

ISSN 2521-8093



REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen IX- N° 27 Noviembre 2025

ISSN 2521-8093

2



Enfoque Pull vs. planificación predictiva con TBATS y ETS para compras críticas en el mantenimiento correctivo de ascensores en Perú

Sr. Raul Octavio Rosas Cordova
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
raul.rosasc@unmsm.edu.pe

Sr. Roger Keny Amez Torres
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
roger.amezt@unmsm.edu.pe

Recibido: 28 Agosto 2025 Aceptado: 15 Octubre 2025



Resumen: Este estudio compara el modelo de compras bajo demanda (Pull) con la planificación predictiva en el mantenimiento correctivo de ascensores para mejorar la disponibilidad de repuestos, disminuir los tiempos de inactividad y optimizar los recursos. Mediante un enfoque cuantitativo y longitudinal, se identificaron ineficiencias con herramientas como el diagrama de Ishikawa, la matriz Vester y la matriz FACTIS. Los resultados muestran que el abastecimiento basado en pronósticos, usando algoritmos de series temporales como TBATS y ETS, ofrece una mejor respuesta y eficiencia que el método Pull. La propuesta se basa en análisis de datos históricos y machine learning para una gestión de compras proactiva del mantenimiento correctivo de ascensores en Perú.

Palabras claves: Mantenimiento correctivo / Sistema pull / Planificación predictiva de compras / Forecast / Gestión de compras / Algoritmo TBATS y ETS.

Abstract: This study compares the pull-based purchasing model with predictive planning in corrective elevator maintenance to improve spare parts availability, reduce downtime, and optimize resources. Through a quantitative and longitudinal approach, inefficiencies were identified using tools such as the Ishikawa diagram, the Vester matrix, and the FACTIS matrix. The results show that forecast-based sourcing, using time series algorithms such as TBATS and ETS, provides better responsiveness and efficiency than the pull method. The proposal is based on historical data analysis and machine learning for proactive elevator maintenance management in Peru.

Keywords: Corrective maintenance / Pull system / Predictive purchasing planning / Forecast / Purchasing management / TBATS and ETS algorithm

Résumé: Cette étude compare le modèle d'achats à la demande (Pull) à la planification prédictive dans la maintenance corrective des ascenseurs, afin d'améliorer la disponibilité des pièces de rechange, de réduire les temps d'arrêt et d'optimiser les ressources. À travers une approche quantitative et longitudinale, des inefficacités ont été identifiées à l'aide d'outils tels que le diagramme d'Ishikawa, la matrice de Vester et la matrice FACTIS. Les résultats montrent que l'approvisionnement basé sur des prévisions, en utilisant des algorithmes de séries temporelles comme TBATS et ETS, offre une meilleure réactivité et efficacité que la méthode Pull. La pro-

position repose sur l'analyse de données historiques et le machine learning pour une gestion proactive de la maintenance des ascenseurs au Pérou.

Mots-clés: Maintenance corrective / Système pull / Planification prédictive des achats / Prévision / Gestion des achats / Algorithme TBATS et ETS

1. Introducción

En el ámbito del mantenimiento correctivo de ascensores, la comparación entre el sistema Pull y la planificación predictiva de compras es fundamental para optimizar la eficiencia operativa, reducir costos y garantizar la seguridad. El enfoque Pull se caracteriza por la adquisición de insumos exclusivamente ante necesidades reales, evitando la acumulación de inventarios mediante un modelo de demanda reactiva (Productiontools, 2024). Por su parte, la planificación predictiva emplea un análisis de datos y tecnologías avanzadas para anticipar fallos, permitiendo la programación proactiva de compras de repuestos (Attendo, s.f.). Ambos modelos persiguen la optimización del proceso de mantenimiento, aunque divergen en su enfoque: mientras el primero responde a demandas inmediatas, el segundo adopta una perspectiva preventiva ante posibles incidencias.

A nivel global, la gestión del mantenimiento industrial ha cobrado una relevancia creciente, particularmente en el sector de ascensores, donde numerosas compañías están abandonando los métodos tradicionales de mantenimiento en favor de enfoques predictivos más sofisticados. Un ejemplo destacado es Schindler, que ha desarrollado una solución digital “Schindler Ahead”, la cual permite el monitoreo en tiempo real de los equipos y la utilización de modelos predictivos para anticipar fallas, incrementando así la disponibilidad del servicio (Schindler, 2021). De manera similar, Otis ha implementado la plataforma “Otis ONE”, la cual incorpora tecnologías de internet de las cosas (IoT) con el propósito de optimizar las tareas de mantenimiento y reducir los tiempos de inactividad (Digi International, 2023).

En América Latina, la adopción de tecnologías avanzadas en el ámbito del mantenimiento también está adquiriendo una presencia cada vez más significativa. Un ejemplo destacado es el sistema MAX de TK Elevator, el cual permite el monitoreo continuo del estado de los equipos a través de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) y análisis en la nube. Esta solución tecnológica posibilita el diagnóstico anticipado del estado de los componentes, lo que facilita la programación de intervenciones específicas antes de que produzcan fallas críticas (TK Elevator, s.f.).

En el contexto nacional, la implementación de modelos de mantenimiento avanzados implica enfrentar diversos desafíos, entre ellos, la heterogeneidad de las infraestructuras existentes y la necesidad de garantizar de forma constante tanto la seguridad como la operatividad de los ascensores. Esta capacidad de diagnóstico anticipado facilita la intervención oportuna y contribuye significativamente a la reducción de los tiempos de inactividad (Asociación Española de Mantenimiento, 2023).

En este escenario, la empresa en estudio enfrenta el reto de optimizar la gestión del mantenimiento correctivo de sus ascensores. En consecuencia, la presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de la efectividad del enfoque Pull frente a la planificación de compras predictiva, con el propósito de garantizar una mayor disponibilidad de re-

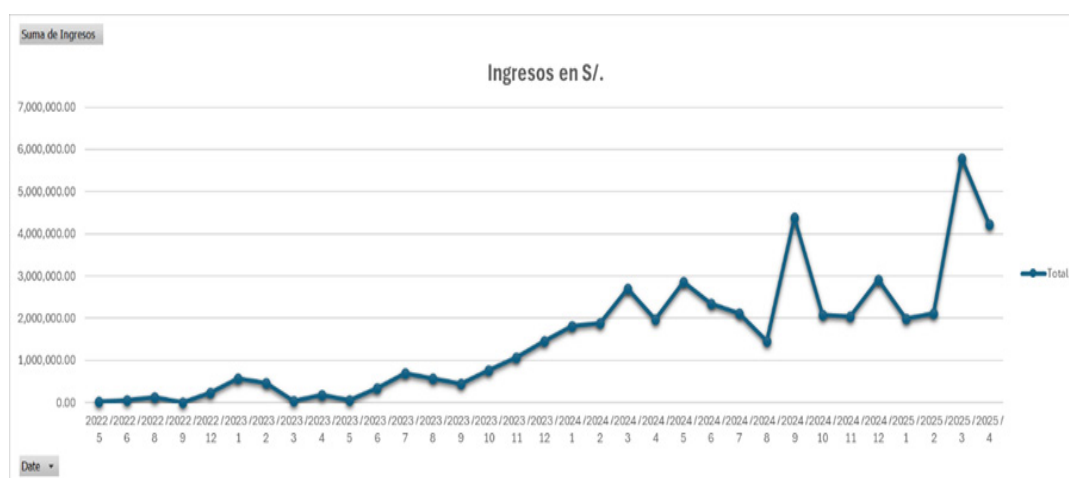
puestos, disminuir los tiempos de inactividad de los equipos y optimizar el uso de los recursos y los costos logísticos.

