

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Departamento de Ingeniería Industrial



Propuesta de mejora en la planificación de inventario de una empresa de repuestos automotrices ubicada en la ciudad de Guatemala para aumentar la tasa de rotación de inventario

**Trabajo de graduación presentador por
Natsu Alejandra Solares
para optar por el grado académico de
Licenciada en Ingeniería Industrial**

Guatemala
2020

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Departamento de Ingeniería Industrial



Propuesta de mejora en la planificación de inventario de una empresa de repuestos automotrices ubicada en la ciudad de Guatemala para aumentar la tasa de rotación de inventario

**Trabajo de graduación presentador por
Natsu Alejandra Solares
para optar por el grado académico de
Licenciada en Ingeniería Industrial**

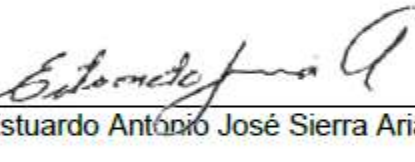
Guatemala
2020

Vo.Bo. Asesor



Ing. Ingrid Lorena de León Vilaseca

Vo.Bo. Terna Examinadora



Ing. Estuardo Antonio José Sierra Arias



Lic. Mardoqueo Velásquez Gómez



Ing. Ingrid Lorena de León Vilaseca

Fecha de aprobación: 6 de noviembre de 2020

PREFACIO

Le agradezco primero a Dios por permitirme cumplir esta meta y bendecirme tanto a lo largo de mi vida. Luego a mi padre y a la esposa de mi padre pues si bien no es mi madre, me ha cuidado como si fuese su hija. Un agradecimiento especial a mi hermano Friedrich Solares, a la empresa que me permitió realizar este trabajo de graduación y a los colaboradores que me apoyaron durante este proceso el cual fue de mucho aprendizaje. También un agradecimiento especial a la asesora de este trabajo, Ingrid de León, pues fue de mucha ayuda a lo largo de este proceso.

La elaboración de este trabajo de graduación surgió a partir de la necesidad de diseñar una propuesta de mejora en la planificación de inventario en una empresa de repuestos automotrices ubicada en la ciudad de Guatemala. La empresa que, de aquí en adelante, se nombrará como *Rapi Repuesto* utiliza el mismo método de planificación de inventario que utilizaba desde que comenzó operaciones hace más de 20 años. El método que la empresa utiliza actualmente es un método empírico que se basa en la experiencia del personal que labora para planificar su inventario. Y aunque en muchas empresas se siga utilizando la experiencia para tomar decisiones importantes, con los grandes avances de la ciencia, un mercado más exigente y con cada día más competencia, es necesario estar actualizados, tomar decisiones basadas en evidencia científica y responder rápidamente a las necesidades del mercado para ser la empresa pionera en el área de venta de repuestos automotrices. Para ello se necesitan estrategias empresariales correctas y una planificación de inventario respaldada científicamente y que permita a la empresa tener un mejor nivel de servicio con un valor menor de inventario de productos terminados.

La empresa tiene dos categorías grandes de productos, las cuales son repuestos nuevos y motores automotrices con cajas de velocidades. En este trabajo de graduación se trabajó específicamente la propuesta de mejora en la planificación de inventario de repuestos nuevos. Por fines prácticos no se trabajó con todos los productos debido a que en el caso de los motores automotrices y cajas de velocidades no existen códigos identificadores, por lo tanto, es más complicado obtener los datos históricos de ventas de los mismos. De igual forma el plan de implementación de la propuesta de mejora está diseñado para que también se pueda aplicar a la planificación de inventario de motores y cajas de velocidades.

ÍNDICE

PREFACIO.....	vii
ÍNDICE.....	ix
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
III. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	6
V. ANTECEDENTES.....	31
VI. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	39
VII. PROYECCIÓN DE VENTAS Y GESTIÓN DE INVENTARIO.....	45
VIII. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN E INDICADORES DE EFECTIVIDAD DE LOS MODELOS PROPUESTOS.....	64
IX. CONCLUSIONES.....	71
X. RECOMENDACIONES.....	72
XI. LITERATURA CONSULTADA.....	73
XII. ANEXOS.....	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de Métodos de Suavizamiento Exponencial (ETS)	14
Cuadro 2. Clasificación de Métodos de Suavizamiento Exponencial (ETS) con errores aditivos y multiplicativos	15
Cuadro 3. Casos especiales para modelos ARIMA no estacionales	19
Cuadro 4. Porcentaje de distribución por marca de vehículo.....	32
Cuadro 5. Porcentaje de distribución por tipo de repuesto	32
Cuadro 6. Tasa y días de rotación de inventario histórico	39
Cuadro 7. Resultados de análisis ABC de repuesto nuevo	44
Cuadro 8. Proporción de métodos para los 72 SKU de la categoría "A"	51
Cuadro 9. Datos del modelo de revisión para	52
Cuadro 10. Evaluación de las mejoras propuestas para los artículos de la categoría "A"	53
Cuadro 11. Datos modelo de revisión trimestral para artículos "B" y "C"	55
Cuadro 12. Evaluación económica de los sistemas de inventario propuestos para productos de las categorías "B" y "C"	57
Cuadro 13. Resultados sin y con sistema de inventario trimestral y bimensual de categorías "A", "B" y "C"	58
Cuadro 14. Comparación de tasa de rotación de inventario (2019 y 2020)	59
Cuadro 15. Análisis de impacto en las ventas debido a la pandemia	60
Cuadro 16. Reducción de costos del proceso actual de importación	62
Cuadro 17. Costo de actividades a realizar (Plan de implementación)	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desplazamientos de la curva de demanda	6
Figura 2. Desplazamientos de la curva de oferta	8
Figura 3. Modelo P.....	11
Figura 4. Representación gráfica del análisis ABC para inventario.....	13
Figura 5. Ejemplo de gráfico de métodos de suavizamiento exponencial ETS.....	16
Figura 6. Distintas series de tiempo, estacionarias y no estacionarias	17
Figura 7. Ejemplo de gráfico de método ARIMA	21
Figura 8. Ejemplo de gráfico de método BaggedETS	24
Figura 9. Ejemplo de método STLM.....	25
Figura 10. Ejemplo de gráfico de método STLM.....	26
Figura 11. Cadena de suministro del sector automotriz.....	30
Figura 12. Codificación interna de repuestos nuevos de <i>Rapi Repuesto</i>	34
Figura 13. Codificación interna de repuestos nuevos de <i>Rapi Repuesto</i>	34
Figura 14. Organigrama <i>Rapi Repuesto</i>	35
Figura 15. Descriptor de puesto de Gerente General	36
Figura 16. Descriptor de puesto de Jefe Administrativo.....	36
Figura 17. Descripción de puesto de Asistente Administrativo	37
Figura 18. Descripción de puesto de Jefe de Ventas.....	37
Figura 19. Descripción de puesto de encargado de bodega e inventario	37
Figura 20. Diagrama de operaciones del proceso actual de importación de repuestos	41
Figura 21. Serie de tiempo ítem 1A.....	47
Figura 22. Descomposición serie de tiempo ítem 1A	48
Figura 23. Pronóstico de suavizamiento exponencial ETS, ítem 1A	48
Figura 24. Pronóstico ARIMA ítem 1A	49
Figura 25. Pronóstico BaggedETS ítem 1A.....	49
Figura 26. Pronóstico STLM ítem 1A	50
Figura 27. Pronósticos ítem 1A.....	50
Figura 28. Diagrama de operaciones del proceso de planificación de inventario sugerido.....	61
Figura 29. Cronograma de implementación de método propuesto	65
Figura 30. Proceso de planificación de inventario propuesto	66
Figura 31. Indicadores de efectividad de la mejora propuesta.....	69

RESUMEN

En este trabajo se presenta la propuesta de mejora para la planificación de inventario de la empresa de repuestos automotrices *Rapi Repuesto*. El método que la empresa utiliza desde que comenzó labores es empírico, en el cual las compras se realizan por experiencia. El objetivo de esta propuesta es aumentar la tasa de rotación de inventario de la empresa en al menos un 15%. Para esto primero se realizó un análisis de la situación actual el cual incluyó análisis histórico, diagrama de operaciones del proceso actual de importación y clasificación de los 458 productos de la empresa por medio de un análisis ABC. En este se obtuvo que el 15.29% de los productos generan el 80% del volumen total de ventas en Quetzales. Luego a partir del análisis ABC se aplicó modelos de gestión de inventario de revisión bimestral y trimestral. Para los artículos de la categoría “A” se realizó la proyección de ventas por medio de métodos de pronóstico en el software estadístico RStudio y para los artículos de las categorías “B” y “C” por medio de la frecuencia de ventas de los últimos 4 años.

En la prueba piloto del modelo de revisión bimestral se obtuvo una mejora en la tasa de rotación de inventario para la proyección del año 2020 del 19.0% y en la trimestral del 11.9% debido a que el periodo de revisión es menor. El valor del inventario en quetzales con el sistema de inventario trimestral disminuyó Q704,303.85 y para el sistema de inventario bimestral disminuyó un total de Q1,037,297.44. Luego se realizó un plan de implementación de la mejora propuesta.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen distintas marcas y modelos de vehículos que son fabricados y/o ensamblados en distintas partes del mundo, por lo que el tipo de repuesto que utilizan es distinto (Avendaño, 2008). Debido a que existe incertidumbre en la demanda y existen distintas marcas, lugares de fabricación, modelos, series de motor, cilindros cúbicos y entre otras especificaciones, es necesario que una empresa importadora de repuestos automotrices tenga la cantidad suficiente de producto en *stock*.

Existen tres distintas categorías de repuestos: originales, fabricantes de primer equipo y genéricos. Los originales o genuinos son aquellos que fueron manufacturados por el fabricante de automóviles o por fábricas externas autorizadas. Este tipo de repuestos en su empaque contiene la marca del vehículo y cumplen con las especificaciones técnicas del fabricante. La otra categoría de repuestos es fabricantes de primer equipo u OEM por sus siglas en inglés. Estas son las piezas originales a un precio significativamente menor. El precio de estas puede ser hasta un 70% menos que el repuesto original. Este tipo de producto es el que venden las fábricas externas bajo su propia marca, pero con los mismos estándares de calidad que el original. Y, por último, los repuestos genéricos son aquellos que no son producidos por la marca del vehículo o los fabricantes tercerizados y que generalmente son de menor calidad que los originales. (McKenna, 2020)

Rapi Repuesto se dedica a la venta de repuestos automotrices OEM, especialmente de marcas japonesas y coreanas. Estos repuestos como se explicó anteriormente tienen un precio significativamente menor que los originales, pero cumplen con las especificaciones técnicas del fabricante del vehículo. Algunos de los repuestos que la empresa importa son: culatas, turbos, ejes de levas, cigüeñales, starters, bielas, entre otros. *Rapi Repuesto* importa directamente de Asia en donde se encuentran las fábricas OEM autorizadas por los fabricantes de los vehículos.

Debido a que los repuestos son importados desde Asia y que el transporte que se utiliza para importar los productos es marítimo, el tiempo estándar desde que se realiza el pedido hasta que este se encuentra en bodega es de aproximadamente dos meses. Este tiempo asume que lo solicitado ya se encuentra fabricado y listo para embarcar. Pero, en algunas ocasiones el proveedor no tiene el inventario suficiente para despachar la orden, por lo que se debe esperar a que se produzcan los repuestos. Debido a esto, es necesario ser asertivos al predecir la demanda para evitar tener inventario que no rota debido a la falta de planificación o un sistema de gestión de inventario. (Chase & Jacobs, 2014) En este trabajo de graduación se propuso una mejora en la planificación de inventario para aumentar la tasa de rotación de inventario del repuesto nuevo de *Rapi Repuesto* en al menos un 15%. Esta mejora consistió en tres etapas clave: 1) evaluar el proceso y la situación actual, 2) proponer los modelos de proyección de ventas y gestión de inventario y 3) diseñar el plan de implementación de los modelos propuestos y establecer indicadores para medir su efectividad.

Para la primera etapa se evaluó el proceso actual de importación por medio de análisis histórico de ventas, costo de ventas e inventario para determinar la tasa de rotación y días de inventario de los últimos 4 años. También se diseñó el diagrama de operaciones del proceso actual de importación, el cual indicó que el tiempo estándar es de aproximadamente 56 días. Por último, se clasificó los 458 productos de la empresa por medio de un análisis ABC de inventario utilizando el costo promedio y la frecuencia de ventas de los últimos 4 años. En este se obtuvo que el 15.29% de los productos generan el 80% del volumen total de ventas en Quetzales y que el 84.71% de los productos generan el 20%. Se obtuvo un total de 72 artículos en la categoría “A”, 88 en la “B” y 298 en la “C”.

Luego, para la segunda etapa, a partir del análisis ABC se diseñaron modelos de gestión de inventario de revisión bimestral y trimestral. Se aplicaron modelos de inventario de revisión periódica debido a que la empresa no cuenta con un sistema de inventario que permita conocer el inventario en tiempo real, por lo tanto, no se pudo aplicar un sistema de revisión continua el cual necesita conocer en tiempo real las existencias de los productos para determinar el momento en el que se realiza el pedido. Para los modelos bimestrales y trimestrales se pronosticó la demanda según la categoría del repuesto y luego se utilizó el dato pronosticado para los modelos de inventario. Para los artículos de la categoría “A” se realizó la proyección de ventas por medio de métodos de pronóstico en el software estadístico RStudio. Se utilizaron métodos de pronóstico debido a que son los artículos que representan el 80% del volumen total de ventas y, por lo tanto, requieren mayor precisión en su pronóstico. Se diseñó un guion en RStudio para aplicar los métodos de pronóstico, los cuales fueron: método de suavizamiento exponencial, método ARIMA o método Autorregresivo Integrado de Media Móvil por sus siglas en inglés, método *Bagged ETS* o de embolsamiento exponencial ETS y método STLM. El mejor método para realizar el pronóstico se determinó a partir del método que generó un menor valor del error de pronóstico “MASE” o el error medio absoluto escalado por sus siglas en inglés. El método de suavizamiento exponencial se utilizó para pronosticar el 0% de los 72 ítems de la categoría “A”, el método *Bagged ETS* para el 9.7%, el método ARIMA para el 11.1% y el método STLM pronosticó el 79.2%. Para los artículos de las categorías “B” y “C” se realizó un pronóstico menos preciso, pero más sencillo a partir de la frecuencia de ventas de los últimos 4 años. Con los datos de pronóstico que se obtuvo, se procedió a utilizarlos en los modelos de pronóstico propuestos.

En la tercera etapa, se diseñó el plan de implementación de los modelos de planificación de inventario y se estableció indicadores para medir la eficacia de los mismos. El plan de implementación incluye el objetivo principal de la empresa, ya sea reducir al máximo el inventario y seguir comprando productos localmente en caso de no tener existencias, o disminuir una parte del inventario y comprar localmente la menor cantidad posible de productos. El plan también incluye las actividades a realizar y los responsables de las mismas. Los indicadores que se emplearon y se recomienda utilizar son: tasa de rotación y días de inventario, reducción del tiempo del proceso de importación y evaluación económica de las mejorar propuestas. La mejora de la tasa de rotación de inventario se evaluó según los datos que se obtuvieron en el primer semestre del año 2020 y el histórico del año 2019. Para el modelo de revisión trimestral se tuvo una mejora del 11.9% y para el bimestral una mejora del 19.0% con respecto a los resultados que la empresa obtuvo en el primer semestre del año 2020. Luego se diseñó el diagrama de operaciones del proceso de importación de *Rapi Repuesto* propuesto y se determinó que el proceso se redujo 6 días, 17 horas y 55 minutos y se obtuvo un valor estándar para realizar el pedido de 49 días, 4 horas y 30 minutos. Luego se calculó el impacto económico de las mejoras propuestas de dos formas: 1) reducción del valor del inventario y 2) disminución del costo por salarios de las personas involucradas para realizar el pedido. Se seleccionó la planificación de inventario bimestral debido a que fue el modelo que más redujo el valor final de inventario, lo redujo un 27.3% respecto del método actual que la empresa utiliza para la planificación de inventario, es decir un total de Q 1,037,297.44. Por último, se puede obtener un ahorro de Q 1,128.52 en salarios de las personas involucradas al utilizar la mejora en la planificación de inventario propuesta.

II. OBJETIVOS

A. General

Proponer mejora en la planificación de inventario de una empresa de repuestos automotrices ubicada en la ciudad de Guatemala para aumentar la tasa de rotación de inventario en un 15%.

B. Específicos

1. Evaluar el proceso y situación actual de la empresa con respecto a la planificación de inventario con herramientas como diagramas de procesos de operaciones, clasificación de productos por medio del análisis ABC y análisis histórico de ventas.
2. Proponer modelos de proyección de ventas y gestión de inventario según el análisis posterior que permita aumentar la rotación de inventario.
3. Diseñar un plan de implementación de los modelos de planificación de inventario y establecer indicadores para medir su eficacia como: tasa de rotación, días de inventario y evaluación económica de la mejora propuesta.

III. JUSTIFICACIÓN

El motivo por el cual se planteó realizar este trabajo de graduación fue debido a que *Rapi Repuesto* busca disminuir su inversión total en inventario. En promedio en el año 2019 la empresa tuvo mensualmente un total de inventario de repuesto nuevo de Q3,718,656.89. En ese mismo año la razón de rotación de inventario fue de 0.87 y en los últimos 4 años (2016- 2019), fue de 0.89. (Anexo 1). Estas tasas de rotación de inventario se encuentran muy por debajo de lo recomendable para una empresa de ese tipo (Parra, 2005). Según *CSI Market* (2020) para la industria de autopartes la tasa de rotación de inventario debería de estar como mínimo en 3.16, como máximo en 6.66 y con un valor esperado de 4.57. Según los datos del año 2019 para que la empresa se encuentre en el límite inferior recomendado, debería de disminuir su inventario un 72.49%. Al disminuir el inventario este porcentaje, asumiendo que los costos de venta y las ventas anuales se mantienen constantes, se debería tener un valor promedio mensual de inventario de repuesto de Q1,023,066.11. (CSI Market, 2020)

Se observó que en *Rapi Repuesto* existen mercancías con hasta 3 años de antigüedad y aunque los repuestos automotrices son productos no perecederos, tener los productos en stock más de lo necesario, va en contra de los objetivos de la empresa y es poco eficiente. Según la tasa de rotación de inventario de 0.87 del año 2019, los días de inventario fueron 419. (Anexo 1) Esto quiere decir que, en promedio, los repuestos nuevos permanecen por más de un año en la empresa, aproximadamente 1 año y 2 meses. Si utilizamos los datos de *CSI Market* (2020), el máximo de días de inventario de una empresa de repuestos automotrices debería de ser 116. Asumiendo meses de 30 días, *Rapi Repuesto* debería de tener como máximo 3 meses con 26 días los productos en bodega. Por lo que es necesario resolver este problema al cual la empresa no le ha prestado atención por más de 20 años y así no solo disminuir el valor total de inventario, si no que probablemente aumentar la rentabilidad de la empresa debido a que mejores proyecciones de demanda resultarán en un mejor nivel de servicio. Solucionar este problema también disminuirá costos por almacenamiento, costos por faltantes, salarios y prestaciones de personas involucradas, costo de oportunidad, entre otros.

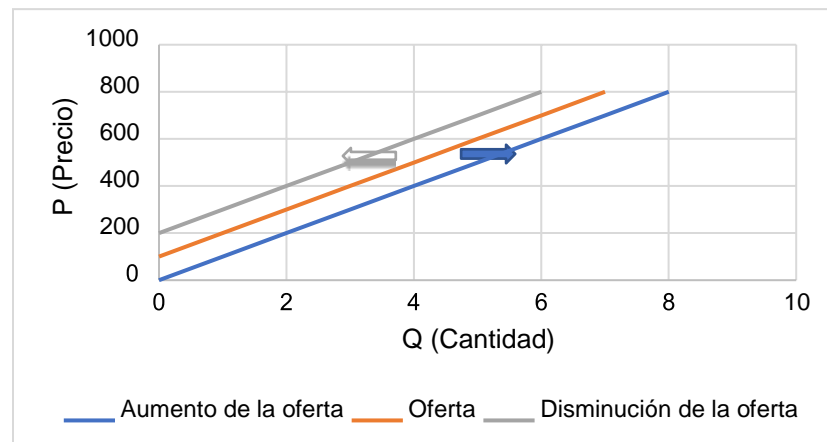
La planificación de inventario incluye control de inventario, proyección de demanda y una gestión de compras adecuada. Por lo que mejorar tiempos de entrega de parte de los proveedores, la planificación correcta y una proyección de demanda adecuada, disminuirá el capital invertido en inventario y por lo tanto mejorará la tasa de rotación, días de inventario y nivel de servicio de *Rapi Repuesto*.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Demanda

La demanda se define como la cantidad de un bien o servicio que las personas se encuentran dispuestas a pagar a distintos precios dentro de un periodo de tiempo determinado, al mantenerse constantes los demás factores (*caeteris paribus*). La demanda generalmente se representa por medio de una función lineal decreciente. En la cual el precio es la variable dependiente y cantidad es la variable independiente. “Al ser una función lineal decreciente quiere decir que la cantidad del bien demandado se incrementa a medida que el precio descende y viceversa. Los cambios en el precio y las determinantes distintas del precio originan cambios en la cantidad demandada.” (Keat & Young, 2004) “El propósito del manejo de la demanda es coordinar y controlar todas las fuentes de demanda, con el fin de usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo” (Chase & Jacobs, 2014)

Figura 1. Desplazamientos de la curva de demanda



Como se puede observar en la Figura 1 existen factores que afectan la demanda del producto. Estos pueden ser factores distintos del precio que ocasionan que la demanda cambie y se les conoce como determinantes de la demanda no basadas en el precio. Algunos de estos factores pueden ser: gustos y preferencias, ingreso, precios de los productos complementarios o sustitutos, expectativas futuras, número de compradores, entre otros. (Keat & Young, 2004)

1. Pronósticos de demanda

Los pronósticos ayudan a planificar de forma efectiva y eficiente. La previsibilidad de un evento depende de muchos factores incluyendo: qué tan bien se entiende los factores que contribuyen o afectan el resultado, la cantidad de datos disponibles y si los pronósticos pueden afectar lo que se desea pronosticar. Un buen pronóstico captura los patrones y las relaciones que existen con los datos históricos, pero no replica eventos pasados, los cuales no volverán a ocurrir. Es capaz de funcionar en un ambiente que está cambiando constantemente, asumiendo que la forma en la que está cambiando seguirá así en el futuro. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Existen distintos métodos para pronósticos y el criterio de elección de estos depende de los datos que se tenga disponibles. Si no se tienen datos o estos no son relevantes para el estudio, se debe utilizar un método de pronóstico cualitativo. Este tipo de métodos no son

únicamente conjeturas, existen enfoques estructurados y desarrollados para obtener pronósticos sin necesidad de utilizar datos históricos. Los modelos de pronóstico cuantitativos se utilizan cuando existe información numérica del pasado y cuando se espera que ciertos aspectos o patrones del pasado se repitan en el futuro. Existen distintos tipos de pronósticos cuantitativos y muchos de ellos utilizan datos de series temporales los cuales son recopilados en intervalos constantes a lo largo del tiempo o datos transversales los cuales son recopilados en un solo punto. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Cinco pasos básicos para realizar pronósticos:

1. Definir el problema: para definirlo se requiere entender de qué forma se utilizará el pronóstico, quien lo necesitará y cómo se ajustará el pronóstico a la organización o empresa que lo requiere. Es necesario que la persona encargada de pronósticos esté constantemente en contacto con las personas involucradas en la recolección de datos, mantenimiento de bases de datos, entre otros.
2. Reunir información: como mínimo es necesario tener información sobre datos estáticos y la experiencia acumulada de las personas encargadas de recopilar los datos y de las que utilizará el pronóstico.
3. Análisis preliminar o análisis exploratorio: al realizar pronósticos se recomienda comenzar graficando los datos para poder observar posibles patrones, tendencias, estacionalidades y así poder asociar lo observado con fenómenos económicos, observar valores atípicos
4. Escoger y ajustar modelos: el mejor modelo a utilizar dependerá de la disponibilidad de datos históricos, la relación entre las variables de pronóstico y cualquier variable explicativa y la forma en que se utilizará el estudio.
5. Usar y evaluar un modelo de pronóstico: una vez que el modelo ha sido seleccionado y sus parámetros han sido estimados, se utiliza el modelo para realizar los pronósticos. Para evaluar los modelos de pronóstico se suele utilizar medidas como errores de pronóstico.

(Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

2. Análisis de series de tiempo

Los modelos de pronósticos de series de tiempo tienen como objetivo predecir datos futuros con base en un histórico. Por ejemplo, se parte de las cifras de ventas trimestrales recopiladas durante los últimos años para pronosticar los trimestres futuros. *“En general, los modelos de corto plazo compensan la variación aleatoria y se ajustan a los cambios de corto plazo. Son especialmente buenos para medir la actual variabilidad en demanda, lo cual es útil para establecer niveles de seguridad de existencia o estimar cargas pico en una situación de servicio. Los pronósticos de mediano plazo son útiles para efectos estacionales, y los modelos de largo plazo detectan las tendencias generales y son útiles para identificar los cambios más importantes. El modelo de pronóstico que una empresa debe elegir depende de:*

- a. El horizonte de tiempo que se va a pronosticar.
- b. La disponibilidad de los datos.
- c. La precisión requerida.
- d. El tamaño del presupuesto para el pronóstico.
- e. La disponibilidad de personal calificado.

(Keat & Young, 2004)

Un diagrama de series de tiempo muestra el periodo del tiempo en el eje horizontal “X” como la variable independiente y la variable de interés en el eje vertical “Y” como la variable dependiente. (Berenson, Levine, & Krehbiel, 2006).

3. Componentes de las series de tiempo

Para entender una serie de tiempo se divide en los siguientes elementos: tendencia, estacionalidad y ciclicidad. Una tendencia existe cuando hay un aumento o disminución a largo plazo en los datos. Puede ser lineal, no lineal, creciente o decreciente. Un patrón estacional ocurre cuando una serie de tiempo se ve afectada por factores estacionales como la época del año o el día de la semana, es una secuencia fija y conocida. Y por último un comportamiento cíclico ocurre cuando los datos exhibidos aumentan o disminuyen y no tienen una frecuencia fija. Estas fluctuaciones generalmente se deben a condiciones económicas y a menudo están relacionadas con el ciclo económico. La duración de estas fluctuaciones es de al menos 2 años. En general la duración promedio de los ciclos es más larga que la duración de un patrón estacional. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Asumiendo una descomposición aditiva los componentes de una serie de tiempo son los siguientes:

$$y_t = S_t + T_t + R_t \quad (1)$$

donde:

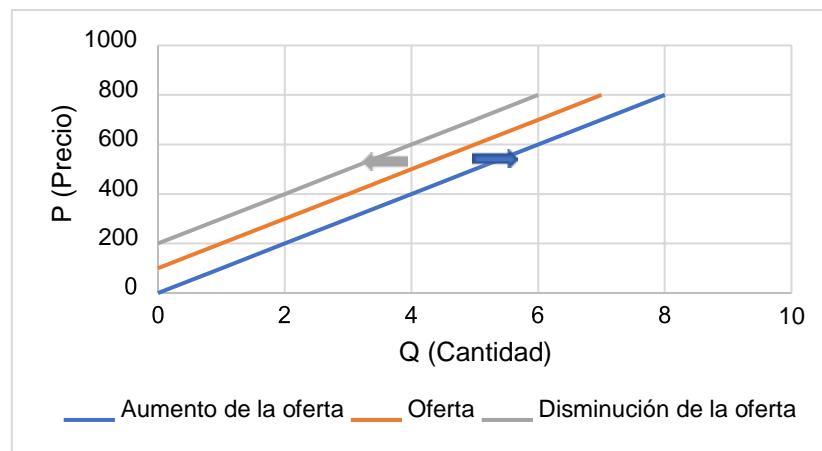
y_t = datos observados
 S_t = componente estacional
 T_t = componente del ciclo de tendencia
 R_t = componente restante o aleatorio

B. Oferta

“La oferta se define como la cantidad de un bien o servicio que las personas se encuentran dispuestas a vender a distintos precios dentro de cierto periodo de tiempo al mantenerse constantes otros factores distintos del precio. La ley de la oferta establece que la cantidad ofrecida se relaciona de forma directa con el precio.” La oferta se puede representar por medio de una función numérica lineal con pendiente positiva, la cual tiene como variable independiente cantidad y como variable independiente el precio. (Keat & Young, 2004)

Como se puede observar en la Figura 2 a medida que la oferta de productos o servicios disminuye, el precio aumenta y viceversa, estos son inversamente proporcionales.

Figura 2. Desplazamientos de la curva de oferta



C. Teoría de inventarios

1. Definición de inventario

Según Chase y Jacobs (2014), el inventario son las existencias de piezas o recursos utilizados en una organización. El término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. Por lo general se clasifica como materias primas, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso. En los servicios, el término inventario por lo general se refiere a los bienes tangibles por vender y los suministros necesarios para administrar el servicio. El propósito básico del análisis de inventario en la manufactura y servicios es especificar: 1) cuándo es necesario pedir más piezas y 2) la cantidad a pedir para satisfacer la demanda.

Algunas de las razones por las cuales las empresas mantienen un suministro de inventario son:

- Mantener la independencia entre operaciones.
- Cubrir la variación en la demanda.
- Permitir flexibilidad en la programación de la producción.
- Protegerse contra la variación del tiempo de entrega de materias primas.
- Aprovechar los descuentos por cantidad.

Existen tres variables que se deben tomar en cuenta para llevar una correcta gestión de inventario. Las variables son: tiempo, demanda y costos. El tiempo incluye: tiempo de entrega, tiempo que necesita la mercancía para llegar a la empresa, tiempo de realizar el pedido, entre otros. Es necesario tener prevista la demanda futura para poder prepararse correctamente y mantener un nivel de servicio adecuado. Y los costos ya sea de adquisición de materia prima, de fabricación, almacenamiento, demanda no cubierta, etc. (Cruz, 2017)

2. Tipos de inventario

Con el fin de cumplir con sus funciones principales, las empresas pueden mantener cuatro tipos de inventario:

- Inventario de materias primas: es el inventario que se compró, pero no está procesado y será utilizado para el producto o servicio.
- Inventario de trabajo en proceso: o **WIP** por sus siglas en inglés, es de componentes o materias primas que han sufrido ciertos cambios, pero no están terminados, generalmente utilizados para reducir el tiempo de ciclo de un proceso.
- Inventario de mantenimiento, reparación y operaciones: o **MRO** por sus siglas en inglés, es el inventario necesario para mantener productiva la maquinaria y los procesos. Este tipo de inventario se utiliza debido a que no se conoce con exactitud la necesidad y los tiempos de mantenimiento y reparación de algunos equipos.
- Inventario de productos terminados: está conformado por productos que ya están listos para la venta que esperan su embarque o a ser vendidos. Se suele utilizar debido a que no se conoce con exactitud la demanda del producto.

(Heizer & Render, 2009)

3. Sistemas de inventarios

a. Sistema de inventario

“Un sistema de inventario proporciona la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes en existencia. El sistema es responsable de pedir y recibir los bienes: establecer el momento de hacer los pedidos y llevar un registro de lo que se pidió, la cantidad ordenada y a quién.” Los sistemas de inventario pueden ser de un único periodo o múltiples periodos. Un sistema de inventario de un único periodo se aplica cuando el producto o servicio se venderá una única vez es un producto de temporada. Existen dos tipos generales de sistemas de inventario de varios periodos. El primer tipo son los modelos de cantidad de pedido fija, también conocidos como cantidad de pedido económico, EOQ y modelo Q. El segundo tipo de modelos son los modelos de periodo fijo, también conocidos como sistema periódico, sistema de revisión periódica y modelo P. “Los sistemas de inventario de varios periodos están diseñados para garantizar la disponibilidad de una pieza todo el año. (Chase & Jacobs, 2014)

b. Costos de mantener, ordenar y preparar inventarios

Al tomar decisiones respecto al inventario es necesario considerar los siguientes costos:

- Costos de mantenimiento o transporte: incluye costos de las instalaciones de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios, daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y costo de oportunidad del capital.
- Costos de preparación o cambio de producción: incluye costos por cambio de lote, ya sea por cambio de material, moldes, maquinaria y entre otros.
- Costos de pedidos: se refieren a los costos administrativos asociados al preparar la orden de compra y/o producción.
- Costos de faltantes: son los costos asociados a la falta de existencias de un producto o servicio no satisfecho. Por lo general se estiman las ganancias perdidas, los efectos de los clientes perdidos o las penalizaciones por cubrir los pedidos tarde.

