

Tipo de documento: Tesis de maestría

Master in Management + Analytics

Predicción de demanda en Customer Service para garantizar un nivel óptimo de servicio

Autoría: *Rodríguez Giralt, Sol Monserrat*

Año académico: *2023*

¿Cómo citar este trabajo?

Rodríguez Giralt, S.(2023) "Predicción de demanda en Customer Service para garantizar un nivel óptimo de servicio". [*Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella*]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/12105>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 2.5 Argentina (CC BY-NC-SA 2.5 AR)

Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



**UNIVERSIDAD
TORCUATO DI TELLA**

MASTER IN MANAGEMENT + ANALYTICS

PREDICCIÓN DE DEMANDA EN
CUSTOMER SERVICE

PARA GARANTIZAR UN NIVEL ÓPTIMO
DE SERVICIO

TESIS

Sol Montserrat Rodriguez Giralt

Mayo 2023

Tutores: Magdalena Cornejo y Javier Marengo

Resumen

En una empresa que se dedica a la venta de un producto, siempre existe el servicio post-venta, también conocido como “Atención al cliente”, o “*Customer Service*”. Depende de la naturaleza del producto, lo importante que es dicho sector para completar una experiencia de usuario excelente.

En esta tesis, nos dedicaremos a entender y predecir la demanda que tiene dicho sector para una empresa que vende un servicio de suscripción de comida mediante una aplicación que está en plena etapa de expansión. El principal objetivo es tener un mejor análisis sobre la distribución de la demanda, dados los distintos factores del negocio, que influyen generando picos de contactos en donde los equipos se saturan y el nivel de servicio pierde su calidad, es decir, se aleja de sus tiempos de respuesta y resolución objetivo. Una vez que tengamos claridad sobre el comportamiento de la demanda, es decir, el tiempo entre arribos, el tiempo de resolución promedio estimado de una consulta, la proporción de consultas urgentes que requieren un servicio prioritario, realizaremos una proyección del crecimiento de dicha demanda ya que el negocio se encuentra en plena expansión. Dicha proyección de la demanda futura nos permitirá realizar un análisis de costos de la estructura necesaria para mantener el nivel óptimo de servicio en los próximos años.

Abstract

In companies that are dedicated to product sales, there is always an area dedicated to the after-sales experience, also known as Customer Service. The relevance of the area varies depending on the nature of the product that the company sells, and how important the area is for the customer to complete an excellent experience.

In this thesis, we will try to understand and predict the demand that the area has for a company that sells a food delivery subscription service through an app. The main goal is to have a better understanding of the demand distribution considering the different factors that might affect the business, creating contact spikes affecting the team's service standards like first reply and resolution times. Once there is a clear understanding of the demand's behavior, like the inter-arrival times, the average resolution time, the proportion of urgent contacts, we will do a projection of the demand considering the future growth. This projection will allow us to do a cost analysis for the needed structure to maintain the excellence in service during the next years.

Índice

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	6
1.1. Contexto	6
1.2. Problema	7
1.3. Objetivo	8
2. Datos	9
2.1. Obtención de datos	9
2.2. Análisis exploratorio	11
2.2.1 Distribución de la demanda	12
2.2.2 Usuarios	15
2.2.3 Estructura del equipo	17
2.2.4 Análisis de valores atípicos	19
2.2.5 Distribución de los tiempos	21
3. Metodología	23
3.1. Efectos de la incerteza en servicios: Congestión y espera	23
3.2. Modelos	27
3.2.1 Modelos ARIMA	27
3.2.1.1 Modelo ARIMA univariado	31
3.2.1.2 Modelos ARIMAX	31
3.2.1.3 Modelos ARIMAX con menos regresores	31
3.2.1.4 Modelos ARIMAX con un único regresor	32
3.2.2 Comparación modelos ARIMA	32
3.2.3 Modelo TBATS	34
3.2.4 Selección de modelo	35
4. Optimización con programación lineal entera	36
4.1. Problema de optimización	36
4.1.1 Supuestos	36
4.1.2 Definición del problema de optimización	38
5. Resultados	42
5.1 Solución del problema de optimización	42
6. Conclusiones y trabajo futuro	44
Referencias	46
Apéndice A. Residuos ARIMA (5,1,3)	46

Apéndice B. Residuos ARIMA (5,1,3)	46
Apéndice C. Residuos ARIMA (5,1,3)	47
Apéndice D. Residuos ARIMA (5,1,3)	47
Apéndice E. Resultados del modelo	48
Apéndice F. Pronóstico de demanda	57
Apéndice G. Código de optimización	59

Índice de Tablas

Tabla 1. Conversaciones Kustomer	9
Tabla 2. Ordenes y usuarios período analizado CookUnity	9
Tabla 3. Tiempo promedio de primera respuesta y de resolución por día y hora para chat	21
Tabla 4. Tiempo promedio de primera respuesta y de resolución por día y hora para sms	22
Tabla 5. Tiempo promedio de primera respuesta y de resolución por día y hora para email	22
Tabla 6. Promedio, desvío y coeficiente de variación del tiempo entre arribos	25
Tabla 7. Promedio, desvío y coeficiente de variación del tiempo de procesamiento	25
Tabla 8. Parámetros calculados a partir de la información de las tablas 7 y 8	25
Tabla 9. Aplicación de planilla M/M/S para los datos de CookUnity	26
Tabla 10. Resultado de modelos ARIMA	30
Tabla 11. Tiempo de respuesta y resolución promedio y objetivo por canal	37
Tabla 12. Distribución de demanda por canal y hora	37
Tabla 13. Cronograma de comienzo de cantidad de agentes por hora	41
Tabla 14. Tiempo de atención de mensajes de chat por día y hora	41
Tabla 15. Tiempo de atención de mensajes de sms por día y hora	41
Tabla 16. Tiempo de atención de mensajes de email por día y hora	42

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Sakasegawa	23
--	----

Índice de Figuras

Figura 1. Representación gráfica de los componentes de una cola	23
---	----

Índice de Gráficos

Gráfico 1 . Conversaciones entrantes por día.....	12
Gráfico 2 . Conversaciones totales entrantes por mes.....	13
Gráfico 3 . Conversaciones totales entrantes por día de semana.....	13
Gráfico 4 . Conversaciones totales entrantes por hora.....	14
Gráfico 5 . Conversaciones totales entrantes por canal.....	14
Gráfico 6 . Evolución de usuarios que ordenaron y de órdenes mensuales.....	15
Gráfico 7 . Evolución de órdenes semanales.....	16
Gráfico 8 . Evolución de órdenes semanales y contactos.....	16
Gráfico 9 . Evolución del ratio entre órdenes semanales y contactos.....	17
Gráfico 10 . Estructura del equipo de <i>Customer Service</i>	18
Gráfico 11 . Distribución del tiempo de primera respuesta por mes antes de eliminar outliers...	19
Gráfico 12 . Distribución del tiempo de primera respuesta por mes luego de eliminar outliers...	20
Gráfico 13 . Distribución del tiempo de resolución por hora antes de eliminar outliers.....	20
Gráfico 14 . Distribución del tiempo de resolución por hora luego de eliminar outliers.....	21
Gráfico 15 . Verificación del proceso de arribos a <i>Customer Service</i>	24
Gráfico 16 . Verificación del proceso de arribos a <i>Customer Service</i>	24
Gráfico 17 . Verificación del proceso de arribos diarios.....	28
Gráfico 18 . Verificación del proceso del logaritmo de arribos diarios.....	28
Gráfico 19 . Comparación de los modelos ARIMA.....	33
Gráfico 20 . Modelo TBATS.....	34
Gráfico 21 . Pronóstico con el Modelo 4 ARIMA.....	34

1. Introducción

1.1 Contexto

Las experiencias que las personas viven impactan en ellas, creando vivencias y recuerdos que permanecerán en la memoria. Esto condiciona el comportamiento de las personas, y por ende de los consumidores, lo que entonces puede generar un gran impacto en la economía de los distintos negocios. Una organización a la cual le importa brindar una buena experiencia no solo debe invertir en el producto, pero sino en el servicio al cliente dado que siempre se generan fricciones, independientemente del tipo de industria. Una buena experiencia de servicio al cliente se construye mediante una buena estructura en todos los puntos de interacción del cliente con la organización.

CookUnity es una plataforma que conecta chefs reconocidos de los distintos sectores de Estados Unidos con los consumidores que necesitan resolver de manera sencilla su menú diario. Los consumidores eligen CookUnity por su ventaja competitiva en el sector que es la superioridad en la calidad. El producto llega al domicilio del usuario semanalmente ya que es un servicio de suscripción frío, no congelado, y dura una semana refrigerado hasta recibir el nuevo pedido.

Dado el producto al que CookUnity se dedica, entendemos que el estado en el que llega la orden es de absoluta relevancia siendo que es comida y los son productos perecederos. Desde que se produce la orden hasta que llega al domicilio del usuario hay una cantidad de problemas que pueden ocurrir tanto en producción como en distribución, que harán que el cliente se contacte con el servicio de soporte para resolverlos, obtener una recompensa o simplemente dejar asentada la disconformidad o conformidad del producto recibido. Por este motivo, el sector de *Customer Service* adquiere especial relevancia en la sostenibilidad del negocio y es por lo que es atendido por agentes que se interiorizan en cada caso por el cual el usuario se contacta, para que la experiencia sea lo más buena posible a pesar de los errores operacionales. Independientemente de la excelente calidad del producto, para que la experiencia sea buena se necesita que toda la jornada del cliente sea buena.

1.2 Problema

Actualmente, existen dos tipos de servicios post-venta muy diferentes entre sí. Por un lado, existen los servicios de autogestión, que mediante la ayuda de la Inteligencia Artificial, se puede lograr resolver gran cantidad de casos si la implementación es buena. Comúnmente los conocemos como *chat bots*, al cual uno le escribe palabras clave y él mismo va guiando al cliente para que pueda resolver su caso. Son servicios muy costosos para implementar y muchas veces el usuario termina disconforme con la resolución ya que es natural querer contactar con una persona en caso de no poder resolverlo con las opciones brindadas.

Por otro lado, existe el servicio en el que el usuario entabla una conversación con un agente de *Customer Service* y la conversación se vuelve más fluida dado que del otro lado de la pantalla/teléfono, hay un ser humano interiorizándose en el caso. Este tipo de servicios es difícil de escalar dependiendo la magnitud de la empresa, pero en líneas generales el usuario termina conforme con la resolución de su caso.

CookUnity está muy enfocado en que la experiencia del consumidor sea memorable, y su estrategia para lograr dicho objetivo es brindar un producto de excelente calidad. Como mencionamos anteriormente, en el contexto, desde que se produce la orden hasta que llega al domicilio del usuario, hay una cantidad de problemas que pueden ocurrir. Como, por ejemplo, problemas en el envío ya que CookUnity terceriza este servicio por lo que pierde el control, problema con el *packaging*, problemas de calidad, problemas con la aplicación, etc. Además, pueden ocurrir accidentes de tránsito en las rutas, demoras, o eventos climáticos que afecten también la distribución generando mayor cantidad de contactos inesperados. Dicho esto, entendemos que dependiendo de la magnitud del negocio habrá más posibilidades de fricción, por ende habrá mayor cantidad de contactos al área de *Customer Service*.

Actualmente CookUnity se encuentra en dos mercados: Nueva York y Los Ángeles, pero está en período de plena expansión hacia Atlanta, Chicago, Miami, Seattle, Austin. Esto significa que la empresa se encuentra en pleno crecimiento, y la apertura de nuevos mercados y adquisición de nuevos usuarios impactará directamente en la cantidad de contactos recibidos por hora generando potenciales problemas de atención al cliente dada la nueva escala. Esto supone entonces que el equipo de soporte deba crecer al ritmo al que crece la compañía para poder satisfacer toda la demanda de contactos cumpliendo ciertos estándares de calidad, como tiempo de primera respuesta, tiempo de resolución, etc.

1.3 Objetivo

El objetivo de la tesis es poder tener un mejor análisis sobre el comportamiento de la demanda, dados los distintos factores del negocio, que influyen en su distribución, generando picos de contactos en donde los equipos se saturan y el nivel de servicio pierde su calidad, es decir, se aleja de sus tiempos de respuesta y resolución objetivo. Una vez que tengamos claridad sobre el comportamiento de la demanda, es decir, el tiempo entre arribos, el tiempo de resolución promedio estimado de una consulta, la proporción de consultas urgentes que requieren un servicio prioritario, realizaremos una proyección del crecimiento de dicha demanda ya que el negocio se encuentra en plena expansión. Dicha proyección de la demanda futura nos servirá para determinar el esquema óptimo de organización de agentes, determinando la estructura necesaria para mantener el nivel óptimo de servicio en los próximos años.

2. Datos

2.1 Obtención de datos

La base de datos principal consta de 18 archivos de tipo CSV, correspondiente a todos los meses del año 2021 y al primer semestre de 2022, exportados de la plataforma con la que el área de *Customer Service* de CookUnity opera, *Kustomer*.

Además, utilizaremos información sobre el tamaño del negocio, es decir las ventas y cantidad de usuarios. Esta información fue obtenida de la base de datos de la empresa, mediante una query en “Snowflake”, el data warehouse utilizado en CookUnity.

Tabla 1. Conversaciones de *Kustomer*

Nombre del campo	Descripción	Unidades
year	Año	integer
month	Mes	integer
week	Semana del año	integer
date	Fecha	date
total_orders	Cantidad total de órdenes	integer
total_customer	Cantidad total de usuarios que ordenaron	integer

Tabla 2. Órdenes y usuarios CookUnity período analizado

Nombre del campo	Descripción	Unidades
ID	Identificación única de la conversación	varchar
firstMessageIn.channel	Canal por el que ingresó la conversación - Chat/Email/SMS	char
satisfactionLevel.status	Estado en el que se encuentra la encuesta de satisfacción	char
satisfactionLevel.score	Si la conversación fue calificada por el usuario	integer
satisfactionLevel.rating	Calificación del usuario de la conversación	integer
firstMessageIn.createdAt	Fecha y hora en la que ingresó el primer mensaje	datetime
firstResponse.createdAt	Fecha y hora en la que se creó la primera respuesta	datetime
lastDone.createdAt	Fecha y hora en la que se cerró la conversación	datetime
customer.emails.email	Email del usuario	varchar
name	Nombre de la temática de contacto asignado por el agente	varchar
tags.name	Tag que etiqueta el agente	varchar

Nombre del campo	Descripción	Unidades
assignedUsers.name	Agente que finalizó la conversación	char
channels	Canales por los que la conversación fue atendida	char
preview	Pequeña introducción a la conversación	varchar
customer.phones.phone	Teléfono del usuario	varchar
customer.lastConversation.channels	Canal del último mensaje del usuario	char
messageCount	Cantidad de interacciones	integer
lastResponse.createdAt	Fecha y hora de la última respuesta	datetime

```

SELECT YEAR(delivery_date) AS year,
MONTH(delivery_date) AS month,
WEEK(delivery_date) AS week,
delivery_date AS date,
COUNT(distinct order_creation_id) AS total_orders,
COUNT(distinct customer_id) AS total_customers

FROM "CU_DBT_PROD"."SILVER_FACT"."FACT_ORDERS"
WHERE NOT is_cancelled
AND is_charged
AND delivery_date >= '2021-01-01'
AND delivery_date <= '2021-12-31'
GROUP BY 1,2,3,4

```

La base de datos principal consolidada, que es la que extraemos de *Kustomer*, tiene un total de 95187 observaciones y 19 variables. Todos estos datos corresponden a conversaciones entrantes por los tres canales de contacto principal que son chat, email y mensaje de texto, durante el 2021 y hasta junio del 2022. A ésta, se le realizan varias transformaciones para facilitar el procesamiento a lo largo del código:

- Formatos de fecha y zona horaria
- Incorporación de columnas con mes/semana/día de la semana/hora del momento de creación de la conversación entrante
- Distinción entre conversaciones entrantes durante las horas de actividad
- Cálculos de tiempos de primera respuesta y resolución
- Eliminación de las conversaciones provenientes de redes sociales

La base de datos secundaria, que será complemento de la base de *Kustomer*, consta del total de órdenes/usuarios que ordenan por día. El número entre órdenes y usuarios que ordenan es idéntico a nivel diario dado que es un servicio de suscripción semanal, por lo que cada persona recibe una orden a la semana.

2.2 Análisis exploratorio

El análisis exploratorio de los datos es una parte fundamental para este trabajo. Entender la distribución de los datos obtenidos es el primer paso para poder realizar un diagnóstico acertado del comportamiento de la demanda. Dicho esto, es muy importante realizar el análisis de los datos atípicos que en dicho contexto pueden estar dados por diferentes situaciones tales como feriados nacionales en los que el equipo de atención al cliente no está completo, situaciones de fallas tecnológicas de la plataforma en las que las conversaciones pueden no seguir el curso normal y por ende demorarse más en ser atendidas, situaciones inusuales como por ejemplo eventos climáticos en los que la demanda asciende fuertemente dadas las demoras en la entrega, etc. Todas estas situaciones atípicas mencionadas, pueden sesgar las predicciones y aumentar drásticamente los costos de contratación de agentes de *Customer Service* sin sentido.

Previo a adentrarse en los datos, es importante mencionar algunas cuestiones claves del negocio:

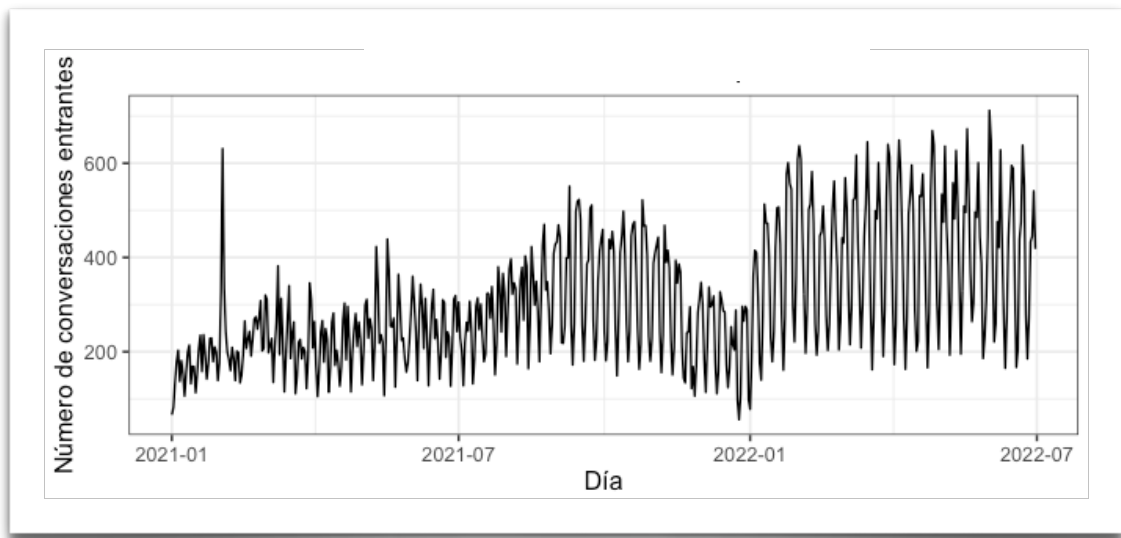
- A las 12 del mediodía los clientes reciben un aviso que les quedan 5 horas para realizar la selección final de comidas.
- A las 17 horas reciben una notificación una vez realizado el cobro, y quienes no hayan seleccionado sus comidas recibirán una selección recomendada para ellos según sus preferencias.
- El equipo de *Customer Service* está activo entre las 7 am y las 23 pm. Los mensajes recibidos luego de las 23 serán respondidos a la mañana siguiente y la cantidad es casi nula por lo que puede ser desestimada.
- Los canales principales de contacto son chat, email y sms. Todo lo que refiere a redes sociales puede ser desestimado.

El análisis exploratorio está dividido en dos grandes secciones. La primera sección está enfocada en la demanda, es decir, la cantidad de conversaciones entrantes. La segunda sección, hace foco en tiempos de respuesta. Dicho esto, es necesario hacer la siguiente salvedad: para la demanda no eliminaremos outliers respecto a tiempos de respuesta, pero sí lo haremos para continuar con el análisis. Es importante hacer dicha aclaración, dado que previo a marzo del 2021, en CookUnity no había ningún analista dedicado a la extracción y análisis de data para *Customer Service*. En marzo del 2021, me incorporé a la empresa y logré dar visibilidad de las métricas del área por lo que se comenzó un plan de acción para reducir tiempos de respuesta, marcando objetivos y contratando gente para cubrir la demanda de la cual no había claridad. Por este motivo, es que la performance de Customer Service cambió rotundamente luego de marzo del 2021, y los tiempos son más representativos a partir de dicha fecha.

2.2.1 Distribución de la demanda

Realizamos un primer acercamiento para entender la cantidad de conversaciones mensuales/diarias/por hora que trataremos. Para realizar dicho ejercicio, consideramos fundamental desestimar los datos que no serán parte de nuestro análisis posterior, como las conversaciones iniciadas por redes sociales y las conversaciones entrantes fuera del horario de servicio, que como mencionamos con anterioridad son casi nulas por lo que las excluimos desde el inicio, y no son consideradas en las 168439 observaciones con las que trabajaremos.

Gráfico 1. Conversaciones entrantes por día entre 01/01/2021 y 30/06/2022

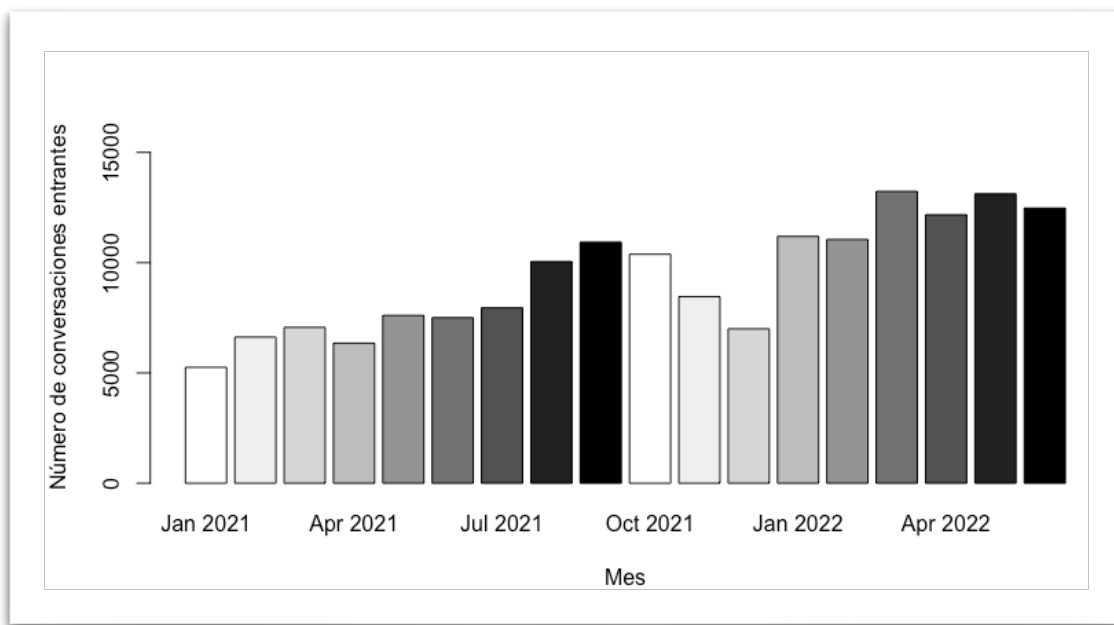


En este primer acercamiento al comportamiento de la demanda, vemos que hay una clara tendencia creciente a lo largo del tiempo. Podemos observar una clara diferencia entre el 2021 y lo que va del 2022, con una estacionalidad más marcada desde los inicios del corriente año.

Es interesante observar el pico de principios del 2021, cuyo origen es una tormenta de nieve que se inició el 28 de enero del 2021 en el Noroeste de Estados Unidos, provocando que Nueva York y Nueva Jersey declararan estado de emergencia. Esta situación generó lógicamente la imposibilidad de cumplir con el servicio de entregas, y en consecuencia, un pico de contacto de los usuarios con atención al cliente para poder entender cómo CookUnity iba a actuar ante dicha circunstancia.

Además, podemos observar que hacia fines del 2021 hay una fuerte caída de los contactos, dado que diciembre es un mes en los que muchos habitantes de Estados Unidos, que celebran la Navidad y Año Nuevo, se mueven hacia otras ciudades, y como consecuencia pausan el servicio por unas semanas.

