



Euroclima+



Mobilise
Your City

Modelar y planificar la movilidad urbana en tiempos de crisis

Experiencias y lecciones aprendidas de la
implementación de cuatro PMUS en tiempos de
COVID-19 en América Latina



Para más información:

Secretariado de la Alianza MobiliseYourCity, Bruselas

<https://mobiliseyourcity.net/>

e-mail: contact@mobiliseyourcity.net

Título: Modelar y planificar la movilidad urbana en tiempos de crisis - Experiencias y lecciones aprendidas de la implementación de cuatro PMUS en tiempos de COVID-19 en América Latina

Autores: Alberto Marín, Fundación Despacio

Colaboradores: Dominique de Longevialle y Suzanne Spooner de la Agence Française de Développement (AFD), Nicolás Cruz González y Mateo Gómez Jattín del Secretariado de MobiliseYourCity, Patricia Calderón de la Fundación Despacio

Photo Credits: Tim Jamieson, Daniel Durkovic

Derechos de autor:

Esta publicación es sujeto a derechos de autor de la Alianza Global MobiliseYourCity y sus socios, autores y colaboradores. Se autoriza la reproducción total o parcial de este documento está autorizada para fines sin ánimo de lucro, siempre y cuando la fuente sea reconocida.

Aviso:

El contenido presentado en este documento refleja la opinión de los autores y no representa necesariamente la posición de los miembros de la Alianza Global MobiliseYourCity.

Donantes



Socios de implementación y técnicos



Socios de conocimiento



Parte de:

Marrakech
Partnership



SUSTAINABLE
mobility
FOR ALL

Tabla de contenidos

1. Introducción.....	5
2. La construcción de modelos de transporte en el proceso PMUS en situación COVID-19.....	8
2.1 Diseño de estrategia de recolección de datos	8
2.2 Estrategias de construcción del modelo de transporte	12
2.3 Proyección de escenarios post-COVID-19 y otras tendencias	15
3. Estudios de caso de América Latina.....	18
3.1 Arequipa, Perú	18
3.2 La Habana, Cuba	19
3.3 Baixada Santista, Brasil	20
3.4 Córdoba, Argentina	21
4. Conclusiones.....	22

1. Introducción

1.1 Formulación de PMUS durante la pandemia de COVID-19 en América Latina

Desde 2016, la Alianza Global MobiliseYourCity se ha convertido en la alianza líder para incrementar la inversión de soluciones de transporte sostenible. Nuestros socios implementadores, como la *Agence Française de Développement* (AFD) y la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), trabajan con ciudades en todo el mundo para desarrollar soluciones escalables para mejorar la movilidad urbana en ambientes complejos. Nuestros socios implementadores apoyan a los gobiernos y autoridades locales para desarrollar e implementar sus Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) y sus Políticas y Programas de Inversión Nacionales (NUMP). Los socios de implementación proporcionan asistencia técnica y llevan a cabo actividades de creación de capacidades, mejorando así propiedad local en el desarrollo de la movilidad sostenible.

En América Latina, ciudades miembros de la Alianza MobiliseYourCity han empezado a desarrollar su proceso de PMUS financiados por la Unión Europea a través del programa EUROCLIMA+. La llegada de la pandemia del COVID-19 surgida en el 2020 propuso retos adicionales en el marco de este proceso de PMUS para la recolección de información, la modelación de movilidad urbana y la construcción de escenarios a futuro. A medida que la situación de la pandemia progresaba, una disrupción repentina en los patrones de movilidad en virtualmente todas las ciudades del mundo tuvo lugar. Dicha disrupción obligó a tomar medidas para adaptar las metodologías de toma de información y construcción de modelos de transporte usados para el ciclo PMUS en las ciudades de la región. Este documento recoge la experiencia de cuatro ciudades que se enfrentaron a esta situación durante la etapa de preparación del PMUS elaborados en el marco del Programa EUROCLIMA+: Arequipa, Perú; Baixada Santista, Brasil; Córdoba, Argentina y la Habana, Cuba; y está destinado a municipios que se plantean desarrollar un PMUS en un contexto de crisis.

1.2 Impacto de la pandemia COVID-19 en los patrones de movilidad urbana

La pandemia COVID-19 tuvo gran impacto en la movilidad de todas las ciudades estudiadas, el descenso en el número de viajes fue evidente y no existía certeza de cuando se iba a volver a una situación próxima a la que se contaba antes de la pandemia. Además de eso, se presentaron dificultades logísticas para la recopilación de información en campo, insumos especialmente relevantes para la elaboración de los PMUS.

Esta situación también afectó otras fases clave para contar con información y conocimiento de la movilidad de una ciudad. El proceso de participación ciudadana se realizó de manera virtual y el contacto de los consultores con la ciudad se dio por medio de equipos locales. En el presente documento se muestran los principales desafíos y estrategias de resolución en la fase de construcción del modelo de transporte, insumo importante, pero no vital, para la realización de un PMUS.

La construcción de modelos de transporte se vio alterada por la dificultad que implicó el levantamiento de información en campo en el contexto de crisis sanitaria por COVID-19 en 2020 y 2021. La situación en pandemia era atípica, la demanda de los sistemas de transporte se contrajo y en general los patrones de movilidad cambiaron drásticamente. El reto de los modelos de transporte era reflejar el sistema de movilidad en situación normal.

De acuerdo con los indicadores de movilidad de Google® en situación de pandemia COVID-19, la movilidad obligada (asociadas con la permanencia en el lugar de trabajo y en estaciones de transporte público) se redujo en un porcentaje muy significativo, mientras que los desplazamientos para compra de alimentos y farmacias se incrementaron. La presencia en parques también se redujo considerablemente. La construcción de un modelo con línea base en 2020 o 2021 presentaba problemas y dificultades logísticas en este contexto, así como cuestionamientos relacionados a la representatividad y validez de los resultados del trabajo de campo.