Planteamiento del problema

En la gestión de compras, la empresa adopta una estrategia que combina dos enfoques tradicionales: el modelo push (Make to Stock, o MTS) y el modelo pull (Make to Order, o MTO). El modelo push se aplica a materiales de uso frecuente y fácil reposición, mientras que el modelo pull se reserva para repuestos de baja rotación, los cuales suelen requerir procesos de importación. El enfoque pull, ampliamente implementado con éxito en otras industrias, facilita una mejor alineación con la demanda real y agiliza las intervenciones de mantenimiento cuando estas resultan necesarias. No obstante, esta estrategia también implica ciertos riesgos, particularmente en contextos donde los proveedores no pueden garantizar entregas oportunas o cuando la cadena de suministro carece de la solidez necesaria para cumplir con los plazos requeridos (Womack & Jones, 2003).

En un entorno de alta competitividad y exigencia como el ámbito actual, la ausencia de un modelo eficiente para la gestión de repuestos puede comprometer seriamente la calidad del servicio, el cumplimiento de los compromisos contractuales e incluso la rentabilidad de la empresa. Adicionalmente, la falta de estudios internos que analicen de forma comparativa el impacto del modelo Pull frente al enfoque predictivo en un mercado caracterizado por su alta volatilidad dificulta la toma de decisiones estratégicas en las operaciones cotidianas.

Figura N° 1: Dispersión de ingresos



Fuente: Elaboración propia

En síntesis, las empresas dedicadas al mantenimiento de ascensores en el Perú enfrentan un desafío significativo en la gestión eficiente de repuestos, particularmente ante reparaciones imprevistas. Aunque el modelo predictivo, fundamentado en datos históricos y análisis proyectivos, ha demostrado ser una herramienta eficaz **para anticipar fallas recurrentes y planificar con anticipación la reposición de componentes**, este no siempre resulta suficiente para atender **eventos excepcionales, tales como daños intencionales, desastres naturales o fallos poco comunes**. En estas circunstancias, la carencia de repuestos críticos en el momento oportuno puede comprometer de manera considerable la disponibilidad operativa de los equipos, así como la percepción del servicio por parte de los usuarios (Montenegro, 2022).

2. Material y métodos

La presente investigación se clasifica como aplicada, dado que tiene como objetivo ofrecer soluciones prácticas y concretas para la aplicación del problema en específico de esta investigación relacionada con la gestión de compras, permitiendo que los resultados puedan ser implementados de manera inmediata en el contexto actual del estudio, tal como lo establece el autor De la Cruz.

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por la recopilación y análisis de datos numéricos con el propósito de identificar patrones y relaciones estadísticas entre las variables involucradas. Este enfoque permite una medición precisa y objetiva de las variables bajo estudio. En cuanto a su alcance, se ha seleccionado un diseño descriptivo, dado que busca detallar y caracterizar exhaustivamente las propiedades y características del fenómeno analizado, sin intervenir ni modificar las variables estudiadas (Vizcaíno, P. & Maldonado, I. & Cedeño, R., 2023).

En relación con el enfoque temporal, la investigación se desarrollará bajo un diseño longitudinal, lo cual implica la recopilación de datos a lo largo de varios meses históricos, complementado con la aplicación de técnicas de pronóstico (forecast). Esto permitirá observar la evolución y las variaciones de las variables a estudiar (Investigación de Campo, 2023).

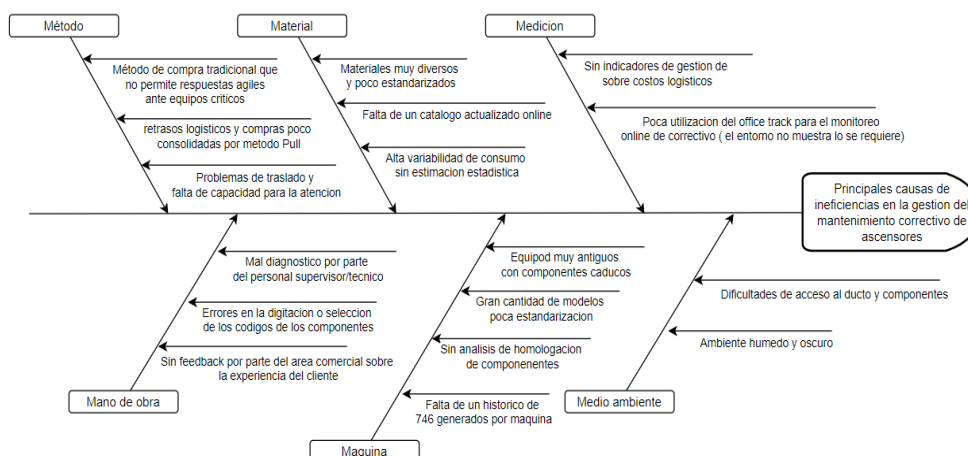
El diseño de la investigación será de carácter experimental, dado que se llevará a cabo una manipulación controlada de las variables independientes con el fin de observar sus efectos sobre las variables dependientes, bajo condiciones estrictamente controladas (Vizcaíno, P. & Maldonado, I. & Cedeño, R., 2023).

La técnica de recopilación de datos se fundamentará en un modelo documental, lo que permitirá obtener información a partir de fuentes textuales, estadísticas y registros históricos de la empresa objeto de estudio en el sector de ascensores, los cuales servirán como base para el análisis y la comparación (Medina, M. & Rojas, C. & Bustamante, W. & Loaiza, R. & Martel, C. & Castillo, R., 2023).

Finalmente, el enfoque adoptado en la investigación es de carácter sistémico, puesto a que se considerará el fenómeno de estudio como un conjunto integrado y coherente de elementos, lo que posibilita un análisis exhaustivo e integral (Cisneros, E. & Cohuo, M., 2020).

2.1. Metodología

Se implementó la metodología de lluvia de ideas estructurada, considerando el procedimiento estándar correspondiente a los servicios correctivos de ascensores. Esta estrategia permitió una revisión exhaustiva de todas las posibles causas asociadas a las ineficiencias presentes en el proceso de mantenimiento correctivo.

