

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN**  
**AÑO 2023**

**APLICACIÓN DE  
PRONÓSTICOS Y FILAS DE  
ESPERA EN UNA ESTACIÓN  
DE SERVICIOS**

**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE  
NEGOCIOS I**

**BUSEMA MILAGROS – MILY.BUSEMA@GMAIL.COM**

**DANERT AGUSTINA – AGUSDANERT@GMAIL.COM**

**ORTEGA VERÓNICA –**

**VERÓNICAORTEGA231995@GMAIL.COM**

**ROJAS KARINA – KARI.ROJAS.2018@GMAIL.COM**



## RESUMEN

"Energía para el camino" es una empresa dedicada al suministro minorista de combustibles con una ubicación estratégica y una alta demanda. La empresa ha observado la presencia de largas filas en la estación de carga de combustible. Además, no cuenta con estimaciones precisas de las ventas de combustible para los próximos meses. Por lo tanto, con el presente trabajo se busca aplicar herramientas para pronosticar la demanda y simular la fila de espera para la toma de decisiones en "Energía para el camino". El enfoque de este trabajo es de tipo cuantitativo. Se trata de un diseño no experimental del tipo longitudinal. Como métodos de recolección de datos se obtuvo una base de datos sobre el despacho de surtidores brindado por la empresa; también se realizó observación directa de un día normal de carga de combustible y se realizaron entrevistas al dueño y a los empleados de la Estación. Se utilizó el Software Arena para modelizar las filas de espera, y el Software QM para pronosticar la demanda de combustible del próximo periodo. En conclusión, los resultados del pronóstico de la demanda de los diferentes tipos de combustibles para la próxima semana será de gran utilidad para determinar la cantidad de descarga necesaria para cada tanque de combustible que abastece a los surtidores. Esto ayudará a mantener un flujo continuo y adecuado de combustible, lo que se traduce en una gestión más eficiente de los recursos y una mejor atención a los clientes. En cuanto a las filas de espera, existe un cuello de botella en el Surtidor 1 lo cual hace que el promedio de fila de espera sea demasiado alto en general, por lo que probablemente existan demasiadas personas salgan de la fila y por ende, se pierdan múltiples clientes. Los surtidores 2, 3 y 4 se encuentran con un promedio de espera considerado "normal" y en los surtidores de GNC (5 y 6) el tiempo de espera es mínimo.

**Palabras Clave:** Análisis cuantitativo – Modelos – Pronóstico – Series de tiempo – Filas de espera.



## Tabla de contenido

1- INTRODUCCIÓN	4
2- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3- PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
4- OBJETIVOS	5
Objetivo general:	5
Objetivos específicos:	5
5- MARCO TEÓRICO	5
5.1- ANÁLISIS CUANTITATIVO	6
5.2-MODELOS	6
5.2.1- Modelos determinísticos	7
5.2.2- Modelos probabilísticos	7
5.3- PRONÓSTICOS	8
5.3.1- Pronósticos cuantitativos	8
5.3.1.1- Los modelos de series de tiempo	9
5.3.1.2- Los modelos causales	9
5.4- SERIES DE TIEMPO	9
5.4.1- Componentes de series de tiempo	10
5.4.2- Modelos de pronósticos de series de tiempo	11
5.4.2.1- Promedios móviles	11
5.4.2.2- Suavizamiento exponencial	12
5.4.2.3- Método descomposición del pronóstico con componentes de tendencia y estacional	12
5.4.3- Medidas de exactitud	12
5.5- FILAS DE ESPERA	13
5.5.1- Características de la fila de espera	13
5.5.2-Filas de espera con simulación	13
6- MARCO METODOLÓGICO	14
7- DESARROLLO	14
7.1- PRONÓSTICO	14
7.2- MODELOS DE FILAS DE ESPERA	23
8- ANÁLISIS DE DATOS	24
8.1- PRONÓSTICOS	24
8.2- SIMULACIÓN	26



---

9- CONCLUSIONES	27
10- REFERENCIAS	29



## **1- INTRODUCCIÓN**

En la intersección de dos avenidas clave en la zona nordeste del Gran San Miguel de Tucumán se encuentra "Energía para el camino", una empresa dedicada al suministro minorista de combustibles. Con una ubicación estratégica y una alta demanda, la estación de servicio de bandera se ha convertido en un punto de referencia para los conductores de la región.

La estación de servicio opera las 24 horas del día, los siete días de la semana, brindando un servicio confiable y conveniente a los clientes. Cuenta con un total de seis surtidores, cada uno cumpliendo una función específica. Los surtidores 1, 2, 3 y 4 están diseñados para suministrar nafta súper, nafta premium, diesel común y diesel premium respectivamente, mientras que los surtidores 5 y 6 están dedicados a abastecer vehículos con GNC.

Para garantizar la calidad y eficiencia en la atención al cliente, el equipo de playeros trabaja ocho horas al día, con un día de descanso semanal.

La empresa se compromete en ofrecer un servicio profesional y amigable, asegurándose de que cada cliente reciba la asistencia necesaria durante su visita a la estación.

## **2- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos días, la empresa ha observado la presencia de largas filas en la estación de carga de combustible, lo cual ha generado preocupación. Ante esta situación, se ha solicitado realizar un análisis exhaustivo de la tasa de utilización de cada surtidor. Además, la empresa enfrenta un desafío adicional, ya que no cuenta con estimaciones precisas de las ventas de combustible para las próximas semanas. En otras palabras, tanto a corto como a largo plazo, no se dispone de información acerca de las ventas futuras.



### 3- PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es el tiempo de espera de los clientes para poder cargar combustible?
- ¿Cuál es la tasa de utilización de cada surtidor?
- ¿Cuál será la demanda de combustible para la próxima semana?
- ¿Cuál es el mejor modelo de pronóstico para cada tipo de combustible?

### 4- OBJETIVOS

#### Objetivo general:

Aplicar herramientas para pronosticar la demanda y simular la fila de espera para la toma de decisiones en “Energía para el camino”.

#### Objetivos específicos:

- Determinar el tiempo de espera por parte de los clientes para ser atendidos, mediante la aplicación de teorías de colas.
- Analizar la tasa de utilización de cada surtidor de la empresa para determinar la eficiencia del servicio brindado.
- Pronosticar la demanda de combustible para la próxima semana a través de modelos de series de tiempo y regresión lineal.
- Determinar qué modelo de pronóstico es mejor para cada tipo de combustible.

### 5- MARCO TEÓRICO

Antes de comenzar con el desarrollo del presente trabajo, es importante aclarar algunos conceptos que consideramos importantes tener en cuenta para la comprensión del mismo.



## 5.1- ANÁLISIS CUANTITATIVO

El **análisis cuantitativo** es el enfoque científico de la toma de decisiones administrativas (Render B., 2012). Este enfoque comienza con datos. Los datos se manipulan o se procesan para convertirlos en información para quienes toman decisiones. Este proceso y manipulación de los datos convertidos en información significativa son la esencia del análisis cuantitativo. El enfoque del análisis cuantitativo consiste en definir un problema, desarrollar un modelo, obtener los datos de entrada, desarrollar una solución, probar la solución, analizar los resultados e implementarlos.

Una vez definido el problema, el siguiente paso es desarrollar un modelo.

## 5.2-MODELOS

Un **modelo** puede definirse como una representación de una situación. Existen muchos tipos de modelos. Lo que diferencia el análisis cuantitativo de otras técnicas es que los modelos que se usan son matemáticos.

Un **modelo matemático** es un conjunto de relaciones matemáticas. Casi siempre, estas relaciones se expresan como ecuaciones y desigualdades, ya que se encuentran en un modelo de hoja de cálculo que suma, saca promedios y desviaciones estándar.