Tabla 1. Cambio de movilidad en diferentes ciudades en América Latina con respecto a la situación pre-COVID-19

Ciudad	Retail y recreativo	Supermercados y farmacias	Parques	Estaciones de transporte público	Lugar de trabajo	Residencia
Ciudad de México	-27%	+8%	-34%	-27%	-32%	+14%
Bogotá	-24%	+16%	-20%	-8%	-21%	+16%
Buenos Aires	-45%	+11%	-14%	-42%	-30%	+16%
Lima	-32%	-9%	-33%	-34%	-32%	+18%
Sao Paulo	-29%	+18%	-38%	-21%	-7%	+10%

Es así como se propusieron modificaciones a los términos de referencia formulados por MobiliseYourCity para las consultorías que prepararían los PMUS de cuatro ciudades en América Latina: Arequipa, Perú; Baixada Santista, Brasil; Córdoba, Argentina y la Habana, Cuba; que en este período de crisis sanitaria comenzaban con su proceso de elaboración de PMUS apoyadas por la AFD y la Fundación Despacio en el marco del programa EUROCLIMA+. A continuación, se muestran los ajustes hechos a los **términos de referencia propuestos por MobiliseYourCity para la elaboración del PMUS** y subsecuentemente las estrategias de toma de información en campo y construcción de modelos de transporte en las cuatro ciudades. Para efectos de este documento las cuatro ciudades se llamarán de ahora en adelante "contraparte" de manera genérica.

1.3 Aproximación general para la construcción de este documento

El documento responde principalmente las siguientes preguntas:

- En un contexto incierto, ¿es preferible empezar el ejercicio de planificación o posponerlo a una situación post-crisis?
- ¿Qué situación de referencia considerar para el ejercicio de planificación (año de referencia)?
- ¿Cómo tomar en cuenta la evolución de la movilidad (oferta y demanda) en períodos inciertos?
- ¿Cómo tratar estos desafíos en las diferentes fases de un PMUS?

1.4 La toma de información y los modelos de transporte en la formulación de PMUS

Según la **Guía para la elaboración de PMUS**, la toma de información es un factor fundamental para analizar la situación de movilidad en la ciudad en donde se adelanta el proceso, y por ende realizar un diagnóstico. El diagnóstico tiene como objetivo proveer una base completa para el desarrollo de una estrategia PMUS racional y transparente. En esta etapa, un análisis exhaustivo de la situación de movilidad incluyendo todos los modos de transporte disponibles es necesario haciendo uso de la información disponible y la recolección de datos. Esta etapa concluye con la identificación de los retos y oportunidades de la movilidad urbana a escala ciudad.

Una vez el diagnóstico es completado, la metodología PMUS propone la definición de escenarios futuros que ayudarán a la definición de la visión global y que serán la base para las futuras medidas del PMUS, las cuales en turno son construidas en conjunto con los ciudadanos y otros actores relevantes. Estos escenarios son la clave para evaluar las posibles evoluciones futuras de la ciudad en términos de demografía, comunicaciones, cambio climático, y otras. Los escenarios tratan de pronosticar el futuro con un cierto grado de incertidumbre asociado. No obstante, con buenas bases, los escenarios y los modelos con los cuales se construyen pueden ser una herramienta efectiva para tomar decisiones estratégicas basadas en datos. Al final, uno de los escenarios futuros, elegido en consenso con todas las partes interesadas, engloba la visión de movilidad que el PMUS respaldará.

Figura 1. La toma de información y los modelos de transporte en el ciclo PMUS

	Paso	Actividad
Fase 1 Preparación y análisis	Definir estructuras de trabajo Determinar marco de planeación Analizar la situación de movilidad	<ul style="list-style-type: none">• Recolectar información y datos• Analizar problemas y oportunidades• Conclusión del diagnóstico y validación formal de las cuestiones de movilidad
Fase 2 Desarrollo de estrategia	<ul style="list-style-type: none">• Construir y evaluar conjuntamente escenarios• Desarrollar visión y estrategias con los actores interesados	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar escenarios de futuros potenciales• Discutir escenarios con los actores interesados

** En la gráfica no se muestran todas las actividades asociadas con la fase, sino aquellas que tienen una relación directa y esencial con la toma de información y la construcción de modelos.*

La recolección de información y la modelación de transporte juegan un rol fundamental en las fases 1 y 2 del ciclo PMUS. Especialmente en la fase 2, los modelos de transporte son la base esencial para la evaluación de escenarios de movilidad.

2. La construcción de modelos de transporte en el proceso PMUS en situación COVID-19

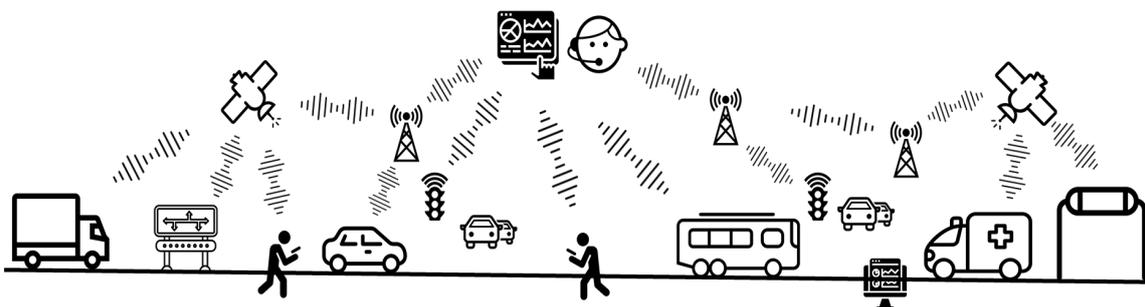
La situación COVID-19 en las ciudades en cuestión obligó a adaptar las actividades en las etapas iniciales del ciclo PMUS: la fase 1 – preparación y análisis – y la fase 2 – desarrollo de estrategia – como se explica a continuación:

2.1 Diseño de estrategia de recolección de datos

La estrategia de recolección de datos se diseña de acuerdo con la información existente ya disponible. La revisión exhaustiva de los datos ya levantados permite ajustar el alcance del trabajo de campo a realizar en las sucesivas actualizaciones. La información faltante para la construcción del modelo de transporte debe complementarse con toma de información en campo y con otras fuentes de información, especialmente *big data*.

