



Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Campus Monterrey

Evidencia Final
Servicio de paquetería con gráficos y multiagentes: reporte técnico.

Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales (Gpo 101)

Alumnos:

David Gerardo Martínez Hidrogo	A01235692
Emilio Ortiz Franco	A01194882
Esteban Martínez Aguiar	A00831789
María Eugenia Ontiveros Bellés	A01197661
Rodrigo Rodríguez De Luna	A01384318
Samantha Sofía Bautista Gauna	A01284462

Docentes:

Daniel López Salas
Jorge Mario Cruz Duarte

17 de marzo del 2023

1. INTRODUCCIÓN

La situación que se busca mejorar es la movilidad urbana, que de acuerdo a la CONUEE (2018), es la habilidad de transportarse de un lugar a otro, y es fundamental tanto para el desarrollo económico como social, impactando en la calidad de vida de los habitantes de una ciudad. Durante los últimos años la movilidad, y sus problemas dentro de las ciudades, han ido en aumento debido al acceso a vehículos personales, implementación de transportes públicos y servicios de car pool.

Al hablar de movilidad también puede incluir a los peatones o bicicletas, las cuales pueden afectar o ser afectadas por los diversos medios de transporte. Es debido a lo anterior que la movilidad dentro de las ciudades resulta tan compleja de mejorar, cualquier cambio que se implemente en alguno de los medios de transporte puede afectar al resto.

Para este proyecto nos enfocamos en la movilidad de los servicios de mensajería. Estos se encargan de recorrer la ciudad para entregar los envíos a sus destinos, en este proyecto queremos aprovechar este trayecto para generar una simulación, con su respectiva visualización en Unity, y un sistema multiagentes que utiliza reglas específicas (asignadas a los agentes) además de tomar en cuenta la vialidad y movilidad que existe dentro de la ciudad.

2. CRÉDITOS

Rol	Personas
Programador de mesa	Samantha Sofía Bautista Gauna
	Emilio Ortiz Franco
	David Gerardo Martínez Hidrogo
Diseño e implementación con Unity	María Eugenia Ontiveros Bellés
	Rodrigo Rodríguez De Luna
	Esteban Martínez Aguiar
Administración de proyecto	María Eugenia Ontiveros Bellés

3. CONTEXTO Y PROBLEMA

De acuerdo a Azucena Vásquez en su artículo para el Reforma titulado, “Caen 11.9% ingresos de Correos de México”, en el año 2021 los ingresos del correo de México cayeron en un 11.9%. Marco Cancino, Director de Inteligencia Pública, expuso que la caída en ingresos no se debió a la pandemia de Covid-19, ya que firmas de mensajería y paquetería se vieron muy beneficiadas con el comercio electrónico que provocó la pandemia. Pero en el caso de correos de México este beneficio fue al revés, puesto que la demanda había crecido por envíos de mensajería y paquetería, el público comenzó a utilizar mayormente los servicios de firmas privadas cuyos procesos eran más eficientes.

De acuerdo a Jose Cano en su artículo para el Reforma titulado, “Correos de México, un cuarto de siglo en números rojos”, En el año 2020 correos de México cumplió 25 años sin ser una empresa rentable, según datos de la secretaría de hacienda. También no lograron su meta de 562 millones de entregas en el año, estuvieron 21% por debajo, con 444 millones de entregas.

De acuerdo con la información anterior, teorizamos las causas por las cuales el servicio de Correos de México puede ser sumamente ineficiente:

- **Insuficiente inversión en tecnología y recursos.** Si el servicio postal de México no está invirtiendo lo suficiente en tecnología y recursos, podría estar impactando su capacidad para realizar entregas oportunas y precisas.
- **Falta de personal capacitado:** Si los empleados de correos no están adecuadamente capacitados para manejar sus responsabilidades, podrían cometer errores en la entrega de correo y provocar retrasos.
- **Infraestructura inadecuada:** La infraestructura de transporte y comunicaciones en México podría ser insuficiente, dificultando el transporte y la entrega de correo en todo el país.
- **Problemas de seguridad:** En algunas zonas de alto riesgo, los problemas de seguridad pueden estar impactando la entrega de correo.
- **Problemas de gestión y organización:** Si la gestión y organización del servicio postal no están bien administrados, podría llevar a ineficiencias en el proceso de entrega de correo.
- **Alta demanda:** Durante ciertas épocas del año, el volumen de envíos de paquetes se incrementa significativamente, lo que puede generar demoras en la entrega. Es importante tomar en cuenta este aumento en el volumen de envíos y enviar los paquetes con suficiente anticipación para prever y evitar demoras.