Figura N° 2: ISHIKAWA - Ineficiencias servicios correctivos

Fuente: Elaboración propia

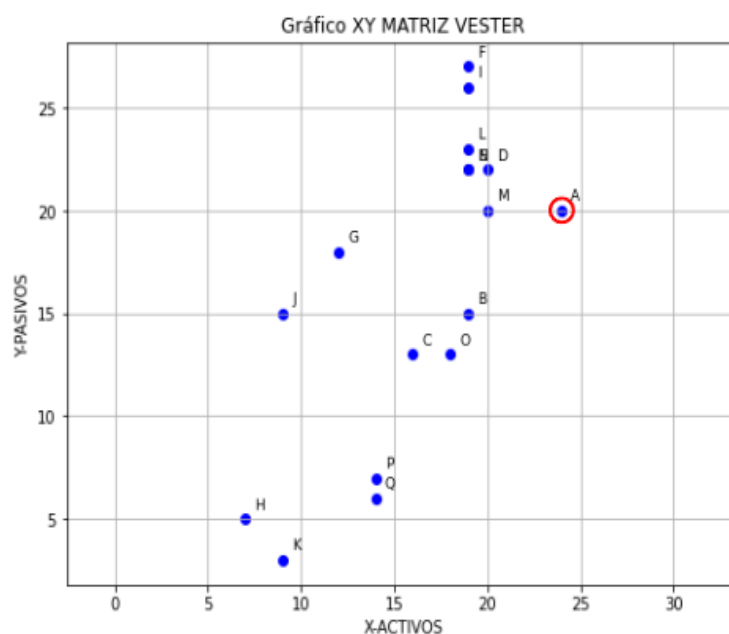
Posterior al desarrollo del Ishikawa se aplicó la matriz Vester, una herramienta visual que facilita la identificación de las causas y sus consecuencias respecto a una situación problemática, la matriz Vester es una herramienta de planificación desarrollada por Frederic Vester científico alemán aplicado con mucho éxito como parte de su enfoque de sensibilidad sistémica. Se aplica en la toma de decisiones complejas, planificación estratégica, diagnóstico organizacional, sostenibilidad, gestión ambiental, desarrollo territorial, entre otros (Restrepo, J., 2020).

63

Tabla N° 1: Cuadro VESTER - Ineficiencias servicios correctivos

	Método	Método	Método	Material	Material	Material	Medición	Medición	Mano de obra	Mano de obra	Mano de obr	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Medio ambi	Medio ambiente	
PROBLEMAS	compra tradicional que no permite respuestas ágiles ante equipos críticos	Retrasos logísticos y compras poco consolidadas por método Pull	Problemas de traslado y falta de capacidad para la atención	Materiales muy diversos y poco estandarizados	Falta de un catalogo actualizado online	Alta variabilidad de consumo sin estimación estadística	Sin indicadores de gestión de sobre costos logísticos	Poca utilización del office track para el monitoreo online de correctivo (el entorno no muestra lo se requiere)	Mal diagnostico por parte del personal supervisor/técnico	Errores en la digitación o selección de los códigos de los componentes	Sin feedback por parte del área comercial sobre la experiencia del cliente	Equipos muy antiguos con componentes caducos	Gran cantidad de modelos poca estandarización	Sin análisis de homologación de componentes	Falta de un historico de 746 generados por máquina	Dificultades de acceso al ducto y componentes	Ambiente húmedo y oscuro	TOTAL
Método	0	3	1	2	1	3	2	0	2	1	1	2	2	1	1	1	1	24
Método	Retrasos logísticos y compras poco consolidadas por método Pull	3	0	1	2	1	3	3	1	1	0	1	1	1	0	0	0	19
Método	Problemas de traslado y falta de capacidad para la atención	2	2	0	1	1	3	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	16
Material	Materiales muy diversos y poco estandarizados	2	1	1	0	2	2	1	0	1	0	3	3	3	0	0	0	20
Material	Falta de un catalogo actualizado online	1	0	0	2	0	1	0	0	2	2	0	3	3	2	2	1	19

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3: Tipificación VESTER - Ineficiencias servicios correctivos

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo como resultado la causa raíz de las ineficiencias en el servicio correctivo de manera prioritaria **“Método de compra tradicional que no permite respuestas ágiles ante equipos críticos”**

2.2. Evaluación de métodos de gestión de compras

La evaluación de los métodos de gestión de compras posibilita la identificación de las estrategias más eficientes para optimizar el proceso de adquisición. En este marco, y considerando la empresa como objeto de estudio en el sector de ascensores, se presenta la matriz FACTIS como una herramienta fundamental para el análisis y la comparación de diversos enfoques en la gestión de compras.

Tabla N° 2: Factores de ponderación FACTIS

CRITERIOS DE SELECCIÓN				FACTOR DE PONDERACIÓN
F	Facilidad de implementación			3
	1. Muy difícil	2. Difícil	3. Fácil	
A	Afecta a otras áreas su implementación			5
	1. Poco	2. Medio	3. Mucho	
C	Mejoramiento de la calidad			6
	1. Poco	2. Medio	3. Mucho	
T	Tiempo que implica implementarlo			2
	1. Largo plazo	2. Mediano plazo	3. Corto Plazo	
I	Inversión requerida			1
	1. Alta	3. Media	5. Poca	
S	Nivel de seguridad en el servicio			4
	1. Poco	3. Medio	5. Alta	

Fuente: Elaboración propia

El análisis comparativo de los diferentes métodos de gestión de compras concluye que el aprovisionamiento basado en pronósticos, o Forecasting, es el enfoque más adecuado. Esta preferencia se fundamenta en la combinación óptima que ofrece entre facilidad de implementación, el nivel de seguridad en el servicio y el tiempo requerido para su puesta en marcha.

Tabla N° 3: Cuantificación de decisión FACTIS

Herramientas	Facilidad de implementación	Afecta a otras áreas su implementación	Mejoramiento de la calidad	Tiempo que implica implementarlo	Inversión requerida	Nivel de seguridad en el servicio	Puntaje Ponderado
Método Push (De empuje)	3	2	1	3	5	1	40
Método Pull (De arrastre)	3	2	1	3	5	1	40
Método Push-Pull Híbrido	3	2	1	3	5	1	40
Reaprovisionamiento basado en pronóstico	3	2	3	3	5	3	60
Punto de pedido (ROP - Reorder Point)	3	2	1	3	5	1	40
Justo a tiempo (JIT)	1	3	3	1	1	5	59
CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment)	1	3	3	1	1	5	59
VMI (Vendor Managed Inventory)	1	3	3	1	1	5	59

Fuente: Elaboración propia

3. Resultados

La presente investigación se basa en métodos avanzados de pronóstico de series temporales, aplicando el algoritmo **TBATS** (acrónimo de Trigonometric, Box-Cox, ARMA errors, Trend, and Seasonal components). Este algoritmo está diseñado para capturar comportamientos complejos y múltiples estacionalidades, lo que lo convierte en una herramienta especialmente útil en ámbitos como la planificación de la demanda, el mantenimiento predictivo y la gestión de inventarios en cadenas de suministro.

El segundo método considerado en el algoritmo **ETS** (Error, Trend, Seasonality), que corresponde a una familia de modelos de series temporales empleados para realizar pronósticos univariados, particularmente en contextos relacionados con la planificación de la demanda, la gestión de inventarios y el mantenimiento preventivo o correctivo.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que detalla las características y aplicaciones de ambos algoritmos complejos:

Tabla N° 4: Cuadro comparativo algoritmos ETS / TBATS

Criterio	ETS	TBATS
Significado	Error-Trend-Seasonality	Trigonometric, Box-Cox, ARMA errors, Trend, Seasonal
Tipo de modelo	Suavizamiento exponencial (descomposición simple)	Modelo avanzado de series temporales múltiples
Tendencia	Aditiva, amortiguada o nula	Lineal o amortiguada
Estacionalidad	Una sola (aditiva o multiplicativa)	Múltiples, complejas y no necesariamente regulares
Box-Cox	No	Sí, transforma la serie para estabilizar varianza
Errores autocorrelados (ARMA)	No	Sí, incluye ruido estructurado
Selección automática de modelo	Sí	Sí
Interpretabilidad	Alta (fácil de explicar)	Media (complejo, menos intuitivo)
Requisitos de datos	Series limpias con estacionalidad clara	Apto para datos ruidosos, irregulares, con outliers

Fuente: Elaboración propia

3.1. Cálculo de los pronósticos BATS y ETS

A continuación, se presenta el algoritmo implementado en Rstudio para la elaboración de pronósticos mediante los métodos TBATS y ETS, desarrollado en el lenguaje de programación R.

