

# Modelo de optimización para la toma de decisiones en la gestión de la fuerza de trabajo para centros de contacto

Universidad de los Andes

Facultad de Ingeniería – Departamento de Ingeniería Industrial

Maestría en Inteligencia Analítica para la toma de Decisiones – Proyecto de grado

Autor: Robertheisler Angarita Bermúdez - 201728549

**Resumen**— La gestión de la fuerza de trabajo en los centros de contacto o *Contact Centers*, tiene el propósito de establecer el equilibrio entre los recursos disponibles y demanda del servicio. Este proyecto pretende desarrollar en el pronóstico de llamadas, la planeación de recursos laborales y la programación de turnos de trabajo, un modelo integrado que cumpla con el objetivo de disminuir los costos laborales, mejorando la rentabilidad de la compañía, sin sacrificar ventas ni la experiencia del cliente.

**Índice** —Planteamiento del problema, Pregunta de negocio, Objetivos, Metodología, Resultados, Conclusiones y futuras recomendaciones.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el sistema de salud de Colombia, toma vital importante el sector farmacéutico y junto con ellos, los comercializadores de medicamentos como un jugador importante en cada hogar de la nación por ser una necesidad vital. La industria al cierre del año 2019 tuvo ingresos por más de \$14 billones de pesos con una proyección para los próximos 10 años superiores a los \$60 billones de pesos<sup>1</sup>, esto ha generado una competencia comercial bastante activa en todas las empresas del sector, una de las estrategias más importantes ha sido el enfoque de las ventas en los diferentes canales digitales y para compañía, el desafío de lograr el liderazgo en el mercado del comercio de medicamentos que hace parte de su plan de expansión para el 2019 y 2020<sup>2</sup>. En el 2019, la compañía se posiciona en segundo lugar con **ingresos por más de \$1.4 billones de pesos**<sup>3</sup>, para el canal *Retail*, los ingresos superan más de \$367 miles de millones de pesos<sup>4</sup>, dentro del cual, pertenecen los negocios digitales como el *Contact Center* y el *e-commerce*, este último inició su operación a finales del 2019. El análisis de este proyecto obedece a las estrategias utilizadas por la compañía para llegar a triplicar sus ventas desde el 2017. Para el año 2020, se realizaron aperturas de más de 500 tiendas en todo Colombia, con mayores participaciones en Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, acompañado con estos crecimientos, el servicio a domicilios que se posiciona como uno de los canales más estratégicos generado por el confinamiento obligatorio dispuesto por el gobierno nacional a partir del mes de marzo del presente año, claramente los canales digitales han tomado un protagonismo importante, con crecimientos superiores al 45% entre los meses de abril y mayo, el *Contact Center* **logró triplicar las ventas entre el mes de enero y junio del 2020** (ver Fig.1.1).

De la misma manera, y junto con estos cambios en el comportamiento de consumo de los clientes de la compañía, surgen nuevas tácticas sobre la marcha para lograr compensar las bajas ventas de las tiendas físicas de la compañía, ya que

perdieron sustancialmente sus ingresos desde el mes de abril.

Con base en lo anterior, el crecimiento de la demanda en los canales digitales, específicamente en las llamadas al *Contact Center*, genera una nueva perspectiva y estrategia de negocio de fundamental importancia para este canal, basados en el siguiente comportamiento en los ingresos como se observan en las barras naranjas:

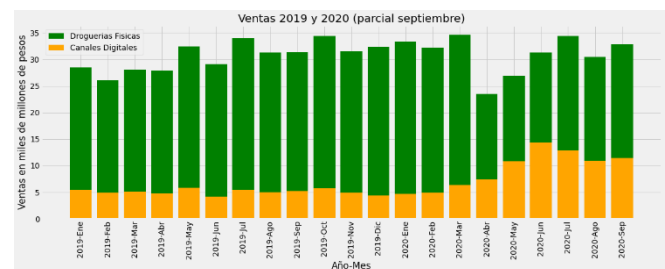


Fig. 1.1. Ventas 2019-2020 (P)<sup>4</sup>.

Posteriormente, en la Fig.1.2 se observa el crecimiento porcentual de los domicilios sobre las ventas de los canales *Retail*, llegando a tener una participación superior al 45%, específicamente en el mes de junio. Valores muy diferentes a los obtenidos en el 2019 y los primeros meses del 2020, cuando éstos no superaban el 15% de participación, incrementándose de manera importante, sobrepasando por más de 30 puntos porcentuales las ventas. Para los meses de julio a septiembre la tendencia se ha normalizado, pero se espera que se mantenga sobre el 36% para los próximos meses, inclusive el 2021.

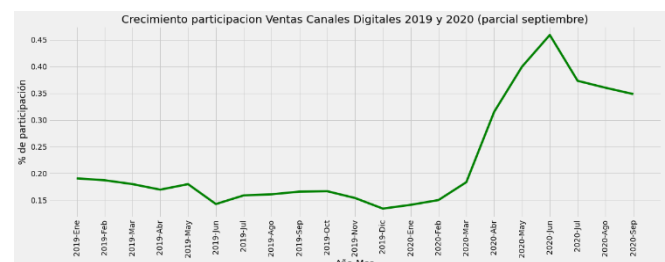


Fig. 1.2. Participación ventas canales digitales sobre *Retail* (2019-2020).

Todos estos crecimientos y estrategias de mercado, ha traído como consecuencia un aumento significativo de errores en la dispensación de medicamentos despachados a domicilio, por lo que se ha exigido por parte del gobierno nacional, un perfil laboral especializado para el canal telefónico, según instrucciones del ministerio de salud, éste deberá ser auxiliar de farmacia, cargo que obligatoriamente la compañía deberá garantizar para evitar errores que puedan ser objeto de sanciones onerosas por las entidades de control, no solo de orden médico, sino también comercial, por estar

vigilados por la Secretaria de Salud y Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). Aunque parezca de menor importancia, cobra mucho sentido cuando el perfil exigido para el personal de **Contact Center**, tenga mayor dificultad de reclutar en los procesos de selección, dado que estos recursos están orientados a trabajar directamente en clínicas, centros de dispensación médica o droguerías físicas, pero no atendiendo llamadas telefónicas. Este crecimiento inesperado y las dificultades presentadas para incorporar personal capacitado, exige una mejor gestión y ser más rigurosos en fidelizar el talento humano, con el firme propósito de lograr los objetivos corporativos de incrementar los resultados financieros siendo más eficientes en el uso de los recursos.

Por lo anterior se hace necesario contar con un modelo matemático y de optimización que permita incrementar los márgenes operativos con la menor cantidad de agentes telefónicos, dado que es el canal con la composición de costos salariales más elevados en comparación a los demás canales físicos. A octubre de 2020, la cantidad de llamadas sobrepasa en 78% lo recibido en todo el año anterior y es muy probable que los resultados estimados del presente año se dupliquen, proyectando llegar a 1.8 millones de llamadas.