Los modelos cuantitativos contienen una o más variables y parámetros. Una **variable**, como su nombre indica, es una cantidad medible que puede variar o está sujeta a cambios. Las variables pueden ser controlables o incontrolables. Una variable controlable también se conoce como **variable de decisión**. Un ejemplo sería cuántos artículos de inventario ordenar.

Un **parámetro** por su parte es una cantidad medible que es inherente al problema. El costo de colocar una orden de más artículos de inventario es un ejemplo de parámetro. En casi todos



los casos, las variables son cantidades desconocidas, mientras que los parámetros sí se conocen.

Todos los modelos deberían desarrollarse con cuidado. Deben poderse resolver, ser realistas y fáciles de comprender y modificar; también tiene que ser factible obtener los datos de entrada requeridos. El desarrollador del modelo debe tener cuidado de incluir el grado adecuado de detalle para que se logre resolver y sea realista.

#### *5.2.1- Modelos determinísticos*

Los modelos determinísticos son aquéllos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, en ellos se supone que cuando el modelo sea analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes.

La utilidad de los modelos determinísticos suele ser máxima cuando unas cuantas entradas no controladas del modelo presentan incertidumbre. En consecuencia, los modelos determinísticos se utilizan a menudo, aunque no siempre, para la toma de decisiones internas de una organización, como en el ejemplo acerca del programa de trabajo para la tripulación de una aerolínea.

#### *5.2.2- Modelos probabilísticos*

En los modelos probabilísticos, o estocásticos, algunos elementos no se conocen con certeza. Es decir, en los modelos probabilísticos se presupone que algunas variables importantes, llamadas variables aleatorias, no tendrán valores conocidos antes que se tomen las decisiones correspondientes, y que ese desconocimiento debe ser incorporado al modelo.

Estos modelos tienden a reportar su mayor utilidad cuando intervienen en ellos muchas entradas inciertas y hay pocas restricciones. En consecuencia, los modelos de incertidumbre se usan a menudo para la toma de decisiones estratégicas referentes a la relación de una



organización con su ambiente (incierto), como en el ejemplo de la oferta de acciones al público.

Dentro de los modelos probabilísticos o estocásticos, se encuentran los modelos de filas de espera y de pronósticos, entre otros.

### 5.3- PRONÓSTICOS

**Pronosticar** consiste en utilizar datos pasados para determinar acontecimientos futuros.

Los pronósticos tienen como objetivo reducir la incertidumbre e intentar hacer mejores estimaciones de lo que sucederá en el futuro.

Para realizar un pronóstico se requiere de ocho pasos:

- 1° Determinar el uso del pronóstico.
- 2° Seleccionar los artículos o las cantidades que se van a pronosticar.
- 3° Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico.
- 4° Seleccionar el modelo o los modelos de pronósticos.
- 5° Reunir los datos o la información necesaria para realizar el pronóstico.
- 6° Validar el modelo del pronóstico.
- 7° Efectuar el pronóstico.
- 8° Implementar los resultados.

#### *5.3.1- Pronósticos cuantitativos*

Nahmias define a los **pronósticos cuantitativos** como aquellos en los que el Pronóstico se deriva de un análisis de datos. Los pronósticos cuantitativos pueden ser de dos tipos: series de tiempo y modelos causales.



#### *5.3.1.1- Los modelos de series de tiempo*

Son aquellos que intentan predecir el futuro usando datos históricos. Estos modelos suponen que lo que ocurra en el futuro es una función de lo que haya sucedido en el pasado. En otras palabras, los modelos de series de tiempo ven qué ha pasado durante un periodo y usan una serie de datos históricos para realizar un pronóstico.

Existen diversos modelos de series de tiempo, entre ellos podemos citar los siguientes:

- Promedios móviles
- Suavizamiento exponencial
- Proyecciones de tendencia
- Descomposición

#### *5.3.1.2- Los modelos causales*

Son aquellos que usan datos provenientes de fuentes distintas a las series que están pronosticando, es decir, pueden existir otras variables con valores que están vinculadas de alguna forma a lo que se está pronosticando (Nahmias, 2007). Es decir, los modelos causales incorporan las variables o factores que pueden influir en la cantidad que se pronostica con el modelo de elaboración de pronóstico.

Entre los modelos causales, se encuentran:

- Regresión simple
- Regresión múltiple

### **5.4- SERIES DE TIEMPO**

“Series de tiempo” es un término que hace referencia a un conjunto de fenómenos físicos o económicos observados en puntos discretos de tiempo, normalmente espaciados equitativamente. La idea es que la información del patrón de observaciones pasadas puede inferirse y usarse para pronosticar valores futuros de las series” (Nahmias, 2007)



El Modelo de Series de tiempo es uno de los tipos de predicción cuantitativa más comunes y cuentan con dos elementos importantes: la serie de datos que se va a pronosticar y el período de tiempo a utilizarse. Un modelo de este tipo supone siempre que un patrón o combinación de patrones es recurrente a través del tiempo. De esta manera identificando y extrapolando dicho patrón, se pueden desarrollar pronósticos para periodos subsecuentes.

Además de la importancia de la secuencia de los periodos como variable en un modelo de series de tiempo, éste supone explícitamente que el patrón subyacente puede identificarse sólo con base en los datos históricos de esa serie.

#### *5.4.1- Componentes de series de tiempo*

Analizar una serie de tiempo significa desglosar los datos históricos en sus componentes y, luego, proyectarlos hacia el futuro. En general, una serie de tiempo tiene cuatro componentes:

- **Tendencia:** se refiere a la proclividad de una serie de tiempo a mostrar un patrón estable de crecimiento o de declive. Distinguimos entre tendencia lineal (que es el patrón descrito en una línea recta) y la tendencia no lineal (el patrón descrito por una función no lineal, como una curva exponencial o cuadrática). Cuando no se especifica el patrón de la tendencia, generalmente se da por hecho que es lineal.
- **Estacionalidad:** Un patrón estacional es aquel que se repite en intervalos fijos. En las series de tiempo, generalmente pensamos en el patrón que se repite cada año, aunque también son comunes los patrones estacionales mensuales, semanales y diarios. La moda, los helados y el combustible muestran un patrón estacional anual. El consumo de electricidad muestra un fuerte patrón estacional diario.
- **Ciclos:** La variación cíclica es similar a la estacionalidad, excepto porque la duración y la magnitud del ciclo puede variar. Los ciclos se asocian con variaciones económicas a



largo plazo (esto es, los ciclos comerciales) que pueden presentarse además de las fluctuaciones estacionales.

- **Aleatoriedad:** Variaciones aleatorias producidas por sucesos inusuales como: inundaciones, elecciones políticas, terremotos, etc. Una serie aleatoria pura es aquella en la que no existe un patrón reconocible para los datos. Los datos pueden generarse de una forma que, aún siendo puramente aleatoria, muchas veces aparentan tener una estructura. Un ejemplo podría ser la metodología de tabuladores del mercado de valores que impone formas de patrones aleatorios en los datos de precios de mercado. Por otro lado, los datos que parecen ser aleatorios pueden tener una estructura definitiva. Los datos verdaderamente aleatorios fluctúan en torno a una media fija formando lo que se conoce como patrón horizontal.

#### *5.4.2- Modelos de pronósticos de series de tiempo*

Como mencionamos más arriba, entre los modelos de pronósticos de series de tiempo, podemos citar los siguientes:

##### *5.4.2.1- Promedios móviles*

El promedio móvil es la media aritmética de los  $n$  períodos más recientes. Los promedios móviles son útiles si se asume que las demandas del mercado serán más o menos constantes durante un período de tiempo. Esto tiende a suavizar las irregularidades a corto plazo en las series de datos.

Un **promedio móvil simple** da el mismo peso ( $1/n$ ) a cada observación pasada que se usa para desarrollar el pronóstico. Por otro lado, un **promedio móvil ponderado** permite asignar diferentes pesos a las observaciones previas. Como el método de promedio móvil ponderado suele asignar mayor peso a las observaciones más recientes, este pronóstico es más sensible ante los cambios que ocurran en el patrón de los datos. Sin embargo, esto también es una



desventaja potencial del método, debido a que el mayor peso también responde rápido a las fluctuaciones aleatorias.