La elección del lenguaje R para el desarrollo del algoritmo se fundamenta en su notable capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, así como en la amplia variedad de bibliotecas especializadas que ofrece, entre las cuales destacan aquellas orientadas al forecasting. El entorno de ejecución empleado para este propósito fue RSTUDIO .

Finalmente, se expone el algoritmo desarrollado:

```
#Se crea el dataset en formato long.
```

```
df_long <- df %>%
```

```
  pivot_longer(cols = matches("^2021-|^2022-|^2023-|^2024-"),
```

```
    names_to = "PERIODO",
```

```
    values_to = "CONSUMO") %>%
```

```
  mutate(PERIODO = as.yearmon(PERIODO, "%Y-%m")) %>%
```

```
  arrange(COD_SAP, PERIODO)
```

#Se organizan los datos long dentro de una función que ejecutará los métodos TBATS y ETS de una manera eficiente. (pronóstico para 6 meses)

```
forecast_componentes <- function(df_long, h = 6) {
```

```
  df_long %>%
```

```
group_split(COD_SAP) %>%  
  
map_dfr(function(comp_df) {  
  
  comp <- unique(comp_df$COD_SAP)  
  
  desc <- first(comp_df$DESCRIPCION)  
  
  #Se crea la serie temporal mensual.  
  
  ts_data <- ts(comp_df$CONSUMO, start = c(year(min(comp_df$PERIODO)), month(min(-  
    comp_df$PERIODO))), frequency = 12)  
  
  #Se aplican los modelos complejos TBATS y ETS a las series de tiempo.  
  
  modelos <- list(  
  
    ETS = function(ts_data) {  
  
      forecast(tryCatch(ets(ts_data), error = function(e) NULL), h = h)  
  
    },  
  
    TBATS = function(ts_data) {  
  
      forecast(tryCatch(tbats(ts_data), error = function(e) NULL), h = h)  
  
    })  
  
  #Se corren todos los modelos de la lista, se aplican los métodos complejos TBATS y ETS y  
  finalmente guarda los resultados en un dataframe.  
  
  map_dfr(names(modelos), function(met) {  
  
    modelo_func <- modelos[[met]]  
  
    modelo <- modelo_func(ts_data)  
  
    # Saltar si el modelo no se pudo calcular por algún dato nulo.  
  
    if (is.null(modelo)) return(NULL)  
  
    pronostico <- if (inherits(modelo, "ts")) {  
  
      tail(modelo, h)
```

```

    } else if (is.list(modelo) && !is.null(modelo$mean)) {

      as.numeric(modelo$mean)

    } else {

      as.numeric(modelo)

    }

```

#Se repite la función elaborada en todos los códigos de la data frame (comp) aplicando todos los métodos desarrollados(met).

```

tibble(

  COD_SAP = rep(comp, h),

  DESC_COMPONENTE = rep(desc, h),

  Metodo = rep(met, h),

  PERIODO = seq(as.Date(as.yearmon(max(comp_df$PERIODO))) %m+% months(1),
by = "month", length.out = h),

  Pronostico = pronostico)

#Ejecutar la función elaborada con un horizonte de 6 meses.

resultados_final <- forecast_componentes(df_long, h = 6)

#Se carga el histórico en formato long junto con el pronóstico desarrollado en un solo dataset
df_historica con las columnas codigo_sap, método, periodo y pronóstico.

df_historica <- df_long %>%

  mutate(

    Metodo = "Historico",

    Pronostico = CONSUMO,

    PERIODO = as.Date(as.yearmon(PERIODO)) # <- conversión importante

  ) %>%

  select(COD_SAP, Metodo, PERIODO, Pronostico)

```

#Se combinan los resultados verticalmente tanto de df_historica (los datos reales) y resultados_final (los pronósticos), formando una sola tabla llamada df_export.

```
df_export <- bind_rows(df_historica, resultados_final)
```

Exportar datos a excel.

```
write_xlsx(df_export,
```

```
"C:/Users/ramez/ASCENSORES S.A/Planeamiento - PA/Base_conocimiento/Maestria Supply Chain/GESTION DE COMPRAS/Forecast_Compras_Todos_ComponentesV3.xlsx")
```

3.2. Resultados

Para evaluar la efectividad de los métodos de forecasting TBATS/ETS aplicados a series temporales complejas, se emplearán los siguientes indicadores de medición:

MAD (MADs proporcionalmente bajos al valor pronosticado es lo ideal)

También nombrado desviación media absoluta, se centra en la magnitud de los errores de pronóstico y, a diferencia del MAPE, no se expresa en términos porcentuales, sino en la misma unidad de medida que los datos originales.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

MAPE (MAPEs por debajo del 20% son ideales)

También nombrado error porcentual medio absoluto, este proporciona una medida porcentual del error en relación con el valor real observado.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$$

MAE (MAEs proporcionalmente bajos al valor pronosticado es lo ideal)

También conocido como promedio de los errores absolutos, este permite cuantificar el error promedio del pronóstico utilizando la misma unidad que los datos originales.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

RMSE: (RMSEs proporcionalmente bajos al valor pronosticado es lo ideal)

También denominado raíz del promedio de los errores al cuadrado, el cual es un indicador similar al MAE, pero que otorga mayor penalización a los errores de mayor magnitud dentro del pronóstico.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Finalmente, se expone el pronóstico elaborado para los componentes críticos, el cual ha sido debidamente evaluado mediante los indicadores previamente establecidos.

Cuadro comparativo: 4100200000141 / RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG (componente crítico).

La tabla que se presenta a continuación muestra de manera resumida el historial de consumo correspondiente a los últimos cuatro años, dado que en el dataset original la información se encuentra registrada de manera mensual.

Tabla N° 5: Histórico de consumo RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG

COD_SAP	DESC_COMPONENTE	Metodo	2021	2022	2023	2024
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	ETS				
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	TBATS				
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	Historico	0	4	4	1

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se presenta el desarrollo del pronóstico mensualizado correspondiente al período comprendido entre enero y mayo de 2025, elaborado mediante la aplicación de los algoritmos TBATs y ETS

Tabla N° 6: Pronóstico vs consumo real RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG

COD_SAP	DESC_COMPONENTE	Metodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Pronostico	Consumo Real
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	ETS	0.18753527	0.18753527	0.18753527	0.18753527	0.18753527	0.937676336	2
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	TBATS	0.14526425	0.14526425	0.14526425	0.14526425	0.14526425	0.726321251	2

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se evalúa la calidad del presente análisis de forecasting mediante la aplicación de los indicadores seleccionados.