Big data: una alternativa para la recolección de datos convencional

El *big data* (o grandes datos) puede ser toda información proveniente de sistemas de información fijos o móviles que hay en una ciudad (sistemas de conteos de vehículos, medición de velocidad, gestión de emergencias, ...), además del conjunto de datos obtenidos por entes privados derivados de su operación (compañías de geoposicionamiento, operadores telefónicos, gestores de información, etc.) El big data permite contar con información fiable más detallada y con menor margen de error comparado con información levantada manualmente. La fluidez de datos es más rápida o inclusive instantánea y están disponibles en periodos de tiempo más largos, lo que permite analizar factores de estacionalidad. La fuente de los datos permite comparar los datos de movilidad entre diferentes ciudades y países. Es importante recalcar que la información local depende de los sistemas que se tienen en funcionamiento en cada una de las ciudades y de la operación y nivel de madurez de la tecnología de terceros privados en los países en los que operan.



La consideración de uso de big data para la planeación de la movilidad urbana debe incluir los retos que su uso conlleva. Fundamentalmente, los datos recolectados a través de fuentes de big data no están generados específicamente para solucionar retos de movilidad, por lo cual requieren de adaptación para ser usados en el proceso de desarrollo de un PMUS. De igual modo, los datos generados por empresas privadas frecuentemente no están disponibles y listos para su uso, sino que requieren de un proceso de negociación y alianza con las compañías u organizaciones que los producen o gestionan.

En condiciones normales, la información que se debería levantar siguiendo métodos convencionales de toma de información en movilidad urbana según las necesidades de cada ciudad es la siguiente:

- Encuesta domiciliaria origen-destino (caracterización de patrones de movilidad y relaciones origen-destino de viajes)
- Encuestas a bordo de las unidades de transporte público
- Encuestas a usuarios del vehículo privado
- Encuestas de interceptación a peatones y ciclistas
- Demanda en sistemas de transporte
- Aforos de frecuencia y ocupación visual en el transporte público
- Aforos de ascenso y descenso a bordo de unidades de transporte público
- Aforos vehiculares seccionales o direccionales

En la situación atípica impuesta por la pandemia de COVID-19 cobra más relevancia el análisis de información existente como parte previa a la construcción de los términos de referencia para el desarrollo de los PMUS. En caso de que la ciudad cuente con información robusta ya disponible, esta puede contribuir a la disminución significativa de costos y permite aligerar la estrategia de trabajo de campo para actualizar o tomar datos que den mayor verosimilitud al modelo de transporte.

2.1.1 Revisión de información existente (Fase 0)

En el proceso del diseño de la estrategia de recolección de datos se debería incluir la etapa de revisión de información existente, en la cual los datos que se mencionan a continuación serían estudiados, según el paso del modelo de cuatro etapas correspondiente. En el caso práctico de las cuatro ciudades de América Latina, esta etapa se llamó Fase 0 y contó con las siguientes actividades:

- **Información inicial – Modelo de transporte:** verificar el año base del modelo de transporte disponible, el trabajo de campo empleado, sus funciones y los proyectos considerados en él. Comprobar en este punto la cobertura geográfica y la variación con respecto a la necesidad actual. Este modelo, en algunos casos con algunos años de antigüedad, puede ser una buena base para la construcción de un nuevo modelo en situación de crisis. Un modelo con pocos años de antigüedad puede ser apropiado para hacer un trabajo en situación de crisis. Un modelo más desactualizado debe pasar por un proceso de actualización basado en la propuesta de un esquema de trabajo de campo o de recopilación de datos existentes que permita contar con una realidad más próxima a la anterior a una crisis.
- **Información para el modelo de generación:** verificar la existencia de la información o bases de datos más actualizadas con respecto a:
 - Censos poblacionales y datos sociodemográficos: la unidad geoestadística es la base para la construcción del censo poblacional y normalmente se emplea para la definición de la zona de análisis de transporte (ZAT).
 - Información de actividad económica: el censo de unidades económicas u otras fuentes de información que proporcionan el número total de empleos por zona estadística considerada.
 - Datos y estadísticas oficiales del número de escuelas, universidades y alumnos.

- Información de planeación desarrollo y urbanos, crecimiento o evolución de la huella urbana.
- Encuestas de movilidad origen-destino en hogares, encuestas a bordo de unidades de transporte y encuestas a vehículos privados.
- **Información para los modelos de distribución, reparto y asignación:** en este punto se debería verificar si se cuenta con:
 - Red vial completa: datos georreferenciados de la sección vial y sentidos y giros prohibidos.
 - Planos de la red de transporte público y datos de operación del sistema (capacidad y número de buses por ruta y hora).
- **Información para ajuste y calibrado del modelo:** comprobar la información que haya sido empleada para esta etapa del modelo. Normalmente debería incluir:
 - Aforos automáticos y aforos manuales de vehículos privados.
 - Aforos de paso y ocupación de unidades de transporte público.
 - Datos de demanda del sistema de transporte público y del sistema de recaudo.
 - Velocidades medidas en campo para vehículos privados y velocidades de operación del sistema de transporte público.

En todos los casos se debería verificar la existencia y disponibilidad de la información, su cobertura geográfica y los puntos de toma de información.

