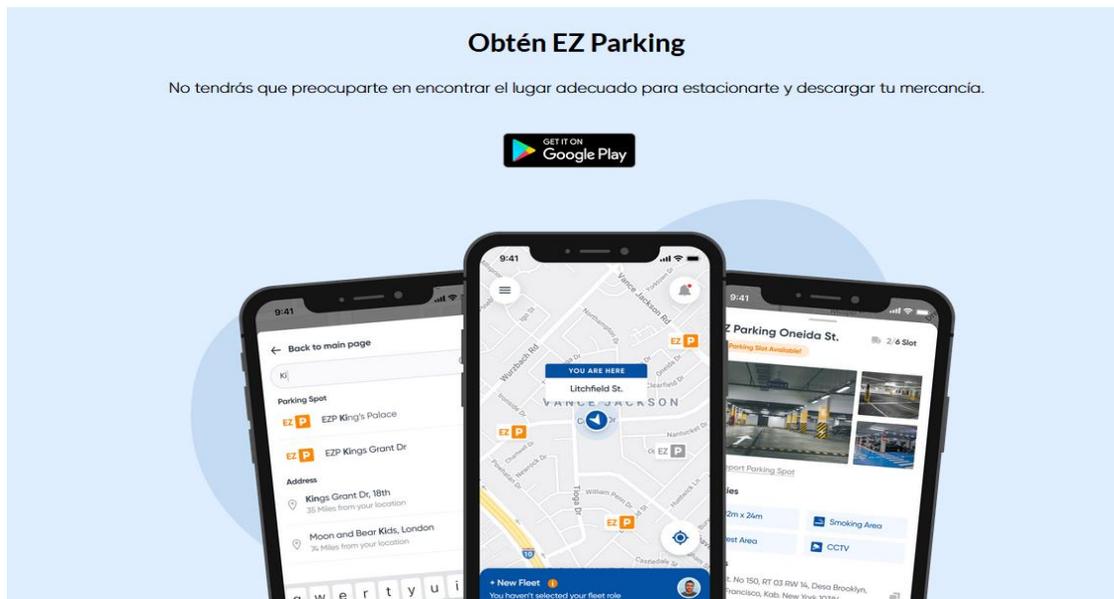


Figura 22. Obtén EZ Parking

Solicita EZ Parking

Nombre Apellidos

Correo Teléfono

Compañía Puesto

Placas de auto Sitio Web

Comentarios

Opcional

Cancelar Enviar Correo

Inicio Conoce más Copyright EZParking 2021

Figura 23. Solicita EZ Parking

3



Capítulo 3. Modelo de localización

Con base a los establecido en el Capítulo I, dos polígonos fueron definidos para el desarrollo del piloto. Lo anterior, como parte de un diseño experimental que permitiese medir las diferencias de los recorridos realizados por los conductores de transporte de mercancías usuarios de la App EZ Parking. El diseño experimental fue un *pre-test, post-test control group design*, donde el municipio definió el polígono de *Tratamiento* (i.e., área de intervención donde se desplegaron las áreas de carga y descarga) y donde el equipo consultor definió posteriormente el polígono de *Control* con base en características similares de densidad de unidades económicas, para que fuesen áreas comparables. En la Figura 24 se pueden observar ambos polígonos. Del lado izquierdo y en gris, el polígono de control y en azul y a la derecha, el polígono de tratamiento.

Se puede acceder a estos polígonos a través de la siguiente liga:

https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1nztGdu3EqfKEHI0GgE71Kke1IDb3q5fG&usp=s_haring

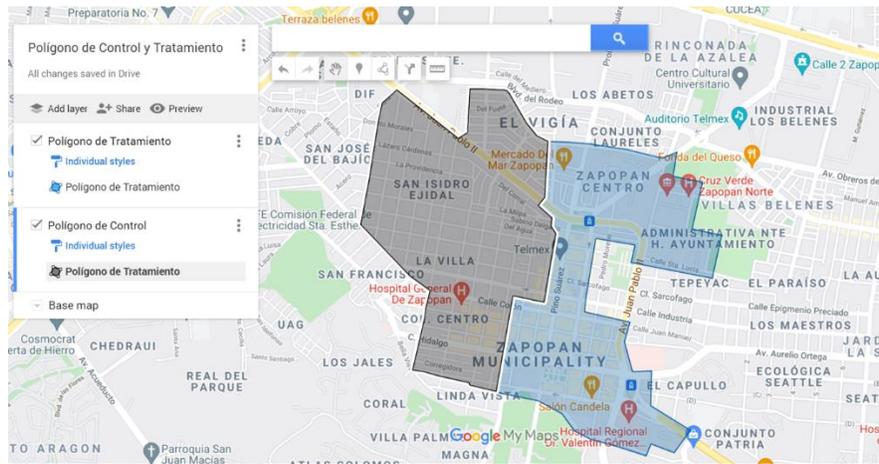


Figura 24. Polígonos de estudio

En el polígono de tratamiento, se crearon las bahías EZ Parking, que para fines experimentales fueron la manipulación. El número de bahías a desplegar fue indicado por el municipio e inicialmente fue de 8. Sin embargo, al realizar los primeros modelos de localización, se evidenció que 8 bahías eran muy pocas para cubrir la zona ya que la distancia que tendrían que recorrer los operadores a pie superaban en promedio los 150 metros. Entonces, después de hacer recorridos virtuales por medio de Google Street View, se pudo identificar que había áreas de carga y descarga existentes, las cuales fueron reacondicionadas. De tal forma que para el piloto se utilizaron 13 bahías existentes y 8 bahías nuevas, para un total de 21 bahías EZ Parking.

3.1 Formulación del modelo matemático para la localización de bahías

Para localizar las 8 bahías nuevas, se desarrolló un modelo matemático que minimizara la distancia recorrida a pie desde los puntos candidatos a los diferentes negocios del área de intervención. El modelo de localización de instalaciones utilizado fue el P-median, el cual, puede expresarse de la siguiente forma: una serie de objetos deben de ser distribuidos en exactamente p grupos. Cada uno de esos grupos comparten características con uno de los objetos que fue seleccionado para ser la media del grupo. La distancia se especifica por cada par de objetos buscando que la suma de la distancia entre los objetos y sus respectivas medias sea minimizada. La formulación es la presentada a continuación:

VARIABLES DE DECISIÓN:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la demanda del nodo } i \in I \text{ se asigna a la bahía ubicada en } j \in J, \\ 0 & \text{de otra forma.} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{si la bahía se localiza en } j \in J \\ 0 & \text{de otra forma.} \end{cases}$$

De manera que la formulación matemática queda de la siguiente forma:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i d_{ij} Y_{ij}$$

s.t.

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \forall i \in I$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0, \forall i \in I; \forall j \in J$$

$$\sum_{j \in J} X_j = p$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j \in J$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I; \forall j \in J$$

La función objetivo busca minimizar la distancia en relación con la demanda. La restricción 1 señala que la demanda de un negocio i solo podrá ser satisfecha por una bahía. La restricción 2 asegura que la demanda de un negocio i solo podrá ser satisfecha por una bahía j solo si se encuentra una bahía en j . La restricción 3 señala que sólo podrán establecerse p bahías. Por último, las restricciones 4 y 5 indican la integralidad de las variables binarias.

3.2 Obtención de datos

Negocios en las áreas de estudio

Previo a este análisis, se definieron los polígonos de *Control y de Tratamiento*. Ambos localizados en la zona centro del municipio de Zapopan, Jalisco. Con los polígonos de estudio previamente definidos, se procedió a realizar una búsqueda de negocios a través de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), específicamente utilizando el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Los datos de la ubicación de los negocios y su tamaño (e.g., demanda), sirvieron como entrada para correr el modelo de localización de las bahías EZ Parking. Los criterios seleccionados para filtrar la información fueron los siguientes:

Actividad Económica

- Comercio al por menor
- Comercio al por menor de bebidas no alcohólicas y hielo
- Comercio al por menor de carne de aves
- Comercio al por menor de carnes rojas
- Comercio al por menor de cerveza
- Comercio al por menor de cigarros, puros y tabaco
- Comercio al por menor de dulces y materias primas para repostería
- Comercio al por menor de frutas y verduras frescas
- Comercio al por menor de leche, otros productos lácteos y embutidos
- Comercio al por menor de otros alimentos
- Comercio al por menor de paletas de hielo y helados
- Comercio al por menor de pescados y mariscos
- Comercio al por menor de revistas y periódicos
- Comercio al por menor de semillas y granos alimenticios, especias y chiles secos
- Comercio al por menor de vinos y licores
- Comercio al por menor en minisúpers
- Comercio al por menor en supermercados
- Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas

- Farmacias con minisúper
- Farmacias sin minisúper
- Comercio al por menor en tiendas departamentales

Lo anterior bajo el supuesto de que este tipo de negocios, a diferencia del comercio al por mayor, carecen de espacios para la maniobra de vehículos de carga y de reparto, tales como áreas de carga y descarga y/o espacios de estacionamiento.

Tamaño del negocio

Esta variable no fue discretizada, como se realizó en la variable de Actividad Económica, por lo que todos los tamaños de negocios fueron considerados. Con los datos ya obtenidos se procedió a una limpieza y visualización de manera geo-referenciada. Lo anterior para asegurar que los comercios resultantes no estuvieran fuera de los límites del polígono de estudio. El tamaño del negocio, definido en número de empleados, fue la aproximación utilizada para establecer la demanda de los mismos.

Resultados

Polígono de Tratamiento

Un total de 200 negocios fueron ubicados en este polígono. La Figura 25 muestra su ubicación.

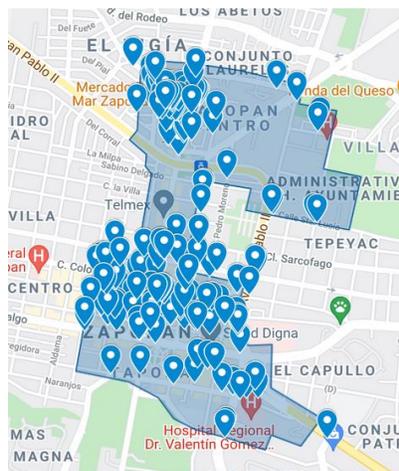


Figura 25. Polígono de tratamiento con comercios al por menor

Polígono de Control

En este polígono se ubicaron 166 negocios, los cuales se encontraban dentro de las actividades económicas mencionadas anteriormente (ver Figura 26).

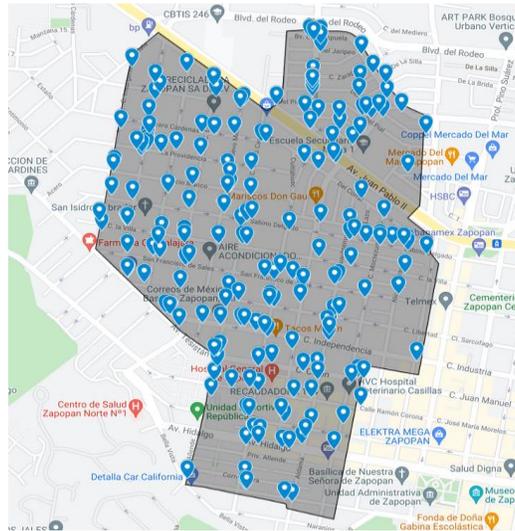


Figura 26. Polígono de control con comercios al por menor

Población por manzana

El modelo de P-median, como se mencionó previamente, permite ubicar puntos "medios" entre una población de puntos. Por tal motivo, se procedió a la preparación de otra base de datos para obtener la población por manzana en ambos polígonos. Los datos fueron obtenidos por medio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) específicamente en el Inventario Nacional de Vivienda.

3.3 Modelación

El modelo de P-median se encuentra dentro de los problemas **N-P** difíciles, es decir, que no se pueden resolver en un tiempo polinomial. Para esta investigación se optó por emplear un método de resolución exacto. El modelo fue programado en Python con el *solver* matemático de Gurobi y resuelto en una computadora con Intel Core i7 2.21GHz Windows 10 (64 bits) con 12 GB de RAM. El código es el presentado a continuación:

```

#Set o conjunto:
nodos = [i for i in range(N)]
ubicaciones = [i for i in nodos]
arcos = [(i,j) for i in nodos for j in ubicaciones]

```

```

#Máximo número de ubicaciones:
P= 21

```

Se trabajó bajo un supuesto de que la demanda es constante:

```

demanda = [10] * N
demanda_total = sum(demanda)
w = {i:demanda[i]/demanda_total for i in nodos}

demandas = [j for j in demanda]

```

Y se empleó un cálculo de distancia Manhathan

```

def compute_distance(loc1, loc2):
    return (sum(abs(val1-val2) for val1, val2 in zip(loc1,loc2)))*100000

```

Posteriormente, se creó una matriz de distancias:

```

distance_exist_customers = {(c,f): compute_distance(dist[c], dist[f])
for c, f in cartesian_prod}

```

Y el modelo quedo de la siguiente forma:

```

model = gp.Model('P-Median')

#Variables de decisión
x = model.addVars(arcos,vtype = GRB.BINARY, name = 'x')
y = model.addVars(ubicaciones,vtype = GRB.BINARY, name = 'y')
#Función objetivo 2 -> con demanda
model.setObjective(quicksum(distance_exist_customers[i,j]* x[i,j]*w[i]
for i in nodos for j in ubicaciones), GRB.MINIMIZE)

#Restricciones
model.addConstrs(quicksum(x[i,j] for j in ubicaciones) == 1 for i in nodos)
model.addConstr(quicksum(y[j] for j in ubicaciones) <= P)
model.addConstrs(x[i,j]-y[j] <= 0 for i in nodos for j in ubicaciones)

#Fijar un área de carga y descarga
model.addConstr(y[n] == 1)

model.optimize ()

```

Los resultados fueron obtenidos en un tiempo promedio de **5** segundos. En esta modelación, se trabajó con el conjunto de puntos *negocios al por menor* y con *manzanas*. El número de **P** fue establecido en cuanto a criterios de disponibilidad de recursos humanos, de infraestructura (espacios disponibles para nuevas áreas de carga) y tecnológicos (equipo especial para medición).

El resultado muestra cuales son los puntos dentro de nuestro conjunto de puntos que pueden fungir como "media" para el resto de conjunto. Todo lo anterior en relación con el número máximo de **P**. En otras palabras, la ubicación óptima de las 8 nuevas bahías para dar servicio a los negocios.

Resultados

Áreas de carga y descarga

El número de nuevas áreas de carga y descarga fue definido por el Gobierno Municipal de Zapopan. Ocho nuevas áreas podían ser propuestas y las 13 bahías existentes podían ser consideradas para el pilotaje de la aplicación.

Entonces, el valor **P** a considerar en el modelo fue de 21 puntos, dejando a 13 de ellos fijos en el modelo. Por lo que 8 nuevos puntos fueron localizados. La acción anterior fue aplicada debido a que, con una concentración de cerca de 200 negocios, el considerar una **P** de 8 resultaría en una gran asignación de clientes por nueva área de carga y descarga. Al considerar los 21 puntos en el modelo, nos aseguramos de que la distribución de clientes fuese menor y también permitió crear conjuntos más pequeños de clientes por bahía, lo cual es de suma importancia para un cálculo de distancias posterior. De manera gráfica, se muestran los resultados de la localización de las 21 bahías en la Figura 29, donde a través de los rayos, se presenta la distancia a cada uno de los negocios.

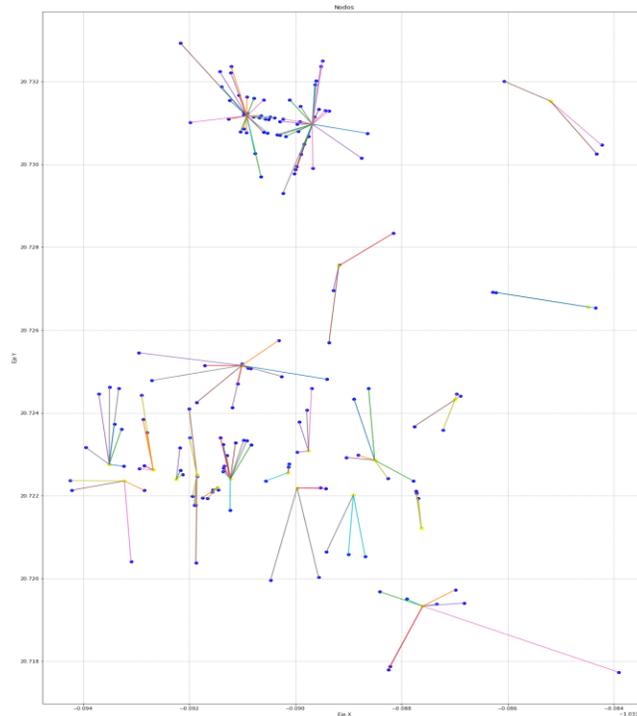


Figura 27. P-mediana negocios con demanda constante

Las ubicaciones resultantes fueron las siguientes:

1. Calle Santa Lucía entre Santa María y San Juan (20.72655632, -103.3844838)
2. Calle Colón entre Nicolás Bravo y Moctezuma (20.72442517, -103.3928943)
3. Calle López Cotilla entre Jesús García y Santa Lucía- La Villa (20.72755126, -103.3891809)
4. Avenida Dr. Luís Farah entre Santa María y Prolongación Laureles (20.73020605, -103.3842068)
5. Calle Pino Suárez entre Sarcófago e Industria (20.72514424, -103.391008)
6. Calle Melchor Ocampo entre Del Estribo y del Píal (20.73130959, -103.3910888)
7. Calle 28 de Enero entre Av. Miguel Hidalgo y 20 de Noviembre (20.7208500, -103.389483)
8. Calle Javier Mina entre Av. de las Américas y Santa Rita (20.71936961, -103.3873647)

A través del siguiente link se puede acceder a la ubicación de los EZ Parking:

https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1VP70_JMdSbmo3VH_SQq1D_or_fKCWjlr&usp=sharing

Medición de la calidad del aire

El modelo de P-median fue igualmente utilizado en este punto de la investigación utilizando los datos de población por manzana en cada polígono del estudio. La población fue utilizada como el valor h_i , indicando el número de habitantes en la manzana i . El valor de P para esta investigación fue de 12.

La asignación de puntos de medición para valores georreferenciados se realiza comúnmente conforme a las características físicas del entorno, es decir, con relación al fenómeno o bien a la población que desea ser estudiada. Se consideró la población por manzana como variable de demanda bajo la hipótesis de que, a mayor concentración de gases contaminantes en área densamente poblada, mayor es el impacto negativo en la salud de la población. Es importante mencionar que, si una zona urbana posee gran actividad industrial y poco porcentaje habitacional, esta zona tendrá menos posibilidades de ser seleccionada como media.

Los puntos resultantes del modelo para realizar el muestreo de la calidad del aire en el polígono de control fueron los siguientes:

1. 20.7317331, -103.3981400
2. 20.7275400, -103.3977190
3. 20.7228100, -103.3954490
4. 20.7306700, -103.3961690
5. 20.7283200, -103.3935190
6. 20.7329300, -103.3939090

Y las siguientes coordenadas para el muestreo en el polígono de tratamiento:

1. 20.7240400, -103.3932290
2. 20.7233100, -103.3884990
3. 20.7316800, -103.3876390
4. 20.7200800, -103.3925390
5. 20.7181000, -103.3863890
6. 20.7181000, -103.3863890



Capítulo 4. Validación del modelo de localización

Con las coordenadas presentadas en el capítulo 3 se procedió a una validación con las autoridades municipales. Es importante mencionar que previo a los resultados mostrados en este reporte, se realizaron dos propuestas. Tres factores importantes intercedieron en la validación de una nueva área de carga y descarga, así como en la utilización de las áreas existentes para el proyecto piloto:

1. Dimensión.

Podría estimarse que el promedio de longitud de un área de carga y descarga es de 5 metros, por lo que, si algún área de carga cuenta con una dimensión menor, será descartada.

2. Tipo de vialidad.

Este aspecto va de la mano con el tema de infraestructura. El modelo puede hacer propuestas en avenidas o bulevares de alta demanda y/o velocidad. El establecer una nueva área de carga y descarga en ese tipo de vialidades demandaría realizar un cambio en la infraestructura, lo cual está fuera del alcance de esta investigación.

3. Aceptación.

La inclusión de un nuevo espacio para operaciones de carga y descarga se obtiene mediante actividades de socialización para medir la aceptación y/o rechazo ante una nueva iniciativa.

4.1 Análisis de la ubicación de las áreas de carga y descarga

Con apoyo de la Dirección de Movilidad y Transporte del Ayuntamiento de Zapopan se realizó una visita de campo para evaluar la viabilidad de las nuevas ubicaciones de áreas de carga y descarga. Dentro de las actividades realizadas se destaca la medición del área, tipo de vialidad, ubicación potencial dentro del mismo perímetro (en caso de que la solución presentada por el modelo no sea totalmente viable), dimensiones propuestas y comentarios de los habitantes.