#### *5.4.2.2- Suavizamiento exponencial*

El suavizamiento exponencial es una técnica de pronóstico de serie de tiempo que pondera los datos históricos exponencialmente para que los datos más recientes tengan más peso en el promedio móvil. Con la suavización exponencial simple, el pronóstico  $F_t$  se construye con la predicción del último período  $F_{t-1}$  más una porción  $\alpha$  de la diferencia entre el valor de la demanda real del período anterior  $A_{t-1}$  y el pronóstico del período anterior  $F_{t-1}$ .

#### *5.4.2.3- Método descomposición del pronóstico con componentes de tendencia y estacional*

El proceso de aislar los factores de tendencia lineal y estacional para desarrollar pronósticos más exactos se llama descomposición. El primer paso es calcular los índices estacionales para cada estación. Luego, se elimina la estacionalidad de los datos dividiendo cada número entre su índice estacional. Después se encuentra una recta de tendencia usando los datos sin estacionalidad. Luego, se obtiene la ecuación de tendencia. Esta ecuación sirve para desarrollar el pronóstico basado en la tendencia, y el resultado se multiplica por el índice estacional correspondiente para efectuar el ajuste estacional.

#### *5.4.3- Medidas de exactitud*

Para saber qué tan bien funciona un modelo o para comparar un modelo con otros, los valores pronosticados se comparan con los valores reales u observados. El error del pronóstico (o desviación) se define como:

$$\text{Error de pronóstico} = \text{valor real} - \text{valor pronosticado}$$



Una medida de exactitud es la desviación media absoluta (DMA), que se calcula tomando la suma de los valores absolutos de los errores de pronósticos individuales y, luego, dividiendo entre el número de errores (n):

$$DMA = \frac{\sum |\text{error del pronóstico}|}{n}$$

### **5.5- FILAS DE ESPERA**

La Teoría de Colas o fenómenos de espera es el estudio matemático del comportamiento de **líneas de espera**. Esta se presenta, cuando los "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio a un "servidor", el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

#### *5.5.1- Características de la fila de espera*

Las tres partes de un sistema de colas son:

1. las llegadas o entrada al sistema (que a veces se conocen como población potencial)
2. la cola o línea de espera misma, y
3. la instalación de servicio.

#### *5.5.2-Filas de espera con simulación*

Las suposiciones de un modelo de filas de espera son que exista un solo canal o multicanal, con llegadas de Poisson y tiempos de servicio exponenciales o constantes, una población potencial infinita y servicio de PEPS. Sin embargo, con frecuencia dentro de un análisis, están presentes variaciones de este caso específico.

Muchas aplicaciones reales de las colas son demasiado complicadas para modelarse analíticamente. Cuando así sucede, los analistas cuantitativos generalmente recurren a la simulación por computadora. Con este método, muchas horas, días o meses de datos se



pueden desarrollar en unos cuantos segundos usando una computadora. Esto permite analizar factores controlables, como agregar otro canal de servicio sin que esto suceda en realidad de forma física. Cuando un modelo de colas estándar analítico proporciona tan sólo una aproximación deficiente del sistema de servicio real, es sensato desarrollar un modelo de simulaciones en su lugar.

## 6- MARCO METODOLÓGICO

Como el nombre de la asignatura lo indica, el presente trabajo es de **enfoque cuantitativo**, ya que utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar a las preguntas de investigación. Se puede decir que se trata de un **diseño no experimental**, dado que se trabajará con datos dados sin hacer manipulaciones sobre los mismos, y es del **tipo longitudinal** ya que se observará el comportamiento de las variables a lo largo del tiempo.

Como **métodos de recolección** de datos en primer lugar procedimos a obtener una **base de datos** sobre el despacho de surtidores brindado por la empresa; también realizaremos **observación directa** de un día normal de carga de combustible y procederemos a realizar una **entrevista** al dueño y a los empleados de la Estación, para complementar la información con la base de datos brindada.

Una vez que se obtenga toda la información requerida, se procederá a utilizar el Software Arena para modelizar las filas de espera, y también se utilizara QM y los distintos modelos de series de tiempo para pronosticar la demanda de combustible de los próximos periodos.



## 7- DESARROLLO

Como mencionamos anteriormente, para el desarrollo del trabajo trabajamos con una base de datos de despacho de combustible brindada por la estación de servicio:

**Figura 1:** Base de datos de despacho de surtidores

Fecha	Hora	NumeroS	NumeroMangu	Col	DescripcionArticulo	Unid	Cantidad	Importe	IDEstacion	Mangu	FechaGener
01/11/2022	00:00:19	4		24 A	SUPER MAX		12,8287	2000	1 24 - (4, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:01:33	3		16 A	SUPER MAX		6,4144	1000	1 16 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:02:36	4		24 A	SUPER MAX		6,4144	1000	1 24 - (4, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:10:04	2		7 A	NAFTA PREMIUM MAX		4,244	800	1 7 - (2, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:11:40	2		7 A	NAFTA PREMIUM MAX		1,3253	250	1 7 - (2, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:13:30	3		21 B	DIESEL PREMIUM MAX		53,3238	12169	1 21 - (3, B)		01/11/2022
01/11/2022	00:13:28	2		12 B	SUPER MAX		12,8287	2000	1 12 - (2, B)		01/11/2022
01/11/2022	00:20:36	2		8 A	SUPER MAX		6,4144	100	1 8 - (2, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:20:48	3		20 B	SUPER MAX		4,9901	700	1 20 - (3, B)		01/11/2022
01/11/2022	00:24:50	2		8 A	SUPER MAX		1,9243	300	1 8 - (2, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:31:50	4		24 A	SUPER MAX		6,4144	1000	1 24 - (4, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:37:19	2		8 A	SUPER MAX		1,9243	300	1 8 - (2, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:38:03	1		5 B	SUPER MAX		2,5657	400	1 5 - (1, B)		01/11/2022
01/11/2022	00:46:48	2		8 A	SUPER MAX		1,9243	300	1 8 - (2, A)		01/11/2022
01/11/2022	00:48:41	4		23 A	NAFTA PREMIUM MAX		3,7135	700	1 23 - (4, A)		01/11/2022
01/11/2022	01:00:36	1		5 B	SUPER MAX		1,2829	200	1 5 - (1, B)		01/11/2022
01/11/2022	01:04:34	3		15 A	SUPER MAX		1,9243	300	1 15 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	01:24:45	3		15 A	NAFTA PREMIUM MAX		5,305	1000	1 15 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	01:34:07	2		11 B	NAFTA PREMIUM MAX		42,443	8001	1 11 - (2, B)		01/11/2022
01/11/2022	01:46:35	4		24 A	SUPER MAX		3,8486	600	1 24 - (4, A)		01/11/2022
01/11/2022	01:52:49	3		16 A	SUPER MAX		19,2431	3000	1 16 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	01:53:23	2		12 B	SUPER MAX		1,2829	200	1 12 - (2, B)		01/11/2022
01/11/2022	02:02:11	3		15 A	NAFTA PREMIUM MAX		21,2202	4000	1 15 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	02:02:00	3		15 A	NAFTA PREMIUM MAX		5,305	1000	1 15 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	02:11:22	3		16 A	SUPER MAX		49,4118	8300	1 16 - (3, A)		01/11/2022
01/11/2022	02:16:04	4		23 A	NAFTA PREMIUM MAX		2,122	400	1 23 - (4, A)		01/11/2022

Fuente: Estación de servicio "Energía para el camino"

### 7.1- PRONÓSTICO

Para pronosticar la demanda de "Energía para el Camino" para la siguiente semana, se utilizó el software QM.