Una vez identificada esta información de partida para la construcción del modelo de transporte, se procedería a determinar el trabajo en campo a realizar, con base en las etapas que se definen a continuación:

- **Recopilación y análisis de información de partida:** con apoyo de la contraparte, se deberían reunir todos los documentos y estudios previamente desarrollados en las zonas objeto de estudio, incluyendo:
 - Histórico de construcción de modelos: se realizaría un análisis de los trabajos proporcionados incluyendo su año de realización y su contenido, los datos o trabajos levantados en campo, las principales hipótesis contempladas en cada estudio, caracterización de los modelos (software empleado, año base, parámetros obtenidos como valor del tiempo, número de ZAT, etc.)
 - De igual forma, era necesario contar con un inventario de trabajos de campo en orden cronológico. En este punto quedarían claras las limitaciones y calidad de los trabajos realizados con anterioridad y la posibilidad de que éstos pudiesen ser incorporados en la elaboración del PMUS.
 - Del mismo modo, se recopilarían y analizarían los documentos de planeación urbana disponibles y se proporcionarían los datos básicos de estos planes (densidad habitacional propuesta, nivel de ejecución del plan, etc.) a considerar en la planeación del PMUS.
- **Análisis preliminar de dinámica urbana y movilidad:** era especialmente relevante que desde el inicio del proyecto se contase con un análisis preliminar básico de la zona objeto de estudio. Este análisis incluiría información general sobre la dinámica urbana (por ejemplo, localización de áreas residenciales, áreas atractoras de viajes, usos de suelo predominantes), principales actividades

económicas (industria, servicios o primaria), e indicadores de movilidad (principales corredores de transporte público y privado, desbalance en los desplazamientos en horas pico, etc.) Además, se debería contar con cierto nivel de análisis de las condiciones sociodemográficas, fotos aéreas, mapa de tráfico de Google y otros elementos simples de fácil acceso que permitiesen ilustrar de manera rápida el funcionamiento de la movilidad en la zona de estudio. Esta información serviría de base para la propuesta potencial de realización de trabajo de campo.

- **Propuesta de uso de big data y fuentes de datos alternativas:** en las zonas de estudio, se analizaría la disponibilidad de datos complementarios que permitiesen construir una línea base en condiciones anteriores a la crisis sanitaria COVID-19 y que permitiesen analizar la reducción en los viajes de cualquiera de los sistemas. Especialmente, se identificaría la existencia de información de datos de redes de celulares, toma de velocidades, datos de operación del sistema de transporte público y su sistema de recaudo, o cualquier fuente adicional de big data. De este modo se estaría en condiciones de analizar qué se emplearía para la construcción de los modelos. Estos datos potencialmente reemplazarían la toma de datos manuales. Por ejemplo, las encuestas origen destino serían reemplazadas por datos de demanda obtenidos por medio de datos de telefonía celular. Dependiendo de las circunstancias locales y de la tecnología instalada en la ciudad estudiada, podría o no contarse con información adecuada de partida.
- **Informe de síntesis de análisis de trabajos previos e información disponible:** con los documentos identificados y el mapeo de información realizada, se realizaría un informe de síntesis de información disponible y validada para la caracterización de la movilidad en la zona objeto de estudio y la construcción del modelo de transporte en la situación de crisis.
- **Informe de metodología y planificación de los trabajos para el modelo de transporte:** con base en el mapeo de información, se estaría en condiciones para definir la propuesta metodológica para la construcción o actualización del modelo de transporte, la posibilidad de obtener datos del big data o la programación de trabajos de campo necesarios para la toma de información y para la elaboración de su cronograma detallado. Teniendo en cuenta que la crisis sanitaria es puntual en la historia de desarrollo de una ciudad, y que ésta había afectado temporalmente los patrones de movilidad, como situación representativa de la movilidad convenía fijarse como año base un año anterior a dicha crisis. Esto puede aplicar a cualquier crisis que se presente. Los modelos de proyección o pronóstico de demanda demandarían posteriormente análisis más complejos.

2.1.2 Definición de las necesidades de recolección de datos

En situación COVID-19, era muy importante que, con ayuda de la contraparte, se recopilase toda la información de partida en lo referente a movilidad, transporte y planeamiento urbano de la ciudad y así se familiarizase con la zona objeto de estudio. Con base en el mapeo de información y la propuesta metodológica para construir el modelo de transporte, los requerimientos de levantamiento de nuevos datos serían fácilmente identificados. De esta forma, la campaña de toma de información y de recolección de datos sería delineada, considerando las circunstancias específicas traídas por la pandemia:

- **Revisión del plan de trabajo de campo inicial:** en conjunto con la contraparte, se revisaría la propuesta final incluyendo la metodología de toma de información, personal destinado para trabajo de campo y el cronograma de trabajo. La revisión del plan de trabajo permitiría definir la cobertura geográfica adecuada de la zona de estudio y la ubicación de puntos de toma de información a ser validados por la contraparte. En caso de no ser factible la recopilación de los datos, sería conveniente adaptarse a esas restricciones y buscar la manera de obtener más datos para complementar el faltante.

- **Contraste del plan inicial con respecto a los condicionantes logísticos:** se identificarían los limitantes impuestos por las medidas de prevención y contención de la COVID-19, y se corregiría el plan de trabajo de acuerdo con las medidas de restricción a la movilidad impuestas y otras sugerencias de la contraparte.
- **Definición plan de trabajo de campo final:** en este plan sería necesario indicar la ubicación y los puntos de colocación de los equipos de toma de información. Así mismo, se definiría el personal con los equipos de protección sanitaria para instalar los dispositivos (cámaras, aforadores, etc.) y las medidas de bioseguridad a implementar para el equipo de aforadores y encuestadores.
- **Supervisión de calidad y de medidas de seguridad:** el plan consideraría la inclusión de personal dedicado a vigilar la calidad del trabajo además de garantizar el seguimiento de normas de bioseguridad para proteger los operarios que realizasen trabajo de campo.