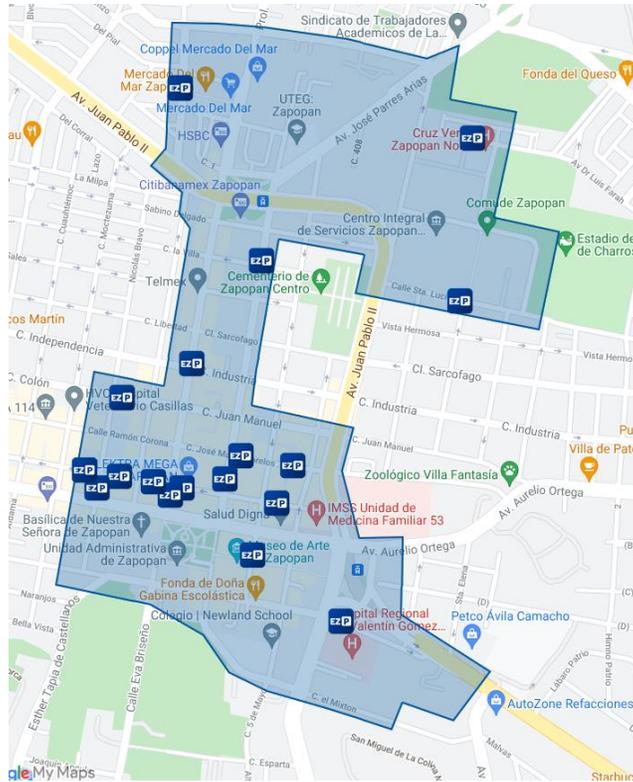


Figura 28. Ubicación de los EZ-Parking

Como se mencionó al inicio de este capítulo, la parte de socialización y aceptación del proyecto es un factor muy relevante para el proyecto. Dos ubicaciones propuestas al inicio de la modelación tuvieron que ser reubicadas por motivos de rechazo de la población. La dinámica de la zona, tipo de negocios circundantes, afluencia vehicular, tipos de vehículos de reparto, etc., pudieron ser algunas de las variables que intervinieron. Como resultado de esta actividad, se definió la ubicación de los 21 EZ Parkings (ver Figura 30).

4.2 Visita a los polígonos de estudio

Retos identificados

Durante los días 28, 29 y 30 de julio 2021 se realizó una visita a los polígonos de estudio. El objetivo fue dar un recorrido por la zona e identificar posibles variables de interés para considerar en el estudio. Los recorridos fueron realizados a las 7:30, 14:00 y 19:00 horas, para observar la dinámica de las operaciones de carga y descarga de mercancías, la cual va disminuyendo con el transcurso del día y es durante la mañana donde hay mayor movimiento. Dentro de las principales acciones detectadas durante esta visita se pueden destacar:

1. Si en el vehículo de reparto solo se encuentra el conductor, sin compañeros de apoyo, el número de actividades por negocio se incrementan. Es decir que el personal de reparto conduce la unidad, prepara el pedido, entrega el pedido, recibe (no en todos los casos) el pago por el pedido y continúa al siguiente negocio.
2. Si se encuentra más de un negocio por una misma calle, gran parte de los conductores terminan sus actividades en un negocio, vuelven al vehículo, lo encienden y estacionan el vehículo sobre la misma calle solo para tener al cliente lo más cerca posible.

Este desplazamiento se llegó a presentar negocios con una distancia aproximada de 50 metros entre ellos.



Figura 29. Personal de reparto preparando pedido

3. En caso de que el personal de reparto prepare un pedido para otro negocio (ver Figura 31), esto lo puede realizar en el lugar de estacionamiento ocupado para atender al cliente anterior o bien en algún espacio disponible sobre la acera antes de llegar al cliente siguiente.
4. Las áreas de carga y descarga son ocupadas en algunos casos por vehículos de reparto, pero en su mayoría son usadas por vehículos particulares (ver Figura 32).



Figura 30. Ocupación de áreas de carga y descarga por particulares

5. La ciudad cuenta con espacios de estacionamiento para el público en general, los cuales están marcados y señalizados. Si bien este punto está fuera del alcance del proyecto, es importante mencionarlo debido a que estos espacios son utilizados por algunos comerciantes ambulantes para el establecimiento de sus negocios. Esta actividad fue percibida en ambos polígonos de estudio.

En la Figura 33 podemos observar como un negocio ambulante está ubicado en lo que es un espacio de estacionamiento señalizado mientras a su derecha, un vehículo con redilas se estaciona sobre la acera.



Figura 31. Comercio ambulante localizado en estacionamiento

5



Capítulo 5. Análisis del impacto social y del entorno

Parte fundamental de la investigación consiste en conocer el estado actual del área de estudio, no solo en temas de infraestructura, sino también en la percepción de la sociedad ante un problema y calidad de vida.

En esta parte de la investigación, se llevó a cabo la elaboración de encuestas destinadas a los habitantes de la zona y locatarios. El objetivo principal fue conocer su postura ante diferentes medidas para hacer más eficientes las operaciones de carga y descarga de mercancías que se realizan para atender principalmente los pequeños negocios de la zona.

Así mismo, se realizaron tomas de muestra de la calidad de aire y ruido en 6 puntos de cada polígono de investigación.

5.1 Desarrollo de encuestas

Locatarios

Las preguntas realizadas a los locatarios de los dos polígonos de estudios fueron las siguientes:

1. ¿Cuál es el horario de atención de su negocio? apertura y cierre
2. ¿En qué horario le vienen a entregar mercancías generalmente? (rango)
3. ¿Qué días le entregan mercancías? (lunes - domingo)
4. Preguntas de recurrencia (de 0 a 5 o más veces)
 - Durante la última semana ¿cuántas veces observó que un vehículo de reparto de mercancías obstruyó el lugar de estacionamiento para sus clientes?
 - Durante la última semana ¿cuántas veces recibió quejas de un vecino por el tráfico ocasionado por los vehículos que le entregan a usted mercancías?
 - Durante la última semana ¿cuántas veces sucedió que dos o más repartidores lo visiten al mismo tiempo?
 - Con base en esta escala (mostrar escala de Likert), ¿qué tan de acuerdo está usted en que:

- Prohíban la entrada de vehículos de reparto de mercancías a esta zona
 - Designen áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías
 - Se fomente el uso de bicicletas o triciclos de carga para la entrega de mercancías
 - Se fomente la entrega de mercancías en horario nocturno
5. Finalmente ¿ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona? (si/no)

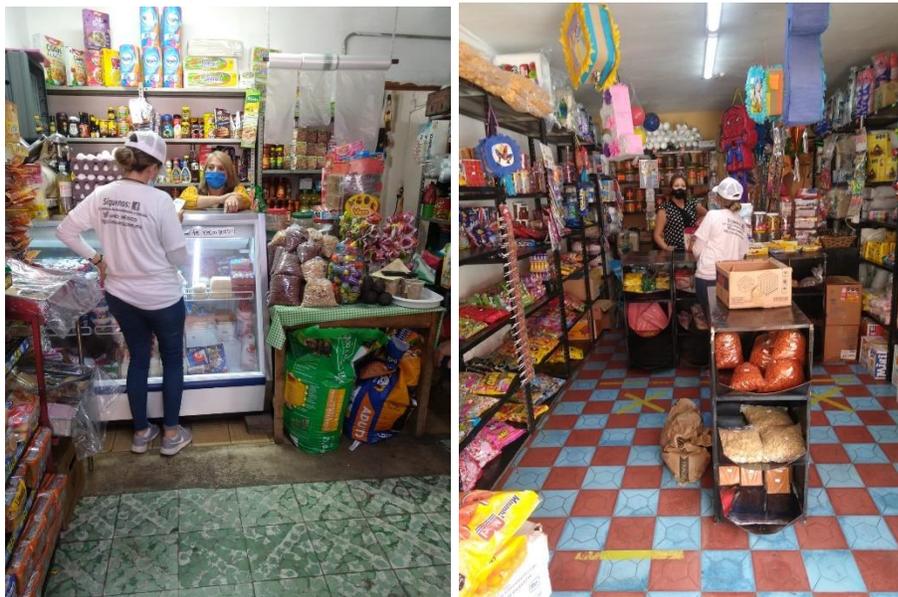


Figura 32. Aplicación de encuesta a locatarios

Adicionalmente, se llenó otra parte del formulario para contar con un registro de tipo de tienda y ubicación. Estas últimas ocho preguntas no se hicieron directamente al locatario.

1. Indique el nombre de la tienda.
2. Indique la dirección de la tienda.
3. Sexo de la persona entrevistada
4. Rango de edad de la persona entrevistada.
5. ¿Qué tipo de tienda es? (Enrejada/Abierta)
6. ¿Se exhiben productos por fuera de la tienda?
7. ¿Dónde está ubicada la tienda?
8. Selecciona los tipos de estacionamientos que tiene la tienda. (No tiene/Clientes/Proveedores)

Para las encuestas, se utilizó una escala de Likert de 5 opciones (ver Figura 35).

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
--------------------------	---------------	--------------------------------	------------	-----------------------

Figura 33. Escala de Likert

Población

La encuesta realizada a la población constó de seis preguntas. Una de las preguntas también se encuentra en la encuesta a locatarios.



Figura 34. Aplicación de encuesta a población

1. Sexo
2. Rango de edad
3. Pensando en sus actividades de la última semana (responder de 0 a 5 o más veces):
 - Durante la última semana ¿cuántas veces ha visitado esta colonia?
 - Durante la última semana ¿cuántas veces ha sido afectada su movilidad urbana por vehículos de reparto de mercancías?
 - Durante la última semana ¿cuántas veces usted ha visto que vehículos de reparto de mercancías obstruyan la entrada a casas en esta zona?
 - Durante la última semana ¿cuántas veces ha visto que un vehículo de reparto de mercancías ocasione un accidente vial?
 - Durante la última semana ¿cuántas veces ha visto que un vehículo de reparto de

mercancías ocasione un accidente a peatones o ciclistas?

→ Con base en esta escala (mostrar escala de Likert), qué tan de acuerdo está usted en que:

→ Prohíban la entrada de vehículos de reparto de mercancías a esta zona

→ Designen áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías

→ Se fomente el uso de bicicletas o triciclos de carga para la entrega de mercancías

→ Se fomente la entrega de mercancías en horario nocturno

1. ¿Ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona?
2. Finalmente, ¿qué otra problemática usted identifica que causan los vehículos de reparto de mercancías en esta zona?

5.2 Toma de muestras de calidad del aire y ruido

En relación con lo mencionado en el Capítulo 3, diversos puntos fueron definidos para medir la calidad del aire y ruido en ambos polígonos de estudio. Estas mediciones fueron realizadas con el fin de identificar si algún cambio puede verse reflejado con la implementación de los EZ Parking en el área. Los registros se realizaron durante 6 semanas, 4 semanas sin la implementación de la aplicación y 2 semanas con los EZ Parking en funcionamiento. Los dispositivos utilizados permitieron medir los siguientes contaminantes:

- Concentración de Monóxido de Carbono (ppm)
- Niveles de presión sonora o de contaminación acústica (dBa)
- Concentración de material particulado 2.5 (ug/m^3)
- Concentración de material particulado 10 (ug/m^3)
- Concentración de Dióxido de Carbono (ppm)

Dispositivos para toma de muestra

Los dispositivos utilizados fueron:

- Monitor de Detector de Ruido de Medidor de Nivel de Sonido Digital SMART SENSOR ST9604
- Monitor de calidad del aire de segunda generación para partículas PM2.5 PM10 CO2 HCHO Temtop M2000
- Medidor de monóxido de carbono de alta precisión SMART SENSOR AS8700A



Capítulo 6. Actividades previas al proyecto

6.1 Captación de empresas participantes

Para el piloto, se invitaron sinnúmero de empresas grandes que manufacturan y distribuyen bienes de consumo a micro y pequeños negocios. Esta actividad implicó realizar presentaciones, firmar acuerdos confidencialidad y capacitar tanto a los operadores como a los supervisores y gerentes de logística. Ahora bien, para que el piloto fuese inclusivo y otras empresas pudiesen participar, se promovió y facilitó su registro a través de los promotores EZ Parking y de los códigos QR dispuestos en la señalética vertical, resultando en un total de 90 empresas, de las cuales el ~50% fueron micro, ~15% pequeñas, ~14% medianas y ~20% grandes.

6.1.1 Cuestionarios para empresas con las cuales se firmaron acuerdos

Dentro de los objetivos principales de esta investigación no solo es el promover el buen uso del espacio urbano, sino también impulsar a mejores prácticas de transporte para el cuidado del medio ambiente, garantizando a su vez una mejora en la calidad de vida de todos los habitantes. Así mismo, es igual de importante conocer la postura del personal encargado de realizar las actividades de reparto y su percepción hacia la situación actual.

Por tal motivo, fueron preparadas los siguientes tres cuestionarios de control, con los cuales se estimó la huella de carbono, la composición de la flota vehicular y la postura del conductor/ repartidor ante sus actividades diarias. Estos instrumentos fueron compartidos con 5 empresas grandes que fueron contactadas antes de realizar el piloto.

6.1.1.1 Medición de huella de carbono

El siguiente cuestionario solo fue llenado una vez por el Gerente de Logística

1. Seleccione su empresa (se presenta listado de empresas participantes).
2. Indique el número de ruta a registrar.
3. Capture la placa del vehículo que cubre esta ruta.

4. Indique la marca del vehículo.
5. Indique el modelo del vehículo (año).
6. Indique el cilindraje del motor (litros).
7. Indique el tipo de tecnología del vehículo:
 - EURO I
 - EURO II
 - EURO III
 - EURO IV
 - EURO V
 - EURO VI
 - No controlado/no se sabe
8. Indique el kilometraje del vehículo (km).
9. Indique el tipo de combustible. (gasolina, diésel, gas natural, otro).
10. Indique la capacidad del tanque de combustible del vehículo (litros).
11. Indique la capacidad del tanque de combustible del vehículo (litros).
12. Indique el nombre de todos los empleados que trabajan en esta ruta: Ejemplo: Juan Pérez
- conductor/repartidor.
13. Indique la capacidad de carga del vehículo:
 - 1 tonelada
 - 2 toneladas
 - ...
 - 7 toneladas o más
14. Indique que tipo de vehículo es (ligero, mediano, pesado).
15. Indique el tipo de carga del vehículo (refrigerados, secos).

6.1.1.2 Huella de carbono diaria

Este formato fue llenado diariamente por el conductor de cada vehículo participante en el experimento.

1. Indique el número de su ruta.
2. ¿Cuál es el kilometraje del vehículo al iniciar la ruta?
3. ¿Cuál es el nivel de combustible que tiene el vehículo al iniciar la ruta?

- Lleno
 - $\frac{3}{4}$
 - Medio
 - $\frac{1}{4}$
 - Vacío
4. ¿Cuántos litros de combustible recargó ayer en total?
 5. ¿Cuál es el peso total de la mercancía que va a entregar en esta ruta (kilogramos)?

6.1.1.3 Conductores y repartidores de mercancía

Este cuestionario se aplicó a cada conductor/repartidor de mercancía participante en el proyecto antes de iniciar y al finalizar el piloto. Las preguntas son las siguientes:

1. Seleccione su empresa (se presenta listado de empresas participantes).
2. Nombre(s) y Apellidos.
3. Sexo.
4. Seleccione todas las actividades (puede seleccionar varias) que realiza como parte de las responsabilidades diarias de su puesto:
 - Conducir
 - Descargar mercancía
 - Entregar mercancía
 - Acomodar mercancía
 - Vender
 - Cobrar
 - Realizar inventario
5. Durante la última semana ¿a qué hora inició la ruta de entrega de mercancías? (se mostrarán horarios desde las 5:00 a las 19:00 horas o posterior)
6. Durante la última semana ¿a qué hora terminó la ruta de entrega de mercancías? (se mostrarán horarios desde las 5:00 a las 19:00 horas o posterior)
7. ¿Cuántos años de experiencia tiene en su puesto actual? (se mostrarán opciones desde menos de un año hasta 5 años o más).
8. Pensando en sus días laborales de la última semana y en la zona centro de Zapopan (los rangos van de 0 a 5 o más):
 - Durante la última semana ¿cuántos accidentes viales tuvo usted en su ruta?

- Durante la última semana ¿cuántos accidentes tuvo usted durante la descarga y entrega de mercancías?
- Durante la última semana ¿cuántas veces se lesionó (ej. dolor de espalda) al realizar actividades laborales?
- Durante la última semana ¿cuántas veces usted ha sido agredido verbal o físicamente en la calle al realizar el reparto de mercancías?
- Durante la última semana ¿cuántas veces se sintió inseguro al repartir mercancías en esta zona?

9. ¿Cómo evalúa su condición física?

- Muy buena
- Buena
- Mala
- Pésima

10. ¿Cómo evalúa su nivel de estrés?

- Alto
- Moderado
- Bajo
- Nulo

11. ¿Cuáles son las principales problemáticas a las que usted se enfrenta al momento de realizar sus actividades laborales en el centro de Zapopan? (puede seleccionar varias opciones)

- Alta congestión vehicular.
- Inseguridad.
- Falta de bahías exclusivas para carga y descarga de mercancías.
- Banquetas estrechas.
- Falta de rampas en las banquetas para el uso de montacargas (diablitos).
- Horarios de entrega reducidos.
- Cierre de calles (tianguis, manifestaciones, peregrinaciones, obras públicas, etc.).
- Cambios en el sentido de circulación de las calles.
- Obstrucción de bahías exclusivas para carga y descarga de mercancías.
- Esperar a que otros repartidores terminen de entregar en una tienda.
- Esperar a que los tenderos atiendan clientes para después recibir las mercancías.

- Otro: especifique.

6.2 Señalética vertical

El prototipo de la señalética vertical se realizó con base en las regulaciones para la ubicación y diseño de señales de tránsito. La Figura 37 muestra la señalética autorizada por las autorizadas municipales. Se instaló señalética vertical en cada una de las bahías EZ Parking.

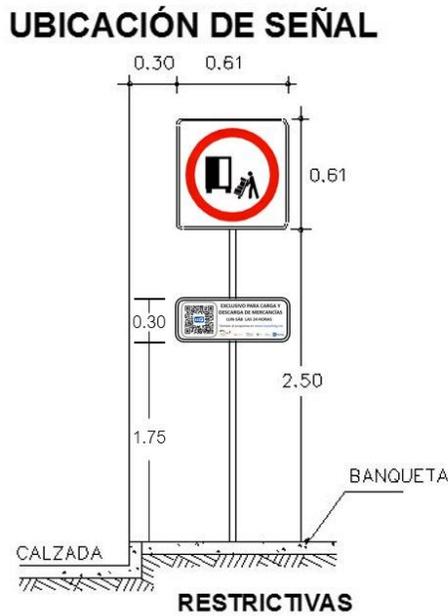


Figura 35. Señalética vertical

Códigos QR

Además de la señal de tránsito que indica que es un espacio para carga y descarga de mercancías, se instaló una placa con un código QR que tenía dos funciones. La principal, para iniciar el tiempo de uso en un EZ Parking por parte de los usuarios. La función secundaria para dirigir a cualquier persona a la *landing page* del proyecto (ver Figura 38).



Figura 36. Señalética con código QR

6.3 Equipo de Promotores EZ Parking

Con el propósito de invitar a los conductores de vehículos de transporte de mercancías a registrarse y utilizar EZ Parking, así como también para informar a la población en general acerca del piloto, se capacitaron, uniformaron y desplegaron 11 promotores, ubicados estratégicamente para cubrir las bahías EZ Parking (ver Figura 39). Gracias a su trabajo, se registraron más de 50 empresas en los primeros 3 días del proyecto por medio del escaneo de los códigos QR localizados en la señalética vertical, donde los usuarios llenaban un formato de solicitud para tener acceso a la App.

Adicionalmente, los promotores estuvieron informando al líder del proyecto acerca de cualquier incidente y de documentar el uso de las bahías por medio de fotos y videos. El material fue compartido en tiempo real a través de un grupo de WhatsApp.

El trabajo de los promotores ayudó mitigar la resistencia al cambio por parte de la población, ya que se registraron muchos casos en los cuales se estacionaban recurrentemente vehículos particulares en bahías existentes. En caso de que los conductores de vehículos particulares hiciesen caso omiso a la invitación de los promotores a retirarse, el líder del proyecto dio aviso a la coordinación de los agentes de movilidad del municipio para que interviniesen con autoridad.



Figura 37. Equipo de promotores EZ Parking

7



Capítulo 7. Resultados

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de las encuestas a la población, a los locatarios, acerca del uso de las bahías EZ Parking, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y de la calidad del aire y la contaminación acústica.

7.1 Encuesta a la población

Metodología

Se realizaron 291 encuestas a la población para entender qué tan de acuerdo están acerca de cuatro iniciativas que pueden mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las actividades de logística de última milla.