Gráfico 2. Conversaciones totales entrantes por mes entre 01/01/2021 y 30/06/2022



Observamos un fenómeno estacional en donde en los meses de verano, julio, agosto, y principalmente septiembre, la cantidad de conversaciones entrantes presenta un pico. Esto está estrictamente relacionado con cuestiones propias del negocio donde se promovió el crecimiento de la compañía a través de campañas de marketing que fomentaron las suscripciones, luego de una ronda de inversión que recibió la compañía. Vemos que hay un claro pico de demanda para dichos meses.

Gráfico 3. Conversaciones totales entrantes por día de semana entre 01/01/2021 y 30/06/2022

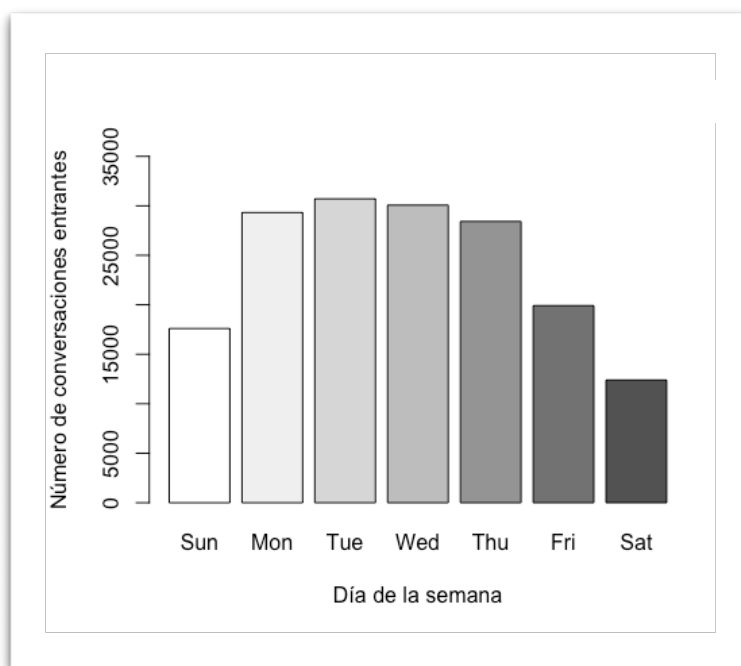
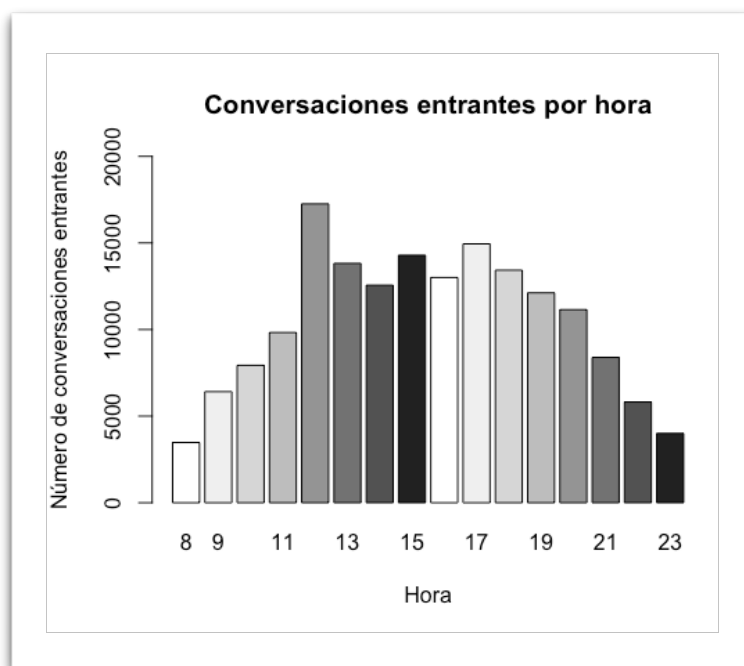
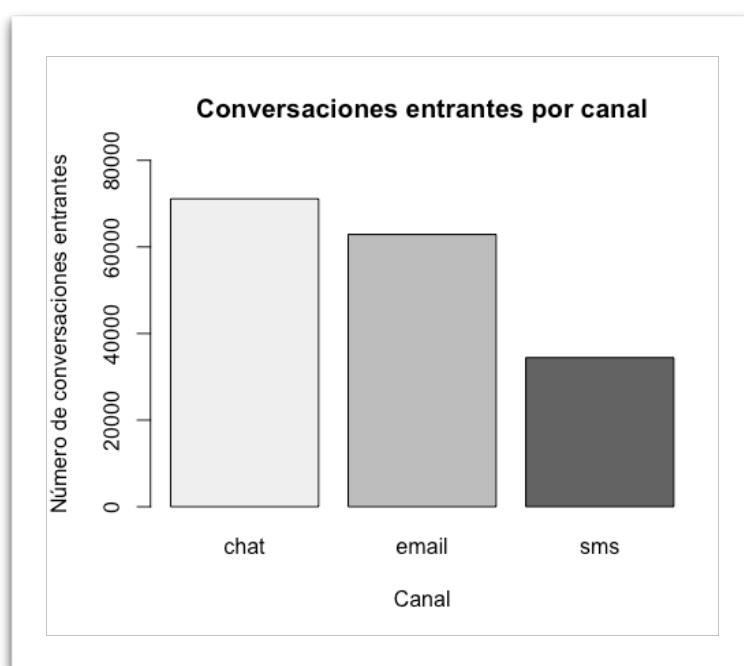


Gráfico 4. Conversaciones totales entrantes por hora entre 01/01/2021 y 30/06/2022



Además, vemos que, a lo largo del año, lunes martes y jueves fueron los días que acumularon más conversaciones entrantes, y que las 12hs y 17hs fueron las horas con más ingreso de conversaciones. Dicha distribución es de esperarse por las cuestiones comentadas anteriormente, siendo las 12hs y las 17hs dos horarios claves a nivel cierre de orden y cobro, y los días hábiles los que más entregas se realizan. Los días que más entregas se realizan naturalmente son los días de mayor recepción de conversaciones ya que hay chances de fricción debido a los circuitos de entrega y a cómo puede llegar el pedido.

Gráfico 5. Conversaciones totales entrantes por canal entre 01/01/2021 y 30/06/2022



Por último, observamos que en el 2021 el chat fue el canal más utilizado para que los usuarios puedan contactarse con CookUnity. Esto supone una expectativa de respuesta inmediata lógica a diferencia de los otros dos canales, principalmente del email, en donde el usuario tiene expectativas menores en cuanto a tiempos de respuesta. Respecto al mensaje de texto, particularmente en Estados Unidos, país de operación de CookUnity, se trata de un canal cuya expectativa es muy similar a la de chat ya que es utilizado a diario por las personas para rápida comunicación.

2.2.2 Usuarios

Observamos que mensualmente la cantidad de ordenes duplica a la cantidad de usuarios que ordenan. En el marco de un servicio de suscripción semanal entendemos entonces que los usuarios tienen una ratio de orden de 1/2. Si ordenasen todas las semanas, entonces la cantidad de ordenes mensuales debería cuadruplicar a la cantidad de usuarios. Esta idea se ve reflejada también en el gráfico a continuación en donde vemos que la cantidad de ordenes semanales es aproximadamente la mitad de la cantidad de usuarios que ordenan mensualmente.

Gráfico 6. Evolución de usuarios que ordenaron y de órdenes mensuales entre 01/01/2021 y 30/06/2022

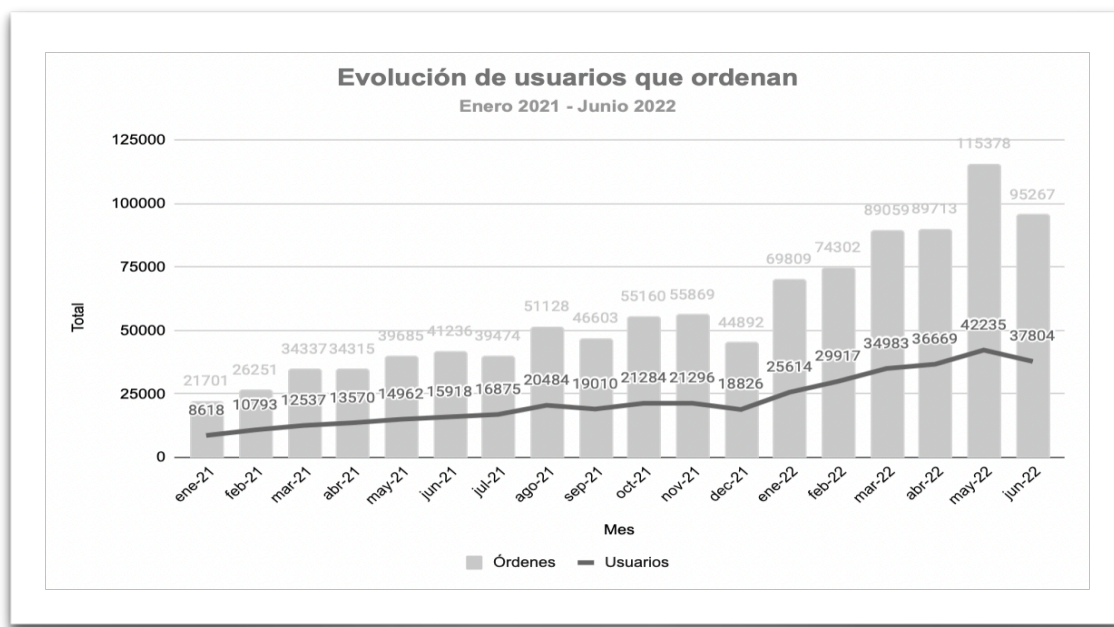
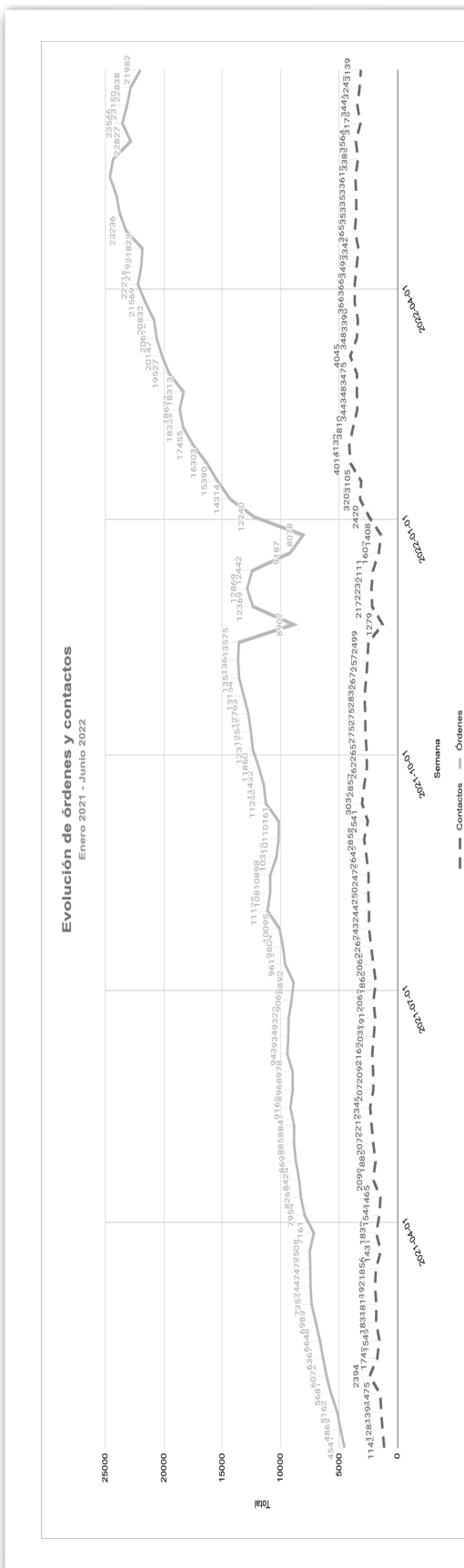
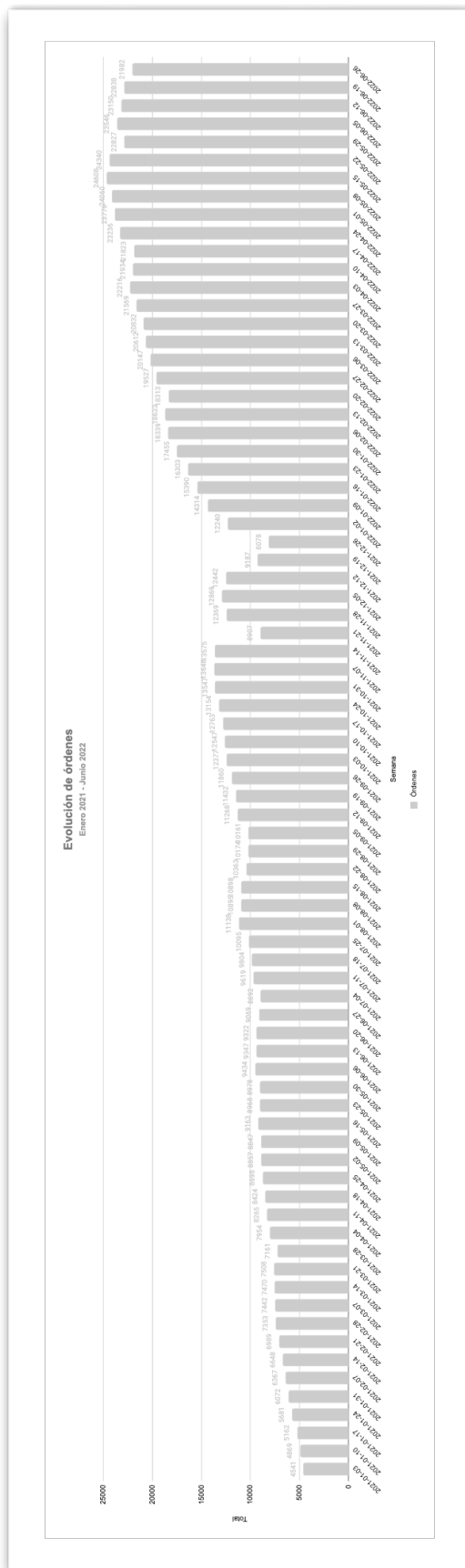


Gráfico 7. Evolución de órdenes semanales entre 01/01/2021 y 30/06/2022

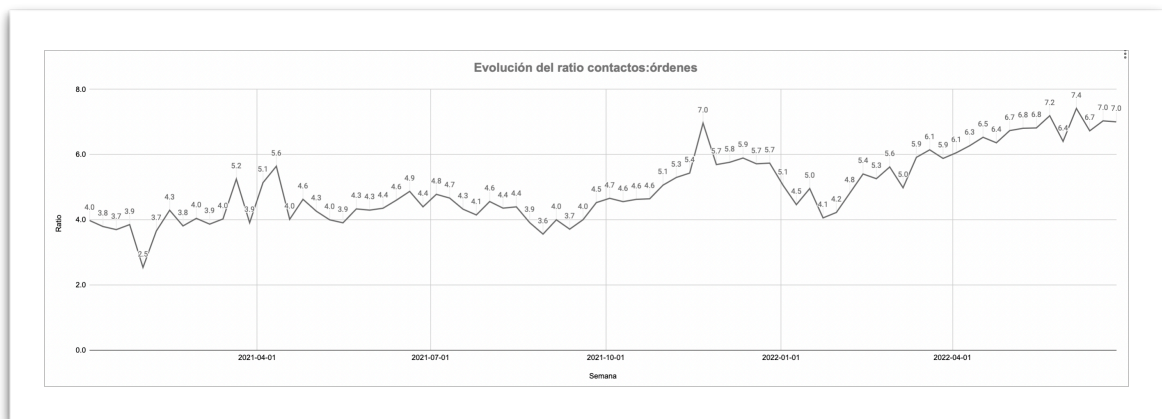
Gráfico 8. Evolución de órdenes y contactos semanales entre 01/01/2021 y 30/06/2022



Resulta muy importante comprender la relación entre órdenes semanales y la cantidad de conversaciones que ingresan. El análisis podría realizarse también sobre la base de usuarios activos semanalmente, y la relación sería muy similar. Sin embargo, optamos por realizarlo con la cantidad de órdenes/usuarios que ordenan, porque entendemos que el momento en el que se realiza la orden, el antes, el durante y el después, es el momento en el que mayor probabilidad de asistencia por parte de soporte hay en líneas generales. Además, la proyección de CookUnity se realiza sobre órdenes. De todos modos, habiendo explicado anteriormente que la ratio de usuarios que ordenan es de aproximadamente 1/2, entonces entendemos que la cantidad de usuarios activos duplica a la cantidad de usuarios que ordenan por semana.

En cuanto a la relación entre órdenes y contactos, vemos que durante el 2021 es de aproximadamente 1/4, pero a lo largo del tiempo se va estabilizando la cantidad de contactos, aunque las ordenes incrementen siendo alrededor de 1/6, un contacto cada seis órdenes. Si hacemos un promedio de todas las semanas contempladas, la ratio da exactamente 1/4.98.

Gráfico 9. Evolución de la ratio entre órdenes semanales y contactos entre 01/01/2021 y 30/06/2022



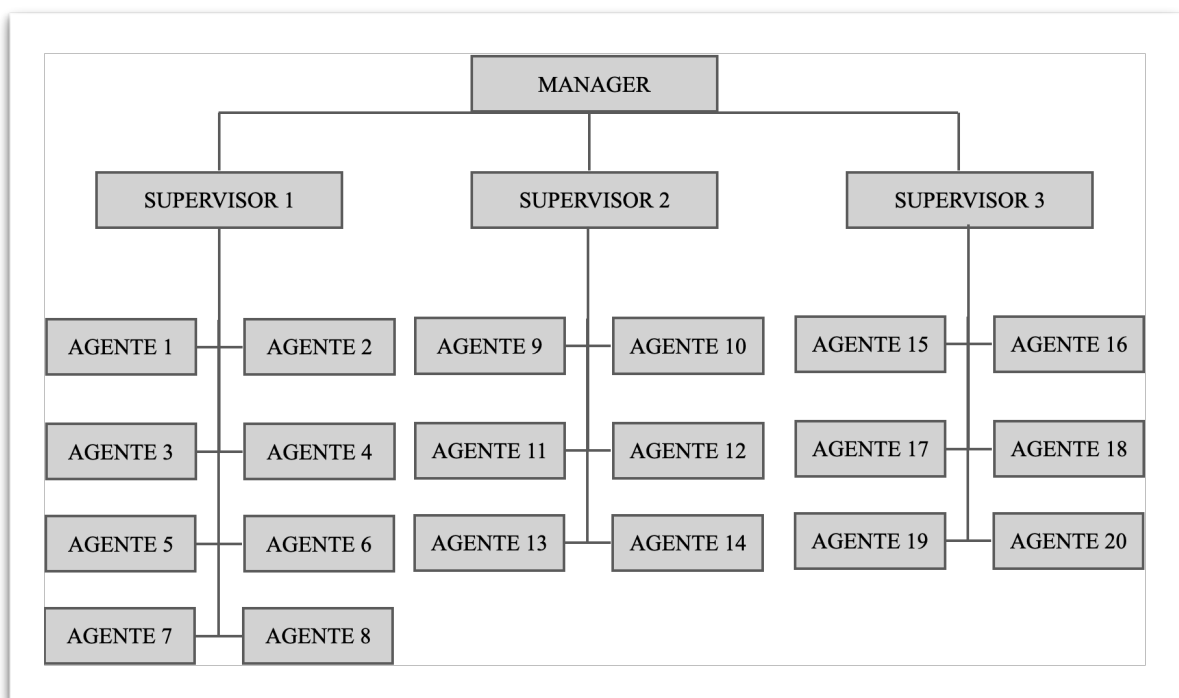
2.2.3 Estructura del equipo

El equipo de *Customer Service* está conformado por un manager, a quien le reportan tres supervisores y cada supervisor tiene cuatro agentes a cargo. El manager tiene una tarea estratégica. El foco está puesto en la creación de procesos y herramientas de mejora, y la contratación de agente. Los supervisores, tiene una tarea tanto proactiva como reactiva, ya que son quienes están constantemente asignando conversaciones a los distintos agentes, monitoreando que no haya alguna conversación excediendo los límites “normales” de tiempos de respuesta y resolución, controlando la performance individual de cada uno de los agentes, haciéndose cargo de las conversaciones que los agentes no se sienten capacitados para manejar, etc. Los agentes son quienes responden a las conversaciones entrantes, tienen distintos archivos con procesos, sugerencias, mensajes predeterminados (macros) y acceso al historial de los usuarios que contactan en caso de que sean clientes de CookUnity.

Los agentes tienen un período de adaptación y práctica en el que se les asignan menos conversaciones entrantes y su supervisor controla muy de cerca el manejo de la misma, los tiempos, las palabras utilizadas, etc. La curva de aprendizaje es alta, especialmente una vez que ya entienden la dinámica, los puntos de contacto dentro de la empresa para ciertos casos, etc.

Como comentamos en la introducción, CookUnity está muy enfocado en que la experiencia del consumidor sea memorable. Generalmente, si un cliente se contacta con *Customer Service* es ya sea o porque tiene una inquietud respecto al funcionamiento de la plataforma, o porque tiene algún problema, ya sea con su orden, con el envío, con la comida, etc. Es por este motivo que cada agente debe interiorizarse en quién es el cliente, y cuál es el motivo por el cual se contactó, dándole respuestas personalizadas.

Gráfico 10. Estructura del equipo de *Customer Service*



2.2.4 Análisis de valores atípicos

CookUnity utiliza una plataforma llamada *Kustomer* como herramienta de trabajo del equipo de *Customer Service*. Como mencionamos en la definición del problema, los agentes de dicha área son empleados de CookUnity que se organizan de acuerdo con la estructura del diagrama en la sección anterior. Es importante destacar esto dado que puede ocurrir errores humanos, que al caso de estudio sería que por ejemplo, un supervisor se olvide de asignarle una conversación a uno de los agentes y esta quede en espera por muchas horas, o que un agente no atienda la conversación, entre otras posibles situaciones. Esto deriva en tiempos de primera respuesta y de resolución muy altos. Otra situación que puede generar esto, es que haya un error en la plataforma de *Kustomer* o en la aplicación de CookUnity, por donde se accede al chat. Otra cuestión que da origen a valores atípicos en los datos a analizar es el hecho de que hubo mucha rotación de agentes dada la situación de pandemia, y muchas salidas por enfermedad lo que hizo que los tiempos en algunas ocasiones se disparen también.

Todos estos valores atípicos que surgen entorpecen la lectura de los datos y, por ende, puede resultar conveniente eliminarlos para trabajar con información que en verdad represente la operación diaria en trámites normales.

A continuación, veremos la distribución de los datos antes y después de la limpieza de dichos valores. Notamos que previo a la exclusión de *outliers*, la escala de tiempos de primera respuesta iba hasta 150000 minutos, mientras que una vez que los excluimos, la escala descende a 40 minutos. Lo mismo ocurre con los tiempos de resolución que descenden hasta 150 minutos.

