

Asignación eficiente de repartidores para maximizar la capacidad de entrega diaria en plataformas de delivery

García Linfozzi, María Sol; Gobbi, Micaela Nicole; Lamas, Chabela María; Mirleni, Simón Pedro

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Una empresa de delivery desea optimizar la cantidad de repartidores, con el objetivo de aumentar la capacidad de entrega diaria de los pedidos. En este contexto, el presente trabajo emplea una metodología evento a evento para simular escenarios con diversas cantidades de repartidores en el área metropolitana, urbana y semi-urbana, diferenciando entre días de semana y fines de semana. Asimismo, se descubre cómo las características y demandas de cada zona impactan en la eficiencia del servicio. Así como también, se evalúan las diferencias en la distribución óptima del personal para mantener un equilibrio entre la calidad de atención al cliente y los costos operativos.

Palabras Clave

Simulación, Metodología de Evento a Evento, Delivery, Distribución de repartidores, Optimización.

Introducción

El crecimiento acelerado de las plataformas de delivery ha transformado la manera en que los consumidores acceden a productos y servicios. Zomato, una de las principales plataformas de India que se dedica a la entrega de alimentos, se enfrenta al desafío constante de gestionar la asignación eficiente de repartidores para garantizar un servicio rápido y eficiente.

Para desarrollar estrategias que permitan un uso más eficiente de los recursos, la simulación se presenta como una herramienta clave. Esta técnica posibilita la construcción de modelos que replican sistemas reales, operándolos en condiciones hipotéticas para predecir el comportamiento futuro a partir de los datos generados por el modelo.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Simulación”, cuarto año de cursada) es

emular el funcionamiento del sistema de delivery con el objetivo de maximizar la capacidad de entrega diaria mediante la optimización de la asignación de repartidores. De esta manera, se logra equilibrar la demanda fluctuante, especialmente en los días de mayor actividad, con la disponibilidad de personal, asegurando una asignación eficiente que reduzca tiempos de espera y mejore la satisfacción del cliente. Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, debido a la diferencia de demanda que existe entre días de la semana, como los Lunes, Martes, Miércoles y Jueves, y los días del fin de semana (Viernes, Sábado y Domingo), se decide realizar dos análisis distintos sobre las funciones de probabilidad con el objetivo de obtener una reproducción más cercana a la realidad.

Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección se presentan los elementos del sistema y la metodología utilizada para desarrollar la simulación. La segunda sección expone los resultados obtenidos de la misma aplicada a diferentes escenarios de demanda y distribución de repartidores. En la tercera sección, se realiza un análisis crítico de dichos resultados, evaluando su impacto en la operación del sistema. Finalmente, en la cuarta sección, se presentan las conclusiones del estudio.

1. Elementos del Trabajo y metodología

La metodología empleada para la realización de esta simulación es la de Evento a Evento. Esta técnica avanza el tiempo del modelo de manera que se sincronice con la ocurrencia del próximo

evento. Previo a formular el modelo y simular los distintos escenarios, se realiza un análisis exhaustivo de las variables involucradas para garantizar la precisión y realismo de la simulación. A continuación, se presenta la *Tabla 1* que detalla dichas variables.

Variable Exógenas
Datos
TE_SEMANA: Tiempo de entrega de los días Lunes, Martes, Miércoles y Jueves. Unidad: minutos. TE_FINDE: Tiempo de entrega de los días Viernes, Sábados y Domingos. Unidad: minutos. IP_SEMANA: Intervalo entre pedidos de los días Lunes, Martes, Miércoles y Jueves. Unidad: minutos. IP_FINDE: Intervalo entre pedidos de los días Viernes, Sábado y Domingo. Unidad: minutos.
Control
M: Cantidad de repartidores en zona metropolitana U: Cantidad de repartidores en zona urbana S: Cantidad de repartidores en zona semi-urbana
Variables Endógenas
Resultado
PTO: Porcentaje de tiempo ocioso por zona (PTOU, PTOM, PTOS) PER: Promedio de espera hasta que un pedido es atendido por un repartidor por zona (PERU, PERS, PERM) PPS: Promedio de permanencia en el sistema de pedidos de comida por zona (PPSM, PPSS, PPSU)
Estado
NSM, NSS, NSU: Cantidad de pedidos en el sistema por zona