En este estudio, se analiza una estación de servicio que vende cuatro tipos diferentes de combustible: SÚPER MAX, NAFTA PREMIUM MAX, DIÉSEL MAX y DIÉSEL PREMIUM MAX.

El pronóstico de la demanda para cada uno de estos combustibles se llevó a cabo utilizando modelos de pronóstico a corto plazo (Modelo Simple, Promedio Simple, Promedio

Ponderado) y Regresión Lineal. Posteriormente, se compararon estos modelos en función de su Desvío Medio Absoluto (DMA).

Los datos utilizados en este estudio corresponden a las cargas diarias de combustibles recopiladas durante un período de 7 meses. Estos datos se agruparon por semanas, lo que



resultó en un total de 30 semanas para el período analizado.

### 7.1.1- NAFTA SÚPER MAX

Se aplicó el modelo de Serie de Tiempo por sus distintos métodos, seleccionado el Modelo Simple como el más conveniente en este caso. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N° 1 y se representan visualmente en un gráfico de línea para facilitar la comprensión (Gráfico N°1).

Por otro lado, se utilizó el método de Regresión Lineal para establecer una relación matemática entre las cargas de combustible y el tiempo. Esto permitió realizar un pronóstico basado en una función lineal que considera la tendencia general de los datos. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla N° 2 y se presentan en un gráfico de línea junto con los datos observados (Gráfico N°2).

Ambos enfoques proporcionan información valiosa para el pronóstico del combustible SÚPER MAX. El Modelo Simple es una herramienta útil para pronosticar la evolución futura de los datos en función de los datos históricos, mientras que la Regresión Lineal proporciona una estimación basada en una relación lineal simplificada.

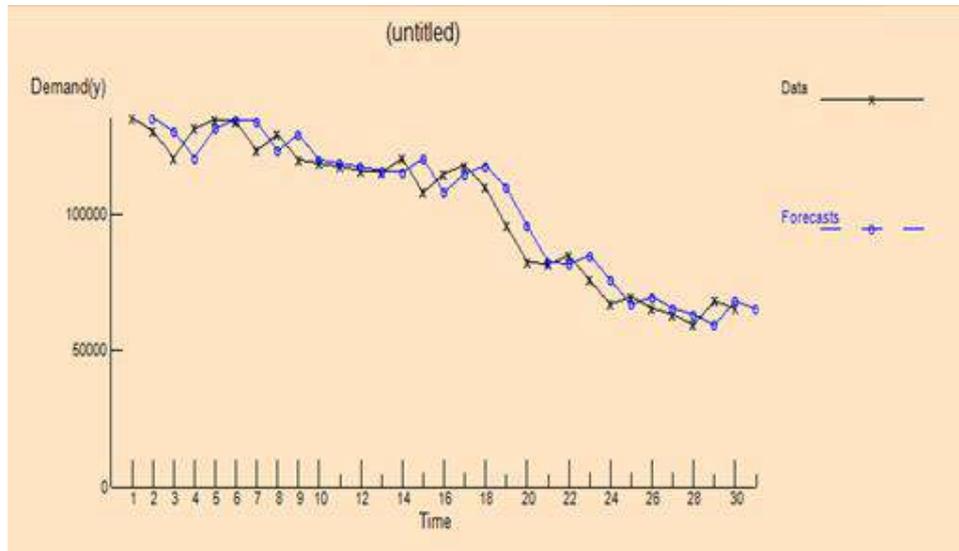
**Tabla N°1: Nafta Súper - Modelo Simple**

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	- 2.411,52
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>5.831,59</b>
MSE (Mean Squared Error)	50.144.920,00
Standard Error (denom=n-2=27)	7.338,89
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	0,06
Forecast	
next period	65.234,00

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico N°1: Nafta Súper - Gráfico de línea**



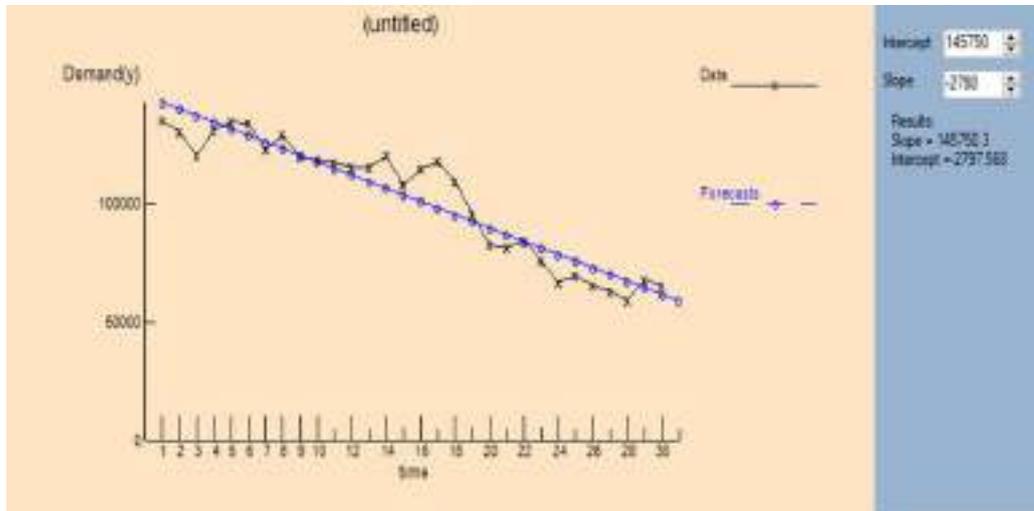
**Tabla N°2: Nafta Súper - Método de regresión lineal**

Measure	Value	Future Period	Forecast
Error Measures		31	59.025,67
Bias (Mean Error)	0,00	32	56.228,10
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>6.735,19</b>	33	53.430,53
MSE (Mean Squared Error)	68.286.860	34	50.632,97
Standard Error (denom=n-2=28)	8.553,62	35	47.835,40
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	7%	36	45.037,83
Regression line		37	42.240,27
Demand(y) = 145750,3		38	39.442,70
#¿NOMBRE?		39	36.645,13
Statistics		40	33.847,56
Correlation coefficient	-0,95	41	31.049,99
Coefficient of determination (r^2)	0,90	42	28.252,42
		43	25.454,86
		44	22.657,29

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico N°2: Nafta Súper - Gráfico de línea regresión lineal**



### 7.1.2- NAFTA PREMIUM MAX

En relación a la Nafta Premium Max, se utilizó el mismo procedimiento que en Nafta Súper utilizando un  $n=4$  para el promedio.

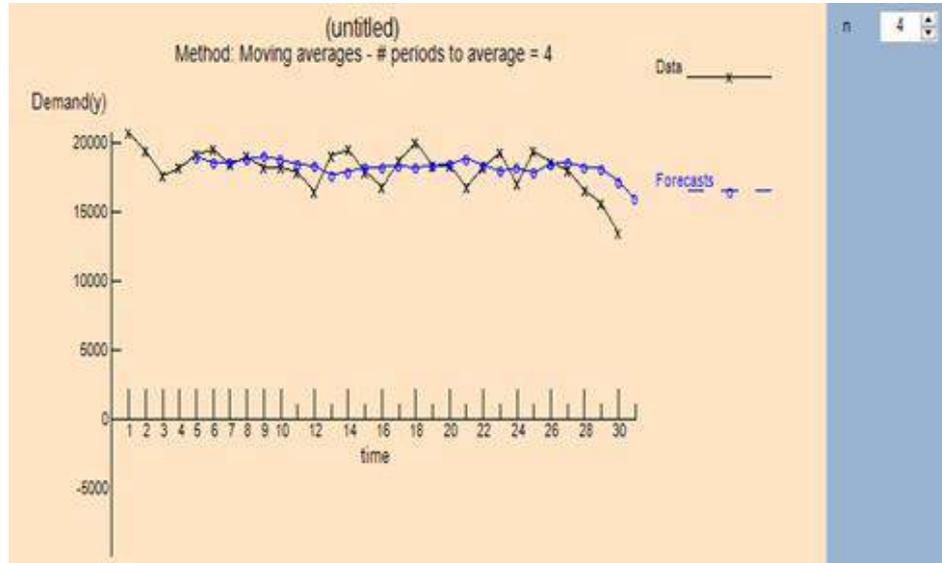
**Tabla N°3: Nafta Premium Max - Modelo Promedio Simple**

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	- 319,14
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>1.044,18</b>
MSE (Mean Squared Error)	1.882.492,00
Standard Error (denom= $n-2=24$ )	1.428,06
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	0,06
Forecast	
next period	15.950,75

Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico N°3: Nafta Premium Max- Gráfico de línea**



Fuente: Elaboración propia.