Tabla N° 7: KPIs RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG

COD_SAP	DESC_COMPONENTE	Metodo	Pronostico	Consumo Real	MAD	MAPE	MAE	RMSE
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	ETS	0.937676336	2	0.19	9%	0.21	0.47508559
4100200000141	RBI 5 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	TBATS	0.726321251	2	0.25	13%	0.25	0.56960645

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el modelo de forecasting ETS fue el que presentó la mayor aproximación al consumo real, con un valor de 0.94 unidades frente a las 2 unidades registradas en el consumo real. Esta precisión permitió obtener indicadores óptimos para la gestión del forecast.

Cuadro comparativo: RBIs sensores de faja de tracción (familia componente crítico)

Una vez finalizado el análisis individual de un código específico, se procede a realizar el estudio a una familia completa de componentes críticos, en este caso, los RBIs.

Tabla N° 8: Forecasting RBIs sensores de faja de tracción

COD_SAP	DESC_COMPONENTE	Metodo	Pronostico	Consumo Real	MAD	MAPE	MAE	RMSE
4100200000034	RBI/3cintas/30mm/32Kn/	ETS	3.791657299	3	0.16	5%	0.16	0.35403991
4100200000089	RBI/4CINTAS/30MM/32KN/ABC21700X2	TBATS	0.616679385	6	1.08	18%	1.08	2.40749417
4100200000131	RBI/2cintas/25mm/34Kn/ABA21700	TBATS	1.637008008	1	0.13	13%	0.13	0.28487864
4100200000135	RBI/2cinta/30mm/43Kn/ABA21700AG9	TBATS	3.818468105	1	0.56	56%	0.56	1.26045726
4100200000142	RBI 5 CINTA 30MM 32KN ABE21700X3	ETS	2.0447273	2	0.06	3%	0.01	0.02000266
4100200000143	RBI 3 CINTA 30MM 43KN ABA21700AG	TBATS	6.251494526	4	0.45	11%	0.45	1.00689896
4100200000147	RBI 4 CINTA 30MM 43KN D-ABA21700	TBATS	1.241705182	1	0.05	5%	0.05	0.10809384
4100200000148	RBI 3CINTA 3cm 43Kn ABA21700AG14	TBATS	0.082483564	1	0.18	18%	0.18	0.41032582
4100200000149	RBI 4 CINTA 30mm 43 ABA21700AG11	TBATS	0	0	0.01	Indefinido	0.00	0
5090200000003	TARJETA RBI 4 X60 MM ABE21700X8	TBATS	24.15804651	2	4.43	222%	4.43	9.90937965

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el cuadro final que contiene las medianas resultantes de nuestro pronóstico obteniendo:

Tabla N° 9: KPIs-RBIs sensores de faja de tracción

MAD	MAPE	MAE	RMSE
0.18	12%	0.18	0.41

Fuente: Elaboración propia

MAD: Con un valor de 0.18 unds siendo óptimo.

MAPE: Con un valor de 12% por debajo de lo requerido siendo óptimo.

MAE: Con un valor de 0.18 unds siendo óptimo.

RMSE: Con un valor de 0.41 unds , ya que se evidencian algunos pronósticos con errores grandes.

Cuadro comparativo: Poleas de tracción / contrapeso / etc. (familia componente crítico)

Continuando con el análisis establecemos el forecasting para la familia de poleas.

Tabla N° 10: Forecasting Poleas de tracción / contrapeso / etc.

COD_SAP	DESC_COMPONENTE	Metodo	Pronostico	Consumo Real	MAD	MAPE	MAE	RMSE
15050400000092	POLEA PASAMANO ESCALERA XAA290C	TBATS	14.43961946	8	1.29	16%	1.29	2.87988537
15060102000001	POLEA TRACC PASAMAN SCH 497X355	TBATS	1.101400933	2	0.18	9%	0.18	0.40186572
2020100000110	POLEA DESVIADORA	TBATS	0	0	0.01	Indefinido	0.00	0
2020100000131	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	TBATS	24.61609004	25	0.08	0%	0.08	0.17168975
2020100000147	POLEA DE TRACCION 140VAT 575MM 3X	TBATS	2.324804756	5	0.54	11%	0.54	1.19638368
2020100000149	POLEA DE TRACCION 450MM GETM5.5	TBATS	2.208376841	1	0.24	24%	0.24	0.54040255
2020100000160	POLEA FAJA TRACCION CAB/CW 4 CAN	ETS	3.0009	4	0.20	5%	0.20	0.4468111
40903000000069	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE2	TBATS	49.19744324	54	0.96	2%	0.96	2.14776868
40903000000070	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE1	TBATS	29.70758819	32	0.46	1%	0.46	1.02519773
4090300000108	POLEA FAJA ASCENSOR XIZI	TBATS	18.59049855	18	0.12	1%	0.12	0.26407898
7060100000010	POLEA DE CONTRAPESO TAA266BQ111	TBATS	1.468048433	9	1.51	17%	1.51	3.36839114
8030200000173	POLEA MOVIL OPERADOR AT120	TBATS	49.34477713	44	1.07	2%	1.07	2.390257
8050200000003	POLEA PUERTA AEREA CABLE 1/8"	ETS	43.00896592	7	7.20	103%	7.20	16.1036991
8050200000025	POLEA COLGANTE SNIAMID	TBATS	2.952708628	0	0.59	Indefinido	0.59	1.32049144

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se expone el cuadro final que recoge las medianas derivadas de nuestro pronóstico, obtenidas de la siguiente manera:

Tabla N° 11: KPIs-Poleas de tracción / contrapeso / etc.

MAD	MAPE	MAE	RMSE
0.12	11%	0.12	0.26

Fuente: Elaboración propia

MAD: Con un valor de 0.12 unds siendo óptimo.

MAPE: Con un valor de 11% por debajo de lo requerido siendo óptimo.

MAE: Con un valor de 0.12 unds siendo óptimo.

RMSE: Con un valor de 0.26 unds , se evidencian menos errores de pronósticos con valores extremos.

4. Discusión

Los indicadores de evaluación del forecast previamente mencionados, tales como el MAD y MAPE, han permitido corroborar la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos, cumpliendo plenamente con los umbrales establecidos por dichos indicadores requieren para garantizar la robustez del pronóstico realizado.

No obstante, es necesario analizar el impacto que este nuevo método de gestión de compras tiene en comparación con el método actual, basado en el sistema Pull. Para ello, se emplearán dos variables de medición: en primer lugar, el tiempo promedio de abastecimiento del servicio correctivo con material incompleto proveniente de importación, y en segundo lugar, los costos asociados a dicha importación.

Lead time de las compras MTO (Familia RBIs - Poleas)

A continuación, se presenta el cuadro resumen del historial de compras bajo el sistema Pull, en el cual se observa una mediana de tiempo de entrega (lead time) de 41 días para la familia RBIs y 56 días para la familia Poleas según el método actualmente empleado. En contraste, el nuevo enfoque contempla un tiempo de espera de 0 días al disponer del componente directamente de almacén. Esta modificación en la gestión de compras representa una mejora significativa en el nivel de servicio ofrecido.