(Heizer & Render, 2009)

c. Sistema de revisión periódica (Modelo P)

En un sistema de periodo fijo o revisión periódica, el inventario se cuenta o se revisa cada cierto tiempo, como por ejemplo cada semana o cada mes. Es recomendable contar el inventario y hacer pedidos en forma periódica cuando se quiere combinar pedidos para ahorrar costos. *Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro según los índices de uso. Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija.* Estos modelos suponen que el inventario solo se cuenta en el momento específico de la revisión. *Es posible que una demanda alta provoque que el inventario llegue a cero justo después de hacer el pedido. Esta condición pasará inadvertida hasta el siguiente periodo de revisión; además, el nuevo pedido tardará en llegar. Así, es probable que el inventario se agote durante todo el*

periodo de revisión “T” y el tiempo de entrega “L”. Por consiguiente, el inventario de seguridad debe ofrecer una protección contra el agotamiento de existencias en el periodo de revisión, así como durante el tiempo de entrega desde el momento de hacer el pedido hasta recibirlo. (Chase & Jacobs, 2014)

En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión T, el inventario de seguridad y la cantidad a pedir “q” se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Inventario de seguridad (SS)} = z\sigma_{T+L} = z * \sqrt{(T + L) * \sigma_d^2} \quad (2)$$

donde:

z = valor z para el valor del intervalo de confianza deseado
(ver tabla Z en anexo 2)

σ_{T+L} = Desviación estándar de la demanda en el periodo

σ_d = Desviación estándar de la demanda

$$\text{Cantidad a pedir “q”} = \bar{d}(T + L) + z\sigma_{T+L} - I \quad (3)$$

donde:

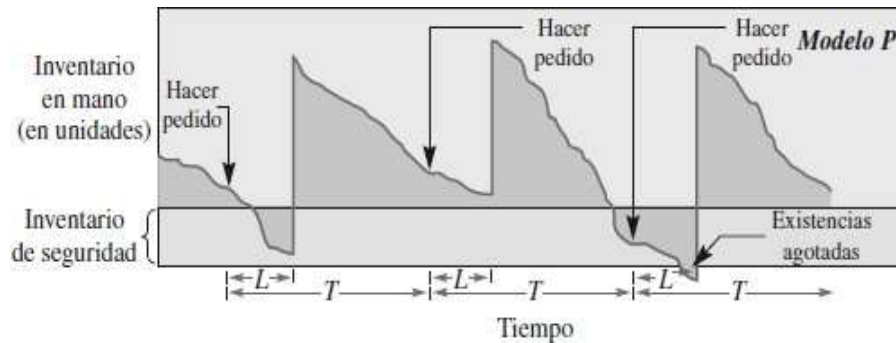
q = Cantidad por pedir

$\bar{d}(T + L)$ = Demanda promedio durante el periodo vulnerable

$z\sigma_{T+L}$ = Inventario de seguridad (SS)

I = Existencias disponibles (más el pedido si existe alguno)

Figura 3. Modelo P



d. Indicadores de efectividad de manejo de inventarios

Existen indicadores para medir la efectividad del manejo de inventario, algunos ejemplos son: rotación de inventario, días de inventario y nivel de servicio que pueden ser útiles para establecer una política de inventario. La rotación de inventario se puede medir por medio de la tasa de rotación de inventario. Es una relación entre el costo de las ventas anual y la inversión promedio en inventario durante el mismo periodo de tiempo. Este indicador es muy popular debido a la facilidad de obtener los datos, ya que se podrían obtener fácilmente de los estados financieros de la empresa y debido a que es un indicador fácil de entender. Asumiendo que las ventas se mantienen constantes, el tener como objetivo una tasa mayor de rotación de inventario, la inversión promedio de inventarios debería de disminuir. (Ballou, 2004)

$$Tasa\ de\ rotaci3n\ de\ inventario = \frac{\text{Costo de ventas anuales de inventario}}{\text{Inversi3n promedio de inventarios}} \quad (4)$$

Los d3as de inventario son conocidos como d3as de suministro, es el n3mero promedio de d3as que permanecen los productos en la empresa antes de ser vendidos. (Emery, Finnerty, & Stowe, 2000)

$$D3as\ de\ inventario = \frac{365}{\text{Rotaci3n de inventario}} \quad (5)$$

El objetivo principal de la gesti3n de inventario es asegurar que el producto est3 disponible en el momento que es demandado. El nivel de servicio es la probabilidad de surtimiento del producto. El nivel de servicio al ser una probabilidad puede ser un valor entre 0 y 1, donde 1 es el mejor nivel de servicio posible. (Ballou, 2004) Se calcula de la siguiente forma:

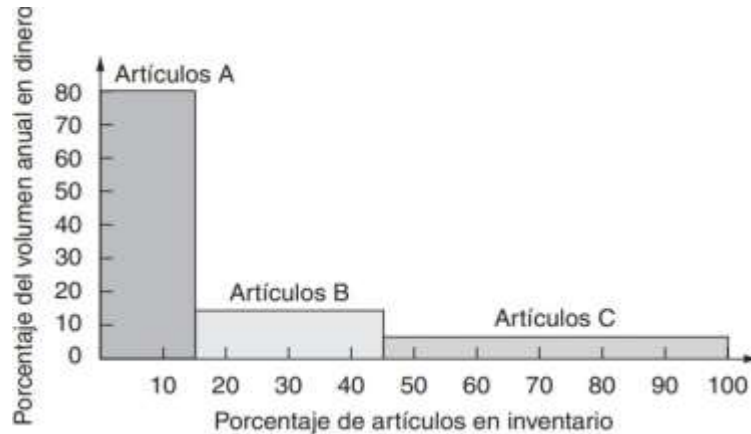
$$Nivel\ de\ servicio = 1 - \frac{\text{N3mero de unidades agotadas anualmente}}{\text{Demanda anual total}} \quad (6)$$

D. An3lisis ABC enfocado a inventarios

El an3lisis ABC se basa en el principio de Wilfredo Pareto el cual indica que el 80% de los resultados son generados por el 20% de los elementos. (Parmenter, 2007) Este principio se puede aplicar en la planificaci3n de inventario de una empresa. El an3lisis ABC divide el inventario en tres categor3as seg3n su volumen anual de ventas en la moneada que sea requerido. Este principio establece que hay pocos art3culos importantes y muchos triviales. Consiste en establecer pol3ticas de inventario que centren sus recursos en esos pocos art3culos importantes del inventario y no en los muchos art3culos que no lo son. (Heizer & Render, 2009)

Para determinar el volumen anual en la moneda que se desee estudiar, se mide la demanda anual de cada art3culo en el inventario y se multiplica por su costo unitario. Los art3culos con un alto volumen anual en dinero pertenecen a la categor3a "A". Los art3culos de esta categor3a generalmente representan entre el 15 y 20% de todos los art3culos del inventario, representar3n entre el 70 y 80% del uso total en dinero. Los art3culos de la categor3a "B" son aquellos con un volumen anual en dinero intermedio, esto suele ser aproximadamente el 30% de todos los art3culos del inventario y representan entre el 15 y 25% del valor total. Y por 3ltimos los 3tems en la categor3a "C", los cuales son de bajo volumen anual en dinero representan aproximadamente el 5% del volumen anual en dinero y aproximadamente el 55% de los art3culos en el inventario. (Heizer & Render, 2009)

Figura 4. Representación gráfica del análisis ABC para inventario



(Heizer & Render, 2009)

Como se puede observar en la Figura 4 los artículos que se encuentran en la categoría “A” son los que representan la mayor proporción del volumen anual en dinero y se representan únicamente el 15% de los productos en inventario, por lo que estos ítems son pocos, pero merecen más cuidado. El análisis ABC puede guiar el desarrollo de una política de inventario, específicamente a los recursos de compras como proveedores, controles de inventario, pronóstico de ventas, entre otros. Para que las políticas de inventario tengan sentido es necesario asegurarse de la exactitud en los registros. Cuando la empresa puede determinar con exactitud su inventario es capaz de tomar decisiones concretas acerca de sus pedidos, programaciones e importaciones. Para asegurar la exactitud del registro el control de entradas y salidas de inventario deben ser buenos y que los productos se encuentren etiquetados correctamente. Es recomendable realizar una auditoría continua, a la cual se le conoce como conteo cíclico. *“El conteo cíclico usa la clasificación del inventario desarrollada en el análisis ABC. Se cuentan los artículos, se verifican los registros, y se documentan las imprecisiones de manera periódica. Se identifica la causa de las imprecisiones y se toman las acciones correctivas. Los artículos A se cuentan con frecuencia, quizá una vez al mes; los artículos B se cuentan con menos frecuencia, tal vez cada trimestre; y los artículos C se cuentan probablemente una vez cada seis meses.”* Otra forma es realizar el conteo cíclico cada vez que se realiza un nuevo pedido. El conteo cíclico tiene las siguientes ventajas: no interrumpe la producción de la empresa, elimina los ajustes anuales del inventario, únicamente el personal capacitado audita la precisión del inventario, permite identificar rápidamente las causas de los errores y por último mantiene registros de inventario más precisos. (Heizer & Render, 2009)

E. Modelos de pronóstico más comunes

1. Métodos de suavizamiento exponencial o modelos ETS

Los métodos de suavizamiento exponencial son promedios ponderados de observaciones pasadas y el peso de la ponderación va disminuyendo exponencialmente a medida que las observaciones son más antiguas. Esto quiere decir que mientras más reciente sea la observación, mayor será el peso de esta. Este tipo de métodos generan pronósticos confiables rápidamente (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

La selección del método dependerá de los componentes clave de la serie de tiempo (tendencia y estacionalidad) y la forma en la que estos ingresan al método de suavizamiento exponencial (ya sea aditiva, amortiguadora o multiplicativa). A continuación, en el cuadro 1. se presentan las distintas variantes de los mismos, los cuales como se mencionó anteriormente se clasifican por su componente de tendencia y su componente estacional, creando así 15 métodos distintos. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Cuadro 1. Clasificación de Métodos de Suavizamiento Exponencial (ETS)

Componente de Tendencia	Componente estacional		
	N (Ninguno)	A (Aditivo)	M (Multiplicativo)
N (Ninguno)	(N,N)	(N,A)	(N,M)
A (Aditivo)	(A,N)	(A,A)	(A,M)
A _d (Aditivo amortiguado)	(A _d ,N)	(A _d ,A)	(A _d ,M)
M (Multiplicativo)	(M,N)	(M,A)	(M,M)
M _d (Multiplicativo amortiguado)	(M _d ,N)	(M _d ,A)	(M _d ,M)

(Hyndman & Khandakar, 2008)

Para cada uno de estos métodos existen dos modelos, uno con errores aditivos y otro con errores multiplicativos. Un error aditivo se identifica observando los componentes de la serie de tiempo, si estos permanecen constantes o cambian poco, son aditivos, pero si cambian exponencialmente son multiplicativos. Al tener por cada uno de los 15 métodos dos modelos, se obtiene un total de 30 modelos posibles de suavizamiento exponencial. Los modelos con errores multiplicativos son útiles cuando los datos son positivos, pero no son numéricamente estables cuando los datos contienen números negativos o valores iguales a cero. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

De esto se puede inferir el porqué de sus siglas en inglés (*Exponential Trend Seasonal*, ETS). Estas se refieren a que estos modelos tienen como variables el error, la tendencia y la estacionalidad. Para identificar los tres elementos se propuso la siguiente codificación donde la primera letra representa el error, la segunda representa la tendencia y la tercera la estacionalidad.

Cuadro 2. Clasificación de Métodos de Suavizamiento Exponencial (ETS) con errores aditivos y multiplicativos

Componente de tendencia	Componente estacional		
	N (Ninguno)	A (Aditivo)	M (Multiplicativo)
N (Ninguno)	(A,N,N), (M,N,N)	(A,N,A), (M,N,A)	(A,N,M), (M,N,M)
A (Aditivo)	(A,N)	(A,A)	(A,M)
A _d (Aditivo amortiguado)	(A, A _d ,N), (M, A _d ,N)	(A, A _d A), (M, A _d ,A)	(A, A _d ,M), (M, A _d ,M)
M (Multiplicativo)	(A,M,N),(M,M,N)	(A,M,A),(M,M,A)	(A,M,M), (M,M,M)
M _d (Multiplicativo amortiguado)	(A, M _d ,N), (M, M _d ,N)	(A, M _d ,A), (M, M _d ,A)	(A, M _d ,M), (M, M _d ,M)

(Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Los métodos de suavizamiento exponencial pueden generar intervalos de predicción o pronóstico, los cuales indican el espacio en el que podría estar el pronóstico realizado y con qué probabilidad y se calcula de la siguiente forma:

$$\hat{y}_{T+h|T} \pm c\sigma_h \quad (7)$$

donde:

$\hat{y}_{T+h|T}$ = pronóstico de los valores futuros basado en la media de los datos históricos y_1, \dots, y_T .

h = número de periodos a pronosticar (meses, días, trimestres)

c = probabilidad de cobertura de pronóstico (Valor Z)

σ_h = desviación estándar del pronostico

(Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

a. Modelo de suavizamiento exponencial en RStudio

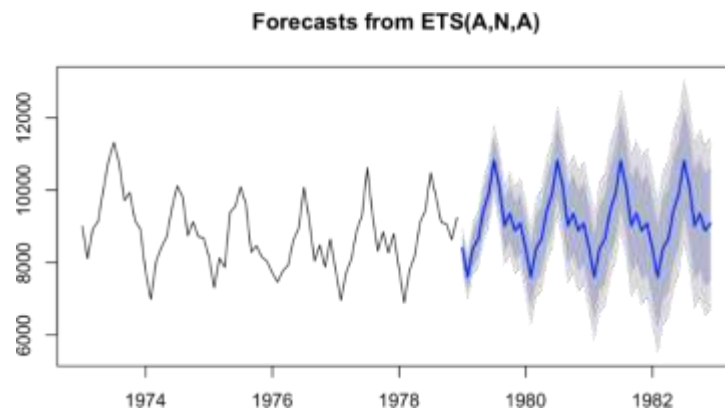
Para facilitar el pronóstico se puede utilizar la función “*forecast*” del programa estadístico RStudio. La función “pronóstico” trabaja con distintos tipos de entradas o datos. Esta generalmente utiliza una serie de tiempo o un modelo de serie de tiempo como argumento principal para crear un pronóstico y devuelve objetos de tipo “pronóstico”. Si el primer argumento es una serie de tiempo, devuelve un pronóstico de la función ETS. La escala en la que se obtiene el pronóstico dependerá de la escala de la serie de tiempo. En el anexo 3, se encuentra detallada la interfaz del programa. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Si se desea realizar y graficar un pronóstico, el guion de RStudio se verá de la siguiente forma:

```
PronosticoGaseosas = forecast (DemandaGaseosas, h=48)
autoplot (PronosticoGasosas)
```

Se denominó “PronosticoGasosas” como la variable que almacenaría los datos del pronóstico realizado por la función “*forecast*”. “*h*” es la cantidad de periodos que se desean pronosticar, puede ser días, semanas, meses, en este caso fue 48 meses o 4 años. Luego se puede utilizar la función “*autoplot*” por su nombre en inglés para realizar el gráfico de la serie de tiempo, el pronóstico realizado en el horizonte de tiempo requerido y los intervalos de predicción del modelo de pronóstico. Cabe resaltar que el guion de RStudio no tiene tildes debido a que este software no acepta este tipo de caracteres, únicamente acepta caracteres existentes en el idioma inglés. El gráfico del guion anterior se vería de la siguiente forma:

Figura 5. Ejemplo de gráfico de métodos de suavizamiento exponencial ETS



Como se puede observar en el título del gráfico de la Figura 5, este es un modelo ETS (A,N,A) esto quiere decir que es un modelo con error aditivo, sin tendencia y con estacionalidad aditiva muy marcada. En el eje Y se encuentra la demanda de gaseosas como la variable independiente y en el eje X se encuentra el tiempo como independiente. En el gráfico también se puede observar que la línea negra es la serie de tiempo y que la línea azul es el pronóstico para los años 1979-1984 con sus respectivos intervalos de confianza. (Hyndman, 2018)

2. Modelo ARIMA

Mientras que los modelos de suavizamiento exponencial están basados en la descripción de la tendencia y la estacionalidad de los datos, los modelos ARIMA tienen como objetivo describir las autocorrelaciones en los datos. Si se combina la diferenciación con autorregresión y un modelo que tenga promedio móvil, se obtiene un modelo ARIMA no estacional. ARIMA es un acrónimo en inglés (*AutoRegressive Integrated Moving Average*) por sus siglas en inglés. Cabe resaltar que también existen modelos ARIMA estacionales, pero por fines prácticos en este trabajo únicamente se detallarán las ecuaciones de la parte no estacional. La parte estacional se comporta de forma similar, pero se debe tratar en dos partes de la ecuación distintas. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018) A continuación, en la ecuación 8, se presenta el modelo básico ARIMA en la cual se indican los tres parámetros de este modelo y en la ecuación 9 se presenta el modelo ARIMA estacional básico:

$$\text{Modelo ARIMA} = \text{ARIMA}(p,d,q) \quad (8)$$

$$\text{ARIMA} = (p,d,q) \times (P, D, Q)_m \quad (9)$$

donde:

p = orden de la parte autorregresiva no estacional

d = grado de la primera diferencia no estacional

q = orden de la parte media móvil no estacional

P = orden de la parte autorregresiva estacional

D = grado de la primera diferencia estacional

Q = orden de la parte media móvil estacional

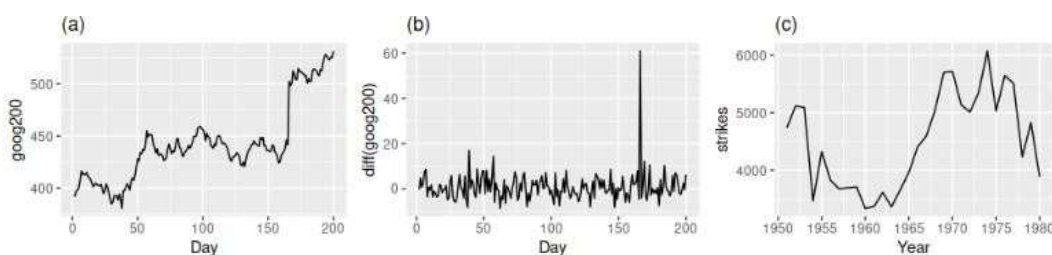
m = número de observaciones por año

La parte estacional del modelo consiste en términos similares a los componentes no estacionales, pero que implican retrocesos del periodo estacional. Por ejemplo, el siguiente modelo “ARIMA (1,1,1) (1,1,1) [4]” (sin constante), es un modelo ARIMA que tiene dos partes, estacional y no estacional para datos trimestrales “[4]”. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

a. Diferenciación

Antes de definir qué es diferenciación es importante saber qué es una serie de tiempo estacionaria. Una serie de tiempo estacionaria no tiene patrones predecibles a largo plazo y es aquella cuyas propiedades no dependen del momento en el que se observa la serie. Por lo que las series de tiempo con tendencias y estacionalidad no son estacionarias. Una serie de ruido blanco es estacionaria, ya que no importa cuando se observe, esta se verá igual o muy similar en cualquier momento. A continuación, en la Figura 6, se presentan distintas series de tiempo, de las cuales únicamente la serie de tiempo (b) es estacionaria. Las series (a) y (c) claramente tienen el componente de la tendencia. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Figura 6. Distintas series de tiempo, estacionarias y no estacionarias



(Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

A continuación, se indica el contexto de cada uno de los gráficos:

- Precio de las acciones de Google durante 200 días consecutivos.
- Cambio diario en el precio de las acciones de Google durante 200 días consecutivos.
- Número anual de huelgas en Estados Unidos.

En el caso del gráfico (a) y (b), se puede observar que se está evaluando las acciones de Google durante 200 días consecutivos. Sin embargo, el gráfico (a) es no estacionario y el gráfico (b) es estacionario. A este fenómeno se le conoce como diferenciación. Por ejemplo, los algoritmos pueden ser de ayuda para estabilizar la varianza de una serie de tiempo y la diferenciación puede ser de ayuda para estabilizarla media de una serie de tiempo eliminando cambios y, por lo tanto, eliminando o reduciendo la tendencia y la estacionalidad.

Las series de tiempo diferenciadas son el cambio entre observaciones consecutivas en la serie original y se escribe como:

$$y'_t = y_t - y_{t-1} \quad (10)$$

donde:

y'_t = la serie de tiempo diferenciada

y_t = datos observados

Cuando la serie de tiempo diferenciada es de “ruido blanco”, el modelo se escribe como:

$$y_t - y_{t-1} = \varepsilon_t \quad (11)$$

donde:

y_t = datos observados

ε_t = denota el “ruido blanco”

Una serie de tiempo de ruido blanco es la base de un modelo de caminata aleatoria, este puede ser simple o con deriva. Este tipo de modelo es frecuentemente utilizado para datos no estacionarios, especialmente datos financieros y económicos. Los modelos de caminata aleatoria normalmente tienen largos periodos de tendencias aparentes ya sea hacia arriba o hacia abajo y cambios repentinos e impredecibles en la dirección. Los pronósticos de un modelo de caminata aleatoria son iguales a la última observación obtenida, ya que los movimientos son impredecibles y tienen la misma probabilidad ya sea de subir o de bajar. El modelo puede tener derivas, esto quiere decir que tiene un factor positivo o negativo que afecta el valor. A continuación, se muestra el modelo de caminata aleatoria con deriva. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

$$y_t = c + y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (12)$$

donde:

c = promedio de los cambios entre observaciones consecutivas.

b. Autorregresión

Un modelo de regresión múltiple es aquel en el que se pronostica la variable de interés utilizando una combinación lineal de las variables predictoras. Pero en un modelo de autorregresión se pronostica la variable de interés utilizando una combinación lineal de valores pasados de la variable. Esta es la razón del nombre “autorregresión”, nos indica que es una regresión de la variable contra sí misma. En la ecuación 15, se observa un modelo autorregresivo de orden “ p ”. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

$$y_t = c + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (13)$$

donde:

y_t = datos observados
 ε_t = “ruido blanco”
 ϕ = parámetro del modelo

c. Media móvil

Un modelo de media móvil utiliza errores de pronósticos pasados en un modelo similar a la regresión lineal. La diferencia entre un modelo de media móvil y un modelo de regresión lineal es que el de regresión utiliza valores pasados de la variable para realizar el pronóstico y el de media móvil utiliza los errores de pronósticos pasados. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Y se calcula de la siguiente forma:

$$y_t = c + \varepsilon_t + \theta_1\varepsilon_{t-1} + \theta_2\varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q\varepsilon_{t-q}, \quad (14)$$

donde:

y_t = datos observados
 ε_t = “ruido blanco”
 θ = parámetro del modelo

A continuación, en el Cuadro 3, se muestra un resumen de los modelos ARIMA con su respectivo identificador para mayor facilidad de comprensión. El identificador indica los parámetros del modelo siendo: ARIMA (orden de la parte autorregresiva, grado de la primera diferenciación, orden de la parte media móvil).

Cuadro 3. Casos especiales para modelos ARIMA no estacionales

Caso del modelo ARIMA	Identificador
Ruido blanco (<i>White noise</i>)	ARIMA(0,0,0)
Paseo aleatorio (<i>Random walk</i>)	ARIMA(0,1,0) sin constante Paseo aleatorio con deriva
(<i>Random walk with drift</i>)	ARIMA(0,1,0) con constante Autorregresión
Media Móvil	ARIMA(0,0,qq)

(Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

d. Modelo ARIMA en RStudio

Debido a que el modelo ARIMA no estacional, es la combinación de la diferenciación con autorregresión y un modelo con promedio móvil, se tendría la siguiente ecuación:

$$y'_t = c + \phi_1 y'_{t-1} + \dots + \phi_p y'_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t, \quad (15)$$

donde:

$\phi_1 y'_{t-1} + \dots + \phi_p y'_{t-p}$ = la parte autorregresiva del modelo

$\theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$ = la parte de media móvil del modelo

y'_t = serie de tiempo diferenciada

ε_t = ruido blanco del modelo

Ya que el proceso para crear un modelo ARIMA no estacional es largo y crear un modelo ARIMA con parte estacional sería aún más largo, se sugiere utilizar el programa estadístico RStudio. El programa tiene una función llamada “*auto.arima()*”. Esta función combina la prueba de raíz unitaria para determinar si es necesario diferenciar la serie de tiempo y también utiliza la minimización del AICc (criterio de información de Akaike ajustado) y MLE (máxima verosimilitud) para obtener el modelo ARIMA. El AIC y el MLE permiten evaluar qué tan bien se ajusta el modelo a los datos sin sobre ajustarlo. Se espera que el modelo con el puntaje AIC más bajo logre un mejor equilibrio entre su capacidad de ajustar los datos y su capacidad para evitar el sobreajuste de los mismos. (Date, 2019) A continuación, se presenta la ecuación para calcular el AIC:

$$AIC = -2(\log \text{máximo} - \text{Likelihood}) + 2k \quad (16)$$

donde:

log máximo- Likelihood = medida del ajuste del modelo.

k = número de parámetros del modelo

(Sakamoto, Ishiguro, & Kitagawa, 1986)

Pero el AIC también tiene desventajas, una de ellas es que a medida que incrementa el número de parámetros, la varianza del AIC también aumenta. Otra desventaja es que un modelo con una mayor cantidad de parámetros suele tener el AIC más bajo, por lo tanto, en la mayoría de ocasiones se escogerá el modelo con más parámetros como el mejor y no necesariamente eso es verdad. Por lo tanto, para poder utilizarlo como criterio de decisión se suele corregir el sesgo del AIC. Al corregir el sesgo del AIC se obtiene el AICc. Con una minimización del AICc se corrigen estas desventajas y se puede obtener un buen pronóstico. (Yanagihara, Kamo, Imori, & Yamamura, 2017) Por otro lado, el MLE o máxima verosimilitud es una técnica que encuentra los valores de los parámetros que maximizan la probabilidad de obtener los datos observados. (Hyndman & Athanopoulos, 2018)

Debido a que es un modelo complejo, RStudio utiliza aproximaciones para acelerar el proceso. Pero si se desean los valores exactos, se pueden obtener colocando dentro del paréntesis de la función “*approximation=FALSE*”. Para realizar un pronóstico de una serie de tiempo con un modelo ARIMA, en el guion de RStudio se debe colocar: *auto.arima(x)*. Donde “x” es la serie de tiempo de la cual se desea realizar el pronóstico. Luego si se desea graficar el pronóstico realizado, el guion de RStudio se vería de la siguiente forma:

```

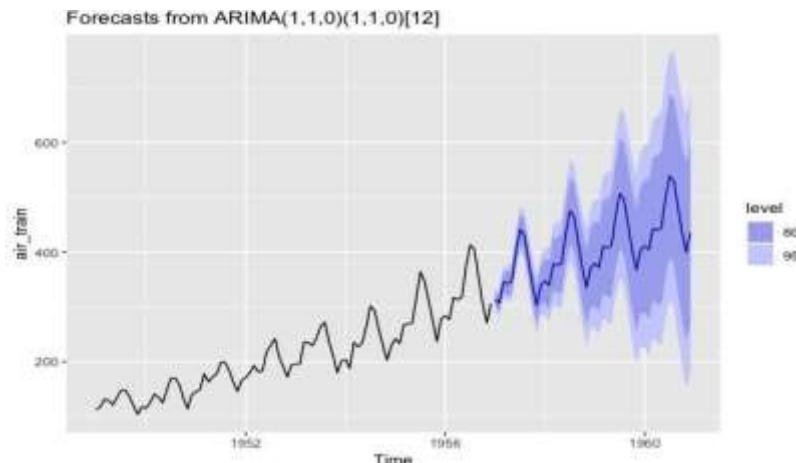
ModeloARIMA = auto.arima(SerieDeTiempo)
PronosticoARIMA= forecast(ModeloARIMA,h=12)
PronosticoARIMA autoplot(PronosticoARIMA)

```

En este caso se creó una variable llamada “PronosticoARIMA” para almacenar el pronóstico ARIMA realizado con la función *auto.arima()* con “h” periodos de tiempo. Luego para graficar la serie de tiempo y los datos pronosticados se utiliza la función *autoplot()*.

Por ejemplo, en la Figura 7, se muestra un gráfico de un pronóstico utilizando el modelo ARIMA. Analizando el título del gráfico brindado por RStudio se puede observar que es un modelo ARIMA (1,1,0) (1,1,0) con 12 observaciones por año. Como variable dependiente del tiempo se tiene “air_train”. La parte del gráfico que se encuentra en color negro es la serie de tiempo graficada y la línea azul es el pronóstico obtenido con el modelo ARIMA. Las áreas en color azul son los intervalos de confianza del pronóstico con 80 y 95%. (Vaughan, 2019)

Figura 7. Ejemplo de gráfico de método ARIMA



(Vaughan, 2019)

3. Método de suavizamiento exponencial de embolsado utilizando descomposición estacional y de tendencia con Loess

Cuando resulta irreal asumir que los errores de predicción se comportan normalmente se utiliza el método “*bootstrapping*”, este asume que los errores del pronóstico no están correlacionados. Este método se utiliza para simular valores futuros de la serie de tiempo. Para poder explicar este término, es necesario definir qué es una transformación de una serie de tiempo y una descomposición estacional y de tendencia con Loess o mejor conocida como descomposición STL. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

a. Transformaciones de la serie de tiempo

Las transformaciones y ajustes de datos se utilizan para simplificar los patrones en los datos históricos eliminando fuentes de variación conocidas y haciendo que el patrón sea más consistente en todo el set de datos. Los ajustes pueden ser de calendario, de población, de inflación y transformaciones matemáticas. Una transformación matemática es útil si los datos muestran variaciones que aumentan o disminuyen con el nivel de la serie. La transformación matemática puede ser logarítmica y de potencia. Las transformaciones logarítmicas son útiles ya que son fáciles de interpretar debido a que los cambios en un valor son cambios relativos o porcentuales en la escala original. Por ejemplo, si se utiliza algoritmos de base 10, entonces un aumento de 1 correspondería a una multiplicación de 10 en la escala original. Otra ventaja de los logaritmos es que estos limitan los pronósticos a que se mantengan positivos en la escala original. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

“Box-Cox” es una familia de transformaciones que incluye logaritmos y potencias que dependen del parámetro lambda “λ” y se definen de la siguiente forma:

$$w_t = \begin{cases} \log(y_t) & \text{si } \lambda = 0; \\ \frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda} & \text{en caso contrario;} \end{cases} \quad (17)$$

w_t = los datos transformados
 y_t = dato de la serie de tiempo
 λ = parámetro del modelo ($0 \leq \lambda \leq 1$)

El algoritmo dentro de la ecuación 17 es siempre un algoritmo natural (base e), así que si $\lambda = 0$, se utiliza un algoritmo natural, pero si $\lambda \neq 0$, se utiliza una transformación de potencia. Si $\lambda = 1$, entonces los datos transformados serán $w_t = y_t - 1$, lo cual desplazará los datos hacia abajo pero no cambiará la forma de la serie de tiempo y los demás valores de λ si lo harán. Un buen valor de λ es aquel que hace que la variación estacional sea casi igual en toda la serie. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Luego de transformar los datos se procede a realizar el pronóstico y cuando ya se obtiene el pronóstico, es necesario revertir la transformación para poder tener el pronóstico en la escala de los datos original. La ecuación para revertir es la siguiente:

$$y_t = \begin{cases} \exp(w_t) & \text{si } \lambda = 0; \\ (\lambda w_t + 1)^{\frac{1}{\lambda}} & \text{en caso contrario;} \end{cases} \quad (18)$$

donde:

w_t = los datos transformados
 y_t = dato de la serie de tiempo
 λ = parámetro del modelo

b. Descomposición estacional y de tendencia con Loess

La descomposición STL es un acrónimo en inglés para el método de descomposición aditiva estacional y de tendencia con Loess. STL es un método robusto para descomponer series de tiempo y Loess es un método para estimar relaciones no lineales entre datos. El método de descomposición STL fue desarrollado por Cleveland, McRae y Terpenning. Este método tiene diversas ventajas sobre otros métodos de descomposición como SEATS y X11. A comparación de estos últimos dos métodos, STL puede manejar cualquier tipo de estacionalidad, no se limita únicamente a estacionalidades mensuales y trimestrales. A comparación de otros modelos, en la descomposición STL, el componente estacional puede ser variable a lo largo del tiempo. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

c. Método de suavizamiento exponencial de embolsado utilizando descomposición estacional y de tendencia con Loess

Este método también es conocido como “*bootstrap aggregation*”, “*bagging*” o “*baggedETS*” es un tipo de método de suavizamiento exponencial. El término “*bagging*” hace referencia al empleo del muestreo repetido con el fin de reducir la varianza de los métodos estadísticos. Para realizar el “*bootstrap*” es necesario primero transformar los datos con “*Box-Cox*” y luego obtener los componentes de la serie de tiempo (tendencia, estacionalidad y el restante o aleatorio), utilizando una descomposición STL. Luego el componente aleatorio es remuestreado por medio del método “*bootstrapping*”, la tendencia y los componentes estacionales se vuelven a agregar y por último se invierte la transformación “*Box-Cox*”. De esta forma se generan distintas posibles series de tiempo. En el caso de *bagging* cada modelo es distinto debido a que siempre se obtienen distintas muestras a partir de la muestra original. En este método los modelos se ajustan secuencialmente y el peso de las observaciones varía en cada iteración, dando así lugar a distintos ajustes. Por último, para cada una de estas series de tiempo se elige un modelo de suavizamiento exponencial utilizando como criterio de elección el AIC con corrección de sesgo (AICc). Cabe resaltar que se obtienen 30 posibles modelos para ser utilizados con distintas combinaciones de error, tendencia y estacionalidad. Luego de obtenidas las 30 distintas series de tiempo y saber qué modelo se utilizará para el pronóstico se procede a realizar los distintos pronósticos. Por último, los valores de estos son promediados para dar el valor del pronóstico final. La diferencia del método *baggedETS* y el método de suavizamiento exponencial ETS es que este último método únicamente utiliza un set de datos para luego realizar el pronóstico y que el método *baggedETS* se utilizan 30 distintas series de tiempo a las cuales se les adapta el mejor modelo de suavizamiento exponencial y luego de obtenido el pronóstico se promedian los valores obtenidos. En la competencia M3 (competencia dirigida a investigadores para evaluar y comparar la precisión de distintos modelos de pronóstico), se comprobó que el método *baggedETS*, fue el método que realizó mejores pronósticos respecto a bases de datos mensuales. (Bergmeir, Hyndman, & Benítez, 2014)

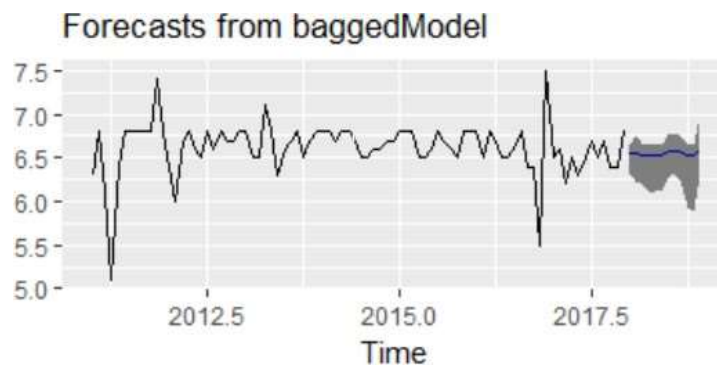
d. Método de suavizamiento exponencial de embolsado utilizando descomposición STL en RStudio

Debido a que obtener 30 distintas muestras por medio del método baggedETS es un procedimiento que tomaría mucho tiempo, se puede utilizar la función “baggedETS()” en RStudio. Esta función realiza todo el trabajo estadístico y solo aproximadamente un minuto para realizar el pronóstico. El guion de RStudio se vería de la siguiente forma:

```
fit =  
baggedETS(DemandaRefrigeradores)  
DemandaRefrigeradores = forecast(fit)  
PronosticoRefrigeradores  
autoplot(PronosticoRefrigeradores)
```

En este guion de RStudio se utilizó la variable “fit” con el propósito de guardar la implementación del método “baggedETS” por medio de la función “baggedETS” que tiene como requisito la serie de tiempo a pronosticar. Luego en la línea 2 la variable “DemandaRefrigeradores” se utiliza para almacenar el pronóstico realizado a las series de tiempo generadas por medio de la función “baggedETS” de la primera línea del guion. Luego en la tercera línea puede escribir: “PronosticoGaseosas” para observar en la consola de RStudio el pronóstico obtenido. Por último en la cuarta línea del guion se utiliza la función “autoplot()” que tiene como requisito el nuevo pronóstico realizado, en este caso el cual está dentro de la función “PronosticoGaseosas”. En la Figura 8 se puede observar de color negro la serie de tiempo utilizada para realizar el pronóstico desde finales del año 2010 hasta mediados del año 2017. Luego en la línea de color azul se encuentra el pronóstico en color azul con su respectivo intervalo de confianza. (Räni, 2018)

Figura 8. Ejemplo de gráfico de método BaggedETS



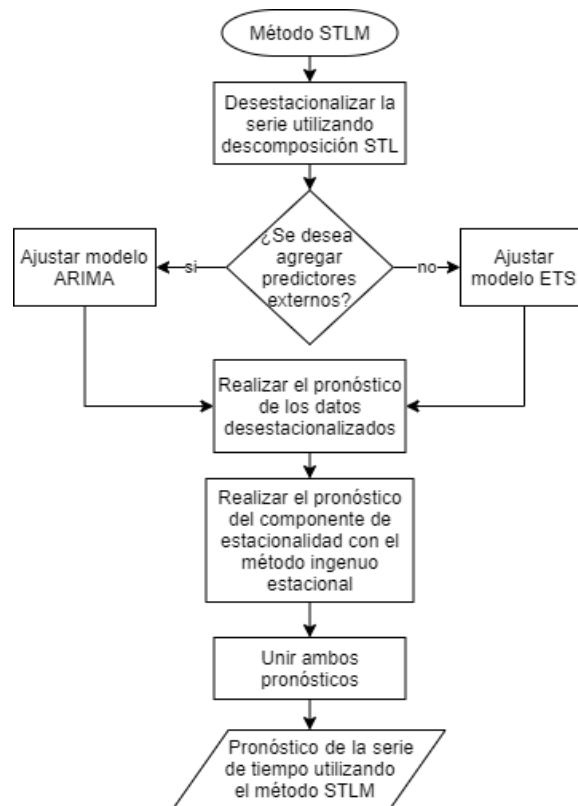
(Räni, 2018)

4. Método STLM

El método STLM, es una variación de la función STL. Como se explicó anteriormente STL es una forma de descomponer una serie de tiempo en sus componentes y tiene la ventaja de que puede manejar cualquier tipo de estacionalidad, ya sea diaria, semanal, mensual, trimestral, etc.

La función STLM comienza descomponiendo la serie de tiempo por medio del método de descomposición STL y se obtiene los tres componentes, estacionalidad, tendencia y factor aleatorio. Luego el componente estacional se sustrae de la serie de tiempo para obtener una serie de tiempo desestacionalizada. Es decir, una serie de tiempo desestacionalizada es *tendencia + factor aleatorio*. La serie de tiempo desestacionalizada es modelada por medio de un método de suavizamiento exponencial ETS o un método ARIMA según sea el caso para obtener el pronóstico. Por último, los valores resultantes del pronóstico se reestacionalizan agregando un pronóstico ingenuo del componente estacional de la serie que no se agregó al inicio. A continuación, en la Figura 9 se muestra por medio de un diagrama de flujo los pasos a realizar para ejecutar el método STLM. (Schmueli & Lichtendahl, 2016)

Figura 9. Ejemplo de método STLM



(Schmueli & Lichtendahl, 2016)

a. Método ingenuo estacional

El método del pronóstico ingenuo estacional es uno de los métodos más simples para realizar pronósticos estacionales, es una variante de los métodos ingenuos de pronóstico. Los métodos de pronóstico ingenuos utilizan el valor más reciente de la serie de tiempo para pronosticar. En el caso del método de pronóstico ingenuo estacional, utiliza para pronosticar el valor de la estación idéntica más reciente. (Schmueli & Lichtendahl, 2016) Es decir, para un pronóstico de tiempo $T+h$ el pronóstico se calcula de la siguiente forma:

$$\hat{y}_{T+h|T} = y_{T+h-m(k+1)}, \quad (19)$$

donde:

m = cantidad de estaciones
 k = números de periodos restantes a pronosticar h
 = cantidad de periodos a pronosticar
 y = valor de la serie de tiempo
 T = cantidad de periodos de la serie de tiempo

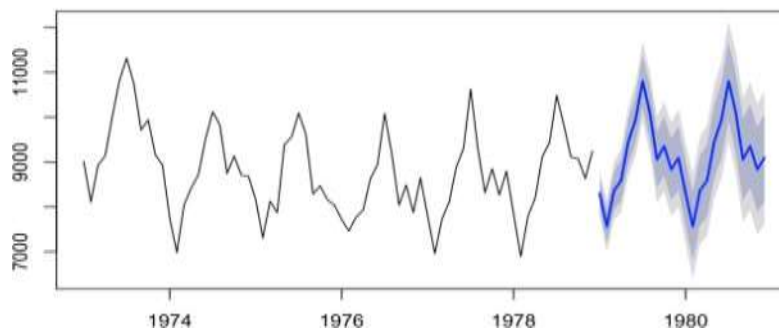
b. Método STLM en RStudio

Debido a que realizar este método requiere de realizar una descomposición STL y luego realizar dos pronósticos distintos, uno de la parte estacionaria y otro de la parte desestacionalizada, para luego unirlos, se recomienda utilizar la función de RStudio “stlm()”. Esta función tiene como parámetro la serie de tiempo a pronosticar, la cantidad de periodos que se desean pronosticar y si la serie de tiempo tiene predictores o factores externos, se pueden incluir para que automáticamente la función “stlm()” realice el pronóstico de la serie desestacionalizada con el método ARIMA. Si no se coloca que se desea pronosticar con el modelo ARIMA, RStudio automáticamente hará el pronóstico de la serie desestacionalizada con el modelo ETS, o método de suavizamiento exponencial. Cabe resaltar que el método ETS puede ser reemplazado por otro método si así es indicado, pero por fines prácticos se suele utilizar el método de pronóstico ETS. A continuación, se presenta el guion del pronóstico de un año de muertes accidentales mensuales en Estados Unidos, la base de datos para este guion fue extraída de RStudio:

```
ModeloSTLM = stlm(USAccDeaths)
PronMuertesUSA =
forecast(ModeloSTLM,h=24)
PronMuertesUSA
autoplot (PronMuertesUSA)
```

En línea 1 del guion, se utiliza la variable “ModeloSTLM” como la cual almacena la aplicación de la función STLM, luego en la línea 2 se utiliza la variable “PronMuertesUSA” como la que realiza el pronóstico de la función STLM para un periodo de 24 meses. Luego en la tercera línea se proyecta en la consola los resultados del pronóstico y, por último, se utiliza la función “autoplot” para obtener el gráfico de la serie de tiempo con su respectivo pronóstico e intervalo de confianza. (Hyndman, *et al.*, 2020)

Figura 10. Ejemplo de gráfico de método STLM
Forecasts from STL + ETS(A,N,N)



(Hyndman, *et al.*, 2020)

En la Figura 10 se puede observar el gráfico que muestra RStudio al utilizar la función “*autoplot (PronMuertesUSA)*”. En el eje Y se encuentra la variable dependiente que son las muertes accidentales mensuales y en el eje X se encuentra el tiempo. La serie de tiempo es desde el año 1972 a 1979 y el pronóstico se realizó por los siguientes 2 años (1979- 1981) con sus respectivos intervalos de confianza. Es un modelo ETS (A,N,N), con errores aditivos, sin tendencia ni estacionalidad.