Hacienda ha negado una inversión multimillonaria para renovar la infraestructura de correos de México, los resultados sobre cómo quedan cortos en sus metas de entregas y la caída de sus ingresos es una clara señal de que tienen que incrementar su eficiencia de entregas con los menores recursos posibles y poder competir dentro del mercado de firmas de mensajería y paquetería. Incluso hay entidades que siguen dependiendo del correo de México y se verían beneficiados con mejoras a la eficiencia de entregas.

Por estos motivos, proponemos la implementación de una computadora central que conecte a los diferentes repartidores y use algoritmos para poder saber las rutas más óptimas de entregas. De esta manera buscamos poder reducir el tiempo de entrega de paquetes y maximizar el uso de los recursos disponibles como el de vehículos y repartidores.

La infraestructura que utilizaremos para las pruebas de los algoritmos que van a dirigir las rutas de los distintos repartidores es la siguiente, la cual planea probar la entrega de paquetes en seis manzanas y casas. En nuestro modelo existirán casas, calles, el centro de paquetería y los vehículos de los repartidores.

22																							
21																							
20			2,20				6,20			9,20				13,20			16,20				20,20		
19																							
18																							
17																							
16			2,16				6,16			9,16				13,16			16,16				20,16		
15																							
14																							
13			2,13				6,13			9,13				13,13			16,13				20,13		
12																							
11																							
10																							
9			2,9				6,9			9,9				13,9			16,9				20,9		
8																							
7																							
6			2,6				6,6			9,6				13,6			16,6				20,6		
5																							
4																							
3																							
2			2,2				6,2			9,2				13,2			16,2				20,2		
1																							
0																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

4. OBJETIVOS GENERALES

Decrementar el tiempo de entrega de correo: el tiempo de entrega promedio logrado mediante el sistema para la creación de trayectorias óptimas, será por lo menos 10% menor que el logrado en la simulación sin dicho sistema; es decir se analizará el desempeño de los vehículos mensajeros con y sin el sistema que optimizará las trayectorias. Se espera que esta disminución sea alcanzada en la quinta semana de la realización del proyecto, y denotará la terminación exitosa del proyecto.

Reducir la distancia total promedio de los viajes completos realizados por los mensajeros: optimizando las trayectorias seguidas por los mensajeros al entregar paquetes, la distancia total que deberán recorrer para completar un viaje disminuirá por lo menos un 10%, ya que en su recorrido no habrá desplazamientos innecesarios o subóptimos. Esperamos alcanzar este objetivo en la quinta semana del proyecto.

Decrementar la cantidad de paquetes en espera de envío: reduciendo el tiempo de entrega de la paquetería y optimizando tanto la selección de paquetes a entregar por vehículo como su trayectoria, se busca reducir el número paquetes que yacen en la central en espera, durante la simulación, por lo menos un 10%. Con esto se busca decrementar la capacidad necesaria de la central para almacenar los paquetes y simplificar su guardado.

Decrementar las horas de servicio por correo

Esto es por medio de que dicha carga de paquetes que tenga el programa puedan ser entregados en el menor tiempo posible y así se pueda priorizar la mayor entrega de paquetes posibles. Por medio de tomar en cuenta algún algoritmo dentro de la implementación del programa donde se analice y se tome la distancia más corta/rápida posible.

5. RESTRICCIONES

Restricciones relacionadas al espacio de la simulación:

- Situaciones adversas para la fluidez vehicular (tráfico, accidentes vehiculares, calles deshabilitadas), serán representadas en la simulación con estados, que serán asignados a secciones de la calle, y no mediante agentes. Un embotellamiento en una cierta calle (que reduciría la velocidad del vehículo mensajero), por ejemplo, sería indicada por un estado particular perteneciente a dicha calle, y no por la presencia de múltiples agentes vehiculares en ella.
- El programa no será realmente una simulación del movimiento de un vehículo en una vía; no habrá señalizaciones, ni reglas viales.
- Todas las calles serán bidireccionales.
- El espacio de la simulación será relativamente pequeño, representará una pequeña colonia o zona residencial.