2.2 Estrategias de construcción del modelo de transporte

Ante la crisis sanitaria y la significativa reducción de la demanda de transporte asociada, la toma de información podría no haber provisto datos confiables que describiesen una situación típica. La toma de datos enfrentó entonces retos logísticos relacionados al registro de volúmenes anormales en campo. El objetivo de este apartado es documentar las estrategias propuestas para construir un modelo de transporte que reflejase una situación típica y la metodología para establecer los escenarios de recuperación y proyección de movilidad urbana a futuro.

Ante la anomalía de la situación se contó con diferentes estrategias en función de la disponibilidad de información de partida en cada una de las zonas metropolitanas estudiadas. En la propuesta de estrategias se identificaron los siguientes casos:

- a) Ciudad con modelo de transporte ya construido y actualizado recientemente e información de campo disponible (patrones de movilidad y datos de aforo). En este caso existía un trabajo previo con un modelo de transporte relevante y se disponía de información de trabajo de campo recopilada a lo largo de los últimos años que permitía construir un modelo en situación actual haciendo algunos ajustes o con trabajos de campo reducidos.
- b) Ciudad sin modelo de transporte construido, pero con levantamiento de información en campo previo disponible en cuanto a patrones de movilidad, aforos y datos de operación de la red de transporte. En este caso existían datos de operación de los sistemas de transporte público, aforos y conteos históricos o encuestas de movilidad.
- c) Ciudad sin modelo y sin información de patrones de movilidad o datos de aforo previos. En este caso, la información en movilidad urbana era poca y no se disponía de datos suficientes para construir el modelo.

A continuación, se explica en profundidad cada uno de los casos en relación con otros factores determinantes, tales como la disponibilidad de datos adicionales a nivel nacional, y las capacidades de la autoridad de transporte y del equipo consultor.



2.2.1 Caso 1: ciudad con modelo de transporte e información de movilidad robusta disponibles

En este caso, la contraparte contaba con un modelo de transporte vigente. El modelo pudo haber tenido actualizaciones sistemáticas periódicas o ser el resultado de una consultoría anterior. Es decir, la información base de orígenes y destinos de los viajes podría ser antigua y haber sufrido actualizaciones o bien levantada recientemente. De todos modos, se disponía de un modelo que podría ser objeto de revisión a profundidad para su posible uso como base para la elaboración del PMUS. De manera secuencial, estas fueron las tareas definidas a realizar ante este caso:

- 1. Validación de vigencia del modelo.** Se determinó la obligación de valorar que el modelo disponible fuese lo suficientemente vigente para emplearse en el contexto de la formulación del PMUS.
- 2. Actualización del modelo.** En caso de que el modelo estuviese desactualizado, sería necesario proponer una metodología para su actualización con un año base anterior a la pandemia y en el cual se podría disponer de información confiable de períodos típicos y cobertura geográfica más aproximada a la que se tuviese en ese momento.
- 3. Definición de cobertura geográfica.** Evaluando el alcance geográfico del modelo existente, se identificó la posibilidad de redefinir las áreas de estudio consideradas para incluir en el modelo de transporte del PMUS.
- 4. Elección de información disponible.** La actualización del modelo sería congruente con los mejores datos disponibles e incluiría los mejores datos de aforos de vehículos privados, o datos de operación del sistema de transporte público.
- 5. Definición de necesidad de información.** De acuerdo con la revisión del modelo y la información de movilidad existente, se definiría la estrategia para recolectar los datos necesarios que permitieran construir el modelo en el año base definido.
- 6. Disponibilidad de big data.** Tanto si existía información de aforos de transporte privado y demanda y operación del transporte público o no, era necesario analizar la disponibilidad de datos de diferentes fuentes para preparar la actualización del modelo.
- 7. Integración de big data.** La actualización de la cobertura geográfica y al año base elegidos se podrían alimentar con bases de datos de uso de teléfonos celulares, datos de demanda del sistema de recaudo del transporte público, datos de tiempos de recorrido de las API's y otras fuentes de información. En este punto sería conveniente realizar una investigación sobre la información disponible y el acceso que se puede tener a la misma. Por ejemplo, el desarrollo del tejido de proveedores que podrían proporcionar información de demanda general a partir de datos telefónicos varía de país a país. Por ejemplo, en Brasil, Argentina y otros países latinoamericanos se cuenta con datos adecuados, mientras que en México o Perú no se cuenta con proveedores de datos solventes para los proyectos.
- 8. Realización de trabajos de campo.** El trabajo de campo en situación atípica tenía sentido sobre todo para la caracterización de patrones de movilidad y actualización del modelo en su ámbito geográfico (cobertura territorial). Formular encuestas en zonas no cubiertas originalmente sería útil para llenar vacíos de información. De manera complementaria, sería posible plantear un levantamiento de aforos puntuales y extrapolarlos con los datos tomados en años anteriores. Este último método no es el más ortodoxo, pero permitía proceder con el ejercicio de actualización.

- 9. Implementación de encuestas online.** La penetración de una encuesta online es generalmente muy limitada, pero existen empresas especializadas en mitigar este obstáculo. Las encuestas online tendrían el potencial de ser más representativas en caso en que se usaran las plataformas de comunicación de las administraciones locales, gremios y agrupaciones de la sociedad civil organizada. Con las encuestas online sería posible conseguir información valiosa y complementaria sobre la percepción de los usuarios de los sistemas de movilidad y podrían contribuir en la sensibilización de las proyecciones a futuro.