F. Errores de predicción en modelos de pronóstico de RStudio

En este contexto la palabra “error” no es lo que comúnmente se le conoce como error, significa la parte impredecible de una observación. Un error de pronóstico es la diferencia entre un valor observado y su pronóstico. Un error de pronóstico para un periodo de tiempo t , está denotado por e_t . (Schmueli & Lichtendahl, 2016)

$$e_t = y_t - F_t, \quad (20)$$

donde:

e_t = error de pronóstico en el tiempo t

y_t = dato observado en el tiempo t

F_t = dato pronosticado en el tiempo t

1. Escala y medidas de precisión

Cuando el propósito es generar pronósticos precisos para poder prepararse con anticipación al futuro, es útil definir métricas de rendimiento que midan la precisión predictiva del método o modelo utilizado. Estas métricas ayudan a medir que tan bien se comporta ese modelo comparado con otros modelos de predicción. Por lo tanto, la forma de medir la precisión de los pronósticos es sumar los errores de pronóstico de formas distintas. (Schmueli & Lichtendahl, 2016)

a. Medidas de precisión dependientes de la escala

Los errores de pronóstico están en la misma escala que los datos. Las medidas de precisión que se basan solo en el error son dependientes de la escala y por lo tanto no pueden usarse para hacer comparaciones entre series que involucran unidades distintas. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Las dos medidas dependientes de la escala más comúnmente utilizadas son: MAE y RMSE. El MAE se basa en los errores absolutos, MAE por sus siglas en inglés significa media de error absoluto y RMSE por sus siglas en inglés significa: error cuadrático medio. Al comparar los métodos de pronóstico aplicados a una sola serie de tiempo, o a varias series de tiempo con las mismas unidades, el MAE es popular ya que es fácil de entender y calcular. Un método de pronóstico que minimiza el MAE conducirá a pronósticos de la mediana, mientras que minimizar el RMSE conducirá a pronósticos de la media. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

A continuación, se presentan las ecuaciones para calcular el MAE y el RMSE:

$$MAE = \text{media} (|e_t|), \quad (21)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{media}(e_t^2)} \quad (22)$$

donde:

e_t = error de pronóstico en el tiempo t

Como se puede observar en la ecuación 21 y 22 el MAE se calcula promediando el valor absoluto de todos los errores y el RMSE se calcula a partir de la media de todos los errores al cuadrado y luego sacando la raíz cuadrada de los mismos. Son medidas de precisión fáciles de calcular, pero que, como ya se comentó anteriormente, son dependientes de la escala, por lo tanto, son se podría comparar entre series de tiempo de distinta escala. Para comparar entre series de tiempo de distinta escala, existen medidas de precisión que son independientes de la escala como el MAPE.

b. Medidas de precisión independientes de la escala

Los porcentajes de error tienen la ventaja de ser independientes de la escala, por lo cual se suelen utilizar para comparar desempeños de pronósticos entre distintos sets de datos. La más utilizada es MAPE por sus siglas en inglés (porcentaje de error medio absoluto). Este se calcula a partir del promedio de todos los porcentajes de error. A continuación, en la ecuación 23 se presenta cómo calcular el porcentaje de error de un modelo de pronóstico y en la ecuación 24 se muestra cómo calcular el porcentaje de error medio absoluto o MAPE.

$$p_t = 100e_t/y_t \quad (23)$$

$$\text{MAPE} = \text{media}(|p_t|) \quad (24)$$

donde:

p_t = porcentaje de error

e_t = error

y_t = dato de la serie de tiempo observado

Como se puede observar en la ecuación 23, las medidas basadas en porcentajes de error tienen la desventaja de ser infinitas o indefinidas si valor observado o alguno de los datos de la serie de tiempo es igual a cero o pueden tener un valor muy grande si el dato observado es muy cercano a cero. Otro problema con esta medida de precisión es que asume que la unidad de medida de los datos tiene un cero significativo. Por ejemplo, no tendría sentido utilizar la precisión de un pronóstico de temperaturas, ya sea Fahrenheit o Celsius debido a que estas escalas tienen un cero arbitrario. Otra desventaja es que penaliza más los errores negativos que los positivos. Por lo tanto, se recomienda más utilizar los errores escalados. (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

Los errores escalados fueron propuestos por Koehler y Hyndman como una alternativa al uso de los errores porcentuales para comparar las precisiones de pronósticos entre series de tiempo con distintas unidades. Propusieron escalar los errores basados en el MAE a partir de un método de pronóstico simple. Para series de tiempo estacionales el error escalado se calcula a partir de un modelo de pronóstico ingenuo estacional. A esta medida de precisión se le conoce como “MASE” por sus siglas en inglés (Error medio absoluto escalado). (Hyndman & Athanasopoulos, 2018)

$$MASE = \begin{cases} \frac{|e_t|}{\frac{T-1}{1} \times \sum_{t=2}^T |y_t - y_{t-1}|} & \text{Si no es estacional} \\ \frac{|e_t|}{\frac{1}{T-m} \times \sum_{t=m+1}^T |y_t - y_{t-m}|} & \text{Si es estacional;} \end{cases} \quad (25)$$

Donde:

m = cantidad de estaciones

e_t = error de pronóstico para un periodo t

T = cantidad de periodos de la serie de tiempo

y = valor del dato de la serie de tiempo

(Franses, 2015)

Esta medida de precisión tiene la ventaja de no ser dependiente de la escala de los datos y que no es afectado si los valores de la serie de tiempo son iguales a cero. (Hill, 2012) El único caso en el que resulta en un valor indefinido es cuando todos los datos históricos son exactamente iguales lo cual es muy poco probable. También es fácil de interpretar ya que los valores MASE menores a 1 indican que, en promedio, el pronóstico realizado es mejor que un pronóstico ingenuo, es decir, un pronóstico que utiliza el valor más reciente de la serie de tiempo para realizar el pronóstico. Por otro lado, un MASE mayor a 1 indica que el pronóstico ingenuo es mejor que el pronóstico realizado para esa serie de tiempo específica. (Hyndman & Koehler, 2006)

G. Repuestos automotrices

Existen distintas marcas de vehículos, modelos, años de fabricación, lugares de fabricación, y series de motor (Anexo 4). Algunas de las marcas de vehículos son: Audi, BMW, Kía, Land Rover, Mercedes-Benz, Isuzu, Lexus, Volvo, Ford, Toyota, Nissan, Mazda, Mitsubishi y entre otras. (Ayala, 2018) Los vehículos de estas distintas marcas son fabricados y/o ensamblados en distintas partes del mundo por distintas empresas con distintos estándares de calidad, materiales y características técnicas. (Avendaño, 2008)

Las compañías ensambladoras de vehículos como Daimler, Chrysler, Ford, General Motors, Volkswagen y entre otras, han creado estrategias de suministro para disminuir tiempos y costos de producción a nivel mundial y para poder responder a las nuevas tendencias del mercado y demanda. Una de estas estrategias que estas compañías han adoptado ha sido la tercerización o “*outsourcing*”. Para esto los vehículos son divididos en distintos módulos y para cada uno de estos módulos, existe un proveedor de primer nivel encargado de fabricar las piezas que corresponde a ese módulo conforme a los estándares de la compañía ensambladora. Los proveedores de primer nivel también se encargan de ensamblar el módulo directamente a la cadena de montaje de la compañía ensambladora. Por ejemplo, empresas de este nivel son: Bosch, Dana, Delphi Automotive, Lear Corporation y entre otros. (Jiménez, 2006)

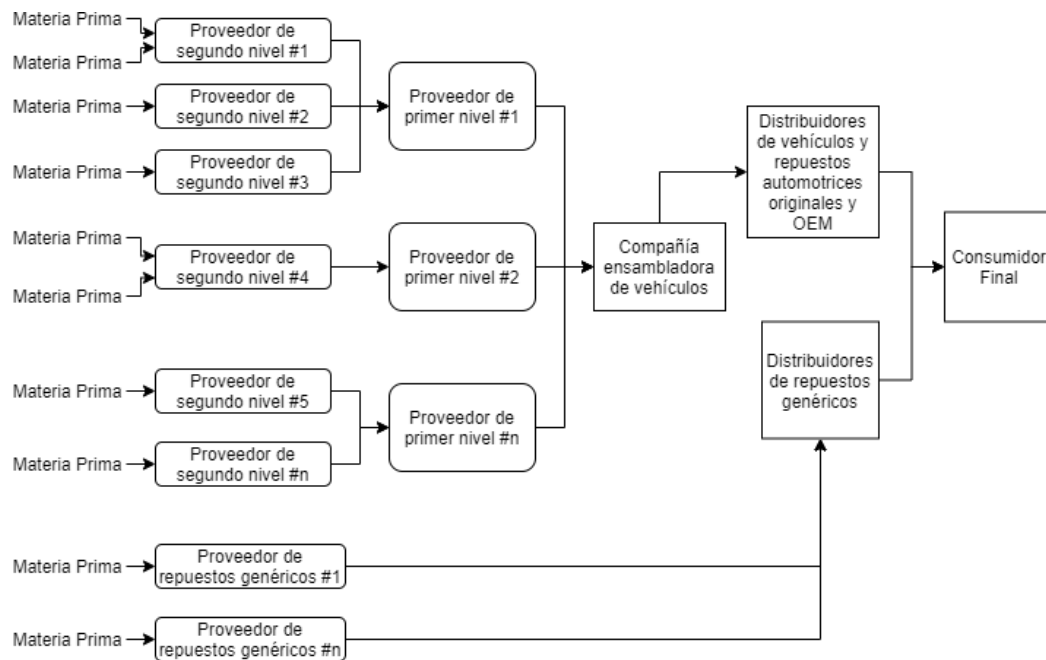
Luego se encuentran los proveedores de segundo nivel, estos forman parte de la gran mayoría de los proveedores que son parte de la cadena de suministro. Los proveedores de segundo nivel no son integradores de sistemas o se encargan de un módulo del vehículo, estos son generalmente empresas pequeñas que se caracterizan por ofrecer componentes especializados. Estas empresas se dividen en dos categorías: fabricantes de subensambles y fabricantes de componentes. Los fabricantes de subensambles son firmas especializadas que tienen la capacidad de ensamblar, integrar y diseñar un proceso, por

ejemplo: diseñar el sistema de pedales. Luego los fabricantes de los componentes generalmente tienen la responsabilidad de diseñar y probar los productos según los estándares de calidad del ensamblador del vehículo, pero no se encargan del subensamble. Un ejemplo de productos que fabrican podría ser: neumáticos, pastillas de freno, parabrisas y entre otros. A este tipo de productos, se les suele conocer como repuestos OEM, (*Original Equipment Manufacturer*) por sus siglas en inglés o Fabricantes de Equipo Original en español. (Jiménez, 2006) En la mayoría de los casos las compañías ensambladoras firman contratos con los fabricantes de componentes para que estos no utilicen la marca del vehículo para vender de forma independiente los componentes. Esto hace que surja un mercado secundario en la fabricación de componentes. (Galán & Carbajo, 2012) Por lo que los fabricantes de componentes venden sus productos sin utilizar la marca del vehículo, con los mismos estándares de calidad y hasta con un 70% menos del valor que el repuesto original del vehículo. (McKenna, 2020)

Para los proveedores de segundo nivel existen tres tipos distintos de fabricantes de componentes: originales, fabricantes de equipo original y genéricos. Los originales o genuinos son aquellos que fueron manufacturados por el fabricante del automóvil o por los fabricantes de segundo nivel, por lo tanto, en su empaque contienen la marca del vehículo. Luego los fabricantes de equipo original u OEM son los productos que fabrican los proveedores de segundo nivel pero que no son vendidos bajo el nombre de la marca del vehículo. Y por último los repuestos genéricos son aquellos que no son producidos por el fabricante del automóvil o por los fabricantes de segundo nivel. Este tipo de repuestos generalmente son de menor calidad que los originales. (McKenna, 2020)

A continuación, en la Figura 11, se encuentra explicada gráficamente la cadena de suministro del sector automotriz.

Figura 11. Cadena de suministro del sector automotriz



V. ANTECEDENTES

A. Historia

La empresa *Rapi Repuesto* comenzó a operar hace más de 20 años al identificar en el mercado de autopartes la necesidad de comprar motores y cajas de velocidades a un menor precio que los ofrecidos por las agencias de vehículos. Se estima que el precio de un motor usado es de hasta seis veces menos que el de uno nuevo (Ramos, 2018). Comenzó importando directamente de Japón motores y cajas de velocidades usadas de vehículos que han sido dañados en un accidente de la parte trasera o sufrieron algún daño que no afectó el funcionamiento del motor. Generalmente este tipo de vehículos se destinan para desecho en su país de origen o para ser vendidos como chatarra. Por lo que se suele aprovechar los motores y cajas de velocidades en buen estado y con poco kilometraje para ser vendidos y reutilizados en Guatemala. Debido a esto se puede decir que la venta de este tipo de producto implica un impacto económico y ambiental positivo al utilizar un motor en buen estado y no tener que fabricar uno nuevo. (Ramos, 2018)

La empresa comenzó con únicamente cinco empleados y dos contenedores de motores y cajas automáticas. En la actualidad la empresa cuenta con más de 35 empleados y ahora además de importar motores nuevos y usados, también importa gran variedad de repuestos automotrices nuevos de origen japonés y coreano OEM.

B. Repuestos automotrices de Rapi Repuesto

Rapi Repuesto ofrece repuestos OEM nuevos para marcas de vehículos japoneses y coreanos como: Toyota, Nissan, Mazda, Mitsubishi, Hyundai, Kia y algunos repuestos Hino. Los repuestos OEM que la empresa vende no tienen la marca original del repuesto en su empaque, pero cumplen con las mismas funciones y estándares de calidad que un repuesto original. La mayoría de repuestos OEM nuevos que la empresa tiene son partes del motor o de la caja de velocidades debido a que este es el giro de negocio de la empresa. Algunos de los tipos de repuestos que la empresa ofrece son:

- Culatas
- Turbos
- Ejes de levas
- Cigüeñales
- Estárteres
- Bielas
- Ventiladores de motor
- Radiadores
- Catarinas
- Cajas de velocidades
- Carburadores
- Balancines
- Entre otros

Debido a factores como: marcas, series, modelos de vehículos, distancia desde el país de origen de los productos y el medio de transporte que se utiliza para su importación (marítimo), es necesario que Rapi Repuesto tenga en bodega la cantidad suficiente de productos para satisfacer la demanda y su fluctuación. La cantidad de SKU por sus siglas en inglés (*Stock Keeping Unit*) o códigos de artículos de repuesto nuevo que tiene actualmente la empresa es de 458. A continuación, en el cuadro 4 y 5, se encuentra el porcentaje de distribución de estos 458 artículos por marca y por tipo de repuesto.

Cuadro 4. Porcentaje de distribución por marca de vehículo

Marca	Cantidad de SKU	Porcentaje
Toyota	134	29.3%
Mitsubishi	89	19.4%
Mazda	51	11.1%
Isuzu	51	11.1%
Nissan	51	11.1%
Hyundai	28	6.1%
Kia	23	5.0%
Hino	13	2.8%
Volkswagen	6	1.3%
Suzuki	4	0.9%
Honda	3	0.7%
Mercedez	2	0.4%
Cummins	2	0.4%
Ford	1	0.2%

Como se puede observar en el cuadro 4 la marca con un mayor porcentaje de participación de los artículos que ofrece la empresa *Rapi Repuesto* es Toyota con un 29.3%, seguida de la marca Mitsubishi con un 19.4%. Luego en el tercer, cuarto y quinto lugar de distribución de artículos en *Rapi Repuesto* se encuentra Mazada, Isuzu y Nissan con 11.1%. Por último, las marcas con menor porcentaje fue Ford.

Cuadro 5. Porcentaje de distribución por tipo de repuesto

Tipo de repuesto	Cantidad	Porcentaje
Culata	115	25.10%
Turbo	44	9.60%
Eje de levas	39	8.50%
Starter	29	6.30%
Biela	25	5.50%
Alternador	22	4.80%
Cigüeñal	22	4.80%
Cartucho	21	4.60%
Cremallera	20	4.40%
Carburador	20	4.40%
Empaque de culata	14	3.10%

Distribuidor	11	2.40%
Coroña y piñón	11	2.40%
Balancines	10	2.20%
Catarina	10	2.20%
Kit de empaque de culata	6	1.30%
Radiador	5	1.10%
Caja de velocidades	4	0.90%
Bomba de agua	4	0.90%
Bomba hidráulica	3	0.70%
Candelas	3	0.70%
Muleta	2	0.40%
Polea cigüeñal	2	0.40%
Block de motor	2	0.40%
Ventilador	2	0.40%
Bulbo de aceite	2	0.40%
Flauta	2	0.40%
Tapadera de válvulas	1	0.20%
Manifold	1	0.20%
Bomba de aceite	1	0.20%
Bancadas	1	0.20%
Fan Cluth	1	0.20%
Punta de flecha	1	0.20%
Graduaciones	1	0.20%
Filtro de aire	1	0.20%

Como se puede observar, el Cuadro 5, se encuentra el porcentaje de distribución por tipo de repuesto. El tipo de repuesto con mayor porcentaje de participación son las culatas (25.1%) con 115 tipos distintos, turbos (9.6%) con 44 tipos distintos, ejes de levas (8.5%) con 39 tipos distintos y estárter (6.3%) con 29 tipos distintos. Y entre los repuestos con menor proporción de participación se encuentran: flauta, manifold, bomba de aceite, bancadas, entre otros con un porcentaje de 0.2%.

1. Codificación de repuestos de la empresa

Rapi Repuestos tiene su propia codificación interna para los repuestos nuevos debido a que utilizar el número OEM sería muy complicado, se tiene distintos ítems y no son códigos intuitivos. Por ejemplo, el código OEM para una culata básica Toyota de la serie de motor 22R es: 11101-35060. (Made in China, 2019) Este es un código de muchos números y puede prestarse a equivocaciones ya sea en el momento de hacer inventario, en el momento de facturarlos o en el momento de hacer pedidos. En el anexo 5 se encuentran los 10 SKU de *Rapi Repuesto* que generan el mayor volumen de ventas en quetzales. A continuación, en la figura 12 y 13 se explica la estructura del código de repuesto nuevo de la empresa.

Figura 12. Codificación interna de repuestos nuevos de *Rapi Repuesto*

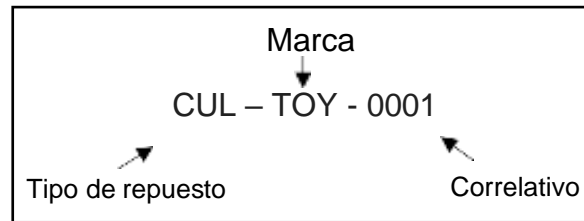
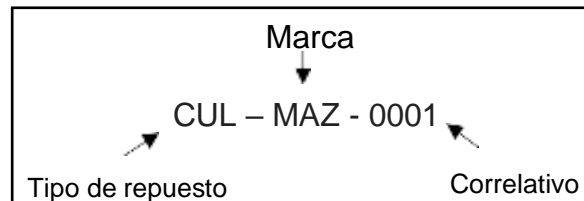


Figura 13. Codificación interna de repuestos nuevos de *Rapi Repuesto*



En la Figura 12 se encuentra el código de una culata de motor marca Toyota y el correlativo de *Rapi Repuesto* “0001” ejemplifica la serie del motor del repuesto. Luego en la Figura 13 se encuentra el código de una culata de motor marca Mazda con la serie de motor que corresponde al correlativo “0001”. Para referencia, en el anexo 6, se encuentran adjunto el formato de inventario que *Rapi Repuesto* utiliza, para mayor facilidad este también incluye un ejemplo que en ese caso, es la culata de motor Toyota 2KD y Nissan Z5.

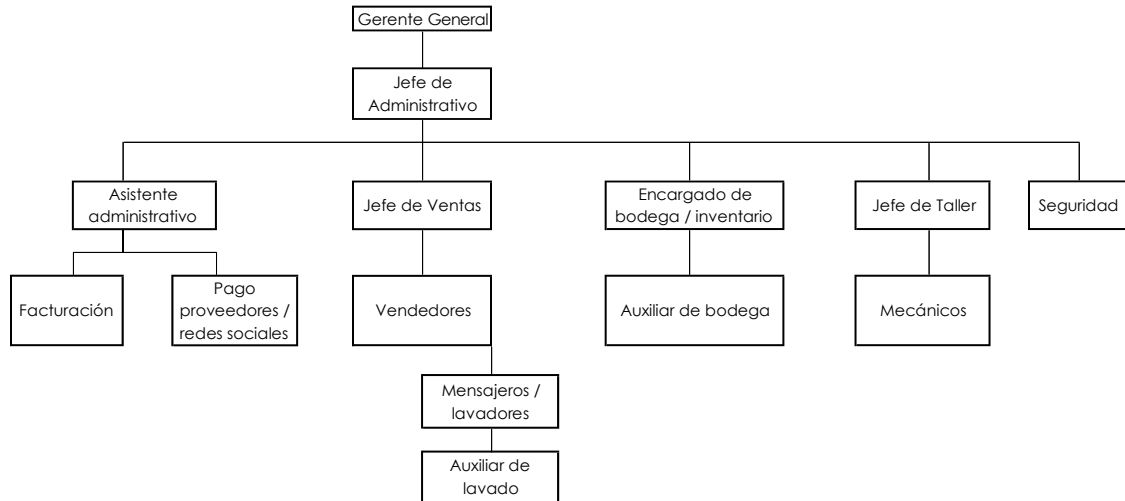
C. Estructura organizacional

1. Organigrama

En la Figura 14, se representa gráficamente cómo está conformada la estructura organizacional. Un organigrama demuestra el orden de los cargos de las personas que componen una empresa. Estos cargos se unen entre sí por medio de líneas que representan relaciones de comunicación y autoridad. (Hernández, 2007) Este organigrama como la Figura 14 lo indica, fue creado en diciembre del año 2018 por un especialista en el tema.

Figura 14. Organigrama *Rapi Repuesto*

Rapi Repuestos
1/12/2018



El jefe administrativo responde directamente al gerente general y tiene a su cargo al asistente administrativo, al jefe de ventas, al encargado de bodega, al jefe de taller y a la seguridad. Luego el asistente administrativo tiene a su cargo a dos personas. El jefe de ventas tiene a su cargo a vendedores y estos a su vez a los mensajeros/lavadores de motores y al auxiliar de lavado. El encargado de bodega tiene a su cargo al auxiliar de bodega y por último el jefe de taller tiene a su cargo a los mecánicos.

2. Descriptores de los puestos involucrados

Los puestos involucrados en la planificación de inventarios son: gerente general, jefe administrativo, asistente de jefe administrativo, jefe de ventas y encargado de bodega. Estas cinco personas trabajan en conjunto y están en constante comunicación para asegurar la toma de decisiones correctas al planificar y comprar el inventario de Rapi Repuesto. A continuación, se presentará las descripciones de los puestos involucrados, estos documentos que fueron realizados en enero del año 2020 por la misma persona subcontratada que realizó el organigrama de la empresa.

Figura 15. Descriptor de puesto de Gerente General

DESCRIPCIÓN DE PUESTO			
			Fecha de elaboración: 06/01/2019
EMPRESA	Rapi Repuesto	NOMBRE DEL PUESTO	Gerente General
OBJETIVO PRINCIPAL DEL PUESTO:			
Velar por el funcionamiento total de la empresa, supervisando todas las áreas a su cargo.			
FUNCIONES CRÍTICAS DEL PUESTO:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Asistir a reunión diaria con jefe administrativo y vendedores para acordar precios de venta finales según demanda y 2. Firmar cheques y autorizar créditos que excedan de los Q2,000.00 3. Dar la autorización final de las órdenes de compra. 4. Tomar decisiones gerenciales importantes en la empresa. 5. Definir estrategias administrativas que benefician a la empresa. 6. Entrevistar y contratar nuevo personal en caso de ser necesario. 7. Encargado de autorizar compras y/o gastos que no puedan ser cubiertos por caja chica (Mayores a Q5,000.00) 8. Encargado de tomar decisiones con respecto a despedir personal conforme a evidencias presentadas. 			

Figura 16. Descriptor de puesto de Jefe Administrativo

DESCRIPCIÓN DE PUESTO			
			Fecha de elaboración: 06/01/2019
EMPRESA	Rapi Repuesto	NOMBRE DEL PUESTO	Jefe Administrativo
OBJETIVO PRINCIPAL DEL PUESTO:			
Velar por el funcionamiento total de la empresa, supervisando todas las áreas a su cargo.			
FUNCIONES CRÍTICAS DEL PUESTO:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Supervisar ventas y precios ofrecidos a los clientes. 2. Organizar reunión semanalmente con los asesores de venta para resolución de dudas. 3. Solicitar a los asesores de ventas propuestas de productos a importar según la demanda del mercado. 4. Realizar cotizaciones con proveedores según el stock de la empresa y calcular el beneficio de dicha importación para decidir qué productos se deben importar según el margen y la demanda. 5. Dar seguimiento a las importaciones provenientes de Asia y organizar la logística del transporte. 6. Realizar pago de pólizas e impuestos de las importaciones. 7. Asistir a reunión diaria con gerente general y vendedores para acordar precios de venta final. 8. Realizar cotizaciones para empresas grandes, municipalidades, etc., y luego presentarlas a gerencia general para revisión y autorización. 9. Elaborar listado de precios conforme a los costos recibidos del proveedor y prorateo. 10. Verificar garantías en los fallos de motores, repuestos y autorizarlas. 11. Atender solicitudes de la sucursal. 12. Supervisar que las compras realizadas en taller y en la empresa sean correctas y necesarias. 13. Realizar compras locales de inventario. 14. Coordinar con auxiliar de bodega/inventario y supervisar los controles de entrada y salida de producto. 15. Coordinar el estado del inventario de repuesto nuevo y de motores. 16. Supervisar y tomar decisiones de qué motores valen la pena reparar y qué motores no. 17. Autorizar vacaciones de los empleados. 18. Dar seguimiento a los créditos cuando estos llevan más de un mes sin pagarse. 19. Revisar y validar compras mensuales de oficina y taller antes de enviarlas a comprar. 20. Supervisar control de ventas (Facebook, página web, referido). 21. Autorizar créditos que no excedan los Q. 2,000.00, si sobrepasan esta cantidad se consulta con gerencia general. 22. Realizar programaciones de publicaciones de Facebook con el administrador de la página. 23. Calcular los incentivos de los empleados con base al desempeño de los mismos. 24. Visitar el taller de mecánica diariamente. 25. Estar pendiente de estados de cuenta bancarios para saber cuánto se tiene disponible para compras. 			

Figura 17. Descripción de puesto de asistente administrativo

DESCRIPCIÓN DE PUESTO			Fecha de elaboración:	06/01/2019
EMPRESA	Rapi Repuesto	NOMBRE DEL PUESTO	Asistente Administrativo	
OBJETIVO PRINCIPAL DEL PUESTO:				
Apoyar al jefe administrativo y llevar el control de las funciones asignadas a su cargo.				
FUNCIONES CRÍTICAS DEL PUESTO:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Efectuar el pago de planilla cada quincena y fin de mes. 2. Realizar la facturación electrónica una vez al mes. 3. Dar mantenimiento al inventario, revisar ventas del día anterior y descargar del sistema los productos vendidos. 4. Cargar las importaciones al inventario. 5. Emitir cheques de la empresa y enviarlos a contabilidad. 6. Ingresar facturas contables, cuadrar el IVA y pagarlo de Importadora Inteligente. 7. Atender a los clientes por vía telefónica. 8. Llevar caja chica de los clientes de Rapi Repuesto. 9. Recibir facturas por correo electrónico y trasladarlas al área correspondiente. 10. Comprar aceite y desengrasante y llevar el control de estos. 11. Colaborar con el área en las actividades que se requieran, inventarios y servicio al cliente cuando se requiera por incapacidades, vacaciones, permisos, personal insuficiente, etc. 12. Realizar los pagos del IRTRA, IGSS y encargada de expedientes del personal. 13. Llevar control de salida de repuestos para el taller. 14. Llevar el control de vacaciones y presentar reporte a Jefe administrativo. 15. Supervisar los puestos de facturación y pago proveedores. 				

Figura 18. Descripción de puesto de jefe de ventas

DESCRIPCIÓN DE PUESTO			Fecha de elaboración:	06/01/2019
EMPRESA	Rapi Repuesto	NOMBRE DEL PUESTO	Jefe de ventas	
OBJETIVO PRINCIPAL DEL PUESTO:				
Generar ganancias para la empresa a través de la venta de repuestos y motores y brindar un excelente servicio al cliente.				
FUNCIONES CRÍTICAS DEL PUESTO:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Atender llamadas de clientes y dar seguimiento a sus solicitudes. 2. Brindar a los clientes seguridad en el conocimiento de los productos. 3. Negociar los precios con los clientes. 4. Coordinar envío por Guatex u otros medios. 5. Llevar el control de los clientes en un cuaderno para tener base de datos actualizada. 6. Llenar boleta de las ventas realizadas en el día y pasarla a facturación. 7. Llevar un control para las garantías y reclamos de los clientes. 8. Enviar a los clientes al taller de mecánica para la instalación de sus motores. 9. Realizar limpieza y orden del lugar de trabajo. 10. Llevar control de las ventas diarias y pasar reporte al Jefe administrativo. 11. Realizar reporte de mercadería que no tiene movimiento. 12. Supervisar a los vendedores a su cargo. 				

Figura 19. Descripción de puesto de encargado de bodega e inventario

DESCRIPCIÓN DE PUESTO			Fecha de elaboración:	06/01/2019
EMPRESA	Rapi Repuesto	NOMBRE DEL PUESTO	Encargado de Bodega e	
OBJETIVO PRINCIPAL DEL PUESTO:				
Velar por el correcto almacenamiento y despacho de repuestos y motores adquiridos por la empresa, revisando, organizando y distribuyendo los mismos a fin de mantener el inventario actualizado.				
FUNCIONES CRÍTICAS DEL PUESTO:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Anotar las salidas de inventario en los formatos brindados. 2. Mantener informados a los asesores de ventas sobre el producto físico con el que se cuenta para la venta. 3. Realizar el mantenimiento de motores para su presentación final. 4. Despachar los pedidos de repuestos. 5. Mantener limpio el lugar de trabajo. 6. Medir compresiones de los motores antes de ser vendidos. 7. Almacenar de forma ordenada los repuestos nuevos. 8. Colocar códigos a las cajas de los repuestos nuevos. 9. Lubricar los turbos antes de ser vendidos. 10. Ayudar con el arranque de motores. 11. Apoyar con las tareas que se le sean asignadas. 12. Elaborar informes de los inventarios realizados. (Contar a fin de mes existencias de inventario de repuesto nuevo). 13. Notificar al asistente administrativo qué motores etiquetados se vendieron. 14. Apoyar al auxiliar de bodega y coordinador de logística a supervisar que todo el producto que salga por la puerta de la empresa tenga un documento de respaldo (envío o factura). 				

D. Proveedores

1. Procedencia del producto y proveedores

Como se mencionó anteriormente la procedencia de los productos de *Rapi Repuesto* es de Asia. Actualmente se cuenta con tres proveedores que ofrecen distintos productos y precios. El criterio de decisión de a qué proveedor comprar depende del producto que se desea importar, el precio del mismo, la cantidad y la rapidez de entrega del pedido. En algunos repuestos, se tiene a un proveedor especializado en fabricar los mismos, por lo tanto, dependiendo del producto a veces se le compra a un proveedor en específico debido a la buena calidad de producto que entrega. Incluso, en algunas ocasiones se sacrifican un poco los márgenes de utilidad bruta para tener un producto de mejor calidad y no tener que cubrir garantías en el futuro.

Los precios de este tipo de productos son fluctuantes y pueden existir descuentos por cantidad debido a economías de escala. Es decir, se reducen los costos de fabricación para el proveedor por unidad extra producida y debido a eso ofrece un precio de venta menor. Estos descuentos suelen ser desde 50 unidades.

Respecto a la rapidez de entrega de los pedidos, es variable ya que esta depende de si los productos están listos para ser despachados o si es necesario producirlos. Si el proveedor no cuenta con *stock* de productos, el tiempo de fabricación de estos suele tardar entre 1 semana hasta 2 meses. En estas situaciones lo que se suele hacer es que el producto que no está listo a tiempo se elimina del pedido que se está realizando en ese momento y se agrega en el próximo pedido para no atrasar el resto de los productos.

VI. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA (OBJETIVO 1)

Antes de diseñar y proponer una mejora en el proceso actual de importación, se realizó un análisis de la situación actual de la empresa para entender los factores involucrados y los resultados históricos obtenidos de los años 2016 al 2019. Los datos evaluados fueron: ventas mensuales, inventario promedio mensual, tasa de rotación y días de inventario. También se diseñó un diagrama de operaciones del proceso actual de importación para entender puntos críticos y sugerir mejoras en el proceso. Por último, se realizó un análisis ABC para implementar los modelos de inventario propuestos según la categoría a la que pertenece el repuesto.

A. Análisis histórico de ventas y de inventario

Se recopiló información de ventas mensuales, promedio de inventario y costo de ventas anual a partir del costo de ventas mensual de los años 2016 al 2019. Para el análisis *a priori* se explicó las posibles causas de patrones previsible en los datos. Luego se calculó la tasa de rotación de inventario anual para los 4 años y a partir de esta se determinó la cantidad de días promedio de inventario de los productos de *Rapi Repuesto*.

Cuadro 6. Tasa y días de rotación de inventario histórico

Año	Costo de ventas anual	Inventario promedio	Tasa de rotación de inventario*	Días de inventario*
2019	Q3,233,853.89	Q3,718,656.89	0.87	419.7
2018	Q2,314,412.58	Q4,073,775.05	0.57	642.5
2017	Q3,252,214.04	Q3,580,666.09	0.91	401.9
2016	Q3,834,225.17	Q3,202,610.17	1.20	304.9
Promedio	Q3,158,676.42	Q3,643,927.05	0.89	443

*Cálculo realizado aplicando ecuaciones 4 y 5 del Marco Teórico

Como se puede observar en el Cuadro 6, el 2018 fue el año con la menor tasa de rotación de inventario (0.57) por lo tanto, fue el año con mayor cantidad de días de inventario (642.5 días). En promedio los artículos pasaron casi 2 años en la bodega de *Rapi Repuesto*. En los anexos 7 y 8, se puede observar que el 2018 fue el año con menor ventas y costo de ventas de los 4 años analizados y en el anexo 9, se puede observar que ese mismo año tuvo el valor más alto de inventario promedio. Es probable que la empresa compró más de acostumbrado o que la empresa siguió ordenando las mismas cantidades de producto y debido a que las ventas disminuyeron, el inventario promedio aumentó. Si se compara la tasa de rotación de inventario del año 2018 con la tasa mínima recomendada para la industria de autopartes (3.16), *Rapi Repuesto* necesita mejorar su tasa en un 454%. (CSI Market, 2020)

En el anexo 9 también se observó que en promedio febrero fue el mes con una mayor cantidad de inventario. Esto tiene explicación debido a que a finales de enero e inicios de febrero se celebra el Año

Nuevo Chino. (Mora, 2011) En esta fecha tan importante para la cultura China, los proveedores de Rapi Repuesto no trabajan por 15 días debido a los festejos que se realizan en el país. Por lo tanto, la empresa se prepara con anticipación para estar abastecidos durante este tiempo. Estos pedidos se realizan en enero, por lo tanto, ingresan a la bodega en febrero. También se observó que en promedio los meses con menor cantidad de inventario fueron: abril, julio y noviembre. Estos son los meses con la menor cantidad de inventario debido a que generalmente se suele realizar un pedido cada 3 meses. Por lo tanto, si se realiza un pedido en enero, el siguiente pedido se realizará en abril para que ingrese en bodega en mayo. Y si se hace un pedido abril después de 3 meses se vuelve a realizar otro para que ingrese en bodega en agosto. Por lo que el mes en el que se realiza el pedido fue el mes con una menor cantidad de inventario.