Restricciones relacionadas al funcionamiento de los vehículos de la simulación:

- Los vehículos mensajeros tendrán una sola velocidad, y podrán operar indefinidamente. Su movimiento será discreto, podrán moverse en una de cuatro direcciones: arriba, abajo, derecha, e izquierda.
- Los vehículos de paquetería no interactúan con otros vehículos que no sean de entrega postal o accidentes que se encuentran en la calle. Solo siguen la trayectoria determinada por el modelo y se detienen en caso de encontrar otro vehículo postal en la intersección.

6. HISTORIAS DE USUARIO

Desarrollador de Mesa:

- Como desarrollador en mesa, busco que se represente la simulación de como se implementaría el servicio de paquetería dentro una ciudad teniendo en cuenta que cada carro dentro de la simulación tenga un trayecto y una casa determinada para entregar el paquete.
- Como desarrollador en mesa, quiero crear los agentes y el modelo necesario para que puedan actuar entre sí dentro de la simulación, con el propósito que cada agente tenga su acción y objetivo determinado por su clasificación y entorno.
- Como desarrollador en mesa, quiero hacer dicha simulación para poderlo correr en un servidor local y así, el desarrollador de Unity pueda replicar lo simulado dentro del entorno gráfico de Unity.

Desarrollador de Unity:

- Como desarrollador en Unity, busco replicar visualmente la simulación de que se realiza en Mesa por medio de obtener los atributos y la información necesaria para replicarlo por medio json generados por el servidor

- Como desarrollador en Unity, quiero crear el entorno necesario para replicar la simulación de Mesa por medio de las calles, casas y autos dentro de Unity utilizados en la simulación de una forma más estética, al igual que usar los scripts necesarios para replicarlo.
- Como desarrollador en Unity, quiero que dicha simulación ayude a comprender el funcionamiento de un servicio de paquetería dentro de una ciudad por medio de su representación visual.

Servidor:

- Como parte del servidor, busco que como la simulación Mesa y Unity se puedan replicar simultáneamente por medio un punto medio de comunicación entre ambas entidades y puedan conectarse por medio de un request al server de Mesa (APIrest Get).
- Como parte del servidor, busco generar un tipo de archivo (.json) en el que ambos lenguajes y programas puedan comunicarse y replicar lo mismo que hace la simulación de Mesa en Python con la simulación en Unity.
- Como parte del servidor, quiero realizar una comunicación efectiva entre los dos programas y así pueda replicar lo que sería el trabajo de una API en el mundo profesional

Observador de la simulación:

- Siendo el observador de la simulación, busco observar que la simulación que se realice en el Mesa sea la misma que se aplique en Unity de una manera más visual y comprensiva.
- Como observador de la simulación, busco que con solo tener que correr el servidor y la escena en Unity, este replique como sería la simulación de entrega de paquetes dentro de una ciudad.
- Como observador de la simulación, quiero darme a entender la propuesta de la solución del reto por medio que la simulación me explique como eso podría disminuir el tiempo de entrega de paquetes dentro de la logística en Correos de México.

7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MULTIAGENTE

Explica completamente cómo se va a comportar la solución multiagente. Esta descripción debe contener la idea general y las interacciones generales.

Recuerda incluir:

- Diagrama de actividades
- Diagrama de clases (incluye las clases de UNITY)

7.1 MODELO DE LOS AGENTES

En esta sección, deberás mencionar todos los agentes que vas a utilizar, además de sus características:

- Creencias

- Planes
- Cooperación
- Aprendizaje

Incluye también una representación gráfica del modelo del agente y los diagramas de estados necesarios para comprender el funcionamiento de cada agente. La figura muestra el ejemplo general del diagrama de agente.

El modelo tiene la funcionalidad de central de correos, donde conoce el entorno, en este caso el mapa y como funciones principales decide la selección y trayectoria de los paquetes por medio de los vehículos repartidores y se comunica con los vehículos repartidores para asignarles los paquetes y trayectoria a cual seguir. Este modelo funciona con la expectativa que el mapa es estático como una cuadrícula de 5x5 manzanas y que los paquetes a entregar tengan como objetivo una casa dentro del mapa.