A partir de ahora, cobra mucha importancia la estrategia comercial que viene desarrollando la compañía para continuar con su expansión de negocio desde el año 2017, con fuertes incrementos en las ventas desde el 2018. **Esta estrategia obedece a los descuentos aplicados para todos los clientes en 20% o 30% en todas las droguerías o canales digitales los días miércoles**, esto ha generado un impacto muy positivo en las ventas, sin embargo, la demanda de llamadas ha generado incrementos por más del 300% sobre el volumen recibido en los demás días de la semana, este comportamiento necesita un cambio en la forma de gestionar para impedir el sobredimensionamiento los recursos físicos, tecnológicos y de personal, de esta manera evitar posibles sobrecostos innecesarios por la ejecución de un mal pronóstico o asignación de turnos inadecuadamente, dentro los cuales la estacionalidad de las llamadas para este día en particular, ha sido un punto de interés por parte de la Gerencia General y el equipo directivo de la organización obedeciendo a los cambios generados en los nuevos hábitos de compra de los consumidores.

El miércoles representa el 40% de las ventas logrado en toda la semana y los meses con cinco miércoles, puede llegar a ser más del 45% en su participación, esto quiere decir que el cubrimiento del personal para este día y los crecimientos del servicio a domicilio es muy importante para la compañía.

Actualmente los recursos estimados están basados principalmente en pronósticos con muy bajos niveles de precisión y, por ende, lograr o estimar la cobertura del servicio no han sido las esperadas, otra barrera que se ha identificado es la generación de turnos fijos que no permiten incrementar la utilización (tiempo de trabajo pago) y ocupación (tiempo de trabajo hablando) de los asesores telefónicos. Los usuarios del servicio, en muchas oportunidades no encuentran quien les atienda llamada, lo que representa para la compañía, una oportunidad menos de generación de ingresos.

Los principales desafíos que enfrenta la Dirección de Canales Digitales para estimar óptimamente los recursos humanos, con el propósito de lograr el mejor resultado comercial, es la de satisfacer correctamente la demanda de llamadas y mejorar el margen de utilidad, enumerados a continuación:

### 1. Mejora de pronóstico

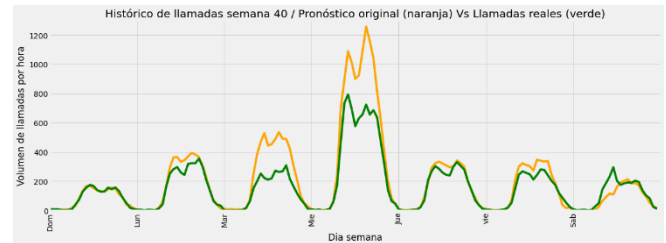


Fig. 1.3. Pronóstico semanal metodología tradicional y llamadas entrantes<sup>4</sup>.

Basados en la Fig.1.3, muestra los datos de llamadas correspondientes a la semana 40 (27/09/20 a 03/10/20) del año 2020. En la gráfica se evidencia un notorio desajuste en el pronóstico realizado con respecto a los valores reales recibidos en esta semana, estas grandes diferencias, están generando proyecciones de ventas equivocadas, además de mayores estimaciones de personal, conociendo que los costos salariales representan más del 60% sobre los costos totales. En la línea amarilla se observa el volumen de llamadas pronosticadas para la semana correspondiente y la línea verde corresponden a los valores reales recibidos, esto nos da una visión más específica de la problemática del servicio, estos valores nos permite identificar un *Error Porcentual Absoluto Medio* (MAPE) superior al 28%, este mismo resultado para los miércoles corresponde a un MAPE con una desviación mayor al 47%, indicando en el pronóstico que conocido para este día, requiere mayor cantidad de agentes telefónicos, sin embargo, estos recursos son innecesarios dado lo bajos niveles de ajuste.

### 2. Mejora de programación en turnos de trabajo

El siguiente desafío que se pretende abordar, es la dificultad en encontrar el mejor ajuste en la programación de turnos de trabajo, este es generado principalmente por el uso de prácticas empíricas y manuales para definir los horarios de trabajo, que son utilizadas con herramientas office que no aseguran un correcto resultado para optimizar la productividad de los agentes telefónicos. Las ocupaciones consolidadas de la semana son bastante bajas, con esto se pretende identificar, que el personal está únicamente hablando con los clientes menos de la mitad de su tiempo laboral siendo productivo.

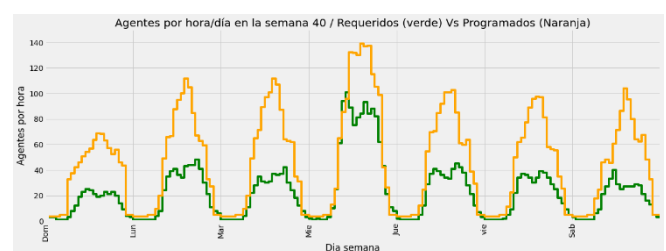


Fig. 1.4. Agentes semanales metodología tradicional y requeridos.

Como se observa en la Fig.1.4, el sobrecosto de personal

está comprometiendo los resultados en la rentabilidad en la Dirección de Canales Digitales, es decir, la cobertura esperada sobrepasa lo que en realidad requiere el canal.

Finalmente, estos obstáculos presentados no son ajenos a los demás países del grupo, por ejemplo, Chile y Ecuador, han intentado resolver los mismos conflictos, sin embargo, Colombia es donde se evidencia el mayor costo del servicio telefónico sobre los ingresos generados, siendo el foco de principal interés de la compañía.

## II. PREGUNTA DE NEGOCIO

¿Cuál sería el impacto financiero al estimar adecuadamente la demanda de llamadas esperadas, mejorar la planeación y optimizar la programación de turnos para los agentes telefónicos?

## III. OBJETIVOS

### *General*

Desarrollar un modelo integral de predicción y optimización eficiente, que logre encontrar las variables de decisión correctas y permitan minimizar los costos operativos de personal del **Contact Center**.

### *Específicos*

- Encontrar el mejor resultado del pronóstico de llamadas con el mínimo error de predicción.
- Maximizar la gestión operativa del personal.
- Desarrollar herramientas que den como resultado la mejor y más apropiada distribución de la gestión de la fuerza laboral al menor costo.

## IV. METODOLOGÍA

La función operativa más compleja en el centro de llamadas es asegurarse de que haya suficientes personas en la línea para responder a los clientes, sin embargo, tener recursos innecesarios hace que el servicio sea costoso e improductivo. El proceso para tomar mejores decisiones es una gestión adecuada de la fuerza laboral. Este podría definirse como la forma más eficiente de alcanzar la cantidad "justa" de personal en su lugar, para cada período del día y de esta manera cumplir con los niveles de servicio y minimizando los costos laborales. El propósito es tener el número más cerca a lo necesario cada hora del día, en lo posible, ni más de lo requerido ni menos.

El proceso de gestión de la fuerza laboral se dificulta por el hecho de que el flujo de llamadas entrantes del **Contact Center** es un factor que está fuera del alcance y control operativo, éstos son generados principalmente por la publicidad, las promociones, necesidad de algún producto, inclusive por el clima, y obedeciendo a lo anterior, son los clientes deciden realizar una llamada.

La precisión de cualquier plan de dimensionamiento de personal se deberá en parte al juicio y la experiencia de quien lo elabora, sin embargo, esta gestión de la fuerza laboral debe ser también un proceso matemático, donde usa datos históricos para predecir eventos futuros. El conocimiento de estas técnicas estadísticas especializadas es fundamental para todo responsable del **Contact Center** o empresas que pretendan contar con un modelo de gestión que automatice el proceso de pronóstico y programación de turnos de trabajo, éstos deben comprender varios cálculos para verificar la exactitud de los resultados y quizás lo más importante, para explicar los resultados a la compañía.