Tabla 1: Clasificación de variables

Seguidamente, se definen los eventos que ocurren en el sistema y que alteran las variables de estado, como la asignación de un repartidor, la llegada al restaurante, el inicio y la finalización de la entrega (*Tabla 2*). Estos eventos impactan directamente en los tiempos de espera, la disponibilidad de repartidores y los pedidos pendientes. Cabe aclarar que, en el presente trabajo se consideran como “días de fin de semana” los Viernes, Sábados y Domingos, y los

“días de semana”, los restantes (Lunes, Martes, Miércoles y Jueves).

A continuación, además de lo anteriormente mencionado, se presenta la *Tabla 3* de eventos futuros. De la misma manera, los índices de la *Tabla 2*, hacen referencia a los siguientes rangos:

$$1 \leq i \leq M$$

$$1 \leq j \leq U$$

$$1 \leq x \leq S$$

Evento	EFNC	EFC	Condición
Ingreso de pedido	Ingreso de pedido	Pedido entregado metropolitana [i]	NSM ≤ M
		Pedido entregado urbana [j]	NSU ≤ U
		Pedido entregado semi-urbana [x]	NSS ≤ S
Pedido entregado metropolitana [i]	-	Pedido entregado metropolitana [i]	NSM ≥ M
Pedido entregado urbana [j]	-	Pedido entregado urbana [j]	NSU ≥ U
Pedido entregado semi-urbana [x]	-	Pedido entregado semi-urbana [x]	NSS ≥ S

Tabla 2. Tabla de Eventos Independientes

TPI	Tiempo de próximo ingreso de pedido
TPEM[i]	Tiempo de próxima entrega metropolitana
TPEU[j]	Tiempo de próxima entrega urbana
TPES[x]	Tiempo de próxima entrega semi-urbana

Tabla 3. Tabla de Eventos Futuros

En base a los datos recopilados, se generan las funciones de densidad de probabilidad (fdp) diferenciadas para los días de semana y los fines de semana. Este enfoque permite el desarrollo de funciones específicas para cada escenario, lo que posibilita un análisis

más profundo acerca de las variaciones en el comportamiento del sistema

En primer lugar, se analizan las funciones que representan los intervalos entre los ingresos de pedidos en los días de semana (*Figura 1*) y los fines de semana (*Figura 2*).

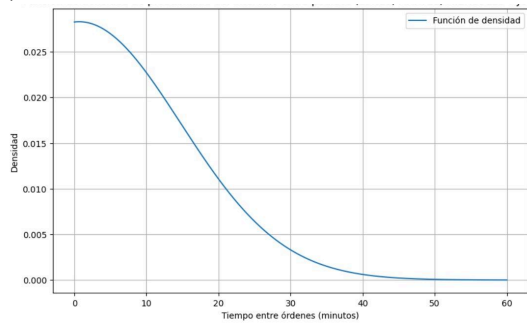


Figura 1. Función de densidad de probabilidad del intervalo entre pedidos de los días Lunes, Martes, Miércoles y Jueves (IP_SEMANA).

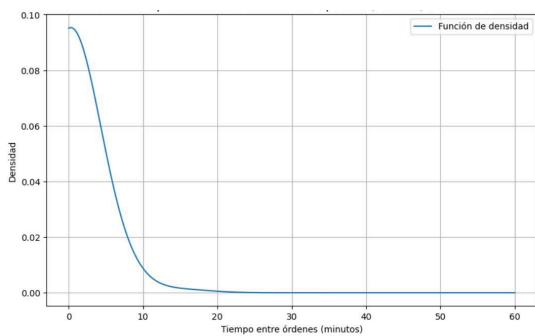


Figura 2. Función de densidad de probabilidad del intervalo entre pedidos de los días Viernes, Sábado y Domingo (IP_FINDE).

Por otro lado, se examinan las funciones que corresponden al tiempo que tarda un repartidor en entregar los pedidos en los días de semana (*Figura 3*) y los fines de semana (*Figura 4*).