Gráfico 11. Distribución del tiempo de primera respuesta por mes antes de eliminar *outliers*

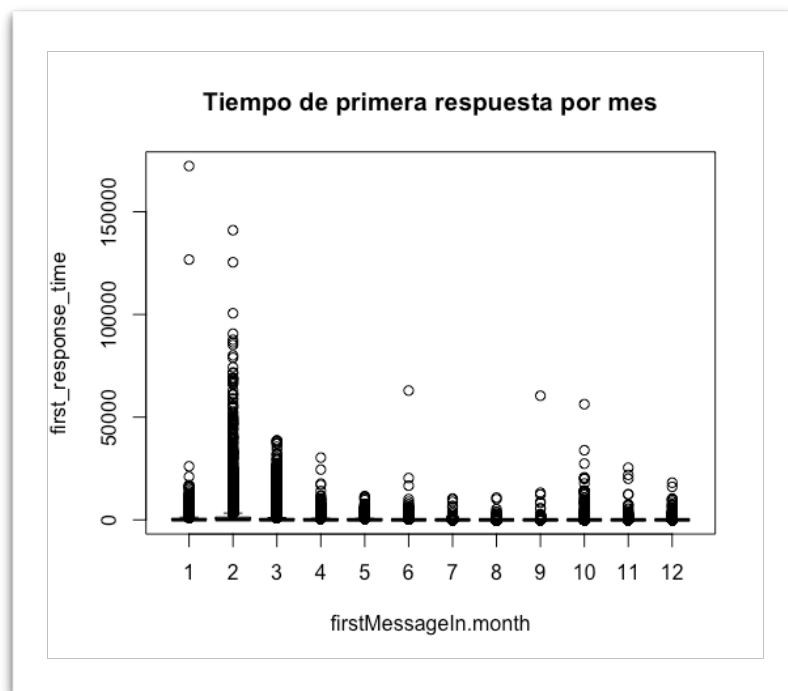


Gráfico 12. Distribución del tiempo de primera respuesta por mes luego de eliminar *outliers*

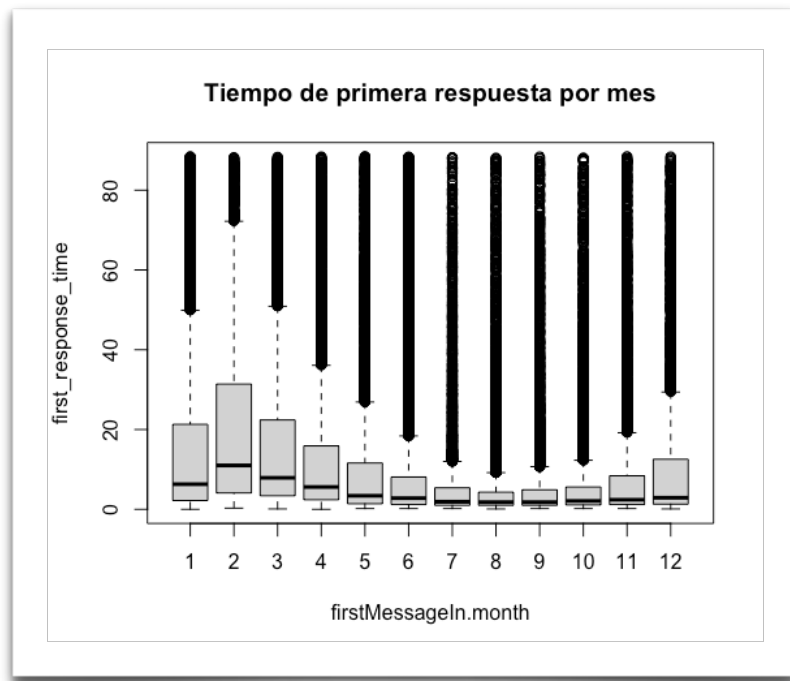


Gráfico 13. Distribución del tiempo de resolución por hora antes de eliminar *outliers*

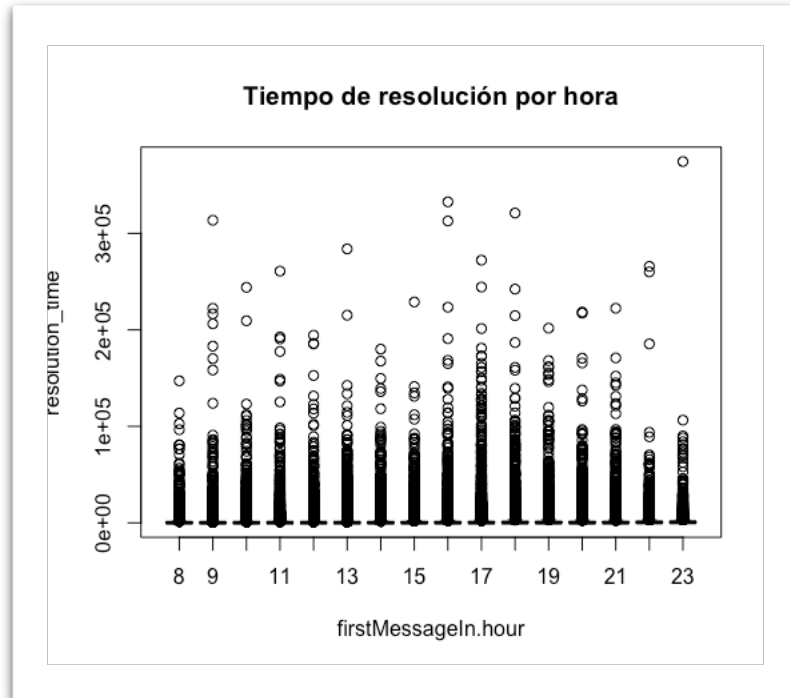
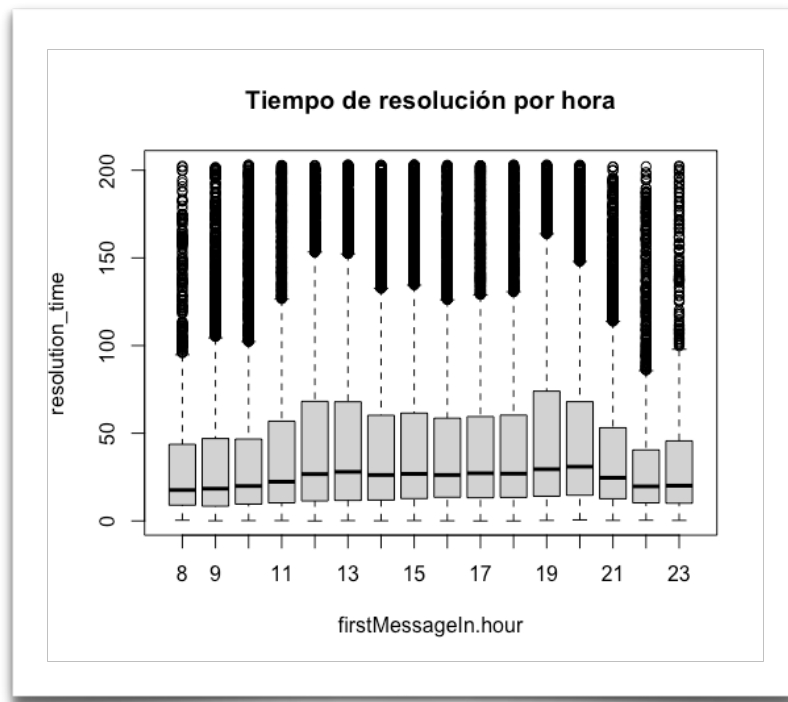


Gráfico 14. Distribución del tiempo de resolución por hora luego de eliminar *outliers*



2.2.5 Distribución de los tiempos

A continuación, veremos la distribución de los tiempos de respuesta por día y hora en los diferentes canales de contacto. La escala de color para los tiempos de primera respuesta, menor tiempo a mayor tiempo, de verde a rojo correspondientemente. Esto nos permite ver fácilmente cuáles son los días y horarios con peor performance en cada uno de los canales.

Tabla 3. Tiempo promedio de primera respuesta y de resolución por día y hora para chat

Tiempo promedio de primera respuesta por día y hora - Chat								Tiempo promedio de resolución por día y hora - Chat							
Día/Hora	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb	Día/Hora	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb
8	5.4	7.0	6.0	5.2	4.8	5.1	9.3	8	21.4	32.8	27.8	22.5	21.7	23.8	28.5
9	4.0	6.6	5.1	5.1	6.7	7.1	6.8	9	24.7	29.3	28.0	24.9	26.5	27.4	24.1
10	4.9	6.6	4.4	5.1	7.1	6.3	7.3	10	28.7	37.2	29.2	30.2	32.2	34.4	27.4
11	6.8	6.4	5.2	5.4	7.0	7.4	5.0	11	35.3	38.7	35.8	34.7	36.2	29.9	27.6
12	3.9	4.5	5.0	4.5	4.5	5.4	5.5	12	37.6	40.1	37.9	43.4	44.0	39.1	30.0
13	6.1	5.0	6.4	4.8	5.7	5.5	5.6	13	30.7	40.4	42.7	39.7	40.4	34.4	29.3
14	3.5	5.1	6.5	5.0	5.9	5.6	5.6	14	30.1	36.0	37.9	34.0	36.9	35.1	29.8
15	3.4	5.1	5.9	5.3	4.3	5.7	5.9	15	28.3	39.2	35.0	35.4	33.7	39.1	30.8
16	3.9	5.8	5.5	5.0	4.9	6.5	6.1	16	31.8	37.3	34.2	38.2	34.7	34.5	29.4
17	4.0	6.7	5.8	5.6	5.5	6.4	5.9	17	33.1	39.4	36.0	37.6	38.2	43.3	34.2
18	5.2	6.3	5.7	5.0	5.1	7.8	6.2	18	35.4	44.3	39.9	35.6	37.4	46.6	39.2
19	4.5	8.9	6.3	6.0	5.6	7.8	6.1	19	36.3	49.7	41.2	42.3	42.0	46.6	44.6
20	6.7	10.1	7.4	6.8	4.9	8.3	4.7	20	40.0	49.1	39.6	39.3	36.6	45.6	36.5
21	6.5	8.6	4.9	5.0	4.1	6.0	3.1	21	39.6	40.6	34.5	31.4	31.4	33.5	25.2
22	2.9	7.4	3.5	4.4	3.7	3.3	7.4	22	37.5	37.2	30.4	31.0	26.0	28.8	32.7
23	5.6	8.3	4.3	5.7	4.0	4.6	7.8	23	57.1	36.1	43.8	34.4	34.9	34.5	26.7

Tabla 4. Tiempo promedio de primera respuesta y de resolución por día y hora para sms

Tiempo promedio de primera respuesta por día y hora - SMS								Tiempo promedio de resolución por día y hora - SMS							
Día/Hora	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb	Día/Hora	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb
8	7.3	9.2	10.4	8.1	6.9	12.3	10.1	8	41.8	47.3	45.0	45.6	43.5	48.0	56.1
9	7.5	9.5	10.1	8.3	7.0	9.5	6.5	9	37.9	47.9	41.7	48.7	44.6	53.7	36.8
10	9.3	10.9	8.8	7.0	9.7	8.3	8.5	10	37.7	45.3	45.1	52.0	38.0	45.8	50.9
11	10.8	14.6	12.2	8.8	10.9	9.7	12.1	11	61.9	69.3	49.5	48.9	53.5	50.9	55.0
12	10.3	10.0	11.7	10.2	9.9	8.8	10.9	12	54.0	51.3	53.5	60.5	52.6	49.6	55.0
13	12.2	11.4	12.3	10.8	11.8	9.8	7.9	13	51.9	53.9	53.8	54.8	58.9	50.9	43.3
14	9.7	11.0	13.4	12.1	9.1	12.2	10.8	14	50.2	53.0	52.4	59.8	53.7	53.0	49.6
15	9.0	14.8	8.7	13.5	9.4	10.9	11.6	15	46.3	57.2	48.7	58.1	58.1	57.5	46.4
16	7.9	12.3	12.2	13.2	9.1	12.0	11.5	16	41.0	54.7	53.9	58.2	55.4	51.9	40.7
17	9.8	13.8	9.4	12.7	9.7	24.1	8.4	17	50.1	55.0	58.7	51.6	54.7	64.9	58.5
18	10.3	13.8	13.6	8.9	11.5	15.2	9.4	18	53.4	59.3	56.9	62.7	60.0	57.2	54.1
19	12.7	18.3	13.5	11.4	15.7	16.7	15.6	19	56.4	71.7	61.4	64.3	62.2	62.8	68.9
20	10.9	22.9	17.8	12.0	14.7	14.8	14.9	20	50.4	68.4	58.9	58.1	62.8	50.6	46.0
21	12.0	16.7	11.7	9.4	8.2	11.2	7.6	21	47.5	52.2	44.9	41.8	46.7	41.9	38.2
22	8.4	15.2	7.5	9.1	8.1	9.7	14.0	22	32.7	37.4	32.2	45.0	38.4	44.6	32.6
23	3.6	9.4	8.4	8.0	9.8	6.1	5.6	23	40.6	36.9	32.4	34.3	36.5	26.7	21.6

Tabla 5. Tiempo promedio de primera respuesta y de resolución por día y hora para email

Tiempo promedio de primera respuesta por día y hora - Email								Tiempo promedio de resolución por día y hora - Email							
Día/Hora	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb	Día/Hora	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb
8	21.1	21.6	30.2	24.1	22.7	32.5	31.2	8	40.1	40.7	54.8	52.4	41.4	48.3	49.4
9	26.9	27.1	25.2	26.7	26.7	20.6	26.0	9	57.6	38.2	49.3	49.5	44.1	42.2	47.5
10	23.1	25.2	26.8	23.0	26.0	24.3	30.7	10	43.7	44.6	44.4	37.9	44.0	48.3	49.0
11	28.6	31.5	32.3	24.0	26.2	21.8	28.3	11	54.8	50.0	55.9	51.7	46.7	46.0	51.6
12	27.2	27.5	26.7	36.5	32.5	35.1	41.3	12	62.6	50.3	43.4	72.3	66.7	55.7	65.2
13	33.0	35.1	29.5	35.7	37.5	34.6	35.4	13	64.8	57.5	49.9	66.5	65.0	58.2	52.6
14	27.7	36.3	33.0	35.5	34.2	31.2	30.9	14	53.6	61.7	64.4	61.7	58.9	58.1	56.8
15	27.4	31.7	32.8	38.2	37.9	40.6	34.1	15	48.9	52.1	58.3	68.3	61.4	67.6	52.0
16	27.2	32.5	29.4	40.0	37.2	39.2	36.9	16	54.1	53.5	53.2	62.9	61.0	57.4	69.2
17	29.9	30.6	31.0	35.3	30.1	36.2	32.3	17	56.3	51.4	55.5	59.5	50.9	51.5	54.3
18	35.6	25.6	30.5	38.1	28.3	30.5	38.2	18	58.1	54.0	64.5	65.9	51.4	55.4	65.1
19	36.8	34.3	33.0	38.2	34.9	35.2	43.1	19	64.9	69.3	65.6	67.5	58.8	66.9	78.5
20	36.0	41.6	36.2	40.1	38.0	36.5	42.1	20	53.9	57.4	61.0	64.5	67.7	55.9	66.3
21	33.9	30.5	32.6	34.6	33.8	30.6	24.1	21	48.0	43.7	52.7	52.2	53.3	55.0	43.5
22	22.3	23.9	21.4	23.4	24.0	24.5	33.8	22	31.6	31.2	35.2	33.4	33.7	41.3	47.0
23	13.8	25.7	18.7	23.2	21.0	31.2	28.6	23	50.5	35.2	27.8	39.8	38.6	42.6	40.4

Resulta muy fácil entender a partir de dichas tablas, cuáles son los momentos de mayor congestión en el servicio de atención al cliente. Es lógico que los tiempos de chat sean más elevados, siendo que es el canal del cual se espera mayor inmediatez, y los tiempos de los otros canales sean afectados como consecuencia.

Notamos que a partir de las 12 horas, los tiempos de primera respuesta comienzan a incrementar, y por ende los tiempos de resolución. Esto es lo esperable y coincide perfectamente con la distribución que vimos en el gráfico 4 de la sección “Distribución de la demanda”. A partir de las 21 horas es el momento en el que los tiempos comienzan a estabilizarse.

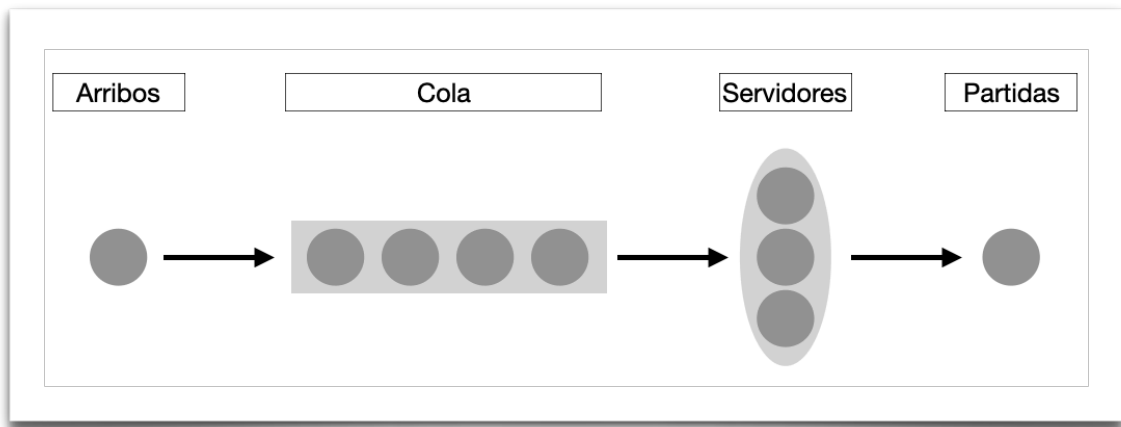
De acuerdo a la dinámica del negocio entonces, lo ideal es llegar a la hora en la que comienza el pico de demanda sin tener conversaciones pendientes de responder, y las que se acumulan durante el pico de demanda terminar de cerrarlas una vez que decrece el ingreso de nuevas conversaciones.

3. Metodología

3.1 Efectos de la incerteza en servicios: Congestión y espera

Se necesitan modelos que expliquen las esperas, debido a variaciones en el corto plazo de la oferta y la demanda, por lo que las compañías deben proveer exceso de capacidad. En este caso el exceso de capacidad se traduce como agentes de atención al cliente de más. Debemos decidir cuánta capacidad es suficiente, teniendo en cuenta el dilema entre costo y calidad; se requiere de una teoría que permita cuantificar y predecir el fenómeno de las esperas.

Figura 1. Representación gráfica de los componentes de una cola



Existe la aproximación de Sakasegawa, una fórmula que toma en cuenta el tiempo de ciclo, el factor de utilización y el factor de variabilidad.¹

Ecuación 1. Sakasegawa

Definimos:

$$W_q = \left(\frac{1}{S\mu} \right) \times \left(\frac{\rho^{\sqrt{2(S+1)}-1}}{1-\rho} \right) \times \left(\frac{cv_a^2 + cv_{serv}^2}{2} \right)$$

- W_q —> Tiempo de espera en cola
- S —> Cantidad de servidores
- λ —> Arribos
- ρ —> $\text{Min} \{ \lambda/(Su), 1 \}$
- Cv —> Coeficiente de variación de tiempos entre arribos
- $Cserv$ —> Coeficiente de variación de tiempos de servicios

¹ H. Sakasegawa. (1977)

Para realizar dicho análisis de congestión en servicios, hay un aspecto clave que respecta al proceso de llegadas, si el mismo es estacionario. En un proceso estacionario la cantidad esperada de llegadas en un intervalo depende del largo del intervalo y no del momento de comienzo del intervalo. Una verificación simple de realizar es graficar los arribos acumulados y ver si forman una recta.

Gráfico 15. Verificación del proceso de arribos a *Customer Service* en CookUnity 2021

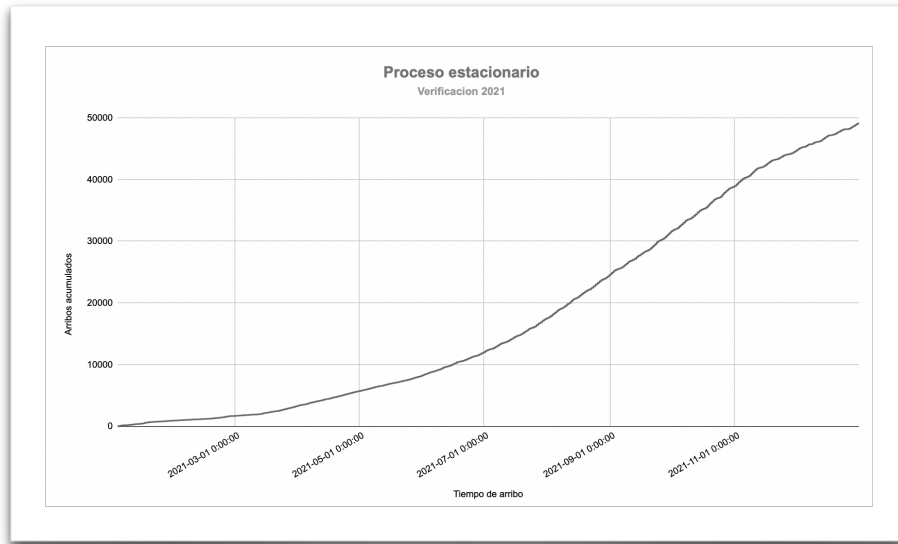
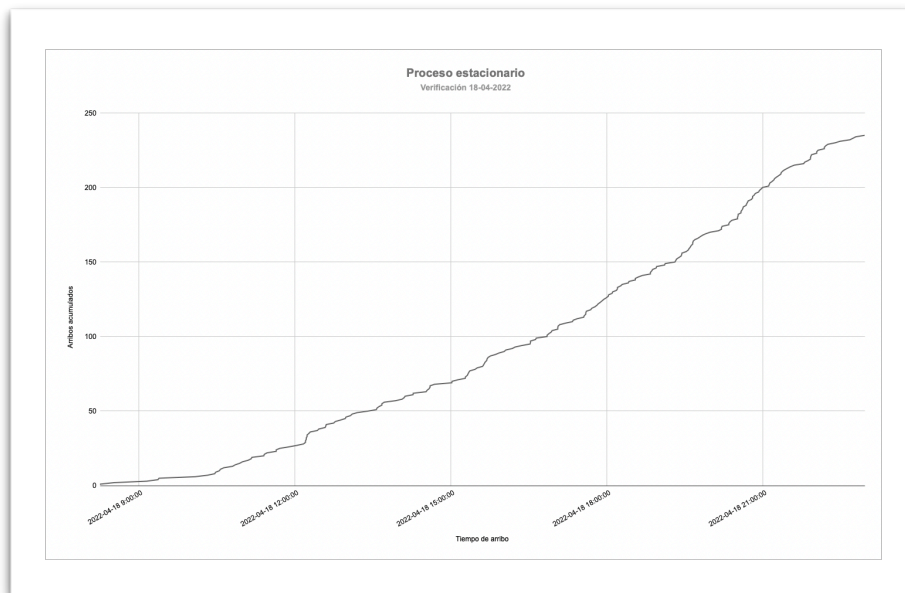


Gráfico 16. Verificación del proceso de arribos a *Customer Service* en CookUnity 18-04-2022



En los gráficos verificamos que el proceso no es estacionario, y por ende lo recomendable es partir en intervalos más pequeños y obtener tasas de arribo para cada uno de los intervalos.

Cuando la población de usuarios potenciales es grande y en cada instante, cada usuario es independiente de los demás en decidir si ingresa al sistema o no, es decir que no lo condiciona

ver la fila, la distribución Poisson es una buena aproximación. En el caso de un usuario que quiere contactar con soporte de CookUnity, validamos que el mismo contacta independientemente del comportamiento de los otros miles de usuarios potenciales a contactar, dado que la cola es virtual y no saben qué cantidad de espera hay al momento de ingresar a la conversación.

Si bien este modelo de Sakasegawa sirve para poder determinar la cantidad de servidores necesarios bajo la demanda actual, es decir, que no considera el pronóstico de crecimiento, resulta interesante realizar dicho estudio dado que es una metodología que se usa típicamente para escenarios similares. Es por lo que decidimos ponerlo en práctica para entender el ajuste con nuestros datos.

Ordenamos los datos por orden de llegada a *Customer Service* de todo el 2021 y luego calculamos el tiempo entre arribos entre cada una de las conversaciones entrantes consecutivas. Una vez hecho esto, calculamos el promedio, el desvío estándar y el coeficiente de variación tanto para el tiempo entre arribos como para el tiempo de procesamiento.

Tabla 6. Promedio, desvío y coeficiente de variación del tiempo entre arribos

Tiempo entre arribos	
Promedio	9.0
Desvío estándar	47.4
CV	5.2

Tabla 7. Promedio, desvío y coeficiente de variación del tiempo de procesamiento

Tiempo de procesamiento	
Promedio	43.9
Desvío estándar	45.3
CV	1.0

Con esto podemos calcular los parámetros que luego se utilizan con la fórmula de Sakasegawa que nos permite calcular el tiempo de espera en la cola y la congestión del servicio, dada una cierta cantidad de servidores disponibles.

Tabla 8. Parámetros calculados a partir de la información de las tablas 7 y 8

Parámetros	
λ	0.11
μ	0.02
CVarr	5.2
CVserv	1.0

A continuación, en la Tabla 9 veremos para cada servidor (S), la utilización (r), el tiempo promedio de espera en cola (Wq) y el número promedio de clientes en el sistema (Ls).