B. Diagrama de operaciones del proceso actual de importación

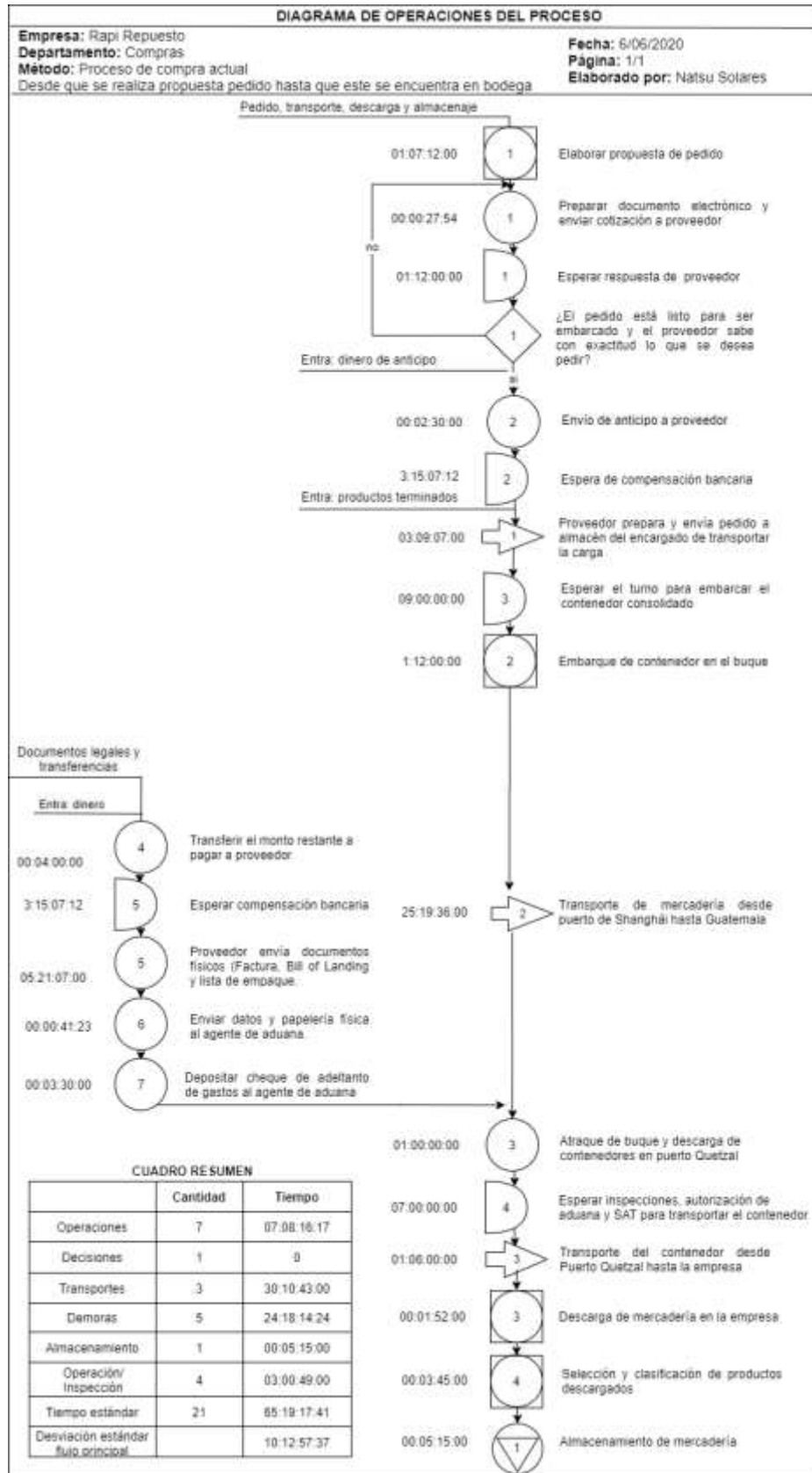
El proceso actual de importación de *Rapi Repuesto* se evaluó por medio de un diagrama de operaciones del proceso (DOP). Para la elaboración de este diagrama se identificó las operaciones que conforman el proceso y se determinó el tiempo estándar para obtener un tiempo estándar total del proceso actual de importación. En este diagrama se pudo observar con mayor facilidad los puntos o procesos a mejorar para hacer reducir el tiempo para realizar un pedido de repuesto.

A continuación, en la siguiente página se encuentra el diagrama de operaciones del proceso actual de importación de *Rapi Repuesto*. Los tiempos que se utilizó para calcular el tiempo estándar se encuentran en el anexo 10. Como se puede observar, el tiempo de todos los elementos suman un total de 65 días, 19 horas, 17 minutos y 41 segundos. Y el tiempo promedio desde que se desea realizar el pedido hasta que este se encuentra en bodega es de 55 días, 22 horas, 25 minutos y 6 segundos con una desviación estándar de 10 días, 12 horas, 57 minutos y 37 segundos (analizando el flujo principal del diagrama). Por lo que el proceso de importación dura aproximadamente un mes y 24 días calendario. En el momento de realizar pedidos generalmente se tiene reprocesos al realizar la orden. Esto sucede debido a que existen distintos tipos de repuestos, el proveedor envía fotografías de los repuestos de los cuales solicita confirmación o autorización o confirmar variables como peso, medidas, material, entre otros. Ya que a pesar de que los repuestos se pueden identificar fácilmente por su OEM, en algunas ocasiones cambian características como medidas dependiendo del lugar de fabricación del vehículo.

La duración del proceso de importación se puede reducir al eliminar las demoras por compensaciones bancarias sustituyendo las transacciones internacionales con cheque por transacciones internacionales electrónicas. También se puede reducir el tiempo de preparar el pedido si se obtiene las cantidades y productos específicos a pedir para evitar reprocesos en la solicitud de compra. El tiempo de las operaciones como transporte marítimo, inspecciones en aduana, fumigaciones aduaneras y entre otros trámites legales, son factores que no dependen de *Rapi Repuesto*, por lo tanto, no se puede eliminar las demoras o reducir tiempos de procesamiento y se consideran fuera del alcance del proyecto.

Los supuestos del diagrama del proceso de importación realizado en la figura 20 son que para el tiempo estándar de importación no existen reprocesos en el pedido, es decir, no hay malentendidos y no es necesario dar más detalles del producto solicitado al proveedor. También tiene como supuesto que el producto se encuentra disponible en el momento solicitado y no hay que esperar a que este sea producido. Por último, tiene el supuesto que no existen demoras extraordinarias en aduana y en el transporte del producto desde el puerto hasta la bodega.

Figura 20. Diagrama de operaciones del proceso actual de importación de repuestos



C. Análisis ABC de repuestos nuevos

1. Bases de datos utilizadas

Rapi Repuesto es una empresa que, por el momento, no cuenta con un software de inventario y facturación. Por lo tanto, la empresa utiliza sus propios formatos de la hoja de cálculo Excel. Aunque por el momento la empresa no cuenta con esto, se está trabajando para que en el año 2021 se cuente con software de inventario y facturación que facilite tanto los procesos de ventas como de compras. Los formatos que la empresa utiliza para la gestión de inventario son: inventario de repuesto nuevo, facturación y tabular de ventas.

El formato de inventario de repuesto nuevo que la empresa utiliza se encuentra adjunto en el anexo 6. Este formato incluye la información del SKU como:

- Tipo de repuesto
- Marca
- Serie de motor
- Código interno de la empresa
- Observaciones adicionales.

Este incluye las existencias al inicio del periodo y el costo unitario promedio según los prorratesos de costos. También un espacio para las compras del mes si las hay, ya sean importaciones o compras locales, para colocar la cantidad de artículos vendidos por día durante el mes. Por último, para obtener las existencias al final del periodo se resta de la suma de las cantidades iniciales y las compras, la cantidad de productos vendidos y el costo total del inventario al final del mes. Luego para los datos iniciales del siguiente mes se utilizan los datos finales del mes previo.

El formato de facturación, aunque es un formato en Excel, este no está vinculado por medio de fórmulas con los demás archivos de la empresa. Por lo tanto, cuando se factura un producto se imprime en Excel tres versiones de la factura: 1) Original para el cliente 2) Control interno 3) Contabilidad. La segunda versión de la factura (Control Interno) es la que se utiliza para ingresar la información al formato de tabulación de ventas. El formato de tabulación de ventas se encuentra adjunto en el anexo 12. Como se puede observar este formato contiene información como:

- Número de factura
- Resolución de la factura
- NIT
- Nombre al que está asociado el NIT
- Dirección de la factura
- Fecha de venta del producto
- Total vendido en letras
- Código del producto (cuando es repuesto se coloca el código interno de la empresa, de lo contrario se coloca un punto “.”).
- Cantidad vendida del producto
- Precio unitario
- Total de la factura

2. Metodología del análisis ABC realizado

Debido a que para realizar el análisis ABC es necesaria la frecuencia de venta del producto y su costo, se utilizó información de los formatos de *Rapi Repuesto*: inventario de repuesto nuevo y tabular de ventas. La información que se utilizó del formato de “inventario de repuesto nuevo” fue: código del SKU y costo unitario del mismo. Luego para obtener la frecuencia de venta de repuesto nuevo se utilizó los tabulares de ventas del año 2016 al año 2019. Para utilizar estas bases de datos se realizó distintas acciones para poder finalmente utilizarlas, estas fueron:

- 1) Se unió en un único archivo de Excel las ventas de los 4 últimos años que se encontraban en el formato de facturación, en el anexo 12 se encuentra la frecuencia de ventas de los 10 productos que representan la mayor parte del volumen total de ventas.
- 2) Se filtró el tipo de producto para obtener únicamente las ventas de repuesto nuevo.
- 3) Se realizó una tabla dinámica preliminar con las variables: código y cantidad para identificar más fácilmente los posibles errores de códigos.
- 4) Se identificó visualmente en la tabla dinámica errores en los códigos y luego se corrigió los mismos en la base de datos obtenida en el punto número 2, se corrigió un total de 17 SKU. Se corrigió debido a que en ella se tiene la descripción exacta del producto, por lo tanto, cuando el código no fue suficiente o estaba muy mal escrito, se procedió a utilizar esta información adicional. Los errores más comunes fueron: letras incorrectas ya sea en el tipo de producto o la marca y en el número identificador del SKU

Por ejemplo, se escribió:

“CUL-TYO-0001” cuando el código correcto era “CUL-TOY-0001” o se escribió “TUR-MAZ-001” cuando el código correcto era “CUL-MAZ-0001”.

- 5) Luego de corregir los errores, se eliminó de esta nueva base de datos las variables: número de factura, resolución de factura, NIT, nombre, dirección, total vendido en letras, precio unitario y total de la factura debido a que no son variables relevantes para el análisis. Con esto se obtuvo una nueva base de datos con las variables: fecha de venta del producto en el formato DD/MM/AAAA, código del producto y cantidad vendida.
- 6) Para poder utilizar la función de tablas dinámicas de Excel más fácilmente, se creó una nueva categoría llamada “año”. Para esto se utilizó la función “año()” que tiene como parámetro la fecha., en el anexo 14 se encuentra un ejemplo. Con esta nueva categoría se procedió a obtener la cantidad de productos vendidos durante los cuatro distintos años. (Anexo 13)
- 7) Se sumó la cantidad vendida durante los cuatro últimos años por cada uno de los productos.
- 8) Se tomó los costos promedio del archivo de inventario de repuesto nuevo y la frecuencia de venta que se obtuvo en el punto anterior y por medio de la siguiente combinación de funciones se unió ambas bases de datos:

“=SI.ERROR(INDICE (Matriz del total de productos vendidos en los 4 años; COINCIDIR (Código buscado; Matriz donde se buscó los códigos ;0));0)”

En el anexo 15, se encuentra una demostración de la función anterior. El cuadro de la izquierda es el cuadro obtenido en el punto 7 y el cuadro que se encuentra al lado derecho de la figura se obtuvo a partir del archivo de inventario de repuesto nuevo.

- 9) Como criterio para el análisis ABC se utilizó el volumen total en quetzales. Como se explicó en el marco teórico, el volumen total en quetzales es el resultado que se obtiene de multiplicar la demanda total del producto (frecuencia de venta) por su costo promedio por unidad.
- 10) Se ordenó de mayor a menor el monto del volumen total en quetzales.
- 11) Se calculó la proporción que representa el monto del volumen total en quetzales por producto sobre el monto del volumen total en quetzales de todos los productos de la empresa.
- 12) Se calculó el porcentaje acumulado de los montos de volumen total en quetzales.
- 13) A partir de los porcentajes acumulados, se realizó el análisis ABC de los repuestos nuevos de *Rapi Repuesto*. Se utilizó como criterio para definir los artículos de la categoría “A”, todos aquellos artículos que representaron el 80% del volumen total en quetzales. Para los artículos de la categoría “B” todos los artículos que representaron un 15% más del volumen total en ventas y para los artículos de la categoría “C” todos los artículos que representaron el 5% del volumen total en ventas restante.

3. Análisis ABC realizado

Según Heizer y Render (2009), los artículos de la categoría “A” generalmente representan entre el 15 y el 20% de la cantidad de artículos de inventario. La categoría “B” generalmente representan aproximadamente el 30% de la cantidad de artículos de inventario y la categoría “C” generalmente representan el 55% de los artículos totales de inventario. El análisis ABC realizado se encuentra en el anexo 16. En el Cuadro 7 se puede observar que los resultados que se obtuvo en el análisis ABC de *Rapi Repuesto* son muy similares a los teóricos, teniendo la categoría “A” el porcentaje de error más bajo (4.8%). Luego la categoría “C” con un 18.3% y por último la categoría “B” con un 36.0% de porcentaje de error.

Cuadro 7. Resultados de análisis ABC de repuesto nuevo

Categoría	% del volumen total en Q	Cantidad de SKU	% SKU	% Según teoría	Desviación según teoría
A	80%	72	15.7%	15-20%	4.8-21.5%
B	15%	88	19.2%	30%	36.0%
C	5%	298	65.1%	55%	18.3%

Los resultados que se obtuvo en este análisis indican que 72 SKU pertenecen a la categoría “A”, que 88 SKU a la categoría “B” y que 298 SKU a la categoría “C”. El 15.7% de los artículos de la empresa conforman el 80% del volumen total en ventas de *Rapi Repuesto*, por lo tanto, son los ítems a los que más se les debe prestar atención respecto al pronóstico de demanda. Por el contrario, el 65.1% de los ítems de la categoría “C” únicamente conforman el 5% del volumen total en ventas, por lo que, aunque representan parte del ingreso de la empresa, su pronóstico no debería de ser tan minucioso como el de los artículos de la categoría “A”.

VII. PROYECCIÓN DE VENTAS Y GESTIÓN DE INVENTARIO (OBJETIVO 2)

Luego de realizar el análisis ABC de los 458 SKU de *Rapi Repuesto*, se procedió a realizar los pronósticos de demanda para después utilizarlos en los modelos de revisión periódica trimestral y bimestral. Se decidió utilizar dos tipos distintos de periodos de revisión para evaluar cuál de los dos fue más efectivo al aumentar la tasa de rotación de inventario. El periodo trimestral es el plazo para realizar pedido que la empresa utiliza actualmente. Por lo tanto, el nuevo método de planificación de inventario se realizó trimestralmente y luego se realizó bimestralmente para comprobar si el valor del inventario al final del semestre disminuyó más a comparación del trimestral, ya que según la teoría al reducir el periodo de revisión es probable que el inventario también reduzca. Para realizar los pronósticos de ventas de los productos de la categoría “A” se utilizó el software RStudio y para el pronóstico de demanda de los artículos “B” y “C” se realizó por medio del promedio de frecuencia de ventas y la desviación estándar anual de los cuatro últimos años. Por último, se realizó los modelos de inventario para los dos periodos de revisión utilizando los valores de demanda proyectados según la categoría.

A. Modelos de revisión periódica para productos de la categoría “A”

1. Pronóstico de demanda en RStudio

Para el análisis de pronóstico de ventas de los artículos clasificados en la categoría “A” se realizó lo siguiente:

- a. Se determinó los métodos estadísticos de pronóstico a utilizar.
- b. Se preparó las bases de datos de los artículos de la categoría “A” para poder ser utilizados en RStudio.
- c. Se diseñó el guion de RStudio, el cual incluyó: análisis exploratorio y pronóstico de demanda.
- d. Se procedió a realizar los pronósticos de demanda de los 4 métodos.
- e. Se determinó como el mejor método de pronóstico el cual generó el menor valor de la medida de precisión MASE.
- f. Se documentó y analizó los resultados del mejor modelo de pronóstico para cada una de las series de tiempo.

a. Selección de métodos estadísticos de pronóstico

Se utilizó el método de suavizamiento exponencial ETS debido a que para realizar pronósticos este utiliza promedios ponderados de observaciones pasadas y el peso de estas va disminuyendo exponencialmente a medida que los datos son más antiguos. Por lo que en este modelo las observaciones más recientes tienen mayor importancia en el pronóstico. También se escogió este método debido a que tiene como variables la estacionalidad, tendencia y error de la serie de tiempo para realizar el pronóstico y que brinda pronósticos con intervalos de predicción.

Debido a que el método de suavizamiento exponencial ETS no se comporta estable cuando los datos son negativos o iguales a cero, también se utilizó un método de suavizamiento exponencial que fuera capaz de manejar este tipo de valores, este fue el método *Bagged ETS*. Este tiene como ventaja que transforma los datos logarítmicamente por lo que simplifica patrones de la serie de tiempo y limita los datos a ser positivos. La descomposición STL que utiliza ayuda a identificar relaciones no lineales entre los datos, permite que el componente estacional de la serie de tiempo sea variable y maneja cualquier tipo de estacionalidad. Otra ventaja de este método es que no realiza el pronóstico con una sola serie de tiempo, realiza el pronóstico con 30 distintas y al final utiliza el promedio de los 30 pronósticos para obtener el final. También se utilizó debido a que en la competencia M3, se comprobó que el método *BaggedETS* es el que mejor predice cuando la serie de tiempo tiene una frecuencia mensual.

Se utilizó el método ARIMA debido a que tiene la ventaja de utilizar autocorrelación, diferenciación y media móvil para realizar el pronóstico. La autocorrelación se utiliza para pronosticar la variable de interés usando una combinación lineal de valores pasados de la variable, es una regresión de la variable contra sí misma. Luego la parte de diferenciación nos ayuda a que la serie de tiempo no estacionaria sea estacionaria. Una serie de tiempo estacionaria no dependerá del momento en el que se observe la serie. Y por último la parte de la media móvil utiliza los errores de los pronósticos pasados en un modelo similar a la regresión lineal.

Por último, también se utilizó el método STLM el cual es una variación de la función STL, por lo que este modelo también tiene la ventaja de manejar cualquier tipo de estacionalidad y puede tener estacionalidad variable. Debido a que este modelo realiza el pronóstico sobre una serie de tiempo estacional y luego le suma la parte estacional, tiene la ventaja de ser útil cuando el error y la tendencia del modelo son muy pronunciados, para darle así también importancia al factor estacional.

b. Preparación de bases de datos de series de tiempo a analizar

Después de determinar los métodos de pronóstico a utilizar se preparó las bases de datos ítems de la categoría “A” para su posterior análisis. Para esto se tabuló en un documento de Excel la demanda mensual de cada SKU desde el año 2016 hasta el año 2019, haciendo así un total de 48 datos para la serie de tiempo. Luego se colocó los meses en el siguiente formato de fecha: MM/DD/AAAA y se guardó el documento con el código del ítem cada uno de los archivos .xls como archivo de valores (.csv).

c. Diseño de guion de RStudio

Luego de obtener las series de tiempo con las ventas mensuales de los años 2016 al 2019, se procedió a diseñar el guion de RStudio. Se comenzó con un análisis exploratorio de la serie de tiempo de cada uno de los SKU pertenecientes a la categoría A. Este análisis incluyó: gráfico y descomposición aditiva de la serie de tiempo. Se realizó el análisis exploratorio para identificar previamente posibles patrones o datos atípicos. Luego se descompuso la serie de tiempo, para poder observar claramente los tres componentes. Los componentes de una serie de tiempo que se observó fueron: tendencia, estacionalidad y error o factor aleatorio. Luego del análisis exploratorio se procedió a realizar el pronóstico con los cuatro métodos elegidos, se graficó cada uno de ellos y se determinó el mejor método a partir del pronóstico a partir de las medidas de precisión. Por último, se almacenó en una hoja de cálculo el pronóstico obtenido. En el anexo 17 se encuentra la plantilla del guion diseñado en RStudio.

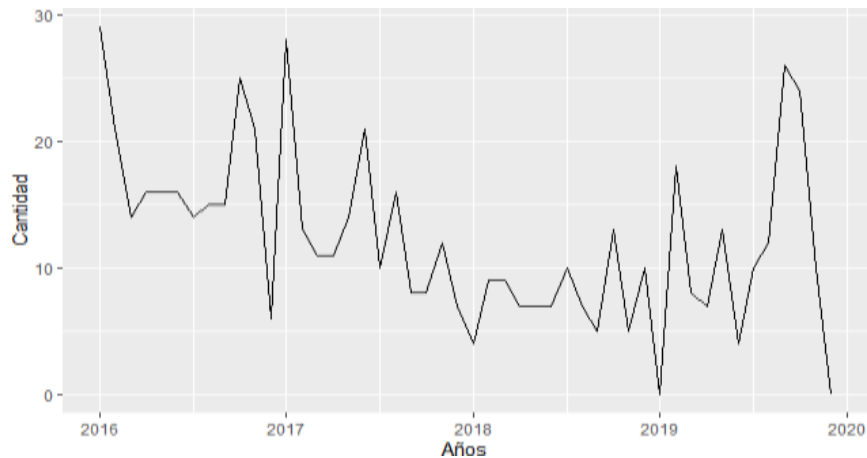
i. Análisis de pronóstico y de gráficos de RStudio

El guion generó los siguientes gráficos:

- Serie de tiempo del SKU
- Descomposición aditiva de la serie de tiempo
- Pronóstico de suavizamiento exponencial ETS
- Pronóstico ARIMA
- Pronóstico BaggedETS
- Pronóstico STLM
- Gráfico de los 4 pronósticos anteriores

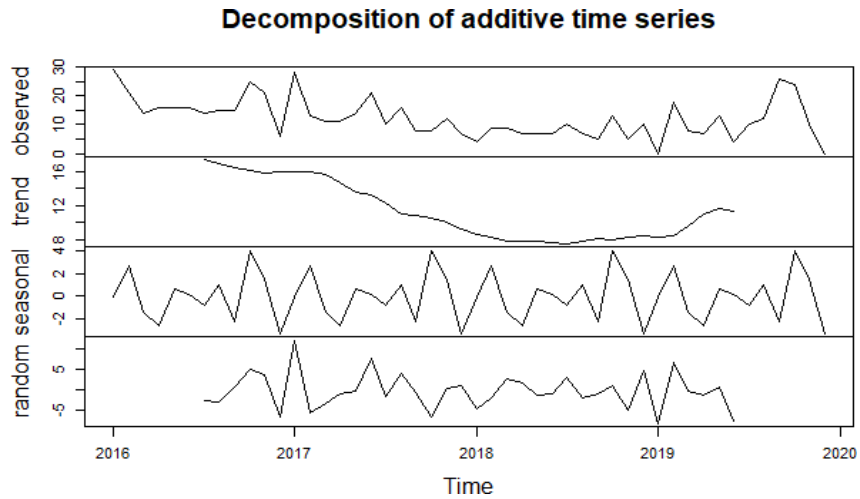
Los primeros 2 gráficos corresponden al análisis exploratorio de las series de tiempo y los siguientes 4 gráficos pertenecen a cada uno de los pronósticos de demanda realizados. Por último, el guion generó un archivo de Excel por cada método de pronóstico. En estos se encuentra el dato pronosticado para cada mes y los intervalos máximos y mínimos del pronóstico para cada mes del año 2020. Por fines prácticos en este trabajo únicamente se presentará el análisis del ítem que representa el mayor volumen total en ventas de *Rapi Repuesto*, este se identificará como “ítem 1A”.

Figura 21. Serie de tiempo ítem 1A



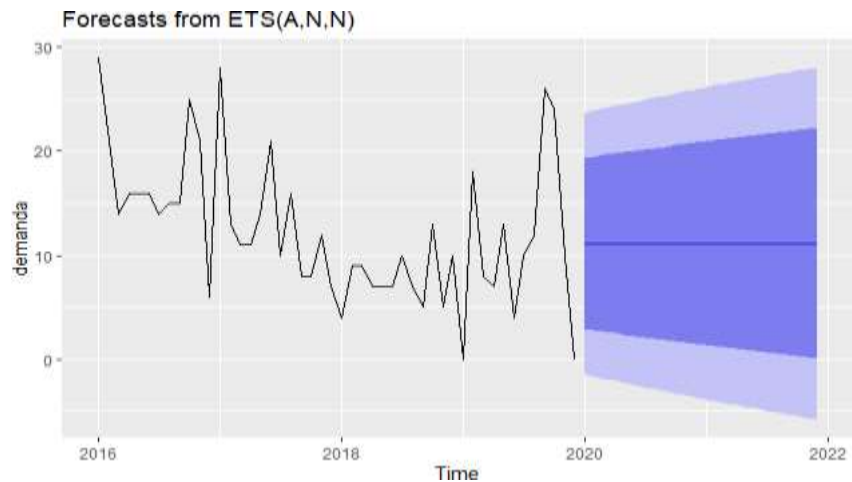
Se puede observar en la Figura 21 esta serie de tiempo no tiene estacionalidad marcada y la tendencia fue que las ventas decrecieron con el tiempo. Como se puede observar en la Figura 22 existe un patrón visible, las ventas de este producto disminuyeron considerablemente justo antes de que terminara el año, siendo en diciembre el mes más bajo en ventas y luego en enero subió considerablemente la venta, incluso se vendió más de lo que se vendió en los meses de octubre y noviembre.

Figura 22. Descomposición serie de tiempo ítem 1A



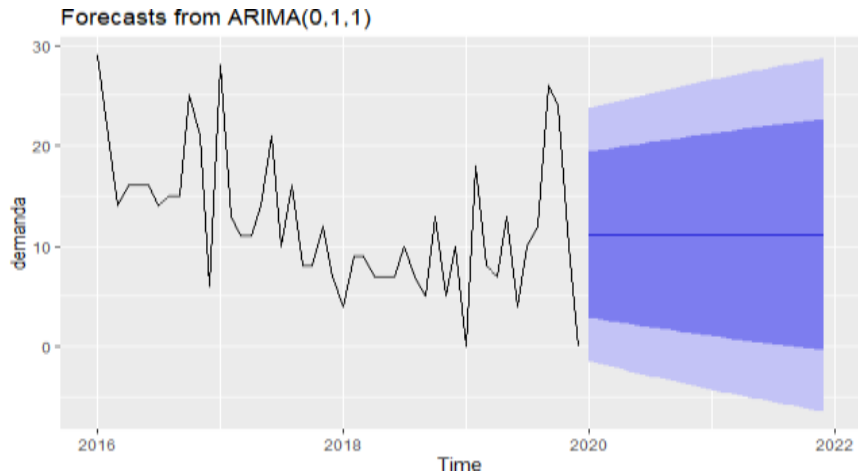
Se observó que la tendencia de la serie de tiempo fue disminuyendo y que la estacionalidad de la serie de tiempo es predecible y se repite cada año. Se tiene el pico más alto de ventas en el último trimestre de todos los años y el pico más bajo en los meses de diciembre. El error o factor aleatorio se encuentra en valores entre -5 y 5.

Figura 23. Pronóstico de suavizamiento exponencial ETS, ítem 1A



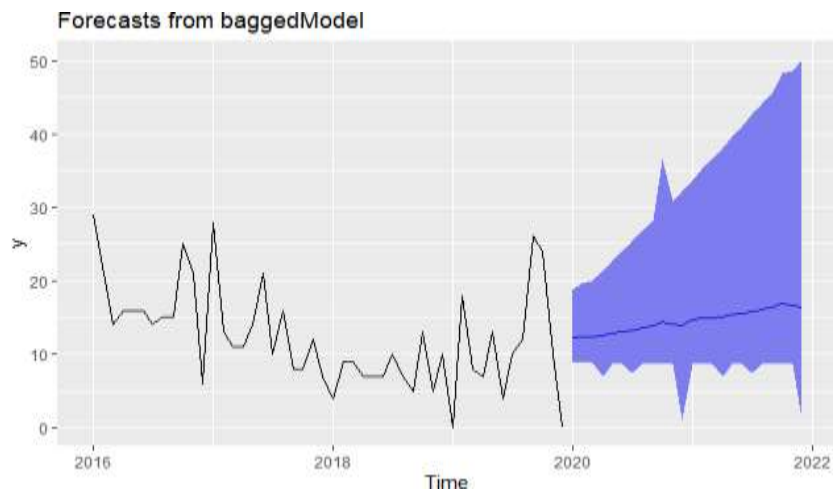
En el gráfico de pronóstico de suavizamiento exponencial se observó que el modelo pronosticó una demanda constante con un valor aproximado en el eje “y” de 11 unidades. Los valores del intervalo de confianza de color azul oscuro (80%) oscilaron entre 0 y 22 unidades. Luego los valores del intervalo de confianza del 95% oscilaron entre -6 y 28 unidades. Este último intervalo de confianza no fue correcto según el contexto, debido a que no pueden existir valores negativos de demanda mensual. En el anexo 18, se puede observar que esta serie de tiempo tiene dos valores iguales a cero, uno en enero del 2019 y otro en diciembre del 2019, y debido a que este tipo de modelo exponencial no maneja correctamente los valores iguales a cero, dio un pronóstico negativo.

Figura 24. Pronóstico ARIMA ítem 1A



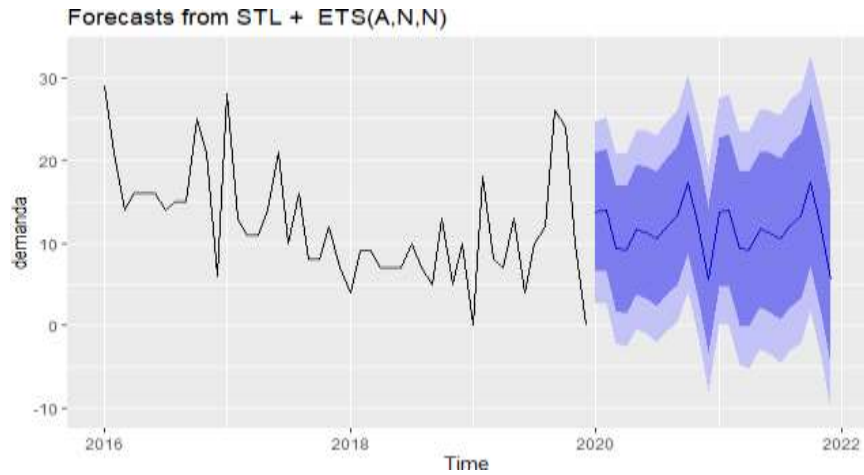
Se obtuvo un modelo ARIMA no estacional con grado 1 de diferenciación y grado 1 de la parte de media móvil. El modelo pronosticó una demanda constante con un valor aproximado en el eje “y” de 11 unidades. Los valores del intervalo de confianza de color azul oscuro (80%) oscilaron entre 0 y 22 unidades. Luego los valores del intervalo de confianza del 95% entre -6 y 29 unidades. Al igual que el pronóstico del modelo anterior, el modelo lo tuvo dificultades al pronosticar debido a los valores iguales a cero en la serie de tiempo.

Figura 25. Pronóstico BaggedETS ítem 1A



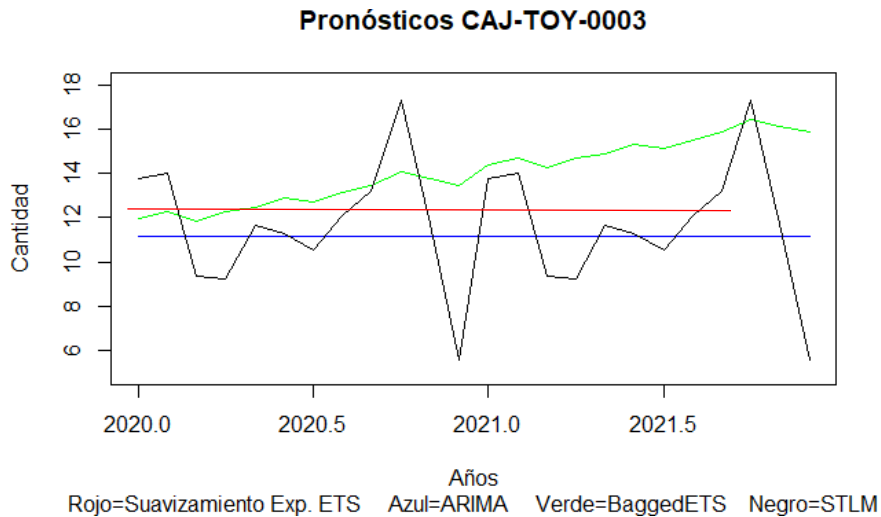
El modelo Bagged ETS pronosticó para los años 2020 y 2021 una demanda creciente, que comienza desde 12 unidades hasta aproximadamente 16 al final del año 2021. El intervalo de confianza del 80% de este modelo se encontró en valores entre 1 unidad y como valor máximo 50 unidades.

Figura 26. Pronóstico STLM ítem 1A



El pronóstico STLM utilizó un modelo de suavizamiento exponencial ETS con errores aditivos, sin tendencia y sin estacionalidad ETS(A,N,N) para la parte desestacionalizada de los datos. Pronosticó para los años 2020 y 2021 una demanda variable, con valores entre 6 y 17 unidades. El análisis indicó que el valor de la demanda disminuye en el mes de diciembre y aumenta en el mes de enero. Esto es congruente con el patrón de estacionalidad analizado en la figura 22. El intervalo de confianza del 80% de este modelo se encontró entre -4 y 27 unidades. Y los valores del intervalo de confianza del 95% entre -9 y 32 unidades.

Figura 27. Pronósticos ítem 1A



En el gráfico de la Figura 27 se encuentra los 4 pronósticos que se realizó para el primer ítem de la categoría “A” El pronóstico de suavizamiento exponencial ETS y el pronóstico ARIMA se encuentran exactamente en el mismo valor, en 11 unidades. Luego el pronóstico baggedETS como se observó en la figura 27, tiene un patrón creciente, que comienza desde 12 hasta 16 unidades. Los valores del pronóstico STLM oscilaron entre 6 y 17 unidades. Con el pico más bajo a inicios del mes de diciembre y el más alto aproximadamente en el mes de junio.

ii. Medidas de precisión de los modelos utilizados

Como criterio para seleccionar cuál de los cuatro modelos fue el mejor, se seleccionó el mejor método a partir del criterio del menor valor del MASE. Los valores del MASE de los 72 ítems para los pronósticos que se realizó se encuentran en el anexo 18. Se utilizó MASE debido a que no depende de la escala si no que es una medida basada en porcentajes de error escalados. Esto quiere decir que puede manejar bien los errores negativos sin penalizarlos más que los positivos y también maneja bien los errores iguales a cero. Otra ventaja de esta medida de precisión es que, ya no depende de la escala y es útil para hacer comparaciones entre distintos sets de datos sin importar la escala de estos. A continuación, se muestra la proporción de ítems que se pronosticó con cada uno de los métodos de pronóstico:

Cuadro 8. Proporción de métodos para los 72 SKU de la categoría "A"

Método	Cantidad	Distribución
Forecast	0	0.0%
Bagged ETS	7	9.7%
ARIMA	8	11.1%
STLM	57	79.2%
Total	72	100%

El método STLM fue el que predijo mejor el 79.2% de los 72 SKU que pertenecen a la categoría "A". Seguido por el método ARIMA con un 11.1%, luego el método *Bagged ETS* con un 9.7% y por último el método de suavizamiento exponencial con un 0%.

2. Modelo de revisión periódica para productos de la categoría "A"

Después de realizar el pronóstico de los ítems que pertenecen a la categoría "A", se procedió a utilizar los datos para crear en un documento de Excel un modelo de revisión periódica. Se optó por utilizar un sistema de inventario de revisión periódica debido a requiere información únicamente en el momento que se realizará el pedido. Adicionalmente, ya que la empresa no cuenta con un sistema de inventario, no se pudo utilizar un modelo de inventario que utilizara información de existencias en tiempo real o que fuera de revisión continua. Por lo tanto, se aplicó un modelo de revisión continua donde el pedido se realiza cada cierto tiempo "T".