2.2.2 Caso 2: ciudad sin modelo de transporte pero con información de movilidad disponible

En este escenario, la ciudad contaba con estudios previos en movilidad urbana, datos de aforos y encuestas, aunque no se hubiese construido un modelo de transporte o no estuviese disponible. La construcción del modelo de transporte se llevaría entonces al año base en situación típica, circunstancia condicionada a la revisión de información disponible. En este caso la estrategia que se propuso fue la siguiente:

- 1. Revisión de información disponible.** Se revisarían en detalle las fuentes de información disponibles de todos los estudios de movilidad realizados en la ciudad. Específicamente, los estudios clave serían la encuesta origen-destino, los datos de aforo de tráfico y los datos de demanda y operación del sistema de transporte público.
- 2. Elección del año base.** Considerando los periodos temporales con la mayor disponibilidad de información, se determinaría el año base para la construcción del modelo.
- 3. Disponibilidad de big data.** Para el año base elegido, se debería verificar la existencia y disponibilidad de datos de telefonía celular que permita construir matrices origen-destino iniciales. Se debería verificar con el proveedor de datos la disponibilidad de la información para años anteriores a 2020. Igualmente, sería necesario explorar si las API's o empresas de big data de tiempos de recorrido contasen con información de tiempos de recorrido.
- 4. Ejecución de encuesta telefónica.** En caso de ausencia de big data, una alternativa compleja pero válida en función del contexto serían las encuestas telefónicas origen-destino que tendrían el potencial de proveer datos de demanda de transporte. Se recomendó el uso de esta campaña en un entorno en el que el uso del teléfono fijo todavía fuese relevante.
- 5. Realización de otros trabajos de campo.** Con los retos asociados a esta tarea, era conveniente realizar los esfuerzos mínimos imprescindibles de toma de información en campo. En este grupo se identificaron los conteos direccionales y los aforos de frecuencia de ocupación visual, cuya preparación logística proponía pocos problemas. De manera complementaria y con precaución sería posible realizar encuestas a bordo de transporte público, encuestas a usuarios del vehículo privado y aforos vehiculares para ser extrapolados con la información de partida.
- 6. Implementación de encuestas online.** Al igual que en el caso del caso 1, se determinó que era conveniente implementar encuestas online para aumentar cobertura considerando las precauciones pertinentes.

2.2.3 Caso 3: ciudad sin modelo de transporte ni información disponible

Muchas ciudades cuentan actualmente con información de movilidad urbana en sus territorios. No obstante, fue posible proponer estrategias para construir un modelo de transporte incluso en el contexto de crisis sanitaria por COVID-19 y en la ausencia de datos. En este caso, la contraparte no contaba con estudios previos de movilidad de forma sistemática y por tanto era necesaria una estrategia en la que el big data cobrara más importancia mientras que el trabajo de campo sirviese para formular hipótesis básicas. El proceso propuesto en este caso fue:

1. **Disponibilidad de big data.** Como primer punto se revisaría la disponibilidad de datos para construir el modelo de demanda de transporte. Dependiendo del contexto, la información y sus proveedores podrían estar más o menos disponibles.
2. **Búsqueda de información existente.** Aunque los gobiernos municipales no tuviesen datos, sería necesario explorar estudios previos que permitieran tener una base de trabajos de campo de diferentes años con los cuales se pudiese definir la toma de información.
3. **Realización de trabajos de campo.** Los trabajos de campo necesarios serían encuestas a bordo de transporte público, encuestas a usuarios del vehículo privado y aforos vehiculares que se extrapolaran con la información de partida.
4. **Implementación de encuestas online.** Al igual que en los anteriores casos, pero cobrando especial relevancia en este. Sería necesario encontrar opciones de cuestionarios con más alcance para obtener información útil para la construcción del modelo.



2.3 Proyección de escenarios post-COVID-19 y otras tendencias

Al construir el modelo de transporte con un año base en período típico anterior a la pandemia COVID-19 se tiene un desafío de construir proyecciones confiables a futuro. Las restricciones en movilidad y las medidas de prevención de contagio de la enfermedad impactaron los patrones de movilidad y de consumo online. A medida que las restricciones de movilidad se levantaron, la recuperación de la actividad económica retomó su curso, sin embargo, la prolongación de estas restricciones ha tenido una incidencia significativa en aspectos como el trabajo desde casa y la preferencia por **e-commerce**.

Especialmente estas dos tendencias tendrán incidencia en el futuro y por tanto las proyecciones que normalmente se realizan con modelos econométricos ligados al crecimiento demográfico, económico o urbano deberían ser matizadas o sensibilizadas consecuentemente. En el caso de la crisis por COVID-19, se redujo el uso del transporte público y aumentó el uso del vehículo privado en varias ciudades, al igual que se incrementó el uso de la bicicleta y la caminata como modos de transporte. Este cambio en el reparto modal, pero también en la frecuencia y horario de los viajes, puede continuar en el sector terciario, sobre todo en el caso de la iniciativa privada, y especialmente de los grandes corporativos, mucho más proclives a innovar en las formas de trabajo.

Esta situación hace que a futuro se puedan cambiar los patrones de movilidad en el largo plazo. Estimar el impacto real en los diferentes horizontes temporales de análisis de los modelos es un ejercicio técnico de gran complejidad que además debe estar ligado al análisis de la actividad económica, del sector y de las empresas que forman parte de ellos. No es comparable una ciudad con una fuerte presencia de empresas tecnológicas avanzadas y corporativos innovadores a una con mayor presencia de industria tradicionales. El trabajo de proyección debería entonces basarse en metodologías que permitan segmentar la demanda de viajes por motivo empleo asociado al sector terciario y a partir de ahí hacer previsiones sondeando los principales actores de la iniciativa privada. La metodología para pronosticar escenarios a futuro podría incluir:

- Estudiar la actividad económica de la ciudad, es decir analizar la importancia de cada uno de los sectores productivos.
- Identificar las principales empresas que tienen mayor número de empleados.
- Realizar sondeos con estas empresas sobre teletrabajo o la promoción de planes de accesibilidad al corporativo. Posiblemente sería útil repetir estos sondeos para empresas más pequeñas, de manera que se pueda diferenciar el sector terciario en más segmentos.
- Formular hipótesis de cambio de patrones de movilidad.
- Estimar el número desplazamientos por empleo asociados a ese sector productivo y aplicar las hipótesis de reducción de movilidad o cambio en sus patrones de movilidad.