Tabla 9. Aplicación de planilla M/M/S para los datos de CookUnity

S	r	Wq	Ls
1	4.9	-788.9	-82.4
2	2.4	-793.5	-83.0
3	1.6	-814.0	-85.2
4	1.2	-1110.9	-118.1
5	1.0	4140.3	463.0
6	0.8	308.0	38.9
7	0.7	97.9	15.7
8	0.6	39.6	9.2
9	0.5	17.8	6.8
10	0.5	8.5	5.8
11	0.4	4.2	5.3
12	0.4	2.2	5.1
13	0.4	1.1	5.0
14	0.3	0.6	4.9
15	0.3	0.3	4.9
16	0.3	0.2	4.9

Sin considerar los costos, vemos que, a partir de 14 servidores, es decir, de 14 agentes respondiendo activamente a las consultas que llegan a *Customer Service*, el cliente tiene una espera de aproximadamente cinco minutos en cola, y hay un promedio de 5 clientes en el servicio. Si aumentamos a 11 servidores, vemos que el cliente tiene medio minuto de espera en cola y en el servicio hay la misma cantidad de clientes promedio.

3.2 Modelos

El objetivo principal de esta sección es pronosticar el arribo de conversaciones, no eliminaremos outliers de las bases respecto a tiempos de respuesta y resolución.

3.2.1 Modelos ARIMA

Los modelos ARIMA (Autorregresivos Integrados de Medias Móviles, por sus siglas en inglés), tratan de realizar previsiones acerca de los valores futuros de una variable utilizando únicamente como información la contenida en los valores pasados de la propia serie temporal.² El enfoque supone admitir que las series temporales poseen un carácter estocástico, lo que implica que deben analizarse sus propiedades probabilísticas.

El análisis univariante de series temporales presenta como ventaja frente a otros métodos de predicción el no depender de los problemas de información asociados a las variables endógenas o exógenas. Un proceso estocástico es un conjunto de variables aleatorias asociadas a distintos instantes del tiempo. En cada período o momento temporal se dispone de una variable que tendrá su correspondiente distribución de probabilidad. Se dice que un proceso estocástico es estacionario en sentido estricto si todas las variables aleatorias que componen el proceso están idénticamente distribuidas, independientemente del momento del tiempo en que se estudie el proceso. Sin embargo, la versión estricta de la estacionariedad de un proceso es excesivamente restrictiva para las necesidades prácticas. Generalmente nos conformaremos con un concepto menos exigente, el de estacionariedad en sentido débil. La contrastación empírica de algunas de estas condiciones puede realizarse fácilmente mirando el gráfico de la serie temporal o aplicando alguna prueba de raíz unitaria.

Previamente verificamos la estacionariedad por hora, ahora realizaremos la verificación diaria, es decir, el número de registros diarios.

En los gráficos observamos una demanda ruidosa, dado que se trata de la demanda diaria por lo que se perciben las fluctuaciones que se presentan debido a la cantidad de ordenes diarias que entrega la empresa y el impacto que esto tiene en atención al cliente, pero se ve una clara tendencia de crecimiento que se condice con el crecimiento del negocio.

² Box, G., Jenkins, G., Reinsel, G. (1976)

Gráfico 17. Verificación del proceso de arribos diarios a *Customer Service* en CookUnity Enero 2021 a Junio 2022

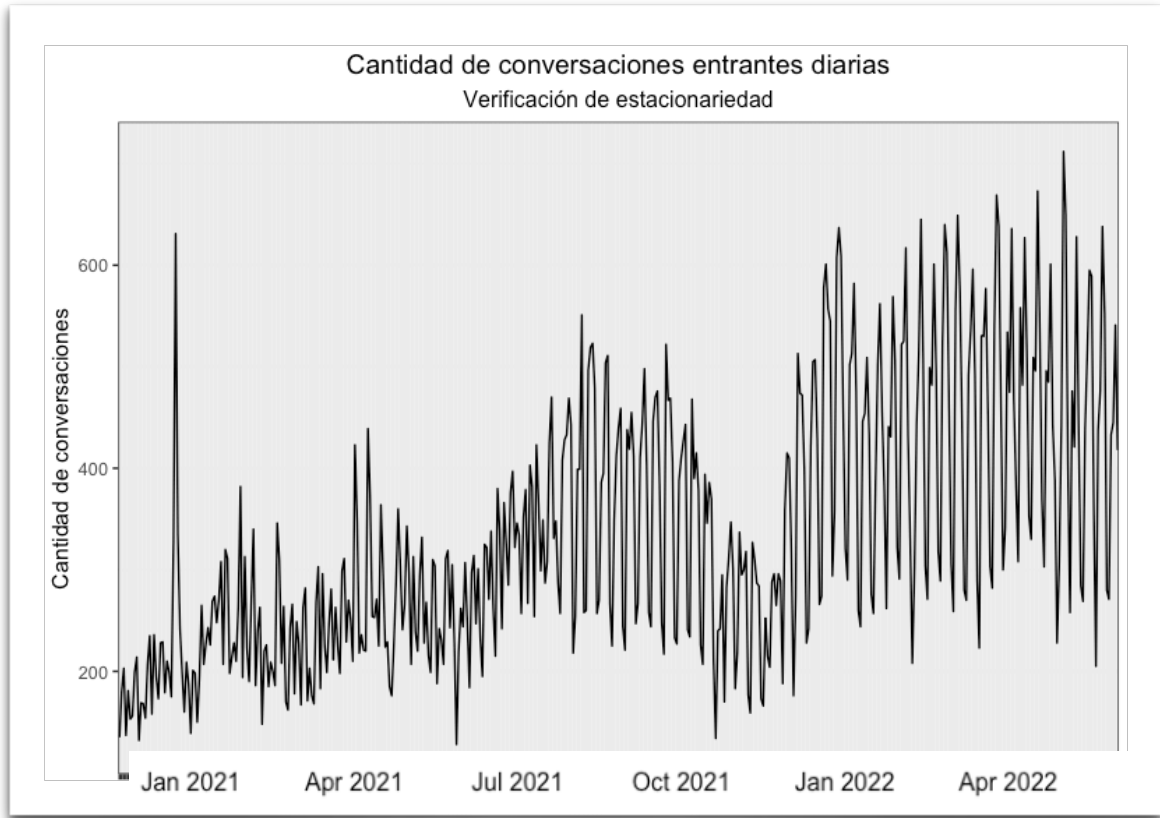
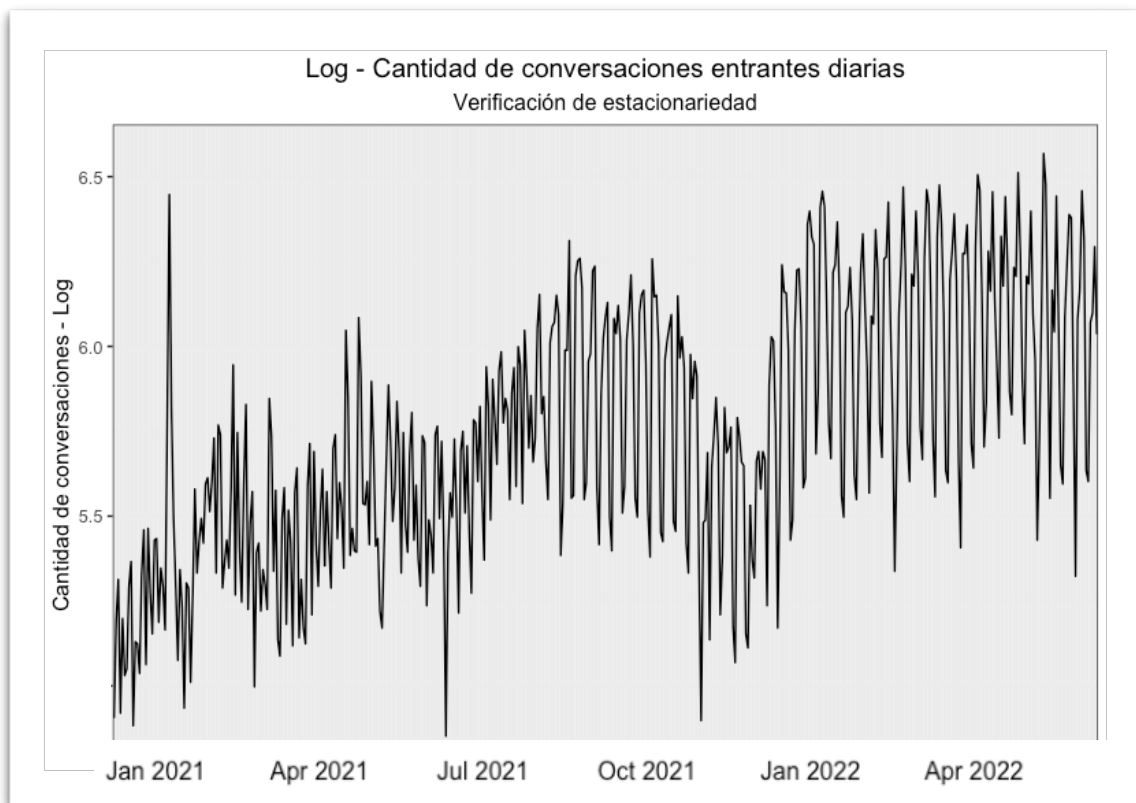


Gráfico 18. Verificación del proceso del logaritmo de arribos diarios a *Customer Service* en CookUnity 2021



Para estimar los distintos modelos ARIMA en R se utiliza la función *auto.arima* de la librería *forecast* que selecciona automáticamente el modelo a utilizar. Dicho modelo utiliza una variación del algoritmo de Hyndman-Khandakar que combina pruebas de raíz unitaria, minimización de AICc y estimación por máxima verosimilitud.³

El algoritmo sigue los siguientes pasos:

1. Se determina el número de diferenciaciones $0 \leq d \leq 2$ necesarias para volver estacionaria la serie en función del test KPSS.
2. Los valores de p y q se eligen en función de la minimización del AICc luego de diferenciar d veces la serie temporal. En lugar de utilizar todas las combinaciones posibles de p y q (que son potencialmente infinitas), el algoritmo usa una *step-wise search*:
 - a. Cuatro modelos iniciales son estimados:
 - ARIMA(0,d,2)
 - ARIMA(2,d,2)
 - ARIMA(1,d,0)
 - ARIMA(0,d,1)

Se incluye una constante salvo que $d=2$. Si $d \leq 1$, se adiciona el siguiente modelo inicial: -ARIMA(0,d,0) sin constante.

- b. El mejor modelo (con el menor AICc) estimado en el paso (a) se considerará el modelo actual.
 - c. Adicionalmente, se consideran variantes del modelo actual:
 - variando p y q respecto del modelo actual en ± 1 ;
 - incluyendo/excluyendo la constante del modelo actual. El mejor modelo (ya sea el actual o alguna variante) se convierte en el nuevo modelo actual.
 - d. Se repite el paso (c) tantas veces como sea necesario hasta que no se logre encontrar un menor AICc.

La función permite cambiar el criterio de información (usar AIC, AICc o BIC), estimar modelos estacionales (SARIMA), definir los valores máximos de p y q a considerar e incluir represores exógenos, entre otras opciones.⁴

³ Información extraída de: <https://otexts.com/fpp2/arima-r.html>

⁴ Información extraída de: <https://pronosticosbcu11.shinyapps.io/>

A continuación, veremos los resultados para 3 modelos distintos. Se decidió ver las diferencias entre un modelo simple, un modelo con 5 variables exógenas, y a partir de este un modelo con menos variables exógenas.

Tabla10. Resultado de modelos ARIMA

Regresores	Modelo 1 ARIMA(5,1,3)	Modelo 2 ARIMA(5,1,3)	Modelo 3 ARIMA(5,1,3)	Modelo 4 ARIMA(5,1,3)
AR1	-0.7740*** (0.0476)	-0.7783*** (0.0453)	-0.7811*** (0.0450)	-0.7838*** (0.0450)
AR2	-0.9434*** (0.0355)	-0.9570*** (0.0326)	-0.9548*** (0.0327)	-0.9537*** (0.0330)
AR3	-0.6512*** (0.0594)	-0.6704*** (0.0556)	-0.6718*** (0.0554)	-0.6729*** (0.0556)
AR4	-0.8494*** (0.0323)	-0.8736*** (0.0303)	-0.8726*** (0.0304)	-0.8708*** (0.0307)
AR5	-0.6547*** 0.0432	-0.6696*** (0.0418)	-0.6723*** (0.0415)	-0.6739*** (0.0413)
MA1	0.2860*** (0.0568)	0.3078*** (0.0539)	0.3047*** (0.0536)	0.3044*** (0.0544)
MA2	0.2297*** (0.0505)	0.2566*** (0.0499)	0.2482*** (0.0495)	0.2472*** (0.0501)
MA3	-0.3906*** (0.0696)	-0.4266*** (0.0615)	-0.4277*** (0.0624)	-0.4333*** (0.0617)
ordering_users	-	0.0129*** (0.0033)	0.0130*** (0.0034)	0.0126*** (0.0033)
reply_time	-	0.0085 (0.0062)	-	-
resolution_time	-	-0.0026 (0.0032)	-	-
prop_chat	-	65.0293 (69.1317)	61.9233 (69.4269)	-
prop_email	-	135.9619** (70.6241)	140.3690*** (70.8095)	-
AIC	6116.4	5107.87	5104.37	5104.66
AICc	5116.79	5108.94	5105.07	5105.15
BIC	5153.62	5169.9	5154	5146.01
RMSE	59.8531	58.514	58.6721	58.94825

3.2.1.1 Modelo ARIMA univariado

El primer modelo estimado, es un modelo ARIMA sin regresores adicionales. El modelo que resulta minimizar el AICc es un modelo (5,1,3). Como primer paso se realiza el test de Ljung-Box que examina la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación en una serie dada.⁵ No se rechaza la hipótesis nula de que plantea que los residuos se distribuyen de forma independiente, con un p-valor = 0.8085.

Los resultados del modelo se pueden ver en la tabla 10 y los resultados de los residuos el Apéndice A.

3.2.1.2 Modelo ARIMAX

El segundo modelo estimado, es un modelo ARIMAX ya que se incorporan regresores que se asumen exógenos, tales como:

- Tiempo de primera respuesta promedio
- Tiempo de resolución promedio
- Satisfacción promedio
- Proporción de chat/email (si incorporamos sms se considera redundante)
- Usuarios que ordenan

El modelo seleccionado es (5,1,3) y sus resultados pueden verse en la tabla 10 y los residuos en el Apéndice B. Al correr el rest de Ljung-Box no se rechaza la hipótesis nula con un p-valor=0.7869

3.2.1.3 Modelo ARIMAX con menos regresores

El tercer modelo estimado, es un modelo ARIMAX más parsimonioso ya que se incorporan como únicos regresores exógenos:

- Proporción de chat/email (si incorporamos sms se considera redundante)
- Usuarios que ordenan

El modelo seleccionado es (5,1,3) y sus resultados pueden verse en la tabla 10 y los residuos en el Apéndice C. En esta ocasión, se decide probar un modelo que solamente contemple las variables que intuitivamente podrían tener más relevancia para la estimación. Al correr el rest de Ljung-Box no se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de los errores con un p-valor=0.8145.

⁵ Ljung, G. M. and Box, G. E. P. (1978)

3.2.1.4 Modelo ARIMAX con un único regresor

El cuarto modelo estimado, es un modelo ARIMAX más parsimonioso aún ya que se incorporan como único regresor exógeno:

- Usuarios que ordenan

El modelo seleccionado es (5,1,3) y sus resultados pueden verse en la tabla 10 y los residuos en el Apéndice D. En esta ocasión, se decide probar un modelo que solamente contemple la variable que intuitivamente podría tener la mayor relevancia para la estimación. Al correr el test de Ljung-Box no se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación de los errores con un p-valor=0.8699.

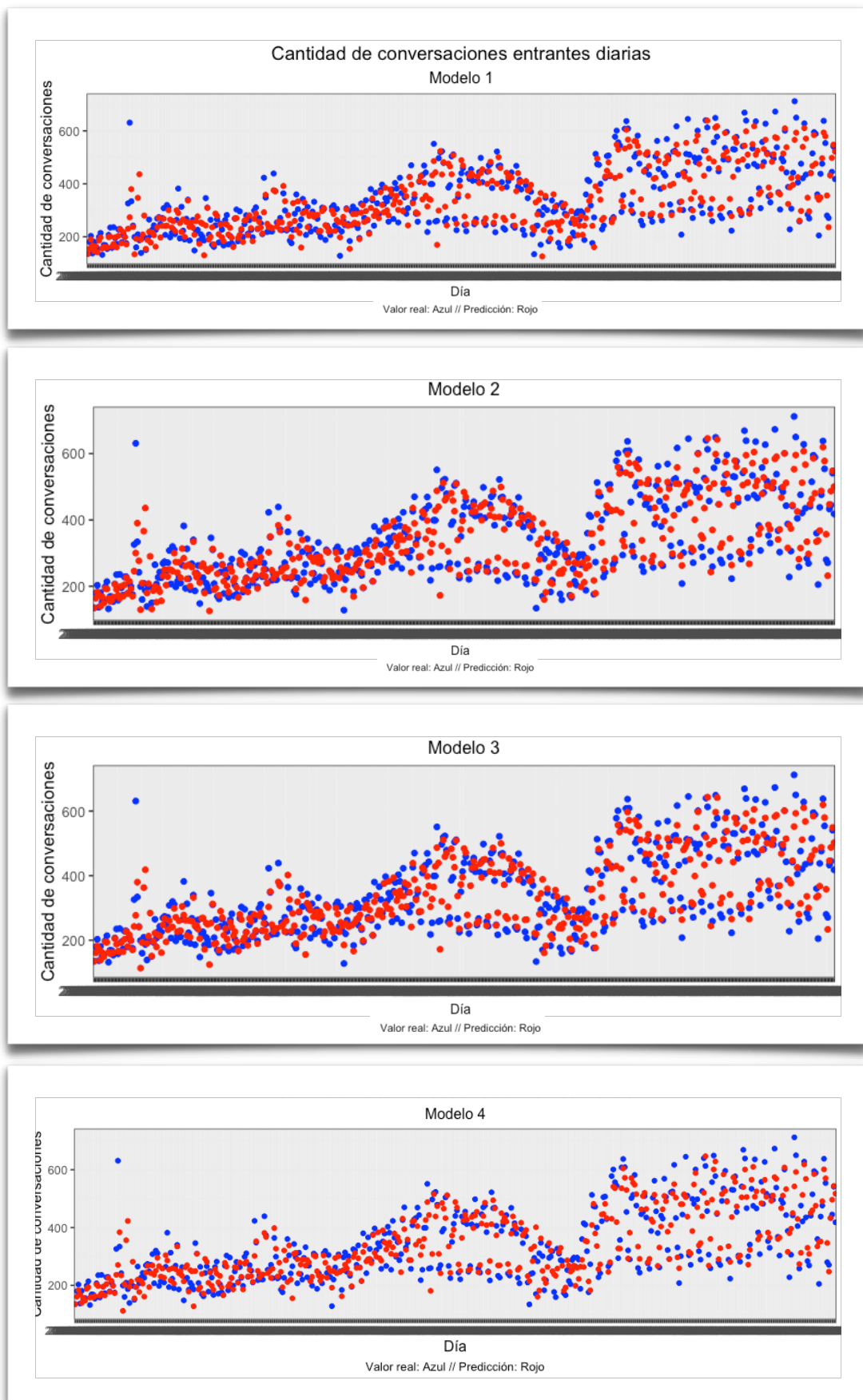
3.2.2 Comparación modelos ARIMA

En el gráfico 19, podemos observar los valores reales en color rojo, y las predicciones del modelo en color azul para los cuatro modelos descritos anteriormente. Lo que vemos es que tal como era de esperar dados los resultados detallados en la tabla 10, los modelos ajustan de forma muy similar. Al estimar los parámetros del modelo con la estimación de máxima verosimilitud, agregando parámetros adicionales es posible aumentar la probabilidad de ajuste, pero puede resultar en un ajuste excesivo. El BIC resuelve este problema introduciendo un término de penalización para el número de parámetros en el modelo.

El modelo 4 es el que tiene menor BIC y similar AIC que el modelo 3, pero la diferencia con los otros modelos es muy poca, por lo que no se ve a simple vista en el gráfico 16.

En el caso de la cantidad de usuarios ordenando, cada un usuario extra que ordena aumenta 0.0126 las conversaciones. Entonces podríamos decir que por cada 12 usuarios ordenando, se genera una conversación extra por lo que alrededor de un 8.5% de usuarios que ordenan a diarios son los que se contactan.

Gráfico 19. Comparación de los modelos ARIMA



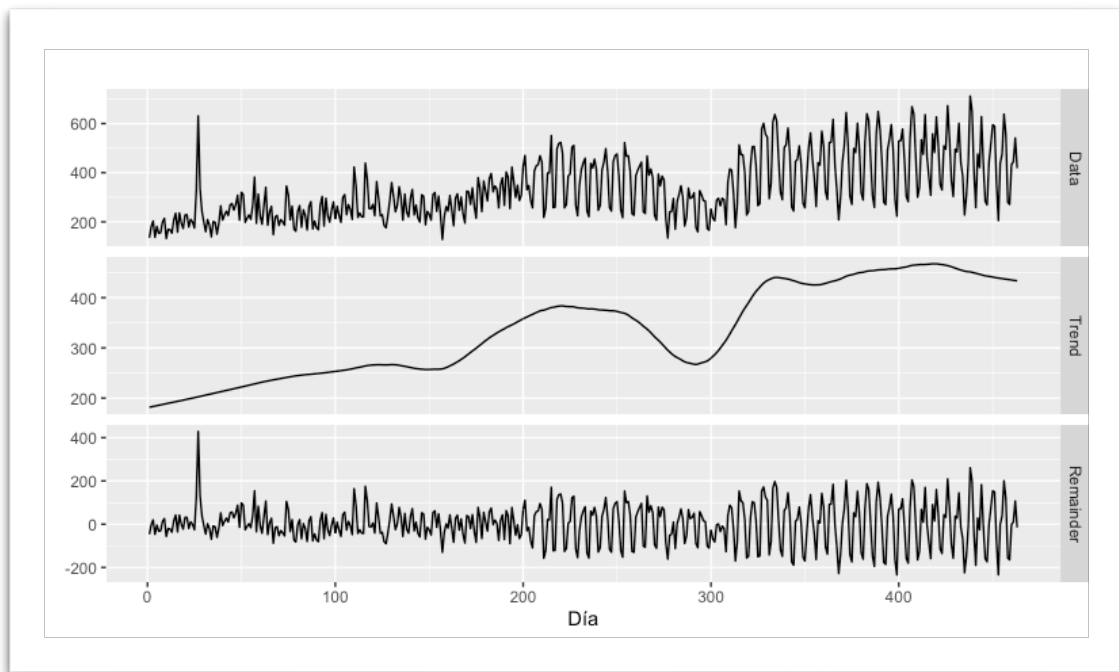
3.2.3 Modelo TBATS

Muchas series de tiempo exhiben múltiples patrones estacionales, como ciclos diarios, semanales, mensuales, etc. En general los modelos de series de tiempo representan un solo tipo de patrón estacional, por ejemplo, mensual, trimestral, etc. Si se considera que cualquier patrón periódico de longitud fija es un patrón estacional, a este se le puede llamar ciclo. El modelo BATS es la generalización más obvia de los modelos de innovación estacionales tradicionales que permiten múltiples períodos estacionales.⁶

Algunas ventajas claves de los modelos TBATS son:

- Admite un espacio de parámetros grande con posibilidad de mejores pronósticos.
- Permite múltiples componentes estacionales anidadas y no anidadas,.
- Trata características no lineales que a menudo se presentan en series de tiempo reales.
- Permiten que automáticamente se tenga en cuenta cualquier autocorrelación que se presente en los residuos.
- Involucra un método de estimación más simple y eficiente.

Gráfico 20. Modelo TBATS



⁶ Blaconá M. T., Andreozzi, L. (2013)

En el gráfico 20 se ve la distribución de la serie de tiempo. El segundo panel muestra el componente de tendencia. Vemos que el componente de tendencia estimado muestra un patrón de crecimiento continuo durante el año, y decrecimiento hacia fin de año. Este patrón de tendencia podría provenir de una estacionalidad adicional que no es capturado dado que no contamos con información de muchos períodos anteriores. El tercer panel, es el componente de error, que se determina eliminando la tendencia y la cifra estacional. Para manejar tales series, usaremos la clase *msts* que maneja múltiples series temporales de estacionalidad. Esto le permite especificar todas las frecuencias que podrían ser relevantes.