Las iniciativas estudiadas son:

- Prohibición de entrada de vehículos de reparto de mercancías
- Bahías de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías
- Uso de bicicletas o triciclos de carga para el transporte de mercancías
- Entrega de mercancías en horario nocturno

Los encuestadores abordaron transeúntes aleatoriamente, a quienes se les preguntó inicialmente cuántas veces habían visitado la zona centro de Zapopan en la última semana. Aquellos que respondieron más de 5, se consideraron habitantes y aquellos que dijeron 4 o menos, se consideraron visitantes.

Posteriormente, se aplicó un instrumento de investigación de preguntas cerradas y con escala de Likert.

La implementación de bahías de carga y descarga es la medida que tiene mayor potencial de ser adoptada por los **habitantes** del centro de Zapopan con **~80% de aceptación**, seguida por el uso de bicicletas de carga con un ~50% de aceptación, para la distribución sustentable de mercancías (ver Figura 38). Se puede apreciar que hubo un ligero aumento en el porcentaje de habitantes que estuvieron totalmente de acuerdo con adoptar la medida entre el periodo antes y

el durante de la prueba, evidenciando que el piloto afectó positivamente la percepción de los habitantes de la zona acerca de la medida. Adicionalmente, los habitantes manifestaron que estarían de acuerdo con fomentar el uso de bicicletas de carga para realizar el transporte de mercancías, mientras que rechazarían medidas como la prohibición de la entrada de vehículos de transporte de carga en la zona o las entregas nocturnas.

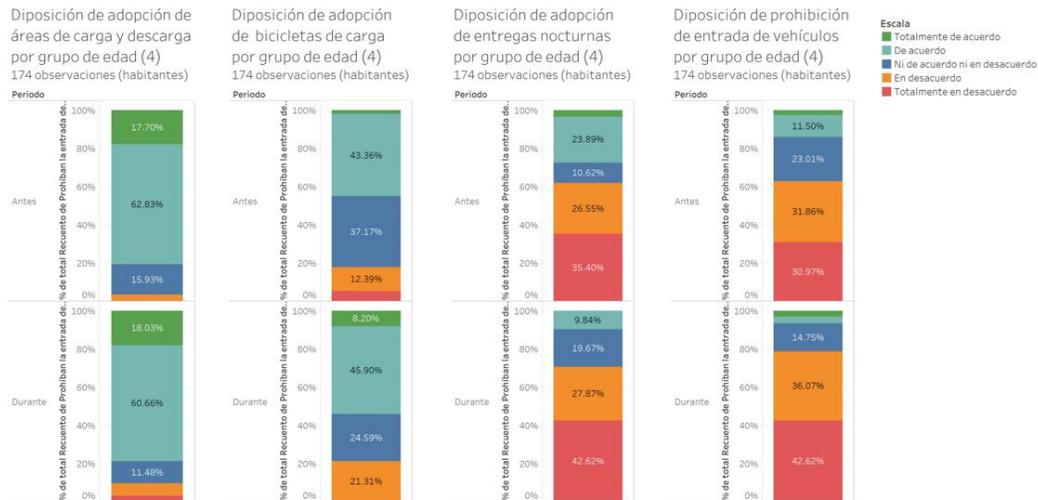


Figura 38. Comparación de la adopción de medidas de descarbonización de logística urbana por habitantes

De manera similar, los **visitantes** del centro de Zapopan también adoptarían las bahías de carga y descarga, también con un **~77% de aceptación** y las bicicletas de carga con un **~50%** de aceptación, como medidas para mejorar la movilidad urbana en la zona centro de Zapopan (ver Figura 39). No obstante, rechazarían las medidas de entregas nocturnas y la prohibición de la entrada de vehículos de reparto de mercancías en el área de estudio.

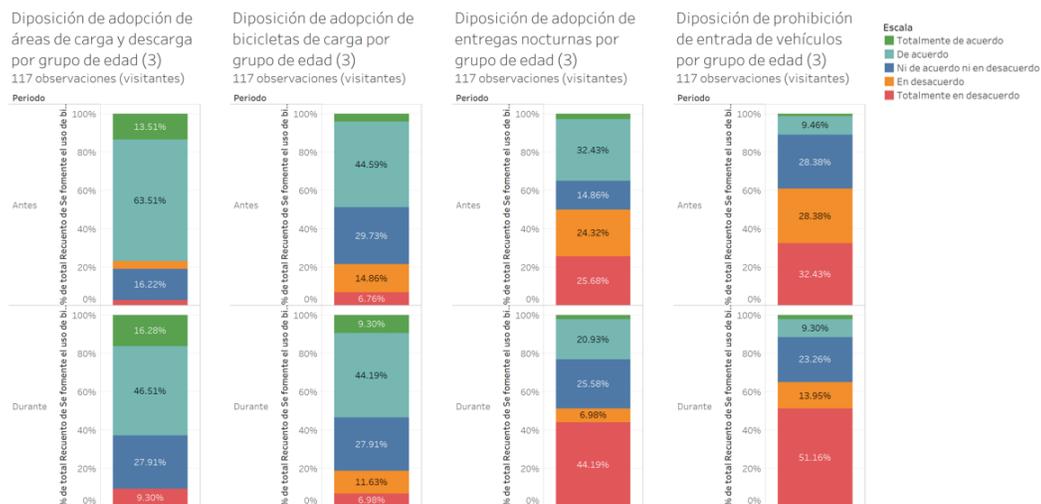


Figura 39. Comparación de la adopción de medidas de descarbonización de logística urbana por visitantes

Para tener un mejor entendimiento de la disposición de adopción para cada una de las medidas, se realizaron gráficos comparativos por rangos de edad para cada grupo (i.e., habitantes y visitantes). Por ejemplo, los habitantes tienen muy buena disposición de adoptar las áreas de carga y descarga exclusivas para el reparto de mercancías independientemente del grupo de edad. Los resultados muestran que el grupo de entre 41 a 50 años aumentó su disposición entre el periodo antes y durante, seguido del grupo entre 31 a 40 años (ver Figura 40).

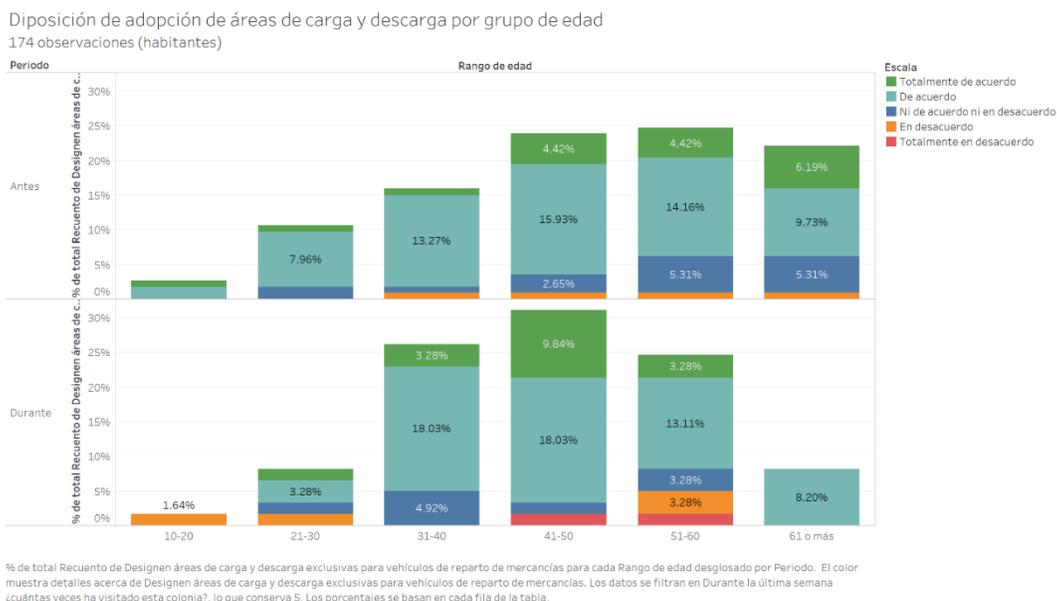


Figura 40. Disposición de adopción por parte de los habitantes de áreas de carga y descarga por grupo de edad

De igual forma, los visitantes tienen muy buena disposición de adoptar las áreas de carga y descarga exclusivas para el reparto de mercancías, especialmente en grupos de entre los 31 a 50 años. Vale la pena mencionar que un ~6% de los encuestados manifestaron que ni estarían de acuerdo ni en desacuerdo con la medida en el periodo durante de la prueba (ver Figura 41). Este porcentaje de personas indecisas se puede convertir en personas que adopten la medida si se les comparte información que les permita conocer los beneficios y así aumentar el número de promotores de la medida.

Disposición de adopción de áreas de carga y descarga por grupo de edad (2)
117 observaciones (visitantes)

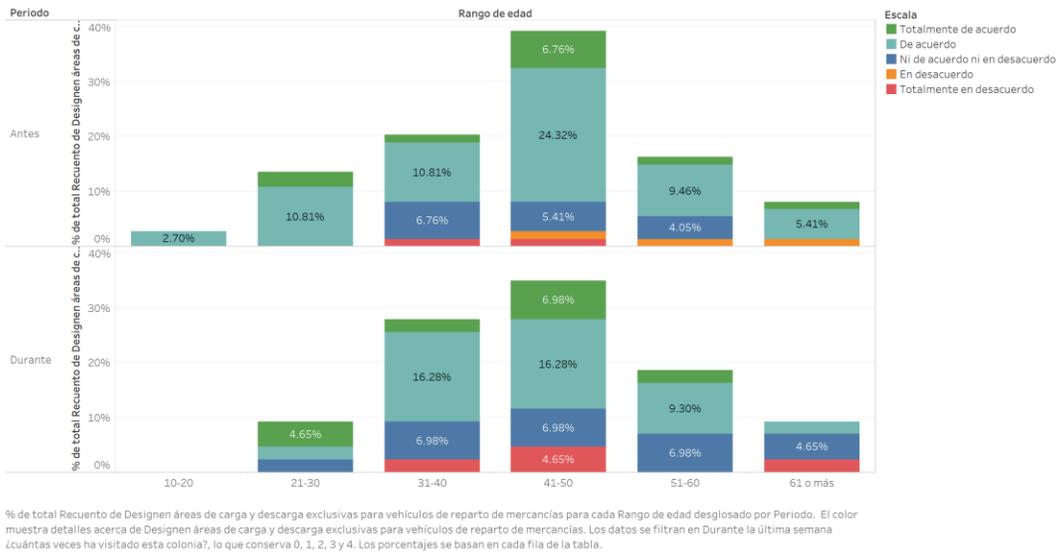


Figura 41. Disposición de adopción por parte de los visitantes de áreas de carga y descarga por grupo de edad

La segunda medida que los habitantes manifestaron que fomentar es el uso de bicicletas de carga. En comparación con las bahías de carga y descarga, los habitantes tienen buena disposición, estando de acuerdo en general, independientemente del grupo de edad, pero con menor número de personas estando totalmente de acuerdo (ver Figura 42).

Disposición de adopción de bicicletas de carga por grupo de edad
174 observaciones (habitantes)

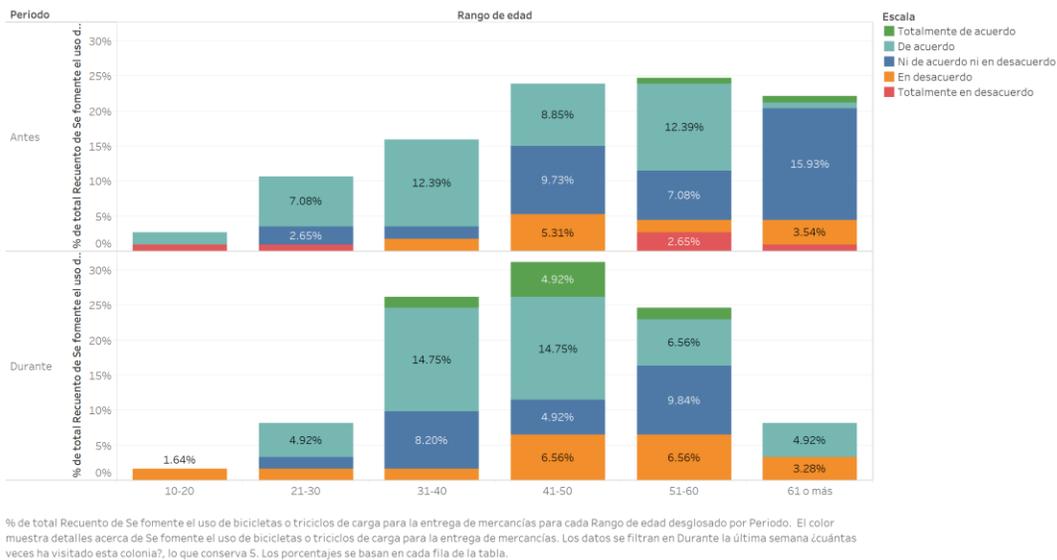


Figura 42. Disposición de adopción por parte de los habitantes de bicicletas de carga por grupo de edad

Ahora bien, los visitantes del centro de Zapopan están de acuerdo con fomentar el uso de bicicletas de carga. En el caso particular del grupo de entre 41 a 50 años se observa un porcentaje importante que estaría en desacuerdo (ver Figura 43). Estos resultados abren la

posibilidad de probar el uso de bicicletas de carga en la zona y aún más interesante, el despliegue de un proyecto que vincule las bahías de carga y descarga con las bicicletas de carga, integrando una solución que facilite el transbordo de mercancías.

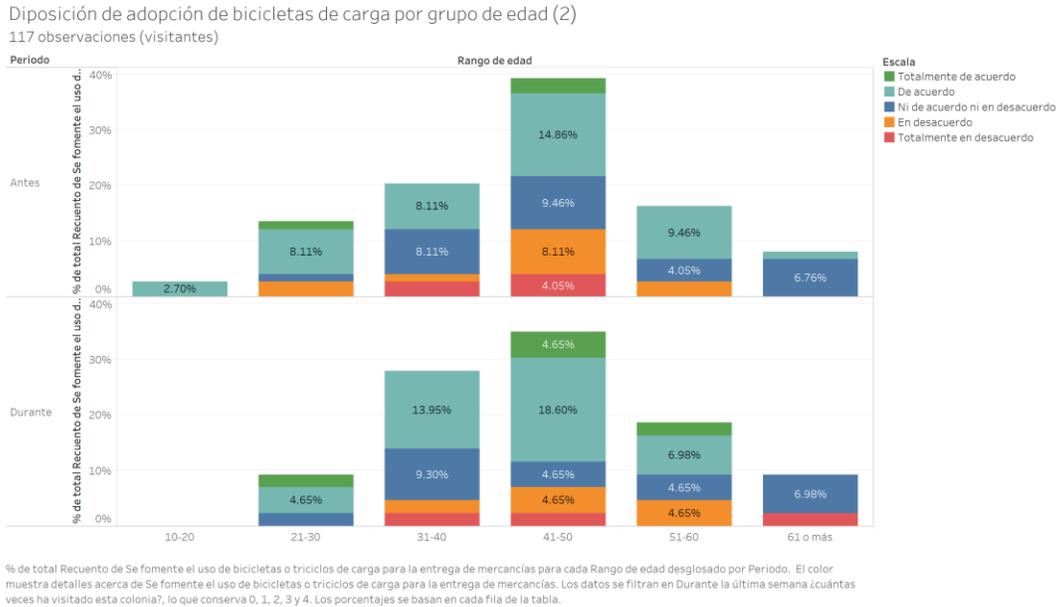


Figura 43. Disposición de adopción por parte de los visitantes de bicicletas de carga por grupo de edad

Respecto a las iniciativas de la prohibición de la entrada de vehículos de transporte de mercancías y de entregas nocturnas, los habitantes rechazarían las medidas independientemente de su grupo de edad (ver Figura 44, 45, 46 y 47).

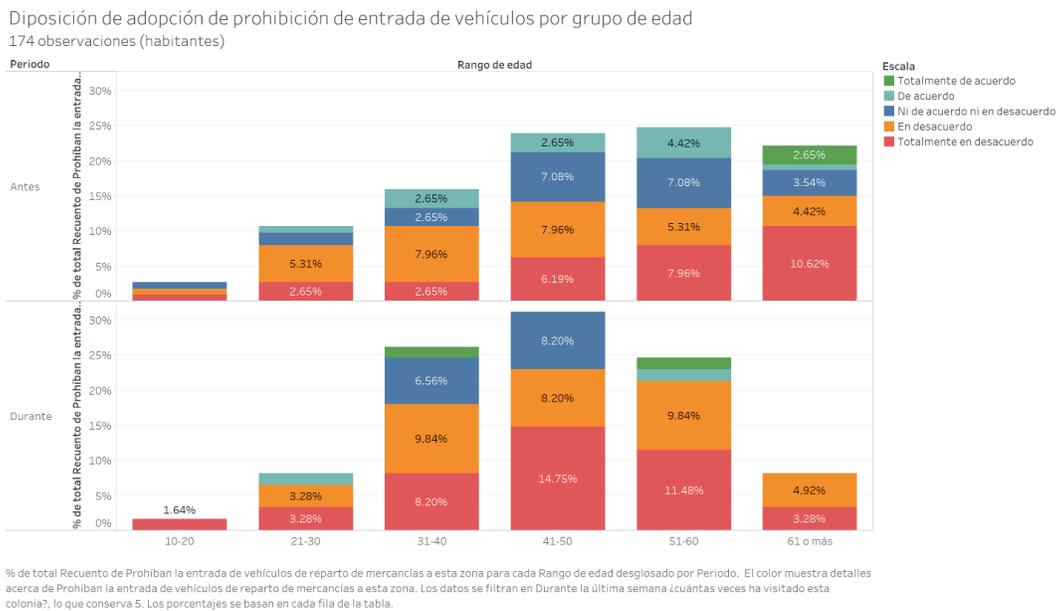


Figura 44. Disposición de adopción de la prohibición de la entrada de vehículos de reparto de mercancías por grupo de edad de los habitantes

Los visitantes rechazarían una medida de prohibición a la entrada de vehículos de reparto de mercancías, particularmente aquellos de entre 41 a 50 años (ver Figura 45). El rechazo es aún mayor que en los habitantes. Esto se puede deber a que limitaría el acceso para que los visitantes realicen actividades personales, laborales o comerciales en la zona de estudio.

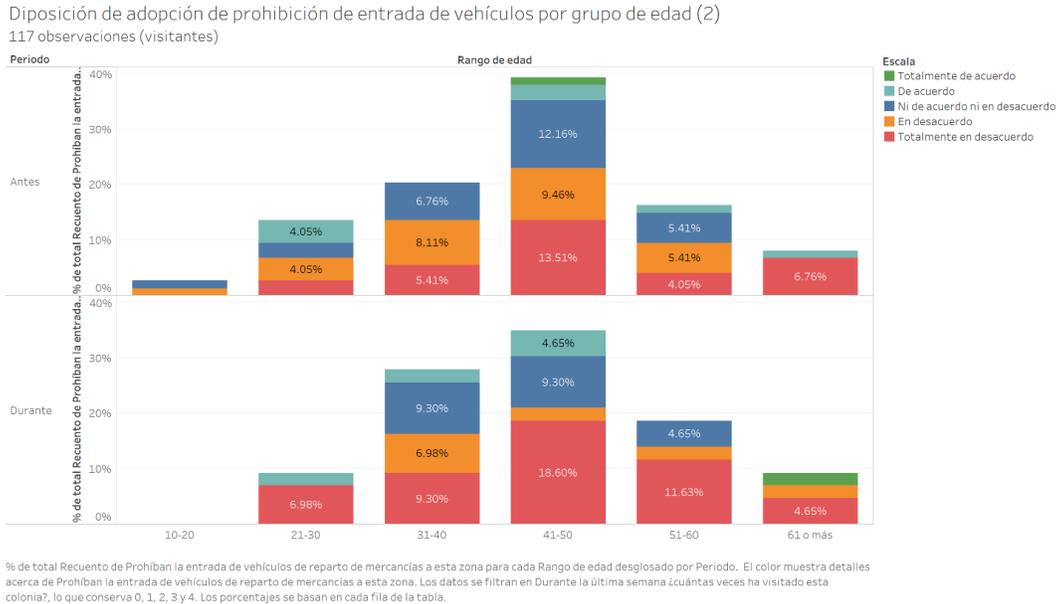


Figura 45. Disposición de adopción de la prohibición de la entrada de vehículos de reparto de mercancías por grupo de edad de los visitantes

De igual forma, los habitantes del centro de Zapopan rechazarían una medida de prohibición de entregas nocturnas, independientemente del grupo de edad (ver Figura 46). El rechazo de la medida se puede deber al ruido que causan las actividades de descarga de mercancías.