Un adecuado modelo es fundamental para el éxito de todos los **Contact Centers**, seguidamente, se enumeran los pasos principales para una buena gestión del servicio de venta telefónica:

- A. Disponibilidad y análisis de datos históricos.
- B. Demanda de llamadas (Pronóstico).
- C. Determinación de las necesidades de personal (Planeación).
- D. Asignación de turnos de trabajo al personal (Programación).

### *A. Disponibilidad y análisis de datos históricos:*

La primera hipótesis para lograr los resultados es obtener los correctos datos históricos, éstos serán el mejor predictor a futuro, por lo tanto, disponer de estos datos concretos es la primera tarea. La fuente más contundente de esta información serán los reportes históricos de la central telefónica, específicamente la cantidad de llamadas ofrecidas y la información de tiempos de atención por intervalos de hora.

Es primordial recopilar muestras representativas de fuentes de información que sean precisas. La base de cualquier buen plan de dimensionamiento de personal son los datos de entrada confiables. Sin un pronóstico adecuado, el diseñar el método más sofisticado para calcular la cantidad de personal o desarrollar los mejores métodos de optimización, puede resultar en un esfuerzo ineficaz. La conocida frase "basura entra, basura sale" es especialmente real cuando se aplica a la gestión de la fuerza laboral del **Contact Center**. Los datos precisos para nutrir el proceso de pronóstico es el paso más relevante para el éxito de los resultados.

Lo ideal es tener información con una profundidad superior a 100 registros de datos históricos, menos, puede ser suficiente, pero no proporcionará la solución más precisa de las tendencias y los patrones estacionales que se toman para el análisis, para este proyecto se van a desarrollar pronósticos de corto plazo, dado que los horizontes analizados, nos permite avanzar adecuadamente bajo esta modalidad de tiempo proporcionando eficiencias rápidamente, por lo tanto, se desarrollará basadas en las últimas 4 semanas, para cada uno de los 7 días y sus 24 horas, donde se permitirá identificar claramente las tendencias entre semanas (672 registros).

La siguiente serie de tiempo es el volumen de llamadas por

hora desde las 00:00 horas del domingo 30 de agosto del 2020 hasta las 24:00 horas del sábado 26 de septiembre del 2020:

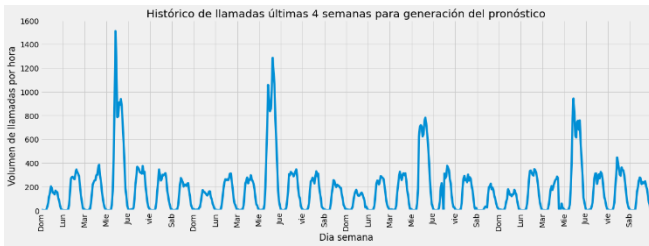


Fig. 4.1. Histórico de llamadas por hora 30/08/20 a 26/09/20.

Como se puede observar claramente, los miércoles presentan una estacionalidad bastante singular, por ejemplo, para el 3 de septiembre en el intervalo de las 10:00 horas, se recibe un tráfico de llamadas superior a las 1500 llamadas y de lograrse un buen resultado en la predicción, nos permitirá ser más precisos en la asignación de los recursos.

A continuación, en la Fig.4.2 se muestra el promedio por día y hora, de las 4 semanas analizadas, sigue evidenciando el principal desafío del *Contact Center* para lograr la máxima eficiencia, pese al alto volumen de llamadas para el día de promoción.

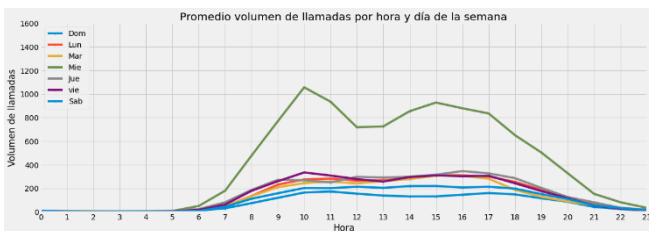


Fig. 4.2. Promedio de llamadas por hora y día 30/08/20 a 26/09/20.

Los datos básicos necesarios para el correcto dimensionamiento o demanda de personal son: primero, el volumen de llamadas; segundo, el objetivo de Nivel de Servicio (NDS) esperado y, en tercer lugar, el tiempo promedio de atención (TMO), estos valores por intervalo de hora se utilizarán para el cálculo de los agentes requeridos con el método de teoría de colas a utilizar, *Erlang-C*, el resultado obtenido representa con precisión la cantidad de recursos que un centro de llamadas necesita en para cada periodo de tiempo, generalmente, intervalos de 60 minutos (hora).

Otros datos relevantes que se debe ser la capacidad actual del recurso humano y sus productividades, esto nos va a permitir identificar los costos asociados al servicio.

### B. Pronóstico de llamadas

El segundo paso del proceso traduce los datos históricos en una predicción de lo que probabilísticamente sucederá en la siguiente semana. Existen varios enfoques para llegar a este pronóstico, sin embargo, nos enfocaremos en el modelo ARIMA.

Realizar un análisis de series de tiempos es el enfoque recomendado para la previsión, esto implica un proceso

denominado análisis de pronóstico o modelo predictivo. Este enfoque toma información histórica y permite aislar los efectos de las tendencias, así como de los estacionales o diferencias de la serie. En general, el *Contact Center* debe utilizar este enfoque y sirve como base para la mayoría de los modelos de previsión de gestión de la fuerza laboral. La hipótesis básica es que el volumen de llamadas está influenciado por una variedad de factores a lo largo del tiempo y que cada uno de los elementos puede aislarse y utilizarse para predecir el futuro.

El proceso de planificación de la fuerza laboral debe incorporar todos los factores que puedan presentarse en la carga de trabajo del *Contact Center* al preparar y ajustar el pronóstico.

Así mismo, se debe usar las ternas de parámetros definidos para automatizar el proceso de entrenamiento y evaluación de modelos ARIMA en sus diferentes combinaciones, encontrando los valores ARIMA (p,d,q)(P,D,Q) que optimizan la métrica de interés y de esta manera, encontrar los mejores resultados.

Dep. Variable:	y	No. Observations:	672				
Model:	SARIMAX(1, 0, 1)x(1, 1, 1, 168)	Log Likelihood:	-1761.891				
Date:	Thu, 05 Nov 2020	AIC:	3533.783				
Time:	15:19:50	BIC:	3552.839				
Sample:	0	HQIC:	3541.381				
			- 672				
Covariance Type:	opg						
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]	
	ar.L1	0.7482	0.031	24.070	0.000	0.687	0.809
	ma.L1	0.0533	0.046	1.166	0.244	-0.036	0.143
	ar.S.L168	-0.1759	0.030	-5.809	0.000	-0.235	-0.117
	ma.S.L168	-0.9999	0.031	-32.032	0.000	-1.061	-0.939
	sigma2	1357.1223	2.3e-05	5.9e+07	0.000	1357.122	1357.122
	Ljung-Box (Q):	62.68	Jarque-Bera (JB):	4106.57			
	Prob(Q):	0.01	Prob(JB):	0.00			
	Heteroskedasticity (H):	0.76	Skew:	-1.98			
	Prob(H) (two-sided):	0.14	Kurtosis:	19.71			

Fig. 4.3. Resultados modelo SARIMAX.