De este modo se podría contar con una idea del porcentaje de empleados que pueden reducir su actividad. Adicionalmente, se debería estimar la reducción de empleo en el sector servicios en las zonas de más presencia de este tipo de empleadores y poder así analizar el impacto en el cambio de patrones que se puede dar consecuentemente y la reducción de los viajes atraídos a esas zonas. En el caso del **e-commerce**, el análisis debería enfocarse en los diferentes segmentos de compradores y su presencia en las ciudades. Considerando estos perfiles se está en condiciones de elaborar escenarios de sensibilización de crecimiento.

Cuestiones esenciales para modelos de transporte en contextos de crisis

Antes de cualquier planteamiento para la construcción de modelos de transporte en situación de crisis es conveniente reflexionar sobre la necesidad de llevar adelante el PMUS o si es preferible postergar el ejercicio. En muchos casos, ambas decisiones dependerán de la duración estimada del período de crisis y su gravedad, pero también de la calidad, antigüedad y disponibilidad de los datos existentes. Si la decisión es proceder con ambos – PMUS y modelo de transporte – el planteamiento del proyecto debe adaptarse a la realidad de la crisis en la que se inserta.

Para definir la estrategia de desarrollo del PMUS y del modelo de transporte como herramienta en contextos de crisis es conveniente y coherente formular ciertas preguntas orientadoras a la hora de definir los Términos de Referencia para la elaboración de un PMUS:

- **¿Existe información útil para la construcción del modelo de transporte?** Es posible agregar una fase 0 teniendo en cuenta las limitaciones encontradas en la experiencia de los SUMP desarrollados sobre esta fase (*Go / no Go*).
- **¿Qué año de referencia considerar para la construcción del modelo?** Como se ha comentado anteriormente, se debe tratar de preparar el modelo de transporte con un año base anterior a la crisis. El año exacto puede ser seleccionado a partir del último año de actualización del modelo o de la información disponible en situación pre-crisis.
- **¿Cuál es la situación de movilidad en situación de crisis?** Es importante describir la situación de crisis que está experimentando el municipio, incluyendo alteración de los patrones de movilidad, restricciones existentes, duración estimada de la crisis, previsibilidad.
- **¿Qué metodología de recolección de datos es más adaptada a la situación de crisis que está viviendo la ciudad?** Se debe definir la estrategia de recolección de datos de acuerdo con las restricciones vigentes y su adaptación considerando que el año de referencia se debe situar en un contexto pre-crisis.
- **¿Cómo caracterizar la evolución futura de la demanda de transporte teniendo en cuenta el contexto de crisis (ritmo y forma de recuperación)?** Es importante considerar que durante una crisis que afecte los patrones de movilidad en una ciudad los factores considerados para hacer pronósticos a futuro deben ser evaluados al detalle.

Se deberá adaptar las metodologías de recolección de datos y de elaboración de modelos de transporte en el marco del PMUS tratando de responder a las preguntas expuestas y analizar la viabilidad de realizarlas en el contexto específico. Se preferirán soluciones que aporten respuestas fundadas o metodologías para responder a las problemáticas de una crisis durante la ejecución del PMUS. Las decisiones deben ser abordadas por todos los actores clave del proyecto de acuerdo con el tratamiento técnico de la información desarrollada en este proceso.



3. Estudios de caso de América Latina

3.1 Arequipa, Perú

Ciudad	Arequipa, Perú
Condiciones previas del modelo	<ul style="list-style-type: none">Modelo existente calibrado en año base 2017 para el sistema de transporte masivo
Información de partida disponible	<ul style="list-style-type: none">Encuesta origen-destino 2008Modelo con año base 2017 (Ingerop, 2018)Toma de información año 2017
Limitaciones de los recursos disponibles	<ul style="list-style-type: none">El modelo 2017 no cubría el total del área funcional (metropolitana) y por ello se preparó una metodología que pudiera ampliar la cobertura geográfica en este mismo año base
Limitaciones adicionales por situación COVID-19	<ul style="list-style-type: none">Imposibilidad de hacer campaña de toma de información para encuestas de origen-destino

- Necesidad de contar con situación típica
- Ampliación del modelo al área geográfica total actual
- Modelación de situación típica con área geográfica completa y año base 2017
- Trabajo de campo para extrapolación al año base 2017
- Aforos y conteos en puntos clave para ampliar área geográfica
- Identificación de las principales rutas de transporte público
- Extrapolación de datos para cubrir el faltante
- Modelación final en el software que es operado por la contraparte
- Posibilidad de probar escenarios proyectando a partir del año base

Estrategia de trabajo

En este caso, se tomó como año base 2017, puesto que no se podía realizar la campaña de las encuestas origen-destino y se contaban con los datos de este año en situación pre-crisis. Con respecto a 2017, la zona metropolitana había crecido en superficie. Esta superficie se adicionó sobre el modelo considerando toda el área geográfica. Para ello se tomaron datos de producción – atracción de viajes de 2017 – y se realizaron conteos y aforos que se compararon con los de 2017 para extrapolar y ampliar el área geográfica. El resultado es un modelo 2017 de año base con la extensión geográfica de 2021, que refleja unas condiciones hipotéticas de movilidad en 2017 de esas nuevas zonas.