Los vehículos de entrega tienen las creencias que la trayectoria recibida del modelo siempre llegará a los destinos de los paquetes, las casas a las que se entrega siempre se encuentran a su derecha y al final de su trayectoria se habrán acabado los paquetes. Estos siempre tienen el plan de seguir la trayectoria preestablecida, checar las casas por las que está pasando para ver si una de ellas es su entrega y checar si en una intersección no haya otros vehículos para pasar. Para esto interactúa con el modelo para recibir los paquetes y trayectoria, las casas para entregar los paquetes y otros vehículos si se encuentra en una intersección.

Casas

- Creencias
 - Su única interacción es para recibir paquetes
 - Al final de la simulación no debería tener paquetes pendientes
- Cooperación
 - Recibir paquetes de los camiones

7.2 MODELO DEL ENTORNO

La simulación corre en una cuadrícula de 5x5 manzanas con tres casas a cada lado y calles bidireccionales y este mapa es estático dentro de la simulación. La simulación utiliza múltiples agentes para implementarse, cómo lo es el modelo, los vehículos de entrega y las casas. El modelo trabaja conociendo la totalidad de esta cuadrícula, siendo un entorno observable, pero también trabaja con variables como tráfico que se determinan aleatoriamente en el momento, siendo en parte un modelo estocástico.

La simulación corre de manera secuencial a partir de 'pasos' que involucran el movimiento de un vehículo a un cuadro vecino y el 'paso' es la unidad de información con la que se envían las instrucciones de simulación de mesa a Unity, lo que permite que la información sea discreta y por medio de Unity se muestra el movimiento continuo de los vehículos.

7.3 MODELO DE LA NEGOCIACIÓN

Describe cómo van a interactuar los agentes, que tipo de mensajes van a intercambiar y cómo. Se van a realizar subastas, votaciones, etc. Incluye un diagrama de comunicaciones.

Los agentes casa generan órdenes de envío los cuales los comunica al modelo para generar la ruta óptima de entrega que deberá realizar el agente carro. El agente carro se moverá dentro de la simulación mientras tenga paquetes que entregar y consultando el modelo no encuentre que exista otro agente que le impida avanzar. Al llegar a su destino el agente carro comunica al agente casa que se realizó el pedido para eliminar la orden de envío.

7.4 MODELO DE LA INTERACCIÓN

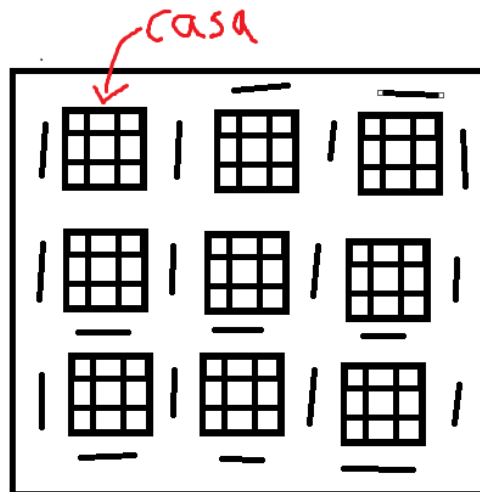
Describe a detalle la interacción del sistema multiagentes con la simulación en el sistema gráfico, cómo vas a intercambiar la información entre el módulo de multiagentes y la interfaz gráfica. Detalla el uso que le dará Unity a la información que recibe.

El sistemas multiagentes interactúa con el sistema gráfico por medio de un archivo .JSON, donde el sistema multiagentes envía la información sobre cada step que indica las posiciones, tráfico de calles y la casa que cuente con un envío pendiente. Esto se realiza por medio de la carga de la simulación en Mesa en un servidor local, en donde el Unity por medio de la librería UnityEngine.Networking hace un GET request al server y regresa el dicho .JSON por medio de hacer un deserialize y guardarlos en sus respectivas clases. Dichas posiciones son igualmente utilizadas dentro de un grid en Unity lo cual permite que las posiciones sean iguales, estas son utilizadas para indicar la dirección que debe tomar el camión para llegar a la posición de destino del envío realizado, también se muestra el nivel de tráfico que existe en cada calle y por último en la posición de destino se crea un objeto para visualizar el destino y de cuantos paquetes es la entrega.