Al evaluar y comparar modelos estadísticos equipados con diferentes parámetros, cada uno puede clasificarse entre sí, en función de qué tan bien se ajusta a los datos o su capacidad para predecir con precisión puntos de datos futuros. Se utiliza el valor AIC (Criterio de información de Akaike), que integra convenientemente con los modelos ARIMA. Las AIC es la eficacia de un modelo donde ajusta a los datos, teniendo en cuenta la complejidad global del modelo. A un modelo que se ajusta muy bien a los datos mientras usa muchas características se le asignará una puntuación AIC mayor que a un modelo que usa menos características para lograr la misma bondad de ajuste. Por lo tanto, nos interesa encontrar el modelo que arroje el AIC valor más bajo (Fig.4.3).



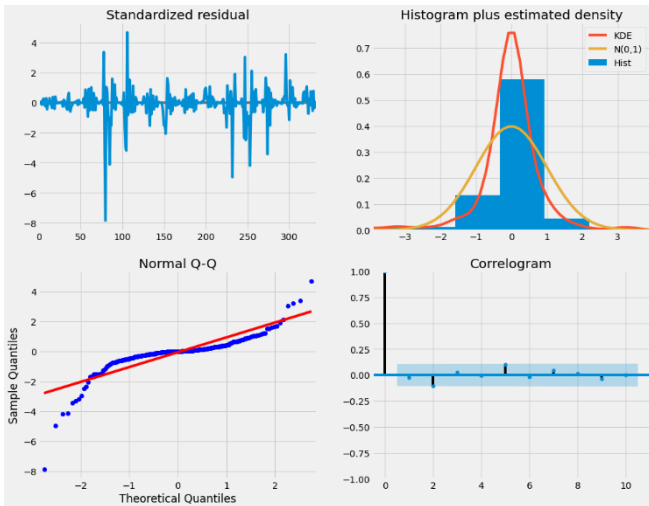


Fig. 4.4. Diagnóstico de resultados modelo SARIMA (1, 0, 1), (1, 1, 1).

Con base en estos resultados y como se observa en la Fig.4.4, sobre la gráfica superior derecha, la KDE línea roja sigue de cerca a la  $N(0,1)$  línea (donde  $N(0,1)$  es la notación estándar para una distribución normal con media 0 y desviación estándar de 1). Ésta es una buena indicación de que los residuos se distribuyen normalmente. El gráfico *qq* en la parte inferior izquierda muestra que la distribución ordenada de los residuos (líneas de dispersión azules) sigue la tendencia lineal de las muestras tomadas de una distribución normal estándar con  $N(0,1)$ . Nuevamente, esta es una fuerte indicación de que los residuos se distribuyen normalmente. Los residuos a lo largo del tiempo (gráfico superior izquierdo) no muestran ninguna estacionalidad muy clara, salvo algunos valores residuales muy claros y parecen ser ruido blanco. Esto es confirmado por la gráfica de autocorrelación (es decir, correlograma) en la parte inferior derecha, que muestra los residuales de la serie de tiempo nos muestran bajos niveles de correlación.

Esas observaciones nos llevan a concluir que nuestro modelo produce un ajuste satisfactorio que podría ayudarnos a comprender nuestros datos de series de tiempo y pronosticar mejores valores futuros.

#### Validación de pronósticos

Se ha logrado obtener los mejores valores estimados posibles para nuestra serie de tiempo y que ahora es posible utilizar para ejecutar el dimensionamiento de personal para la semana 5. Se comenzará comparando los valores del modelo predictivo con la última semana en comparación, con valores reales de la serie de tiempo histórica, lo que nos ayudará a comprender la precisión de nuestros pronósticos. A simple vista, se puede evidenciar que el pronóstico presenta un comportamiento distribuido en comparación con la última semana del histórico (Fig.4.5.).

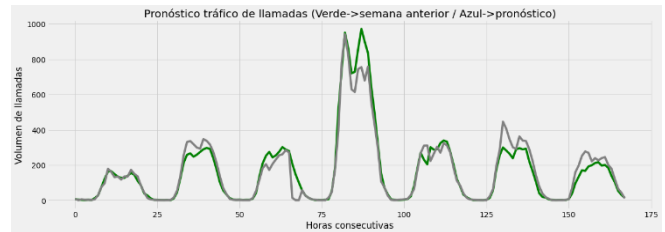


Fig. 4.5. Pronóstico tráfico ejecutada y semana 4 del histórico<sup>4</sup>.

En la siguiente imagen (Fig.4.6.), se visualiza las 5 semanas completas por hora, incluido el pronóstico de la última semana:

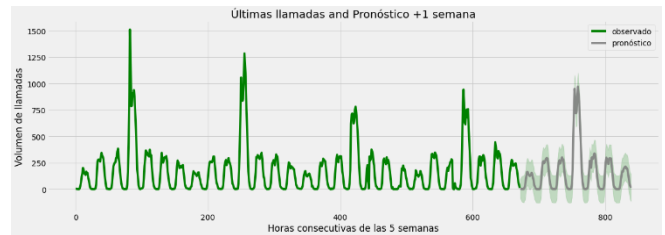


Fig. 4.5. Histórico y pronóstico tráfico<sup>4</sup>.

Basados en estos resultados, se permitirá avanzar con mejores criterios matemáticos, en la siguiente fase del modelo propuesto, estas predicciones por hora, será el principal insumo para aplicar el método de *Erlang-C* para calcular el dimensionamiento de personal o la cantidad de agentes telefónicos.

#### C. Determinación de las necesidades de personal

Una vez que se establece el pronóstico, el siguiente paso es calcular los requisitos de personal para cumplir con los objetivos del Nivel de Servicio (NDS). Teniendo en cuenta el pronóstico de volumen de llamadas, la carga de trabajo se calcula multiplicando el número de llamadas previstas durante intervalos de hora por el tiempo de atención (TMO) de una llamada, subsecuente a esto, el volumen de llamadas se usa para determinar cuánto tiempo neto se requieren para atender a los clientes que llaman. Lo que hace diferente para calcular el dimensionamiento, es que cada hora cuenta con valores diferentes generalmente, por lo tanto, no representan patrones típicos o uniformes. La demanda es aleatoria en lugar de secuencial, esto conduce al mayor desafío y lo más importante de la programación de turnos del *Contact Center* en la siguiente fase del modelo.

La cantidad de personal necesaria depende del objetivo de velocidad de respuesta que los indicadores y los responsables del servicio desean alcanzar, para la compañía está representado por el 80% de las llamadas atendidas antes de 20 segundos, por lo tanto, cuanto más personal esté disponible, menor será la demora, cuanto menor sea el personal, mayor será la espera de la persona que llama.