Tabla N° 12: Lead time RBIs

DESCRIPTION	Q _t	PES O k	FECHA R.Q.	FECHA O.C.	ETA	FECHA TEÓRICA DE LLEGADA ALMACÉN	FECHA ESTIMADA DISPONIBLE ALMACÉN	STATUS	LEAD TIME
TARJETA RBI 4 X60 MM ABE21700X8	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
TARJETA RBI 4 X60 MM ABE21700X8	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
TARJETA RBI 4 X60 MM ABE21700X8	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
TARJETA RBI 4 X60 MM ABE21700X8	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
RBI4CINTAS/30MM/32KN/ABC21700X2	1		19/08/2024	28/08/2024	16/09/2024	4/10/2024	24/09/2024	Concluido	36
RBI 5 CINTA 30MM 32KN ABE21700X3	1		19/08/2024	28/08/2024	25/09/2024	5/10/2024	2/10/2024	Concluido	44
RBI 5 CINTA 30MM 32KN ABE21700X3	1		19/08/2024	28/08/2024	25/09/2024	5/10/2024	2/10/2024	Concluido	44
RBI2CINTAS/25MM/34KN/ABA21700	1		13/09/2024	16/09/2024	3/10/2024	20/10/2024	10/10/2024	Concluido	27
RBI2CINTAS/25MM/34KN/ABA21700	1		27/09/2024	27/09/2024	7/10/2024	30/10/2024	14/10/2024	Concluido	17
RBI 4 CINTA 30MM 43KN D-ABA21700	1		17/10/2024	17/10/2024	9/12/2024	23/11/2024	16/12/2024	Concluido	60
RBI 4 CINTA 30MM 43KN D-ABA21700	1		7/10/2024	7/10/2024	15/11/2024	18/11/2024	2/11/2024	Concluido	45

41.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Lead time Poleas de tracción / contra peso, etc.

PART NUMBER	DESCRIPTION	Qty	PESO kg	FECHA R.Q.	FECHA O.C.	ETA	FECHA TEÓRICA DE LLEGADA ALMACEN	FECHA ESTIMADA DISPONIBLE ALMACEN	STATUS	LEAD TIME
TAA266F1	POLEA FAJA ASCENSOR XIZI	10		25/06/2024	1/07/2024	22/07/2024	8/08/2024	8/08/2024	Concluido	44
SAA265AE2	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE2	2		25/06/2024	2/07/2024	25/09/2024	8/09/2024	4/10/2024	Concluido	101
XAA290CX	POLEA PASAMANO ESCALERA XAA290CX	6		25/06/2024	2/07/2024	25/09/2024	8/09/2024	4/10/2024	Concluido	101
FAA198AC	POLEA MOVIL OPERADOR AT120	5		3/07/2024	5/07/2024	14/08/2024	26/08/2024	21/09/2024	Concluido	49
TO260AT1	POLEA TRACCION 140 VAT Ø580X56MM	1	34.5	18/07/2024	9/08/2024	16/09/2024	23/09/2024	23/09/2024	Concluido	67
SAA265AE2	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE2	5		25/07/2024	30/07/2024	9/10/2024	10/10/2024	24/10/2024	Concluido	91
FAA198AC	POLEA MOVIL OPERADOR AT120	10		25/07/2024	26/07/2024	7/09/2024	11/09/2024	16/09/2024	Concluido	53
TAA266F1	POLEA FAJA ASCENSOR XIZI	6		27/07/2024	31/07/2024	14/09/2024	10/09/2024	23/09/2024	Concluido	58
TAA266F1	POLEA FAJA ASCENSOR XIZI	6		27/07/2024	30/07/2024	14/09/2024	6/09/2024	23/09/2024	Concluido	58
XAA290CX	POLEA PASAMANO ESCALERA XAA290CX	2	33	13/08/2024	13/08/2024	3/09/2024	9/09/2024	9/09/2024	Concluido	27
AAA20780	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
AAA20780	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	2		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
AAA20780	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
AAA20780	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	2		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
AAA20780	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	1		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77
AAA20780	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/CW	2		19/08/2024	27/08/2024	27/10/2024	31/10/2024	4/11/2024	Concluido	77

56.00

Fuente: Elaboración propia

Costos de importación (Familia RBIs - Poleas)

Por último, se presenta el cuadro resumen que compara los costos de importación planificados mediante fletes marítimos y grandes consolidaciones, frente al proceso actual basado en fletes aéreos y envíos exprés, utilizados para reducir los tiempos de importación bajo el método Pull.

En esta comparación, se observa la diferencia en los costos expresados como porcentaje del costo unitario, donde la mediana del flete aéreo alcanza un 35.78%, en contraste con el 3.34% correspondiente al flete marítimo. Esta diferencia evidencia claramente la superior eficiencia en costos del método de gestión de compras basado en pronósticos (forecast), siendo aproximadamente diez veces más eficiente que el sistema actual.

73

Tabla N° 14: Costos de importación aéreos - % C.unit

PART NUMBER	DESCRIPCIÓN	Qty	FECHA EMBQ CONFIR M	FECHA LLEGAD A CALLA	FECHA EN ALMA	Moneda	Forwarder	% unitario	Peso	Vía
50626951	POLEA TRACCIPAS.50.4x35.6CM SCH	3	27/08/2024	1/09/2024	5/09/2024	USD	Alexim	282.83%	25.24 kg	Aéreo
XAA290CX1	POLEA PASAMANO ESCALERA XAA	2	26/08/2024	3/09/2024	3/09/2024	USD	DHL Express	606.81%	33.00 kg	Aéreo
TO260AT1	POLEA TRACCION 140 VAT Ø580X56N	1	14/09/2024	16/09/2024	19/09/2024	USD	Schenker	12.02%	46.50 kg	Aéreo
AAA20780P7	POLEA FAJA TRACCION CAB/CW 26	3	10/09/2024	15/09/2024	19/09/2024	USD	DHL Express	152.61%	45.00 kg	Aéreo
XAA290CX1	POLEA PASAMANO ESCALERA XAA	4	10/09/2024	15/09/2024	19/09/2024	USD	DHL Express	238.74%	57.00 kg	Aéreo
TO260AT1	POLEA TRACCION 140 VAT Ø580X56N	1	23/09/2024	26/09/2024	27/09/2024	EUR	DHL Express	105.21%	45.28 kg	Aéreo
AAA20780P7	POLEA FAJA TRACCION CAB/CW 26	4	1/10/2024	3/10/2024	4/10/2024	USD	Alexim	181.95%	58.00 kg	Aéreo
BXT0260AK5	POLEA DE TRACCION 13VTR 575MM	1	7/10/2024	7/10/2024	12/10/2024	USD	Schenker	44.40%	55.00 kg	Aéreo
TAA266BQ111	POLEA DE CONTRAPESO TAA266BC	3	27/09/2024	30/09/2024	3/10/2024	EUR	DHL Express	84.53%	13.27 kg	Aéreo
XF41001BAA003	POLEA DE TRACCION 500MM GETM	1	1/10/2024	6/10/2024	14/10/2024	USD	Alexim	285.79%	113.00 kg	Aéreo
50626951	POLEA TRACCIPAS.50.4X35.6CM SCH	5	7/11/2024	12/11/2024	14/11/2024	USD	SeaFair	539.60%	36.00 kg	Aéreo

35.78%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Costos de importación marítimo - % C. UNIT