8. DESCRIPCIÓN DEL MODELADO GRÁFICO

8.1 ESCENA A MODELAR

Aquí es necesario agregar de inicio un draft de la escena y explicarla. Posteriormente cuando se tenga diseñada en Unity agregar una imagen del resultado final. Una especie de expectativa vs. realidad.



Draft Simulación en unity


El draft con el que se crea la simulación en Unity involucra manzanas o bloques de casas pre establecidos y que no siguen escenarios de la vida real debido a que resulta muy complicado realizarlo, y el principal objetivo de este proyecto es el poder simular y mejorar los servicios de envíos. En este caso específico creamos bloques que contengan nueve casas en total, las cuales cada una puede ser el destino de entrega de algún envío, también cuenta con 2 carriles, para que utilicen los camiones de envíos.

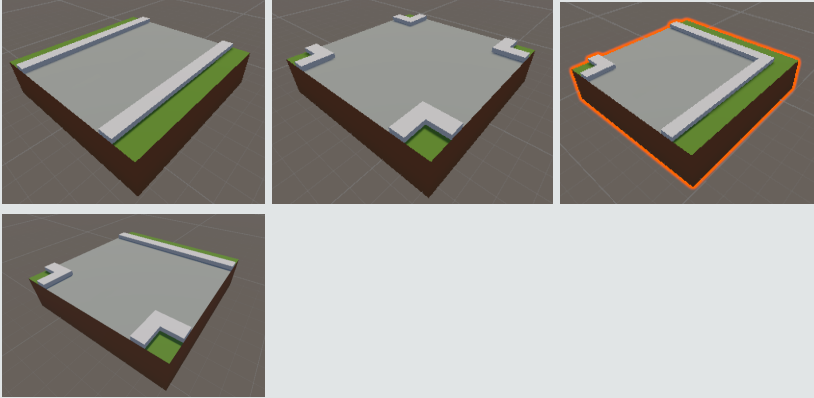


Escena creada en Unity

8.2 COMPONENTES GRÁFICOS

Nombre	post office.fbx
Descripción	Edificio low poly que representa una oficina de correo.

Imagen	
Fuente	El modelo pertenece al paquete Low Poly Houses Free Pack, creado por Palmov Island, y obtenido de Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/exterior/low-poly-houses-free-pack-243926#content

Nombre	paved road straight, paved road turn, paved road all directions y paved road straight turn
Descripción	Estos tres componentes son similares en funcionamiento, ya que los tres son utilizados para visualizar los caminos que tomarán los camiones de envíos dentro de la simulación
Imagen	
Fuente	Los modelo pertenece al paquete Low Poly Houses Free Pack, creado por Palmov Island, y obtenido de Unity Asset Store: https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/exterior/low-poly-houses-free-pack-243926#content

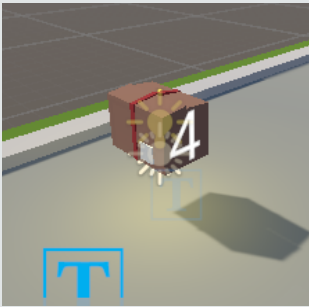
8.3 PREFABS

Nombre	Land
Descripción	Prefab utilizado para visualizar las zonas donde los camiones de envíos no pueden acceder.
Imagen	 https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/exterior/low-poly-houses-free-pack-243926#content
Scripts	

Nombre	Suburb House Grey
Descripción	Prefab para crear las manzanas y visualizar la posiciones donde se reciben los envíos generados.
Imagen	 https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/low-poly-buildings-lite-98836
Scripts	

Nombre	Suburb House Yellow
Descripción	Prefab para crear las manzanas y visualizar la posiciones donde se reciben los envíos generados.
Imagen	 <p>https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/low-poly-buildings-lite-98836</p>
Scripts	

Nombre	Post-Truck
Descripción	Prefab encargado de realizar la visualización de los envíos, este prefab se moverá en la simulación por medio de moverse a través de una red de waypoints.
Imagen	 <p>https://assetstore.unity.com/packages/3d/vehicles/vehicles-polypack-187691</p>
Scripts	Car.cs

Nombre	Box_01_Red
Descripción	El prefab está compuesto de el componente Box_01_Red, 2 objetos TextMestPro y una luz. Este prefab es utilizado para visualizar las casas que tengan un envío activo y el número de paquetes que recibirá.
Imagen	 https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/urban/low-poly-storage-pack-101732
Scripts	Collide.cs flotar.cs PackageNum.cs

8.4 SCRIPTS

Indicar el uso de cada script y en caso de estar reutilizando código agregar la fuente.