Para conocer la cantidad determinada de recursos y lograr los resultados esperados, se requiere un modelo matemático que nos permita procesar la información con los datos que tenemos, para esto disponemos de varios modelos de teoría de colas disponible y uno de ellos es especialmente adecuado para el los *Contact Centers*, la mayoría de las empresas de la

industria utilizan el modelo denominado “*Erlang-C*” que tiene en cuenta la aleatoriedad del volumen de trabajo que llega, así como el comportamiento del encolamiento (en espera del primer agente disponible) de las llamadas.

Previamente a conocer los resultados, es importante resaltar las distintas causas que pueden generar un deficiente modelo de dimensionamiento que generen sobrecostos o una mala experiencia del cliente al no ser atendido en los tiempos propuestos:

*Relación de personal, servicio-costo*

Los tiempos de espera del cliente, aumentan a medida que no se cuenta con el equipo de agentes requeridos y el servicio mejora a medida que se agrega más personal en los puestos de trabajo, sin embargo, el servicio no se ve afectado en el mismo grado para las situaciones mencionadas. Este es una declaración de suma importancia para comprender la planeación o dimensionamiento del recurso humano. También existe un error en pensar que, entre mayores recursos, mejora el servicio, aunque la afirmación es correcta, esto puede presentar un problema de costos bastante grande.

Se analizará brevemente algunas complicaciones que son consecuencia directa de no resolver eficazmente la gestión de la fuerza laboral en el *Contact Center*.

Para empezar, se debe entender los obstáculos característicos a los procesos tradicionales o empíricos y no automatizados, hagan de esta función manual sea lenta, poco efectiva e incluso prácticamente más difícil de realizar con personal no calificado y en muchas ocasiones con altos sobrecostos. En definitiva, los problemas de la ineficiencia, ya sea por gestionar incorrectamente o por utilizar herramientas ineficientes, son similares y se pueden resumir en dos categorías:

*Sobre-dimensionamiento del personal*

En este caso, la compañía está pagando salarios innecesariamente. Es decir, parte de la fuerza de trabajo no la están utilizando y eso reduce la productividad. Al sobredimensionar el personal también estás utilizando mayor infraestructura física (posiciones de trabajo, climatización, iluminación, etc.) y también de tecnología (capacidad de los servidores, extensiones de la central telefónica, licencias, computadores, etc.), es decir, más de los elementos necesarios cuando identificamos los verdaderos resultados, posterior a un correcto análisis.

Por lo anterior, un errado dimensionamiento de personal genera otros costos que también hay que considerar al evaluar la real problemática. Además, tener mayor personal de lo requerido, generará un alto impacto en los resultados financieros de la compañía, dado que aproximadamente el 60% y hasta el 80% de los costos están relacionados con el salario de los agentes y todo el equipo de supervisión.

*Sub-dimensionamiento del personal*

En esta situación se generan otras dificultades, dado que no se van a lograr cubrir las métricas de servicio requeridas y como consecuencia se tendrá una deficiente experiencia del cliente. Como el servicio que estamos analizado son llamadas de ventas, esto reducirá los ingresos del canal telefónico (Domicilios), además del riesgo de fuga de nuestros clientes y perder participación del mercado a largo plazo. Por otro lado, se estaría fomentando sobrecarga laboral a los agentes, lo que seguramente generará mayor ausentismo, rotación e incluso agotamiento físico, incurriendo en costos de selección, formación y contratación del nuevo personal.

Considerando lo anterior, se debe tener en cuenta que los clientes en espera durante un tiempo prolongado consumen recursos de telefonía, y esto como consecuencia, producirá incrementos en los costos de telecomunicaciones.

Asimismo, el objetivo es encontrar variables de decisión que permitan optimizar los recursos, con la mayor exactitud, de la fuerza laboral sigue cobrando importancia en el servicio y la rentabilidad de la compañía, por lo tanto, el propósito principal es determinar el modelo más preciso que permita sustentar de una mejor manera, en contraste con los métodos actualmente usados, por lo tanto, el cumplimiento de estos objetivos le permitiría a la Dirección de Canales Digitales mejorar su rentabilidad, servicio y calidad.

A continuación, en la Fig.4.6 se muestran los pronósticos por día ejecutados en la fase anterior:

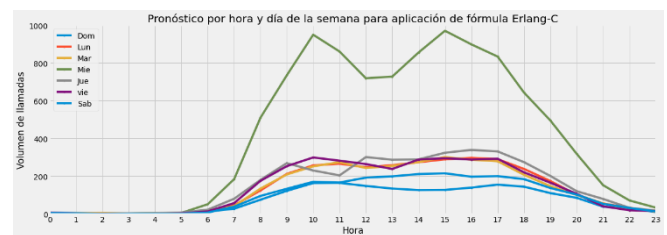


Fig. 4.6. Pronóstico por día de la semana ejecutada<sup>4</sup>.

Para el miércoles, que consideramos el mayor desafío del problema en el análisis de los recursos de la fuerza de trabajo, será analizado y generado exclusivamente la programación de turnos en la tercera fase del proceso, para esto se han generado tres grupos de dimensionamiento de recursos, el primero es el promedio de los lunes, martes, jueves y viernes, que son los días hábiles y donde no se presentan ofertas y donde la demanda es relativamente estable según la gráfica anterior, adicionalmente, el grupo fin de semana, tendrá en cuenta el promedio de los días sábado y domingo, generalmente es donde más se tiene descansos para el personal.

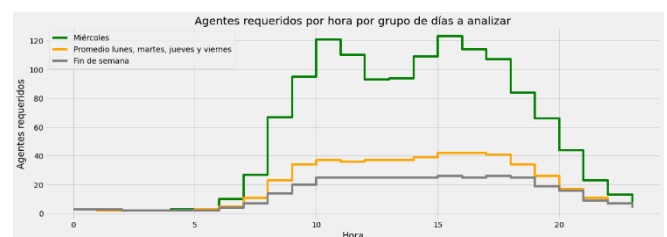


Fig. 4.7. Asesores requeridos por hora según pronóstico semana 5<sup>4</sup>.

En la Fig.4.7, resultado del modelo luego de aplicar la fórmula *Erlang-C*, con base en los valores estimados de llamada para la semana 5, agrupados en tres grandes grupos, el primero, personal requerido para los fines de semana; el segundo, promedio de los lunes, martes, jueves y viernes; en tercer lugar, los miércoles exclusivamente, obteniendo los siguientes resultados:

Como se puede observar, en los intervalos de las 10:00 horas y las 15:00 horas, son requeridas alrededor de 120 personas para lograr atender el servicio, sin embargo, las métricas son aplicadas sobre el consolidado de la semana, lo que nos permitiría, sacrificar algunos intervalos por debajo de los objetivos, con el fin de asegurar los resultados adecuados, esto nos permitirá en la siguiente fase, obtener logros superiores para el bienestar financiero.

Según la información anterior, los resultados y los agentes requeridos para atender satisfactoriamente y lograr tener el mayor número de ventas, sin embargo, como se observa en la Fig.4.7, el personal de ventas del *Contact Center* triplica el miércoles (línea verde) los demás días hábiles (línea amarilla), es cuando nos surgen varias preguntas: ¿Debemos sacrificar servicio para llegar al valor objetivo de minimizar los recursos?, ¿Contratar el personal solo para el miércoles compensará la baja ocupación de los asesores el resto de los días?, ¿Hasta cuantas llamadas debemos tener los recursos para maximizar los márgenes operativos?