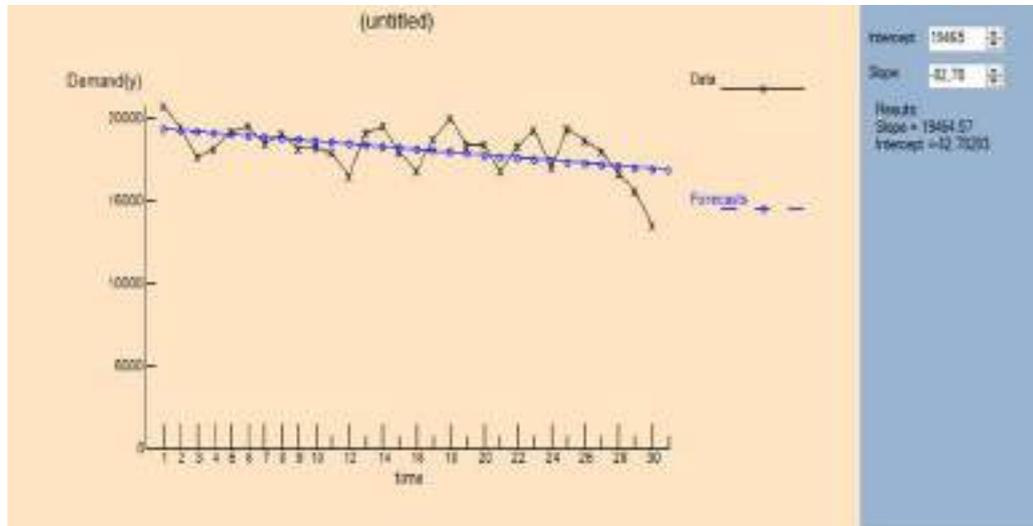
**Tabla N°4: Nafta Premium Max- Modelo de regresión lineal**

Measure	Value	Future Period	Forecast
Error Measures		31	16.898,30
Bias (Mean Error)	0	32	16.815,52
MAD (Mean Absolute Deviation)	985,7	33	16.732,73
MSE (Mean Squared Error)	1.497.446	34	16.649,95
Standard Error (denom=n-2=28)	1.266,65	35	16.567,17
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	5,63%	36	16.484,38
Regression line		37	16.401,60
Demand(y) = 19464,57		38	16.318,82
#¿NOMBRE?		39	16.236,03
Statistics		40	16.153,25
Correlation coefficient	-0,51	41	16.070,47
Coefficient of determination (r^2)	0,26	42	15.987,69
		43	15.904,90
		44	15.822,12

Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico N°4: Nafta Premium Max - Gráfico de línea modelo de regresión lineal**



### 7.1.3- DIÉSEL MAX

Se obtuvo los siguientes pronósticos para la semana siguiente:

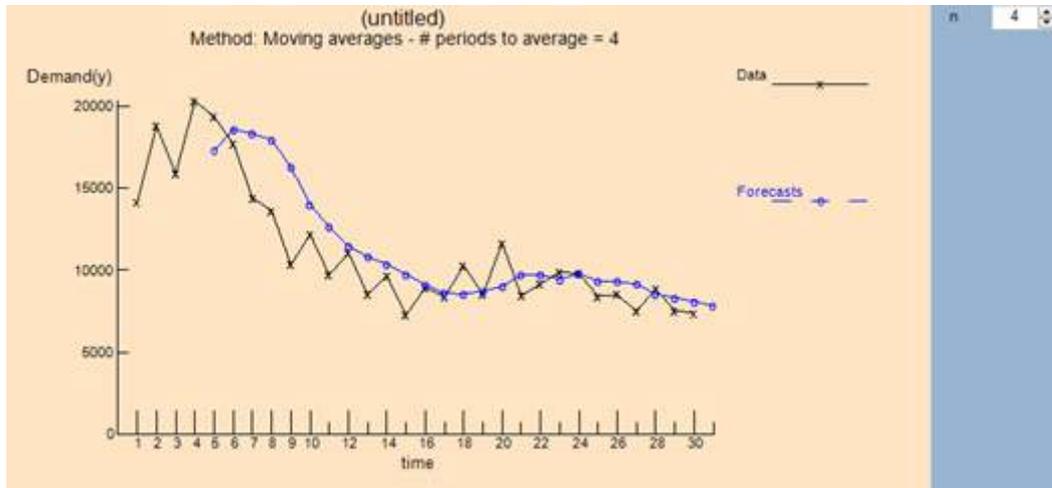
**Tabla N°5: Diésel Max Modelo Promedio Simple**

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	- 992,20
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>1.545,30</b>
MSE (Mean Squared Error)	4.452.137,00
Standard Error (denom=n-2=24)	2.196,17
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	0,15
Forecast	
next period	7.829,00

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico N°5: Diésel Max - Gráfico de línea**

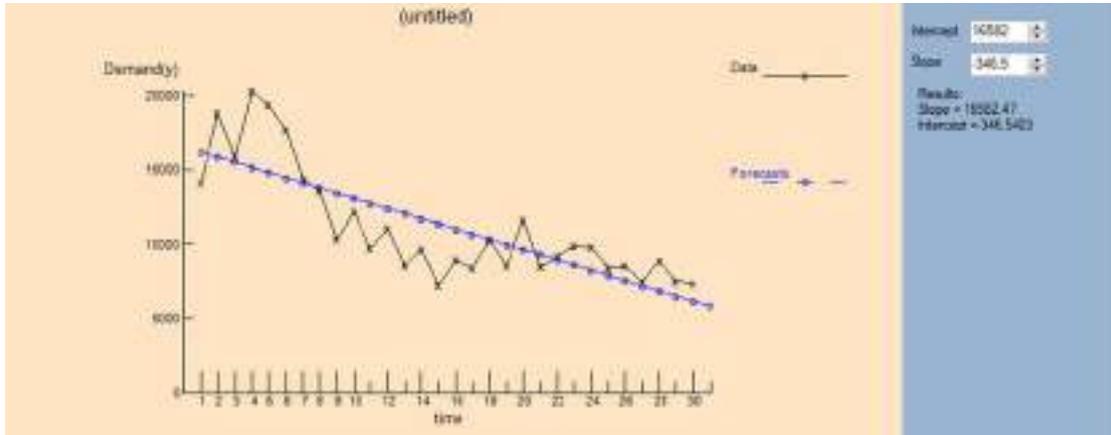


**Tabla N°6: Diésel Max - Modelo de regresión lineal**

Measure	Value	Future Period	Forecast
Error Measures		31	5.839,73
Bias (Mean Error)	0	32	5.493,19
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>1.821,48</b>	33	5.146,65
MSE (Mean Squared Error)	5.131.604,00	34	4.800,11
Standard Error (denom=n-2=28)	2.344,81	35	4.453,56
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	16,79%	36	4.107,02
Regression line		37	3.760,48
Demand(y) = 16582,47		38	3.413,94
#¿NOMBRE?		39	3.067,40
Statistics		40	2.720,86
Correlation coefficient	-0,80	41	2.374,32
Coefficient of determination (r^2)	0,64	42	2.027,78
		43	1.681,24
		44	1.334,70