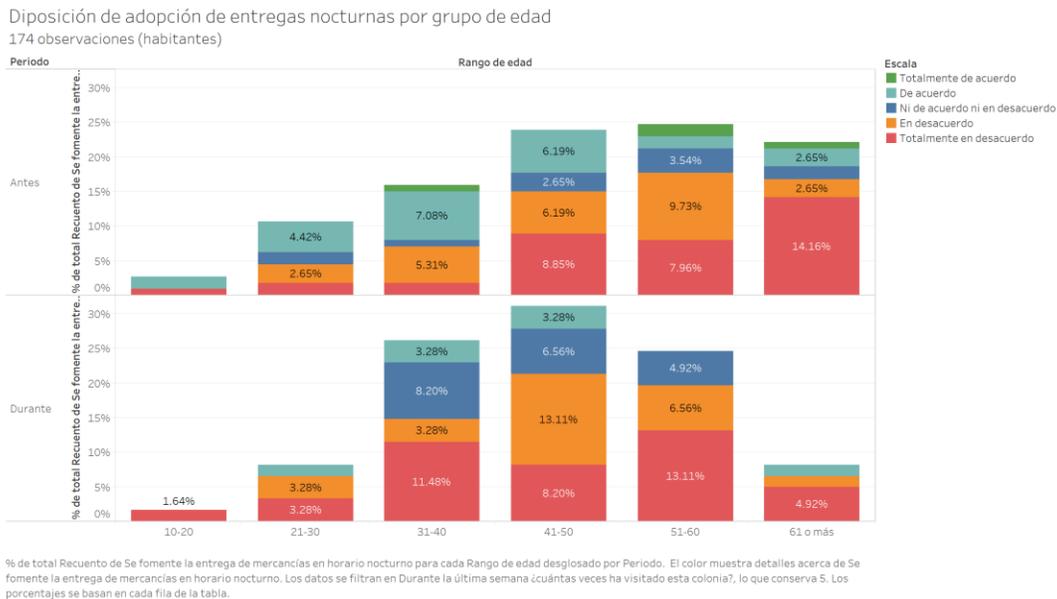
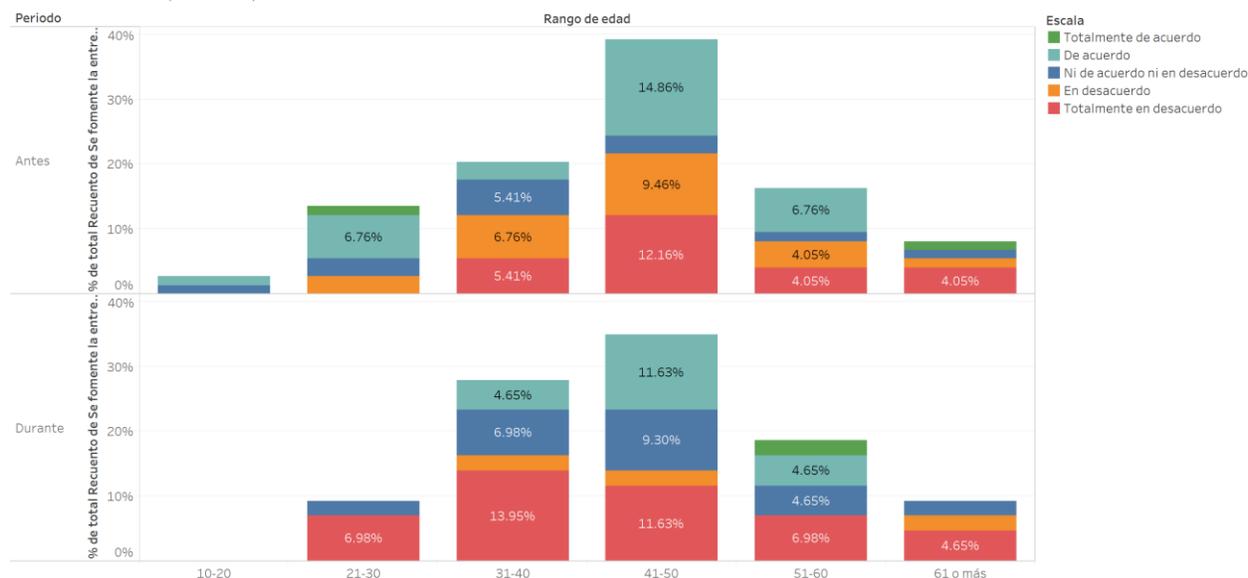


Figura 46. Disposición de adopción por parte de los habitantes de entregas nocturnas por grupo de edad

Por ejemplo, en una entrevista realizada a un locatario del polígono de tratamiento que también es habitante del centro de Zapopan desde hace 60 años, indicó que cerca a su domicilio se encuentra una tienda de conveniencia, la cual es visitada frecuentemente por proveedores entre las 2:00 am y 5:00 am. El entrevistado manifestó su inconformidad por el ruido que los repartidores generan al descargar y entregar la mercancía, en especial cuando suben y bajan las cortinas metálicas de los vehículos.

Ahora bien, los visitantes del centro de Zapopan tienen mayor potencial de adoptar una medida de entregas nocturnas respecto a los habitantes, particularmente en el grupo de edad de 41 a 50 años (ver Figura 47). Lo anterior se puede deber a que estas personas no se verían afectadas por el ruido de las entregas.

Diposición de adopción de entregas nocturnas por grupo de edad (2)
117 observaciones (visitantes)

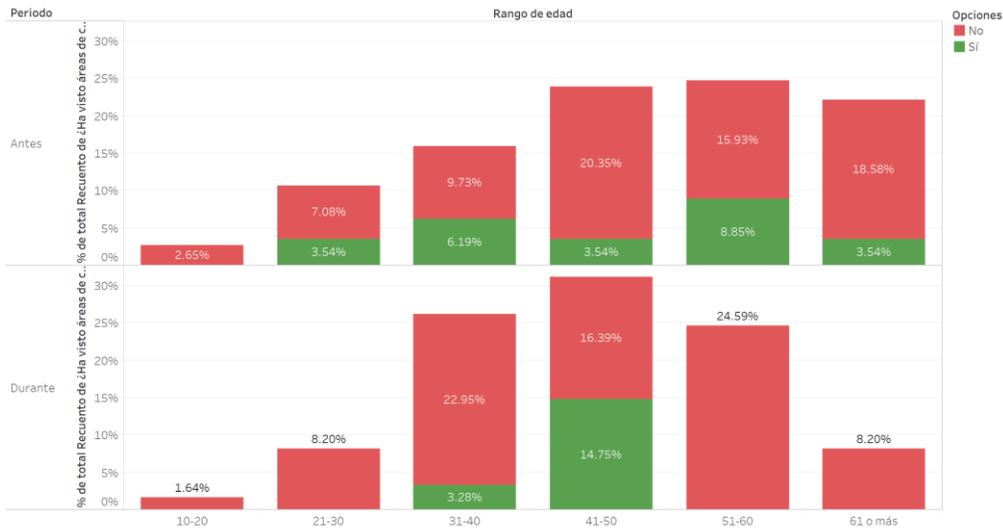


% de total Recuento de Se fomenta la entrega de mercancías en horario nocturno para cada Rango de edad desglosado por Periodo. El color muestra detalles acerca de Se fomenta la entrega de mercancías en horario nocturno. Los datos se filtran en Durante la última semana ¿cuántas veces ha visitado esta colonia?, lo que conserva 0, 1, 2, 3 y 4. Los porcentajes se basan en cada fila de la tabla.

Figura 47. Disposición de adopción por parte de los visitantes de entregas nocturnas por grupo de edad

Dentro de la encuesta a los habitantes del centro de Zapopan, también se les preguntó acerca de la conciencia de la existencia de las bahías de carga y descarga. Como se puede apreciar en la Figura 48, los habitantes mostraron un aumento en dicha conciencia en el grupo de edad de 41 a 50 años. Sin embargo, se esperaban resultados de mayor conciencia en el periodo durante que en el antes. Esto se puede deber a que no se realizó ninguna campaña de socialización con los habitantes o visitantes de la zona, siendo una oportunidad para futuros proyectos, ya que el aumento de la conciencia de la existencia de algo aumenta su potencial uso y adopción.

Conciencia de la existencia de bahías por rango de edad
174 observaciones (habitantes)

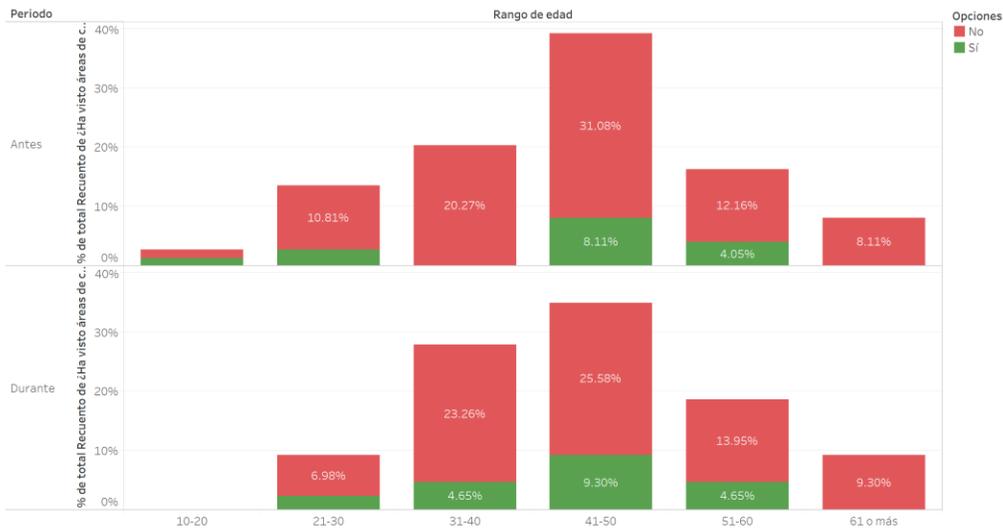


% de total Recuento de ¿Ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona? para cada Rango de edad desglosado por Periodo. El color muestra detalles acerca de ¿Ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona?. Los datos se filtran en Durante la última semana ¿cuántas veces ha visitado esta colonia?, lo que conserva 5. Los porcentajes se basan en cada fila de la tabla.

Figura 48. Conciencia por parte de los habitantes de la existencia de bahías de carga y descarga por rango de edad

Aunado a esto, los visitantes del centro de Zapopan tuvieron mayor conciencia acerca de la existencia de bahías de carga y descarga. Sin embargo, la gran mayoría no tiene conocimiento de su existencia (ver Figura 49).

Conciencia de la existencia de bahías por rango de edad (2)
117 observaciones (visitantes)



% de total Recuento de ¿Ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona? para cada Rango de edad desglosado por Periodo. El color muestra detalles acerca de ¿Ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona?. Los datos se filtran en Durante la última semana ¿cuántas veces ha visitado esta colonia?, lo que conserva 0, 1, 2, 3 y 4. Los porcentajes se basan en cada fila de la tabla.

Figura 49. Conciencia por parte de los visitantes de la existencia de bahías de carga y descarga por rango de edad

Finalmente, respecto a la encuesta a los habitantes y visitantes de la zona centro de Zapopan, se les preguntó acerca de otras problemáticas ocasionadas por los vehículos de reparto de

mercancías en la zona. En la Tabla 1 y en la Tabla 2 se listan de manera descendente aquellas problemáticas que están asociadas a la logística urbana, tales como la obstrucción de vialidad y la congestión vehicular. Gracias a esta pregunta, se identificaron otras problemáticas que no habían sido consideradas al inicio del estudio, como la inseguridad y que los camiones se “llevan los cables”, causando apagones.

Otras problemáticas identificadas que causan los vehículos de reparto de mercancías en la zona
174 observaciones (habitantes)

Finalmente, ¿qué otra problemática usted identif..	
Ningún problema	58
Tráfico	37
Obstrucción de vialidad	18
Inseguridad	12
Obstruyen los estacionamientos particulares	9
Se llevan los cables	5
Caos vial	4
Mucho ruido	4
Accidentes	3
Doble fila tapando carros	3
Falta de iluminación	3
Falta espacio	3
Los camiones pesados hacen los baches	3
Se tardan mucho en descargar en los pocos espacios.	3
Contaminación	2
Estorban en las rampas	2
Las calles angostas	2
Falta de camiones de basura	1
Falta de estacionamiento	1
Pasa muy poco la policía, mucha inseguridad	1

Recuento de Finalmente, ¿qué otra problemática usted identifica que causan los vehículos de reparto de mercancías en esta zona? desglosado por Finalmente, ¿qué otra problemática usted identifica que causan los vehículos de reparto de mercancías en esta zona?. Los datos se filtran en Durante la última semana ¿cuántas veces ha visitado esta colonia?, lo que conserva 5.

Tabla 1. Problemáticas identificadas por los habitantes que son causadas por los vehículos de reparto de mercancías en la zona

Otras problemáticas identificadas que causan los vehículos de reparto de mercancías en la zona (2)
117 observaciones (visitantes)

Finalmente, ¿qué otra problemática usted identif..	
Tráfico	32
Inseguridad	25
Ningún problema	25
Caos vial	10
Obstrucción de vialidad	5
Doble fila tapando carros	4
Contaminación	3
Accidentes	2
Falta de iluminación	2
Los camiones pesados hacen los baches	2
Obstruyen los estacionamientos particulares	2
Falta espacio	1
Horario de entrega	1
Las calles angostas	1
Poca visibilidad en semáforo	1
Se llevan los cables	1

Recuento de Finalmente, ¿qué otra problemática usted identifica que causan los vehículos de reparto de mercancías en esta zona? desglosado por Finalmente, ¿qué otra problemática usted identifica que causan los vehículos de reparto de mercancías en esta zona?. Los datos se filtran en Durante la última semana ¿cuántas veces ha visitado esta colonia?, lo que conserva 0, 1, 2, 3 y 4.

Tabla 2. Problemáticas identificadas por los visitantes que son causadas por los vehículos de reparto de mercancías en la zona

7.2 Encuesta a locatarios

Metodología

Se realizaron 349 encuestas a locatarios de unidades económicas que estuviesen dentro de los polígonos de control y de tratamiento para estudiar el nivel de acuerdo o desacuerdo de cuatro iniciativas que pueden mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y que a su vez mejorarían la movilidad urbana.

Las iniciativas estudiadas son:

- Prohibición de entrada de vehículos de reparto de mercancías
- Bahías de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías
- Uso de bicicletas o triciclos de carga para el transporte de mercancías
- Entrega de mercancías en horario nocturno

Los encuestadores visitaron principalmente micro y pequeños negocios que son visitados frecuentemente por vehículos de reparto de mercancías. La selección de los negocios fue aleatoria para aplicar un instrumento de investigación de preguntas cerradas y con escala de Likert. También incluyó preguntas de observación, para clasificar las tiendas según su ubicación, horarios de operación y otras características.

Rango de edad	Femenino	Masculino	Total
10-20	2.41%	2.41%	4.82%
21-30	18.07%	12.05%	30.12%
31-40	10.84%	12.05%	22.89%
41-50	12.05%	18.07%	30.12%
51-60	6.02%	3.61%	9.64%
60+	1.20%	1.20%	2.41%
Total	50.60%	49.40%	100.00%

Tabla 3. Composición de los locatarios encuestados por grupo de edad y sexo

La muestra aleatoria mostró un balance entre el sexo de los locatarios y que el ~83% de los encuestados tienen entre 21 y 50 años (ver Tabla 3).

Respecto a las medidas de descarbonización de logística urbana, los locatarios rechazarían la prohibición de la entrada de vehículos de transporte de mercancías independientemente del grupo de edad (ver Figura 50).

Disposición de adopción de prohibición de entrada de vehículos por grupo de edad
349 observaciones

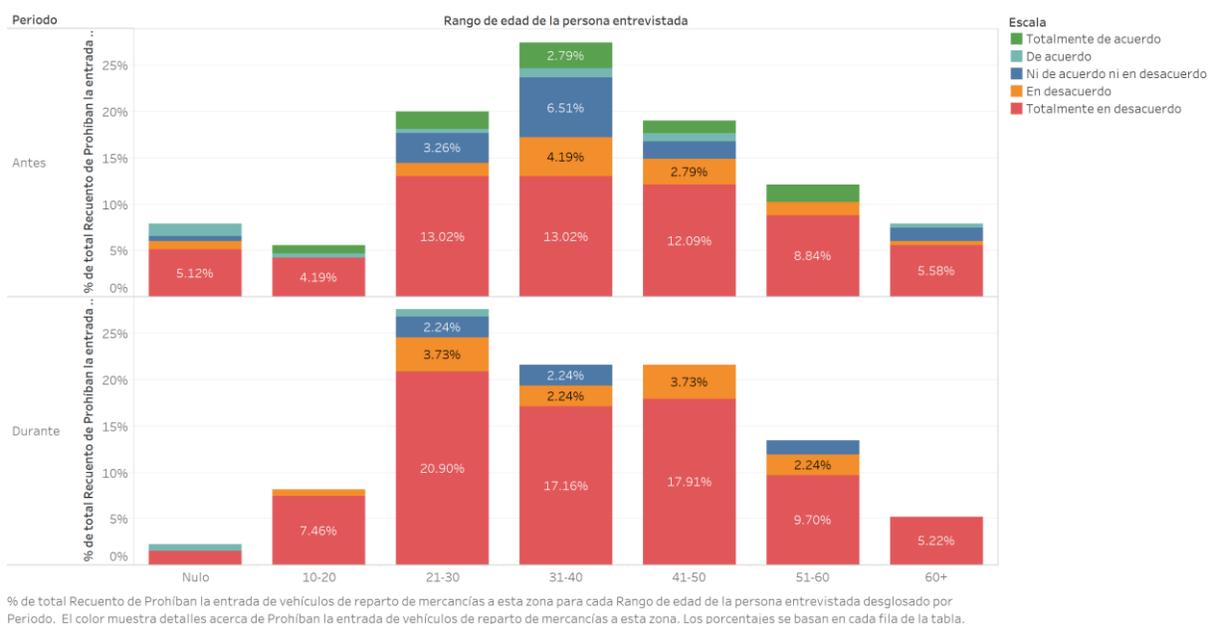


Figura 50. Disposición de la adopción de la prohibición de entrada de vehículos de reparto de mercancías por grupo de edad

Sin embargo, los locatarios manifestaron en general que estaban totalmente de acuerdo con las bahías de carga y descarga.

Disposición de adopción de bahías de carga y descarga por grupo de edad
349 observaciones

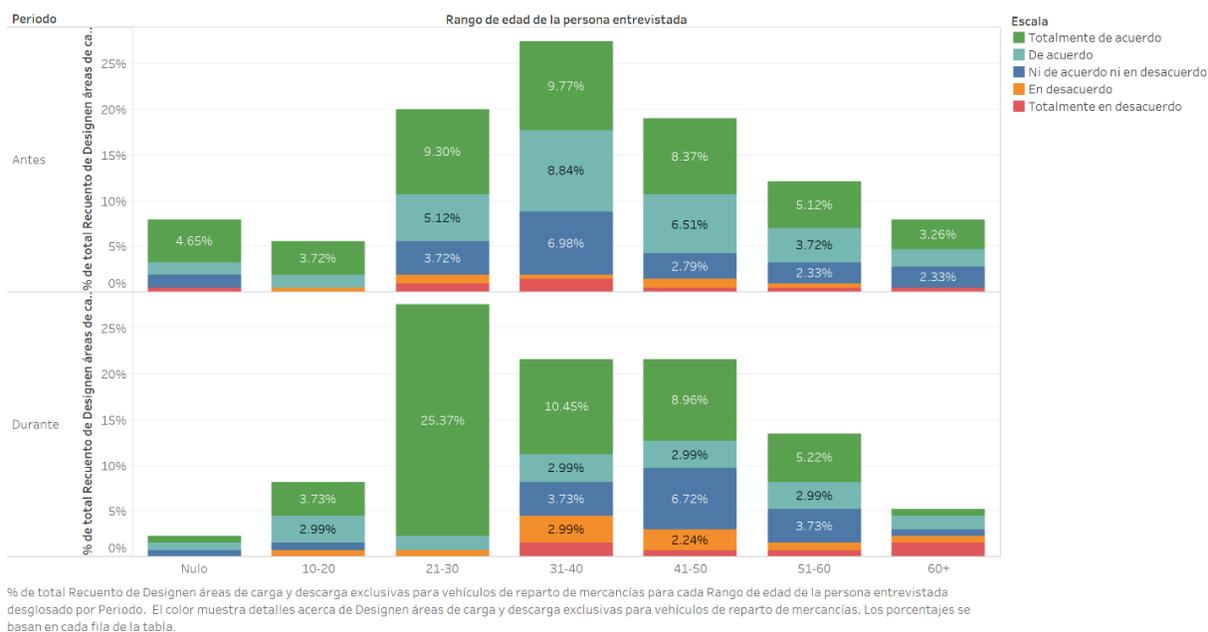


Figura 51. Disposición de la adopción de bahías de carga y descarga por grupo de edad

El aumento de la disposición de los locatarios entre el periodo antes y durante del proyecto se

pudo deber a que observaron los beneficios de la iniciativa. El porcentaje de comerciantes totalmente de acuerdo aumentó durante el piloto, particularmente en grupos de edad de entre los 21 a 50 años (ver Figura 51), que como se mostró en la Tabla 3, representan más del 80% de los comerciantes de la zona. Estos resultados evidencian que los comerciantes percibieron los beneficios de las bahías de carga y descarga para sus negocios. Con base en la geolocalización de los negocios y las respuestas de los locatarios, se generaron mapas para mostrar visualizaciones espaciales. Por ejemplo, la Figura 52 muestra en una escala de colores la disposición de los locatarios de adoptar las bahías de carga y descarga. Se puede apreciar que los comerciantes que están más cerca de las bahías EZ Parking, tienen mayor disposición de adoptar la medida.