Se hizo el análisis con dos periodos distintos de revisión, uno con periodo de revisión de trimestral y otro con periodo de revisión bimestral. Se llevó a cabo un análisis trimestral debido a que en *Rapi Repuesto* se hace de esta forma y bimestral debido a que los modelos de revisión periódica suelen sobre estimar el inventario ya que existe incertidumbre en la demanda, por lo tanto, al disminuir el periodo de revisión del modelo, disminuye el valor del inventario.

A partir de los datos de demanda o de pronóstico que se obtuvo con un intervalo de confianza, se procedió a realizar el modelo de revisión trimestral y bimestral para los artículos de la categoría "A". En el anexo 20 se encuentran los datos de demanda e inventario de seguridad pronosticado, por fines prácticos se encuentran los 10 ítems que representan el mayor volumen de ventas de la categoría "A". Luego en los anexos 21 y 22 se encuentran los modelos realizados, nuevamente para los primeros 10 ítems de la categoría "A". A continuación, en el cuadro 9 se muestra los valores que se utilizó y cómo se obtuvo los mismos para elaborar los 2 modelos de inventario.

Cuadro 9. Datos del modelo de revisión para artículos "A" en el primer periodo de revisión

Valor	Descripción
SKU	Código identificador del ítem
Costo unitario	Costo de una unidad del ítem
\bar{d}_2	Demanda pronosticada para el segundo trimestre o bimestre del año 2020
SS 2do trimestre	Inventario de seguridad para el segundo periodo del año 2020
I	Inventario inicial al inicio de enero
q	Cantidad a pedir
q revisado	Cantidad q corregida
Costo total inicial	Costo total inicial de los ítems existentes
Ventas (enero - marzo)	Cantidad de ítems realmente vendidos en el periodo
Compras locales	Compras realizadas localmente debido a que el inventario no fue suficiente.
Inventario al finalizar	Inventario estimado a tener al finalizar el periodo
Costo proyectado total al finalizar	Costo total del inventario final estimado al finalizar el primer periodo

A continuación, se explica a detalle cada uno de los valores:

1. SKU: código identificador de cada uno de los productos de la categoría "A".
2. Costo unitario: costo unitario de cada uno de los productos, se obtuvo a partir del costo promedio del inventario de repuesto nuevo.
3. Demanda del periodo \bar{d}_2 : demanda del periodo de cada uno de los SKU que se obtuvo a partir análisis de RStudio. El pronóstico se obtuvo con una frecuencia mensual, por lo tanto, se sumó por trimestres o bimestres.
4. Inventario de seguridad (SS): se obtuvo a partir de la resta del pronóstico superior o del intervalo de confianza del 95% y del pronóstico real.

SS = pronóstico con intervalo de confianza del 95% - pronóstico real

El intervalo de confianza se obtuvo con una escala mensual, por lo tanto, se sumó 3 y 2 meses del inventario de seguridad para obtener el inventario de seguridad trimestral y bimestral.

5. Inventario inicial (I): se obtuvo cada uno a partir de las existencias al inicio del año 2020, en el mes de enero.
6. Cantidad "q": se calculó para cada valor a partir del concepto de la ecuación (3).

$$q = \bar{d}(T + L) + SS - I = \bar{d}_{t+1} + SS - I$$

Por ejemplo, la cantidad "q" a pedir en el mes de enero se calculó a partir de sumar el pronóstico de demanda del segundo trimestre o bimestre más el inventario de seguridad del segundo periodo menos el inventario inicial en el mes de enero. Esto debido a que el tiempo de entrega y del periodo de revisión no es un factor ya que se realizó el pedido con un trimestre o un bimestre de anticipación con la demanda proyectada.

7. Cantidad “q” revisada: Debido a que en algunos productos la existencia actual excedió la cantidad de unidades necesarias para la demanda y la incertidumbre del periodo, al restar el inventario inicial, se obtuvo valores negativos para “q”. Y debido a que no se puede tener cantidades negativas para ordenar, se corrigió los valores negativos volviéndolos cero. Esto se corrigió con la función si() de Excel de la siguiente forma:

$$=SI(\text{Cantidad "q"} < 0; "0"; \text{"Cantidad "q" "})$$

Lo anterior indica que, si la cantidad “q” fue menor a cero, entonces sustituyó el valor por un cero, pero si el valor fue mayor a cero, entonces copió el valor q obtenido.

8. Costo total inicial: se obtuvo a partir de multiplicar el costo unitario promedio por las unidades existentes al inicio del periodo.
9. Ventas del primer trimestre: se obtuvo a partir de la suma de las ventas mensuales del primer periodo.
10. Compras locales: cantidad de unidades que se debería de comprar localmente debido a falta de producto. Se permitió compras locales debido a que existen datos atípicos de demanda y se sugiere cubrirlos con compras locales para no tener inventario de más.
11. Inventario final: se obtuvo el dato para cada uno de los ítems de la siguiente forma:

$$\text{Inventario final} = I + q \text{ revisada} + \text{compras locales} - \text{ventas del periodo}$$

12. Costo total final: se obtuvo a partir de multiplicar las unidades al final del periodo (inventario final) por el costo unitario.

3. Evaluación económica de los sistemas de inventario propuestos para productos de la categoría “A”

Cuadro 10. Evaluación de las mejoras propuestas para los artículos de la categoría "A"

	Sin sistema de inventario	Con sistema de inventario trimestral	Con sistema de inventario bimestral
Costo del inventario al inicio del semestre	Q 1,859,305.34	Q 1,859,305.34	Q 1,859,305.34
Costo del inventario final del semestre	Q 1,962,730.82	Q 1,500,687.61	Q 1,201,366.60
Promedio de inventario mensual	Q 1,844,392.30	Q 1,526,224.42	Q 1,351,585.03
Costo total de ventas del semestre	Q 1,473,902.74	Q 1,473,902.74	Q 1,473,902.74
Costo de ventas anual	Q 2,947,805.48	Q 2,947,805.48	Q 2,947,805.48
Disminución del inventario (%)	-	19.29%	35.39%
Compras locales (unidades)	165	52	95

Como se puede observar en el Cuadro 10, para los artículos de la categoría “A” en el sistema de inventario con periodo de revisión trimestral se obtuvo una reducción del 19.29% del valor del inventario y para el bimestral una reducción del 35.39% para el primer semestre del año 2020. En quetzales en el sistema de revisión trimestral esto representó un total de Q358,617.73 y en el bimestral un total de Q657,938.74. En el sistema de inventario que se compró una menor cantidad de unidades localmente fue en el trimestral (52 unidades), seguido del bimestral con 95 unidades. A comparación de las unidades que la empresa realmente compró localmente en el primer semestre, en el sistema de revisión trimestral se compró 113 unidades menos y en el bimestral 70 unidades menos.

B. Modelos de revisión periódica para productos de las categorías “B” y “C”

Al igual que con los artículos de la categoría “A”, para los productos clasificados en la categoría “B” y “C”, se utilizó un sistema de inventario de revisión periódica debido a requiere información únicamente en el momento que se realiza el pedido. También se realizó un modelo de revisión trimestral y otro modelo de revisión bimensual. Para estos ítems no se realizó el análisis en RStudio debido a que representan una mínima parte del volumen total de ventas anual, por lo que se optó por un modelo de revisión periódica más sencillo. Se utilizó la ecuación (2) y (3) para obtener la cantidad a ordenar debido a que se cuenta con los datos de demanda promedio y de desviación estándar que se calculó. Por lo que para estos ítems se realizó en un documento de Excel un modelo que sugiere las cantidades a pedir trimestral o bimestralmente según los siguientes factores: existencias, un intervalo de confianza del modelo del 95%, inventario de seguridad, tiempo “L” que se demora el pedido desde que se realiza hasta que este se encuentra en bodega, demanda promedio y desviación estándar.

1. Pronóstico de demanda para artículos de la categoría “B” y “C”

Debido a que los ítems de las categorías “B” y “C” no son los más importantes en un sistema de inventario ABC, se obtuvo el pronóstico de demanda de una forma menos precisa pero más fácil de calcular. Para obtener los pronósticos de demanda de los ítems de estas categorías se utilizó la frecuencia de ventas anual de los años 2016 al 2019 que se encuentra en el anexo 13. El valor pronosticado se obtuvo al promediar la frecuencia de ventas anual para su posterior uso en el modelo de inventario de revisión periódica. También se calculó la desviación estándar que fue luego utilizada para obtener el inventario de seguridad mensual de estos ítems.

2. Modelo de revisión periódica para productos de las categorías “B” y “C”

En los anexos 23 y 24 se encuentran los modelos realizados, por fines prácticos se encuentran los 10 ítems que representan el mayor volumen de ventas de las categorías “B” y “C”. A continuación, en el Cuadro 11, se encuentra la descripción de los valores utilizados y los resultados del modelo de revisión periódica y en la siguiente página se explica a detalle cómo se obtuvo o se calculó cada uno de estos valores.

Cuadro 11. Datos modelo de revisión trimestral para artículos "B" y "C"

Valor	Descripción
SKU	Código identificador del ítem
Costo Unitario	Costo de una unidad del ítem
\bar{d}_2	Demanda trimestral o bimestral
σ_2	Desviación estándar del periodo
T	Periodo de revisión (1 trimestre o 1 bimestre)
L	Tiempo que tarda un pedido desde que se pide hasta que ingresa a bodega (en bimestres o trimestres)
Z 95%	Valor Z con un intervalo de confianza del 95%.
I	Inventario inicial
SS	Inventario de seguridad
q	Cantidad a pedir
q revisado	Cantidad q corregida
Costo total inicial	Costo total inicial de los ítems existentes
Ventas (enero - marzo)	Cantidad de ítems vendidos en el periodo
Compras locales	Compras realizadas localmente debido a que el inventario no fue suficiente.
Inventario estimado al finalizar	Inventario estimado a tener al finalizar el periodo
Costo proyectado total al finalizar	Costo total del inventario final estimado al finalizar

Se obtuvo los valores de la siguiente forma:

1. SKU: código identificador de cada uno de los productos de las categorías "B" y "C".
2. Costo unitario: costo unitario de cada uno de los SKU de la empresa, se obtuvo a partir del costo promedio del inventario de repuesto nuevo.
3. Demanda del periodo \bar{d}_2 : demanda de cada uno de los SKU obtenida a partir de los datos del anexo 13, frecuencia de ventas anuales de los últimos 4 años (2016-2019). Por lo que primero se obtuvo la demanda anual promedio y luego se dividió dentro de 4 o 6 para obtener la demanda del periodo a estudiar.
4. Desviación estándar del periodo σ_t : desviación estándar de cada uno de los ítems obtenida a partir de los datos del anexo 13. Por lo que primero se obtuvo la desviación estándar anual y luego se dividió dentro de 4 o 6 para obtener la desviación estándar del periodo.
5. Duración del periodo (T): este tuvo como valor "1" para los distintos ítems, ya sea trimestral o bimestral.
6. Tiempo de entrega (L): según el DOP el proceso actual de importación demora 55.94 días y este puede disminuirse hasta 4 días si se sustituye los pagos a proveedores por medio de cheque por transacciones por medio de la banca en línea. Por la tanto se obtuvo un nuevo valor "L"

de 51.94 días. Luego para obtener este dato en la misma dimensión deseada, se realizó el siguiente cálculo:

$$L = \frac{55.94 \text{ días} - 4 \text{ días}}{(30 \text{ días} * \text{cantidad de meses que dura el periodo})}$$

Se asumió que los meses fueron de 30 días y que los productos toman en promedio 51.94 días desde que son ordenados hasta que se encuentran en bodega.

7. Valor Z del 95%: se obtuvo a partir de la función de Excel “DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.95)”, generó como resultado un valor de 1.64.

8. Inventario inicial (I): se obtuvo cada uno a partir de las existencias al inicio del año 2020, en el mes de enero.

9. Inventario de seguridad (SS): se obtuvo cada valor a partir de la ecuación (2)

$$SS = z * \sqrt{(T + L) * \sigma_d^2} = (1.64) * (\sqrt{(1 + L) * (\sigma_t^2)})$$

10. Cantidad “q”: se calculó para cada ítem a partir de la ecuación (3) *Cantidad “q” de modelo P.*

$$q = \bar{d}(T + L) + z\sigma_{T+L} - I = \bar{d}_t * (1 + L) + SS - I$$

Donde se multiplicó la demanda diaria del producto por la suma de la duración del periodo “T” y el tiempo de entrega “L”. Esta parte de la ecuación es lo que la empresa necesita tener en inventario según la demanda y sin tomar en cuenta la incertidumbre y las existencias actuales. Es por eso que luego se le sumó las unidades del inventario de seguridad y se le restó el inventario inicial “I”.

11. Cantidad “q” revisada: Debido a que en algunos productos la existencia actual excedía la cantidad de unidades necesarias para la demanda y la incertidumbre de un trimestre, al restar el inventario inicial en la ecuación (3), se obtuvo valores negativos para “q”. Por lo tanto, se corrigió los valores volviéndolos cero. Esto se corrigió con la función si() de Excel de la siguiente forma:

$$=SI(\text{Cantidad “q”} < 0; "0"; \text{“Cantidad “q””})$$

Los anterior indica que, si la cantidad “q” es menor a cero, entonces debe sustituir el valor por un cero, pero si el valor es mayor a cero, entonces copia el valor q obtenido anteriormente.

12. Costo total inicial: se obtuvo a partir de multiplicar el costo unitario promedio por las unidades existentes al inicio del periodo.

13. Ventas del primer trimestre: se obtuvo a partir de la suma de las ventas mensuales del primer trimestre o bimestre.

14. Compras locales: cantidad de unidades compradas localmente debido a falta de producto.

15. Inventario final: se obtuvo el dato para cada uno de los ítems de la siguiente forma:

$$\text{Inventario final} = I + q \text{ revisada} - \text{ventas del periodo}$$

16. Costo total final: se obtuvo a partir de multiplicar las unidades al final del periodo (inventario final) por el costo unitario.

3. Evaluación económica de los sistemas de inventario propuestos para productos de las categorías “B” y “C”

Cuadro 12. Evaluación económica de los sistemas de inventario propuestos para productos de las categorías “B” y “C”

	Sistema actual	Con sistema de inventario trimestral	Con sistema de inventario bimestral
Costo del inventario al inicio del semestre	Q 1,939,568.17	Q 1,939,568.17	Q 1,939,568.17
Costo del inventario final del semestre	Q 1,721,122.58	Q 1,593,882.04	Q 1,560,209.46
Promedio de inventario mensual	Q 1,822,179.16	Q 1,751,055.60	Q 1,730,456.61
Costo total de ventas del semestre	Q 489,702.09	Q 489,702.09	Q 489,702.09
Costo de ventas anual	Q 979,404.18	Q 979,404.18	Q 979,404.18
Disminución del inventario (%)	-	17.82%	19.56%
Compras locales (unidades)	7	8	12

Como se puede observar en el Cuadro 12, para los artículos de la categoría “B” y “C” en el sistema de inventario con periodo de revisión trimestral se obtuvo una reducción del 17.82% del valor del inventario para el primer semestre del año 2020 y para el bimestral una reducción del 19.56%. En quetzales en el sistema de revisión trimestral, esto representó un total de Q345,686.13 y en el bimestral un total de Q 379,358.71. En el sistema de inventario que se compró una menor cantidad de unidades localmente fue en el trimestral (8 unidades), seguido del bimestral con 12 unidades. A comparación de las unidades que la empresa realmente compró localmente en el primer semestre, en el sistema de revisión trimestral se compró 1 unidad más y en el bimestral 5 unidades más. En el caso del sistema de revisión bimestral la cantidad de compras locales aumentan debido a que el inventario global es menor y ante fluctuaciones en la demanda es más probable quedarse sin *stock*, pero es más fácil corregir el error debido a que el periodo para realizar las órdenes es menor, en este caso, cada 2 meses.

Una de las ventajas al ahorrar capital de trabajo en *Rapi Repuesto* es que se puede aprovechar ese capital de trabajo ahorrado y se puede evaluar nuevos proyectos de reinversión en otros negocios que también son parte de la corporación de empresas a la que *Rapi Repuesto* pertenece.

C. Reducción de inventario, aumento de la tasa de rotación y reducción de días de inventario de la prueba piloto

Cuadro 13. Resultados sin y con sistema de inventario trimestral y bimensual de categorías “A”, “B” y “C”

Medida	Sistema actual	Con sistema de inventario trimestral	Con sistema de inventario bimensual
Costo del inventario al inicio del semestre	Q3,798,873.50	Q3,798,873.50	Q3,798,873.50
Costo del inventario final del semestre	Q3,683,853.40	Q3,094,569.65	Q2,761,576.06
Promedio de inventario mensual	Q3,666,571.45	Q3,277,280.02	Q3,082,041.64
Costo total de ventas del semestre	Q1,963,604.83	Q1,963,604.83	Q1,963,604.83
Costo de ventas anual proyectado	Q3,927,209.65	Q3,927,209.65	Q3,927,209.65
Tasa de rotación de inventario anual	1.07	1.20	1.27
Días de inventario	341	305	286
Disminución del inventario (Q)	Q115,020.10	Q704,303.85	Q1,037,297.44
Disminución del inventario (%)	3.0%	18.5%	27.3%
Mejora de la tasa de rotación de inventario	-	11.9%	19.0%
Compras locales (unidades)	172	60	107

Como se puede observar en el Cuadro 13 el costo del inventario al inicio del semestre y el costo de ventas total del semestre fue el mismo en los 3 escenarios. Cuando no se aplicó el método de planificación de inventario se obtuvo un costo de inventario final del semestre de Q 3,683,853.40 y un promedio de inventario mensual de Q 3,666,571.45. Asumiendo que el valor del inventario y el costo de ventas en promedio permanecen constantes, se obtuvo una tasa de rotación de inventario de 1.07 por medio de la ecuación (4). Se tuvo una disminución del inventario de Q 115,020.10 desde enero del 2020 hasta junio del 2020, lo cual representó una disminución o mejora del 3.0%. En este escenario *Rapi Repuesto* compró localmente 172 unidades en el primer semestre.

Luego se comparó los resultados reales obtenidos por la empresa con los resultados que se obtuvo al aplicar los dos modelos de revisión periódica propuestos. El modelo bimensual tuvo una reducción mayor del costo del inventario al final del semestre, la diferencia fue de Q 332,993.59 comparado con el modelo trimestral. En el caso del trimestral se tuvo una disminución del inventario de Q 704,303.85 y en el bimensual de Q 1,037,297.44 (al comparar con el inventario al inicio del semestre). La tasa de rotación de inventario para el modelo de revisión trimestral fue de 1.20 y para el bimensual de 1.27. Quiere decir que los días de inventario en el modelo de revisión bimensual fueron menores que en el trimestral. En el trimestral se disminuyó 36 días los días de inventario respecto de los días reales que obtuvo *Rapi Repuesto* y una mejora de 55 días en el bimensual. Luego se comparó los resultados de los 2 sistemas propuestos con los resultados que se obtuvo sin el sistema, la tasa de rotación de inventario mejoró un 11.9% en el trimestral y un 19.0% en el bimensual. A pesar de que mejoró la tasa de rotación de inventario, en el modelo de revisión bimensual se compró localmente casi el doble de ítems que, en el trimestral, esto fue debido a que al ser más corto el periodo de revisión se tuvo una menor cantidad de

inventario, por lo que cuando la demanda fue atípica, el dato pronosticado y el inventario de seguridad no fue suficiente para cubrirla. De igual forma se recomienda el método de revisión bimestral debido a que es el que tiene un mayor porcentaje de mejora de la tasa de rotación de inventario y el que más disminuye el inventario promedio mensual y final.

Cuadro 14. Comparación de tasa de rotación de inventario (2019 y 2020)

	Año 2019	Sistema trimestral (año 2020)	Sistema bimestral (año 2020)
Tasa de rotación de inventario	0.87	1.20	1.27
Mejora	-	37.7%	46.5%

También se comparó las tasas de rotación de inventario del sistema de revisión trimestral y bimestral con la tasa del año 2019. Para el trimestral se obtuvo una mejora del 37.7% y una mejora del 46.5 % para el sistema de planificación de inventario bimestral. Esto asumiendo que las ventas del segundo semestre del año 2020 serán iguales que en el primer semestre y que el valor del inventario promedio es constante durante el año.

1. Línea del tiempo y existencias de repuesto mensual

Como se puede observar en el anexo 25 y 26 se muestra una línea del tiempo para cada uno de los sistemas de revisión de inventario (bimestral y trimestral). En estas se encuentra detallado en momento en el que se realiza el pedido y se transfiere el anticipo del 20% al proveedor, el momento en el que se paga el saldo restante y el momento en el que ingresa el pedido. Luego en los anexos 27 y 28 se muestra un cuadro en el cual se detalla el cambio de unidades mes a mes, en el cual se indica las unidades vendidas del mes, las cantidades que ingresan por concepto de importación y la cantidad de que ingresan por ser compras locales. En el anexo 27 se muestra la variación de unidades de inventario existentes según el sistema de revisión periódica trimestral y en el anexo 28 se muestran las variaciones de unidades en existencias según el sistema de revisión periódica bimestral.

2. Impacto de la pandemia en las ventas de *Rapi Repuesto*

Debido a la enfermedad infecciosa causada por el coronavirus COVID-19 que comenzó en diciembre del 2019 en China y que en marzo del año 2020 afectó a Guatemala, las ventas de repuestos disminuyeron respecto a los años anteriores. En el cuadro 15 se puede observar que al inicio del año 2020 las ventas mejoraron drásticamente respecto al año 2019, siendo el mes de febrero el de mayor mejoría con un 108%. Luego se puede observar que, en el mes de marzo, cuando la pandemia afectó a Guatemala las ventas mejoraron únicamente un 12% respecto al año 2019 y en el mes de abril las ventas decrecieron un 32%. Debido a la disminución de ventas se vio directamente afectado el valor del inventario ya que en el mes de marzo se compró para la demanda esperada del segundo trimestre del año 2020 y debido a la pandemia se tuvo un excedente de inventario. Por lo que si la demanda no hubiese sido afecta por esta situación, el valor del inventario hubiese disminuido aún más y por lo tanto la tasa de rotación de inventario hubiese mejorado aún más.

Cuadro 15. Análisis de impacto en las ventas debido a la pandemia

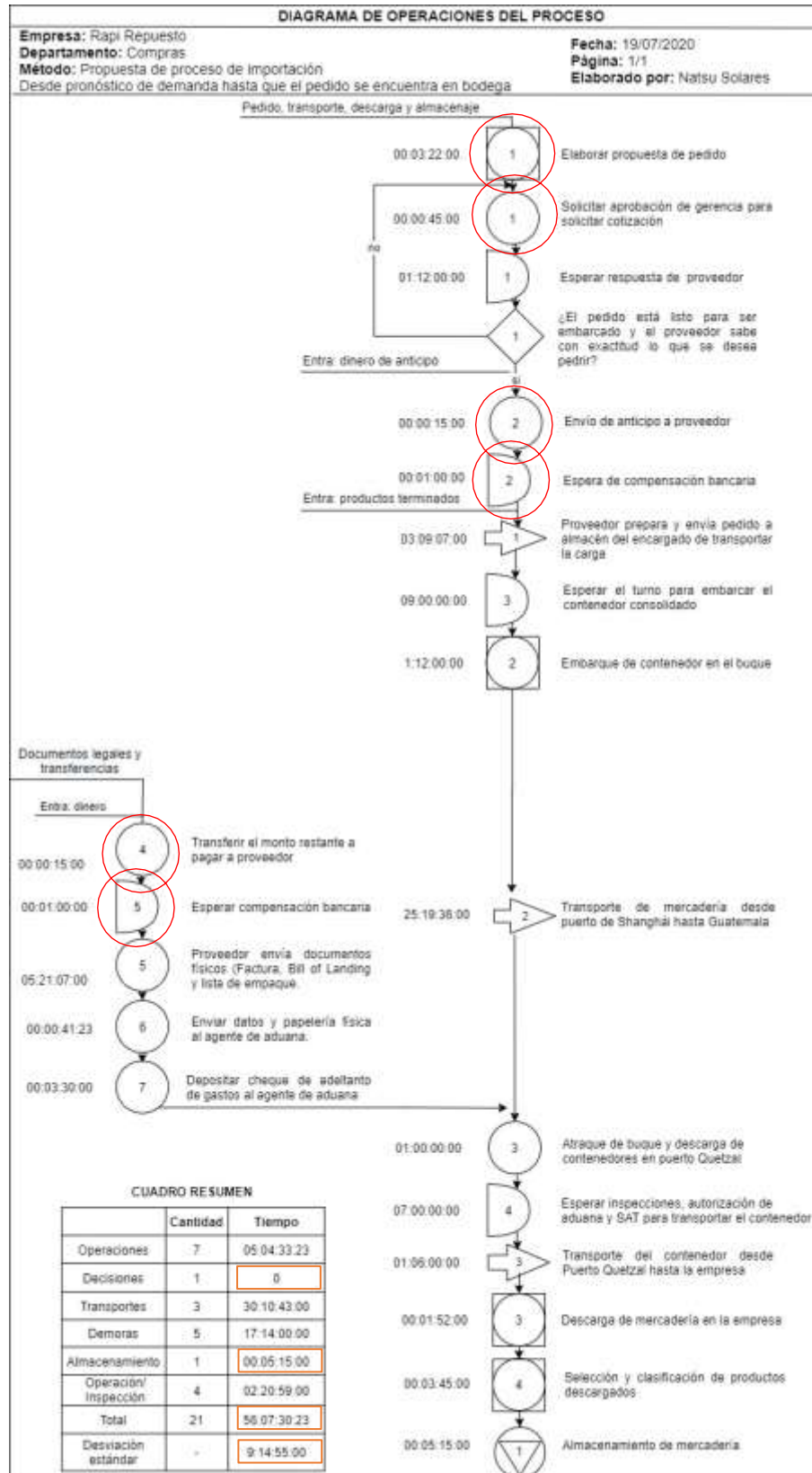
Año	2016	2017	2018	2019	2020	Cambio
Enero	Q654,830	Q505,700	Q345,151	Q428,490	Q557,043	30%
Febrero	Q617,443	Q547,658	Q436,974	Q322,593	Q672,070	108%
Marzo	Q607,051	Q489,212	Q384,318	Q408,537	Q457,231	12%
Abril	Q589,072	Q406,262	Q313,689	Q413,270	Q281,411	-32%
Mayo	Q470,354	Q506,049	Q454,974	Q478,715	Q442,718	-8%
Junio	Q496,183	Q496,747	Q376,193	Q372,418	Q400,962	8%
Julio	Q484,289	Q462,806	Q282,643	Q444,637	Q375,516	-16%
Agosto	Q480,302	Q577,545	Q175,382	Q434,502	-	-
Septiembre	Q515,990	Q357,384	Q149,416	Q517,017	-	-
Octubre	Q493,982	Q490,986	Q189,980	Q506,445	-	-
Noviembre	Q617,985	Q407,598	Q156,715	Q471,200	-	-
Diciembre	Q570,174	Q333,917	Q357,433	Q662,233	-	-

3. Reducción de tiempo del proceso actual de importación

Para evaluar la mejora del tiempo en el proceso de importación propuesto, se modificaron los tiempos estándar de las operaciones involucradas en la planificación de inventario según el tiempo que tomó implementar el modelo. Se modificaron tiempos de las operaciones, “Elaborar propuesta de pedido”, “Solicitar aprobación de gerencia para solicitar cotización”, entre otras operaciones. También se eliminaron demoras por espera de compensación bancaria al asumir que los pagos a proveedores se realizan por medio de la banca en línea.

En la siguiente página se encuentra el nuevo proceso de importación del método propuesto, los cambios realizados en el proceso o las sugerencias de cambios están resaltadas por un círculo de color rojo en el diagrama del proceso de importación. Los tiempos que se redujo se encuentran señalados por medio de un cuadro de color rojo. Al implementar el sistema de inventario propuesto se redujo el proceso de importación un total de 9 días, 11 horas, 47 minutos y 18 segundos en todas las operaciones. Y se redujo un total de 6 días, 17 horas y 55 minutos y 6 segundos en el flujo principal del proceso. Por lo tanto, el nuevo tiempo estándar de importación es de 49 días, 4 horas y 30 minutos con una desviación estándar de 9 días, 14 horas y 55 minutos. En el anexo 13 se encuentra el cuadro con los nuevos posibles tiempos estándar de cada operación del diagrama del proceso de importación de *Rapi Repuesto*.

Figura 28. Diagrama de operaciones del proceso de planificación de inventario sugerido



D. Reducción de costos del proceso actual de importación

A partir de la disminución de la cantidad de tiempo, se calculó la disminución de los costos en el proceso de importación por salarios de las personas involucradas. Las personas involucradas en la operación “Elaborar propuesta de pedido” son el jefe administrativo, el asistente administrativo y el encargado de bodega. Luego en las operaciones “Transferir anticipo o monto restante a proveedor” se encuentra involucrado el mensajero. Por lo que según el tiempo que se disminuyó el proceso y las personas involucradas en los mismos, de cuantificó la disminución de costos en el proceso de importación por salarios.

Para la disminución de costos se incluyó el salario, prestaciones laborales y cuotas patronales del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Instituto Técnico de Capacitación (INTECAP) e Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA). (Núñez Dubón y Asociados, 2013) No se tomó en cuenta costos de electricidad, internet, equipo de cómputo y hojas de papel utilizadas debido a que son despreciables.

Cuadro 16. Reducción de costos del proceso actual de importación

Componente pagado por el patrono	Jefe administrativo	Asistente administrativo	Bodeguero	Mensajero
Días de vacaciones	15	15	15	15
Días laborados	365	365	365	365
Salario mensual	Q 7,500.00	Q 4,500.00	Q 3,800.00	Q 3,000.00
Bonificación e incentivo mensual	Q 250.00	Q 250.00	Q 250.00	Q 250.00
Indemnización (Anual)	Q 8,750.00	Q 5,250.00	Q 4,433.33	Q 3,500.00
Vacaciones (Anual)	Q 3,750.00	Q 2,250.00	Q 1,900.00	Q 1,500.00
Aguinaldo (Anual)	Q 7,500.00	Q 4,500.00	Q 3,800.00	Q 3,000.00
Bono 14 (Anual)	Q 7,500.00	Q 4,500.00	Q 3,800.00	Q 3,000.00
IGGS mensual (10.67%)	Q 800.25	Q 480.15	Q 405.46	Q 320.10
IRTRA mensual (1%)	Q 75.00	Q 45.00	Q 38.00	Q 30.00
INTECAP mensual (1%)	Q 75.00	Q 45.00	Q 38.00	Q 30.00
Costo del salario total anual	Q 131,903.00	Q 80,341.80	Q 68,310.85	Q 54,561.20
Semanas al año	52	52	52	52
Horas de trabajo por semana	40	40	40	40
Horas de trabajo al año	2080	2080	2080	2080
Salario por hora	Q 63.41	Q 38.63	Q 32.84	Q 26.23
Tiempo ahorrado en el proceso (h)	11.83	4	4	4.5
Total ahorrado por importación (Q)	Q 750.20	Q 154.50	Q 131.37	Q 118.04
Total ahorrado anualmente (trimestral)	Q 3,000.80	Q 618.00	Q 525.48	Q 472.16
Total ahorrado anualmente (bimestral)	Q 4,501.20	Q 927.00	Q 788.22	Q 708.24

Como se puede observar en el Cuadro 16 para la cuantificación del ahorro se asumió que se pagan los 15 días de vacaciones al año, y se cuantificó el gasto por prestaciones laborales, que a pesar de que el trabajador no lo percibe todos los meses, la empresa lo paga en algún momento del año o cuando el trabajador finaliza sus labores en la empresa. Por lo tanto, se calculó el costo del salario anual de cada uno de los puestos involucrados en el proceso de importación y todos los pagos que el patrono realiza mensual, anualmente o de un único pago para obtener el gasto real por hora trabajada y así poder cuantificar con exactitud el ahorro que representa la disminución del tiempo del proceso de importación.

Luego debido a que en la empresa se trabaja un total de 5 días a la semana por 8 horas de trabajo diarias y 52 semanas al año, suma un total de 2080 horas de trabajo al año. A partir del salario anual y las horas trabajadas al año asumiendo que no existen descansos o feriados, se obtuvo el costo del salario por hora. Luego según la operación y el puesto de trabajo a partir del DOP del nuevo proceso de importación se obtuvo la reducción del tiempo. En el caso del jefe administrativo tuvo una reducción del tiempo para realizar el pedido de aproximadamente 11 horas y 49 minutos, el asistente administrativo y el encargado de bodega un total de 4 horas. Luego en las operaciones “Transferir anticipo y complemento del pago al proveedor” se tuvo una reducción del tiempo de 4 horas y 30 minutos, lo cual disminuye el costo por salario del mensajero ya que no tendría que ir al banco a realizar el depósito. En total al realizar la implementación de la gestión de inventario propuesta se obtendría una reducción de Q1,154.11 por concepto de salarios cada vez que se realiza un nuevo pedido. Asumiendo que se realizan 4 importaciones al año, el ahorro anual al realizar los pedidos trimestralmente sería de Q4,616.44 y de Q6,924.66 al realizar los pedidos bimestralmente.

VIII. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN E INDICADORES DE EFECTIVIDAD DE LOS MODELOS PROPUESTOS (OBJETIVO 3)

A. Plan de implementación

Para implementar la mejora de planificación de inventario en *Rapi Repuesto* se propone primero presentar a gerencia los resultados obtenidos del sistema de planificación y gestión de inventario trimestral y el bimestral para determinar cuál de los dos sistemas se desea utilizar. Esta decisión dependerá de si no se desea hacer compras locales o si se desea disminuir al máximo el inventario promedio permitiendo así compras locales. Una vez que gerencia determine el sistema de inventario que desea aplicar según sus objetivos, se puede implementar el mismo según la metodología propuesta en este trabajo. El plan de implementación consiste en establecer el objetivo general de la empresa, determinar las actividades a realizar según el objetivo, nombrar responsables, establecer indicadores y realizar capacitaciones de las personas involucradas en el proceso.

1. Objetivo

El objetivo de la empresa determinará el sistema de inventario que se seleccionará. El objetivo puede ser 1) Disminuir el costo total del producto en bodega y disminuir o eliminar las compras locales de productos para la venta. 2) Disminuir al máximo el costo del inventario disponible y permitir una mayor cantidad de compras locales.

2. Actividades que se realizarán

Las actividades que se realizarán en *Rapi Repuesto* para implementar la propuesta de mejora en la planificación de inventario son:

1. Preparar y presentar propuesta de gestión de inventario realizada para que esta sea autorizada por gerencia.
2. Nombrar a las personas involucradas en el proceso: gerente administrativo, asistente de gerente administrativo, jefe de ventas y encargado de bodega.
3. Realizar capacitaciones al personal según su puesto y tarea a cumplir. Primero realizando capacitaciones de Excel con el fin de utilizar correctamente las plantillas del sistema de planificación de inventario propuesto. La capacitación que se recomienda tener es de al menos nivel medio de Excel e indicar la lógica del programa RStudio para comprender el guion de RStudio para realizar el pronóstico de demanda de los ítems de la categoría "A".
4. Implementar capacitaciones semestrales sobre nueva gestión de inventario y realizar simulación para determinar la correcta implementación. En estas capacitaciones se deberá evaluar la efectividad del nuevo sistema de inventario, se debe dar retroalimentación a los encargados principales de la empresa y se buscará mejoras en el proceso.

a. Cronograma de actividades a realizar

Figura 29. Cronograma de implementación de método propuesto

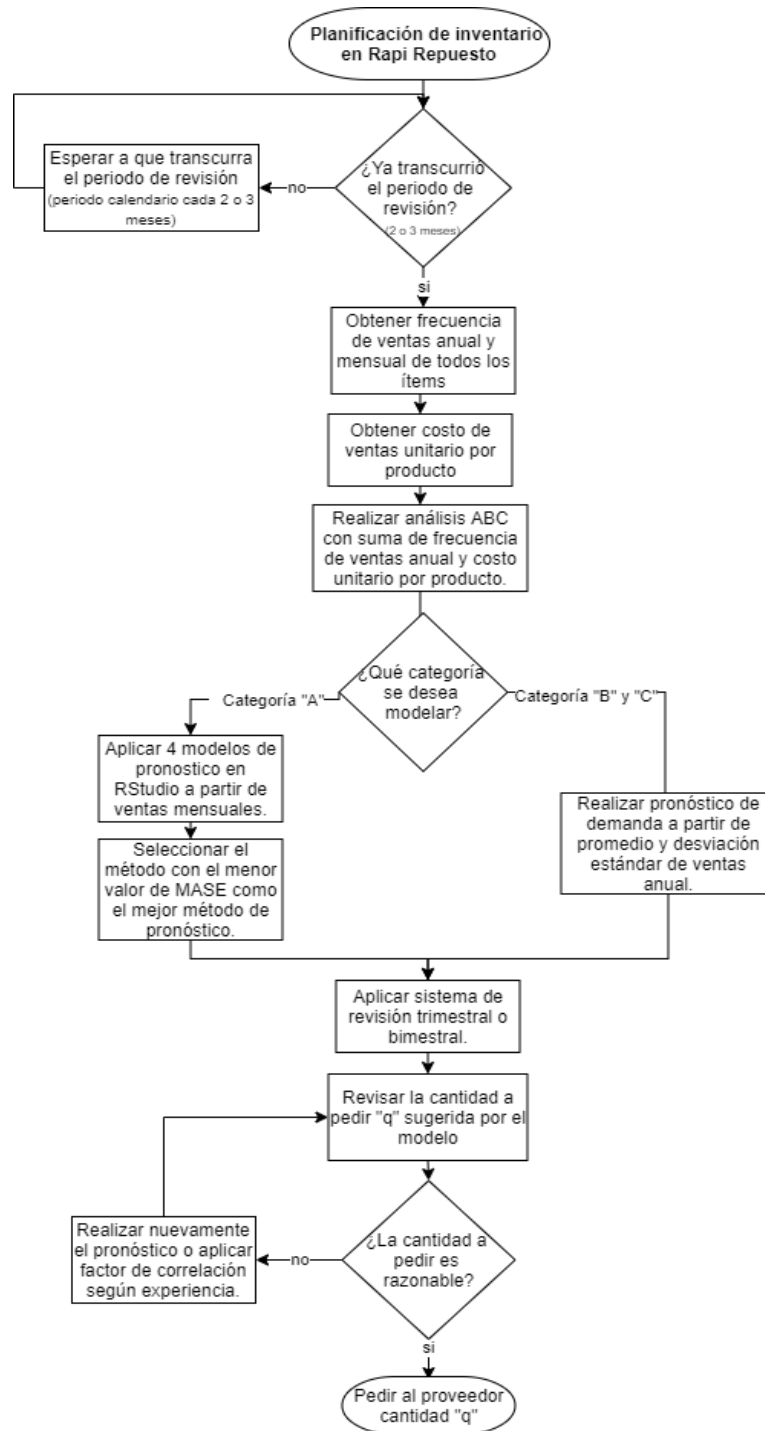


b. Detalle de actividades a realizar

1. Preparar propuesta de gestión de inventario a gerencia: presentación de Microsoft PowerPoint en la que se encuentre la situación actual: tasa de rotación de inventario del año 2019 y valor del inventario promedio. Luego presentar el método propuesto para la gestión de inventario y los resultados de la prueba piloto para que gerencia determine el periodo de revisión que desea implementar (trimestral o bimestral).