Podemos ver claramente que hay estacionalidad. Lo que podemos observar es una tendencia marcada de crecimiento que hacia fin de año decrece.

Al estimar el modelo TBATS obtenemos un AIC de 5931.68.

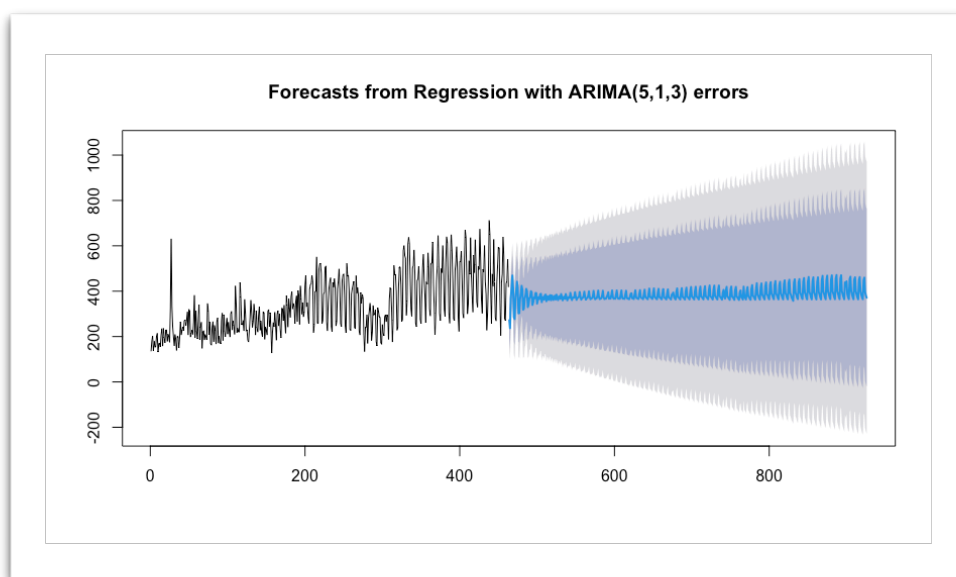
3.2. Selección de modelo

Luego de comparar el modelo 4 de los modelos ARIMA con el modelo de TBATS, seguimos eligiendo el modelo 4 dado que es el que minimiza el Criterio de Información de Akaike.⁷

Al analizar los residuos del modelo seleccionado, entendemos que no es del todo acertado. Sin embargo el promedio de los residuos cuando predice menos de lo que realmente fue el volumen, es de -40, mientras que cuando pronostica de más es de +46, por lo que no resulta alarmante el residuo. Los resultados están detallados en el Apéndice E.

Una vez seleccionado el modelo, continuamos con el pronóstico utilizando la función *forecast* para luego continuar con el ejercicio de optimización. Obtenemos el pronóstico detallado a continuación.

Gráfico 21. Pronóstico con el Modelo 4 ARIMA



⁷ Akaike, H. (1974)

Lo que vemos en escala de azul y gris es el pronóstico dependiendo los niveles de confianza seleccionados. En el Apéndice F, vemos el pronóstico detallado con los correspondientes niveles de confianza.

Dada la proyección de crecimiento del negocio, pero a la vez la mejora en los procesos internos que deberían ayudar a reducir la cantidad de contactos, avanzaremos a realizar el ejercicio de optimización con el escenario de *Hi 80*.

El pronóstico obtenido será el input principal para modelo de optimización. Si bien presenta cierto nivel de dispersión, en el modelo utilizaremos únicamente los primeros 30 registros, que son los más inmediatos ya que cada 30 días podremos reajustar con la data más reciente. En la definición del problema de optimización, en la próxima sección, abordaremos en más detalle dicha decisión.

4. Optimización con programación lineal entera

El objetivo de esta sección es utilizar el modelo estimado de demanda para encontrar la distribución óptima de agentes de *Customer Service* para poder brindar un buen servicio de atención al cliente y minimizar los costos de contratación. El dato de salida de esta sección es la distribución de agentes óptima los distintos días de la semana dentro de la franja horaria laboral definida.

4.1 Problema de optimización

La programación lineal entera permite modelar ejercicios de optimización para que el conjunto de soluciones factibles tome valores enteros.

Dado el contexto en el que contamos con diferentes trabajadores y la tarea de responder las consultas entrantes de los clientes de CookUnity con tiempos de primera resolución bajos para que esto sea un factor clave en la satisfacción del cliente, debemos realizar la planificación semanal de los trabajadores. El objetivo de nuestro problema es minimizar el backlog de mensajes entrantes, teniendo en cuenta el número de agentes en el equipo. Se busca asignar los agentes de *Customer Service* a los distintos horarios laborales de forma tal que se minimice el backlog dada la demanda proyectada. Se trata de un problema de doble asignación de programación lineal entera que resolveremos con la herramienta ZIMPL, para encontrar soluciones para problemas de programación lineal.⁸ El código se detalla en el [Apéndice G](#).

⁸ Koch, T., & Achterberg, T. (2009)

4.1.1 Supuestos

Para realizar este ejercicio, vamos a tener que establecer algunos supuestos para plantear un escenario base. Estos supuestos van a estar ligados principalmente a la distribución de la demanda diaria.

En primer lugar, es importante destacar que los tiempos de resolución en algunas ocasiones dependen de las distintas áreas de negocio, y en estos casos los mismos se extienden, por lo que asumiremos el promedio dado que realizamos limpieza de *outliers* o valores atípicos en la [Sección 2.2.4](#). En la [Sección 2.2.5](#) tenemos la distribución de tiempo de primera respuesta y resolución por día y hora pero para la simplificación del problema tomaremos el promedio ponderado diario por canal.

A continuación, veremos un promedio del período analizado de ambos tiempos, y los objetivos para cada uno de los canales de atención al cliente.

Tabla 11. Tiempo de respuesta y resolución promedio y objetivo por canal

	CHAT	SMS	EMAIL
Tiempo de primera respuesta promedio	5.7	11.0	30.8
Tiempo de primera respuesta objetivo	3.0	10.0	30.0
Tiempo de resolución promedio	35.1	50.3	53.2
Tiempo de resolución objetivo	20.0	30.0	60.0

En segundo lugar, el ejercicio de pronóstico de demanda fue realizado a nivel diario y de todos los canales conjuntos, por lo que asignaremos la distribución ponderada del ingreso de conversaciones por hora y canal, para poder alinearlos con los objetivos de *performance*.

Tabla 12. Distribución de demanda por canal y hora

HORA	CHAT	SMS	EMAIL
8	1.3%	0.5%	0.3%
9	2.5%	1.1%	0.7%
10	3.0%	1.3%	0.8%
11	3.5%	1.5%	0.9%
12	6.4%	2.7%	1.7%
13	5.1%	2.1%	1.3%
14	4.7%	2.0%	1.3%
15	5.3%	2.3%	1.4%
16	4.7%	2.0%	1.2%
17	5.2%	2.2%	1.4%
18	4.3%	1.8%	1.2%
19	3.9%	1.7%	1.0%
20	3.9%	1.7%	1.0%
21	2.9%	1.2%	0.8%
22	1.7%	0.7%	0.5%
23	0.7%	0.3%	0.2%

4.1.2 Definición del problema de optimización

Debemos definir el esquema de horarios de cada uno de los agentes de *Customer Service A*, para responder a las conversaciones entrantes por los canales *C*. Cada conversación, requiere de un tiempo prefijado de resolución. La semana a planificación es semanal, días *D*, de lunes a domingo. Cada día tiene 16 horas laborales *H*, de 8 a 24. Se asume que cada conversación dependiendo del canal se puede realizar en un tiempo de resolución dado, y que cada trabajador puede tener en simultáneo 4 conversaciones. También se asume que todas las conversaciones entran al inicio de la hora por simplicidad.

Para realizar el ejercicio de optimización se toman los primeros 30 registros del pronóstico de demanda realizado anteriormente, dado que son los registros más inmediatos, luego el modelo puede ir ajustándose cada 30 días. Además, a fines prácticos, no queremos un esquema de horarios demasiado dinámico dado que es muy difícil de implementar, cambiando los horarios de los trabajadores constantemente. Por eso queremos proponer esquemas de un mes, en los que el horario para los agentes no varíe, pero tengamos la suficiente flexibilidad para ajustar con datos más recientes que se adapten a la realidad del negocio más actual. Es importante destacar, que en el modelo detallamos la distribución de demanda por canal y por hora en porcentaje, como en la Tabla 12, es decir que es la fracción de la demanda total pronosticada.

Se deben cumplir con las siguientes restricciones para que la solución sea factible:

- Las conversaciones de chat deben ser resueltas en la hora
- La jornada laboral es de 9 horas
- Las horas de trabajo deben ser de corrido
- Ningún trabajador puede trabajar más de 5 días a la semana
- Los trabajadores tienen una remuneración fija independientemente de la cantidad de conversaciones que realicen
- Los trabajadores deben tener dos días libres consecutivos
- Los trabajadores deben comenzar su turno todos los días a la misma hora

Variable de decisión

$A = \{1, \dots, 20\}$: conjunto de agentes,

$D = \{1, \dots, 30\}$: días del mes, representados en forma consecutiva,

$H = \{8, \dots, 23\}$: horas del mes, representadas en forma consecutiva desde las 8 hs hasta las 23 hs,

$C = \{\text{'chat'}, \text{'sms'}, \text{'email'}\}$: canales de atención al cliente por los que ingresan las conversaciones.

Definimos el parámetro $c_c \in \mathbb{R}$ para cada canal $c \in C$, que especifica el tiempo promedio de atención al cliente por canal. Para determinar los tiempos de atención que se le dedican exclusivamente a cada consulta en cada canal, tomamos la diferencia entre el tiempo de resolución y de primera respuesta. Para chat y sms, lo dividimos en tres para aislar el factor de que están calculados con la dinámica de trabajo actual en la que los agentes atienden aproximadamente tres consultas a la vez. Para email, lo dividimos en dos, dado que es un canal que por su naturaleza a lo sumo pierdan el foco de atención una vez, para resolver el resto de los canales más inmediatos y luego retomen a finalizar. En este canal, la redacción suele ser más extensa, y se busca dar la mayor cantidad de detalle posible al usuario para que no tengan la necesidad de volver a preguntar y se tenga que continuar el hilo de conversación. Además, definimos el parámetro $\text{distr}\{h*c\} \in \mathbb{R}$ para cada canal $c \in C$ y para cada hora $h \in H$, que especifica la distribución de conversaciones entrantes diarias por hora por canal. Por último, definimos el parámetro de $d_d \in \mathbb{Z}^+$ que especifica la demanda diaria de conversaciones.

A continuación, se introducen las siguientes variables:

- X_{idh} : el agente i comienza un turno en la hora h del día d (binaria)
- K_{idh} : el agente i comienza todos los días d a la misma hora h (binaria)
- Y_{cdh} : tiempo de atención de mensajes de tipo c en la hora h del día d (debe ser mayor o igual a 0)
- Z_{cdh} : backlog de mensajes de tipo c luego de la hora h del día d (debe ser mayor o igual a 0)

A partir de la definición de los parámetros y las variables, podemos definir el siguiente modelo:

$$(1) \quad \min \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} \sum_{h \in H} Z_{c,d,h}$$

$$(2) \quad \sum_{h \in H} X_{i,d,h} \leq 1 \quad \forall i, d \in A * D$$

$$(3) \quad X_{i,d,h} = 0 \quad \forall i, d, h \in A * D * H, h > 16$$

- (4) $x_{i,d,h} = \sum_{dp \in D, d-5 \leq dp \leq d} k_{i,dp,h}$ $\forall i, d, h \in A * D * H,$
- (5) $k_{i,d,h} = k_{i,d-7,h}$ $\forall i, d, h \in A * D * H, d > 7$
- (6) $Y_{c,d,h} \leq (d * \text{distr}(h, c)/100) + Z_{c,d,h-1}$ $\forall c, d, h \in C * D * H, h > 8$
- (7) $Y_{c,d,8} \leq (d * \text{distr}(8, c)/100) + Z_{c,d-1,23}$ $\forall c, d \in C * D, d > 1$
- (8) $Y_{c,1,8} \leq (d_1 * \text{distr}(8, c)/100)$ $\forall c \in C,$
- (9) $Z_{c,d,h} \geq (d * \text{distr}(h, c)/100) - Y_{c,d,h} + Z_{c,d,h-1}$ $\forall c, d, h \in C * D * H, h > 8$
- (10) $Z_{c,d,8} \geq (d * \text{distr}(8, c)/100) - Y_{c,d,8} + Z_{c,d-1,23}$ $\forall c, d \in C * D, d > 1$
- (11) $Z_{c,1,8} \geq (d_1 * \text{distr}(8, c)/100) - Y_{c,1,8}$ $\forall c \in C,$
- (12) $Z_{chat,d,h} = 0$ $\forall d, h \in D * H$
- (13) $\sum_{c \in C} \text{atencion}[c] * y_{c,d,h} \leq 60 * \sum_{i, hp \in A * H, h \leq hp+8, hp \leq h} x_{i,d,hp}$ $\forall d, h \in D * H$
- (14) $\sum_{d,h \in D * H, d \leq 7} k_{i,d,h} = 1$ $\forall i \in A$

La función objetivo busca minimizar el backlog total (1), sujeto a que cada agente comience un solo turno diario (2), como máximo a las 16:00hs (3), y siempre a la misma hora (4). Cada agente trabaja 5 días y descansa 2 días seguidos (5). No se atiende más que la demanda y el backlog (6,7,8), definiendo el backlog como la acumulación de conversaciones pendientes de responder que no se finalizaron en la hora en curso y pasan a la siguiente (9,10,11). Se le exige al modelo que el canal de atención chat, no acarree backlog dada la inmediatez que supone el cliente al decidir contactarse mediante el mismo (12). Por último, se define el tiempo máximo de atención (13) y se especifica que todos los agentes deben comenzar en la primera semana (14).

5. Resultados

5.1 Solución del problema de optimización

Se implementó el modelo en el lenguaje de modelado ZIMPL y se resolvió con el solver SCIP con un tiempo máximo de ejecución de 1 minuto. Luego de este tiempo, la solución obtenida tiene un gap de optimalidad de 0.0 %.

La solución nos proporciona el detalle del esquema de horarios óptimos para los agentes, dependiendo la demanda pronosticada. En la tabla 13 exhibimos cuántos agentes comienzan por hora, pero en el la solución del modelo de optimización, tenemos el detalle por agente.

Tabla 13. Cronograma de comienzo de cantidad de agentes por hora

Hora/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
8	2	2	2	2	3	4	2	4	4	4	3	3	4	2	4	4	4	3	3	4	2	4	4	4	3	3	4	2	4	4	
9	1	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2	3
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
12	2	3	4	4	4	5	3	4	4	5	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5	3	4	4	5	5	4	5	3	4	4	
13	0	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2
14	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
15	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	0	2	2	
16	0	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2

Es de esperar, dado la distribución de la demanda, que durante la mañana tengamos la mayor cantidad de agentes iniciando sesión, y que en el horario pico es en el que se llegue con la mayor cantidad de agentes activos para poder proporcionar la mejor atención posible, con los tiempos de respuesta óptimos dado el staff definido y las restricciones impuestas.

A continuación veremos una tabla para cada canal, chat, sms y email, con el tiempo de atención por día y hora que se estima dado el esquema de agentes sugerido de la Tabla 13.

Tabla 14. Tiempo de atención de mensajes de chat por día y hora

Hora/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8	3.5	3.1	4.8	5.4	6.1	5.4	3.7	3.6	4.7	5.2	5.7	5.3	3.9	3.9	4.7	5.1	5.5	5.3	4.1	4.2	4.8	4.9	5.3	5.2	4.3	4.4	4.8	4.8	5.2	5.1
9	6.8	5.9	9.2	10.4	11.7	10.4	7.1	6.9	9.1	10.1	11.1	10.3	7.6	7.6	9.1	9.7	10.6	10.1	7.9	8.1	9.2	9.5	10.3	10.0	8.2	8.5	9.2	9.3	10.0	9.9
10	8.2	7.1	11.0	12.5	14.1	12.5	8.6	8.3	10.9	12.1	13.3	12.3	9.1	9.1	11.0	11.7	12.7	12.2	9.5	9.7	11.0	11.4	12.3	12.0	9.9	10.2	11.1	11.2	12.0	11.9
11	9.5	8.3	12.8	14.5	16.4	14.5	10.0	9.7	12.7	14.1	15.5	14.4	10.6	10.6	12.8	13.6	14.8	14.2	11.1	11.3	12.8	13.3	14.4	14.0	11.5	11.9	12.9	13.0	14.0	13.8
12	17.4	15.2	23.4	26.6	30.0	26.6	18.2	17.7	23.2	25.7	28.3	26.3	19.3	19.3	23.4	24.9	27.1	25.9	20.4	20.6	23.5	24.3	26.2	25.6	21.1	21.7	23.6	23.8	25.5	25.3
13	13.9	12.1	18.7	21.2	23.9	21.2	14.5	14.1	18.5	20.5	22.5	21.0	15.4	15.4	18.6	19.8	21.6	20.7	16.2	16.4	18.7	19.4	20.9	20.4	16.8	17.3	18.8	19.0	20.3	20.1
14	12.8	11.1	17.2	19.5	22.0	19.5	13.4	13.0	17.1	18.9	20.8	19.3	14.2	14.2	17.2	18.3	19.9	19.0	14.9	15.1	17.2	17.9	19.3	18.8	15.5	15.9	17.3	17.5	18.8	18.6
15	14.4	12.6	19.4	22.0	24.9	22.0	15.1	14.6	19.2	21.3	23.4	21.8	16.0	16.0	19.3	20.6	22.4	21.5	16.9	17.1	19.5	20.1	21.7	21.2	17.4	18.0	19.6	19.7	21.1	20.9
16	12.8	11.1	17.2	19.5	22.0	19.5	13.4	13.0	17.1	18.9	20.8	19.3	14.2	14.2	17.2	18.3	19.9	19.0	14.9	15.1	17.2	17.9	19.3	18.8	15.5	15.9	17.3	17.5	18.8	18.6
17	14.1	12.3	19.0	21.6	24.4	21.6	14.8	14.4	18.9	20.9	23.0	21.4	15.7	15.7	19.0	20.2	22.0	21.1	16.5	16.7	19.1	19.8	21.3	20.8	17.1	17.6	19.2	19.3	20.7	20.5
18	11.7	10.2	15.7	17.8	20.2	17.8	12.3	11.9	15.6	17.3	19.0	17.7	13.0	13.0	15.7	16.7	18.2	17.4	13.7	13.8	15.8	16.3	17.6	17.2	14.1	14.6	15.9	16.0	17.2	17.0
19	10.6	9.2	14.3	16.2	18.3	16.2	11.1	10.8	14.2	15.7	17.2	16.0	11.8	11.8	14.2	15.2	16.5	15.8	12.4	12.6	14.3	14.8	16.0	15.6	12.8	13.2	14.4	14.5	15.6	15.4
20	10.6	9.2	14.3	16.2	18.3	16.2	11.1	10.8	14.2	15.7	17.2	16.0	11.8	11.8	14.2	15.2	16.5	15.8	12.4	12.6	14.3	14.8	16.0	15.6	12.8	13.2	14.4	14.5	15.6	15.4
21	7.9	6.9	10.6	12.0	13.6	12.0	8.3	8.0	10.5	11.7	12.8	11.9	8.8	8.8	10.6	11.3	12.3	11.7	9.2	9.3	10.6	11.0	11.9	11.6	9.5	9.8	10.7	10.8	11.6	11.5
22	4.6	4.0	6.2	7.1	8.0	7.1	4.8	4.7	6.2	6.8	7.5	7.0	5.1	5.1	6.2	6.6	7.2	6.9	5.4	5.5	6.2	6.5	7.0	6.8	5.6	5.8	6.3	6.3	6.8	6.7
23	1.9	1.7	2.6	2.9	3.3	2.9	2.0	1.9	2.5	2.8	3.1	2.9	2.1	2.1	2.6	2.7	3.0	2.8	2.2	2.3	2.6	2.7	2.9	2.8	2.3	2.4	2.6	2.6	2.8	2.8

Tabla 15. Tiempo de atención de mensajes de sms por día y hora

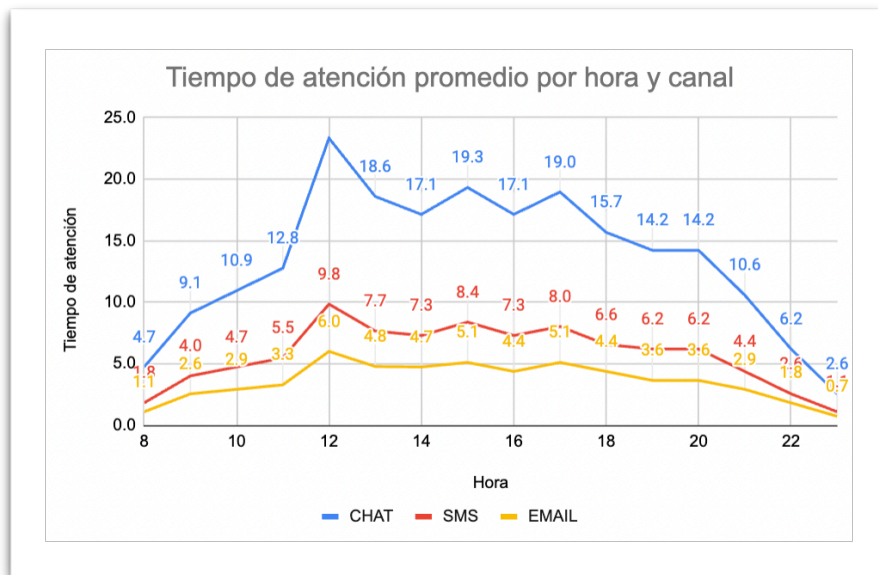
Hora/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8	1.4	1.2	1.8	2.1	2.3	2.1	1.4	1.4	1.8	2.0	2.2	2.1	1.5	1.5	1.8	1.9	2.1	2.0	1.6	1.6	1.8	1.9	2.1	2.0	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0
9	3.0	2.6	4.0	4.6	5.2	4.6	3.1	3.0	4.0	4.4	4.9	4.5	3.3	3.3	4.0	4.3	4.7	4.5	3.5	3.5	4.0	4.2	4.5	4.4	3.6	3.7	4.1	4.1	4.4	4.3
10	3.5	3.1	4.8	5.4	6.1	5.4	3.7	3.6	4.7	5.2	5.7	5.3	3.9	3.9	4.7	5.1	5.5	5.3	4.1	4.2	4.8	4.9	5.3	5.2	4.3	4.4	4.8	4.8	5.2	5.1
11	4.1	3.6	5.5	6.2	7.0	6.2	4.3	4.1	5.4	6.0	6.6	6.2	4.5	4.5	5.5	5.8	6.3	6.1	4.8	4.8	5.5	5.7	6.2	6.0	4.9	5.1	5.5	5.6	6.0	5.9
12	3.7	6.4	9.9	11.2	12.7	11.2	7.7	7.5	9.8	10.9	11.9	11.1	8.2	8.2	9.9	10.5	11.4	10.9	8.6	8.7	9.9	10.3	11.1	10.8	8.9	9.2	10.0	10.0	10.8	10.7
13	7.1	5.0	7.7	8.7	9.8	8.7	6.0	5.8	7.6	8.4	9.3	8.6	6.3	6.3	7.7	8.2	8.9	8.5	6.7	6.8	7.7	8.0	8.6	8.4	6.9	7.1	7.7	7.8	8.4	8.3
14	5.4	4.7	7.3	8.3	9.4	8.3	5.7	5.5	7.3	8.0	8.8	8.2	6.0	6.0	7.3	7.8	8.5	8.1	6.4	6.4	7.3	7.6	8.2	8.0	6.6	6.8	7.4	7.4	8.0	7.9
15	6.3	5.5	8.4	9.5	10.8	9.5	6.6	6.3	8.3	9.2	10.2	9.5	6.9	6.9	8.4	8.9	9.7	9.3	7.3	7.4	8.4	8.7	9.4	9.2	7.6	7.8	8.5	8.6	9.2	9.1
16	5.4	4.7	7.3	8.3	9.4	8.3	5.7	5.5	7.3	8.0	8.8	8.2	6.0	6.0	7.3	7.8	8.5	8.1	6.4	6.4	7.3	7.6	8.2	8.0	6.6	6.8	7.4	7.4	8.0	7.9
17	6.0	5.2	8.1	9.1	10.3	9.1	6.3	6.1	8.0	8.8	9.7	9.0	6.6	6.6	8.0	8.6	9.3	8.9	7.0	7.1	8.1	8.4	9.0	8.8	7.2	7.5	8.1	8.2	8.8	8.7
18	4.9	4.3	6.6	7.5	8.4	7.5	5.1	5.0	6.5	7.2	8.0	7.4	5.4	5.4	6.6	7.0	7.6	7.3	5.7	5.8	6.6	6.8	7.4	7.2	5.9	6.1	6.6	6.7	7.2	7.1
19	4.6	4.0	6.2	7.1	8.0	7.1	4.8	4.7	6.2	6.8	7.5	7.0	5.1	5.1	6.2	6.6	7.2	6.9	5.4	5.5	6.2	6.5	7.0	6.8	5.6	5.8	6.3	6.3	6.8	6.7
20	4.6	4.0	6.2	7.1	8.0	7.1	4.8	4.7	6.2	6.8	7.5	7.0	5.1	5.1	6.2	6.6	7.2	6.9	5.4	5.5	6.2	6.5	7.0	6.8	5.6	5.8	6.3	6.3	6.8	6.7
21	3.3	2.8	4.4	5.0	5.6	5.0	3.4	3.3	4.4	4.8	5.3	4.9	3.6	3.6	4.4	4.7	5.1	4.9	3.8	3.9	4.4	4.6	4.9	4.8	3.9	4.1	4.4	4.5	4.8	4.7
22	1.9	1.7	2.6	2.9	3.3	2.9	2.0	1.9	2.5	2.8	3.1	2.9	2.1	2.1	2.6	2.7	3.0	2.8	2.2	2.3	2.6	2.7	2.9	2.8	2.3	2.4	2.6	2.6	2.8	2.8
23	0.8	0.7	1.1	1.2	1.4	1.2	0.9	0.8	1.1	1.2	1.3	1.2	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2