Nombre	waypoint_grid.cs
Descripción	Se genera un grid de waypoints para cada tile del mapa cada vez que se corre la escena.
Interacciones	Crea objetos vacíos que representan las mismas coordenadas de mesa.

Nombre	CarController.cs
Descripción	Genera las clases necesarias para poder guardar la información que arroja Mesa en el servidor para poderlo interpretarlo en Unity (información de los carros en movimiento en cada frame: Posición, Calle y número de paquetes).
Interacciones	<p>También genera la conexión con el servidor de Mesa por medio de hacer un API request de la información que se va a requerir por medio de obtener un archivo .json y este sería utilizado para insertar los valores dentro de las clases establecidas.</p> <p>Se crea la instancia del primer carro y métodos que Car.cs usará para mover el carro y avanzar la simulación.</p>

Nombre	Collide.cs
Descripción	Destruye el objeto en el que se utilice cuando se detecte una colisión con algún objeto.
Interacciones	Cuando un objeto colisiona o tiene contacto con el objeto que tenga este script, destruirá el objeto con el script.

Nombre	flotar.cs
Descripción	Realiza una animación, simulando que el objeto está flotando.
Interacciones	Se desplaza en el espacio en el eje Y.

Nombre	PackageNum.cs
Descripción	Cambia el los textos utilizados en el prefab Box_01_Red.
Interacciones	Al momento de crearse un objeto del prefab Box_01_Red al cambiar el valor de la variable Num cambia el texto del objeto por el valor asignado.

Nombre	InstanciarIcono.cs
Descripción	Genera objetos del prefab Box_01_Red en las posiciones que corresponden a las casas con entregas pendientes
Interacciones	Por cada envío se creará un objeto diferente que se mostrará en la escena.

Nombre	AgentController.cs
Descripción	Recibe la información de la simulación de mesa y mueve el camión de paquetes de acuerdo a la información que recibe.
Interacciones	Se crea la instancia del camión y se realizan cambios a la posición de este usando el grid y las coordenadas de mesa.

9. ENTREGABLES DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO

La administración del proyecto se llevará a cabo mediante GitHub Projects.

<https://github.com/users/Maria-Ontiveros/projects/1>

10. REFERENCIAS

Anota las referencias que utilizaste en formato IEEE (puedes utilizar este widget:

<https://www.citethisforme.com/citation-generator/ieee>)

Otra opción consiste en usar Zotero/BibDesk/Mendely o directamente las referencias generadas por las bibliotecas electrónicas.

A. Vásquez, “Caen 11.9% ingresos de Correos de M,” REFORMA, 12-Nov-2021. [Online].

Available:

https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?__rval=1&urlredirect=https%3A%2F%2Fwww.reforma.com%2Fcaen-11-9-ingresos-de-correos-de-mexico%2Far2295819%3Freferer. [Accessed: 23-Feb-2023].

CONUEE (2018) Movilidad Urbana sostenible - Gob. Available at:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313972/movilidadurbanasostenible.pdf>
(Accessed: March 15, 2023).

J. Cano, “Correos de México, un cuarto de siglo en números rojos,” REFORMA, 19-Feb-2021.
[Online]. Available:
https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?_rval=1&urlredirect=%2Fcorreos-de-mexico-un-cuarto-de-siglo-en-numeros-rojos%2F2128026%3Fv.
[Accessed: 23-Feb-2023].

Martínez, M. (2022) ¿Cuánto tarda en llegar un paquete por correo en México? 2023, Correos de México rastreo Sepomex. Available at:
<https://correosdemexicorastreo.com/cuanto-tarda-en-llegar/> (Accessed: February 22, 2023).