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°6: Diésel Max - Gráfico de línea regresión lineal**



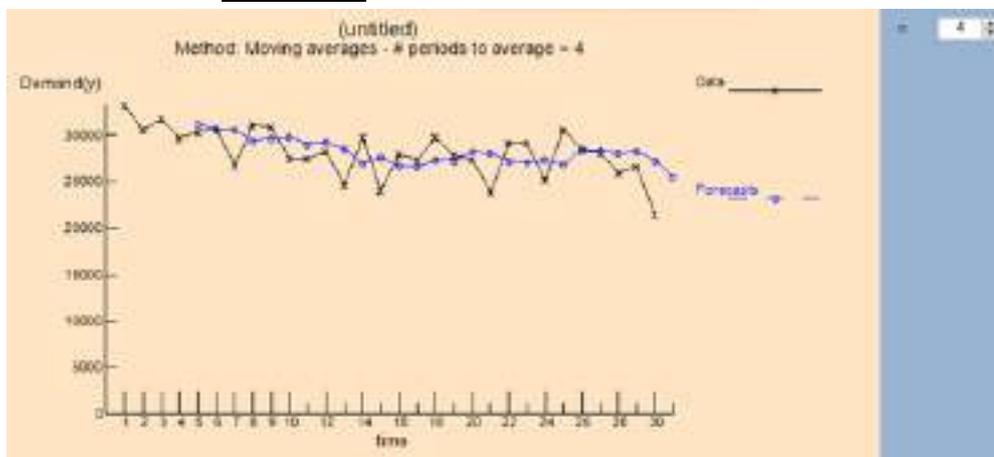
**7.1.4- DIÉSEL PREMIUM MAX**

**Tabla N°7: Diésel Premium Max - Modelo Promedio Simple**

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	- 602,53
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>2.025,32</b>
MSE (Mean Squared Error)	6.104.514,00
Standard Error (denom=n-2=24)	2.571,62
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	0,08
Forecast	
next period	25.534,75

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N° 7: Diésel Premium - Gráfico de línea**

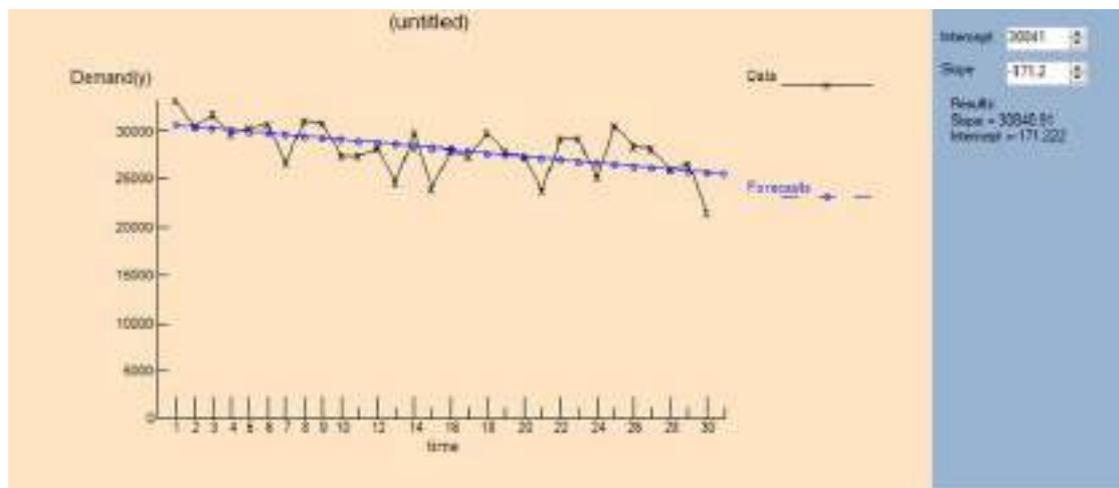


**Tabla N°8: Diésel Premium Max Modelo de regresión lineal**

Measure	Value	Future Period	Forecast
Error Measures		31	25.533,03
Bias (Mean Error)	0,00	32	25.361,80
<b>MAD (Mean Absolute Deviation)</b>	<b>1.669,54</b>	33	25.190,58
MSE (Mean Squared Error)	4.418.470	34	25.019,36
Standard Error (denom=n-2=28)	2.175,79	35	24.848,14
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	6,17%	36	24.676,91
Regression line		37	24.505,69
Demand(y) = 30840,91		38	24.334,47
#¿NOMBRE?		39	24.163,25
Statistics		40	23.992,03
Correlation coefficient	-0,58	41	23.820,80
Coefficient of determination (r^2)	0,33	42	23.649,58
		43	23.478,36
		44	23.307,14

Fuente: Elaboración propia.

**Grafico N° 8: Diésel Premium - Grafico de línea**



### 7.2- MODELOS DE FILAS DE ESPERA

Para realizar la aplicación de filas de espera se decidió realizar una modelización a través de software Arenas teniendo en cuenta los siguientes supuestos:

- 1°. Cada 3 minutos arriba un vehículo a la estación de servicios.
- 2°. La estación tiene dos playas: la primera es de combustibles líquidos con una probabilidad del 86%, y la segunda es GNC con una probabilidad del 14%.



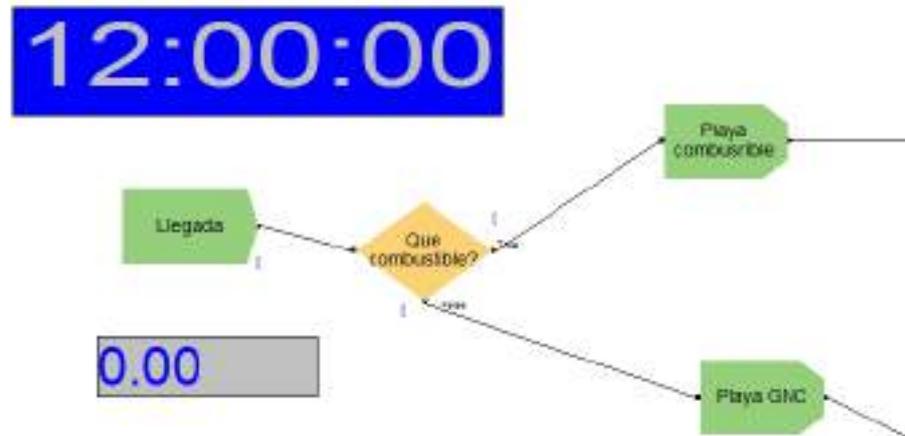
3°. Para la playa de combustibles líquidos se encuentran 4 surtidores, con la posibilidad de brindar servicios a dos vehículos, cada uno identificados con "cara A y Cara B", teniendo las siguientes probabilidades:

- i. *El Surtidor 1 "S1"* tiene una probabilidad del 34% de ser elegido. Dentro de este surtidor la cara A tiene una probabilidad del 6%, y la cara B del 94%.
- ii. *El Surtidor 2 "S2"*, tiene una probabilidad de ser elegido del 27% entre todos los surtidores, además la cara A tiene una probabilidad del 60%, mientras que la cara B del 40%.
- iii. *El Surtidor 3 "S3"* tiene una probabilidad del 24% de ser elegido entre todos los surtidores. La cara A tiene una probabilidad del 57% y la cara B tiene el restante 43%.
- iv. *El Surtidor 4 "S4"* tiene una probabilidad del 15% de ser elegido entre los surtidores de combustible líquido. La cara A de este surtidor tiene una probabilidad del 63% y la cara B el restante 37%.

A continuación, se muestra la modelización en partes.

Para la primera parte se muestra la llegada a la estación de servicio seguida de una decisión que es que ¿Qué tipo de combustible? dando lugar a dos playas donde siendo la primera la Playa de combustible líquidos, y la segunda playa de GNC.