A continuación, en la Figura 30 se encuentra el diagrama de flujo del proceso de planificación de inventario propuesto. Este explica los pasos a seguir para poder entender la lógica del método propuesto para de esta forma poder implementarlo en *Rapi Repuesto*.

Figura 30. Proceso de planificación de inventario propuesto



2. Presentar a gerente general, gerente administrativo, asistente de gerente administrativo la mejora propuesta en una presentación que dure como máximo 30 minutos, de forma sencilla y rápida para mayor facilidad de comprensión. Resolver todas las dudas que puedan surgir durante la reunión y determinar la frecuencia del periodo para ordenar.
3. Realizar cambios que solicite gerencia para poder implementar el método en la empresa.
4. Realizar una reunión en la cual se le hable a los empleados involucrados en el proceso de compra los nuevos cambios que se realizarán y en la cual se delegarán los responsables.

Para tener una buena ejecución del modelo propuesto, es necesario delegar tareas específicas a cada una de las personas involucradas en el proceso de compra de repuesto nuevo. Por lo que a continuación se detalla las tareas específicas según el puesto de trabajo:

Gerente general

- Dar el consentimiento final para la cotización de los artículos a pedir.
- Tomar decisiones importantes y evaluar los resultados obtenidos y presentados por jefe administrativo.

Jefe administrativo

- Realizar pronósticos de ventas de los artículos “A”, “B” y “C” según el método propuesto.
- Ejecutar el modelo de planificación de inventario propuesto según el pronóstico obtenido y existencias actuales para obtener la cantidad “q” a ordenar ya sea trimestral o bimestralmente.
- Presentar los resultados del modelo de planificación de inventario al encargado de bodega y a vendedores de *Rapi Repuesto* para tener una segunda opinión y modificar el pedido de ser necesario y corregir el pedido de ser necesario.
- Luego de presentar el nuevo pedido al gerente general para su autorización y poder proceder con la cotización de los ítems.
- Medir las mejoras de indicadores como: tasa de rotación de inventario, días de inventario y tiempo para realizar el pedido.
- Presentar los resultados obtenidos a gerencia general al finalizar el periodo para la toma de decisiones empresariales.
- Crear formas de determinar la cantidad de productos no vendidos debido a la falta de inventario.
- Medir las mejoras económicas obtenidas con el método, por ejemplo, tasa de rotación de inventario, inventario promedio anual, inventario inicial y final para la toma de decisiones financieras de la empresa.
- Presentar una vez al año los resultados obtenidos.

Asistente de jefe administrativo:

- Obtener frecuencia de ventas mensual y anual de los 458 SKU.
- Actualizar los costos promedio de inventario al menos una semana antes de que culmine el periodo de revisión.
- Actualizar el inventario de repuestos un día antes de que se realice el pronóstico de ventas del próximo periodo.

- Corregir códigos identificadores de los ítems y estandarizar los nombres.
5. Realizar capacitaciones de nivel medio de Excel las cuales se realizarían en línea por un total de 24 horas distribuidas en 3 horas diarias por 8 días. Las capacitaciones las tomarán las 2 personas encargadas de utilizar las plantillas y de implementar el sistema propuesto (gerente administrativo y asistente de gerente administrativo). (Motion Studios, 2020)
 6. Preparar capacitaciones según el puesto de trabajo: gerente administrativo, asistente administrativo, jefe de ventas y encargado de bodega.
 7. Implementar capacitaciones según el puesto y capacitación general para aclarar todo tipo de dudas respecto a la implementación y trabajo en equipo.
 8. Realizar simulacro para determinar si el método propuesto está siendo implementado correctamente. El simulacro se realizará en los primeros 6 meses del año 2020, si los resultados obtenidos por los empleados son los mismos obtenidos en este trabajo se puede comprobar que fue implementado correctamente.
 9. Si al realizar el simulacro los resultados no son favorables, se deberá realizar nuevamente la capacitación y esta vez se deberá resolver específicamente todas las dudas. De igual forma se debe realizar capacitaciones cada 6 meses para afianzar conceptos o presentar nuevas ideas y nuevos métodos para llevar a cabo la nueva gestión de inventario.

c. Costo de actividades a realizar

Cuadro 17. Costo de actividades a realizar (Plan de implementación)

Actividad	Costo asociado	
Autorización		
Preparar propuesta de gestión de inventario a gerencia	Q	317.05
Presentar propuesta a gerencia	Q	102.04
Realizar cambios o modificaciones que solicite gerencia	Q	317.05
Preparación		
Nombrar a los encargados del proceso de compras sus nuevas funciones	Q	63.41
Capacitación de nivel medio de Excel	Q	1,998.00
Preparar capacitación para todos los puestos involucrados	Q	951.15
Implementación		
Implementar capacitaciones sobre nueva gestión de inventario	Q	317.05
Realizar simulación de gestión de inventario	Q	102.04
Corregir errores y explicar nuevamente de ser necesario	Q	63.41
TOTAL	Q	4,231.20

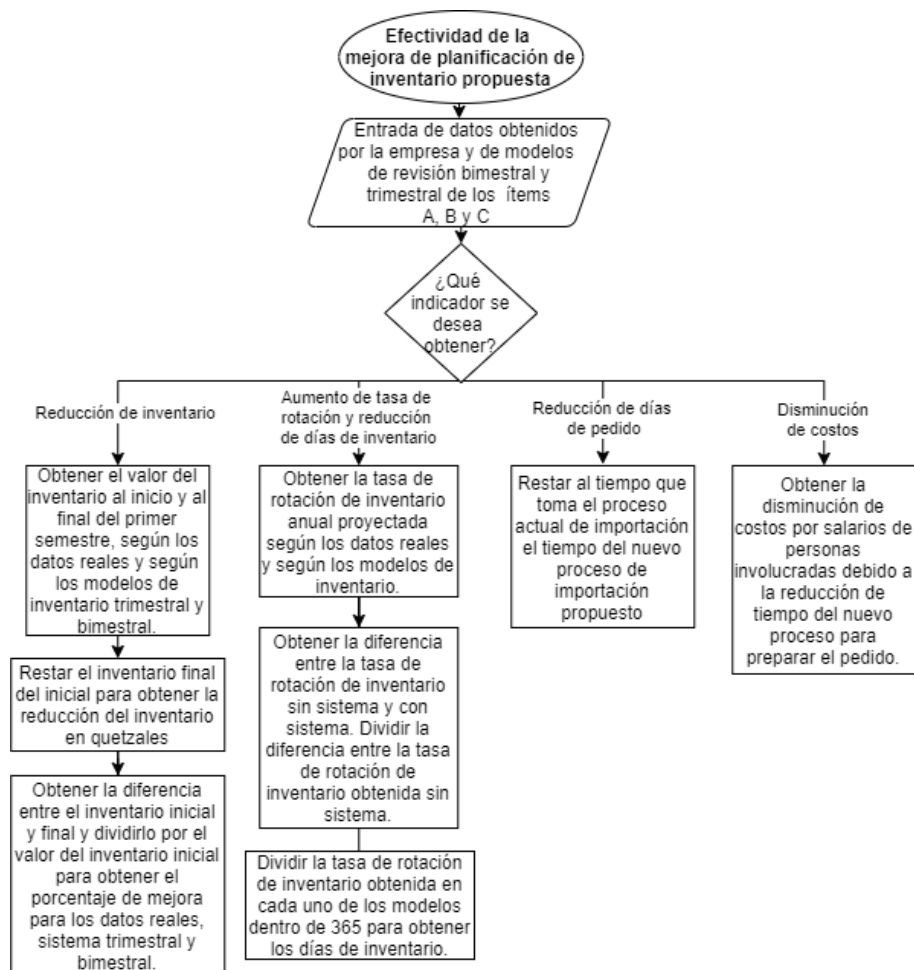
Como se puede observar en el Cuadro 17 se encuentra el costo total de realizar la implementación de la gestión de inventario propuesto, lo cual es un total de Q 4,231.20. En la fase de autorización se tomó en cuenta la cantidad de horas que invertirá cada puesto de trabajo y por lo tanto se costó en base a su salario. Luego en la fase de preparación también se tomó en cuenta los salarios y 2 capacitaciones de Excel para el jefe administrativo y para el asistente del jefe administrativo. Por último, en la fase de implementación también se tomó en cuenta el costo del salario de las personas involucradas en el proceso.

B. Indicadores de efectividad de los modelos

Para evaluar la mejora del método de planificación de inventario propuesto, se debe comparar los resultados obtenidos con los datos reales. Es decir, los resultados de la proyección con los resultados realmente obtenidos por la empresa el primer semestre del año 2020.

A continuación, en la Figura 31 se muestra el diagrama de flujo que muestra los indicadores de efectividad que se debe utilizar:

Figura 31. Indicadores de efectividad de la mejora propuesta



Debido a que los modelos de inventario se obtienen en dos partes, es decir se consigue primero el modelo trimestral o bimestral de la categoría “A” y luego el modelo trimestral o bimestral de las categorías “B” y “C”, por lo tanto, es necesario unir los resultados de las 3 categorías de repuestos para poder evaluar la efectividad del método propuesto y para evaluar si en efecto el simulacro se realizó correctamente. Los indicadores que se recomienda utilizar para evaluar la efectividad de los métodos propuestos al final del periodo son: disminución del inventario al final del primer semestre, mejora de la tasa de rotación de inventario anual, disminución de días de inventario de los modelos propuestos, disminución de la cantidad de días del proceso de importación y disminución de costos debido a la reducción de tiempo para realizar el pedido. Este trabajo de recolección de datos se puede realizar mensualmente para luego en el momento que transcurra el tiempo de ordenar, estén listos todos los datos a utilizar.

Es necesario también tomar en cuenta la posible resistencia al cambio para implementar este nuevo método por parte del personal, ya que el método utilizado anteriormente era más sencillo y empírico. Por lo tanto, es importante tener reuniones con las personas involucradas para que estas estén enteradas de la importancia de gestionar de esta nueva forma el inventario ya que permitirá que se aumente la tasa de rotación de inventario, que disminuya el valor del inventario y disminuirá costos de ordenar. La magnitud de esta mejora dependerá del objetivo principal de la empresa, si la empresa desea disminuir al máximo su inventario se recomienda utilizar el método de planificación de inventario de periodo de revisión bimestral y tendrá que permitir compras locales en caso de que se quede sin stock. Pero si la empresa desea disminuir al máximo las compras locales y disminuir el valor total del inventario, se recomienda el método de planificación de inventario trimestral. A pesar de que este método no es el que minimiza al máximo el valor del inventario, lo mantiene en un nivel razonable.

IX. CONCLUSIONES

1. El proceso actual de importación de repuestos tiene un tiempo estándar de duración de 55 días y 22 horas y una desviación estándar de 10 días y 13 horas.
2. Según el análisis ABC, 72 o el 15.7% de los ítems de inventario generan el 80% del volumen total de ventas en quetzales. 88 SKU o el 19.2% de los ítems representa un 15% del volumen total de ventas y 298 SKU o el 65.1% de los ítems representa el 5% del volumen total de ventas restante.
3. El método de suavizamiento exponencial ETS no fue utilizado para ninguna predicción de demanda de los 72 ítems de la categoría “A”, el método *Bagged ETS* se utilizó para pronosticar el 9.7% de los ítems, el método ARIMA se utilizó para pronosticar el 11.1% y el método STLM pronosticó el 79.2%
4. Comparado con el año 2019, la tasa de rotación de inventario del modelo trimestral mejoró un 37.7% y la bimestral mejoró un 46% y comparado con el año 2020 la tasa de rotación de inventario para el modelo de revisión trimestral se obtuvo una mejora del 11.9% y para el bimestral una mejora del 19.0%.
5. Para implementar la nueva gestión de inventario se recomienda dividir el proceso en 3 fases: autorización del proyecto, preparación y por último implementación del mismo. También se definieron los indicadores para medir la efectividad del sistema propuesto, como por ejemplo, valor del inventario al final del mes, tasa de rotación y días de inventario.

X. RECOMENDACIONES

1. Implementar en *Rapi Repuesto* un sistema de recursos empresariales ERP (Planificación de Recursos Empresariales por sus siglas en inglés, ver anexo 4) para poder conocer en tiempo real las existencias del producto y así poder optar por un sistema de inventario de revisión continua para disminuir el inventario al mínimo debido a que la empresa no cuenta actualmente con un sistema ERP.
2. Cambiar las transacciones internacionales a proveedores por medio de cheques a transacciones internacionales electrónicas para disminuir a 51 días en promedio el tiempo que se toma desde que se realiza el pedido hasta que el producto se encuentra en bodegas de la empresa.
3. Realizar la implementación del sistema de inventario con los motores automotrices que ofrece la empresa.
4. Determinar si se desea tomar en cuenta para próximos pedidos los 116 SKU de la categoría “C” que no aportaron al volumen total de ventas debido a que no se vendió ningún ítem en los 4 últimos años. Si la empresa decide eliminar estos ítems del inventario, se tendrían 72 artículos en la categoría “A”, 88 en la categoría “B” y 182 en la categoría “C”, para tener un total de 342 SKU.
5. Corregir el código identificador de los SKU en el documento de inventario, por ejemplo, sustituir el código CUL-HIU-0002 por el código CUL-HYU-0002 o sustituir el código STA-FOR-0003 por el código EST-FOR-0003. Para esto se recomienda realizar una capacitación una vez por año o cada vez que la persona encargada de facturación sea distinta.
6. Tomar en cuenta para futuras proyecciones de demanda los productos vendidos y la cantidad de productos no despachados debido a la falta de inventario. Ya que este también es un dato importante para realizar correctamente los pronósticos de ventas y que los modelos se vayan ajustando cada vez más a la realidad.
7. Utilizar un sistema de conteo cíclico del inventario con base en el análisis ABC para contar las existencias de los productos. Por ejemplo, contar mensualmente los artículos que pertenecen a la categoría “A”, cada tres meses los de la categoría “B” y cada 6 meses los de la “C”.
8. Debido a que los modelos de planificación de inventario solicitan únicamente la cantidad necesaria para un periodo, ya sea trimestral o bimestral, se recomienda informar al proveedor con dos periodos de anticipación el inventario que se necesitará en el siguiente periodo para asegurar que no existan retrasos en la importación debido a la falta de producto desde que se realice por primera vez la planificación de inventario
9. Se recomienda tomar en cuenta factores como variación de ventas, variación de tiempos de entrega en una situación como la sucedida en la pandemia COVID-19. Es importante tomar esto en cuenta para la planificación de inventario y así establecer un plan de acción antes este tipo de situaciones.

XI. LITERATURA COSULTADA

- Avendaño, G. (29 de agosto de 2008). *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4489277>
- Ayala, D. (4 de diciembre de 2018). *Marcas de Coches*. Obtenido de https://motorgiga.com/marcas-de-coches?testAB=testC&utm_expid=.sACrP8eKS0yNeHEQ-CvysA.2&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
- Ballou, R. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. México, D.F.: Pearson Educación. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=ii5xqLQ5VLgC&dq=medidas+en+el+manejo+de+inventario&hl=es&source=gb_s_navlinks_s
- Barrera, Ó., & Casanova, R. (2015). *Logística y comunicación en un taller de vehículos* (Segunda ed.). Madrid, España: Ediciones Paraninfo, S.A. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=E7YbCgAAQBAJ&pg=PA137&dq=principio+de+pareto+inventario+ABC+PORCENTAJES&hl=es&sa=X&ved=0ahUKÉwiLqvG4gqLnAhUJr1kKHUc0DSOQ6AEIJzAA#v=onepage&q=principio%20de%20pareto%20inventario%20ABC%20PORCENTAJES&f=false>
- Berenson, M., Levine, D., & Krehbiel, T. (2006). *Estadística para la administración*. México, D.F.: Pearson Educación. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=Aw2NKbDJozC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Bergmeir, C., Hyndman, R., & Benítez, J. (2014). Bagging Exponential Smoothing Methods using STL Decomposition and Box-Cox Transformation. *Working Paper*, 2-18. Obtenido de <https://robjhyndman.com/papers/BaggedETS-wpaper.pdf>
- Bidgoli, H. (2004). *The Internet Encyclopedia*. California: John Wiley & Sons, Inc. Obtenido de: https://books.google.com.gt/books?id=ACfBmYiNaTcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Blanchard, B., & Blyler, J. (2016). *System Engineering Management* (Quinta ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. Obtenido de https://www.academia.edu/28220269/SYSTEM_ENGINEERING_MANAGEMENT_5th_Edition
- Charpentier, A. (15 de octubre de 2013). *R-bloggers: Generating your own normal distribution table*. Obtenido de <https://www.r-bloggers.com/generating-your-own-normal-distribution-table/>
- Chase, R., & Jacobs, R. (2014). *Administración de Operaciones, producción y cadena de suministros* (Decimotercera ed.). D.F., México: McGraw-Hill.
- Cruz, A. (2017). *Gestión de inventarios*. Málaga: IC editorial. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=Dw9aDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=MEDIDAS+DE+EFECTIVIDAD+DE+MANEJO+DE+INVENTARIOS&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwidq5jywrnqAhXhRt8KHdaKCKQQ6AEwA3oECAgQA#v=onepage&q&f=true>
- CSI Market. (2020). *Asset Turnover Ratio Industry Ranking*. Obtenido de https://csimarket.com/Industry/industry_Efficiency.php?ind=1309&hist=4
- Date, S. (8 de noviembre de 2019). *The Akaike Information Criterion: Towards Data Science*. Obtenido de Towards Data Science: <https://towardsdatascience.com/the-akaike-information-criterion-c20c8fd832f2>

- Emery, D., Finnerty, J. D., & Stowe, J. (2000). *Fundamentos de administración financiera*. México, D.F.: Pearson Educación. Obtenido de: https://books.google.com.gt/books?id=isR9DyNXdDwC&dq=tasa+de+rotaci%C3%B3n+de+inventario&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Franses, P. (2015). A note on the Mean Absolute Scaled Error. *International Journal of Forecasting*, 20–22. Obtenido de <https://repub.eur.nl/pub/78815>
- Galán, E., & Carbajo, F. (2012). *Marcas y distribución comercial de vehículos*. Salamanca: Ediciones. Universidad de Salamanca. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=PKsxoOBKOqMC&pg=PA267&dq=marcas+de+veh%C3%ADculos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwibjppqZILTqAhWodN8KHQFLCj0Q6AEwAHOECAEQAg#v=onepage&q=marcas%20de%20veh%C3%ADculos&f=false>
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Séptima ed.). México, D.F.: Pearson Educación .
- Hernández, C. (2007). *Análisis Administrativo: Técnicas y métodos* . San José: EUNED. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=Bptc1C9T8ioC&dq=DEFINICION+DE+ORGANIGRAMA&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Hill, A. (2012). *The Encyclopedia of Operations Management: A Field Manual and Glossary of Operations Management Terms and Concepts*. New Jersey: Pearson Education, Inc. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=QCXWIDU1OH8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Honda Motor Co.,Ltd. (19 de junio de 2020). *Productos Honda*. Obtenido de: <https://www.honda.co.jp/>
- Hyndman, R. (2018). *Forecasting using ETS models*. Obtenido de <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/reference/forecast.ets.html>
- Hyndman, R., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice* (Segunda ed.). Australia: Otexts. Obtenido de <https://otexts.com/fpp2/>
- Hyndman, R., & Khandakar, Y. (Julio de 2008). Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R. *Journal of Statistical Software*, 1-22. Obtenido de <https://www.jstatsoft.org/article/view/v027i03>
- Hyndman, R., & Koehler, A. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, XXII, 679-688. doi:10.1016
- Hyndman, R., Athanasopoulos, G., Bergmeir, C., Caceres, G., Chhay, L., Petropoulos, F., & Razbash, S. (2020, Febrero 9). *Forecasting using stl objects: Forecast 8.12*. Retrieved from <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/reference/forecast.stl.html>
- Jiménez, J. (2006). *Un análisis del sector automotriz y su modelo de gestión en el suministro de las autopartes*. México, D.F.: Secretaria de comunicaciones y transportes, Instituto Mexicano del Transporte. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt288.pdf>
- Keat, P., & Young, P. (2004). *Economía de empresas* (Cuarta ed.). D.F., México: Pearson Educación México. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=GPVj7aqTXZAC&pg=PA83&dq=definici%C3%B3n+de+oferta+y+demandas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi-6P61x9LnAhXFwFkKHai-BA4Q6AEIUDAF#v=onepage&q=definici%C3%B3n+de+oferta+y+demandas&f=true>
- Kelton, W., Sadowski, R., & Sadowski, D. (2002). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill.
- Law, A., & Kelton, D. (1991). *Simulation modeling & analysis* . Singapore: McGraw-

- Hill. Made in China. (2019). *22r Cylinder Head for Toyota*. Obtenido de <https://china-ml.en.made-in-china.com/product/sNHQXxFPMhcd/China-22r-22re-2-4-Cylinder-Head-for-Toyota-11101-35060-11101-35050.html>
- McKenna, R. (14 de Enero de 2020). *Differences between car parts: OEM vs genuine vs aftermarket*. Obtenido de <https://www.finder.com/car-insurance-genuine-car-parts>
- Mora, J. (21 de enero de 2011). *Importar de China*. Obtenido de <https://www.importardechina.com/>
- Motion Studios. (2020). *Curso de Excel nivel básico a avanzado*. Obtenido de <https://mottionstudios.com/guatemala/cursos-presenciales/curso-de-excel.html>
- Naylor, T., Balintfy, J., Burdick, D., & Chu, K. (1966). *Computer Simulation Techniques*. New York: Wiley.
- Núñez Dubón y Asociados. (2 de octubre de 2013). *Principales obligaciones laborales en Guatemala: Nuñez Dubón y Asociados*. Obtenido de <http://www.nunezdubonyasociados.com/sitio/index.php/noticias/347-principales-obligaciones-laborales-en-guatemala>
- Parmenter, D. (2007). *Pareto's 80/20 Rule for Corporate Accountants*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=4Uo8cBKyyScC&pg=PR15&dq=pareto+principale+80%25+20%25&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiDjqHZnJpAhVChAKHf7RBhUQ6AEIOzAC#v=onepage&q=pareto%20principle%2080%25%2020%25&f=true>
- Parra, F. (2005). *Gestión de stocks*. Madrid: Esic Editorial. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=W4vBVvEGjS8C&pg=PA137&dq=beneficios+de+tener+una+rotaci%C3%B3n+de+inventario+menor&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiwvaKN3aznAhXImOAKHRfRBfIQ6AEIJzAA#v=onepage&q=beneficios%20de%20tener%20una%20rotaci%C3%B3n%20de%20inventario%20>
- Ramos, D. (12 de abril de 2018). *Hybrid & Diesel Motor*. Obtenido de Los motores de segunda mano: una opción económica: <https://hydmotores.com/contamos-deberias-comprar-motor-usado/>
- Räni, E. (2018). *Prediction Model for Tendencies in Cybersecurity*. Tartu: University of Tartu. Obtenido de https://comserv.cs.ut.ee/home/files/ranisoftwareengineering_2018.pdf?study=ATILoputoo&reference=95778B1DEF64B8CC07CE84E15995367BCAEAD535
- Sakamoto, Y., Ishiguro, M., & Kitagawa, G. (1986). *Akaike Information Criterion Statistics*. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Santos, F., Álvarez, D., & Salazar, F. (2014). On Modeling of Logistic Overnight in Airlines. *Industrial and Systems Engineering Research Conference* (pág. 2468). Bogotá: Y. Guan and H. Liao, eds.
- Schmueli, G., & Lichtendahl, K. (2016). *Practical time series forecastin with R: a hands-on guide* (Segunda ed.). Florida: Axelrod Schnall Publishers.
- Sreeraman, G. (2002). *Commerce Server 2000: Building e-Business Solutions*. Indiana: Sams Publishing. Obtenido de https://books.google.com.gt/books?id=mCQyK7_2jMkC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Gopal+Sreeraman%22&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjAvaikiLTqAhUjSN8KHS9YBKoQ6AEwAHoECAAQAq#v=onepage&q&f=false
- Superintendencia de Administración Tributaria. (8 de junio de 2020). *Análisis Estadístico del Parque Vehicular*. Obtenido de <https://portal.sat.gob.gt/portal/parque-vehicular/>

- Vaughan, D. (12 de febrero de 2019). *RStudio Community*. Obtenido de RStudio Community:<https://community.rstudio.com/t/how-to-compare-a-forecast-model-to-actual-data-and-what-is-uncertainty/23598>
- Wiegand, G. (2003). *Análisis de negocios con Excel XP* (Segunda ed.). D.F., México: Pearson Educación. Obtenido de <https://books.google.com.gt/books?id=1ITAVW4y49MC&pg=PA171&dq=f%C3%B3rmula+rotaci%C3%B3n+de+inventario&hl=es&sa=X&ved=0ahUKÉwin7tHS36znAhXSc98KHehnBNsQ6AEIJzAA#v=onepage&q=f%C3%B3rmula%20rotaci%C3%B3n%20de%20inventario&f=true>
- Yanagihara, H., Kamo, K.-I., Imori, S., & Yamamura, M. (Julio de 2017). A study on the bias- correction effect of the AIC for selecting variables in normal multivariate linear regression models under model misspecification. *Revstat*, XV(3), 299-332. Obtenido de https://www.ine.pt/revstat/pdf/REVSTAT_v15-n3-1.pdf

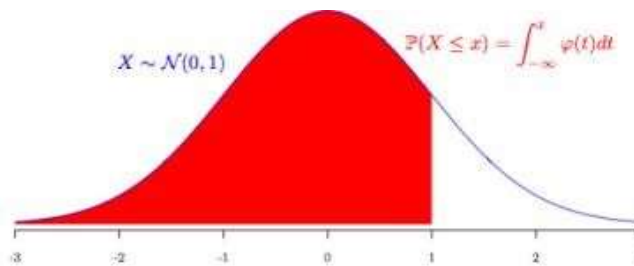
XII. ANEXOS

1. Ventas totales y utilidad bruta del año 2019 de *Rapi Repuesto*

ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2019 (Millones de Quetzales)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Ventas totales Utilidad Bruta	1.22	1.05	1.1	1.02	1.24	1.24	1.31	1.39	1.34	1.29	1.3	1.65	1.26
Motores	0.58	0.4	0.44	0.42	0.47	0.63	0.52	0.55	0.55	0.39	0.43	0.55	0.49
Ganancia motores	0.79	0.73	0.69	0.61	0.77	0.87	0.86	0.95	0.82	0.79	0.83	0.99	0.81
Repuestos nuevos	0.4	0.27	0.28	0.23	0.34	0.47	0.33	0.38	0.36	0.21	0.26	0.2	0.31
Utilidad bruta de repuestos nuevos	0.43	0.32	0.41	0.24	0.46	0.37	0.44	0.43	0.52	0.51	0.47	0.66	0.44
% de utilidad bruta de repuestos nuevos respecto la total	31%	32%	38%	45%	26%	25%	36%	32%	35%	45%	38%	64%	37.34%

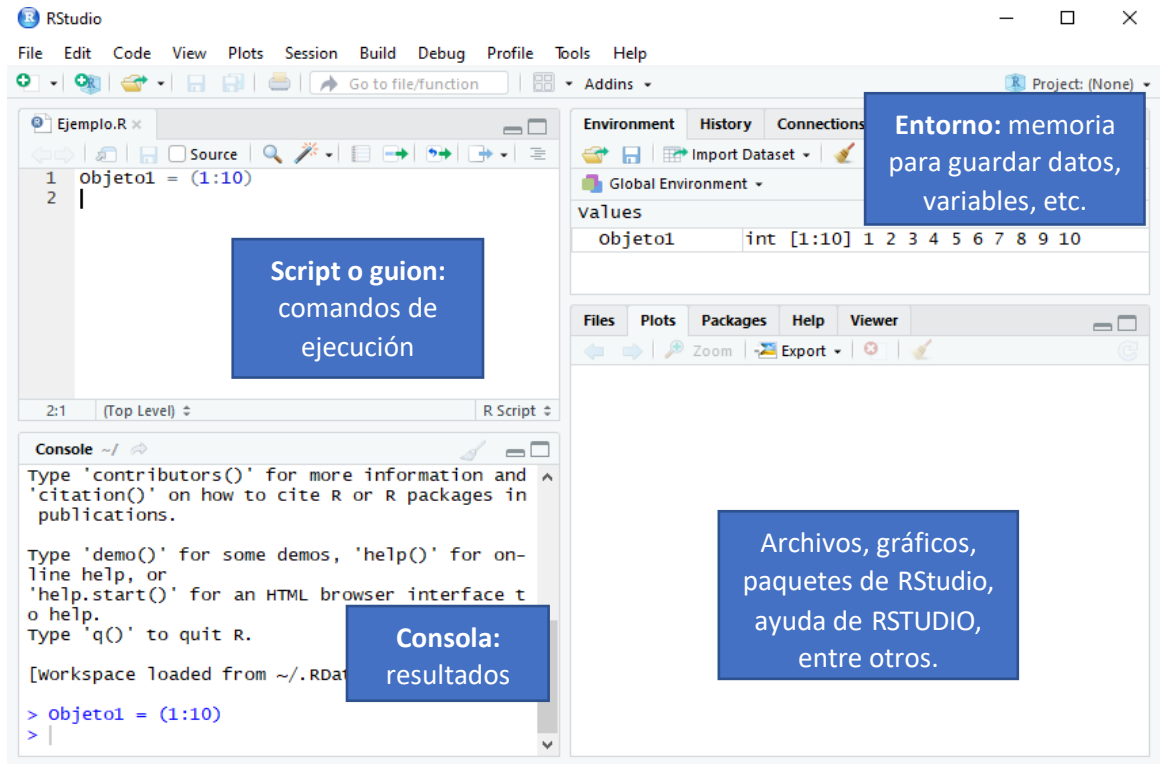
2. Tabla Z



	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952

(Charpentier, 2013)

3. Interfaz De RStudio



4. Glosario

Palabra	Definición
SKU	Significa, <i>Stock Keeping Unit</i> por sus siglas en inglés. La traducción es unidad de mantenimiento de stock y es un identificador, combinación única de propiedades de un producto almacenado en un lugar específico. (Sreeraman, 2002)
Serie de motor	Familia de motores o código identificador que denota características específicas de un motor, como marca, tipo de combustible, cantidad de cilindros, cilindros cúbicos del motor, potencia, entre otras. Por ejemplo, una serie de motor Honda es la serie "P". Estos son motores de 4 cilindros y existen 2 distintos motores: P07A y P07A turbo. (Honda Motor Co.,Ltd, 2020)
Sistemas ERP	Significa, <i>Enterprise Resource Planning</i> , por sus siglas en inglés. Son sistemas integrados por medio de computadora que maneja los recursos internos y externos de una organización. Estos recursos pueden ser bienes intangibles, recursos financieros, materiales y recurso humano. (Bidgoli, 2004)

5. Ejemplos de SKU de repuesto nuevo de *Rapi Repuesto*

SKU
CAJ-TOY-0003
CAT-TOY-0003
CAJ-TOY-0001
CUL-MAZ-0023
CUL-TOY-0060
CUL-TOY-0026
CUL-MIT-0005
CUL-TOY-0058
CUL-ISU-0001
COR-TOY-0003

6. Ejemplo de formato de inventario de *Rapi Repuesto*

Información del repuesto				Inventario Inicial			Importaciones y compras			Unidades vendidas en el mes	Inventario Final		
Marca	Serie	Repuesto	Código o SKU	Unidades	Costo Unitario	Costo total	Unidades	Costo Unitario	Costo total		Unidades	Costo Unitario	Costo total
Toyota	2KD	Culata Básica	CUL-TOY-0010	8	Q 828.69	Q 6,629.51	0	-	-	2	6	Q 828.69	Q 4,972.13
Nissan	Z5	Culata Completa	CUL-NIS-0001	12	Q 1,028.69	Q12,344.27	0	-	-	1	11	Q1,028.69	Q11,315.58

7. Histórico de ventas de repuesto nuevo (2016-2019)

Ventas de repuestos (Millones de Quetzales)													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
2019	0.43	0.32	0.41	0.41	0.48	0.37	0.44	0.43	0.52	0.51	0.47	0.66	5.46
2018	0.35	0.44	0.38	0.31	0.45	0.38	0.28	0.18	0.15	0.19	0.16	0.36	3.62
2017	0.51	0.55	0.49	0.41	0.51	0.50	0.46	0.58	0.36	0.49	0.41	0.33	5.58
2016	0.65	0.62	0.61	0.59	0.47	0.50	0.48	0.48	0.52	0.49	0.62	0.57	6.60

8. Costo de ventas histórico (2016-2019)

COSTO DE VENTAS DE REPUESTO NUEVO (Millones de Quetzales)														
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Promedio
2019	0.25	0.19	0.24	0.23	0.33	0.21	0.25	0.26	0.33	0.33	0.31	0.31	3.23	0.27
2018	0.18	0.21	0.19	0.16	0.23	0.19	0.13	0.18	0.15	0.19	0.16	0.36	2.31	0.19
2017	0.32	0.53	0.29	0.19	0.26	0.27	0.26	0.23	0.19	0.35	0.20	0.16	3.25	0.27
2016	0.37	0.31	0.33	0.31	0.34	0.31	0.35	0.34	0.28	0.26	0.34	0.31	3.83	0.32

9. Histórico de valor de inventario de repuesto nuevo (2016-2019)

Inventario de Repuestos (Millones de Quetzales)														
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio	
2019	4.10	3.91	3.71	3.49	4.09	3.91	3.67	3.43	3.79	3.49	3.19	3.84	3.72	
2018	3.11	4.50	4.39	4.24	4.01	3.83	3.92	4.38	4.23	4.05	3.89	4.34	4.07	
2017	3.53	3.73	3.45	3.26	4.21	3.94	3.71	3.50	3.33	3.62	3.43	3.28	3.58	
2016	3.49	3.23	2.91	2.68	2.65	2.86	2.90	3.70	3.44	3.66	3.33	3.60	3.20	
Promedio	3.56	3.84	3.61	3.42	3.74	3.63	3.55	3.75	3.70	3.70	3.46	3.76	3.64	

10. Tiempos para del diagrama del proceso de importación actual (DOP)

Operación	Repeticiones de operaciones								Promedio	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Transporte de mercadería desde destino hasta Guatemala (días)	25	25	26	25	28	25	27	25	25.8	1.16
Elaboración de propuesta de pedido (días)	1	1	2	1	1	1	2	1	1.3	0.46
Preparar documento y Envío de cotización a proveedor (minutos)	33	31	22	30	33	27	22	25	27.9	4.55
Espera de cotización del proveedor (días)	1	2	3	1	2	1	1	1	1.5	0.76
Envío de anticipo (horas)	1	3	5	1	2	3	1	4	2.5	1.51
Espera por compensación bancaria (días)	3	4	2	3	5	4	5	3	3.6	1.06
Proveedor prepara y envía pedido a almacén del encargado de transportar la carga (días)	2	3	4	3	3	5	3	4	3.4	0.92
Esperar turno para embarcar (días)	11	8	10	8	12	7	7	9	9.0	1.85
Embarque del contenedor en el Buque (días)	1	1	3	2	1	1	2	1	1.5	0.76
Atraque de buque en Puerto Quetzal (días)	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0	0.00
Proveedor envía documentos físicos (Factura, Bill of Landing y lista de empaque. (días)	5	6	7	5	7	6	5	6	5.9	0.83
Enviar dinero restante a proveedor (horas)	5	4	3	3	3	5	5	4	4.0	0.93
Enviar datos y papelería solicitada (minutos)	41	38	45	43	41	40	42	41	41.4	2.07
Depositar cheque de adelanto de gastos al agente de aduana (horas)	5	2	3	4	3	4	3	4	3.5	0.93
Esperar autorización de aduana para transporte del contenedor (días)	8	5	8	6	6	11	5	7	7.0	2.00
Transporte del contenedor desde Puerto Quetzal hasta la empresa (días)	1	1	1	2	1	1	1	2	1.3	0.46
Descarga de mercadería en la empresa (horas)	2	1.5	2	3	2	1	1.5	2	1.9	0.58
Selección y clasificación de productos descargados (horas)	5	2	4	4	6	3	4	2	3.8	1.39
Almacenamiento de mercadería (horas)	5	6	4	7	5	6	5	4	5.3	1.04

11. Tiempos para del diagrama del proceso de importación del sistema de inventario propuesto (Nuevo DOP)

OPERACIÓN	REPETICIONES DE OPERACIONES									Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio	
Transporte de mercadería desde destino hasta Guatemala (días)	25	25	26	25	28	25	27	25	25.8	1.2
Elaboración de propuesta de pedido (días)	1	1	2	1	1	1	2	1	1.3	0.5
Preparar documento y Envío de cotización a proveedor (minutos)	33	31	22	30	33	27	22	25	27.9	4.5
Espera de cotización del proveedor (días)	1	2	3	1	2	1	1	1	1.5	0.8
Envío de anticipo (horas)	1	3	5	1	2	3	1	4	2.5	1.5
Espera por compensación bancaria (días)	3	4	2	3	5	4	5	3	3.6	1.1
Proveedor prepara y envía pedido a almacén del encargado de transportar la carga (días)	2	3	4	3	3	5	3	4	3.4	0.9
Esperar turno para embarcar (días)	11	8	10	8	12	7	7	9	9.0	1.9
Embarque del contenedor en el Buque (días)	1	1	3	2	1	1	2	1	1.5	0.8
Atraque de buque en Puerto Quetzal (días)	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0	0.0
Proveedor envía documentos físicos (Factura, Bill of Landing y lista de empaque. (días)	5	6	7	5	7	6	5	6	5.9	0.8
Enviar dinero restante a proveedor (horas)	5	4	3	3	3	5	5	4	4.0	0.9
Enviar datos y papelería física al agente de aduana.	41	38	45	43	41	40	42	41	41.4	2.1
Depositar cheque de adelanto de gastos al agente de aduana (horas)	5	2	3	4	3	4	3	4	3.5	0.9
Esperar autorización de aduana para transporte del contenedor (días)	8	5	8	6	6	11	5	7	7.0	2.0
Transporte del contenedor desde Puerto Quetzal hasta la empresa (días)	1	1	1	2	1	1	1	2	1.3	0.5
Descarga de mercadería en la empresa (horas)	2	1.5	2	3	2	1	1.5	2	1.9	0.6
Selección y clasificación de productos descargados (horas)	5	2	4	4	6	3	4	2	3.8	1.4
Almacenamiento de mercadería (horas)	5	6	4	7	5	6	5	4	5.3	1.0

12. Tabular de ventas de *Rapi Repuesto*

No FACTURA	RESOLUCIÓN	NIT	NOMBRE	DIRECCIÓN	FECHA	TOTAL LETRAS	CÓDIGO PRODUCTO	CANT (UNIDADES)	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO (Q)	TOTAL (Q)
34842	2016-9-8-3185	1273546-9	LUIS GARCÍA	CIUDAD	28/10/2016	OCHO MIL QUETZALES CON 00/100	CUL-TOY-0001	1	CULATA NUEVA TOYOTA 22R	8,000	8,000
34843	2016-9-8-3185	1502083-5	PEDRO LIMA	CIUDAD	29/10/2016	MIL QUETZALES CON 00/100	TUR-MAZ-0001	2	TURBO NUEVO MAZDA L3	1,000	2,000
34843	2016-9-8-3185	613752-0	JUAN PAZ	CIUDAD	29/10/2016	VEINTICINCO MIL QUETZALES CON 00/100	.	1	MOTOR TOYOTA 5L USADO	25,000	25,000

*NIT y datos de los clientes son ficticios y se colocaron por fines prácticos.