#### *D. Asignación de turnos de trabajo al personal (Programación).*

Este último punto de la metodología es cuando se desarrolla el principal y más exigente desafío, además donde se aplica el modelo de optimización y después de revisar los factores que afectan la cantidad de personal necesario para atender las llamadas por hora, el siguiente paso es inferir cómo deberá programarse los turnos de trabajo para lograr el número correcto de personas en el lugar correcto en los tiempos adecuados.

Existen resultados altamente valorados para este importante paso, la rentabilidad de las compañías o las direcciones que lideran estos canales de atención, sin embargo, un número básico de restricciones fueron tenidos en cuenta para dar una correcta orientación al modelo desarrollado, como por el ejemplo, la cantidad de horas mínimas y máximas por agente-día y los costos salariales principalmente.

#### *Definición de turnos de trabajo*

Una vez que se ha determinado un requerimiento mínimo de recursos para cada hora, el siguiente paso es decidir cómo definir las jornadas o turnos de trabajo. En este paso, se determinan las duraciones de los turnos, así como el esquema de días con promociones especiales (miércoles de descuentos) o días con menor demanda.

Antes ejecutar el modelo, se deberá determinar si se

utilizarán principalmente los horarios de ocho horas y seis días con cada persona de turno o probar algunas variaciones, como turnos de mínimo siete horas y máximo once horas cumpliendo con la normativa legal. Para esto debemos determinar adecuadamente en variar la definición de tiempo completo y probar modelos mixtos por días con distintas frecuencias. Hay numerosas combinaciones posibles, que, para el método tradicional, podría ser casi imposible llevar a cabo una a una de las combinaciones, seguramente para equipos de *Contact Center* con bajo requerimiento de agentes, pueda ser funcional, pero la dificultad se presenta cuando se requieren más de 100 personas y es donde el modelo aplicado, cobra sentido.

Se tomará como ejemplo, mencionar el ampliar aún más la combinación de horarios para incluir nuevas jornadas de medio tiempo, ya que ésta tendrá una gran repercusión en términos de mayor flexibilidad para cumplir con la demanda de llamadas indeterminadas. Turnos con más de siete y menores a once horas le dan al *Contact Center* mayor flexibilidad para adaptar la fuerza laboral al tráfico esperado que, por lo general, valdrá la pena el esfuerzo adicional que se necesita para emplear una fuerza laboral a medio tiempo o tiempo parcial, no contemplada en el modelo por las políticas del recurso humano en la compañía. Mientras que el personal a tiempo parcial generalmente tiene una mayor rotación y es más costoso capacitar (dado que el mismo esfuerzo de capacitación se dedica a más empleados), los trabajadores a tiempo parcial pueden ser menos costosos en términos salariales, sin embargo, en realidad pueden ser agentes más productivos y mayores serán los beneficios, causado por su menor exposición a la jornada cada día. Las mayores ganancias, generalmente se dan por considerar un menor número de horas al día y el ajuste a los turnos de trabajo se perfeccionan a las necesidades con personal de medio tiempo.

Otra definición a tenerse en cuenta en la creación de horarios es el intervalo de tiempo de inicio, originalmente se tienen presentados ingresos del personal en algunas horas específicas con máximo 3 a 5 turnos al día, mientras que al flexibilizar el ingreso del personal cada hora, mejora la cobertura y ocupación de agentes, adaptándose mejor al requerimiento de personal, por lo tanto, esta táctica de inicio flexible, es otro factor para determinar el mejor ajuste de los turnos a la necesidad esperada. Al escalonar los turnos de trabajo de inicio cada hora, en el *Contact Center* naturalmente habrá tiempos de descanso, que podrían ser programados con mucha oportunidad u otras actividades a considerar como capacitaciones y retroalimentaciones, por lo que los ahorros pueden ser bastante interesantes para la minimización del costo de personal.

#### *Modelo de generación de turnos de trabajo óptimos para los agentes mediante la programación lineal de enteros*

Dado:

- Las horas de trabajo y los salarios por hora disponibles para todos los agentes.
- Las horas de trabajo mínimas requeridas y las horas de trabajo máximas de cada agente por turno.

TABLA I: TABLA DE RESTRICCIONES Y COSTOS<sup>4</sup>

Agente	Horas Mínimas	Horas Máximas	Costo Hora	Min hora disponible	Max hora disponible
Agente 01	7	11	\$18.2	0	24
Agente 02	7	11	\$18.2	0	24
Agente 03	7	11	\$18.2	0	24
Agente 04	7	11	\$18.2	0	24
Agente 05	7	11	\$18.2	0	24
Agente 06	7	11	\$18.2	0	24
...	...	...	...	...	...
Agente 200	7	11	\$18.2	0	24

- Número mínimo de agentes requerido por hora.

#### Función objetivo

- Minimizar el salario diario a pagar a los empleados.

#### Restricciones

- Necesidad de cubrir la demanda mínima del número de personas requerido por hora.
- Cada empleado solo puede trabajar un turno por día
- Los empleados solo pueden ir a trabajar cuando estén disponibles.
- Si el empleado necesita ir a trabajar, debe cumplir con el número mínimo de horas que necesita para trabajar y no mayor que el número máximo de horas que puede trabajar.

#### Modelo matemático

##### Configuración

- D: Número de empleados (d=1, ..., |D|)
- I: Tiempo total (i,j,c=1, ..., |I|)

##### Configuración de parámetros

- $requerido_c$  = Número mínimo de agentes requeridos en el momento  $c$ .
- $minh_d$  = El número mínimo de horas que el agente  $d$  tiene que trabajar.
- $maxh_d$  = El número máximo de horas que el agente  $d$  tiene que trabajar.
- $c_d$  = Salario por hora del agente  $d$ .
- $mindis_d$  = Hora mínima disponible cuando el agente  $d$  puede trabajar.
- $maxdis_d$  = Hora máxima disponible cuando el agente  $d$  puede trabajar.

##### Variables de decisión:

$$x_{d,i,j}: \begin{cases} 1, & \text{si el empleado } d, \text{ trabaja del tiempo } i \text{ a tiempo } j \\ 0, & \text{no trabaja} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & num\_agts_c: \text{Numero de agentes en el momento } c, \\ & num\_agts_c \geq requerido_c \end{aligned}$$

Función objetivo:

$$\min \sum_d \sum_i \sum_{j < i} (j - i) x_{d,i,j} c_d$$

Restricciones:

$$\sum_{i=mindis_d}^{maxdis_d} \sum_{\substack{j=mindis_d \\ minh_d \leq i-j \leq maxh_d \\ i < j}} x_{d,i,j} \leq 1; d \in D$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{\substack{j \in I \\ i < j}} x_{d,i,j} \leq \sum_{i=mindis_d}^{maxdis_d} \sum_{\substack{j=mindis_d \\ minh_d \leq i-j \leq maxh_d \\ i < j}} x_{d,i,j}; d \in D$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{i \in I} \sum_{\substack{j \in I \\ i \leq c < j}} x_{d,i,j} = num\_agts_c; c \in I$$