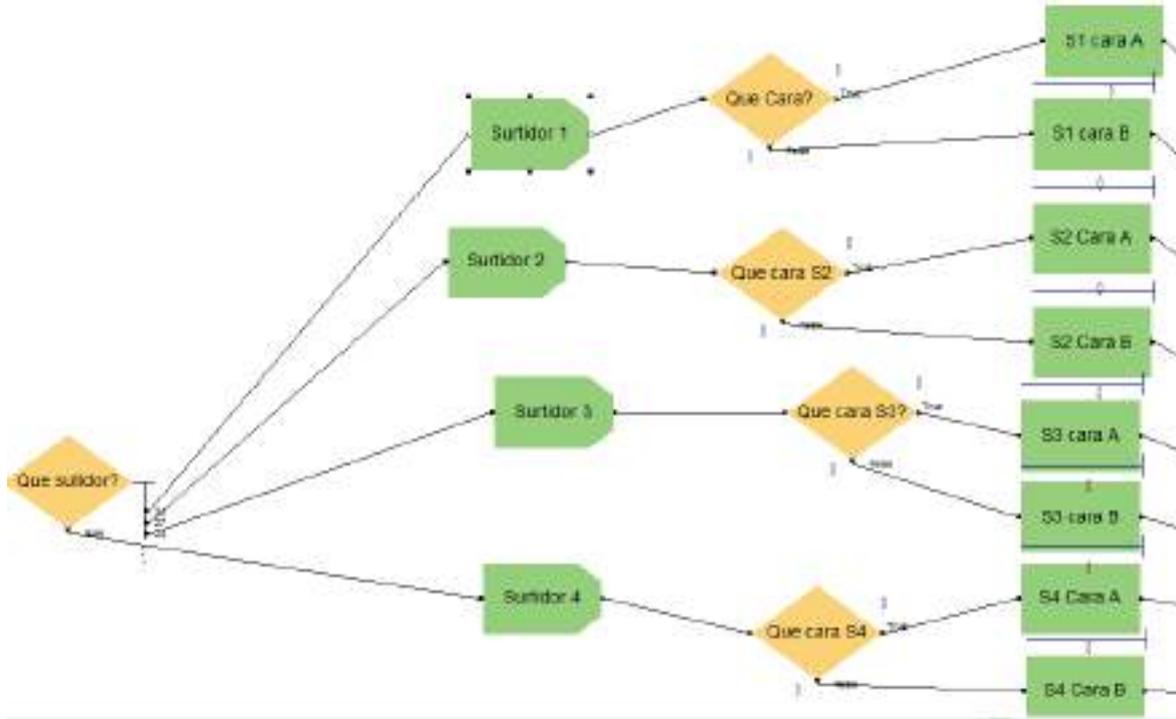
Gráfico N°9: Primera parte de Modelización en Arena



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de elegir la Playa de combustible líquido la decisión siguiente es la ¿Que surtidor?, teniendo 4 surtidores que distribuyen estos combustibles siendo estos numerados del 1 al 4, estando en cada surtidor surge la elección entre cual es la cara que llevará a cabo el proceso de la carga de combustible asignando un mismo recurso al cual se denominará “Playero S...” para ambas caras del surtidor logrando así que ese recurso se tome durante todo el proceso de carga y se lo suelte una vez finalizado el proceso de carga

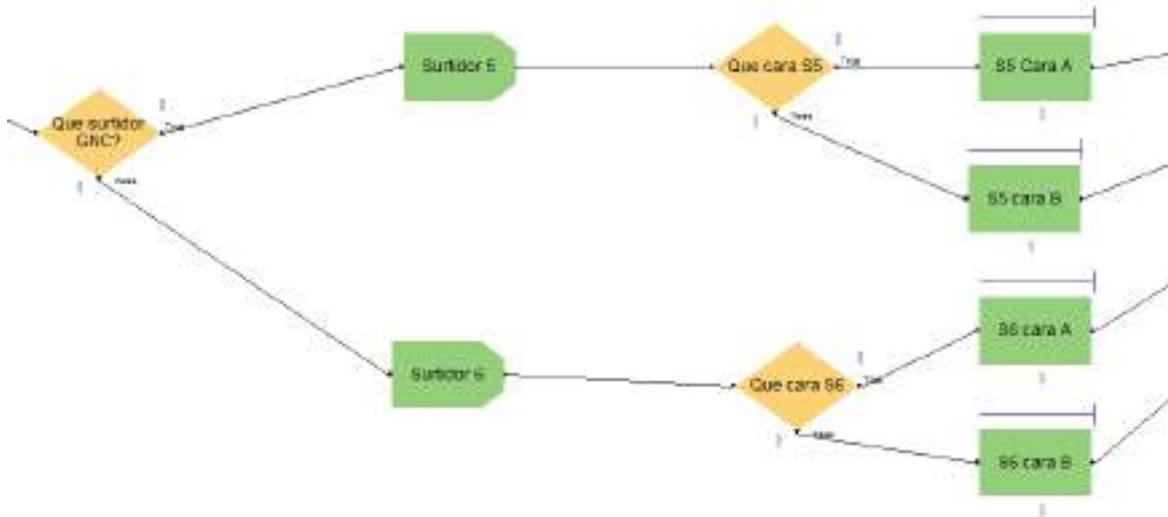
**Gráfico N°10: Elección de Playa de combustible líquido en Arenas**



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de elegir la Playa de GNC la decisión siguiente es la ¿Que surtidor?, siendo estos los Surtidores 5 y 6, dando lugar a la siguiente decisión de ¿Qué cara del surtidor? para llegar al proceso de la carga de combustible, siguiendo la misma metodología de adjudicar el mismo recurso identificado como “Playero S...”.

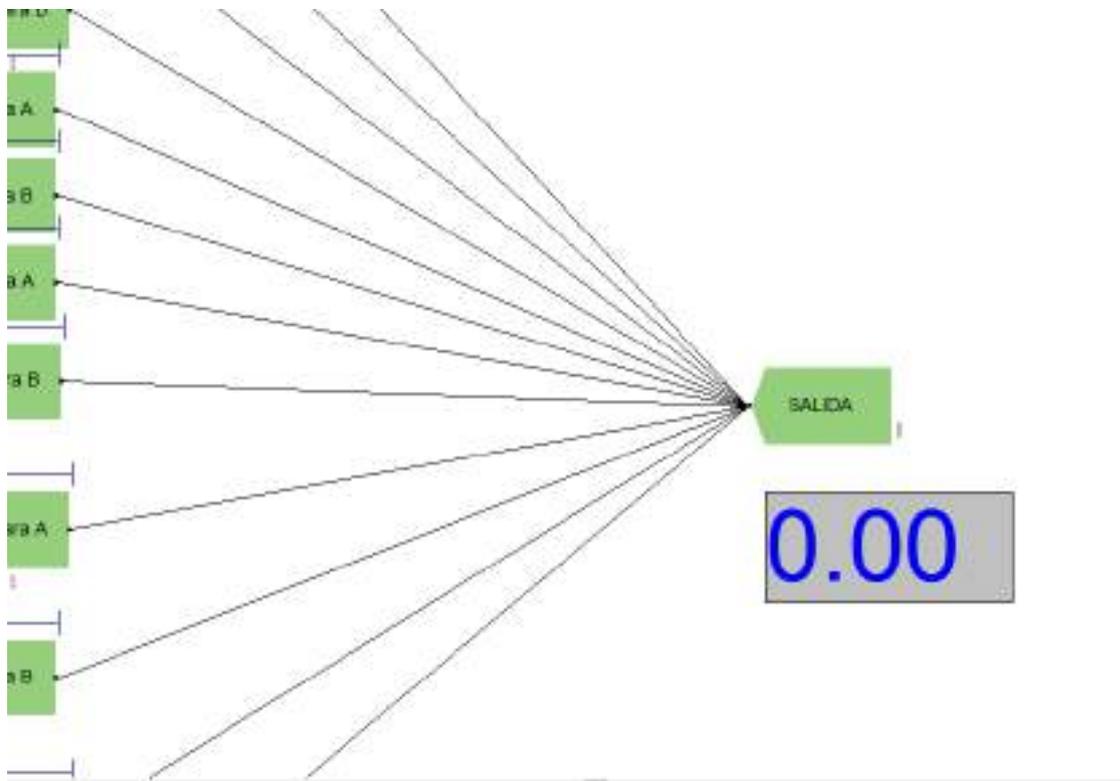
**Gráfico N°11: Elección de Playa de GNC en Arenas**



Fuente: Elaboración propia.