13. Frecuencia de ventas por producto de los diez productos más vendidos (2016-2019)

SKU	2016	2017	2018	2019	TOTAL
1	166	153	217	126	662
2	181	162	170	71	584
3	208	159	93	108	568
4	256	131	77	80	544
5	139	136	38	85	398
6	90	100	93	23	306
7	58	75	89	77	299
8	1	70	187	12	270
9	64	44	53	77	238
10	63	71	59	42	235

14. Ejemplo de base de datos de frecuencia de ventas de repuesto nuevo en *Rapi Repuesto*

FECHA	2016	MES	CODPRODUCTO	CANTIDAD
19/05/2016	2016	5	ALT-HIN-0007	1
13/06/2016	2016	6	ALT-ISU-0002	1
8/11/2016	2016	11	ALT-ISU-0002	1
7/07/2016	2016	7	ALT-KIA-0001	1
8/07/2016	2016	7	ALT-KIA-0001	1
21/11/2016	2016	11	ALT-MAZ-0003	1
21/12/2016	2016	12	ALT-MAZ-0005	1
22/01/2016	2016	1	ALT-MIT-0005	1
9/02/2016	2016	2	ALT-MIT-0005	1
14/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0005	1
23/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0005	1
30/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0005	1
1/04/2016	2016	4	ALT-MIT-0005	1
6/04/2016	2016	4	ALT-MIT-0005	1
8/04/2016	2016	4	ALT-MIT-0005	1
12/04/2016	2016	4	ALT-MIT-0005	1
24/05/2016	2016	5	ALT-MIT-0005	1
28/05/2016	2016	5	ALT-MIT-0005	1
30/06/2016	2016	6	ALT-MIT-0005	1
19/10/2016	2016	10	ALT-MIT-0005	1
27/01/2016	2016	1	ALT-MIT-0007	1
12/02/2016	2016	2	ALT-MIT-0007	1
19/02/2016	2016	2	ALT-MIT-0007	1
25/02/2016	2016	2	ALT-MIT-0007	1
25/02/2016	2016	2	ALT-MIT-0007	1
2/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0007	1
2/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0007	1
9/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0007	1
30/03/2016	2016	3	ALT-MIT-0007	1
30/05/2016	2016	5	ALT-MIT-0007	1
8/06/2016	2016	6	ALT-MIT-0007	1
28/06/2016	2016	6	ALT-MIT-0007	1
15/07/2016	2016	7	ALT-MIT-0007	1
22/07/2016	2016	7	ALT-MIT-0007	1
27/07/2016	2016	7	ALT-MIT-0007	1
29/07/2016	2016	7	ALT-MIT-0007	1
29/07/2016	2016	7	ALT-MIT-0007	1
9/08/2016	2016	8	ALT-MIT-0007	1
19/08/2016	2016	8	ALT-MIT-0007	1
13/09/2016	2016	9	ALT-MIT-0007	1
16/09/2016	2016	9	ALT-MIT-0007	1
11/10/2016	2016	10	ALT-MIT-0007	1
19/10/2016	2016	10	ALT-MIT-0007	1

15. Ejemplo de combinación de funciones para buscar un valor en otra tabla

SUMA X ✓ fx =SI.ERROR(INDICE(\$B\$3:\$B\$8;COINCIDIR(D2;\$A\$3:\$A\$8;0));0)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	FRECUENCIA DE VENTAS (2016-2019)			CÓDIGO	COSTO	CANTIDAD		
2	CÓDIGO	TOTAL		=SI.ERROR(INDICE(\$B\$3:\$B\$8;COINCIDIR(D2;\$A\$3:\$A\$8;0));0)				
3	1	238		4	Q 876.56	544		
4	2	214		6	Q 3,831.09	94		
5	3	568		1	Q 1,499.20	238		
6	4	544		5	Q 814.79	397		
7	5	397		2	Q 1,403.07	214		
8	6	94						

16. Análisis ABC de productos de repuesto nuevo en *Rapi Repuesto*

SKU	TOTAL	COSTO	Q TOTAL	%	% ACUM.	CAT.
1	568	Q 1,717.86	Q 975,744.48	8.59%	9%	A
2	544	Q 876.56	Q 476,849.86	4.20%	13%	A
3	94	Q 3,831.09	Q 360,122.03	3.17%	16%	A
4	238	Q 1,499.20	Q 356,808.76	3.14%	19%	A
5	398	Q 814.79	Q 324,284.57	2.86%	22%	A
6	214	Q 1,403.07	Q 300,257.77	2.64%	25%	A
7	215	Q 1,244.98	Q 267,669.90	2.36%	27%	A
8	230	Q 1,113.28	Q 256,053.93	2.25%	29%	A
9	207	Q 1,202.37	Q 248,889.91	2.19%	31%	A
10	584	Q 420.19	Q 245,391.34	2.16%	34%	A
11	205	Q 1,182.63	Q 242,438.85	2.13%	36%	A
12	299	Q 762.61	Q 228,021.30	2.01%	38%	A
13	158	Q 1,283.83	Q 202,845.75	1.79%	39%	A
14	661	Q 301.17	Q 199,072.38	1.75%	41%	A
15	140	Q 1,378.83	Q 193,035.58	1.70%	43%	A
16	150	Q 1,210.50	Q 181,575.36	1.60%	45%	A
17	155	Q 1,056.81	Q 163,805.52	1.44%	46%	A
18	94	Q 1,740.16	Q 163,575.35	1.44%	47%	A
19	136	Q 1,173.85	Q 159,642.95	1.41%	49%	A
20	57	Q 2,381.74	Q 135,758.93	1.20%	50%	A

21	179	Q	756.59	Q	135,429.12	1.19%	51%	A
22	148	Q	885.30	Q	131,024.83	1.15%	52%	A
23	42	Q	2,924.46	Q	122,827.22	1.08%	53%	A
24	52	Q	2,099.11	Q	109,153.72	0.96%	54%	A
25	73	Q	1,446.05	Q	105,561.62	0.93%	55%	A
26	123	Q	848.76	Q	104,397.93	0.92%	56%	A
27	99	Q	1,052.71	Q	104,218.54	0.92%	57%	A
28	144	Q	700.54	Q	100,878.40	0.89%	58%	A
29	133	Q	755.16	Q	100,435.77	0.88%	59%	A
30	30	Q	3,204.75	Q	96,142.50	0.85%	60%	A
31	79	Q	1,185.73	Q	93,672.99	0.82%	61%	A
32	47	Q	1,927.27	Q	90,581.64	0.80%	61%	A
33	85	Q	1,025.83	Q	87,195.70	0.77%	62%	A
34	70	Q	1,155.28	Q	80,869.42	0.71%	63%	A
35	43	Q	1,832.05	Q	78,778.16	0.69%	64%	A
36	33	Q	2,253.40	Q	74,362.13	0.65%	64%	A
37	60	Q	1,236.82	Q	74,209.39	0.65%	65%	A
38	22	Q	3,213.43	Q	70,695.45	0.62%	66%	A
39	47	Q	1,429.65	Q	67,193.39	0.59%	66%	A
40	235	Q	279.39	Q	65,657.42	0.58%	67%	A
41	51	Q	1,266.70	Q	64,601.50	0.57%	67%	A
42	19	Q	3,301.49	Q	62,728.31	0.55%	68%	A
43	59	Q	1,054.97	Q	62,243.44	0.55%	68%	A
44	129	Q	480.23	Q	61,949.93	0.55%	69%	A
45	39	Q	1,549.15	Q	60,416.73	0.53%	69%	A
46	31	Q	1,773.82	Q	54,988.38	0.48%	70%	A
47	102	Q	535.55	Q	54,626.15	0.48%	70%	A
48	57	Q	929.31	Q	52,970.55	0.47%	71%	A
49	36	Q	1,438.24	Q	51,776.77	0.46%	71%	A
50	55	Q	902.59	Q	49,642.23	0.44%	72%	A
51	46	Q	1,045.76	Q	48,105.12	0.42%	72%	A
52	34	Q	1,409.15	Q	47,911.04	0.42%	73%	A
53	19	Q	2,486.46	Q	47,242.82	0.42%	73%	A
54	50	Q	928.56	Q	46,427.89	0.41%	73%	A
55	31	Q	1,487.80	Q	46,121.65	0.41%	74%	A
56	27	Q	1,702.92	Q	45,978.92	0.40%	74%	A
57	33	Q	1,368.65	Q	45,165.50	0.40%	75%	A
58	22	Q	2,046.28	Q	45,018.09	0.40%	75%	A
59	53	Q	844.14	Q	44,739.60	0.39%	75%	A
60	18	Q	2,391.88	Q	43,053.81	0.38%	76%	A
61	25	Q	1,713.65	Q	42,841.36	0.38%	76%	A
62	18	Q	2,287.25	Q	41,170.52	0.36%	77%	A

63	44	Q	915.68	Q	40,289.72	0.35%	77%	A
64	25	Q	1,564.92	Q	39,122.97	0.34%	77%	A
65	26	Q	1,499.24	Q	38,980.21	0.34%	78%	A
66	30	Q	1,269.71	Q	38,091.26	0.34%	78%	A
67	38	Q	991.92	Q	37,692.78	0.33%	78%	A
68	45	Q	828.69	Q	37,291.00	0.33%	79%	A
69	42	Q	886.44	Q	37,230.52	0.33%	79%	A
70	13	Q	2,762.53	Q	35,912.88	0.32%	79%	A
71	24	Q	1,477.72	Q	35,465.17	0.31%	80%	A
72	224	Q	149.97	Q	33,594.06	0.30%	80%	A
73	19	Q	1,749.42	Q	33,238.91	0.29%	80%	B
74	30	Q	1,103.03	Q	33,090.91	0.29%	80%	B
75	28	Q	1,166.87	Q	32,672.25	0.29%	81%	B
76	40	Q	816.06	Q	32,642.53	0.29%	81%	B
77	104	Q	309.04	Q	32,139.79	0.28%	81%	B
78	27	Q	1,182.23	Q	31,920.14	0.28%	82%	B
79	76	Q	437.33	Q	33,237.20	0.29%	82%	B
80	24	Q	1,294.32	Q	31,063.63	0.27%	82%	B
81	21	Q	1,442.12	Q	30,284.48	0.27%	82%	B
82	17	Q	1,750.41	Q	29,756.95	0.26%	83%	B
83	24	Q	1,227.08	Q	29,449.95	0.26%	83%	B
84	28	Q	1,029.57	Q	28,827.98	0.25%	83%	B
85	59	Q	477.04	Q	28,145.36	0.25%	83%	B
86	78	Q	352.01	Q	27,456.89	0.24%	84%	B
87	16	Q	1,698.52	Q	27,176.32	0.24%	84%	B
88	19	Q	1,430.29	Q	27,175.45	0.24%	84%	B
89	19	Q	1,426.11	Q	27,096.09	0.24%	84%	B
90	11	Q	2,419.78	Q	26,617.58	0.23%	85%	B
91	42	Q	628.43	Q	26,393.97	0.23%	85%	B
92	26	Q	984.23	Q	25,589.94	0.23%	85%	B
93	19	Q	1,325.69	Q	25,188.08	0.22%	85%	B
94	55	Q	457.54	Q	25,164.84	0.22%	86%	B
95	34	Q	728.13	Q	24,756.29	0.22%	86%	B
96	21	Q	1,165.95	Q	24,485.04	0.22%	86%	B
97	17	Q	1,435.60	Q	24,405.20	0.21%	86%	B
98	21	Q	1,126.87	Q	23,664.25	0.21%	86%	B
99	13	Q	1,814.96	Q	23,594.44	0.21%	87%	B
100	22	Q	1,065.69	Q	23,445.14	0.21%	87%	B
101	27	Q	861.69	Q	23,265.53	0.20%	87%	B
102	42	Q	539.80	Q	22,671.40	0.20%	87%	B
103	13	Q	1,731.31	Q	22,507.01	0.20%	87%	B
104	28	Q	797.38	Q	22,326.57	0.20%	88%	B

105	9	Q	2,424.05	Q	21,816.42	0.19%	88%	B
106	15	Q	1,452.59	Q	21,788.85	0.19%	88%	B
107	18	Q	1,201.23	Q	21,622.14	0.19%	88%	B
108	7	Q	3,077.50	Q	21,542.47	0.19%	88%	B
109	19	Q	1,119.94	Q	21,278.79	0.19%	89%	B
110	11	Q	1,902.35	Q	20,925.85	0.18%	89%	B
111	14	Q	1,470.03	Q	20,580.43	0.18%	89%	B
112	6	Q	3,406.47	Q	20,438.84	0.18%	89%	B
113	42	Q	477.32	Q	20,047.50	0.18%	89%	B
114	20	Q	1,002.15	Q	20,043.01	0.18%	89%	B
115	13	Q	1,482.88	Q	19,277.47	0.17%	90%	B
116	14	Q	1,356.40	Q	18,989.57	0.17%	90%	B
117	25	Q	754.83	Q	18,870.71	0.17%	90%	B
118	49	Q	379.14	Q	18,577.82	0.16%	90%	B
119	52	Q	335.03	Q	17,421.55	0.15%	90%	B
120	20	Q	866.89	Q	17,337.80	0.15%	90%	B
121	13	Q	1,330.22	Q	17,292.86	0.15%	91%	B
122	15	Q	1,123.86	Q	16,857.92	0.15%	91%	B
123	11	Q	1,528.09	Q	16,808.98	0.15%	91%	B
124	16	Q	1,041.89	Q	16,670.29	0.15%	91%	B
125	25	Q	664.11	Q	16,602.85	0.15%	91%	B
126	39	Q	424.77	Q	16,565.92	0.15%	91%	B
127	10	Q	1,626.67	Q	16,266.68	0.14%	91%	B
128	17	Q	908.10	Q	15,437.63	0.14%	92%	B
129	9	Q	1,653.80	Q	14,884.21	0.13%	92%	B
130	13	Q	1,090.59	Q	14,177.67	0.12%	92%	B
131	23	Q	605.46	Q	13,925.48	0.12%	92%	B
132	43	Q	321.83	Q	13,838.51	0.12%	92%	B
133	12	Q	1,111.72	Q	13,340.68	0.12%	92%	B
134	38	Q	344.06	Q	13,074.46	0.12%	92%	B
135	55	Q	237.04	Q	13,037.34	0.11%	92%	B
136	11	Q	1,177.91	Q	12,957.01	0.11%	93%	B
137	9	Q	1,435.61	Q	12,920.53	0.11%	93%	B
138	12	Q	1,071.73	Q	12,860.76	0.11%	93%	B
139	74	Q	173.64	Q	12,849.10	0.11%	93%	B
140	9	Q	1,423.39	Q	12,810.49	0.11%	93%	B
141	10	Q	1,260.64	Q	12,606.37	0.11%	93%	B
142	13	Q	961.61	Q	12,500.99	0.11%	93%	B
143	12	Q	1,038.30	Q	12,459.60	0.11%	93%	B
144	42	Q	293.75	Q	12,337.68	0.11%	93%	B
145	18	Q	685.26	Q	12,334.68	0.11%	94%	B
146	12	Q	1,008.24	Q	12,098.92	0.11%	94%	B

147	18	Q	652.15	Q	11,738.70	0.10%	94%	B
148	10	Q	1,154.90	Q	11,549.00	0.10%	94%	B
149	46	Q	249.18	Q	11,462.18	0.10%	94%	B
150	8	Q	1,408.87	Q	11,270.96	0.10%	94%	B
151	32	Q	350.57	Q	11,218.30	0.10%	94%	B
152	7	Q	1,579.00	Q	11,052.99	0.10%	94%	B
153	9	Q	1,224.64	Q	11,021.72	0.10%	94%	B
154	26	Q	419.91	Q	10,917.74	0.10%	94%	B
155	11	Q	972.04	Q	10,692.40	0.09%	95%	B
156	16	Q	659.60	Q	10,553.60	0.09%	95%	B
157	11	Q	959.06	Q	10,549.62	0.09%	95%	B
158	57	Q	183.15	Q	10,439.44	0.09%	95%	B
159	7	Q	1,477.37	Q	10,341.62	0.09%	95%	B
160	8	Q	1,217.81	Q	9,742.48	0.09%	95%	B
161	15	Q	644.95	Q	9,674.25	0.09%	95%	C
162	33	Q	288.43	Q	9,518.19	0.08%	95%	C
163	11	Q	838.71	Q	9,225.85	0.08%	95%	C
164	270	Q	33.47	Q	9,036.72	0.08%	95%	C
165	8	Q	1,125.00	Q	9,000.00	0.08%	95%	C
166	6	Q	1,445.60	Q	8,673.60	0.08%	95%	C
167	21	Q	400.54	Q	8,411.34	0.07%	96%	C
168	7	Q	1,191.11	Q	8,337.80	0.07%	96%	C
169	22	Q	378.66	Q	8,330.53	0.07%	96%	C
170	8	Q	1,032.38	Q	8,259.05	0.07%	96%	C
171	13	Q	632.64	Q	8,224.26	0.07%	96%	C
172	23	Q	356.91	Q	8,208.82	0.07%	96%	C
173	5	Q	1,629.60	Q	8,148.00	0.07%	96%	C
174	100	Q	80.48	Q	8,048.00	0.07%	96%	C
175	20	Q	399.48	Q	7,989.56	0.07%	96%	C
176	3	Q	2,663.09	Q	7,989.27	0.07%	96%	C
177	14	Q	543.13	Q	7,603.81	0.07%	96%	C
178	6	Q	1,262.66	Q	7,575.96	0.07%	96%	C
179	7	Q	1,075.04	Q	7,525.27	0.07%	96%	C
180	19	Q	382.64	Q	7,270.16	0.06%	96%	C
181	13	Q	556.68	Q	7,236.87	0.06%	97%	C
182	3	Q	2,383.66	Q	7,150.99	0.06%	97%	C
183	10	Q	705.62	Q	7,056.23	0.06%	97%	C
184	15	Q	463.07	Q	6,946.03	0.06%	97%	C
185	6	Q	1,153.59	Q	6,921.57	0.06%	97%	C
186	9	Q	761.89	Q	6,857.00	0.06%	97%	C
187	12	Q	558.72	Q	6,704.64	0.06%	97%	C
188	17	Q	391.71	Q	6,659.08	0.06%	97%	C

189	7	Q	899.34	Q	6,295.35	0.06%	97%	C
190	13	Q	484.20	Q	6,294.60	0.06%	97%	C
191	6	Q	1,048.94	Q	6,293.62	0.06%	97%	C
192	3	Q	2,076.14	Q	6,228.42	0.05%	97%	C
193	4	Q	1,536.14	Q	6,144.56	0.05%	97%	C
194	12	Q	503.86	Q	6,046.36	0.05%	97%	C
195	6	Q	1,005.05	Q	6,030.30	0.05%	97%	C
196	16	Q	376.04	Q	6,016.67	0.05%	97%	C
197	52	Q	114.21	Q	5,939.14	0.05%	97%	C
198	3	Q	1,929.92	Q	5,789.76	0.05%	97%	C
199	9	Q	639.67	Q	5,757.05	0.05%	98%	C
200	15	Q	381.69	Q	5,725.31	0.05%	98%	C
201	2	Q	2,838.17	Q	5,676.34	0.05%	98%	C
202	10	Q	564.87	Q	5,648.68	0.05%	98%	C
203	70	Q	80.12	Q	5,608.75	0.05%	98%	C
204	2	Q	2,775.50	Q	5,551.00	0.05%	98%	C
205	6	Q	911.00	Q	5,466.00	0.05%	98%	C
206	5	Q	1,081.56	Q	5,407.80	0.05%	98%	C
207	38	Q	141.66	Q	5,382.91	0.05%	98%	C
208	11	Q	483.15	Q	5,314.65	0.05%	98%	C
209	13	Q	405.75	Q	5,274.75	0.05%	98%	C
210	44	Q	115.04	Q	5,061.77	0.04%	98%	C
211	11	Q	434.51	Q	4,779.66	0.04%	98%	C
212	28	Q	170.59	Q	4,776.46	0.04%	98%	C
213	3	Q	1,585.97	Q	4,757.91	0.04%	98%	C
214	5	Q	926.03	Q	4,630.15	0.04%	98%	C
215	44	Q	104.80	Q	4,611.20	0.04%	98%	C
216	305	Q	14.12	Q	4,306.33	0.04%	98%	C
217	18	Q	237.67	Q	4,278.05	0.04%	98%	C
218	4	Q	1,055.96	Q	4,223.83	0.04%	98%	C
219	4	Q	1,055.13	Q	4,220.52	0.04%	98%	C
220	195	Q	20.37	Q	3,972.15	0.03%	98%	C
221	39	Q	96.43	Q	3,760.89	0.03%	99%	C
222	2	Q	1,829.41	Q	3,658.82	0.03%	99%	C
223	7	Q	518.57	Q	3,629.99	0.03%	99%	C
224	2	Q	1,802.22	Q	3,604.44	0.03%	99%	C
225	173	Q	20.33	Q	3,517.46	0.03%	99%	C
226	24	Q	143.53	Q	3,444.61	0.03%	99%	C
227	7	Q	490.74	Q	3,435.15	0.03%	99%	C
228	3	Q	1,110.19	Q	3,330.57	0.03%	99%	C
229	20	Q	158.11	Q	3,162.11	0.03%	99%	C
230	6	Q	511.79	Q	3,070.71	0.03%	99%	C

231	37	Q	80.90	Q	2,993.34	0.03%	99%	C
232	10	Q	291.36	Q	2,913.63	0.03%	99%	C
233	27	Q	106.70	Q	2,880.77	0.03%	99%	C
234	25	Q	114.54	Q	2,863.50	0.03%	99%	C
235	31	Q	91.99	Q	2,851.69	0.03%	99%	C
236	3	Q	944.90	Q	2,834.69	0.02%	99%	C
237	7	Q	396.46	Q	2,775.23	0.02%	99%	C
238	4	Q	680.84	Q	2,723.38	0.02%	99%	C
239	14	Q	185.92	Q	2,602.88	0.02%	99%	C
240	6	Q	425.31	Q	2,551.83	0.02%	99%	C
241	11	Q	230.80	Q	2,538.80	0.02%	99%	C
242	1	Q	2,518.31	Q	2,518.31	0.02%	99%	C
243	5	Q	493.77	Q	2,468.85	0.02%	99%	C
244	5	Q	492.17	Q	2,460.85	0.02%	99%	C
245	6	Q	403.55	Q	2,421.31	0.02%	99%	C
246	3	Q	786.07	Q	2,358.21	0.02%	99%	C
247	17	Q	137.99	Q	2,345.83	0.02%	99%	C
248	5	Q	461.74	Q	2,308.69	0.02%	99%	C
249	15	Q	153.77	Q	2,306.52	0.02%	99%	C
250	32	Q	70.05	Q	2,241.45	0.02%	99%	C
251	5	Q	428.39	Q	2,141.95	0.02%	99%	C
252	22	Q	96.66	Q	2,126.44	0.02%	99%	C
253	3	Q	685.26	Q	2,055.78	0.02%	99%	C
254	6	Q	1,014.91	Q	6,089.44	0.05%	99%	C
255	2	Q	1,011.78	Q	2,023.57	0.02%	99%	C
256	4	Q	505.62	Q	2,022.48	0.02%	99%	C
257	4	Q	492.17	Q	1,968.68	0.02%	99%	C
258	6	Q	321.36	Q	1,928.14	0.02%	99%	C
259	10	Q	179.53	Q	1,795.33	0.02%	99%	C
260	1	Q	1,781.58	Q	1,781.58	0.02%	99%	C
261	59	Q	28.89	Q	1,704.25	0.02%	99%	C
262	3	Q	566.64	Q	1,699.92	0.01%	99%	C
263	1	Q	1,692.20	Q	1,692.20	0.01%	99%	C
264	14	Q	119.77	Q	1,676.75	0.01%	100%	C
265	4	Q	411.20	Q	1,644.80	0.01%	100%	C
266	1	Q	1,635.08	Q	1,635.08	0.01%	100%	C
267	3	Q	492.17	Q	1,476.51	0.01%	100%	C
268	3	Q	486.13	Q	1,458.38	0.01%	100%	C
269	9	Q	161.60	Q	1,454.40	0.01%	100%	C
270	3	Q	479.45	Q	1,438.35	0.01%	100%	C
271	3	Q	468.50	Q	1,405.50	0.01%	100%	C
272	1	Q	1,396.80	Q	1,396.80	0.01%	100%	C

273	4	Q	336.74	Q	1,346.95	0.01%	100%	C
274	13	Q	100.72	Q	1,309.36	0.01%	100%	C
275	2	Q	632.88	Q	1,265.75	0.01%	100%	C
276	7	Q	179.03	Q	1,253.22	0.01%	100%	C
277	1	Q	1,248.01	Q	1,248.01	0.01%	100%	C
278	4	Q	305.88	Q	1,223.53	0.01%	100%	C
279	10	Q	119.09	Q	1,190.88	0.01%	100%	C
280	18	Q	64.22	Q	1,155.96	0.01%	100%	C
281	8	Q	144.18	Q	1,153.44	0.01%	100%	C
282	2	Q	576.55	Q	1,153.10	0.01%	100%	C
283	2	Q	547.59	Q	1,095.18	0.01%	100%	C
284	5	Q	210.32	Q	1,051.58	0.01%	100%	C
285	0	Q	506.83	Q	-	0.00%	100%	C
286	10	Q	99.66	Q	996.60	0.01%	100%	C
287	36	Q	27.38	Q	985.60	0.01%	100%	C
288	2	Q	472.18	Q	944.36	0.01%	100%	C
289	1	Q	934.00	Q	934.00	0.01%	100%	C
290	2	Q	417.57	Q	835.14	0.01%	100%	C
291	4	Q	208.77	Q	835.08	0.01%	100%	C
292	1	Q	823.02	Q	823.02	0.01%	100%	C
293	29	Q	27.90	Q	808.99	0.01%	100%	C
294	10	Q	80.22	Q	802.21	0.01%	100%	C
295	7	Q	114.01	Q	798.10	0.01%	100%	C
296	7	Q	109.14	Q	763.95	0.01%	100%	C
297	152	Q	4.88	Q	741.76	0.01%	100%	C
298	6	Q	122.88	Q	737.26	0.01%	100%	C
299	1	Q	711.99	Q	711.99	0.01%	100%	C
300	1	Q	689.38	Q	689.38	0.01%	100%	C
301	1	Q	689.32	Q	689.32	0.01%	100%	C
302	1	Q	686.92	Q	686.92	0.01%	100%	C
303	6	Q	114.34	Q	686.03	0.01%	100%	C
304	4	Q	165.02	Q	660.07	0.01%	100%	C
305	138	Q	4.72	Q	651.05	0.01%	100%	C
306	5	Q	125.06	Q	625.30	0.01%	100%	C
307	1	Q	586.99	Q	586.99	0.01%	100%	C
308	1	Q	576.99	Q	576.99	0.01%	100%	C
309	1	Q	572.24	Q	572.24	0.01%	100%	C
310	2	Q	277.32	Q	554.64	0.00%	100%	C
311	3	Q	177.18	Q	531.54	0.00%	100%	C
312	5	Q	103.79	Q	518.94	0.00%	100%	C
313	1	Q	505.62	Q	505.62	0.00%	100%	C
314	1	Q	501.75	Q	501.75	0.00%	100%	C

315	7	Q	70.83	Q	495.81	0.00%	100%	C
316	1	Q	483.71	Q	483.71	0.00%	100%	C
317	4	Q	120.23	Q	480.92	0.00%	100%	C
318	1	Q	479.45	Q	479.45	0.00%	100%	C
319	2	Q	234.59	Q	469.18	0.00%	100%	C
320	1	Q	462.73	Q	462.73	0.00%	100%	C
321	4	Q	112.72	Q	450.88	0.00%	100%	C
322	3	Q	144.62	Q	433.85	0.00%	100%	C
323	1	Q	430.33	Q	430.33	0.00%	100%	C
324	4	Q	102.82	Q	411.29	0.00%	100%	C
325	1	Q	395.00	Q	395.00	0.00%	100%	C
326	1	Q	366.45	Q	366.45	0.00%	100%	C
327	1	Q	357.75	Q	357.75	0.00%	100%	C
328	2	Q	147.61	Q	295.22	0.00%	100%	C
329	1	Q	289.54	Q	289.54	0.00%	100%	C
330	3	Q	93.59	Q	280.77	0.00%	100%	C
331	2	Q	139.82	Q	279.64	0.00%	100%	C
332	2	Q	139.60	Q	279.20	0.00%	100%	C
333	1	Q	266.26	Q	266.26	0.00%	100%	C
334	1	Q	245.63	Q	245.63	0.00%	100%	C
335	1	Q	234.58	Q	234.58	0.00%	100%	C
336	1	Q	182.31	Q	182.31	0.00%	100%	C
337	38	Q	4.72	Q	179.32	0.00%	100%	C
338	2	Q	83.10	Q	166.20	0.00%	100%	C
339	3	Q	54.55	Q	163.65	0.00%	100%	C
340	1	Q	147.70	Q	147.70	0.00%	100%	C
341	1	Q	123.50	Q	123.50	0.00%	100%	C
342	1	Q	100.69	Q	100.69	0.00%	100%	C
343	3	Q	26.80	Q	80.40	0.00%	100%	C
344	3	Q	23.02	Q	69.06	0.00%	100%	C
345	3	Q	23.02	Q	69.06	0.00%	100%	C
346	1	Q	52.50	Q	52.50	0.00%	100%	C
347	1	Q	52.50	Q	52.50	0.00%	100%	C
348	6	Q	4.72	Q	28.31	0.00%	100%	C
349	9	Q	3.10	Q	27.90	0.00%	100%	C
350	1	Q	26.80	Q	26.80	0.00%	100%	C
351	1	Q	19.25	Q	19.25	0.00%	100%	C
352	0	Q	2,542.21	Q	-	0.00%	100%	C
353	0	Q	2,478.31	Q	-	0.00%	100%	C
354	0	Q	2,418.57	Q	-	0.00%	100%	C
355	0	Q	2,332.22	Q	-	0.00%	100%	C
356	0	Q	2,076.19	Q	-	0.00%	100%	C

357	0	Q	1,947.01	Q	-	0.00%	100%	C
358	0	Q	1,947.01	Q	-	0.00%	100%	C
359	0	Q	1,799.37	Q	-	0.00%	100%	C
360	0	Q	1,795.07	Q	-	0.00%	100%	C
361	0	Q	1,780.45	Q	-	0.00%	100%	C
362	0	Q	1,735.26	Q	-	0.00%	100%	C
363	0	Q	1,693.00	Q	-	0.00%	100%	C
364	0	Q	1,645.03	Q	-	0.00%	100%	C
365	0	Q	1,596.36	Q	-	0.00%	100%	C
366	0	Q	1,580.60	Q	-	0.00%	100%	C
367	0	Q	1,458.93	Q	-	0.00%	100%	C
368	0	Q	1,408.87	Q	-	0.00%	100%	C
369	0	Q	1,408.87	Q	-	0.00%	100%	C
370	0	Q	1,397.92	Q	-	0.00%	100%	C
371	0	Q	1,267.98	Q	-	0.00%	100%	C
372	0	Q	1,067.76	Q	-	0.00%	100%	C
373	0	Q	1,057.02	Q	-	0.00%	100%	C
374	0	Q	1,021.80	Q	-	0.00%	100%	C
375	0	Q	909.99	Q	-	0.00%	100%	C
376	0	Q	909.99	Q	-	0.00%	100%	C
377	0	Q	909.99	Q	-	0.00%	100%	C
378	0	Q	848.93	Q	-	0.00%	100%	C
379	0	Q	777.15	Q	-	0.00%	100%	C
380	0	Q	678.88	Q	-	0.00%	100%	C
381	0	Q	652.21	Q	-	0.00%	100%	C
382	0	Q	647.20	Q	-	0.00%	100%	C
383	0	Q	621.59	Q	-	0.00%	100%	C
384	0	Q	554.65	Q	-	0.00%	100%	C
385	0	Q	548.04	Q	-	0.00%	100%	C
386	0	Q	535.52	Q	-	0.00%	100%	C
387	0	Q	535.52	Q	-	0.00%	100%	C
388	0	Q	525.96	Q	-	0.00%	100%	C
389	0	Q	516.39	Q	-	0.00%	100%	C
390	0	Q	509.95	Q	-	0.00%	100%	C
391	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
392	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
393	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
394	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
395	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
396	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
397	0	Q	505.62	Q	-	0.00%	100%	C
398	0	Q	505.61	Q	-	0.00%	100%	C