Disposición de adoptar bahías de carga y descarga

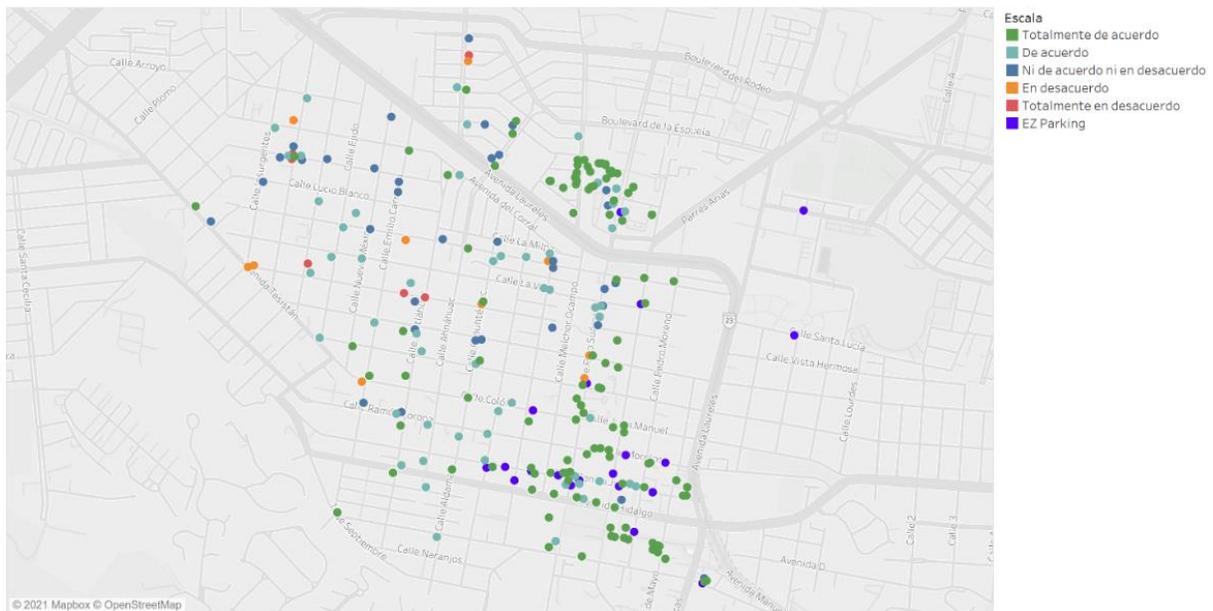


Figura 52. Disposición de la adopción de bahías de carga y descarga por los locatarios

La disposición positiva de los locatarios se puede deber a que los vehículos de reparto de mercancías obstruyen el lugar de estacionamiento para los clientes como se puede apreciar en la Figura 53.

¿cuántas veces observó que un vehículo de reparto de mercancías obstruyó el lugar de estacionamiento para sus clientes?

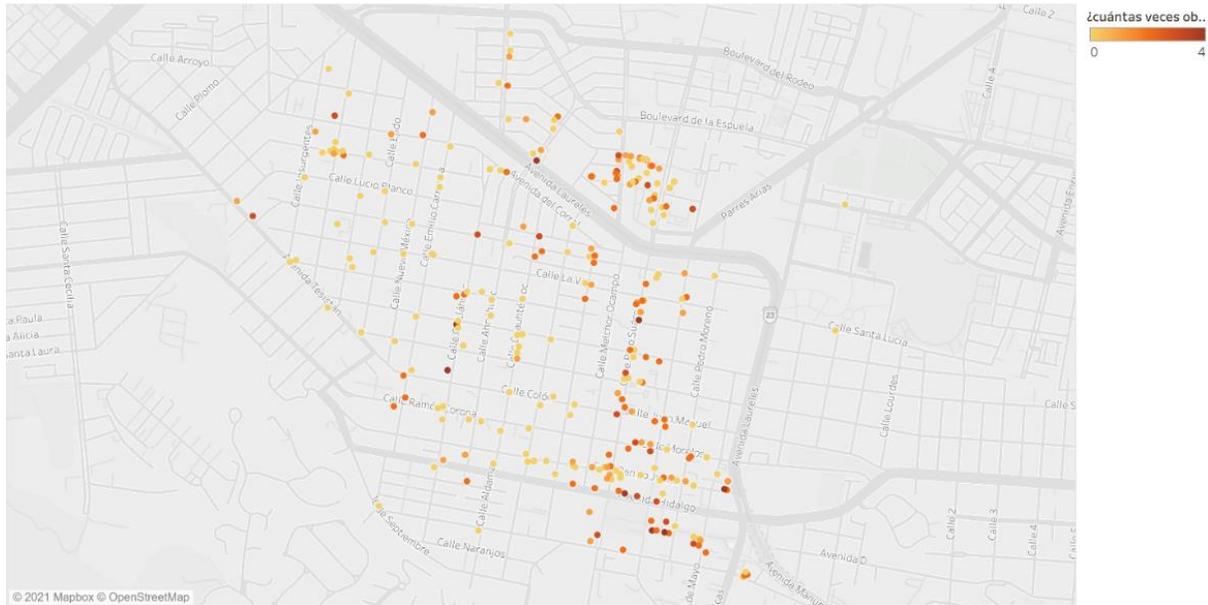


Figura 53. Obstrucción vehicular

Cabe mencionar que los locatarios carecen de lugares de estacionamiento, tanto para clientes como para proveedores (ver Figura 54). Es por lo anterior que las bahías de carga y descarga representan una excelente alternativa para descongestionar la zona centro de Zapopan.

Tipo de estacionamiento ofrecido por unidad económica

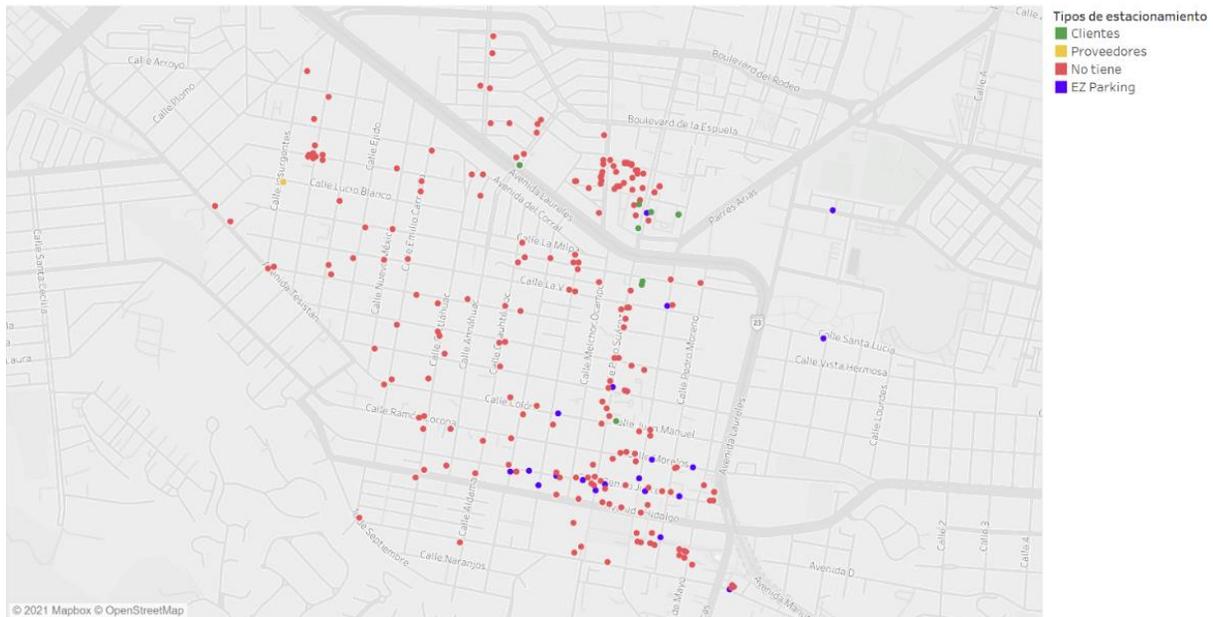
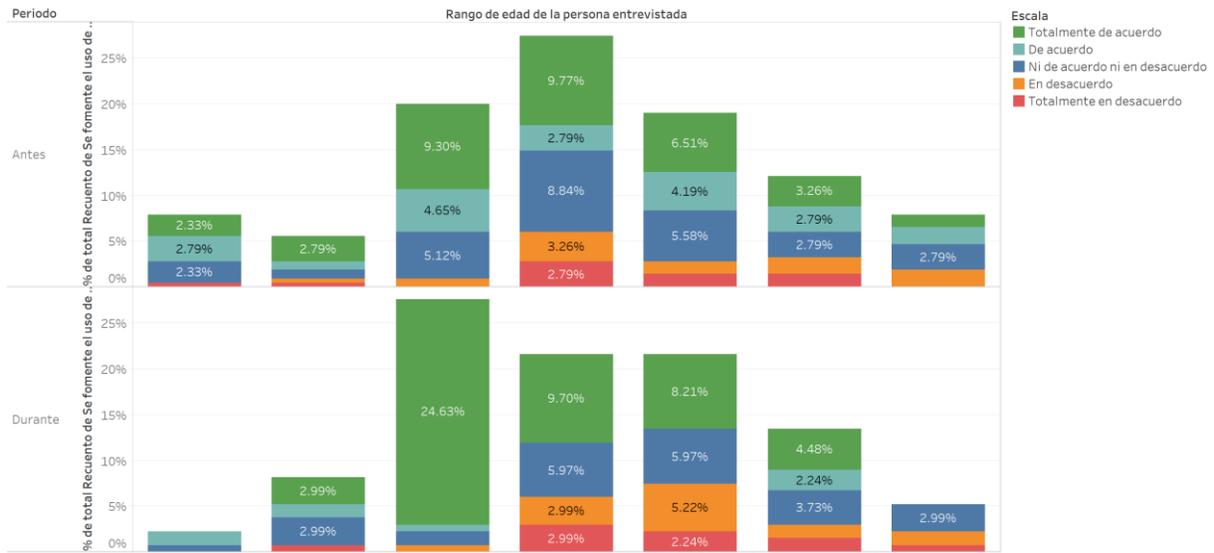


Figura 54. Tipo de estacionamiento ofrecido por unidad económica

Ahora bien, en general, los locatarios manifestaron que estaban totalmente de acuerdo con

fomentar el uso de bicicletas de carga, siendo la segunda medida que adoptarían para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en el área de estudio (ver Figura 55).

Disposición de adopción de bicicletas de carga por grupo de edad
349 observaciones



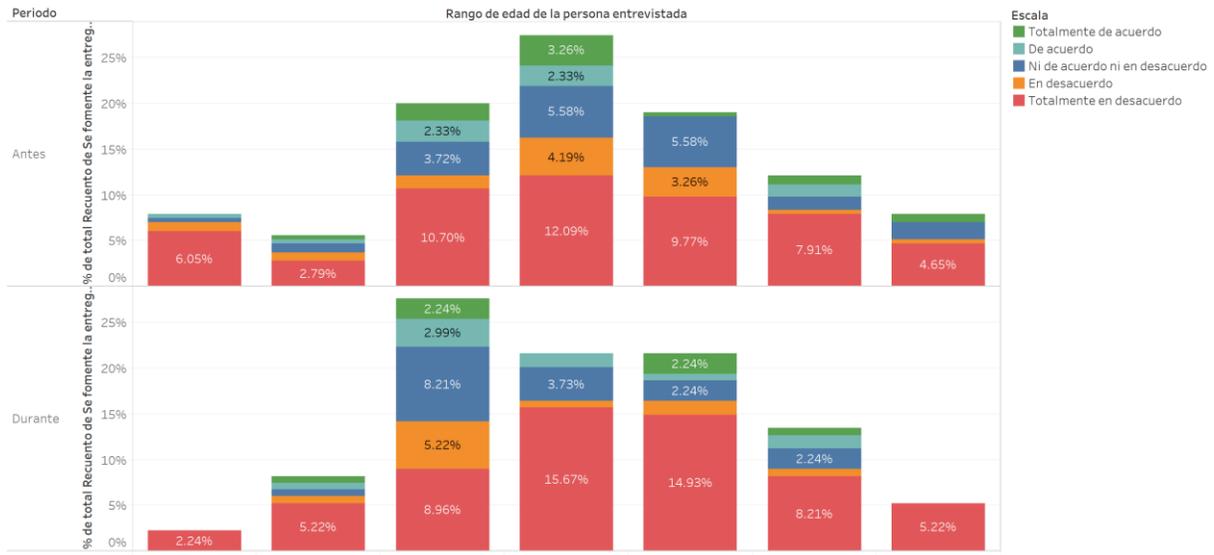
% de total Recuento de Se fomenta el uso de bicicletas o triciclos de carga para la entrega de mercancías para cada Rango de edad de la persona entrevistada desglosado por Periodo. El color muestra detalles acerca de Se fomenta el uso de bicicletas o triciclos de carga para la entrega de mercancías. Los porcentajes se basan en cada fila de la tabla.

Figura 55. Disposición de la adopción de bicicletas de carga por grupo de edad

Dado que los habitantes y los locatarios manifestaron que estarían de acuerdo o totalmente de acuerdo con las bahías de carga y descarga y las bicicletas de carga, hay una oportunidad para combinar ambas medidas. Esto implica crear bahías de carga y descarga que tengan infraestructura que permita hacer el transbordo de mercancías, sin invadir pasos peatonales o banquetas y que protejan las mercancías del sol, lluvia e inseguridad.

Por otra parte, los locatarios rechazarían la medida de entregas nocturnas como se puede apreciar en la Figura 56. Los resultados indican que independientemente del grupo de edad, los locatarios rechazarían contundentemente la medida. Esto se puede deber a que implica un costo adicional para los locatarios al requerir personal que reciba la mercancía en dichos horarios, además de aumentar los riesgos por la inseguridad.

Disposición de adopción de entregas en horario nocturno por grupo de edad
349 observaciones

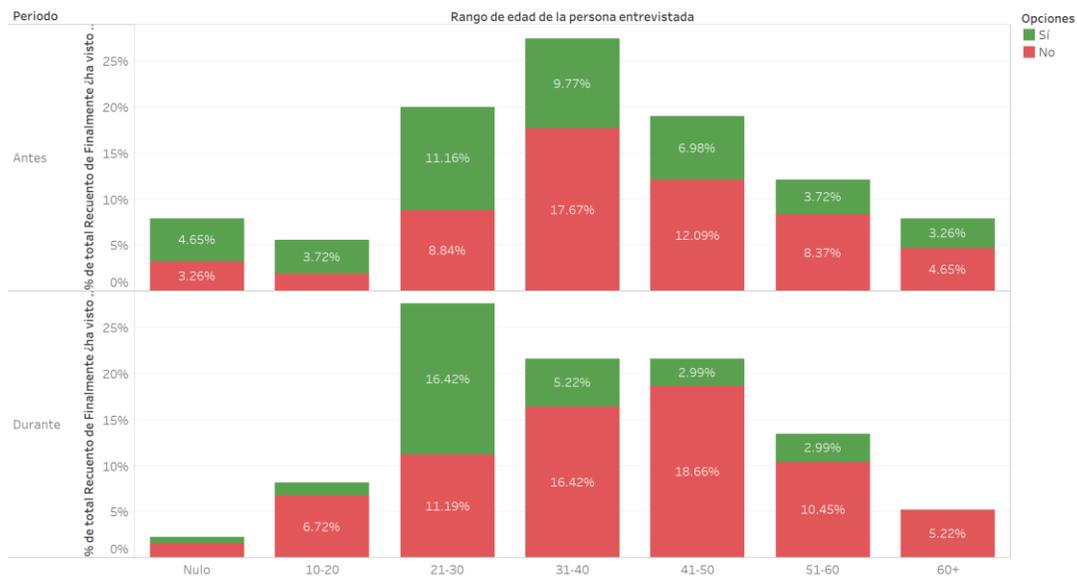


% de total Recuento de Se fomenta la entrega de mercancías en horario nocturno para cada Rango de edad de la persona entrevistada desglosado por Periodo. El color muestra detalles acerca de Se fomenta la entrega de mercancías en horario nocturno. Los porcentajes se basan en cada fila de la tabla.

Figura 56. Disposición de la adopción de la entrega nocturna de mercancías por grupo de edad

Con respecto a la conciencia de los locatarios acerca de la existencia de las bahías de carga y descarga, se obtuvieron valores superiores a los encontrados con los habitantes (ver Figura 57). Esto se puede deber a que los locatarios percibieron más lo beneficios de las bahías que los habitantes.

Conciencia acerca de la existencias de bahías de carga y descarga por grupo de edad
349 observaciones



% de total Recuento de Finalmente ¿ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona? para cada Rango de edad de la persona entrevistada desglosado por Periodo. El color muestra detalles acerca de Finalmente ¿ha visto áreas de carga y descarga exclusivas para vehículos de reparto de mercancías en esta zona?. Los porcentajes se basan en cada fila de la tabla.

Figura 57. Conciencia por parte de los locatarios de la existencia de bahías de carga y descarga por rango de edad

Finalmente, con respecto a las operaciones de las tiendas encuestadas, se presenta en la Figura 58 la segmentación de los negocios por tipo (i.e., abierta o enrejada), por sexo del locatario, por si exhiben productos y por el horario de operación (i.e., apertura y cierre). Se puede observar que, en promedio, las tiendas abren alrededor de las 8:00 AM y cierran entre las 6:00 PM y 8:00 PM.

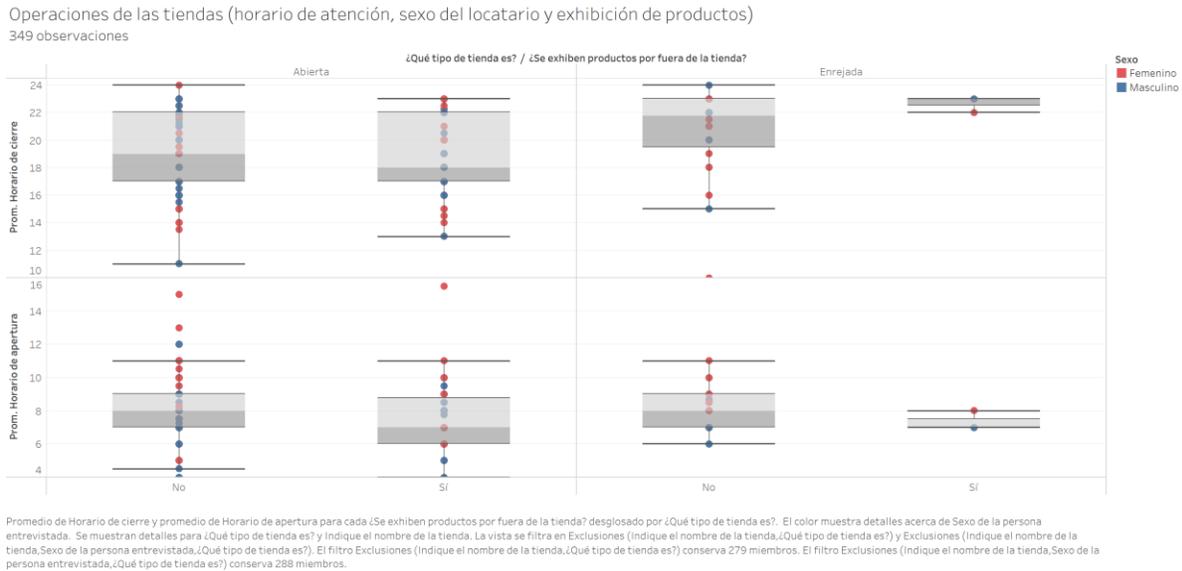


Figura 58. Operaciones de las tiendas

7.3 Uso de las bahías EZ Parking

Análisis

Se realizaron visualizaciones, mapas y figuras con el propósito de presentar información relevante acerca del uso de las bahías EZ Parking. Para empezar, el mapa de la Figura 59 muestra más de 100 mil registros que se obtuvieron a través de la App EZ Parking. La aplicación fue registrando la ubicación (i.e., longitud, latitud) de los dispositivos móviles de cada usuario cada 5 segundos, así como también su velocidad. En color verde se muestran los registros obtenidos en el polígono de control y en color naranja los registros en el polígono de tratamiento. De igual forma, se presenta en azul, las ubicaciones de las bahías EZ Parking y un radio de aproximadamente 50 metros. Por medio de estos puntos se puede observar el uso de las bahías durante la prueba. Algunas, con mayor tráfico, como las que se ubican cerca del mercado del Mar y del Mercado municipal Lázaro Cárdenas.