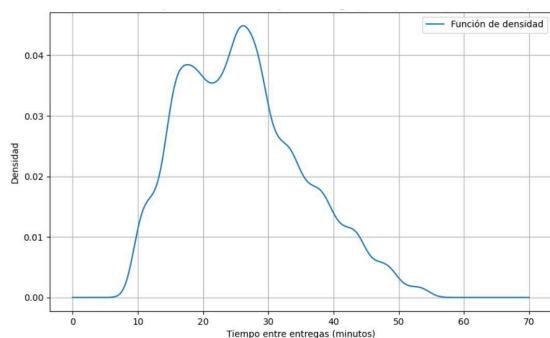


Figura 3. Función de densidad de probabilidad del tiempo de entrega de los días Lunes, Martes, Miércoles y Jueves (TE_SEMANA).

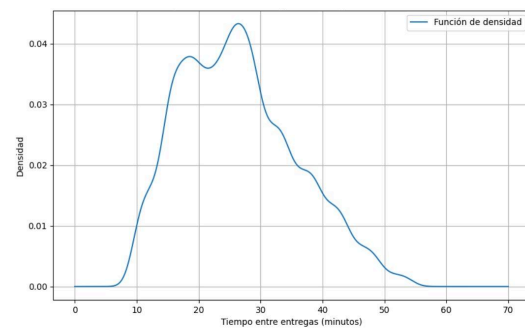


Figura 4. Función de densidad de probabilidad del tiempo de entrega de los días Viernes, Sábado y Domingo (TE_FINDE).

Considerando las funciones de probabilidad mencionadas, se inicia la exploración de diversas configuraciones de prueba.

2. Resultados

Durante la simulación se analizan un total de seis escenarios. En cada uno, se modifica la variable de control de la cantidad de repartidores según el área geográfica a la que pertenecen (metropolitana, urbana y semi-urbana). A raíz de las diferencias que se encuentran en las funciones de probabilidad en relación con el día en que se realizan los pedidos, se decide crear tres escenarios distintos para cada franja diaria. De esta manera, se configuran tres distintos escenarios para los días de semana (*Tabla 4*) y los fines de semana (*Tabla 5*):

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
M	2	3	4
S	1	1	1
U	1	1	2

Tabla 4. Descripción de las variables de control en los escenarios elegidos de los días Lunes, Martes, Miércoles y Jueves

	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
M	6	7	8
S	1	1	1
U	2	3	4

Tabla 5. Descripción de las variables de control en los escenarios elegidos de los días Viernes, Sábado y Domingo

En la ponderación de los escenarios, se priorizan aquellos que minimizan el tiempo de espera para los clientes y reducen el porcentaje de tiempo ocioso de los repartidores en cada área geográfica. A continuación, se adjuntan las tablas con los resultados obtenidos según el día de la semana (*Tabla 6 y 7*):

	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1
PTOM (%)	42.96	57.2141	13.29
PTOS (%)	99.1	98.9486	99.08
PTOU (%)	48.63	74.3603	48.93
PPSM (min)	28.56	26.58	57.27
PPSS (min)	25.78	26.24	25.98
PPSU (min)	39.37	27.07	39.50
PERM (min)	2.41	0.42	31.09
PERS (min)	0.07	0.2	0.07
PERU (min)	13.22	0.88	13.44

Tabla 6. Resultados de la simulación en los Lunes, Martes, Miércoles y Jueves

	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4
PTOM (%)	24.48	33.94	11.25
PTOS (%)	97.08	97.17	97.02
PTOU (%)	47.79	61.44	20.74
PPSM (min)	29.46	27.45	40.06
PPSS (min)	27.16	27.26	27.2
PPSU (min)	29.25	26.9	52.1
PERM (min)	2.97	0.97	13.55
PERS (min)	0.46	0.31	0.44
PERU (min)	2.81	0.5	25.5

Tabla 7. Tabla de Resultados de la simulación en los días Viernes, Sábados y Domingos

Con estos resultados, se logra obtener una acabada idea de los posibles escenarios.