Tabla 16. Tiempo de atención de mensajes de email por día y hora

Hora/Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8	0.8	0.7	1.1	1.2	1.4	1.2	0.9	0.8	1.1	1.2	1.3	1.2	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
9	1.9	1.7	2.6	2.9	3.3	2.9	2.0	1.9	2.5	2.8	3.1	2.9	2.1	2.1	2.6	2.7	3.0	2.8	2.2	2.3	2.6	2.7	2.9	2.8	2.3	2.4	2.6	2.6	2.8	2.8
10	2.2	1.9	2.9	3.3	3.8	3.3	2.3	2.2	2.9	3.2	3.5	3.3	2.4	2.4	2.9	3.1	3.4	3.2	2.5	2.6	2.9	3.0	3.3	3.2	2.6	2.7	3.0	3.0	3.2	3.2
11	2.4	2.1	3.3	3.7	4.2	3.7	2.6	2.5	3.3	3.6	4.0	3.7	2.7	2.7	3.3	3.5	3.8	3.6	2.9	2.9	3.3	3.4	3.7	3.6	3.0	3.1	3.3	3.3	3.6	3.6
12	4.6	4.0	6.2	7.1	8.0	7.1	4.8	4.7	6.2	6.8	7.5	7.0	5.1	5.1	6.2	6.6	7.2	6.9	5.4	5.5	6.2	6.5	7.0	6.8	5.6	5.8	6.3	6.3	6.8	6.7
13	3.5	3.1	4.8	5.4	6.1	5.4	3.7	3.6	4.7	5.2	5.7	5.3	3.9	3.9	4.7	5.1	5.5	5.3	4.1	4.2	4.8	4.9	5.3	5.2	4.3	4.4	4.8	4.8	5.2	5.1
14	3.5	3.1	4.8	5.4	6.1	5.4	3.7	3.6	4.7	5.2	5.7	5.3	3.9	3.9	4.7	5.1	5.5	5.3	4.1	4.2	4.8	4.9	5.3	5.2	4.3	4.4	4.8	4.8	5.2	5.1
15	3.8	3.3	5.1	5.8	6.6	5.8	4.0	3.9	5.1	5.6	6.2	5.8	4.2	4.2	5.1	5.4	5.9	5.7	4.5	4.5	5.1	5.3	5.7	5.6	4.6	4.7	5.2	5.2	5.6	5.5
16	3.3	2.8	4.4	5.0	5.6	5.0	3.4	3.3	4.4	4.8	5.3	4.9	3.6	3.6	4.4	4.7	5.1	4.9	3.8	3.9	4.4	4.6	4.9	4.8	3.9	4.1	4.4	4.5	4.8	4.7
17	3.8	3.3	5.1	5.8	6.6	5.8	4.0	3.9	5.1	5.6	6.2	5.8	4.2	4.2	5.1	5.4	5.9	5.7	4.5	4.5	5.1	5.3	5.7	5.6	4.6	4.7	5.2	5.2	5.6	5.5
18	3.3	2.8	4.4	5.0	5.6	5.0	3.4	3.3	4.4	4.8	5.3	4.9	3.6	3.6	4.4	4.7	5.1	4.9	3.8	3.9	4.4	4.6	4.9	4.8	3.9	4.1	4.4	4.5	4.8	4.7
19	2.7	2.4	3.7	4.2	4.7	4.2	2.9	2.8	3.6	4.0	4.4	4.1	3.0	3.0	3.7	3.9	4.2	4.1	3.2	3.2	3.7	3.8	4.1	4.0	3.3	3.4	3.7	3.7	4.0	4.0
20	2.7	2.4	3.7	4.2	4.7	4.2	2.9	2.8	3.6	4.0	4.4	4.1	3.0	3.0	3.7	3.9	4.2	4.1	3.2	3.2	3.7	3.8	4.1	4.0	3.3	3.4	3.7	3.7	4.0	4.0
21	2.2	1.9	2.9	3.3	3.8	3.3	2.3	2.2	2.9	3.2	3.5	3.3	2.4	2.4	2.9	3.1	3.4	3.2	2.5	2.6	2.9	3.0	3.3	3.2	2.6	2.7	3.0	3.0	3.2	3.2
22	1.4	1.2	1.8	2.1	2.3	2.1	1.4	1.4	1.8	2.0	2.2	2.1	1.5	1.5	1.8	1.9	2.1	2.0	1.6	1.6	1.8	1.9	2.1	2.0	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0
23	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8

Es importante destacar, que en el canal que corresponde a chat, los tiempos que cada agente dedica a las conversaciones por hora son más altos que en los otros canales. Esto es el resultado de la restricción cuya condición es que de una hora para la otra, no haya acumulación de conversaciones sin responder y no se genere *backlog*. Esta restricción es una de las más importantes del modelo para garantizar la inmediatez en la resolución del caso, en un canal que por naturaleza el usuario tiene una expectativa de solución casi inmediata. No así, en los otros canales en los cuales dicha restricción se relaja.

Gráfico 22. Tiempo de atención promedio por hora y canal



6. Conclusiones y trabajo futuro

El área de atención al cliente, es un pilar fundamental en CookUnity ya que acompaña a la visión empresarial, en la que se quiere brindar una experiencia culinaria única en el hogar. Es por eso que se enfatiza en que los reclamos de los clientes sean atendidos por seres humanos, y no se promueve aún, dado que es un volumen manejable, la completa automatización de la misma para acompañar esta experiencia y promover la retención del usuario.

El personal, representa uno de los mayores costos en una empresa, por lo que la optimización de su contratación es fundamental para la reducción de costos. En particular, en el área tratado a lo largo de este trabajo, lo complejo es que los horarios en los que se realiza la contratación del personal, sean estratégicos de acuerdo a la demanda que hay, para poder brindar la mejor atención posible al consumidor.

Los resultados obtenidos en el trabajo, son el primer paso para que la empresa reorganice a su personal existente en virtud de optimizar el esquema actual. El modelo planteado, es sumamente adaptable tanto a nuevos tiempos de respuesta como a redistribución de la demanda. Debemos tener en cuenta que se trata de un negocio en plena expansión, lo cual es contemplado en la sección de pronóstico, pero que dada la naturaleza de una empresa *start up*, esto puede variar de un momento a otro y debemos readaptar tanto el pronóstico como los tiempos de atención.

Si bien el modelo está planteado con el staff de personal actual, el mismo también es fácilmente adaptable a disminuir o aumentar la cantidad de empleados disponibles. Disminuir en caso de recorte de personal, por lo que lógicamente los tiempos de atención aumentarían empeorando la calidad de atención, pero también aumentar el *staff* en pos de mejorar la calidad de atención disminuyendo los tiempos de repuesta y resolución.

Se puede considerar agregar más restricciones en pos de mejorar el clima laboral, como por ejemplo, agregando restricciones para algún grupo en particular de empleados que tenga sus horarios limitados, o ciertas preferencias. Además, se puede considerar en el futuro, trabajar en paralelo con una empresa tercerizada que tome algunos de las conversaciones, considerándolos como empleados extras en el modelo, con cierta restricción horaria y con su eficiencia en paralelo.

Referencias

H. Sakasegawa. An approximation formula. Ann. Inst. Statist. Math. 29 (1977) 67–75.

Recuperado de: https://www.ism.ac.jp/editsec/aism/pdf/029_1_0067.pdf

Blaconá M. T., Andreozzi, L. (2013) Modelos para series de tiempo con estacionalidad compleja. Recuperado de: https://www.fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u16/Decimocuartas/blacona_andreozzi_modelos_para_series_de_tiempo.pdf

Box, G., Jenkins, G., Reinsel, G. (1976) Time Series Analysis: Forecasting and control. Recuperado de: <https://bookdown.org/content/2274/series-temporales.html#metodos-de-prediccion>

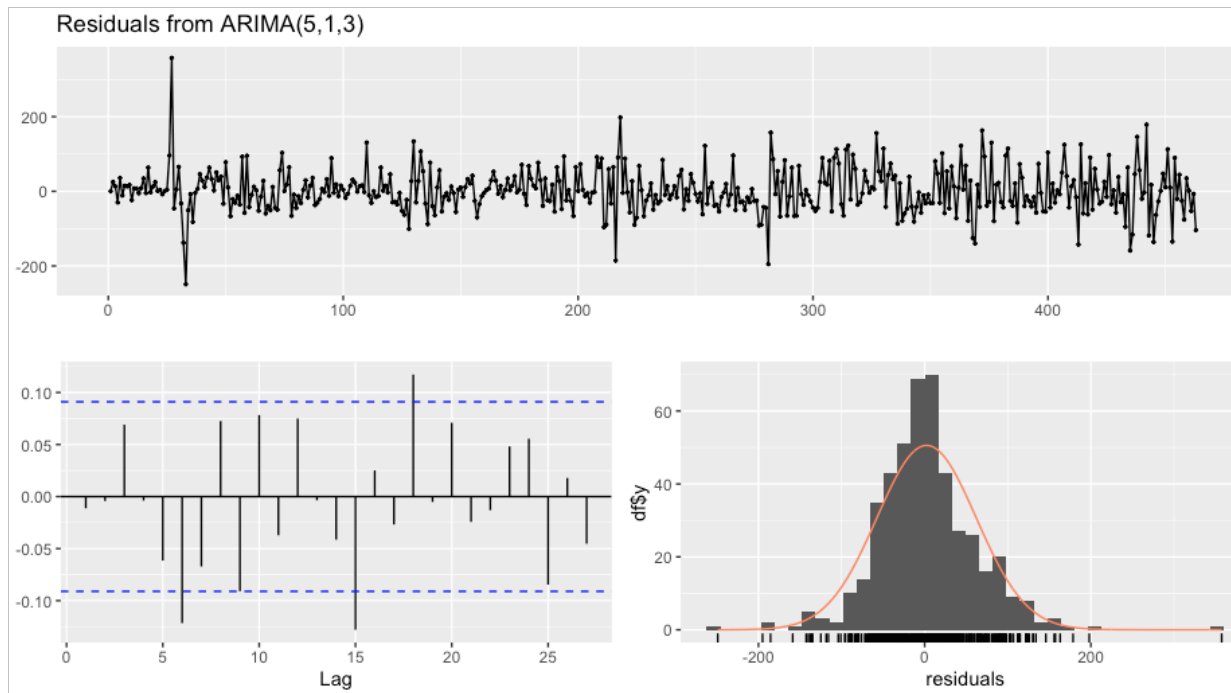
Enders, W. (2014) Applied Econometric Time Series. 4th Edition. Recuperado de: http://time-series.net/yahoo_site_admin/assets/docs/AETS4_RATSEViewsStudentVersion.324125711.pdf

Ljung, G. M. and Box, G. E. P. (1978) On a measure of lack of fit in time series models. Recuperado de: <https://www.rdocumentation.org/packages/stats/versions/3.6.2/topics/Box.test>

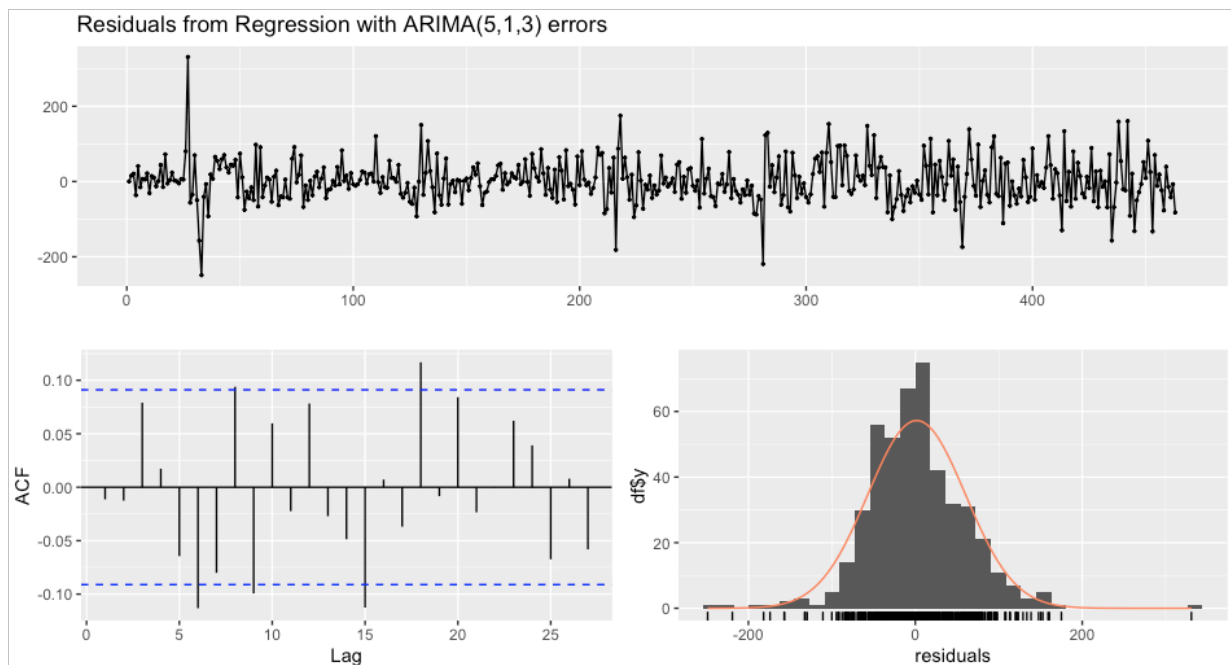
Akaike, H. (1974) A new look at the statistical model identification. Recuperado de: http://bayes.acs.unt.edu:8083/BayesContent/class/Jon/MiscDocs/Akaike_1974.pdf

Koch, T., & Achterberg, T. (2009) Using ZIMPL for modeling, solving, and analyzing optimization problems. Recuperado de: <https://www.math.ucdavis.edu/~deloera/TEACHING/MATH160/zimpl.pdf>

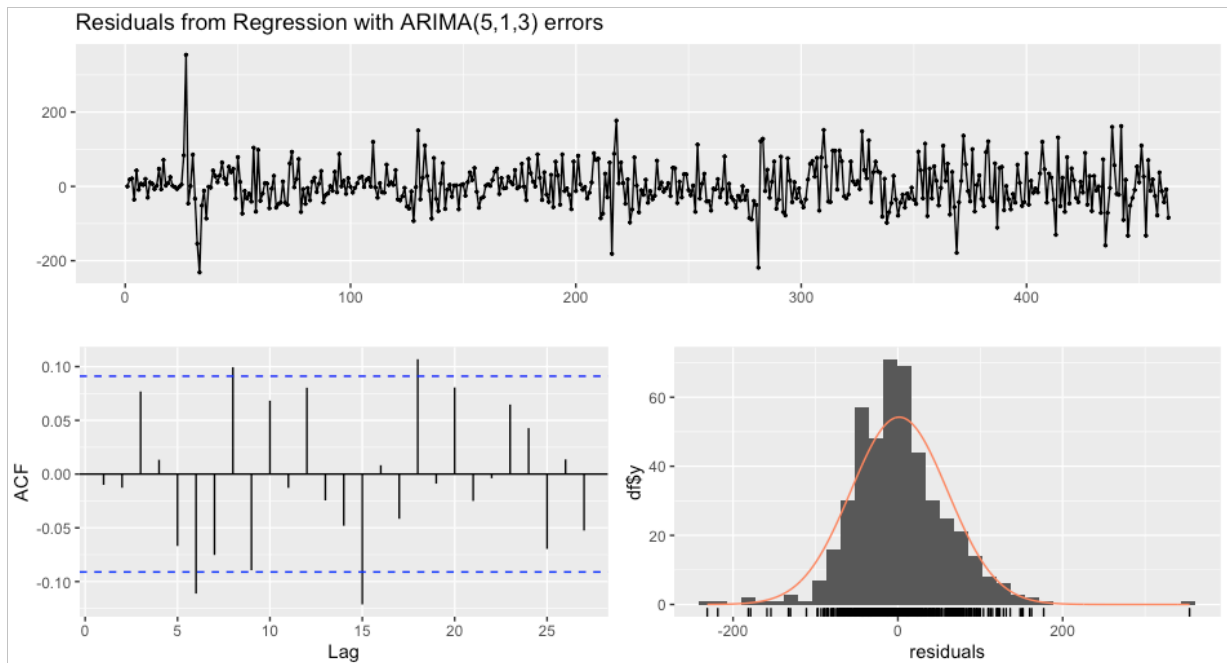
Apéndice A. Residuos ARIMA (5,1,3)



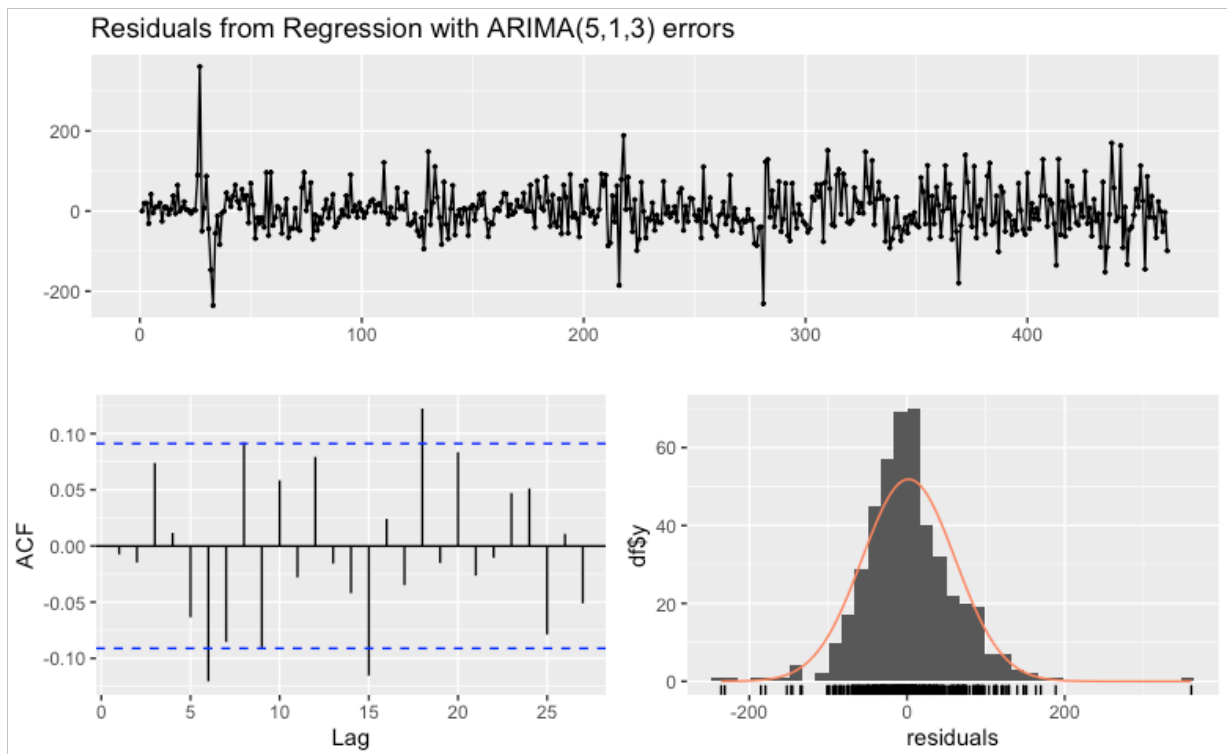
Apéndice B. Residuos ARIMA (5,1,3)



Apéndice C. Residuos ARIMA (5,1,3)



Apéndice D. Residuos ARIMA (5,1,3)



Apéndice E. Resultados del modelo

firstMessageIn.y md	registers	reply_time	resolution_time	csat	prop_chat	prop_sms	prop_email	ordering_users	log_registers	pred_4	resid_4
2021-01-03	135	208	3476	4.4	0.52	0.27	0.21	1062	5	135	0
2021-01-04	180	265	1506	4.6	0.51	0.27	0.22	1780	5	161	19
2021-01-05	203	1277	4575	4.5	0.52	0.30	0.19	589	5	183	20
2021-01-06	137	536	2137	4.5	0.54	0.20	0.26	479	5	168	-31
2021-01-07	181	370	1495	4.4	0.56	0.22	0.23	386	5	139	42
2021-01-08	153	978	1639	4.2	0.44	0.24	0.32	245	5	157	-4
2021-01-10	156	608	2655	5.0	0.48	0.22	0.29	1170	5	147	9
2021-01-11	199	734	3263	4.6	0.53	0.18	0.30	1894	5	188	11
2021-01-12	214	440	2467	5.0	0.54	0.22	0.24	612	5	194	20
2021-01-13	132	515	2287	5.0	0.51	0.18	0.31	522	5	157	-25
2021-01-14	169	179	1321	4.8	0.51	0.22	0.27	414	5	159	10
2021-01-15	168	203	1519	4.1	0.54	0.20	0.27	257	5	159	9
2021-01-17	154	699	1693	4.8	0.48	0.22	0.30	1185	5	162	-8
2021-01-18	207	1295	3850	5.0	0.54	0.17	0.29	2011	5	203	4
2021-01-19	235	1527	4025	4.3	0.46	0.34	0.20	673	5	197	38
2021-01-20	158	1568	3465	4.0	0.46	0.25	0.29	573	5	164	-6
2021-01-21	236	985	3566	4.3	0.46	0.32	0.22	448	5	172	64
2021-01-22	195	1098	2240	4.2	0.57	0.27	0.16	272	5	195	0
2021-01-24	173	1609	2810	4.6	0.49	0.23	0.29	1380	5	165	8
2021-01-25	228	1525	3246	5.0	0.56	0.22	0.21	2140	5	205	23
2021-01-26	229	833	1819	4.7	0.55	0.24	0.21	708	5	226	3
2021-01-27	179	492	2950	4.6	0.62	0.19	0.19	635	5	177	2
2021-01-28	210	887	4669	4.6	0.60	0.21	0.18	501	5	216	-6
2021-01-29	199	1038	5341	4.5	0.58	0.23	0.20	317	5	198	1
2021-01-31	175	1010	2830	5.0	0.57	0.23	0.19	1448	5	173	2
2021-02-01	326	3352	8374	4.0	0.40	0.25	0.34	2388	6	236	90
2021-02-02	631	6405	10711	4.2	0.52	0.16	0.32	733	6	270	361
2021-02-03	334	4469	7346	4.2	0.48	0.23	0.29	632	6	384	-50
2021-02-04	242	8230	12963	4.1	0.50	0.17	0.33	536	5	234	8
2021-02-05	199	6210	10534	4.1	0.53	0.23	0.24	335	5	112	87
2021-02-07	160	6884	13035	4.0	0.51	0.29	0.19	1542	5	204	-44
2021-02-08	209	3992	8517	4.2	0.57	0.20	0.22	2419	5	356	-147
2021-02-09	187	8917	15969	3.7	0.57	0.20	0.22	799	5	423	-236
2021-02-10	139	7232	16005	4.5	0.53	0.20	0.27	699	5	195	-56
2021-02-11	201	7077	14424	3.7	0.54	0.20	0.26	586	5	213	-12
2021-02-12	198	6602	11575	3.8	0.57	0.20	0.23	320	5	282	-84
2021-02-14	150	5052	13972	4.6	0.47	0.30	0.23	1485	5	155	-5
2021-02-15	194	5197	15435	3.9	0.54	0.20	0.26	2545	5	194	0
2021-02-16	265	2323	7661	4.4	0.56	0.17	0.27	881	6	220	45
2021-02-17	207	154	5441	4.8	0.57	0.16	0.27	744	5	177	30
2021-02-18	227	104	4685	3.9	0.57	0.17	0.26	603	5	216	11
2021-02-19	243	258	5549	4.7	0.50	0.16	0.34	390	5	206	37
2021-02-21	226	479	4390	4.2	0.54	0.21	0.26	1603	5	161	65
2021-02-22	269	332	6135	4.5	0.61	0.14	0.24	2720	6	244	25
2021-02-23	274	232	7108	4.7	0.59	0.18	0.23	858	6	268	6
2021-02-24	248	232	4697	4.8	0.57	0.17	0.25	777	6	194	54
2021-02-25	271	203	5000	3.8	0.55	0.27	0.18	638	6	242	29
2021-02-26	308	275	6870	4.6	0.43	0.36	0.21	393	6	269	39
2021-02-28	207	1814	8813	4.0	0.48	0.26	0.27	1623	5	237	-30
2021-03-01	320	555	3960	4.6	0.53	0.25	0.22	2934	6	251	69