Zonas más visitadas por usuarios de EZ Parking por polígono
100 mil registros - 30 de agosto - 11 de septiembre (2021)



Figura 59. Zonas más visitadas por usuarios de EZ Parking por polígono

Ahora bien, la Figura 60 muestra las velocidades de los usuarios de EZ Parking, las cuales oscilaron entre 0 y 30.8 Km/hora en el área de estudio. En su mayoría, las velocidades no superaron los 20 Km/hora.

Zonas más visitadas por usuarios de EZ Parking



Figura 60. Zonas más visitadas por usuarios de EZ Parking y velocidades registradas

Dado que la mayoría de las velocidades son inferiores a los 10 Km/hora, se realizó una *clusterización* de las velocidades para identificar aquellas donde los usuarios caminaban (en amarillo) o manejaban (en verde) (ver Figura 61). Se puede apreciar que las zonas más visitadas son alrededor de los mercados municipales. También, este mapa permite identificar aquellos puntos en el polígono de control donde se podrían ubicar nuevas bahías EZ Parking. Esta sería una manera de validar el modelo de P-median descrito en el Capítulo 3.

Clusterización de velocidades por usuarios de EZ Parking



Figura 61. Clusterización de velocidades de los usuarios de EZ Parking

También, se realizó un mapa para entender la congestión de los usuarios EZ Parking por día de la semana (ver Figura 62). Lo anterior, con el propósito de establecer los lineamientos de las bahías en el futuro. Los resultados muestran que los lunes y martes, se visita el polígono de tratamiento con alta frecuencia, siendo que los viernes y sábados se concentra más la visita en el polígono de control y en la zona sur del polígono de tratamiento. Con base en el tráfico de los usuarios, la recomendación para el gobierno es que las bahías EZ Parking sean exclusivas para vehículos de transporte de mercancías de lunes a sábado de en un horario de 7:00 am a 8:00 pm y no 24 horas como está indicado en la señalética vertical actual (ver Figura 38).

Zonas más visitadas por usuarios de EZ Parking por día

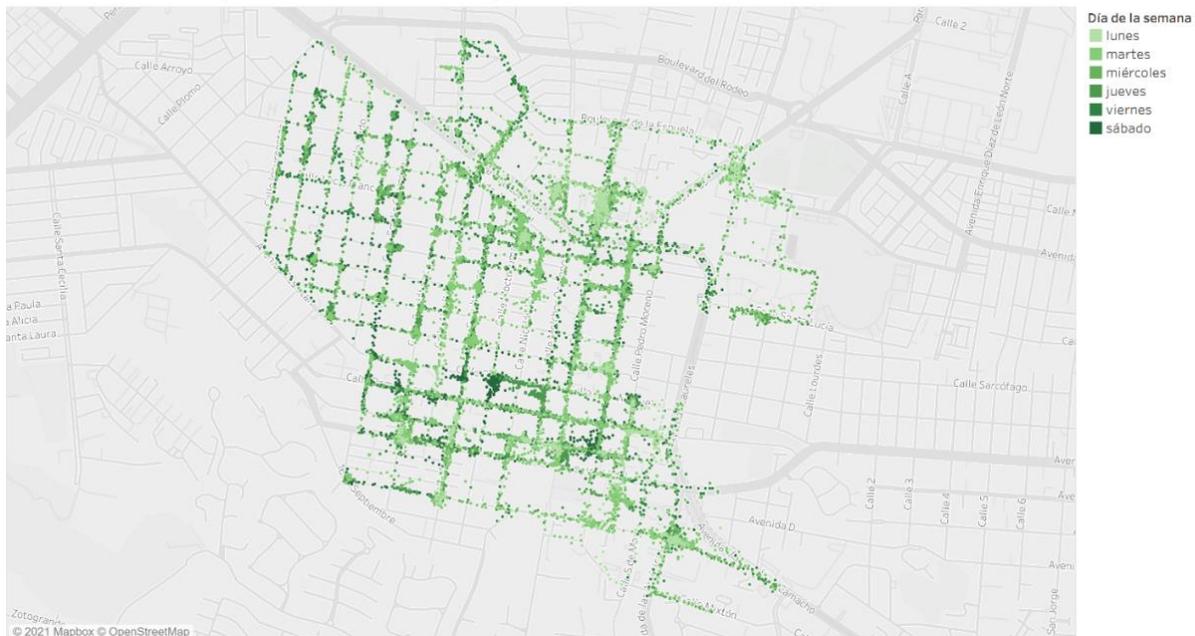


Figura 62. Zonas más visitadas por usuarios de EZ Parking por día de la semana

Ahora bien, en el experimento se asumió que los usuarios transitaban por los polígonos de control y de tratamiento de manera similar, en cuanto al tiempo y la distancia de sus recorridos. Lo anterior se esperaba, debido a que el polígono de control se estableció con una densidad de unidades económicas similar al del polígono de tratamiento para que fuesen comparables.

No obstante, los recorridos de los usuarios EZ Parking siempre fueron diferentes, dificultando la comparación de sus recorridos. Por ejemplo, en la Figura 63 se reconstruye la ruta realizada por un usuario de una empresa grande el 8 de septiembre de 2021. En el mapa, se observa que el polígono de control se visitó más que el de tratamiento. También se muestra que hubo cruces en la ruta, generando ineficiencias logísticas. Finalmente, se aprecia que el usuario pasó en su recorrido por 11 bahías, de las cuales los datos muestran que utilizó 4.

ID 21 - 8 de septiembre de 2021 20:19

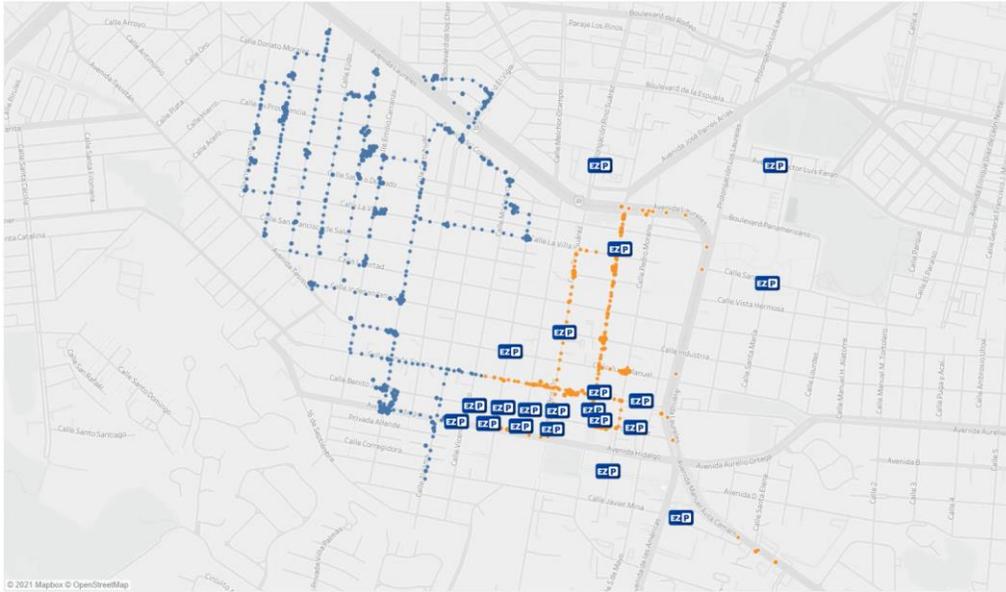


Figura 63. Ejemplo del trayecto de un usuario de EZ Parking

Uno de los resultados más relevantes del proyecto se presenta en la Figura 64, donde se muestra la ubicación de las bahías EZ Parking y el uso en promedio en minutos de las mismas. La bahía EZ Parking con mayor promedio fue la denominada Tabachín, con ~78 minutos, seguida de Fresno, Ahuehuate y Bambú con ~50, ~37 y ~36 minutos, respectivamente. De manera contrastante, 5 bahías EZ Parking presentaron utilización de menos de 1 minuto. Esto lo que representa es una oportunidad gerencial en cuanto a los lineamientos del uso de las bahías. Se recomienda que los tiempos de utilización de las bahías se establezcan con base en las necesidades de los usuarios y no el mismo tiempo límite para todas.

Uso de bahías EZ Parking en promedio (minutos)

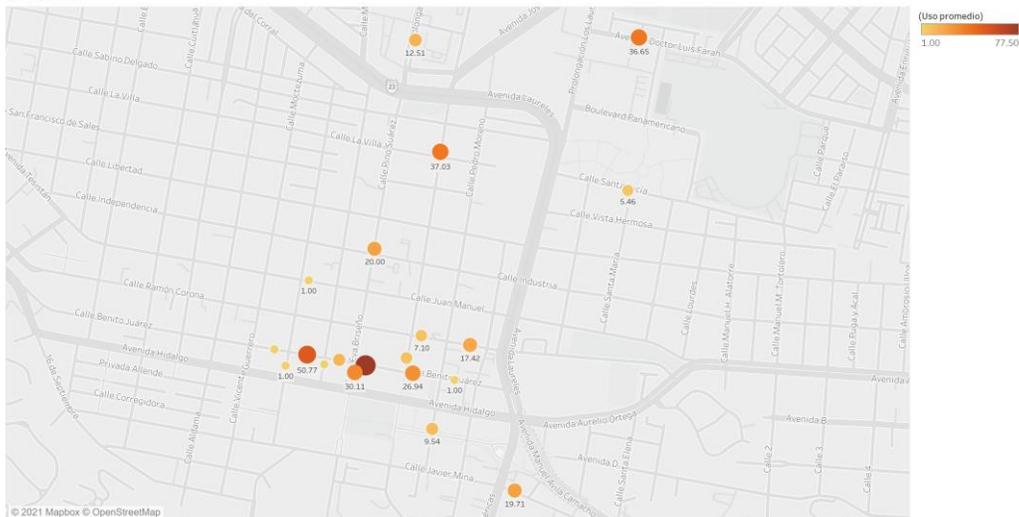


Figura 64. Promedio de utilización de las bahías EZ Parking

Ahora bien, el **promedio de utilización de las bahías fue de 20 minutos** (ver Figura 65), donde 8 de las bahías presentaron tiempos por encima del promedio y 7 estuvieron dentro de un intervalo de confianza al 95%. Se puede apreciar el tiempo de cada una de las bahías en promedio. Los colores de las barras indican el número de “cajones” o “lugares” de estacionamiento de cada bahía, siendo Tabachín la que tenía mayor capacidad con 4 lugares y Ficus y Bambú las de menor capacidad con 1 lugar.

Utilización de EZ Parking en promedio y por número de lugares disponibles (minutos)

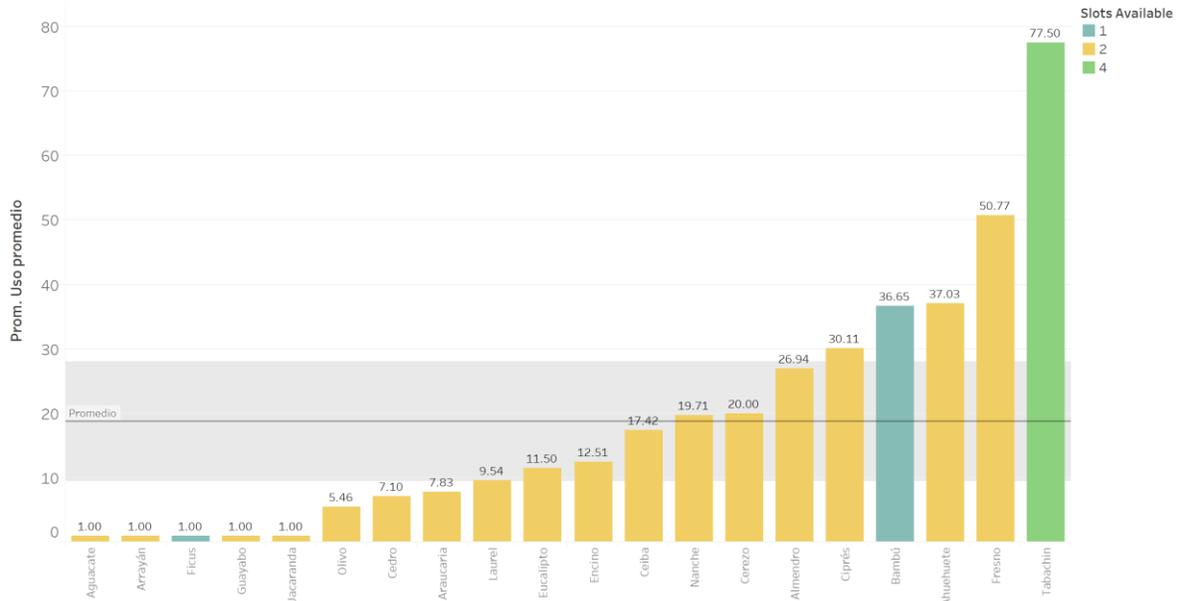


Figura 65. Utilización de EZ Parking en promedio y por número de lugares disponibles en cada bahía

Adicionalmente, se presenta un gráfico de los promedios de utilización de las bahías, pero ahora la escala de colores hace la distinción entre las bahías “nuevas” y “existentes” (ver Figura 66). Las Lo anterior, para mostrar que 5 de las 8 bahías cayeron dentro del intervalo de confianza del tiempo de utilización y 4 de las 8 tuvieron utilización mayor al promedio. Esto evidencia que el

modelo de localización y la validación puntualizada en el Capítulo 3 fue exitosa.

Utilización de EZ Parking en promedio y por tipo de bahías (minutos)

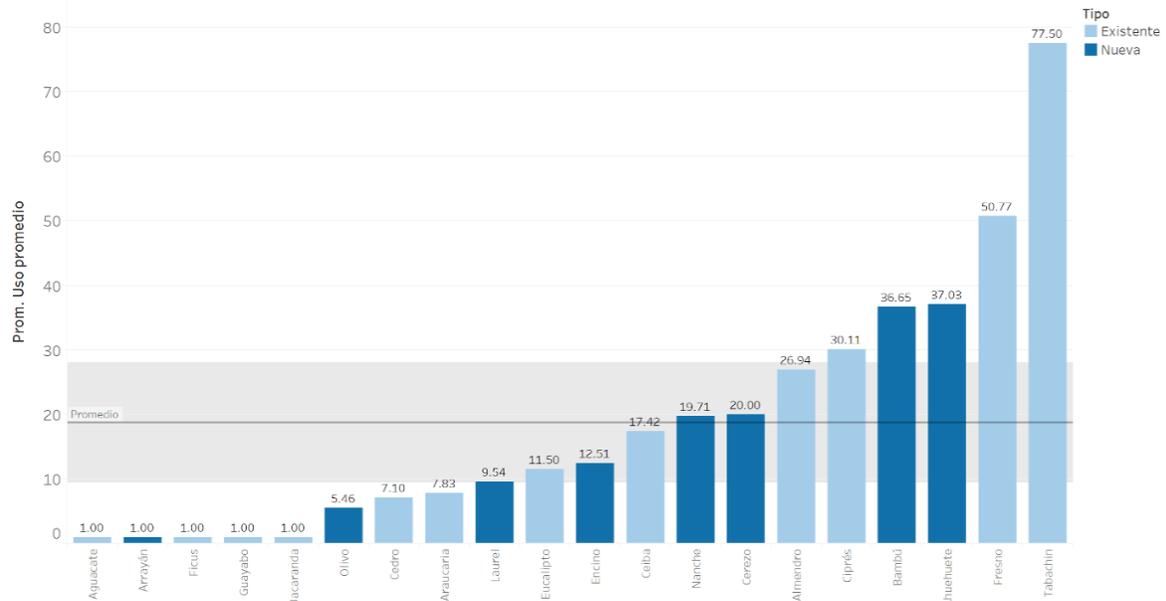


Figura 66. Utilización de EZ Parking en promedio y por tipo de bahías (Existentes o Nuevas)

Adicionalmente, las bahías nuevas presentaron tiempos de utilización con un comportamiento de distribución normal, mientras que las bahías existentes tienen una distribución sesgada hacia el primer cuartil y con un valor atípico (ver Figura 67). Este resultado muestra que el modelo de localización utilizado fue un excelente método para definir la ubicación de las bahías nuevas.

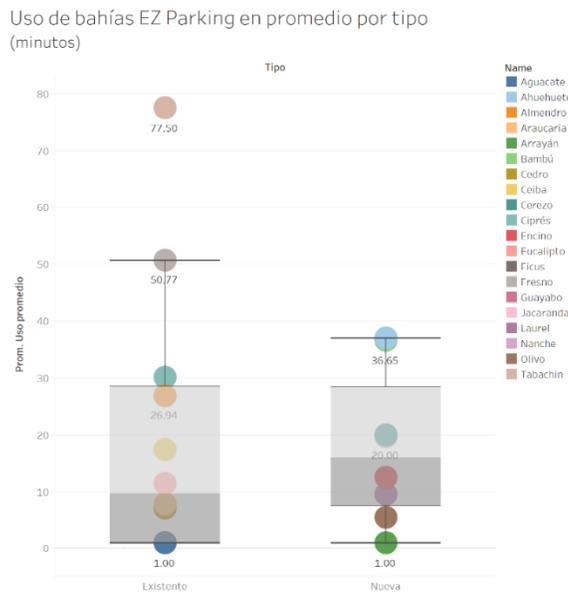


Figura 67. Uso de las bahías EZ Parking en promedio y por tipo

Ahora bien, se desarrolló un gráfico que permite entender la relación entre el tiempo promedio

recorrido por usuario caminando o en su vehículo y la distancia recorrida dentro del polígono de tratamiento (ver Figura 68). Se puede observar que el tiempo promedio caminando fue de 40 minutos y en el vehículo de 3 minutos, con distancias entre los 2 y ~12 kilómetros. Esto significa que en la zona centro de Zapopan más del 90% del tiempo es recorrido a pie, implicando que se requieren lugares de estacionamiento idóneos para los vehículos de transporte de carga e infraestructura peatonal que facilite las operaciones logísticas. Por ejemplo, banquetas uniformes y con rampas.

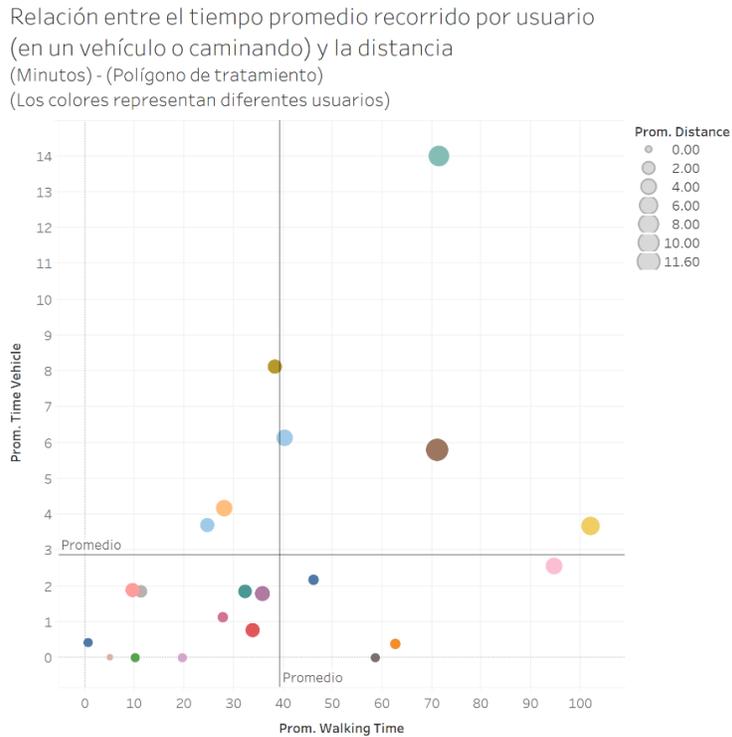


Figura 68. Relación entre el tiempo promedio recorrido por usuario y su distancia

7.4 Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

Por medio de los registros diarios de consumo de combustible, distancia recorrida y peso de la mercancía transportada de una de las rutas de una empresa grande participante en el proyecto, se estimó el potencial de **mitigación de emisiones de CO₂e, siendo del 4%** (ver Figura 69). Para la estimación, se utilizó el método del *Global Logistics Emissions Council (GLEC)*².