3.2 La Habana, Cuba

Ciudad	La Habana, Cuba
Condiciones previas del modelo	<ul style="list-style-type: none"> Modelo de transporte calibrado para año base 2014 y trabajos ampliados por parte del equipo técnico Datos de big data en situación pre-COVID-19 disponibles: datos celulares del operador telefónico único en situación pre-COVID-19
Información de partida disponible	<ul style="list-style-type: none"> Datos de demanda de transporte público formal 2019 Estudios previos con trabajos de campo hasta 2019 Encuesta a hogares 2013 Aforos de transporte 2013 Datos de transporte público formal en situación pre-COVID-19
Limitaciones de los recursos disponibles	<ul style="list-style-type: none"> Poca experiencia en el país en el tratamiento de big data, pero experiencia previa del consultor
Limitaciones adicionales por situación COVID-19	<ul style="list-style-type: none"> Limitaciones para la realización de la encuesta domiciliaria
Estrategia de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento de datos celulares (macrozonas 2 km) Comparación de datos de matriz 2014 con datos celulares y estrategia de adaptación de la matriz a zonificación de modelos previos No hubo nuevas áreas de crecimiento notable en la Habana Toma de datos de estudios previos y contraste con trabajos de campo 2021 Modelación año base febrero de 2020 Modelación final en VISUM consensuado con la contraparte <p data-bbox="555 1240 1402 1496">En este caso, se actualizó el modelo de transporte a año base febrero 2020 con los datos del operador telefónico único. La grilla o red de repetidores que permite obtener las zonas a partir del big data se adaptó a la zonificación del modelo. Se realizó un trabajo de campo complementario que fue comparado con la situación pre-COVID-19 y que permitió ver que no existían diferencias notables, y por tanto se pudo contar con esa información para el calibrado del modelo.</p>

3.3 Baixada Santista, Brasil

Ciudad	Baixada Santista, Brasil
Condiciones previas del modelo	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de transporte existente y disponible del 2012 • Trabajos de campo en situación pre-COVID-19 disponible, pero en algunos casos de difícil acceso • Datos de operación del transporte público formal en situación pre-COVID-19 disponibles • Datos de telefonía celular disponibles, y experiencia en el país y del consultor en el tratamiento de la información. Contratación de un proveedor para el curado de los datos. • Proceso de homogeneización entre zonificación del modelo y malla de datos celulares • Estrategia de calibrado en situación pre-COVID-19
Información de partida disponible	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta hogares origen destino 2007 y 2012 • Líneas de transporte público formal y datos de operación y demanda (algunos de difícil acceso) en período pre-COVID-19 • Datos de conteos de tráfico de autopistas urbanas en estudios previos • Datos de operación y flujos del puerto • Datos celulares para origen-destino en período pre-COVID-19 que fueron expandidos y ajustados a la realidad pre-COVID-19 con datos disponibles
Limitaciones de los recursos disponibles	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso complejo a la información de sistema de transporte público (gestión con otros actores) • Puede obligar a reconsiderar la estrategia en transporte público
Limitaciones adicionales por situación COVID-19	<ul style="list-style-type: none"> • No se podía realizar la encuesta domiciliaria de origen-destino en hogares por prescripción de gobierno.
Estrategia de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz origen-destino año base pre-COVID-19 con apoyo de consultor experimentado en big data • Calibración de la matriz origen-destino con estudios previos disponibles y datos sociodemográficos • Levantamiento complementario en campo y contraste con la información disponible • Modelación final en el software Transcad <p>Se optó en este caso por contar con un proveedor experto en el tratamiento de datos celulares para generar la matriz inicial de partida del modelo. El resto de las etapas contaron con datos de las tarjetas de transporte público, y aforos y conteos existentes que fueron complementados en cuanto se liberaron algunas de las restricciones a la movilidad. Esta información ha permitido construir un modelo de transporte en el año base en situación pre-COVID-19.</p>

3.4 Córdoba, Argentina

Ciudad	Córdoba, Argentina
Condiciones previas del modelo	<ul style="list-style-type: none">• Modelo existente en Transcad• Abundante información disponible• Formación del equipo de la contraparte en VISUM
Información de partida disponible	<ul style="list-style-type: none">• Modelo Transcad 2009• Cuatro últimas encuestas origen-destino• Aforos vehiculares 2015• Datos Ualabee y datos del sistema de recaudo del transporte público reciente e histórico• Plan de movilidad 2014• General Transit Feed Specification (GTFS) de rutas de transporte público (Ualabee)
Limitaciones de los recursos disponibles	<ul style="list-style-type: none">• No se había revisado la información disponible y no se había precisado un año base para PMUS
Limitaciones adicionales por situación COVID-19	<ul style="list-style-type: none">• Estudiantes retornan en marzo 2022 y la toma de datos se extendería, lo que distorsiona el período típico• Complemento de datos con trabajo de campo mínimo• En función de la revisión a detalle de la información, se podría exigir al consultor complemento con datos de celulares.
Estrategia de trabajo	<p>El levantamiento de restricciones al tiempo que avanza el proyecto permitió contar con una situación de normalidad, que está siendo verificada con la información obtenida en el transporte público y aforos y conteos existentes. Hasta ahora las diferencias son menores.</p>

4. Conclusiones

Este documento recopila la experiencia y las lecciones aprendidas del proceso de planificación de PMUS en cuatro ciudades en América Latina financiados por el Programa EUROCLIMA+ en colaboración con AFD durante la crisis sanitaria del COVID-19. Se espera que el documento sirva como reporte de las decisiones que se tomaron para ajustar el desarrollo y la formulación de los PMUS en contextos de crisis, garantizando calidad técnica adecuada y eficiencia en la asignación de recursos en períodos de crisis.

A pesar de las restricciones a la movilidad impuesta por las medidas de prevención y contención de COVID-19 en América Latina, las cuatro ciudades estudiadas lograron adaptar su proceso de preparación de PMUS para ajustarse a los desafíos de toma de información de movilidad urbana. En la medida en que las ciudades contaban ya con información de base, fue posible encontrar estrategias que mitigaran vacíos de información apoyadas en la utilización de big data. Si bien cada ciudad tiene retos específicos ligados a su contexto, aproximaciones comunes en el desarrollo del ciclo PMUS permitieron encontrar soluciones adecuadas para cubrir las necesidades de información de movilidad urbana.