PART NUMBER	DESCRIPCIÓN	Qty	FECHA EMBQ CONFIR M	FECHA LLEGAD A CALLA	FECHA EN ALMA	Moneda	Forwarder	% unitario	Peso	Vía
JAA261AAH3	POLEA DE TRACCIÓN JAA261AAH3	1	8/08/2024	25/09/2024	4/10/2024	USD	Alexim	3.34%	233.00 kg	Marítimo
SAA265AE2	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE2	2	8/08/2024	25/09/2024	4/10/2024	USD	Alexim	9.20%	4.98 kg	Marítimo
XAA290CX1	POLEA PASAMANO ESCALERA XAA	6	8/08/2024	25/09/2024	4/10/2024	USD	Alexim	7.02%	74.71 kg	Marítimo
SAA265AE2	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE2	5	3/09/2024	9/10/2024	14/10/2024	USD	Alexim	12.02%	6.19 kg	Marítimo
AAA20780P4	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/	1	21/09/2024	27/10/2024	4/11/2024	USD	Alexim	17.39%	16.39 kg	Marítimo
AAA20780P4	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/	2	21/09/2024	27/10/2024	4/11/2024	USD	Alexim	17.39%	32.79 kg	Marítimo
AAA20780P4	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/	1	21/09/2024	27/10/2024	4/11/2024	USD	Alexim	2.63%	2.19 kg	Marítimo
AAA20780P4	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/	2	21/09/2024	27/10/2024	4/11/2024	USD	Alexim	3.20%	5.46 kg	Marítimo
AAA20780P4	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/	1	21/09/2024	27/10/2024	4/11/2024	USD	Alexim	2.63%	2.19 kg	Marítimo
AAA20780P4	POLEA P/CINTA DE TRACCION CAB/	2	21/09/2024	27/10/2024	4/11/2024	USD	Alexim	3.20%	5.46 kg	Marítimo
FAA198AC1	POLEA MOVIL OPERADOR AT120	5	10/11/2024	6/12/2024	7/12/2024	EUR	ECU World	6.35%	1.70 kg	Marítimo
SAA265AE2	POLEA PTA 2X1/8" TIANJ SAA265AE2	2	23/10/2024	2/12/2024	12/12/2024	USD	Alexim	45.65%	2.36 kg	Marítimo

3.34%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se consolida toda la información previamente expuesta con el propósito de establecer un análisis comparativo entre ambos métodos de gestión de compras y evaluar su impacto en nuestros procesos.

Tabla N° 16: Cuadro comparativo enfoque pull vs. planificación predictiva de compras críticas

Criterio	Gestión Pull (Actual)	Gestión Forecast (Propuesta)	Impacto / Observación
Lead Time Promedio – RBIs	41 días	0 días	Reducción total del tiempo de espera al tener stock en almacén
Lead Time Promedio – Poleas	56 días	0 días	Mejora significativa en nivel de servicio y respuesta
Disponibilidad de Material	Baja (material llega solo cuando se detecta necesidad)	Alta (material disponible anticipadamente)	Mayor capacidad de respuesta y planificación de servicios
Costo de Importación – Aéreo	35.78% del costo unitario	—	Costoso debido a urgencia y baja planificación
Costo de Importación – Marítimo	—	3.34% del costo unitario	Ahorro importante por consolidación y transporte
Flexibilidad ante urgencias	Alta (pero a mayor costo)	Media (con planificación adecuada, urgencias se reducen)	Forecast reduce necesidad de urgencias al anticiparse a la demanda
Nivel de Servicio	Bajo (dependiente del lead time de importación)	Alto (componente disponible en almacén)	Mejora la percepción del cliente y la eficiencia operativa
Visibilidad y control del stock	Reactiva (sólo se compra ante necesidad detectada)	Proactiva (se compra basado en patrones históricos)	Forecast permite una planificación más estratégica y eficiente
Optimización de costos logísticos	Baja (por urgencias y compras fraccionadas)	Alta (por consolidación y menor costo unitario logístico)	Forecast permite negociación, mejores rutas y escalas económicas

Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

- El análisis sistémico, respaldado por herramientas como el diagrama de Ishikawa, la matriz de Vester y la matriz FACTIS, ha facilitado la identificación precisa de las causas raíz de las ineficiencias actuales, evidenciando que el método tradicional de compra constituye un factor limitante frente a la creciente complejidad del mantenimiento correctivo.
- La adopción de modelos predictivos basados en los algoritmos TBATS y ETS ha demostrado una superior eficacia en la gestión de compras de componentes críticos para el mantenimiento correctivo de ascensores, en comparación con el enfoque tradicional Pull.
- La exactitud alcanzada en los indicadores MAD (0.12-0.18 und), MAPE (11%-12%), MAE(12-18 und) y RMSE (0.26-0.41 und) confirma la confiabilidad y validez de dichos modelos.
- El aprovisionamiento anticipado mediante forecasting ha permitido una reducción significativa en los tiempos de inactividad de los equipos, garantizando la disponibilidad oportuna de repuestos clave y superando las limitaciones del enfoque reactivo Pull ante eventos imprevistos y cadenas de suministro vulnerables (Lead times 56-41 días bajo la gestión Pull).

- Asimismo, el modelo predictivo ha optimizado la planificación logística, facilitando una asignación más eficiente de recursos y disminuyendo tanto los costos de importación como los costos de compra, en línea con los principios de eficiencia operativa y sostenibilidad (Costos logísticos de 35.78% al 3.34%).

8. Recomendaciones

- Se recomienda implementar de manera progresiva la planificación predictiva en las empresas del sector de mantenimiento de ascensores, iniciando con modelos de forecast basados en los algoritmos TBATS y ETS para los componentes de alta criticidad, priorizando aquellos con mayor rotación o impacto operacional.
- Es fundamental fortalecer la gestión de datos históricos mediante la mejora en la calidad, frecuencia y organización de los registros de consumo, sugiriendo la inversión en sistemas de información integrados que faciliten y optimicen esta labor.
- Asimismo, resulta imprescindible capacitar al personal técnico y de compras en el uso de herramientas analíticas y software especializado, como RStudio, así como en los conceptos fundamentales del mantenimiento predictivo, para garantizar una correcta interpretación y aplicación de los modelos desarrollados.
- Se recomienda desarrollar y evaluar escenarios híbridos que combinen los enfoques Pull y forecasting, especialmente para repuestos de baja rotación o alto costo, donde el mantenimiento de inventarios puede no ser económicamente viable.
- Finalmente, se debe establecer un sistema de monitoreo continuo de los indicadores de desempeño del forecasting (MAPE, MAD, entre otros), con el objetivo de ajustar los modelos y asegurar su validez en contextos dinámicos, como el mercado peruano.