Aplicación	Ruta	Consumo de combustible total en el día (L)	Km recorridos en total en el día (km)	Peso transportado (ton)	Tipo de combustible	Consumo de combustible (L)	Consumo de combustible (MJ)	Tank-to-Wheel (TTW)				Tank (WTT)	Wheel (WTW)	Factor de intensidad	Carbono negro	
								kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	kg CO ₂ e	kg CO ₂ e	kg CO ₂ e		kg CO ₂ e	g CN
Antes	502	10	55	1.963	Diésel	10.00	365.39	27.0754	0.0014	0.0014	27.49	5.50	32.99	214.98	0.3055891	7.716500
	502	24.7	88	6.785	Diésel	24.70	902.5133	66.8762	0.0035	0.0035	67.91	13.59	81.49		0.1364851	12.346400
	502	19.56	70	2.606	Diésel	19.56	714.70284	52.9595	0.0028	0.0028	53.78	10.76	64.53		0.3537670	9.821000
	502	10.9	55	3.281	Diésel	10.90	398.2751	29.5122	0.0016	0.0016	29.97	6.00	35.96		0.1992868	7.716500
Durante	502	19.4	81	3.57	Diésel	19.40	708.8566	52.5263	0.0028	0.0028	53.34	10.67	64.01	131.97	0.2213448	11.364300
	502	8.3	53	1.587	Diésel	8.30	303.2737	22.4726	0.0012	0.0012	22.82	4.57	27.38		0.3255714	7.435900
	502	12.3	68	3.456	Diésel	12.30	449.4297	33.3027	0.0018	0.0018	33.82	6.77	40.58		0.1726805	9.540400
Prom. Antes		16.29	67.00	3.66		16.29	595.22	44.11	0.0023	0.0023	44.79	8.96	53.75	214.98	0.2487820	9.400100
Prom. Durante		13.33	67.33	2.87		13.33	487.19	36.10	0.0019	0.0019	36.66	7.33	43.99	131.97	0.2398656	9.446867
Delta		18%	0%	22%				18%	18%	18%	18%	18%	39%		4%	0%

Figura 69. Registros diarios de consumo de combustible, distancia recorrida y peso de la mercancía transportada

Extrapolando los resultados obtenidos por esta empresa, asumiendo 300 usuarios de EZ Parking, durante 365 días en el centro de Zapopan, se lograría una **reducción de 1068 toneladas anuales de CO₂e**. Lo anterior, equivale a retirar de circulación 534 automóviles al año o a plantar más de 18 mil árboles urbanos al año³.

Adicionalmente, la empresa reportó una reducción importante en tiempos de ruta. El **ahorro promedio fue de 43 minutos diarios** para realizar la ruta que cubre la zona centro de Zapopan todos los martes de cada semana (ver Figura 70).

Aplicación	Ruta	Fecha	Hora de regreso al CEDIS
Antes	502	03/08/2021	17:08
	502	10/08/2021	21:33
	502	17/08/2021	17:46
	502	24/08/2021	17:57
Durante	502	31/08/2021	21:03
	502	07/09/2021	15:42
	502	14/09/2021	16:54
Prom. Antes			18:36
Prom. Durante			17:53
Delta			00:43

Figura 70. Registros de los tiempos de ruta antes y durante el experimento

² What is the GLEC Framework? - How to implement items | Smart Freight Centre - How to implement items | Smart Freight Centre. (2021). Retrieved 11 October 2021, from <https://www.smartfreightcentre.org/en/how-to-implement-items/what-is-glec-framework/58/>

³ Greenhouse Gases Equivalencies Calculator - Calculations and References | US EPA. (2015). Retrieved 11 October 2021, from <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>

Considerando el resultado reportado por esta empresa, se puede estimar que, para esa ruta, operando las 52 semanas del año, con sus dos operadores, se lograría una reducción de ~5 días laborales al año. Lo anterior, equivale a un ahorro directo para la empresa de (MXN) 5,113 al año por ruta (considerando el ahorro de combustible y de mano de obra).

Ahora bien, como se describió en la Figura 63, la heterogeneidad de los recorridos de los usuarios dificultó realizar estimaciones precisas para más usuarios de EZ Parking. Gracias a la relación con esta empresa grande, se logró acceder a más datos confiables (e.g., consumo de combustible, horarios de operación, peso de la carga, número de operadores, clientes visitados, etc.) que permitieron evidenciar los beneficios ambientales del proyecto piloto.

Por otra parte, por medio del formulario de solicitud localizado en la *landing page* de EZ Parking (ver Figura 23), se recopilaron las placas de los vehículos de los usuarios que se registraron en el piloto. Posteriormente, a través del Registro Público Vehicular (REPUVE)⁴ se obtuvo información detallada acerca de la composición vehicular de transporte de mercancías que participó en el proyecto (ver Figura 71). Lo anterior, permitió identificar que el **~35% de los vehículos fueron automóviles, ~62% camionetas y ~3% camión/tractocamión**. Estos resultados permiten definir el tamaño de los lugares de estacionamiento de las bahías con base en las dimensiones de los vehículos, que en su mayoría no exceden los 6 metros de largo ni los 2.5 metros de ancho.

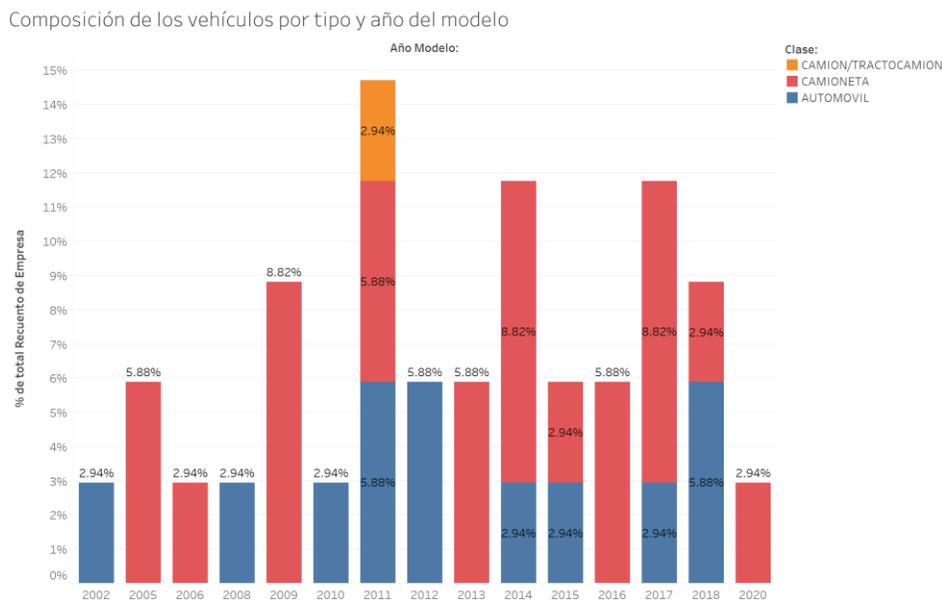


Figura 71. Composición de los vehículos de reparto de mercancías por tipo y modelo

⁴ Consulta Ciudadana. (2021). Retrieved 9 October 2021, from <https://www2.repuve.gob.mx:8443/ciudadania/>

Parte vital de conocer la composición de los vehículos y su posible impacto en el medio ambiente es el desplazamiento de combustible. En otras palabras, qué tan grande es el motor. Entre más grande, implica mayores emisiones de gases de efecto invernadero. En la Figura 72 se puede apreciar la composición de los vehículos por desplazamiento y por tipo. Se puede observar que hay dos tipos de tamaño de motor predominantes, el de 1.6 y 2.4 litros. Este análisis también permitió identificar que ~47% de los vehículos son de tipo Pick-Up. También que el ~13% y 10% son sedán y hatchback, respectivamente. Lo anterior, puede deberse a que son vehículos particulares que son utilizados para realizar actividades de carga y descarga.

Composición de vehículos por desplazamiento (cc/L) de combustible y tipo

Tipo:	Desplazamiento (cc/L):											Total ge..	
	1.2	1.6	1.8	2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	3.3	4.2		
CARGA / CONVERSION PASAJE					3.33%								3.33%
CARGO VAN		3.33%											3.33%
FURGONETA		3.33%											3.33%
HATCHBACK	3.33%	6.67%											10.00%
PANEL							3.33%						3.33%
PICK UP		3.33%				3.33%	20.00%	13.33%		3.33%	3.33%		46.67%
SEDAN		3.33%	3.33%	3.33%				3.33%					13.33%
SUV				3.33%			3.33%						6.67%
VAN		3.33%							3.33%				6.67%
VEHICULO INCOMPLETO						3.33%							3.33%
Total general	3.33%	23.33%	3.33%	6.67%	3.33%	6.67%	26.67%	16.67%	3.33%	3.33%	3.33%	3.33%	100.00%

Figura 72. Composición de los vehículos por desplazamiento y tipo

La Figura 73 complementa los resultados analizados previamente, mostrando que poco más del 40% de la flota vehicular de transporte de mercancías tiene más de 10 años de circulación. Se puede inferir que sus sistemas de combustión interna están desgastados, implicando mayores emisiones de gases de efecto invernadero que aquellos vehículos de modelos más recientes que cuentan con tecnología enfocada a la eficiencia del consumo de combustible y menos kilometraje.

Composición de vehículos por desplazamiento (cc/L) y año del modelo

Año Modelo:	Desplazamiento (cc/L):													Total gene..
	Nulo	1.2	1.6	1.8	2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	3.3	4.2	6.4	
2002	2.94%													2.94%
2005							2.94%					2.94%		5.88%
2006							2.94%							2.94%
2008	2.94%							2.94%						2.94%
2009	2.94%							2.94%		2.94%				8.82%
2010									2.94%					2.94%
2011			5.88%	2.94%				2.94%					2.94%	14.71%
2012	2.94%		2.94%											5.88%
2013								5.88%						5.88%
2014			2.94%					5.88%		2.94%				11.76%
2015		2.94%						2.94%						5.88%
2016						2.94%			2.94%					5.88%
2017			2.94%						8.82%					11.76%
2018			2.94%		5.88%									8.82%
2020			2.94%											2.94%
Total gener..	11.76%	2.94%	20.59%	2.94%	5.88%	2.94%	2.94%	23.53%	14.71%	2.94%	2.94%	2.94%	2.94%	100.00%

Figura 73. Composición de los vehículos por desplazamiento y modelo

7.5 Calidad del aire y contaminación acústica

Muestreo

Parte del proyecto piloto incluyó el estudio de la calidad del aire y de contaminación acústica. Es por lo anterior que se tomaron registros diarios de calidad del aire en cada polígono, iniciando a las 7:00 am y terminando a las 5:00 pm para medir si el despliegue de las bahías afecta (i.e., mejora) la calidad del aire. En la Figura 74 se presentan los puntos muestrales, definidos mediante el modelo de optimización enunciado en el Capítulo 3. Una vez definidos los puntos muestrales, se estableció el orden del muestro de manera aleatoria, siendo la primera muestra a las 7:00 am en los puntos 1 de ambos polígonos, la segunda muestra a las 9:00 am en los puntos 2, y así sucesivamente cada dos horas, hasta las 5:00 pm.

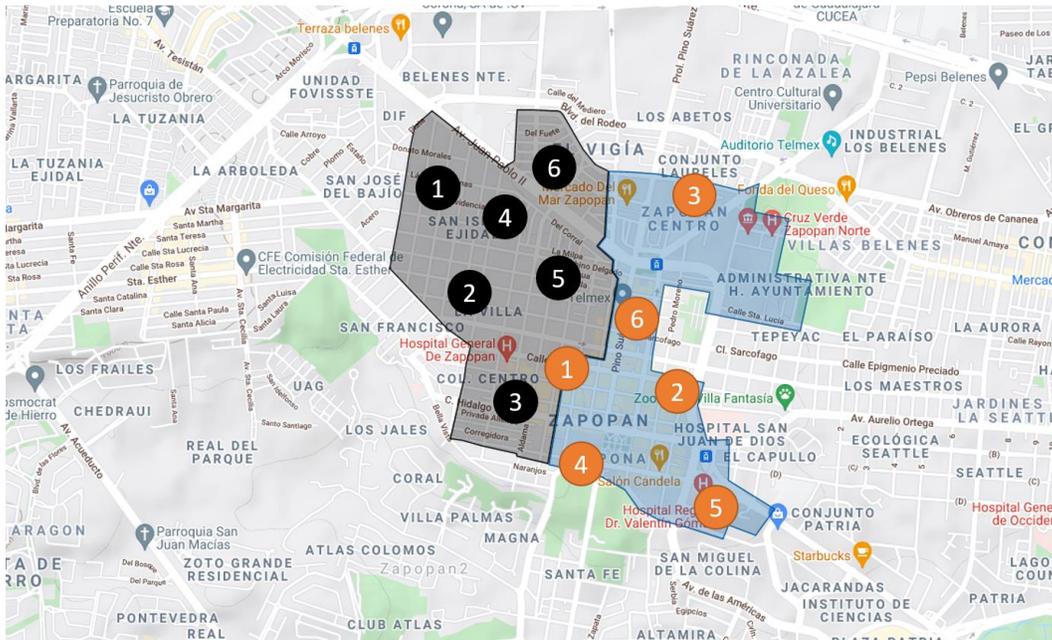


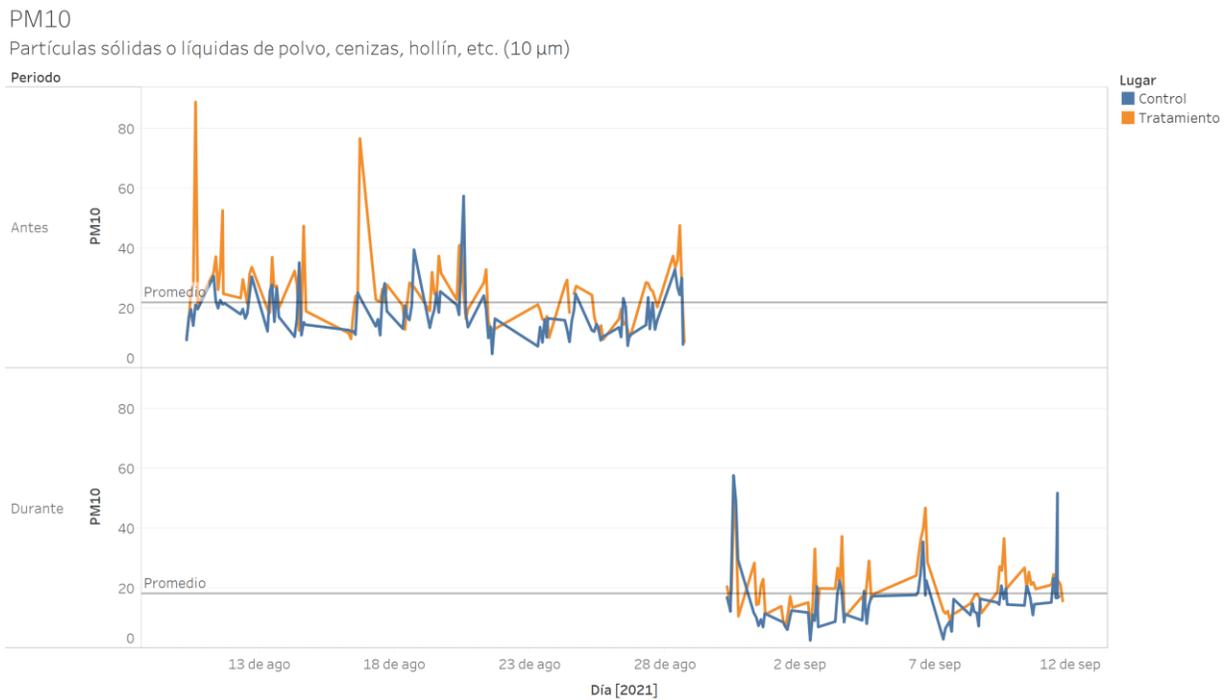
Figura 74. Ubicación de los puntos muestrales de calidad del aire y orden de registro diario

Con los registros, se realizaron gráficos que permitieron observar el comportamiento de las emisiones de gases contaminantes durante el periodo antes y durante del experimento. Posteriormente, se evaluaron los resultados con base en el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA)⁵, el cual se utiliza para controlar las condiciones del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México y es válido para estudiar otras grandes urbes o megaciudades, como lo es el caso de Guadalajara y su zona metropolitana, donde se encuentra Zapopan. Con

⁵ SEMARNAT. (2021). Retrieved 2 October 2021, from http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AIRE01_04&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce

base en los valores IMECA, la **calidad del aire de la zona de intervención fue satisfactoria**.

La Figura 75 presenta los de manera gráfica los resultados del material particulado PM10 durante el periodo de implementación de las bahías EZ Parking. En color naranja se muestran los valores obtenidos del polígono de tratamiento y en color azul los del polígono de control. Se puede observar que, durante el piloto, hubo una reducción en los picos de PM10 en el polígono de tratamiento. Si embargo, el promedio se mantuvo, implicando que no hubo cambios significativos en la calidad el aire.



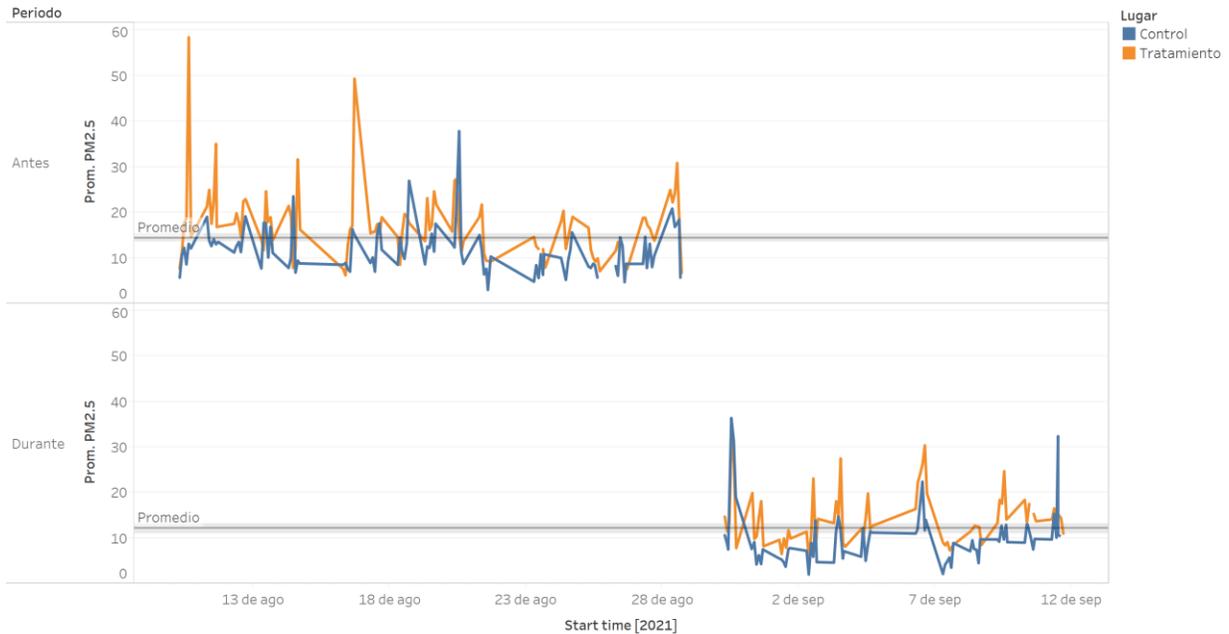
La tendencia de suma de PM10 para Start time desglosada por Periodo. El color muestra detalles acerca de Lugar.

Figura 75. Registros diarios de material particulado PM10 por polígono

De manera similar, se presenta en la Figura 76 los resultados de las partículas PM2.5, las cuales también se redujeron durante el periodo de implementación de las bahías EZ Parking. En este caso, el promedio bajó de ~15 a ~12 µm, siendo un resultado positivo del piloto ya que estas partículas son altamente nocivas para las vías respiratorias de los habitantes y visitantes de la zona de estudio.