3. Discusión

A partir de los resultados de las tablas, se identifican varias diferencias entre las distintas zonas geográficas. El área metropolitana es la que registra la mayor cantidad de pedidos diarios, por lo que cuenta con un superior número de repartidores asignados para poder cubrir la demanda de manera eficiente. Este ajuste en la cantidad de personal permite reducir los tiempos de espera de los clientes en esta zona de alta demanda. En contraste, la zona semi-urbana presenta un volumen de pedidos significativamente menor, lo que no solo reduce la cantidad de repartidores necesarios, sino que también incrementa el tiempo promedio de ocio de los mismos.

En lo que respecta a la variación de la actividad entre los días de la semana, se observa que los días Viernes, Sábado y Domingo registran una mayor cantidad de pedidos en comparación con el resto. Como resultado, el análisis se enfoca en dos grupos separados: los días Lunes a Jueves por un lado, y los días de fin de semana por otro, cada uno con funciones de probabilidad específicas. A pesar de que durante los fines de semana exista un mayor número de repartidores asignados, el tiempo ocioso es más bajo debido al aumento de los flujos de pedidos. Esta distribución estratégica de repartidores busca equilibrar la carga de trabajo y evitar la saturación del sistema en los días de mayor actividad.

Finalmente, los resultados obtenidos en la simulación se ponderan a partir del tiempo de espera de los clientes y el tiempo ocioso de los repartidores. Se considera de mayor relevancia mejorar la experiencia del cliente, reduciendo al mínimo el tiempo que espera para que su pedido sea procesado, optimizando así su permanencia en el sistema. Sin embargo, el escenario ideal resulta ser aquel que encuentra un balance adecuado entre ambas variables. Este escenario intermedio permite reducir los

tiempos de espera sin necesidad de incrementar significativamente la cantidad de repartidores, lo cual ayuda a optimizar los costos operativos sin comprometer la calidad del servicio.

4. Conclusiones

En el presente trabajo, se realiza una simulación que busca representar la realidad de un sistema de delivery cuyo objetivo es optimizar la cantidad de repartidores por zona, maximizando la capacidad de entrega diaria.

Tras el análisis de los diversos escenarios mencionados, se logran identificar variaciones significativas en la demanda y eficiencia operativa, según la zona geográfica y el día de la semana. Las áreas metropolitanas, con un mayor número de pedidos, requieren más repartidores para reducir los tiempos de espera de los clientes. Por el contrario, en las zonas semi-urbanas, el desafío consiste en equilibrar la cantidad de repartidores para evitar largos períodos de inactividad. Además, los días de mayor actividad, como los fines de semana, presentan un comportamiento distinto que justifica un enfoque separado para cada franja temporal.

El escenario ideal busca un equilibrio entre el tiempo de espera de los clientes y el tiempo ocioso de los repartidores, optimizando los recursos sin comprometer la calidad del servicio. La simulación indica que los mejores resultados se obtienen con

tres repartidores en la zona metropolitana, uno en la semi-urbana y uno en la urbana durante los días Lunes, Martes, Miércoles y Jueves. En cambio, los fines de semana requieren siete repartidores en la zona metropolitana, uno en la semi-urbana y tres en la urbana. Esto resalta la necesidad de incrementar significativamente la cantidad de repartidores durante el fin de semana para mantener la calidad del servicio y controlar los costos operativos (a excepción de la zona semi-urbana, la cual mantiene la cantidad de repartidores a través de los diversos escenarios).

Agradecimientos

Agradecemos a la Ingeniera Silvia Quiroga y al Ingeniero Rubén Flecha, docentes del curso K4573 y a Zomato, empresa de delivery la cual nos proveyó los datos.

Referencias

Apuntes teóricos de la cátedra de Simulación UTN-FRBA.

Datos de Contacto

García Linfozzi, María Sol. UTN FRBA.

mgarcialinfozzi@frba.utn.edu.ar

Gobbi, Micaela Nicole. UTN FRBA.

mgobbi@frba.utn.edu.ar

Lamas, Chabela María. UTN FRBA.

clamas@frba.utn.edu.ar

Mirleni, Simón Pedro. UTN FRBA.

smirleni@frba.utn.edu.ar