399	0	Q	505.61	Q	-	0.00%	100%	C
400	0	Q	505.61	Q	-	0.00%	100%	C
401	0	Q	488.18	Q	-	0.00%	100%	C
402	0	Q	461.38	Q	-	0.00%	100%	C
403	0	Q	431.67	Q	-	0.00%	100%	C
404	0	Q	430.33	Q	-	0.00%	100%	C
405	0	Q	430.33	Q	-	0.00%	100%	C
406	0	Q	429.26	Q	-	0.00%	100%	C
407	0	Q	411.25	Q	-	0.00%	100%	C
408	0	Q	411.20	Q	-	0.00%	100%	C
409	0	Q	345.65	Q	-	0.00%	100%	C
410	0	Q	345.37	Q	-	0.00%	100%	C
411	0	Q	334.70	Q	-	0.00%	100%	C
412	0	Q	315.57	Q	-	0.00%	100%	C
413	0	Q	315.57	Q	-	0.00%	100%	C
414	0	Q	315.57	Q	-	0.00%	100%	C
415	0	Q	315.57	Q	-	0.00%	100%	C
416	0	Q	315.57	Q	-	0.00%	100%	C
417	0	Q	315.57	Q	-	0.00%	100%	C
418	0	Q	306.01	Q	-	0.00%	100%	C
419	0	Q	306.01	Q	-	0.00%	100%	C
420	0	Q	306.01	Q	-	0.00%	100%	C
421	0	Q	306.01	Q	-	0.00%	100%	C
422	0	Q	287.14	Q	-	0.00%	100%	C
423	0	Q	281.75	Q	-	0.00%	100%	C
424	0	Q	277.32	Q	-	0.00%	100%	C
425	0	Q	277.32	Q	-	0.00%	100%	C
426	0	Q	273.00	Q	-	0.00%	100%	C
427	0	Q	273.00	Q	-	0.00%	100%	C
428	0	Q	273.00	Q	-	0.00%	100%	C
429	0	Q	273.00	Q	-	0.00%	100%	C
430	0	Q	254.72	Q	-	0.00%	100%	C
431	0	Q	241.86	Q	-	0.00%	100%	C
432	0	Q	239.07	Q	-	0.00%	100%	C
433	0	Q	239.07	Q	-	0.00%	100%	C
434	0	Q	229.91	Q	-	0.00%	100%	C
435	0	Q	229.51	Q	-	0.00%	100%	C
436	0	Q	229.51	Q	-	0.00%	100%	C
437	0	Q	219.17	Q	-	0.00%	100%	C
438	0	Q	200.82	Q	-	0.00%	100%	C
439	0	Q	185.33	Q	-	0.00%	100%	C
440	0	Q	184.55	Q	-	0.00%	100%	C

441	0	Q	172.21	Q	-	0.00%	100%	C
442	0	Q	143.75	Q	-	0.00%	100%	C
443	0	Q	134.38	Q	-	0.00%	100%	C
444	0	Q	133.41	Q	-	0.00%	100%	C
445	0	Q	123.88	Q	-	0.00%	100%	C
446	0	Q	114.75	Q	-	0.00%	100%	C
447	0	Q	108.60	Q	-	0.00%	100%	C
448	0	Q	99.36	Q	-	0.00%	100%	C
449	0	Q	99.36	Q	-	0.00%	100%	C
450	0	Q	98.00	Q	-	0.00%	100%	C
451	0	Q	95.29	Q	-	0.00%	100%	C
452	0	Q	74.52	Q	-	0.00%	100%	C
453	0	Q	46.69	Q	-	0.00%	100%	C
454	0	Q	42.23	Q	-	0.00%	100%	C
455	0	Q	26.43	Q	-	0.00%	100%	C
456	0	Q	26.43	Q	-	0.00%	100%	C
457	0	Q	23.60	Q	-	0.00%	100%	C
458	0	Q	13.05	Q	-	0.00%	100%	C

17. Guion/plantilla de RStudio para realizar pronósticos de Rapi Repuesto

Los comentarios se encuentran en color verde, los datos a modificar de color rojo y las funciones que no se deben modificar de color negro:

```
#ESTABLECER EL DIRECTORIO DE TRABAJO
```

```
setwd(" [AGREGAR DIRECTORIO DE LA CARPETA DONDE SE  
ENCUENTRA LA SERIE DE TIEMPO] ")
```

```
#LEER EL ARCHIVO CSV DONDE SE ENCUENTRAN LOS DATOS, EL ARCHIVO  
DEBE TENER EN LA PRIMERA FILA DE LA COLUMNA DE FECHA "FECHA" Y  
EN LA PRIMERA COLUMNA DE LOS DATOS DE VENTAS "CANTIDAD"
```

```
[NOMBRE DE LA VARIABLE QUE CONTIENE LA SERIE DE TIEMPO] =  
read.csv("[AGREGAR NOMBRE DEL ARCHIVO DE EXCEL EN FORMATO  
CSV DONDE SE ENCUENTRA LA SERIE DE TIEMPO].csv", sep = ";"  
,header=T)
```

```
#EXPLORAR ESTRUCTURA DE LOS DATOS
```

```
str([NOMBRE DE LA VARIABLE QUE CONTIENE LA SERIE DE TIEMPO])
```

```

#VER ESTRUCTURA DE DATOS (PRIMEROS 6 MESES)
  head([NOMBRE DE LA VARIABLE QUE CONTIENE LA SERIE DE TIEMPO])

#INGRESAR EL FORMATO DE FECHAS
  [NOMBRE DE LA VARIABLE QUE CONTIENE LA SERIE DE
  TIEMPO]$FECHA = as.Date([NOMBRE DE LA VARIABLE QUE CONTIENE
  LA SERIE DE TIEMPO]$FECHA,format="%Y-%m-%d")

#CONVERTIR LOS DATOS A UNA SERIE DE TIEMPO
  Demanda = ts([NOMBRE DE LA VARIABLE QUE CONTIENE LA SERIE DE
  TIEMPO]$CANTIDAD, start = 2016, frequency = 12)

#GRAFICAR DEMANDA
  autoplot(Demanda,ylab="Cantidad",xlab="Años",main = " [NOMBRE DEL
  SKU] " )

#REALIZAR LA DESCOMPOSICION DE LA DEMANDA
  comp = decompose(Demanda)

#GRAFICAR LOS 3 COMPONENTES DE LA DEMANDA
  plot(comp)

#DESCARGAR LIBRERÍA DE PRONÓSTICOS
  library(forecast)

#DETERMINAR LA CANTIDAD DE MESES A PRONOSTICAR
  meses = [CANTIDAD DE MESES QUE SE DESEAN PRONOSTICAR]

#MÉTODO DE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL ETS
  Pronostico1= forecast(Demanda,meses)

#OBSERVAR EN LA CONSOLA EL PRONÓSTICO REALIZADO
  Pronostico1

#GRAFICAR PRONÓSTICO
  autoplot(Pronostico1)

#MÉTODO DE PRONÓSTICO UTILIZANDO ARIMA
  ar = auto.arima(Demanda)
  Pronostico2= forecast(ar,meses)

#OBSERVAR EN LA CONSOLA EL PRONÓSTICO REALIZADO
  Pronostico2

#GRAFICAR PRONÓSTICO
  autoplot(Pronostico2)

#MÉTODO DE PRONÓSTICO UTILIZANDO BAGGED ETS
  fit = baggedETS(Demanda)
  Pronostico3= forecast(fit)

```

```
#OBSERVAR EN LA CONSOLA EL PRONÓSTICO REALIZADO
Pronostico3
```

```
#GRAFICAR PRONÓSTICO
autoplot(Pronostico3)
```

```
#METODO DE PRONÓSTICO UTILIZANDO STLM (STL+ETS)
modts = stlm(Demanda)
Pronostico4 = forecast(modts,meses)
```

```
#OBSERVAR EN LA CONSOLA EL PRONÓSTICO REALIZADO
Pronostico4
```

```
#GRAFICAR PRONÓSTICO
autoplot(Pronostico4)
```

```
#OBTENER MEDIDAS DE PRECISIÓN DE LOS 4 PRONÓSTICOS REALIZADOS
accuracy(Pronostico1)
accuracy(Pronostico2)
accuracy(Pronostico3)
accuracy(Pronostico4)
```

```
#GRAFICAR LOS 4 PRONÓSTICOS EN UN SOLO GRÁFICO
```

```
#GRAFICAR DE COLOR ROJO EL PRONÓSTICO DE SUAVIZAMIENTO
EXPONENCIAL ETS
plot(Pronostico1$mean,ylim=c([COLOCAR VALORES QUE SE DESEAN VER
EN EL EJE Y]),xlab="Años",ylab="Cantidad", main="Pronósticos [SKU DEL
ARTÍCULO]",sub="Rojo=Suavizamiento Exp. ETS
Azul=ARIMA Verde=BaggedETS Amarillo=STLM",col="red")
```

```
#GRAFICAR DE COLOR AZUL EL PRONÓSTICO ARIMA
lines(Pronostico2$mean,col="blue")
```

```
#GRAFICAR DE COLOR VERDE EL PRONÓSTICO BAGGED ETS
lines(Pronostico3$mean,col="green")
```

```
#GRAFICAR DE COLOR AMARILLO EL PRONÓSTICO STLM (STL+ETS)
lines(Pronostico4$mean,col="yellow")
```

```
#GRABAR LOS 4 PRONÓSTICOS EN ARCHIVO DE EXCEL
write.csv(data.frame(Pronostico1), "Pronóstico Forecast.xls")
write.csv(data.frame(Pronostico2), "Pronóstico Arima.xls")
write.csv(data.frame(Pronostico3), "Pronóstico Bagged ETS.xls")
write.csv(data.frame(Pronostico4), "Pronóstico STL + ETS.xls")
```

18. Medidas de MASE de pronósticos categoría “A”

No.	Forecast	ARIMA	Bagged ETS	STLM	Menor MASE	MODELO
1	0.695	0.602	0.653	0.649	0.602	ARIMA
2	0.816	0.816	0.751	0.662	0.662	STLM
3	0.812	0.810	0.741	0.699	0.699	STLM
4	0.666	0.636	0.666	0.599	0.599	STLM
5	0.747	0.691	0.745	0.670	0.670	STLM
6	0.726	0.719	0.664	0.689	0.664	Bagged ETS
7	0.598	0.598	0.599	0.587	0.587	STLM
8	0.626	0.670	0.622	0.575	0.575	STLM
9	0.692	0.692	0.689	0.631	0.631	STLM
10	0.740	0.740	0.735	0.632	0.632	STLM
11	0.676	0.676	0.667	0.627	0.627	STLM
12	0.816	0.816	0.647	0.632	0.632	STLM
13	0.536	0.498	0.540	0.521	0.498	ARIMA
14	0.705	0.599	0.661	0.682	0.599	ARIMA
15	0.796	0.799	0.736	0.729	0.729	STLM
16	0.777	0.708	0.728	0.662	0.662	STLM
17	0.811	0.761	0.661	0.603	0.603	STLM
18	0.853	0.765	0.814	0.651	0.651	STLM
19	0.924	0.865	0.842	0.773	0.773	STLM
20	0.730	0.730	0.730	0.627	0.627	STLM
21	0.630	0.594	0.628	0.534	0.534	STLM
22	0.967	0.969	0.901	0.714	0.714	STLM
23	0.865	0.865	0.865	0.837	0.837	STLM
24	0.993	0.952	0.929	0.793	0.793	STLM
25	0.683	0.701	0.674	0.760	0.674	Bagged ETS
26	0.785	0.770	0.713	0.665	0.665	STLM
27	0.690	0.687	0.620	0.636	0.620	Bagged ETS
28	0.794	0.751	0.791	0.632	0.632	STLM
29	0.692	0.625	0.658	0.653	0.625	ARIMA
30	0.605	0.527	0.599	0.594	0.527	ARIMA
31	0.812	0.787	0.689	0.645	0.645	STLM
32	0.838	0.844	0.788	0.721	0.721	STLM
33	0.947	0.947	0.948	0.646	0.646	STLM
34	0.899	0.912	0.842	0.785	0.785	STLM
35	0.817	0.817	0.691	0.691	0.691	Bagged ETS
36	0.829	0.774	0.749	0.630	0.630	STLM
37	0.908	0.850	0.847	0.657	0.657	STLM
38	0.908	0.895	1.014	0.773	0.773	STLM
39	0.791	0.791	0.737	0.617	0.617	STLM
40	0.754	0.722	0.741	0.605	0.605	STLM
41	0.800	0.800	0.798	0.713	0.713	STLM
42	0.847	0.827	0.784	0.960	0.784	Bagged ETS
43	1.069	1.017	0.967	0.894	0.894	STLM
44	0.744	0.808	0.733	0.688	0.688	STLM
45	0.799	0.799	0.779	0.624	0.624	STLM

46	0.869	0.868	0.840	0.760	0.760	STLM
47	0.897	0.873	0.827	0.671	0.671	STLM
48	0.835	0.820	0.778	0.632	0.632	STLM
49	0.838	0.838	0.793	0.756	0.756	STLM
50	0.673	0.673	0.649	0.496	0.496	STLM
51	0.932	0.931	0.917	0.789	0.789	STLM
52	0.746	0.601	0.747	0.688	0.601	ARIMA
53	0.708	0.695	0.674	0.669	0.669	STLM
54	0.753	0.798	0.749	0.608	0.608	STLM
55	0.890	0.890	0.848	0.772	0.772	STLM
56	1.179	1.179	1.045	1.027	1.027	STLM
57	0.654	0.666	0.591	0.577	0.577	STLM
58	0.513	0.505	0.467	0.472	0.467	Bagged ETS
59	0.739	0.739	0.722	0.680	0.680	STLM
60	0.910	0.872	0.751	0.715	0.715	STLM
61	0.890	0.731	0.817	0.773	0.731	ARIMA
62	0.815	0.815	0.780	0.732	0.732	STLM
63	0.729	0.751	0.715	0.656	0.656	STLM
64	0.788	0.788	0.780	0.671	0.671	STLM
65	0.696	0.639	0.642	0.664	0.639	ARIMA
66	0.790	0.790	0.746	0.667	0.667	STLM
67	0.723	0.704	0.565	0.580	0.565	Bagged ETS
68	0.777	0.775	0.617	0.564	0.564	STLM
69	0.870	0.883	0.855	0.808	0.808	STLM
70	0.711	0.765	0.662	0.650	0.650	STLM
71	0.682	0.678	0.635	0.602	0.602	STLM
72	0.729	0.726	0.613	0.594	0.594	STLM

19. Demanda e inventario de seguridad pronosticado para los primeros 10 artículos de los artículos de la categoría “A”

No.	TIPO DE MÉTODO	PRONÓSTICO PARA AÑO 2020												INTERVALO SUPERIOR DE PRONÓSTICO 95%											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	ARIMA	4.1	2.3	2.1	0	0	0	2.1	1.3	0	1.4	2	3.2	9	7.6	7.7	3.1	5.6	3.2	7.8	6.9	5.2	7.1	7.6	8.8
2	STLM	1.9	3.6	3.6	2.6	5.4	2.8	1.8	2.5	3.4	3.4	2.4	2.3	4.7	6.4	6.5	5.5	8.3	5.8	4.8	5.5	6.5	6.5	5.4	5.4
3	STLM	13.7	14	9.4	9.2	11.7	11.3	10.5	12.1	13.2	17.3	11.7	5.6	24.7	25.2	20.9	21	23.6	23.5	22.9	24.7	26.1	30.4	25	19.1
4	STLM	2.5	2.8	2.6	2	3.6	2.3	2.4	3.1	4.2	1.5	3.3	2.3	6.1	6.4	6.2	5.6	7.2	5.9	6	6.7	7.8	5	6.9	5.9
5	STLM	0.4	0.3	0.5	0.7	1.3	0.5	1.1	0.8	0.2	0.5	1	0.5	1.9	1.8	2	2.2	2.8	2	2.6	2.3	1.7	2	2.5	2
6	Bagged ETS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
7	STLM	1.9	3.6	3.7	2.6	5.5	2.9	1.9	2.5	3.4	3.4	2.4	2.3	4.7	6.3	6.5	5.4	8.3	5.8	4.8	5.4	6.4	6.4	5.5	5.4
8	STLM	5.8	6.2	7	1.9	6.5	2.7	6.1	2.6	6	7.1	9.3	7.4	16.2	16.6	17.4	12.3	16.9	13.1	16.4	13	16.4	17.5	19.7	17.8
9	STLM	2	2.3	1.7	1.7	4.7	2.1	2.9	0.8	1.8	1.2	1.3	0.6	5.4	5.8	5.2	5.2	8.1	5.5	6.3	4.2	5.2	4.7	4.8	4.1
10	STLM	5.3	26.1	14.5	8	8.7	9.3	12.3	15.6	13.3	11.1	20.5	9.2	21.9	42.6	31	24.6	25.2	25.8	28.9	32.1	29.9	27.7	37	25.7

20.Sistema de revisión trimestral para los primeros 10 artículos de la categoría “A”

No.	Costo Unitario	\bar{d}_2	SS 2do trimestre	I	q	q revisado	Costo total inicial	Ventas (enero - marzo)	compras locales	Inventario estimado al finalizar	Costo proyectado total al finalizar
1	Q 535.55	0	12	24	-12	0	Q 12,853.21	29	5	0	Q -
2	Q 3,831.09	11	9	30	-10	0	Q 114,932.56	12	0	18	Q 68,959.54
3	Q 1,717.86	33	36	38	31	31	Q 65,278.68	59	0	10	Q 17,178.60
4	Q 480.23	8	11	37	-18	0	Q 17,768.58	11	0	26	Q 12,486.03
5	Q 1,487.80	3	5	3	5	5	Q 4,463.39	2	0	6	Q 8,926.77
6	Q 1,409.15	1	3	10	-6	0	Q 14,091.48	3	0	7	Q 9,864.04
7	Q 885.30	12	9	30	-9	0	Q 26,559.09	13	0	17	Q 15,050.15
8	Q 876.56	12	32	35	9	9	Q 30,679.68	30	0	14	Q 12,271.87
9	Q 1,025.83	9	11	27	-7	0	Q 27,697.46	9	0	18	Q 18,464.97
10	Q 420.19	26	50	80	-4	0	Q 33,615.25	69	0	11	Q 4,622.10

* \bar{d}_2 : Demanda proyectada para el segundo trimestre del año 2020

*SS 2do trimestre: desviación estándar para el segundo trimestre del año 2020

*I: inventario inicial

*q: cantidad necesaria para el trimestre. (Calculado a partir de la ecuación 3)

$$q = \bar{d}(T + L) + SS - I = \bar{d}_{t+1} + SS - I$$

*q revisado: cantidad a pedir al proveedor

21.Sistema de revisión bimestral para los primeros 10 artículos de la categoría “A”

No.	Costo Unitario	\bar{d}_2	I	SS	q	q revisado	Costo total inicial	Ventas (enero - febrero)	Compras locales	Inventario al finalizar	Costo proyectado total al finalizar
1	Q 535.55	3	24	9	-12	0	Q 12,853.21	12	0	12	Q 6,426.61
2	Q 3,831.09	7	30	6	-17	0	Q 114,932.56	5	0	25	Q 95,777.14
3	Q 1,717.86	19	38	24	5	5	Q 65,278.68	37	0	6	Q 10,307.16
4	Q 480.23	5	37	8	-24	0	Q 17,768.58	9	0	28	Q 13,446.50
5	Q 1,487.80	2	3	4	3	3	Q 4,463.39	2	0	4	Q 5,951.18
6	Q 1,409.15	1	10	2	-7	0	Q 14,091.48	1	0	9	Q 12,682.33
7	Q 885.30	7	30	6	-17	0	Q 26,559.09	7	0	23	Q 20,361.97
8	Q 876.56	9	35	21	-5	0	Q 30,679.68	20	0	15	Q 13,148.43
9	Q 1,025.83	4	27	7	-16	0	Q 27,697.46	6	0	21	Q 21,542.47
10	Q 420.19	23	80	34	-23	0	Q 33,615.25	60	0	20	Q 8,403.81

* \bar{d}_2 : Demanda proyectada para el segundo bimestre del año 2020

*SS: desviación estándar para el segundo bimestre del año 2020

*I: inventario inicial

*q: cantidad necesaria para el trimestre. (Calculado a partir de la ecuación 3)

$$q = \bar{d}(T + L) + SS - I = \bar{d}_{t+1} + SS - I$$

*q revisado: cantidad a pedir al proveedor

22.Sistema de revisión trimestral para los primeros 10 artículos de las categorías “B” y “C”

No.	Información						Primera revisión trimestral								
	Costo Unitario	\bar{d}_t	σ_t	T	L	Z 95%	I	SS	q	q revisado	Costo total inicial	Ventas (enero - marzo)	compras locales	Inventario al finalizar	Costo proyectado total al finalizar
1	Q 1,749.42	1.2	1.5	1	0.6	1.64	3	3.1	2	2	Q 5,248.25	3	0	2	Q 3,498.83
2	Q 437.33	4.8	1.3	1	0.6	1.64	40	2.7	-30	0	Q 17,493.26	5	0	35	Q 15,306.61
3	Q 1,103.03	1.9	0.8	1	0.6	1.64	24	1.7	-20	0	Q 26,472.73	1	0	23	Q 25,369.70
4	Q 1,166.87	1.8	1.6	1	0.6	1.64	16	3.2	-11	0	Q 18,669.86	3	0	13	Q 15,169.26
5	Q 816.06	2.5	1.7	1	0.6	1.64	15	3.5	-8	0	Q 12,240.95	3	0	12	Q 9,792.76
6	Q 309.04	6.5	3.3	1	0.6	1.64	25	6.9	-8	0	Q 7,725.91	6	0	19	Q 5,871.69
7	Q 1,182.23	1.7	0.3	1	0.6	1.64	5	0.6	-2	0	Q 5,911.14	3	0	2	Q 2,364.45
8	Q 1,294.32	1.5	1.1	1	0.6	1.64	17	2.2	-13	0	Q 22,003.40	1	0	16	Q 20,709.08
9	Q 1,442.12	1.3	0.7	1	0.6	1.64	6	1.5	-3	0	Q 8,652.71	1	0	5	Q 7,210.59
10	Q 1,750.41	1.1	0.8	1	0.6	1.64	7	1.7	-4	0	Q 12,252.86	3	0	4	Q 7,001.64

* \bar{d}_t : demanda trimestral proyectada

* σ_t : desviación estándar trimestral

*T: cantidad de trimestres que dura el periodo de revisión

*L: Lead time o tiempo que tarda desde que se hace el pedido hasta que este es recibido en bodega (Obtenido del DOP y en trimestres).

*Z 95: valor Z para un intervalo de confianza del 95%

*I: inventario inicial

*SS 2do trimestre: desviación estándar para el segundo trimestre del año 2020

*q: cantidad necesaria para el trimestre. Calculado a partir de la ecuación 3:

$$q = \bar{d}(T + L) + z\sigma_{T+L} - I = \bar{d}_t * (1 + L) + SS - I$$

*q revisado: cantidad a pedir al proveedor

23.Sistema de revisión periódica bimestral para los primeros 10 artículos de las categorías “B” y “C”

Información							Primera revisión bimestral									
No.	Costo Unitario	\bar{d}_b	σ_b	T	L	Z 95%	I	SS	q	q revisado	Costo total inicial	Ventas (enero - febrero)	compras locales	Inventario al finalizar	Costo proyectado total al finalizar	
1	Q 1,749.42	0.8	1.0	1	0.9	1.64	3	2.2	1	1	Q 5,248.25	3	0	1	Q 1,749.42	
2	Q 437.33	3.2	0.9	1	0.9	1.64	40	2.0	-33	0	Q 17,493.26	4	0	36	Q 15,743.94	
3	Q 1,103.03	1.3	0.6	1	0.9	1.64	24	1.2	-21	0	Q 26,472.73	0	0	24	Q 26,472.73	
4	Q 1,166.87	1.2	1.0	1	0.9	1.64	16	2.3	-12	0	Q 18,669.86	3	0	13	Q 15,169.26	
5	Q 816.06	1.7	1.1	1	0.9	1.64	15	2.6	-10	0	Q 12,240.95	2	0	13	Q 10,608.82	
6	Q 309.04	4.3	2.2	1	0.9	1.64	25	5.0	-12	0	Q 7,725.91	6	0	19	Q 5,871.69	
7	Q 1,182.23	1.1	0.2	1	0.9	1.64	5	0.5	-3	0	Q 5,911.14	1	0	4	Q 4,728.91	
8	Q 1,294.32	1.0	0.7	1	0.9	1.64	17	1.6	-14	0	Q 22,003.40	1	0	16	Q 20,709.08	
9	Q 1,442.12	0.9	0.5	1	0.9	1.64	6	1.1	-4	0	Q 8,652.71	1	0	5	Q 7,210.59	
10	Q 1,750.41	0.7	0.6	1	0.9	1.64	7	1.2	-5	0	Q 12,252.86	2	0	5	Q 8,752.04	

* \bar{d}_t : demanda bimestral proyectada

* σ_t : desviación estándar bimestral

*T: cantidad de bimestres que dura el periodo de revisión

*L: Lead time o tiempo que tarda desde que se hace el pedido hasta que este es recibido en bodega (Obtenido del DOP y en bimestres).

*Z 95: valor Z para un intervalo de confianza del 95%

*I: inventario inicial

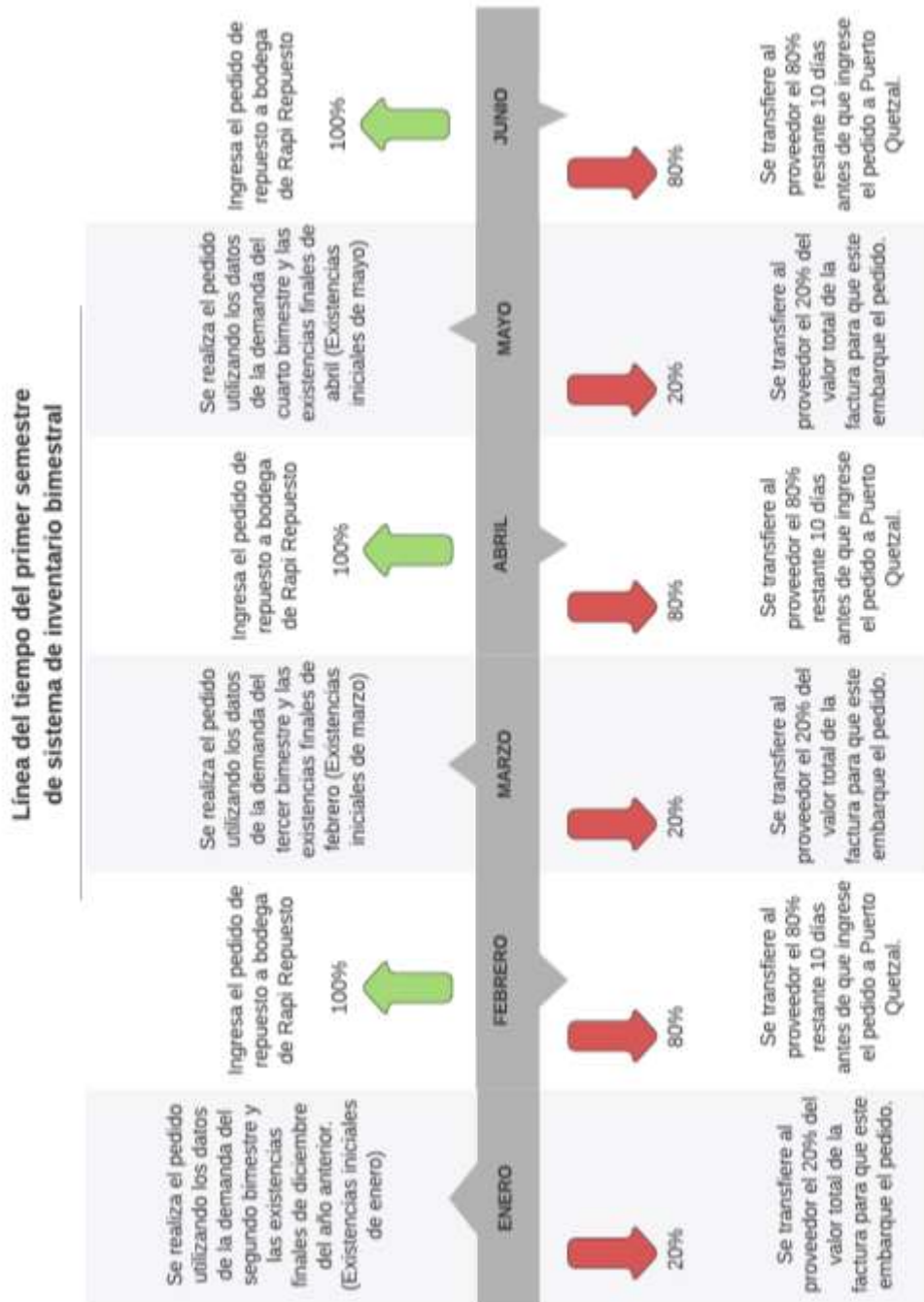
*SS 2do bimestre: desviación estándar para el segundo bimestre del año 2020

*q: cantidad necesaria para el bimestre. Calculado a partir de la ecuación 3:

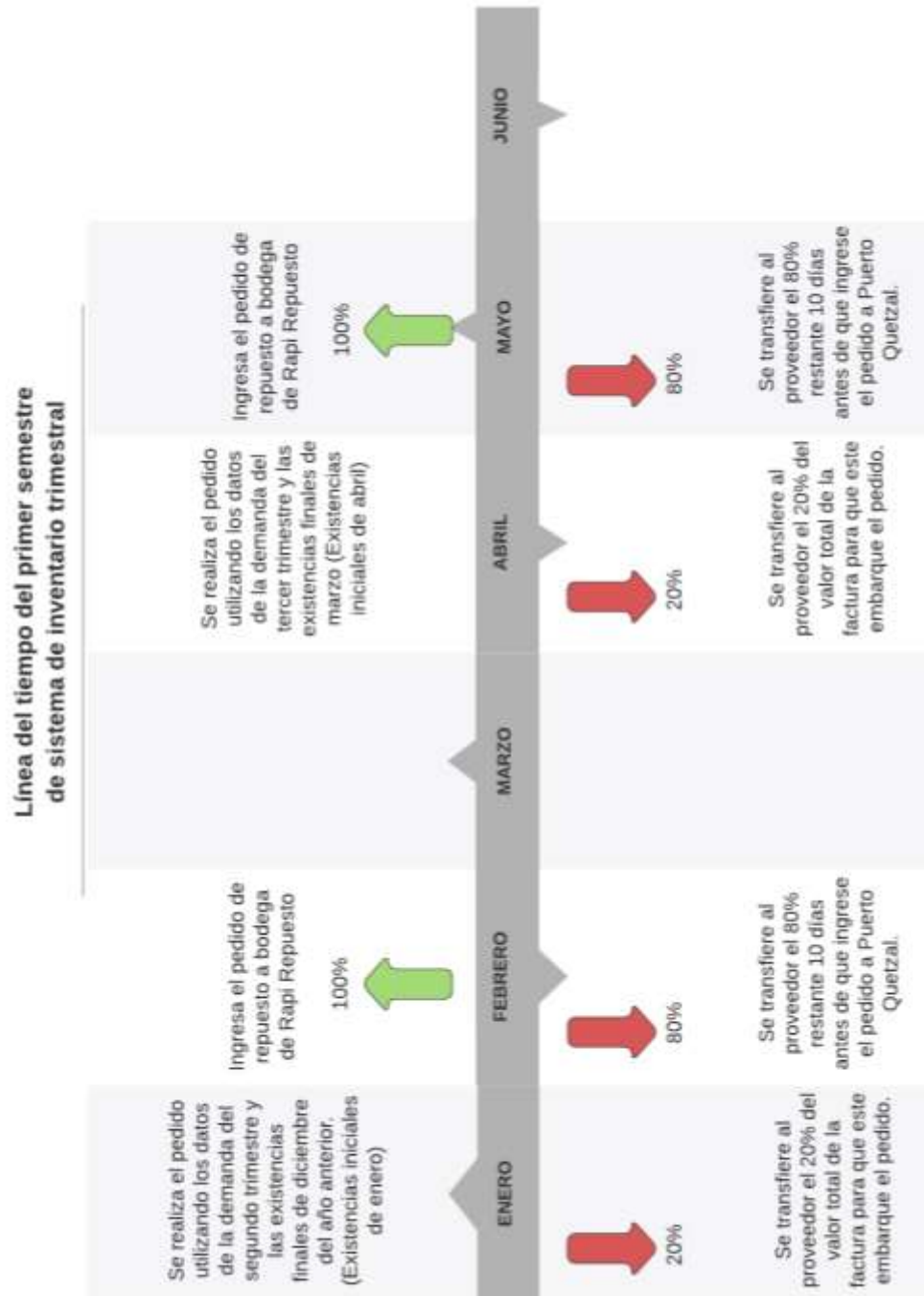
$$q = \bar{d}(T + L) + z\sigma_{T+L} - I = \bar{d}_t * (1 + L) + SS - I$$

*q revisado: cantidad a pedir al proveedor.

24. Línea del tiempo para sistema de revisión periódica bimestral



25.Línea del tiempo para sistema de revisión periódica trimestral



26.Existencias de los primeros 10 ítems con el sistema de revisión periódica trimestral

CATEGORIA	No.	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO					
		Inventario Inicial	Unidades vendidas	Inventario Final	Unidades vendidas	Importaciones	Unidades vendidas	Compras locales	Inventario Final	Unidades vendidas	Importaciones	Unidades vendidas	Inventario Final	Unidades vendidas			
A	1	24	3	21	9	12	17	5	0	4	4	0	5	21	16	1	15
A	2	30	1	29	4	25	7	0	18	1	0	17	0	0	17	2	15
A	3	38	26	12	11	32	22	0	10	1	0	9	2	64	71	0	71
A	4	37	7	30	2	28	2	0	26	4	0	22	5	0	17	8	9
A	5	3	0	3	2	6	0	0	6	0	0	6	1	2	7	1	6
A	6	10	1	9	0	9	2	0	7	0	0	7	0	0	7	0	7
A	7	30	5	25	2	23	6	0	17	3	0	14	2	0	12	3	9
A	8	35	13	22	7	24	10	0	14	7	0	7	11	33	29	6	23
A	9	27	4	23	2	21	3	0	18	0	0	18	1	0	17	0	17
A	10	80	15	65	45	20	9	0	11	7	0	4	28	81	57	22	35
B	1	3	3	0	0	2	0	0	2	0	0	2	1	3	4	1	3
B	2	40	1	39	3	36	1	0	35	0	0	35	1	0	34	2	32
B	3	24	0	24	0	24	1	0	23	1	0	22	1	0	21	2	19
B	4	16	2	14	1	13	0	0	13	0	0	13	0	0	13	1	12
B	5	15	1	14	1	13	1	0	12	1	0	11	0	0	11	0	11
B	6	25	2	23	4	19	0	0	19	0	0	19	0	0	19	0	19
B	7	5	1	4	0	4	2	0	2	0	0	2	0	2	4	0	4
B	8	17	0	17	1	16	0	0	16	0	0	16	0	0	16	4	12
B	9	6	0	6	1	5	0	0	5	2	0	3	0	0	3	0	3
B	10	7	0	7	2	5	1	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4

27.Existencias de los primeros 10 ítems con el sistema de revisión periódica bimestral

No.	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO				
	Inventario Inicial	Inventario Final	Unidades vendidas	Importaciones	Inventario Final	Compras locales	Unidades vendidas	Importaciones	Compras locales	Unidades vendidas	Importaciones	Inventario Final			
1	24	3	21	9	0	17	5	0	4	0	0	0	1	16	15
2	30	1	29	4	0	7	0	18	1	0	17	0	2	0	15
3	38	26	12	11	5	22	16	0	1	33	0	32	2	0	47
4	37	7	30	2	0	2	0	26	4	0	22	5	0	17	9
5	3	0	3	2	3	0	0	4	0	1	0	5	1	0	4
6	10	1	9	0	0	2	0	7	0	0	7	0	0	0	7
7	30	5	25	2	0	6	0	17	3	0	14	2	0	12	9
8	35	13	22	7	0	10	0	5	7	9	7	11	4	0	17
9	27	4	23	2	0	3	0	18	0	6	0	24	1	0	23
10	80	15	65	45	0	9	0	11	7	20	0	24	28	4	16
1	3	3	0	0	1	0	0	1	0	3	0	4	1	0	2
2	40	1	39	3	0	1	0	35	0	0	0	35	1	0	32
3	24	0	24	0	0	1	0	23	1	0	22	1	0	21	19
4	16	2	14	1	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	12
5	15	1	14	1	0	1	0	12	1	0	11	0	0	11	11
6	25	2	23	4	0	0	0	19	0	0	19	0	0	0	19
7	5	1	4	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	3
8	17	0	17	1	0	0	0	16	0	0	16	0	0	0	12
9	6	0	6	1	0	0	0	5	0	0	3	0	0	0	3
10	7	0	7	2	0	1	0	4	0	0	4	0	0	0	4