2021-03-02	311	1424	7107	4.2	0.54	0.16	0.30	897	6	295	16
2021-03-03	198	970	6512	4.8	0.58	0.13	0.29	812	5	266	-68
2021-03-04	214	1402	4055	4.4	0.53	0.26	0.21	670	5	231	-17
2021-03-05	228	2511	6281	3.8	0.53	0.27	0.21	417	5	258	-30
2021-03-07	210	1108	5467	4.3	0.58	0.22	0.20	1732	5	226	-16
2021-03-08	264	2445	8072	4.0	0.52	0.21	0.27	2885	6	304	-40
2021-03-09	382	3683	12528	4.0	0.46	0.28	0.26	883	6	286	96
2021-03-10	194	2453	9786	3.4	0.53	0.15	0.32	888	5	255	-61
2021-03-11	313	4250	11261	3.1	0.44	0.27	0.29	643	6	216	97
2021-03-12	223	3249	8234	4.0	0.50	0.23	0.26	411	5	259	-36
2021-03-14	190	336	3844	4.8	0.51	0.17	0.32	1777	5	207	-17
2021-03-15	268	358	4172	4.1	0.57	0.19	0.24	2918	6	256	12
2021-03-16	340	527	2334	4.6	0.40	0.28	0.33	868	6	334	6
2021-03-17	186	635	4365	4.1	0.54	0.17	0.30	877	5	242	-56
2021-03-18	240	222	5032	4.5	0.43	0.28	0.29	621	5	249	-9
2021-03-19	263	232	2807	5.0	0.49	0.23	0.28	409	6	233	30
2021-03-21	148	111	2119	4.0	0.51	0.26	0.22	1892	5	214	-66
2021-03-22	220	328	3179	4.3	0.52	0.20	0.28	2936	5	263	-43
2021-03-23	226	276	1917	4.7	0.40	0.27	0.34	850	5	270	-44
2021-03-24	185	214	1833	4.3	0.52	0.21	0.26	831	5	178	7
2021-03-25	209	53	2903	4.2	0.55	0.26	0.19	606	5	253	-44
2021-03-26	200	81	2566	4.6	0.44	0.28	0.29	393	5	249	-49
2021-03-28	186	54	3197	3.8	0.53	0.24	0.23	1754	5	128	58
2021-03-29	346	380	2892	4.4	0.50	0.20	0.30	2772	6	250	96
2021-03-30	310	441	2146	4.3	0.45	0.20	0.35	820	6	309	1
2021-03-31	208	226	1762	4.6	0.56	0.15	0.29	841	5	186	22
2021-04-01	264	103	1119	4.8	0.53	0.27	0.21	590	6	193	71
2021-04-02	170	121	2425	5.0	0.46	0.30	0.24	384	5	240	-70
2021-04-04	162	86	2149	5.0	0.55	0.27	0.18	1950	5	171	-9
2021-04-05	243	117	1416	4.6	0.55	0.23	0.22	3089	5	292	-49
2021-04-06	266	115	2957	5.0	0.48	0.31	0.21	890	6	281	-15
2021-04-07	178	88	2807	4.6	0.56	0.17	0.27	930	5	209	-31
2021-04-08	249	114	2390	4.5	0.51	0.32	0.17	682	6	245	4
2021-04-09	227	90	2465	5.0	0.52	0.23	0.25	413	5	199	28
2021-04-11	167	93	2096	5.0	0.53	0.27	0.20	1994	5	184	-17
2021-04-12	263	312	2506	4.8	0.48	0.27	0.25	3209	6	255	8
2021-04-13	282	206	1536	4.9	0.49	0.27	0.23	931	6	241	41
2021-04-14	171	231	2031	4.8	0.52	0.18	0.30	987	5	210	-39
2021-04-15	203	117	2347	4.8	0.40	0.37	0.23	716	5	232	-29
2021-04-16	176	60	2507	4.7	0.53	0.27	0.20	428	5	193	-17
2021-04-18	168	117	2212	5.0	0.47	0.26	0.27	2126	5	166	2
2021-04-19	268	200	2583	4.6	0.53	0.24	0.24	3235	6	278	-10
2021-04-20	303	285	1971	4.8	0.42	0.28	0.30	943	6	265	38
2021-04-21	183	116	5385	4.7	0.62	0.17	0.21	1037	5	197	-14
2021-04-22	296	185	2076	5.0	0.52	0.23	0.24	660	6	205	91
2021-04-23	225	50	2633	4.5	0.46	0.30	0.24	423	5	226	-1
2021-04-25	199	67	1995	5.0	0.52	0.24	0.24	2321	5	186	13
2021-04-26	248	166	2802	4.5	0.50	0.24	0.26	3293	6	263	-15
2021-04-27	281	125	2756	4.5	0.53	0.21	0.26	887	6	260	21
2021-04-28	211	138	1796	4.5	0.54	0.16	0.31	1083	5	209	2
2021-04-29	263	202	3413	4.5	0.52	0.22	0.26	689	6	279	-16
2021-04-30	226	164	2314	4.9	0.54	0.26	0.20	424	5	230	-4
2021-05-02	198	128	1812	5.0	0.63	0.18	0.20	2414	5	186	12

2021-05-03	299	253	3118	4.7	0.56	0.22	0.22	3344	6	275	24
2021-05-04	311	260	2503	4.7	0.57	0.17	0.26	912	6	283	28
2021-05-05	229	153	1499	4.8	0.57	0.16	0.27	1113	5	231	-2
2021-05-06	270	195	2489	4.8	0.50	0.24	0.26	674	6	254	16
2021-05-07	251	85	2001	5.0	0.49	0.31	0.20	398	6	232	19
2021-05-09	210	237	2829	4.7	0.57	0.22	0.21	2222	5	212	-2
2021-05-10	423	459	4269	4.4	0.59	0.21	0.20	3491	6	302	121
2021-05-11	348	476	3988	5.0	0.57	0.20	0.23	938	6	353	-5
2021-05-12	218	313	3045	4.7	0.60	0.17	0.23	1084	5	250	-32
2021-05-13	236	212	3675	5.0	0.52	0.26	0.22	684	5	227	9
2021-05-14	221	37	2599	4.8	0.53	0.27	0.19	427	5	238	-17
2021-05-16	220	291	3329	5.0	0.56	0.23	0.21	2404	5	237	-17
2021-05-17	439	589	3178	4.5	0.54	0.24	0.22	3571	6	381	58
2021-05-18	373	545	5384	4.6	0.57	0.19	0.24	907	6	367	6
2021-05-19	254	568	3702	4.7	0.57	0.15	0.28	1100	6	242	12
2021-05-20	253	382	2460	5.0	0.56	0.23	0.21	734	6	249	4
2021-05-21	271	351	2252	4.3	0.51	0.24	0.25	445	6	226	45
2021-05-23	225	286	3657	4.7	0.53	0.20	0.27	2420	5	257	-32
2021-05-24	364	368	2202	4.5	0.54	0.18	0.28	3489	6	398	-34
2021-05-25	299	185	1571	5.0	0.54	0.19	0.26	918	6	327	-28
2021-05-26	224	48	877	4.7	0.58	0.19	0.23	1103	5	231	-7
2021-05-27	229	35	1176	4.7	0.51	0.22	0.28	655	5	279	-50
2021-05-28	185	30	2046	5.0	0.52	0.23	0.25	383	5	247	-62
2021-05-30	176	14	952	4.6	0.47	0.24	0.29	1896	5	193	-17
2021-05-31	226	34	787	4.8	0.54	0.23	0.24	1954	5	320	-94
2021-06-01	287	43	1408	4.9	0.55	0.21	0.24	2719	6	288	-1
2021-06-02	360	133	1583	4.8	0.58	0.19	0.22	1201	6	212	148
2021-06-03	304	109	1329	4.8	0.50	0.22	0.28	763	6	338	-34
2021-06-04	241	84	1798	5.0	0.46	0.29	0.26	445	5	220	21
2021-06-06	266	449	1617	4.8	0.55	0.22	0.23	2495	6	155	111
2021-06-07	343	449	1925	4.9	0.57	0.15	0.28	3563	6	309	34
2021-06-08	297	312	1437	4.5	0.54	0.24	0.22	1059	6	313	-16
2021-06-09	207	159	2496	4.4	0.54	0.17	0.29	1153	5	290	-83
2021-06-10	313	19	737	5.0	0.43	0.29	0.27	731	6	241	72
2021-06-11	239	38	987	4.6	0.46	0.29	0.25	433	5	272	-33
2021-06-13	220	63	1299	4.8	0.52	0.25	0.23	2507	5	289	-69
2021-06-14	295	121	1176	5.0	0.55	0.23	0.23	3547	6	289	6
2021-06-15	332	50	564	4.8	0.48	0.23	0.29	1004	6	268	64
2021-06-16	228	39	919	4.8	0.52	0.19	0.29	1122	5	288	-60
2021-06-17	268	37	1352	4.8	0.51	0.25	0.23	734	6	280	-12
2021-06-18	216	100	1032	4.4	0.47	0.33	0.19	433	5	214	2
2021-06-20	199	60	817	4.6	0.48	0.30	0.22	2507	5	230	-31
2021-06-21	310	158	1761	5.0	0.57	0.20	0.23	3554	6	303	7
2021-06-22	304	110	735	4.9	0.53	0.17	0.30	986	6	300	4
2021-06-23	188	35	1496	5.0	0.45	0.20	0.35	1132	5	249	-61
2021-06-24	242	16	511	4.6	0.27	0.35	0.38	707	5	234	8
2021-06-25	231	91	998	4.8	0.28	0.34	0.39	436	5	216	15
2021-06-27	207	42	1226	5.0	0.30	0.31	0.38	2502	5	230	-23
2021-06-28	311	136	1071	4.8	0.47	0.27	0.25	3448	6	303	8
2021-06-29	319	66	560	4.8	0.54	0.19	0.27	956	6	278	41
2021-06-30	243	23	1515	4.9	0.53	0.18	0.29	1099	5	226	17
2021-07-01	305	20	720	5.0	0.48	0.25	0.28	726	6	260	45
2021-07-02	229	73	1991	5.0	0.50	0.29	0.21	338	5	249	-20

2021-07-04	128	21	294	5.0	0.55	0.30	0.15	1694	5	192	-64
2021-07-05	220	23	395	5.0	0.50	0.25	0.25	2378	5	249	-29
2021-07-06	262	15	954	4.9	0.54	0.23	0.23	2469	6	295	-33
2021-07-07	244	29	1068	5.0	0.61	0.16	0.23	1199	5	241	3
2021-07-08	307	34	583	4.8	0.46	0.25	0.28	727	6	301	6
2021-07-09	248	52	2091	5.0	0.44	0.30	0.26	425	6	247	1
2021-07-11	184	74	576	4.8	0.51	0.23	0.26	2512	5	162	22
2021-07-12	297	102	1681	5.0	0.56	0.18	0.26	3579	6	253	44
2021-07-13	314	45	1146	5.0	0.54	0.25	0.22	1144	6	271	43
2021-07-14	247	31	842	4.9	0.62	0.11	0.27	1196	6	259	-12
2021-07-15	301	16	429	5.0	0.50	0.29	0.22	722	6	285	16
2021-07-16	233	37	656	4.8	0.46	0.33	0.21	465	5	241	-8
2021-07-18	195	10	1635	4.9	0.55	0.22	0.23	2578	5	197	-2
2021-07-19	325	75	436	5.0	0.55	0.18	0.26	3641	6	298	27
2021-07-20	322	19	845	5.0	0.57	0.20	0.23	1137	6	312	10
2021-07-21	271	24	661	4.8	0.49	0.14	0.36	1289	6	260	11
2021-07-22	338	14	806	4.9	0.49	0.24	0.27	733	6	294	44
2021-07-23	262	36	499	4.9	0.48	0.23	0.29	426	6	261	1
2021-07-25	215	28	576	5.0	0.52	0.19	0.30	2672	5	215	0
2021-07-26	380	62	884	4.7	0.65	0.16	0.19	3811	6	315	65
2021-07-27	338	19	995	5.0	0.59	0.19	0.22	1150	6	339	-1
2021-07-28	242	19	718	5.0	0.55	0.18	0.27	1363	5	283	-41
2021-07-29	366	46	550	4.9	0.52	0.22	0.26	673	6	291	75
2021-07-30	326	100	802	4.8	0.49	0.25	0.27	426	6	292	34
2021-08-01	285	67	713	4.8	0.53	0.21	0.26	2750	6	277	8
2021-08-02	376	126	1114	5.0	0.60	0.19	0.21	4189	6	374	2
2021-08-03	397	39	1089	5.0	0.60	0.20	0.20	1264	6	313	84
2021-08-04	322	20	554	5.0	0.55	0.17	0.27	1570	6	299	23
2021-08-05	346	22	1102	4.9	0.58	0.22	0.20	837	6	384	-38
2021-08-06	334	36	890	4.8	0.62	0.21	0.17	526	6	294	40
2021-08-08	257	47	739	5.0	0.53	0.26	0.21	2938	6	285	-28
2021-08-09	352	66	556	5.0	0.63	0.20	0.17	4254	6	390	-38
2021-08-10	379	24	551	5.0	0.54	0.21	0.25	1246	6	349	30
2021-08-11	267	22	857	4.9	0.52	0.18	0.30	1363	6	324	-57
2021-08-12	403	12	531	4.9	0.57	0.23	0.20	640	6	338	65
2021-08-13	382	60	526	4.5	0.56	0.19	0.24	453	6	348	34
2021-08-15	254	25	795	5.0	0.54	0.26	0.20	3065	6	309	-55
2021-08-16	423	111	418	5.0	0.64	0.19	0.17	4109	6	332	91
2021-08-17	365	33	747	4.8	0.59	0.21	0.20	1184	6	380	-15
2021-08-18	299	22	940	5.0	0.60	0.16	0.24	1392	6	304	-5
2021-08-19	349	27	908	4.9	0.57	0.18	0.26	708	6	367	-18
2021-08-20	287	33	447	5.0	0.54	0.22	0.25	436	6	351	-64
2021-08-22	308	18	482	5.0	0.49	0.30	0.21	2865	6	245	63
2021-08-23	426	92	904	4.9	0.58	0.16	0.26	3961	6	431	-5
2021-08-24	470	104	374	5.0	0.51	0.24	0.24	1128	6	394	76
2021-08-25	331	22	806	4.8	0.56	0.17	0.26	1306	6	323	8
2021-08-26	348	10	270	4.7	0.57	0.19	0.23	687	6	359	-11
2021-08-27	287	29	360	4.8	0.53	0.22	0.24	415	6	288	-1
2021-08-29	257	46	324	5.0	0.57	0.20	0.23	2771	6	287	-30
2021-08-30	408	64	701	4.9	0.63	0.14	0.23	3927	6	421	-13
2021-08-31	428	41	356	4.9	0.50	0.28	0.22	1135	6	424	4
2021-09-01	433	81	789	4.8	0.48	0.22	0.30	1224	6	340	93
2021-09-02	469	44	724	5.0	0.52	0.29	0.20	703	6	405	64

2021-09-03	443	215	1105	4.9	0.42	0.17	0.41	413	6	353	90
2021-09-05	218	87	923	5.0	0.44	0.19	0.37	2347	5	305	-87
2021-09-06	254	24	467	5.0	0.59	0.18	0.24	2366	6	334	-80
2021-09-07	399	36	1061	4.8	0.53	0.29	0.18	2854	6	361	38
2021-09-08	399	75	737	4.9	0.53	0.20	0.27	1415	6	426	-27
2021-09-09	551	210	687	4.9	0.39	0.27	0.34	755	6	488	63
2021-09-10	258	62	810	4.7	0.55	0.19	0.26	422	6	443	-185
2021-09-12	260	29	548	4.9	0.58	0.25	0.17	3262	6	181	79
2021-09-13	497	251	1182	4.6	0.65	0.16	0.19	4278	6	308	189
2021-09-14	519	210	964	4.8	0.33	0.33	0.34	1263	6	515	4
2021-09-15	523	174	1078	4.9	0.23	0.27	0.50	1306	6	438	85
2021-09-16	479	151	1051	4.9	0.39	0.23	0.38	727	6	474	5
2021-09-17	257	31	732	5.0	0.55	0.23	0.21	431	6	309	-52
2021-09-19	270	16	465	5.0	0.62	0.19	0.19	3242	6	242	28
2021-09-20	386	57	604	4.8	0.60	0.18	0.22	4368	6	485	-99
2021-09-21	395	30	290	4.9	0.48	0.25	0.27	1341	6	465	-70
2021-09-22	504	64	447	4.9	0.50	0.21	0.29	1311	6	432	72
2021-09-23	511	42	296	4.9	0.52	0.21	0.26	746	6	512	-1
2021-09-24	267	94	295	5.0	0.57	0.19	0.23	424	6	334	-67
2021-09-26	225	50	227	5.0	0.53	0.24	0.22	3358	5	244	-19
2021-09-27	350	17	318	4.9	0.53	0.22	0.25	4551	6	372	-22
2021-09-28	413	54	490	4.9	0.54	0.22	0.23	1396	6	393	20
2021-09-29	440	51	323	4.8	0.54	0.22	0.24	1337	6	488	-48
2021-09-30	459	37	527	4.9	0.58	0.17	0.25	759	6	469	-10
2021-10-01	244	15	557	5.0	0.61	0.15	0.24	458	5	273	-29
2021-10-03	221	14	555	4.9	0.58	0.21	0.21	3521	5	250	-29
2021-10-04	438	67	1045	4.8	0.63	0.18	0.19	4791	6	364	74
2021-10-05	419	51	765	5.0	0.54	0.24	0.22	1472	6	426	-7
2021-10-06	455	91	695	4.8	0.55	0.20	0.25	1354	6	445	10
2021-10-07	412	31	526	4.9	0.54	0.20	0.26	788	6	427	-15
2021-10-08	247	64	766	5.0	0.60	0.16	0.24	451	6	252	-5
2021-10-10	267	59	462	5.0	0.59	0.16	0.25	3528	6	256	11
2021-10-11	411	72	460	4.9	0.63	0.18	0.19	4853	6	437	-26
2021-10-12	444	686	830	5.0	0.55	0.27	0.19	1486	6	398	46
2021-10-13	498	211	832	4.9	0.53	0.16	0.31	1387	6	442	56
2021-10-14	406	89	594	4.7	0.52	0.20	0.27	826	6	454	-48
2021-10-15	258	42	583	5.0	0.53	0.18	0.29	466	6	246	12
2021-10-17	244	31	420	4.9	0.63	0.14	0.23	3631	5	270	-26
2021-10-18	446	87	272	5.0	0.65	0.18	0.17	4939	6	414	32
2021-10-19	470	114	724	5.0	0.54	0.27	0.19	1475	6	440	30
2021-10-20	476	202	812	4.9	0.58	0.19	0.24	1389	6	486	-10
2021-10-21	384	19	427	5.0	0.59	0.19	0.22	845	6	408	-24
2021-10-22	248	97	374	4.9	0.59	0.16	0.25	484	6	246	2
2021-10-24	217	25	563	4.9	0.67	0.14	0.19	3789	5	284	-67
2021-10-25	522	100	400	4.9	0.60	0.20	0.20	5059	6	412	110
2021-10-26	467	57	809	5.0	0.56	0.20	0.24	1560	6	495	-28
2021-10-27	469	130	860	4.8	0.55	0.21	0.25	1385	6	467	2
2021-10-28	406	103	425	5.0	0.51	0.24	0.25	853	6	373	33
2021-10-29	233	66	444	4.8	0.60	0.12	0.28	508	5	269	-36
2021-10-31	227	30	453	4.5	0.65	0.15	0.20	3861	5	269	-42
2021-11-01	388	41	470	5.0	0.66	0.16	0.18	5323	6	450	-62
2021-11-02	410	23	597	5.0	0.55	0.27	0.18	1607	6	422	-12
2021-11-03	427	63	383	5.0	0.52	0.23	0.25	1417	6	435	-8

2021-11-04	443	51	330	5.0	0.56	0.19	0.25	871	6	421	22
2021-11-05	241	47	769	4.7	0.57	0.16	0.27	468	5	274	-33
2021-11-07	234	22	261	5.0	0.61	0.20	0.19	3897	5	247	-13
2021-11-08	468	107	316	4.9	0.67	0.15	0.18	5300	6	379	89
2021-11-09	390	31	567	5.0	0.59	0.24	0.17	1694	6	439	-49
2021-11-10	415	40	603	5.0	0.61	0.21	0.18	1424	6	408	7
2021-11-11	379	42	697	5.0	0.45	0.18	0.37	857	6	399	-20
2021-11-12	226	162	1287	5.0	0.36	0.17	0.46	476	5	254	-28
2021-11-14	207	173	565	4.8	0.42	0.17	0.41	3963	5	261	-54
2021-11-15	394	87	496	5.0	0.49	0.14	0.36	5315	6	417	-23
2021-11-16	346	53	481	5.0	0.38	0.21	0.40	1693	6	373	-27
2021-11-17	386	67	625	4.9	0.38	0.22	0.40	1365	6	382	4
2021-11-18	370	46	593	5.0	0.30	0.18	0.52	812	6	391	-21
2021-11-19	210	124	1208	5.0	0.39	0.20	0.41	426	5	232	-22
2021-11-21	134	41	368	4.7	0.45	0.15	0.40	2863	5	215	-81
2021-11-22	240	23	496	5.0	0.51	0.11	0.38	3795	5	326	-86
2021-11-23	242	23	601	4.8	0.34	0.24	0.42	1385	5	284	-42
2021-11-24	295	63	681	4.9	0.35	0.15	0.49	864	6	334	-39
2021-11-28	170	30	331	4.6	0.42	0.19	0.39	3623	5	401	-231
2021-11-29	283	62	610	4.7	0.48	0.16	0.35	4905	6	161	122
2021-11-30	311	137	836	4.4	0.37	0.24	0.40	1525	6	182	129
2021-12-01	347	93	782	5.0	0.38	0.18	0.44	1183	6	362	-15
2021-12-02	301	81	746	5.0	0.43	0.14	0.44	714	6	250	51
2021-12-03	183	96	759	5.0	0.42	0.15	0.43	418	5	222	-39
2021-12-05	218	75	423	5.0	0.48	0.17	0.36	3889	5	208	10
2021-12-06	337	42	641	5.0	0.48	0.16	0.36	5006	6	264	73
2021-12-07	295	690	1638	5.0	0.32	0.18	0.50	1579	6	346	-51
2021-12-08	300	287	1006	5.0	0.30	0.14	0.56	1225	6	320	-20
2021-12-09	318	149	486	5.0	0.38	0.19	0.42	752	6	249	69
2021-12-10	177	186	907	5.0	0.40	0.14	0.46	417	5	238	-61
2021-12-12	159	35	288	4.7	0.51	0.12	0.37	3790	5	233	-74
2021-12-13	327	27	286	5.0	0.48	0.17	0.34	4879	6	258	69
2021-12-14	310	18	247	4.9	0.38	0.29	0.33	1551	6	316	-6
2021-12-15	287	30	211	4.6	0.36	0.20	0.45	1177	6	330	-43
2021-12-16	284	64	465	5.0	0.38	0.16	0.45	666	6	268	16
2021-12-17	173	430	1071	5.0	0.24	0.14	0.61	379	5	182	-9
2021-12-19	166	20	365	5.0	0.46	0.17	0.37	2932	5	193	-27
2021-12-20	253	31	376	4.8	0.42	0.23	0.36	3557	6	287	-34
2021-12-21	215	26	191	5.0	0.37	0.26	0.37	1270	5	268	-53
2021-12-22	204	11	356	4.8	0.39	0.21	0.40	968	5	248	-44
2021-12-23	288	65	523	5.0	0.35	0.10	0.55	454	6	253	35
2021-12-27	296	51	198	4.6	0.43	0.22	0.35	5038	6	268	28
2021-12-28	265	33	171	4.8	0.42	0.26	0.32	1425	6	199	66
2021-12-29	296	38	170	4.9	0.39	0.25	0.37	1083	6	260	36
2021-12-30	289	43	251	5.0	0.43	0.19	0.38	532	6	222	67
2022-01-02	188	72	675	4.8	0.45	0.26	0.29	3389	5	264	-76
2022-01-03	360	186	693	4.8	0.54	0.15	0.31	4814	6	288	72
2022-01-04	415	155	563	4.8	0.43	0.21	0.36	1649	6	264	151
2022-01-05	410	234	708	4.6	0.40	0.21	0.38	1246	6	354	56
2022-01-06	318	208	1415	4.5	0.40	0.15	0.45	709	6	352	-34
2022-01-07	176	461	1463	5.0	0.38	0.16	0.46	430	5	213	-37
2022-01-09	273	456	1211	4.8	0.45	0.27	0.27	4209	6	183	90
2022-01-10	513	415	1324	4.4	0.49	0.16	0.36	5509	6	409	104