75

7. Literatura citada

Asociación Española de Mantenimiento. (2023). Auditorías de mantenimiento, y mantenimiento predictivo en ascensores. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de https://revista.aem.es/noticia/auditorias-de-mantenimiento-y-mantenimiento-predictivo-en-ascensores_

Attendo. (s.f.). **Mantenimiento predictivo de los ascensores: ¿Cómo funciona y cuáles son sus ventajas?** Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://attendo.me/mantenimiento-predictivo-de-los-ascensores-como-functiona-y-cuales-son-sus-ventajas/>

Cisneros, E. & Cohuo, M. (2020). Un modelo de implementación de nueva tecnología utilizando un enfoque de pensamiento sistémico. Ingeniería, Investigación y Tecnología. Recuperado el 4 de Junio de 2025, de <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v21n1-04.php>

De la Cruz, F. (2023). Gestión del proceso de compras y su incidencia en la rentabilidad de la empresa AlcalPerú SAC 2020. Recuperado el 4 de Junio de 2025, de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6057>

- Digi International.** (2023). World's largest elevator company incorporates IoT to revolutionize maintenance. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://www.digi.com/resources/customer-stories/worlds-largest-elevator-company-incorporates-iot>
- Investigación de Campo.** (2023). Estudio longitudinal: Concepto, Particularidades e Investigación. Recuperado el 4 de Junio de 2025, de <https://investigaciondecampo.com/que-es-una-investigacion-longitudinaldescubre-que-es-como-se-hace-y-sus-tipos-principales/>
- Medina, M. & Rojas, C. & Bustamante, W. & Loaiza, R. & Martel, C. & Castillo, R.** (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación (1.^a ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. Recuperado de <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/90>
- Montenegro, A.** (2022). Gestión del mantenimiento basado en riesgo para incrementar la disponibilidad de los ascensores de una empresa de servicios en la ciudad de Lima. Recuperado el 4 de Junio de 2025, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/122680>
- Productiontools.** (2024). Principio de Pull: Mejorando el flujo de trabajo con Lean. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://productiontools.es/lean/principio-de-pull-mejorando-el-flujo-de-trabajo-con-lean/>
- Restrepo, J.**(2020). ¿Cómo gerenciar un proyecto social a través de la matriz Vester en planificación estratégica? Caso: explotación minera en Timbiquí. Revista Punto de Vista, 11(17), 63–84. Recuperado el 4 de Junio de 2025, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9020141>
- Schindler.** (2021). Schindler 7000 – Maintain. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://www.schindler.com/content/dam/website/us/docs/elevators/schindler-7000/schindler-7000-maintain.pdf>
- TK Elevator.** (s.f.). MAX - Mantenimiento predictivo en tiempo real. Recuperado el 1 de mayo de 2025, de <https://www.tkelevator.com/cr-es/productos/max/>
- Vizcaino, P. & Maldonado, I. & Cedeño, R.** (2023). Investigación cuantitativa. Recuperado el 4 de Junio de 2025, de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7658/11619>
- Womack, J. P., & Jones, D. T.** (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Free Press. Recuperado el 2 de mayo de 2025, de <https://archive.org/details/leanthinkingba00woma>

ÍNDICE DE IMÁGENES

1. Ostos, Atuncar (2025)
2. Ostos, Atuncar (2025)
3. Ostos, Atuncar (2025)
4. <https://www.lahuertinagarden.com.ar/plantas-nativas/planta-de-yacon>
5. <https://www.bioecoactual.com/2025/08/21/yacon-raiz-dulce-nutritiva-andes/>
6. <https://nutrydiaperu.com/tienda/yacon-pulpa-en-pollo-x-500g/>
7. <https://vitallanosperu.com/producto/yacon-deshidratado-en-hojuelas-y-harina-de-yacon/>
8. https://tiendakarcher.pe/blog/consejos-limpieza-carros/?srsltid=AfmBOoog3kw8QlyNH_GO-CL5Jnbj18Key0sra1kawi3k-tQId09Kr2h_H
9. <https://pimentel.com.pe/carwash/>
10. <https://lavaderodeautoscarwash.com/los-carwash-crecen-en-lima/>
11. <https://www.ascensoresorbit.pe/>
12. <https://www.schindler.pe/es/ascensores/modernizacion/componentes/cabinas.html>
13. <https://facara.com.ar/seguiridad-en-ascensores-consejos-para-elegir-a-una-empresa-de-mantenimiento/>
14. <https://www.expreso.com.pe/politica/vacancia-de-dina-boluarte-advierten-que-decision-del-congreso-no-respeto-debido-proceso-tribunal-constitucional-juan-carlos-portugal-noticia/1230597/>
15. <https://diarioelpueblo.com.pe/2023/07/25/las-elecciones-en-el-congreso/>
16. <http://www.spanish.xinhuanet.com/20251010/f5bf10d7f507468c9e59a04577a6ba4f/c.html>
17. <https://larepublica.pe/sociedad/2025/10/28/parade-transporte-el-4-de-noviembre-estas-son-las-rutas-y-lineas-que-suspenderan-sus-servicios-en-lima-y-callao-ntpe-2053520>
18. <https://eldiario24.com/mundo/2025/10/16/peru-heridos-jose-geri/>
19. <https://www.eltiempo.com/mundo/latinoamerica/un-muerto-y-mas-de-100-heridos-en-lima-peru-durante-protestas-contras-el-nuevo-gobierno-de-jose-geri-3500349>
20. <https://oem.com.mx/elsoldemexico/gossip/jovenes-rinden-homenaje-a-truko-el-rapero-muerto-a-manos-de-la-policia-en-protesta-en-lima-peru-26325154>
21. <https://galvezmonteagudo.pe/mineria-ilegal-vs-mineria-informal-un-problema-vigente/>
22. <https://cooperacion.org.pe/gobierno-alistaria-ley-sobre-mineria-informal/>
23. <https://convoca.pe/investigacion/arequipa-epicentro-de-la-guerra-del-oro>
24. <https://portal.jne.gob.pe/portal/Pagina/Nota/17603>
25. <http://ceramicdictionary.com/es/a/4360/clay-0-making-clay-in-constructionhttps://es.pinterest.com/hippieflower1969/the-french-revolution/>
26. <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/ladrillos-piramide-invertira-us-800-millones-2021-235206-noticia/>
27. https://www.freepik.com/premium-ai-image/red-truck-with-lot-bricks-front-word-g-front_187626342.htm
28. https://www.linkedin.com/posts/yapeoficial_feliz-d%C3%ADa-del-trabajador-gracias-a-actividad-7191529441297125377-gCio/?originalSubdomain=es
29. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-38974595>
30. <https://www.realinstitutoelcano.org/comentarios/como-se-ha-vivido-en-china-la-victoria-de-trump-y-que-implicaciones-tiene-para-las-relaciones-sino-europeas/>
31. https://www.theguardian.com/world/2019/sep/16/kim-jong-un-invites-donald-trump-to-visit-pyongyang-report?CMP=gu_com



De izquierda a derecha

32. <https://www.elmundo.es/cultura/literatura/2021/07/10/60e83bab21efa0cc3c8b45de.html>
33. https://www.facebook.com/ejercitodelperuoficial?locale=es_LA
34. <https://www.miraflores.gob.pe/miraflores-a-30-anos-de-la-captura-del-cabecilla-terrorista-senderista-abimael-guzman/>
35. https://es.pngtree.com/freepng/stressed-office-worker-struggles-with-project-deadline-fatigue-anxiety-vector_12877338.html
36. <https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/19775582-dibujos-animados-profesional-agotamiento-ilustracion>
37. <https://www.drahumbert-psiquiatria.es/galeotes-y-galeas-el-estres-laboral/>
38. <https://www.elperuano.pe/noticia/157101-archivo-general-de-la-nacion-la-institucion-que-salvaguarda-los-documentos-del-peru>
39. <https://www.archivonacional.go.cr/index.php/institucional/content-component-4/archivo-historico>

REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen IX- N° 27 Noviembre 2025

210

Contáctenos en nuestro correo electrónico

revistactscafe@ctscafe.pe

Página Web:

<http://ctscafe.pe>