Una vez finalizado la carga de combustible del combustible se da lugar a la salida del sistema, que queda graficado de la siguiente manera:

**Gráfico N°12: Salida del sistema en Arenas**



Fuente: Elaboración propia.



## **8- ANÁLISIS DE DATOS**

### **8.1- PRONÓSTICOS**

#### **8.1.1- Nafta Súper Max**

El resultado obtenido con el método del Modelo Simple muestra un menor DMA (Error Medio Absoluto) de 5.831,59 litros. Por lo tanto, se considera que este método es el más adecuado para pronosticar el consumo de este tipo de combustible.

El pronóstico de demanda de combustible, según este método, para la próxima semana fue de 65.234 litros (Ver Tabla N°1).

#### **8.1.2- Nafta Premium Max**

Se obtuvo un menor DMA al emplear el método de Regresión Lineal, el cual es igual a 985,70 litros. Este resultado demuestra que el modelo de Regresión Lineal es más efectivo en la predicción de la demanda para la Nafta Premium Max en comparación con el método de Promedio Simple que se utilizó (Tabla N°3).

El pronóstico de demanda de combustible, según este método, para la próxima semana fue de 16.898,30 litros (Ver Tabla N°4).

#### **8.1.3- Diésel Max**

Al analizar los resultados para Diésel Max, se puede observar en la Tabla N°5 que el método de Promedio Simple arroja un DMA menor, siendo este de 1.545,30 litros, en comparación con la regresión lineal que se muestra en la Tabla N°6. Por lo tanto, se concluye que el método de Promedio Simple proporciona aquí también el mejor pronóstico entre los dos métodos evaluados.

El resultado para la próxima semana de Diésel Max fue de 7.829 litros (Ver Tabla N°5).

#### **8.1.4- Diésel Premium**

Para concluir, al aplicar el mismo procedimiento utilizado para los combustibles anteriores, se



obtuvo un DMA de 1659,64 para el Diésel Premium Max mediante el método de Regresión Lineal, como se muestra en la Tabla N°8. Este valor es menor en comparación con el método de Promedio Simple (Ver Tabla N°7), donde se obtiene un DMA de 2025,32 litros. Por lo tanto, el método de Regresión Lineal también proporciona la mejor predicción para el Diésel Premium Max.

Por último, el pronóstico para la próxima semana es de 25.533 litros (Ver Tabla N°8).

## 8.2- SIMULACIÓN

Se llevó a cabo una sola simulación de 24 horas que arrojó los siguientes resultados:

- ✓ Vehículos entrados al sistema fueron 510, mientras que los vehículos que salieron fueron 471.

### Utilización:

- ✓ El Surtidor 1 atendió durante esta simulación 134 vehículos y su tasa de utilización es del 97%.
- ✓ El Surtidor 2 atendió durante esta simulación 99 vehículos y su tasa de utilización es del 55%.
- ✓ El Surtidor 3 atendió durante esta simulación 98 vehículos y su tasa de utilización es del 68%.
- ✓ El surtidor 4 atendió durante esta simulación 71 vehículos y su tasa es del 39%.
- ✓ El surtidor 5 atendió durante esta simulación 35 vehículos y su tasa es del 25%.
- ✓ El surtidor 6 atendió durante esta simulación 38 vehículos y su tasa es del 24%

### Tiempos de espera:

Para los tiempos de espera el reporte del sistema daba un tiempo de espera para cada cara del surtidor, en este caso se procedió a realizar un promedio ponderado entre los tiempos de



espera de cada cara y el peso que tenía dentro de ese surtidor la cara elegida, así logrando obtener tiempo de espera para cada surtidor.

- ✓ El tiempo promedio de espera para ser atendido es de 51 minutos, con un máximo de 289 minutos.
- ✓ El surtidor 1 tiene una espera promedio de 166 minutos, con un máximo de 285 minutos.
- ✓ El surtidor 2 tiene una espera promedio de 5 minutos, con un máximo de 43 minutos.
- ✓ El surtidor 3 tiene una espera promedio de 10 minutos, con un máximo de 57 minutos.
- ✓ El surtidor 4 tiene una espera promedio de 7 minutos con un máximo de 43 minutos.
- ✓ El surtidor 5 tiene una espera promedio de 1 segundos, con un máximo de 11 minutos.
- ✓ El surtidor 6 tiene una espera promedio de 3 minutos, con un máximo de 25 minutos.

## 9- CONCLUSIONES

Para finalizar con el presente trabajo podemos concluir lo siguiente con respecto a los pronósticos:

- ✓ Para los tipos de combustibles DIÉSEL PREMIUM MAX y NAFTA PREMIUM MAX, el pronóstico basado en el Modelo de Regresión Lineal arrojó un DMA menor, para los combustibles NAFTA SUPER MAX y DIÉSEL MAX los modelos de Serie de tiempo como Modelo simple y Promedio Móvil fueron más acertados en la predicción.
- ✓ Estos modelos también demostraron ser altamente predictivos para pronosticar la demanda de combustible para la próxima semana.

En conclusión, los resultados del pronóstico de la demanda de los diferentes tipos de



combustibles para la próxima semana será de gran utilidad para determinar la cantidad de descarga necesaria para cada tanque de combustible que abastece a los surtidores. Al realizar la descarga semanalmente, y teniendo en cuenta que se cuentan con ocho tanques, dos para cada tipo de combustible, se podrán planificar de manera eficiente los suministros y asegurar que se satisfaga la demanda de manera óptima. Estos pronósticos ayudarán a mantener un flujo continuo y adecuado de combustible, evitando tanto la escasez como el exceso de inventario, lo que se traduce en una gestión más eficiente de los recursos y una mejor atención a los clientes.

En cuanto a las filas de espera se puede concluir lo siguiente:

- ✓ Existe un cuello de botella en el Surtidor 1 de combustible líquido lo cual hace que el promedio de fila de espera sea demasiado alto en general, por lo que probablemente existan demasiadas personas salgan de la fila y por ende, se pierdan múltiples clientes.
- ✓ Los surtidores 2, 3 y 4 de combustibles líquidos se encuentran con un promedio de espera considerado “normal” por lo que se recomienda realizar una acción que desaliente la utilización del surtidor 1, como limitar a un tipo de vehículo para su utilización y así motivar la utilización de los demás surtidores.
- ✓ En cuanto a los surtidores de GNC (5 y 6) el tiempo de espera es mínimo, pero también su utilización es muy baja, por lo que se está desperdiciando recursos. Por lo que es recomendable realizar acciones para motivar la demanda de este tipo de combustible como promociones.



---

## 10- REFERENCIAS

Eppen, G.(2004). *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. Quinta edición. Prentice Hall.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición.D.F., México. McGraw-Hill.

Kotler (2012) *Dirección de Marketing* Decimocuarta edición. México, Pearson Educación.

Nahmias S.(2007) *Análisis de la Producción y las Operaciones*. Quinta edición. México, D.F.: McGraw Hill Interamericana.

Render, B., Stair R., Hanna M. (2012). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*.México D.F, México: Pearson.