2022-01-11	474	612	1715	4.6	0.41	0.21	0.38	1826	6	482	-8
2022-01-12	472	296	1045	4.9	0.50	0.18	0.32	1463	6	379	93
2022-01-13	400	168	1352	4.7	0.44	0.18	0.39	837	6	336	64
2022-01-14	228	141	1506	5.0	0.43	0.18	0.39	469	5	256	-28
2022-01-16	242	115	607	5.0	0.52	0.20	0.28	3953	5	273	-31
2022-01-17	422	228	828	4.6	0.53	0.14	0.33	6181	6	445	-23
2022-01-18	505	73	903	4.9	0.44	0.26	0.30	2292	6	447	58
2022-01-19	507	171	1338	4.8	0.42	0.19	0.40	1563	6	482	25
2022-01-20	429	224	819	4.9	0.47	0.19	0.35	910	6	433	-4
2022-01-21	266	255	1424	4.7	0.42	0.15	0.43	489	6	247	19
2022-01-23	274	528	949	4.7	0.46	0.21	0.33	4803	6	280	-6
2022-01-24	578	388	1427	4.7	0.53	0.15	0.32	6124	6	430	148
2022-01-25	601	710	2244	4.4	0.35	0.19	0.47	2169	6	542	59
2022-01-26	557	926	1832	4.8	0.43	0.16	0.41	1674	6	536	21
2022-01-27	545	869	2138	4.5	0.39	0.19	0.43	1000	6	419	126
2022-01-28	294	525	1471	4.8	0.43	0.12	0.46	530	6	328	-34
2022-01-30	357	378	1217	4.4	0.52	0.22	0.27	5089	6	327	30
2022-01-31	608	530	1496	4.9	0.52	0.13	0.35	6471	6	536	72
2022-02-01	637	814	2053	4.9	0.43	0.19	0.38	2321	6	605	32
2022-02-02	609	734	1672	4.8	0.42	0.20	0.38	1929	6	572	37
2022-02-03	454	1040	2492	5.0	0.34	0.19	0.47	1068	6	530	-76
2022-02-04	321	1308	2443	4.8	0.31	0.16	0.53	574	6	293	28
2022-02-06	290	1427	2477	4.6	0.34	0.21	0.45	5580	6	382	-92
2022-02-07	502	892	2169	4.4	0.43	0.16	0.40	6564	6	571	-69
2022-02-08	513	963	2158	5.0	0.36	0.22	0.42	2535	6	555	-42
2022-02-09	582	1097	1994	4.7	0.34	0.21	0.45	1965	6	548	34
2022-02-10	476	1215	2333	5.0	0.30	0.24	0.46	1104	6	516	-40
2022-02-11	260	1366	2525	4.6	0.30	0.16	0.53	591	6	334	-74
2022-02-13	244	634	1244	4.8	0.37	0.21	0.41	5622	5	292	-48
2022-02-14	446	496	1415	4.8	0.42	0.14	0.44	6916	6	463	-17
2022-02-15	454	231	738	4.9	0.31	0.22	0.47	2537	6	509	-55
2022-02-16	509	213	1251	4.7	0.29	0.20	0.51	1965	6	520	-11
2022-02-17	435	342	1098	4.7	0.29	0.20	0.51	1045	6	464	-29
2022-02-18	276	427	2191	4.4	0.29	0.18	0.53	548	6	280	-4
2022-02-20	257	321	1089	4.5	0.41	0.17	0.42	5461	6	292	-35
2022-02-21	388	485	1098	4.2	0.31	0.19	0.49	6690	6	428	-40
2022-02-22	503	361	1272	4.5	0.31	0.24	0.44	2635	6	420	83
2022-02-23	562	520	1311	4.8	0.29	0.21	0.50	1914	6	514	48
2022-02-24	456	620	1494	4.7	0.32	0.18	0.51	1084	6	488	-32
2022-02-25	381	759	1923	4.5	0.30	0.18	0.52	529	6	267	114
2022-02-27	262	1174	2691	4.6	0.32	0.16	0.52	5934	6	331	-69
2022-02-28	441	897	1511	4.2	0.39	0.18	0.42	7190	6	403	38
2022-03-01	431	1145	1867	4.6	0.35	0.22	0.43	2712	6	463	-32
2022-03-02	569	991	2055	4.8	0.33	0.17	0.50	2029	6	509	60
2022-03-03	506	1017	2086	4.4	0.35	0.14	0.51	1111	6	491	15
2022-03-04	322	989	2879	4.7	0.36	0.17	0.47	551	6	385	-63
2022-03-06	291	1360	2283	4.7	0.36	0.17	0.47	6227	6	291	0
2022-03-07	522	1488	2415	3.9	0.38	0.16	0.47	7400	6	409	113
2022-03-08	525	923	1651	4.3	0.34	0.23	0.42	2701	6	518	7
2022-03-09	617	1136	2038	4.8	0.30	0.19	0.51	2092	6	550	67
2022-03-10	433	871	1879	4.9	0.30	0.17	0.53	1137	6	503	-70
2022-03-11	331	798	1796	4.5	0.31	0.19	0.50	584	6	297	34
2022-03-12	208	833	1517	4.8	0.35	0.14	0.51	4	5	259	-51

2022-03-13	301	469	1139	4.4	0.36	0.17	0.47	6418	6	480	-179
2022-03-14	445	524	1361	4.4	0.38	0.17	0.45	7563	6	481	-36
2022-03-15	513	237	923	4.8	0.33	0.24	0.42	2795	6	515	-2
2022-03-16	645	360	1413	4.5	0.27	0.23	0.50	2104	6	505	140
2022-03-17	510	562	1406	4.8	0.25	0.21	0.54	1135	6	438	72
2022-03-18	304	928	2401	4.7	0.18	0.24	0.58	597	6	315	-11
2022-03-20	271	360	1440	5.0	0.28	0.20	0.52	6358	6	310	-39
2022-03-21	499	458	1169	4.4	0.32	0.18	0.50	7633	6	388	111
2022-03-22	482	273	1159	4.3	0.23	0.28	0.49	2866	6	549	-67
2022-03-23	601	697	1589	4.4	0.24	0.20	0.56	2164	6	589	12
2022-03-24	498	693	1500	4.5	0.27	0.20	0.53	1188	6	470	28
2022-03-25	318	1029	2418	3.7	0.19	0.20	0.62	623	6	338	-20
2022-03-27	289	766	1825	4.2	0.23	0.25	0.53	6739	6	346	-57
2022-03-28	526	1006	1957	4.0	0.32	0.21	0.46	7996	6	439	87
2022-03-29	640	720	1576	4.7	0.30	0.24	0.46	2937	6	520	120
2022-03-30	613	760	1580	4.7	0.29	0.21	0.50	2255	6	647	-34
2022-03-31	457	617	1371	4.4	0.20	0.21	0.59	1138	6	485	-28
2022-04-01	306	749	1506	4.8	0.19	0.28	0.53	504	6	268	38
2022-04-03	259	740	1931	4.8	0.34	0.14	0.53	6790	6	360	-101
2022-04-04	557	1071	1769	4.8	0.29	0.19	0.52	8356	6	497	60
2022-04-05	649	1327	2149	4.9	0.26	0.23	0.51	3017	6	601	48
2022-04-06	578	988	1674	5.0	0.24	0.18	0.58	2331	6	629	-51
2022-04-07	447	909	1604	5.0	0.23	0.22	0.55	1216	6	450	-3
2022-04-08	280	1300	2146	5.0	0.20	0.16	0.63	506	6	291	-11
2022-04-10	270	496	1500	5.0	0.23	0.18	0.59	6804	6	328	-58
2022-04-11	492	627	1552	4.9	0.29	0.18	0.52	8258	6	516	-24
2022-04-12	535	504	1413	4.9	0.29	0.25	0.47	2961	6	584	-49
2022-04-13	596	1088	2344	4.8	0.24	0.17	0.58	2240	6	527	69
2022-04-14	491	863	1610	4.6	0.23	0.21	0.56	1180	6	490	1
2022-04-15	289	1488	2396	4.2	0.24	0.13	0.63	491	6	335	-46
2022-04-17	223	693	1981	5.0	0.27	0.21	0.52	6606	5	281	-58
2022-04-18	531	751	1662	4.6	0.36	0.13	0.51	8176	6	436	95
2022-04-19	530	494	1328	4.9	0.27	0.20	0.53	3030	6	574	-44
2022-04-20	577	306	993	4.7	0.22	0.17	0.61	2319	6	558	19
2022-04-21	454	246	1176	4.9	0.21	0.21	0.58	1199	6	473	-19
2022-04-22	303	497	1876	4.5	0.17	0.18	0.64	493	6	297	6
2022-04-24	282	149	583	4.8	0.24	0.22	0.54	7149	6	303	-21
2022-04-25	542	270	910	4.6	0.25	0.23	0.52	8758	6	505	37
2022-04-26	669	338	1082	4.6	0.22	0.20	0.58	3162	7	540	129
2022-04-27	639	626	1677	4.7	0.22	0.20	0.58	2358	6	601	38
2022-04-28	467	810	1860	4.5	0.22	0.18	0.60	1261	6	505	-38
2022-04-29	300	921	1595	4.8	0.22	0.18	0.60	548	6	272	28
2022-05-01	341	504	934	4.6	0.23	0.24	0.53	7348	6	323	18
2022-05-02	534	496	1265	4.9	0.28	0.20	0.52	8836	6	565	-31
2022-05-03	475	316	1002	4.9	0.27	0.17	0.56	3269	6	610	-135
2022-05-04	636	295	1037	5.0	0.22	0.20	0.58	2385	6	506	130
2022-05-05	466	250	818	5.0	0.22	0.23	0.56	1346	6	525	-59
2022-05-06	383	426	1400	5.0	0.20	0.21	0.60	592	6	359	24
2022-05-08	308	221	932	4.9	0.31	0.15	0.55	7521	6	371	-63
2022-05-09	558	282	870	4.9	0.30	0.17	0.53	8948	6	484	74
2022-05-10	482	107	848	5.0	0.25	0.19	0.56	3263	6	526	-44
2022-05-11	627	194	1091	4.7	0.22	0.16	0.62	2423	6	565	62
2022-05-12	517	497	1361	4.8	0.25	0.19	0.56	1327	6	506	11

2022-05-13	353	790	1846	5.0	0.22	0.18	0.60	578	6	383	-30
2022-05-15	330	506	1538	4.8	0.30	0.14	0.56	7665	6	365	-35
2022-05-16	509	560	1672	4.9	0.28	0.15	0.57	9043	6	492	17
2022-05-17	496	336	1435	4.9	0.23	0.18	0.59	3416	6	511	-15
2022-05-18	673	436	1384	4.9	0.19	0.17	0.63	2480	7	574	99
2022-05-19	538	907	1761	4.8	0.19	0.17	0.64	1411	6	569	-31
2022-05-20	368	1226	2406	5.0	0.25	0.18	0.56	593	6	360	8
2022-05-22	303	712	1415	4.3	0.23	0.22	0.55	7792	6	365	-62
2022-05-23	496	473	1318	4.6	0.31	0.15	0.54	8972	6	467	29
2022-05-24	485	640	1596	4.8	0.26	0.19	0.55	3345	6	510	-25
2022-05-25	601	634	1543	4.6	0.25	0.16	0.59	2328	6	608	-7
2022-05-26	443	450	933	4.8	0.28	0.20	0.52	1343	6	533	-90
2022-05-27	388	837	1507	4.8	0.22	0.22	0.56	560	6	316	72
2022-05-29	228	278	1048	4.4	0.22	0.20	0.58	6464	5	380	-152
2022-05-30	306	38	603	4.5	0.27	0.21	0.52	5304	6	396	-90
2022-05-31	442	43	497	4.8	0.27	0.25	0.48	6826	6	450	-8
2022-06-01	712	831	1758	4.9	0.22	0.18	0.60	2360	7	542	170
2022-06-02	650	1074	2043	4.9	0.26	0.18	0.57	1282	6	592	58
2022-06-03	405	1201	2254	5.0	0.27	0.17	0.56	591	6	430	-25
2022-06-05	258	538	1281	4.5	0.22	0.20	0.58	7542	6	273	-15
2022-06-06	476	459	1170	5.0	0.27	0.20	0.53	8450	6	312	164
2022-06-07	421	302	1057	5.0	0.26	0.23	0.51	3447	6	513	-92
2022-06-08	628	427	1665	5.0	0.26	0.19	0.55	2260	6	618	10
2022-06-09	435	471	1169	5.0	0.25	0.22	0.53	1301	6	568	-133
2022-06-10	284	701	1357	4.9	0.20	0.20	0.60	546	6	330	-46
2022-06-12	269	222	829	4.7	0.26	0.19	0.55	7530	6	309	-40
2022-06-13	441	190	1182	4.9	0.30	0.17	0.52	8258	6	451	-10
2022-06-14	515	262	1052	5.0	0.28	0.22	0.50	3353	6	460	55
2022-06-15	595	611	1190	5.0	0.24	0.20	0.56	2236	6	585	10
2022-06-16	589	1027	1728	5.0	0.28	0.17	0.56	1237	6	476	113
2022-06-17	360	807	1262	4.9	0.23	0.20	0.58	536	6	335	25
2022-06-19	205	240	955	5.0	0.24	0.25	0.51	7189	5	350	-145
2022-06-20	438	112	820	4.9	0.28	0.16	0.55	8326	6	352	86
2022-06-21	476	85	586	4.9	0.24	0.22	0.53	3399	6	491	-15
2022-06-22	638	402	1101	4.9	0.19	0.17	0.64	2170	6	601	37
2022-06-23	554	509	1359	5.0	0.23	0.16	0.61	1192	6	570	-16
2022-06-24	280	413	829	5.0	0.16	0.20	0.64	562	6	347	-67
2022-06-26	271	59	941	4.7	0.30	0.23	0.48	7284	6	247	24
2022-06-27	433	96	518	5.0	0.29	0.16	0.55	8147	6	433	0
2022-06-28	445	97	564	5.0	0.24	0.23	0.52	3047	6	496	-51
2022-06-29	541	240	889	4.9	0.22	0.15	0.63	1911	6	544	-3
2022-06-30	418	212	767	5.0	0.20	0.22	0.57	1111	6	517	-99

Apéndice F. Pronóstico de demanda

	Point.Forecast	Lo.80	Hi.80	Lo.95	Hi.95
464	272	196	348	155	389
465	237	151	323	105	369
466	367	279	454	233	500
467	416	327	504	280	551
468	469	380	559	333	606
469	416	326	505	278	553
470	285	179	392	123	448
471	277	164	390	103	450
472	363	249	477	189	537
473	402	288	516	228	577
474	442	328	556	267	617
475	411	296	526	236	587
476	302	178	426	112	492
477	303	174	432	105	501
478	365	236	495	167	564
479	390	260	520	191	588
480	424	294	553	225	622
481	406	275	536	206	605
482	318	182	455	109	527
483	323	182	463	108	537
484	368	227	509	152	583
485	380	239	521	165	596
486	410	269	551	195	626
487	401	259	542	184	617
488	330	184	476	106	553
489	340	191	489	112	567
490	370	220	519	141	598
491	373	223	523	144	602
492	400	250	550	171	629
493	396	245	546	166	626
494	339	185	493	104	575
495	351	195	507	112	590
496	372	215	529	132	612
497	368	211	526	128	609
498	392	235	550	152	633
499	391	233	549	150	633
500	345	184	506	99	591
501	361	199	524	113	609
502	374	211	537	125	623
503	365	201	529	114	616
504	386	222	550	135	637
505	388	224	553	137	640
506	352	185	518	96	607
507	370	202	538	113	627
508	374	205	543	116	633
509	363	193	533	103	622
510	382	212	552	122	642
511	385	215	556	124	646
512	356	183	528	92	620
513	378	204	552	112	644

514	375	201	550	109	642
515	361	186	537	93	630
516	379	203	554	110	647
517	383	206	559	113	652
518	360	182	538	88	632
519	381	202	560	107	655
520	375	196	555	101	650
521	361	181	542	85	637
522	376	195	557	99	653
523	380	199	562	102	658
524	363	180	546	83	643
525	385	201	569	103	666
526	375	191	560	93	658
527	360	175	546	76	644
528	373	187	559	89	658
529	378	191	565	92	664
530	366	178	554	79	654
531	387	199	576	99	676
532	375	185	564	85	665
533	359	169	550	68	651
534	371	180	563	79	664
535	376	184	568	83	669
536	366	173	559	71	661
537	387	194	581	91	683
538	374	180	569	77	672
539	359	164	555	61	658
540	370	174	566	71	669
541	374	178	571	74	675
542	370	173	568	68	672
543	393	195	591	90	696
544	375	176	574	71	679
545	361	161	560	55	666
546	370	170	571	64	677
547	373	172	574	66	681
548	372	170	574	63	681
549	395	193	598	85	706
550	375	172	579	64	686
551	362	157	566	49	674
552	370	165	575	57	683
553	372	167	578	58	686
554	374	168	581	59	690
555	397	190	604	80	713
556	375	167	583	57	693
557	362	154	571	43	682
558	369	160	578	49	689
559	371	161	581	50	692
560	378	167	588	55	700

Apéndice G. Código de optimización

```
# Conjunto de agentes
set A := { 1 .. 20 };

# Conjunto de dias
set D := { 1 .. 30 };

# Conjunto de horas dentro de cada dia
set H := { 8 .. 23 };

# Canales
set C := { "CHAT", "SMS", "EMAIL" };

# Tiempo de atencion
param atencion[C] := <"CHAT"> 9.8, <"SMS"> 13.1, <"EMAIL"> 11.2;

# Distribucion de la demanda por hora, en porcentaje
param distr[H*C] := | "CHAT", "SMS", "EMAIL" |
| 8 | 1.3, 0.5, 0.3 |
| 9 | 2.5, 1.1, 0.7 |
| 10 | 3.0, 1.3, 0.8 |
| 11 | 3.5, 1.5, 0.9 |
| 12 | 6.4, 2.7, 1.7 |
| 13 | 5.1, 2.1, 1.3 |
| 14 | 4.7, 2.0, 1.3 |
| 15 | 5.3, 2.3, 1.4 |
| 16 | 4.7, 2.0, 1.2 |
| 17 | 5.2, 2.2, 1.4 |
| 18 | 4.3, 1.8, 1.2 |
| 19 | 3.9, 1.7, 1.0 |
| 20 | 3.9, 1.7, 1.0 |
| 21 | 2.9, 1.2, 0.8 |
| 22 | 1.7, 0.7, 0.5 |
| 23 | 0.7, 0.3, 0.2 |;

# Pedidos nuevos por dia
param demanda[D] := <1> 272, <2> 237, <3> 366, <4> 415, <5> 469, <6> 415,
<7> 285, <8> 276, <9> 363, <10> 402, <11> 442, <12> 411,
<13> 302, <14> 302, <15> 365, <16> 389, <17> 423, <18> 405,
<19> 318, <20> 322, <21> 367, <22> 380, <23> 410, <24> 400,
<25> 329, <26> 339, <27> 369, <28> 372, <29> 399, <30> 395;
```

```

# Variable x[i,d,h] = el agente i comienza un turno en la hora h del dia d
var x[A*D*H] binary;

# Variable k[i,d,h] = el agente i comienza siempre a la misma hora
var k[A*D*H] binary;

# Variable y[c,d,h] = tiempo de atencion de mensajes de tipo c en la hora h del dia d
var y[C*D*H] >= 0;

# Variable z[c,d,h] = backlog de mensajes de tipo c luego de la hora h del dia d
var z[C*D*H] >= 0;

# (1) Funcion objetivo: minimizar el backlog total
minimize fobj: sum <c,d,h> in C*D*H: z[c,d,h];

# (2) Cada agente comienza un turno a lo sumo una vez en cada dia
subto unopordia: forall <i,d> in A*D:
  sum <h> in H: x[i,d,h] <= 1;

# (3) Los turnos comienzan a lo sumo a las 16 hs
subto comienzavalido: forall <i,d,h> in A*D*H with h > 16:
  x[i,d,h] == 0;

# (4) Cada agente comienza siempre a la misma hora
subto comienzohora: forall <i,d,h> in A*D*H:
  x[i,d,h] == sum <dp> in D with d-5 <= dp and dp <= d: k[i,dp,h];

# (5) Cada agente comienza un turno laboral cada 7 dias
subto comienzoturno: forall <i,d,h> in A*D*H with d > 7:
  k[i,d,h] == k[i,d-7,h];

# (6) No se atiende mas que la demanda mas el backlog
subto atencionmaxima1: forall <c,d,h> in C*D*H with h > 8:
  y[c,d,h] <= (demanda[d] * distr[h,c] / 100) + z[c,d,h-1];

# (7)
subto atencionmaxima2: forall <c,d> in C*D with d > 1:
  y[c,d,8] <= (demanda[d] * distr[8,c] / 100) + z[c,d-1,23];

# (8)
subto atencionmaxima3: forall <c> in C:
  y[c,1,8] <= (demanda[1] * distr[8,c] / 100);

# (9) Definicion del backlog
subto defbacklog1: forall <c,d,h> in C*D*H with h > 8:
  z[c,d,h] >= (demanda[d] * distr[h,c] / 100) - y[c,d,h] + z[c,d,h-1];

# (10)
subto defbacklog2: forall <c,d> in C*D with d > 1:
  z[c,d,8] >= (demanda[d] * distr[8,c] / 100) - y[c,d,8] + z[c,d-1,23];

#(11)
subto defbacklog3: forall <c> in C:
  z[c,1,8] >= (demanda[1] * distr[8,c] / 100) - y[c,1,8];

# (12) Sin backlog para chat
subto sinbacklogdechat: forall <d,h> in D*H:
  z["CHAT",d,h] == 0;

# (13) Tiempo maximo de atencion
subto maximoconjunto: forall <d,h> in D*H:
  sum <c> in C: atencion[c] * y[c,d,h] <= 60 * sum <i,hp> in A*H with h <= hp+8 and hp <= h: x[i,d,hp];

# (14) Cada agente comienza exactamente un turno laboral en la primera semana
subto comienzoinicial: forall <i> in A:
  sum <d,h> in D*H with d <= 7: k[i,d,h] == 1;

```