## V. RESULTADOS

### A. Pronóstico

Al realizar la validación en los resultados de la metodología del modelo predictivos de las llamadas particularmente, se hace necesario realizar la confirmación y comprobación con los resultados originales, por lo tanto, la comparación realizada con la metodología usada tradicionalmente y el modelo desarrollado, se tomaron los valores reales de las llamadas recibidas para el horizonte de tiempo analizado (semana 40). A continuación, se muestra estos resultados del pronóstico sobre el modelo desarrollado:

TABLA II: COMPARACIÓN ESTIMACIONES DEL TRÁFICO Y MODELO<sup>4</sup>

Día	Llamadas Ofrecidas	Estimado Excel	MAPE E	Estimado Modelo	MAPE M
Domingo	1,922	1,912	-0.5%	1,823	-5.2%
Lunes	3,661	4,252	16.1%	3,188	-12.9%
Martes	3,068	5,772	88.1%	3,121	1.7%
Miércoles	8,542	12,549	46.9%	10,026	17.4%
Jueves	3,571	3,925	9.9%	3,600	0.8%
Viernes	3,162	3,806	20.4%	3,321	5.0%
Sábado	2,648	2,041	-22.9%	2,352	-11.2%
Total	26,574	34,257	28.9%	27,431	3.2%

Como se puede identificar, los resultados son contundentes en cuanto a la mejora del pronóstico, este desarrollo representa un mejor ajuste, por encima de 25 puntos porcentuales sobre el pronóstico tradicional. Claramente se identifica que el modelo ARIMA cuenta con los valores apropiados, aunque al validarlo para cada uno de los días, tienen grandes oportunidades de mejora y pueden ser perfeccionadas tomando como base del pronóstico, más semanas de entrenamiento para el modelo, buscando el encontrar el mínimo error de ajuste.

### B. Planeación (Dimensionamiento del recurso)



Como se puede observar en la fig.5.1, 5.2 y 5.3, el modelo de optimización generó el mejor ajuste al requerimiento del personal bajo los criterios previamente definidos, se observa que el ajuste para cada uno de los grupos presenta mínimas diferencias con respecto al personal mínimo exigido para el total cubrimiento.



Fig. 5.1. Agentes requeridos y turnos optimizados prom L, M, J y V<sup>4</sup>.



Fig. 5.2. Agentes requeridos y turnos optimizados fin de semana<sup>4</sup>.

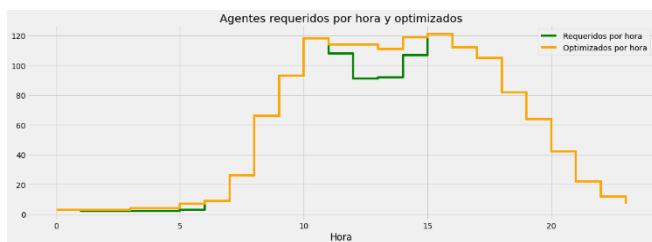


Fig. 5.3. Agentes requeridos y turnos optimizados miércoles<sup>4</sup>.

TABLA III: COMPARACIÓN PERSONAL SEMANA 40<sup>4</sup>

Día	Personal Actual	Personal Modelo Aprobado	Personal Modelo Ajustado	Dif Modelo Ap	Dif Modelo Aj
Domingo	96	90	49	-6	-47
Lunes	156	130	74	-26	-82
Martes	158	120	74	-38	-84
Miércoles	163	140	140	-23	-23
Jueves	151	130	74	-21	-77
Viernes	145	120	74	-25	-71
Sábado	133	110	49	-23	-84
<b>Total</b>	<b>163</b>	<b>140</b>	<b>140</b>	<b>-23</b>	<b>-23</b>

Según los datos correspondientes a la Tabla III, tenemos los recursos reales para la semana 40 con respecto a los valores generados con los turnos de trabajo optimizados por el modelo, como se puede observar, la disminución de recursos para los miércoles, corresponde un ahorro real de 23 agentes, cada asesor tiene un costo promedio de \$3.500.000, es decir, la estimación total del ahorro es de \$80.500.000 mensuales, **este resultado nos genera una disminución mayor al 14% en costos salariales**, por lo que se confirma los beneficios de maximizar el margen bruto en Dirección de Canales Digitales quien aprueba la operación de *Conctact Center* con 140 recursos. En la columna “Personal Modelo Ajustado”, tenemos los valores óptimos que nos aporta el modelo, en este orden de ideas, la planta de personal fija, debería ser de 74 agentes y para el miércoles debería contar

con una planta de 66 agentes adicionales, claramente esta propuesta no es viable con base en las políticas internas anteriormente mencionadas, sin embargo, bajo este escenario el costo real correspondería a 89 agentes, que es la media ponderada del personal neto de la semana, por lo tanto, el ahorro de la diferencia, 74 recursos a los que se tiene actualmente (163 asesores), se estimaría en un menor valor del costo de personal sobre los \$259.000.000 mensuales, este valor corresponde a un ahorro por encima del 45%.

El éxito del modelo matemáticamente es contundente, sin embargo, las políticas de la compañía no permiten contrataciones menores a las 48 horas semanales correspondientes a la jornada de trabajo normal, si bien es posible bajo la legislación colombiana contratar bajo estos parámetros, se deben obedecer las políticas internas de la compañía. Adicionalmente, otro factor que dificulta este modelo de contratación (tiempo parcial) es la permanencia del perfil auxiliar de farmacia, exigido por las entidades de control.

A continuación, se mostrará el consolidado de los datos reales financieros y operativos del servicio:

TABLA IV: DATOS REALES FINANCIEROS Y OPERATIVOS SEM 40<sup>4</sup>

Día	Agts	Hrs	Llam	Vtas Mill	Ocup	NDS	NDA
Dom	96	894	1922	\$97.06	15.8%	99.6%	99.6%
Lun	156	1103	3661	\$244.64	27.5%	99.2%	99.2%
Mar	158	1121	3068	\$199.46	21.1%	99.9%	99.9%
Mie	163	1550	8542	\$988.60	39.6%	40.3%	94.8%
Jue	151	1108	3571	\$325.45	26.3%	99.6%	99.7%
Vie	145	1037	3162	\$209.73	24.1%	99.7%	99.7%
Sab	133	1011	2648	\$181.61	17.4%	99.2%	99.2%
<b>Tot</b>	<b>163</b>	<b>7824</b>	<b>26574</b>	<b>\$2,246.56</b>	<b>25.7%</b>	<b>82.7%</b>	<b>98.2%</b>
<b>Costo laboral semana:</b>					<b>Margen operativo:</b>		
<b>\$131.76 Millones</b>					<b>94.14%</b>		

En la siguiente tabla, los valores simulados con los nuevos recursos del modelo aprobado:

TABLA V: DATOS ESTIMADOS FINANCIEROS Y OPERATIVOS SEM 40<sup>4</sup>

Día	Agts	Hrs	Llam	Vtas Mill	Ocup	NDS	NDA
Dom	90	689	1922	\$97.06	22.0%	99.6%	99.6%
Lun	130	995	3661	\$244.64	32.6%	99.2%	99.2%
Mar	120	919	3068	\$199.46	26.5%	99.9%	99.9%
Mie	140	1,361	8542	\$988.60	56.9%	40.3%	94.8%
Jue	130	995	3571	\$325.45	30.6%	99.6%	99.7%
Vie	120	919	3162	\$209.73	28.1%	99.7%	99.7%
Sab	110	842	2648	\$181.61	24.4%	99.2%	99.2%
<b>Tot</b>	<b>140</b>	<b>6720</b>	<b>26574</b>	<b>\$2,246.56</b>	<b>33.7%</b>	<b>82.7%</b>	<b>98.2%</b>
<b>Costo laboral semana:</b>					<b>Margen operativo:</b>		
<b>\$113.16 Millones</b>					<b>94.96%</b>		

Finalmente, sin sacrificar los niveles de servicio, ni los resultados de ventas, mostramos la mejora en los indicadores analizados:

Variación en costos laborales	Mejora en margen operativo	Mejora en ocupación del personal	Mejora en error de pronóstico
<b>-14%</b>	<b>+0.8 pp</b>	<b>+8 pp</b>	<b>-25 pp</b>

## VI. CONCLUSIONES Y FUTURAS RECOMENDACIONES

La importancia de desarrollar métodos estadísticos a la hora de realizar predicciones encuentra un mejor control en la toma de decisiones y el desarrollo de las estrategias encaminadas a optimizar el proceso.

Con este proyecto, fue posible construir un método integrado, que incluye una metodología con funcionalidades estadísticas lo suficientemente flexible por aportar valiosos resultados y conocimiento para desarrollar una mejor gestión de la fuerza de trabajo en el centro de contacto. Sin duda, el programa y librerías más aplicadas bajo la aplicación libre Jupyter Notebook incluido el licenciamiento del software de optimización Gurobi, herramientas que permiten mejorar la confiabilidad de la estimación del pronóstico de llamadas, dimensionamiento de personal y programación de turnos de trabajo; además, está comprobado que el método propuesto que permite reducir el número de recursos en las operaciones de *Contact Center*, sin sacrificar ningún indicador, ni la satisfacción o experiencia del cliente ni el nivel de servicio, sin embargo el minimizar el costo de personal confirma una mayor utilización del recurso humano y por consiguiente, un mejor resultado en la rentabilidad de la compañía.

Los resultados muestran que los diferentes procesos responsables del *Contact Center* no pueden manejar de manera uniforme, es decir, a través del tiempo, este presenta diferentes tipos de tráfico, los cuales se ven afectados por el plan típico o evento aleatorio de cada operación y este es un componente flexible. El método propuesto permite estimaciones relevantes para cada proceso, incluyendo los factores cambiantes que afectan significativamente las decisiones que deben tomarse.

Una comparación cuidadosa y justa entre el modelo propuesto y el método tradicional nos permite ver las ventajas de cada paso en el proceso de la gestión de la fuerza de trabajo. La predicción del número de llamadas está más cerca del número real de llamadas entrantes y la distribución intradía construida con base a los datos es más precisa.

Asimismo, el tamaño del equipo de agentes es menor, manteniendo el nivel de servicio requerido. En definitiva, es posible establecer una matriz de turno óptima, comparado con la metodología tradicional, la ventaja es que su exactitud y desperdicio de horas es mínima, gracias a las herramientas sobre las cuales se construyó el modelo.

Se puede decir que este modelo de optimización es muy importante para el dimensionamiento de los recursos y asignación de turnos en el *Contact Centers*, con un potente y adecuado desarrollo de programación de turnos que no depende de la subjetividad de los analistas que cumplen la función exclusiva de programar los turnos de trabajo, de esta manera la toma de decisiones será más eficiente y permitirá mejores resultados.

Adicionalmente, cabe destacar la dinámica permanente del negocio, es necesario poder potenciar y continuar desarrollando nuevos modelos estadísticos e integrarlo para

que la solución sea de mayores descubrimientos con recomendaciones teóricas correctas y matemáticamente sostenibles, pero a la vez deberá construirse de acuerdo con las necesidades del *Contact Center*. Sin una metodología, caja negra, todo es lo suficientemente claro y flexible además de incluir la valiosa experiencia y el conocimiento del personal que gestiona la operación.

En el futuro, y como recomendaciones finales, nuevos canales digitales deberán ser desarrollados e incorporados a la compañía, como por ejemplo, aplicaciones móviles de ventas (Apps), Chatbots integradas a la página web o whatsapp, IVR (Interactive Voice Response) transaccionales, entre otros, que permitan desestimular a los clientes hacer uso del canal telefónico y crear canales de autoatención sobre catálogos de productos en línea, orientado principalmente a utilizar mecanismos de Inteligencia Artificial, que identifique al cliente y le suministre las mejores recomendaciones de sus hábitos de consumo al hacer uso de los mismos, directamente los costos operativos disminuirán sustancialmente, ya que estas aplicaciones tienen capacidades computacionales ilimitadas, sin requerir de personal humano y por consiguiente, los resultados financieros de la compañía se incrementarán y la satisfacción de los clientes finales.

## NOTAS

- [1] <https://www.portafolio.co/negocios/sector-farmaceutico-mueve-mas-de-14-billones-534762>
- [2] <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/cruz-verde-casi-triplica-ventas-en-el-pais-en-un-lustro-510010>
- [3] <https://www.larepublica.co/empresas/farmacenter-cruz-verde-y-la-rebaja-lideran-las-ventas-del-negocio-de-droguerias-2760650#:~:text=En%20el%20segundo%20lugar%20est%20el%20C3%A1%20%25%20quedando%20en%20%2427.284%20millones.>
- [4] *Los datos consignados en el presente proyecto, ha sido modificados con un factor aleatorio por contener información financiera y operativa de carácter privado.*

## REFERENCIAS

- [1] *Norma COPC CX PSCI 6.2*, Kenwin © 1996-2020 COPC.
- [2] *Guía para la Mejora del Desempeño COPC (GMD) 6.2*, Kenwin © 1996-2020 COPC.
- [3] *Certified Analytics Professional (CAP®)*, ATTN: Certification Manage, Catonsville, MD, USA.
- [4] Matías Barrenechea y Gustavo González, "Optimización del número de operadores de un Call Center", Licenciado en Estadística, Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Montevideo, UY, 2016.
- [5] Castillo Salazar, José Arturo, "Optimization models and algorithms for workforce scheduling and routing", MSc, University of Nottingham, UK, 2015.
- [6] *Propuesta metodológica para incrementar la competitividad en los centros de contacto y solución telefónicos de empresas del sector de las telecomunicaciones a través del desarrollo del proceso Workforce Management*, Rev.esc.adm.neg. No. 76., Gabriel Yesid Arévalo Roberto, pp. 92-127.
- [7] Copyright © 2020 Gurobi Optimization, "Workforce Scheduling Problem", Available: <https://www.gurobi.com/resource/jupyter-notebook-workforce-scheduling-problem/>
- [8] Thomas Vincent, "A Guide to Time Series Forecasting with ARIMA in Python 3", 2017, Available: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/a-guide-to-time-series-forecasting-with-arima-in-python-3>
- [9] Loren Shure, "Generating an Optimal Employee Work Schedule Using Integer Linear Programming", 2016, Available: <https://blogs.mathworks.com/loren/2016/01/06/generating-an-optimal-employee-work-schedule-using-integer-linear-programming/>