PM2.5

Partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, etc. (2.5 µm)



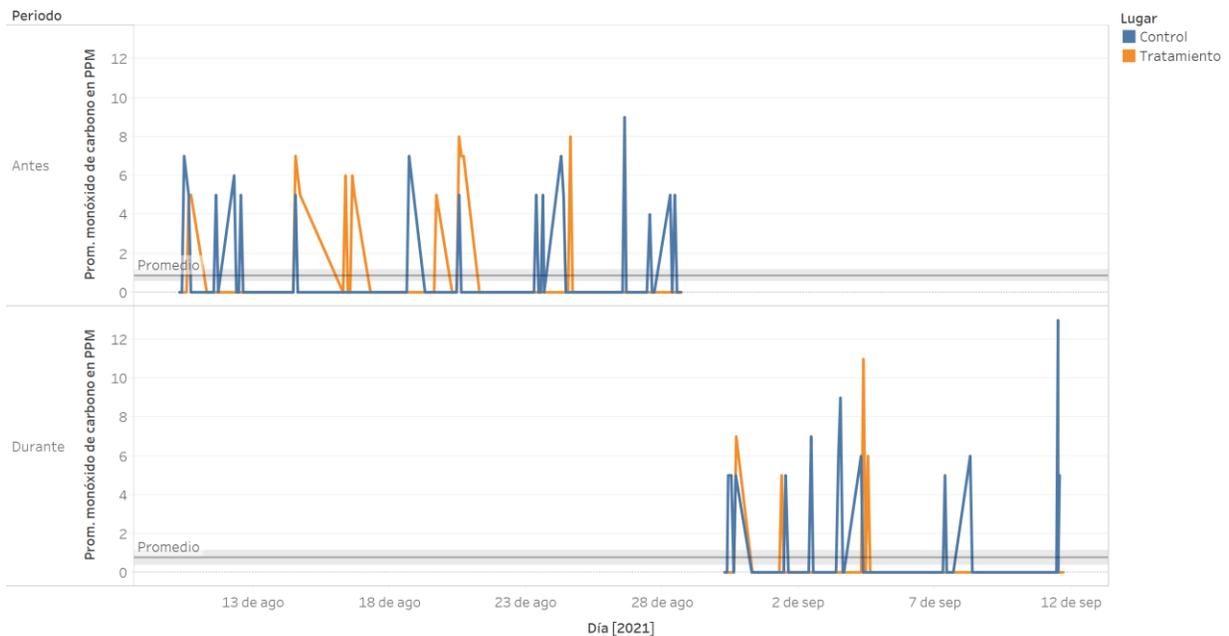
La tendencia de promedio de PM2.5 para Start time desglosada por Periodo. El color muestra detalles acerca de Lugar.

Figura 76. Registros diarios de material particulado PM2.5 por polígono

De igual forma, se graficaron los valores de monóxido de carbono, los cuales registraron valores por debajo de los límites de exposición aguda NOM-021-SSA1-1993 (ver Figura 79).

CO

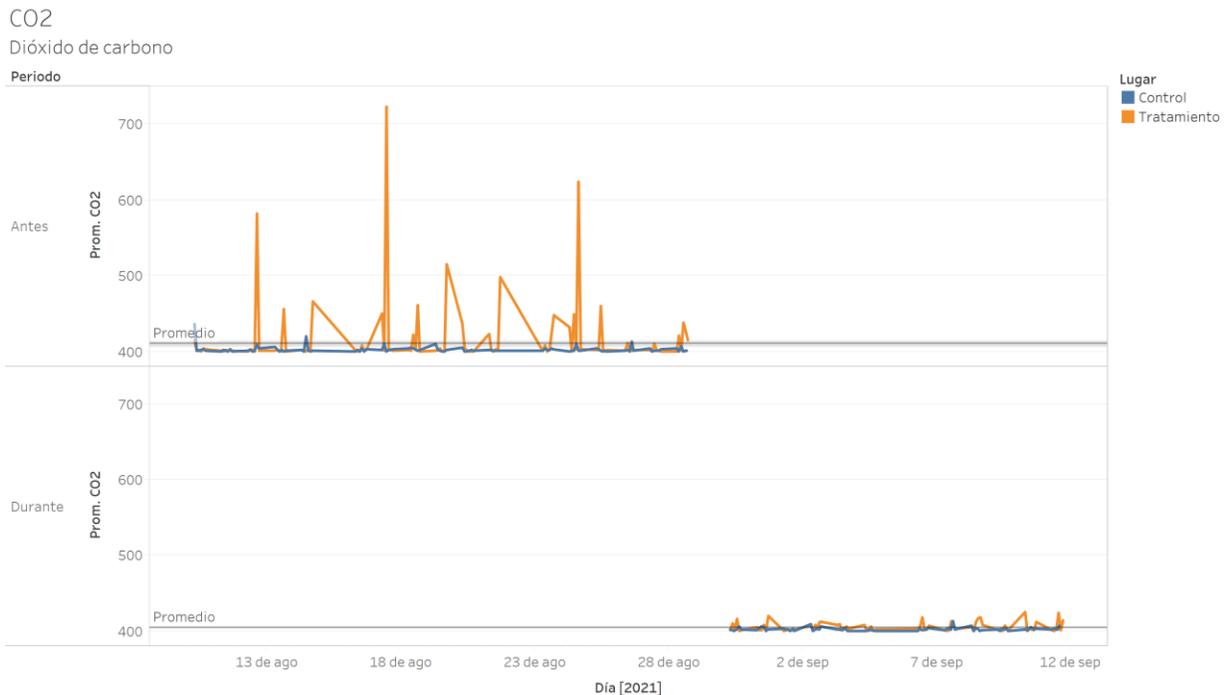
Monóxido de carbono



La tendencia de promedio de monóxido de carbono en PPM para Start time desglosada por Periodo. El color muestra detalles acerca de Lugar.

Figura 77. Registros diarios de monóxido de carbono por polígono

Ahora bien, donde se registró un cambio significativo fue en las emisiones de CO₂. Como se puede observar en la Figura 78, los picos de CO₂ disminuyeron drásticamente durante el periodo de implementación de las bahías EZ Parking. No obstante, esto pudo haber sido causado por las precipitaciones que se registraron en dichas fechas (ver Figura 80).



La tendencia de promedio de CO₂ para Start time desglosada por Periodo. El color muestra detalles acerca de Lugar. La vista se filtra en Exclusiones (Lugar,Periodo,Start time), lo que conserva 347 miembros.

Figura 78. Registros diarios de dióxido de carbono por polígono

Respecto a la contaminación auditiva, se registraron valores de ruido en los puntos muestrales descritos al principio de este capítulo. En la Figura 79 se puede observar que para cada uno de los periodos del experimento (i.e., antes y durante) se tienen dos secciones, las cuales corresponden a los valores mínimos y máximos de ruido registrados. En el caso de los valores máximos, se puede observar que hubo una disminución del ruido, pasando de ~80 a ~76 decibeles en promedio. No obstante, estos valores están por encima de los permitidos establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994. Cabe mencionar que ésta norma es para fuentes fijas y que en horarios entre las 6:00 a 22:00 horas el máximo legal de ruido es de 55 dB, y de 22:00 a 06:00 horas, de 50 dB. En el caso de zonas industriales los valores permitidos son de 68 y 65 dB y en exteriores de escuelas y áreas de juego, 55 dB. Los valores máximos para ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento durante 4 horas son de 100 dB⁶. Esto quiere decir que tanto en el polígono de control como en el de tratamiento, el ruido afecta a los

⁶ Naturales, S. (2021). Día Mundial de la Descontaminación Acústica 2018. Retrieved 7 October 2021, from <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-mundial-de-la-descontaminacion-acustica-2018>

habitantes y visitantes de la zona.

Ruido

Mínimo y Máximo dBA

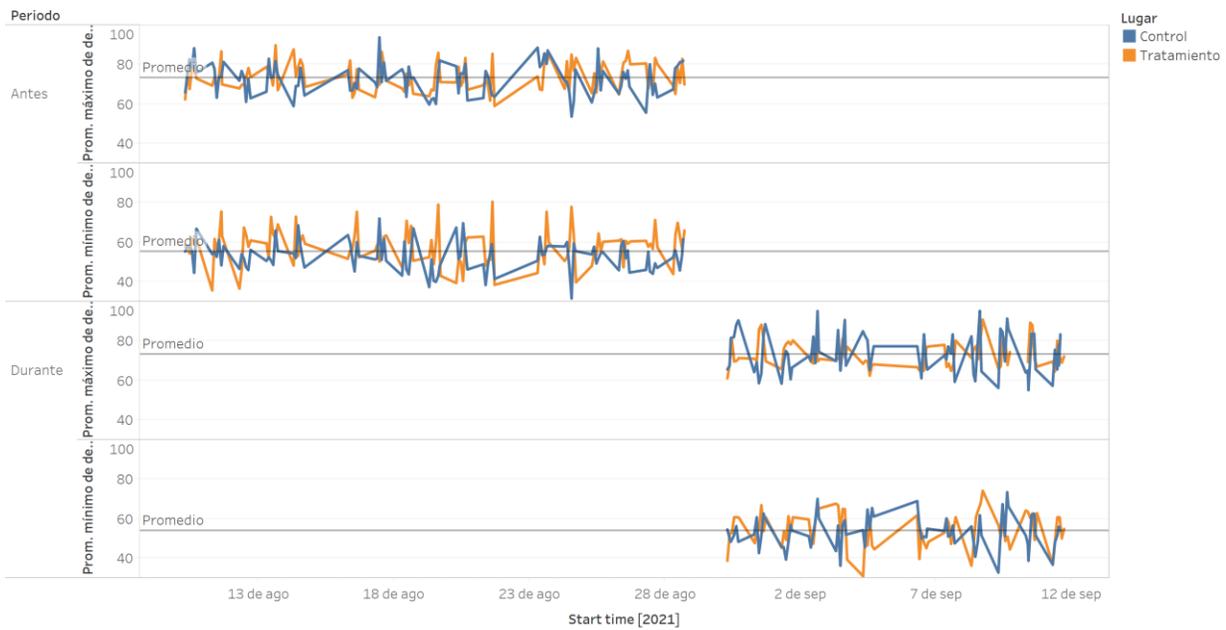


Figura 79. Registros diarios de ruido por polígono

Finalmente, se presentan en las Figuras 80 y 81 los registros de humedad y de temperatura del periodo del piloto. Se puede observar que se registraron precipitaciones a partir del 28 de agosto que pudieron reducir las mediciones de contaminantes en la zona.

% Humedad

Punto	Antes																												Durante										
	10 de ..	11 de ..	12 de ..	13 de ..	14 de ..	16 de ..	17 de ..	18 de ..	19 de ..	20 de ..	21 de ..	23 de ..	24 de ..	25 de ..	26 de ..	27 de ..	28 de ..	30 de ..	31 de ..	1 de se. 2 de se. 3 de se. 4 de se. 6 de se. 7 de se. 8 de se. 9 de se. 10 de s. 11 de s.																			
7 AM	79.00	71.00	66.50	69.50	72.50	72.50	80.50	73.00	74.50	77.00	74.50	76.00	71.50	73.00	51.00	57.50	78.00	82.50	73.50	78.50	84.00	88.50	85.50	84.50	83.50	85.00	81.00	69.00	61.50										
9 AM	73.50	61.50	60.00	65.50	70.50	76.50	68.50	69.00	75.00	72.00	64.50	66.00	61.00	62.50	53.50	55.00	76.50	55.50	65.50	61.50	75.00	76.00	75.00	81.50	87.00	67.00	70.50	51.50	61.50										
11 AM	51.50	50.00	51.50	59.65	55.00	65.50	73.00	53.00	58.00	53.50	47.00	54.00	47.50	55.50	39.50	47.50	67.00	55.50	60.50	44.50	67.50	73.00	60.50	80.50	74.00	56.50	59.00	57.00	54.50										
1 PM	45.00	46.50	46.50	44.50	43.00	54.00	53.50	49.00	50.50	46.50	48.00	40.00	37.50	47.00	39.50	44.50	72.50	51.00	54.50	48.50	48.50	62.00	61.00	71.50	63.00	58.50	54.00	44.00	49.50										
3 PM	40.50	39.00	43.50	46.50	50.00	39.00	46.50	43.50	43.50	40.00	42.00	44.50	39.00	40.50	39.00	40.50	59.00	40.50	46.00	47.00	59.00	57.00	53.50	65.00	58.00	49.50	47.50	44.00	42.50										
5 PM	41.50	40.50	42.50	38.50	33.50	40.50	38.00	38.00	42.50	34.00	42.00	32.50	40.50	39.00	36.50	39.50	71.50	40.00	52.00	51.50	48.50	51.50	50.00	59.00	52.50	51.00	39.50	40.00	38.00										

Promedio de % de Humedad (color) desglosado por Periodo y Start time (MDA) vs. Punto.



Figura 80. Registros diarios de humedad

Temperatura °C

Punto	Antes																												Durante										
	10 de ..	11 de ..	12 de ..	13 de ..	14 de ..	16 de ..	17 de ..	18 de ..	19 de ..	20 de ..	21 de ..	23 de ..	24 de ..	25 de ..	26 de ..	27 de ..	28 de ..	30 de ..	31 de ..	1 de se. 2 de se. 3 de se. 4 de se. 6 de se. 7 de se. 8 de se. 9 de se. 10 de s. 11 de s.																			
7 AM	23.15	24.00	23.00	24.75	22.25	24.85	26.45	24.90	23.15	22.85	26.60	23.60	22.80	22.85	22.35	23.10	23.65	25.80	22.60	21.20	22.30	23.40	22.95	23.85	20.40	21.60	22.25	23.15	21.20										
9 AM	26.05	25.15	27.45	25.55	23.20	22.60	27.60	24.90	23.85	22.85	25.85	27.45	24.80	24.15	27.75	25.50	22.50	26.60	24.80	27.10	24.30	24.15	28.85	25.20	23.90	23.45	23.40	24.65	25.70										
11 AM	30.35	28.10	27.15	27.40	25.50	25.15	25.60	29.35	26.80	28.45	30.85	30.75	26.70	26.80	28.10	26.25	25.55	27.15	27.30	27.10	18.30	24.40	27.50	28.30	23.00	26.35	25.40	24.15	25.60										
1 PM	31.55	29.70	28.60	30.00	31.30	29.60	27.70	30.40	28.10	29.90	30.85	32.10	29.45	31.15	30.80	28.85	23.15	31.70	29.40	30.10	32.05	26.55	28.90	25.70	28.40	27.85	29.10	30.70	26.30										
3 PM	33.00	32.40	30.45	31.30	29.20	33.30	30.35	32.45	31.60	31.60	32.05	32.60	39.50	31.35	30.50	30.00	27.40	31.95	29.60	30.60	27.95	28.40	28.10	27.30	29.50	30.95	30.60	28.70	29.90										
5 PM	31.66	32.45	31.65	32.60	31.60	33.25	34.15	33.25	34.40	34.15	28.25	32.50	32.05	30.90	32.45	30.15	26.70	33.35	30.60	31.35	30.40	32.10	30.40	30.50	27.75	28.80	31.60	28.90	29.70										

Promedio de Temperatura (°C) (color) desglosado por Periodo y Start time (MDA) vs. Punto.



Figura 81. Registros diarios de temperatura

Capítulo 8. Conclusiones

El cambio climático demanda que actores públicos, privados, académicos y no gubernamentales fomenten iniciativas que mitiguen los impactos ambientales y sociales asociados a las actividades humanas. En cuestiones de logística y cadena de suministro, la distribución de mercancías de última milla en mercados emergentes representa uno de los retos más complejos de descarbonización debido a la alta fragmentación del mercado, lo que implica que las unidades económicas se visiten con alta frecuencia. Por ende, sinnúmero de vehículos de transporte de mercancías transitan diariamente por zonas urbanas.

La falta de espacios para que los vehículos de transporte de mercancías se estacionen y se realicen operaciones de carga y descarga, genera mayores costos logísticos, mayores emisiones de gases de efecto invernadero, ruido, accidentalidad y otras externalidades como inseguridad y daño al espacio público.

Es por lo anterior que se planeó y ejecutó el proyecto piloto de logística urbana sustentable y gestión digital de bahías de carga y descarga en el municipio de Zapopan, Jalisco. Para la realización del piloto, se desarrolló la App EZ Parking, la cual fungió como instrumento de medición y como tecnología para soportar la gestión de las bahías. Por medio de la App, se obtuvieron más de 100 mil registros, que permitieron conocer los patrones de comportamiento de los usuarios en el área de estudio. Ahora bien, la App EZ Parking fue concebida con fines de investigación y no con fines comerciales. Esto implica que, para un despliegue a mayor escala, la App tendría que pasar por un proceso de rediseño para poder brindar las funcionalidades que los conductores de transporte de mercancías requieren. Por ejemplo, una de las funcionalidades principales de la App es la navegación, lo que le permite al usuario seleccionar un EZ Parking disponible y obtener la ruta óptima con base en los servicios de Google Maps. Sin embargo, los conductores conocen las calles a la perfección, por lo cual no necesitan consumir datos para navegar. También, necesitan un acceso rápido para iniciar el tiempo de utilización de las bahías, ya sea por medio de la App directamente o por el escaneo de los códigos QR en la señalética vertical.

Ahora bien, se desarrolló un modelo matemático para definir la ubicación óptima de las áreas de carga y descarga para dar servicio a más de 200 unidades económicas, principalmente micro y pequeños negocios. El tiempo promedio de utilización de las bahías fue de 20 minutos, pero alta variabilidad, con un máximo de 77 minutos y un mínimo de 1 minuto en promedio. Esto implica

que, para establecer un programa permanente de áreas de carga y descarga, se debe entender la utilización específica de cada una para plantear el tiempo máximo de utilización. Lo anterior, se podría controlar con un mecanismo de tarifa diferencial por tiempo de uso por bahía. Por otra parte, los resultados obtenidos con los registros de geolocalización de los usuarios permitieron identificar lugares candidatos para futuras bahías, como se presenta en la Figura 61. De igual forma, estas ubicaciones deberán pasar por el proceso de validación descrito en el Capítulo 4, donde se consideren factores de dimensiones, tipo de vialidad y aceptación de la población. Cabe mencionar que el equipo consultor realizó dos viajes a la zona de estudio para observar y entender de manera holística las características y necesidades del área de intervención.

Para tener un mejor entendimiento de la percepción de la población, fue vital realizar encuestas a habitantes, visitantes y locatarios. Con base en el número de unidades económicas y de población, se establecieron los tamaños de muestra con un nivel de confianza de 90% y margen de error del 5%. Los resultados mostraron que la población del centro de Zapopan, tiene mayor disposición de adoptar las bahías de carga y descarga como una medida para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades logísticas. También, se halló que la población estaría dispuesta a fomentar el uso de bicicletas de carga. Estos resultados sugieren combinar ambas medidas para potenciar los beneficios. Ahora bien, los resultados mostraron que la población tuvo muy poca conciencia acerca del despliegue de las bahías. Entonces, desde la perspectiva de la teoría de comportamiento planificado, al aumentar la conciencia de la existencia de algo, también aumenta la intención de uso. Esto quiere decir que, para el despliegue de un programa permanente, es vital que se realicen campañas de socialización y promoción.

Con respecto al potencial de mitigación de e las emisiones de gases de efecto invernadero, los resultados mostraron una reducción del 4% de CO₂e. Este resultado se logró por medio del registro diario de consumo de combustible, distancia recorrida por el vehículo, peso de la mercancía transportada, y tipo de combustible de una de las empresas grandes participantes. La obtención estos datos implicó la firma de acuerdos de confidencialidad, lo cual puede llegar a ser un proceso tardado, dificultando la recolección de información sensible de otras empresas participantes. Ahora bien, el impacto positivo al medio ambiente es significativo. Considerando la misma zona de estudio, se podrían abatir más de 1000 toneladas de CO₂e al año. Vale la pena mencionar que estas estimaciones son con base en el área de estudio, que es de aproximadamente 1 kilómetro cuadrado, representando el 0.1% del área total del municipio de Zapopan. Entonces, el despliegue de bahías EZ Parking en otras áreas altamente

congestionadas del municipio permitiría reducir de manera contundente las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades de logística de última milla, mejorando la calidad del aire y la calidad de vida de la población.

En conclusión, el proyecto piloto de logística urbana sustentable y gestión digital de bahías de carga y descarga en el municipio de Zapopan, es un referente para replicar en otros municipios en mercados emergentes. La implementación tecnológica lo hace altamente escalable y sostenible. El tiempo de planeación para desplegar un proyecto de este tipo puede oscilar entre los 3 a 6 meses, dependiendo de la complejidad de la zona de estudio y de la disponibilidad de datos.

Finalmente, el equipo consultor agradece a todas las entidades que forman parte del Programa de Transporte Sustentable y en particular a los representantes del gobierno de Zapopan por su excelente disposición para la realización de este proyecto.

Bibliografía

D. O’Laughin, R., Rinnan, M., Thomas, “Chicago Downtown Freight Study.,” in *Transportation Research Board*, 2008.

M. Savy, “European Urban Freight: a comprehensive approach,” in *Urban Freight for Livable Cities*, Göteborg, 2012.

M. Browne, J. Allen, and M. Atlassy, “Comparing freight transport strategies and measures in London and Paris,” *Int. J. Logist. Res. Appl.*, 2007.

M. Gardrat and M. Serouge, “Modeling Delivery Spaces Schemes: Is the Space Properly used in Cities Regarding Delivery Practices?,” in *Transportation Research Procedia*, 2016.

J. de Abreu e Silva and A. R. Alho, “Using Structural Equations Modeling to explore perceived urban freight deliveries parking issues,” *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, 2017.

© 2021 GIZ

