



Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco

“Pronóstico de costos de estireno mediante regresión: una herramienta para la gestión preventiva frente a la volatilidad logística”

Opción de Titulación
Proyecto de Investigación

Para obtener el título de:
Ingeniería en Gestión Empresarial

Con la especialidad en:
Logística y Cadena de Suministro

Presenta:

César Eduardo Ríos Hernández

201620044

Asesora: Arizbel Bailón Salgado

Coacalco de Berriozábal, Méx. Enero 2025

AGRADECIMIENTOS

Con profundo respeto y gratitud, dedico estas líneas a quienes hicieron posible que este proyecto de investigación se materializara, marcando de manera significativa mi desarrollo académico y personal.

En primer lugar, a mis padres, cuyo apoyo incondicional y compromiso constante han sido fundamentales en mi vida. Su respaldo, tanto emocional como financiero, ha sido clave no solo durante mi carrera universitaria, sino en cada etapa de mi formación estudiantil. Gracias por inculcarme los valores del esfuerzo y la perseverancia, permitiéndome alcanzar este logro.

A mis amigos, quienes hicieron más ameno y llevadero este proceso. Su compañía, sus palabras de ánimo y los momentos compartidos a lo largo de estos años han sido una fuente invaluable de motivación y alegría.

Finalmente, a los profesores, cuya pasión y dedicación por la enseñanza me inspiraron a dar lo mejor de mí. Sus conocimientos y enseñanzas no solo contribuyeron a mi crecimiento académico, sino que también dejaron una huella duradera en mi desarrollo profesional y personal.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal servir como un ejemplo del uso de la regresión lineal para el desarrollo de escenarios presupuestarios en entornos de alta volatilidad. En este caso, se analiza la relación entre el costo logístico y el precio del estireno en el mercado asiático, con el fin de proporcionar una herramienta analítica para la comparación y evaluación de estas variables clave.

El estudio está fundamentado en conceptos de volatilidad en la cadena de suministro, vulnerabilidad geopolítica de las rutas comerciales, y la aplicación de modelos de pronóstico en la industria química. A partir de estos marcos teóricos, se desarrollaron tres análisis principales: (1) la relación del tiempo con el precio del estireno, (2) la relación del tiempo con el costo del flete, y (3) la relación entre el costo del flete y el precio del estireno. Los resultados indican que, aunque los precios del estireno muestran una tendencia creciente en función del tiempo, los costos logísticos presentan alta volatilidad y una relación limitada con el precio del estireno.

El modelo de regresión desarrollado permite ejemplificar el potencial de esta herramienta para identificar patrones y evaluar la dinámica entre variables clave. Con un coeficiente de determinación (R^2) del 77.34%, el modelo muestra un ajuste significativo al analizar la relación temporal del precio del estireno. Sin embargo, la influencia directa de los costos logísticos sobre los precios del estireno fue marginal ($R^2 = 4.05\%$), subrayando la necesidad de incluir factores adicionales en futuros análisis.

Este ejercicio destaca la utilidad de los modelos de regresión lineal como herramientas analíticas para el diseño de escenarios comparativos y presupuestarios. Además, proporciona un marco de referencia para investigaciones futuras que busquen explorar la aplicación de técnicas de análisis predictivo en otros contextos o sectores.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
PROBLEMÁTICA.....	7
ANTECEDENTES.....	8
HIPÓTESIS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
OBJETIVOS	9
ALCANCES	10
LIMITACIONES.....	10
IMPACTOS ESPERADOS	11
VIABILIDAD.....	12
CAPITULO II. DESARROLLO	14
MARCO TEÓRICO	14
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
ESTADO DE LA TÉCNICA.....	18
CAPÍTULO III: DESARROLLO	20
3.1 Análisis de las Tendencias Históricas de Precios y Costos (Primer Objetivo Específico)	20
3.1.1 Contexto y Fuentes de Datos	20
3.1.2 Análisis de los Precios del Estireno.....	20
3.1.3 Análisis de los Costos de Flete	22
3.1.4 Relación entre Precios del Estireno y Costos de Flete	23
3.1.5 Conclusiones del Análisis Histórico	24
3.2 Análisis de la relación entre variables y construcción del modelo de regresión lineal simple	24
3.2.1 Análisis de la relación del tiempo con el precio del estireno	25
3.2.2 Análisis de la relación del tiempo con el costo del flete	28
3.2.3 Análisis de la relación del costo del flete con el precio del estireno	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	34
4.1 Relación del tiempo con el precio del estireno	35
4.2 Relación del tiempo con el costo del flete	35
4.3 Relación del costo del flete con el precio del estireno	36
4.4 Evaluación del impacto económico.....	37
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	37

5.1 Recomendaciones	38
5.2 Experiencia Personal Adquirida	39
CAPÍTULO VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS	40
FUENTES DE INFORMACIÓN	42

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

El estireno es un compuesto químico esencial en la producción de plásticos y materiales industriales de alta demanda en Asia. Esta región, destacada por su rol clave en el comercio de productos químicos, enfrenta una marcada volatilidad en los precios del estireno, causada en parte por factores externos como los costos logísticos y de seguros, intensificados por los riesgos geopolíticos en rutas comerciales estratégicas como el Mar Rojo. La guerra civil en Yemen y otros conflictos regionales han incrementado los costos de transporte y seguros, generando incertidumbre para las empresas que dependen de esta materia prima.

Para las organizaciones que emplean estireno en su producción, anticipar variaciones en los costos de adquisición es esencial para una gestión presupuestaria eficiente y sostenible. En este sentido, los modelos de pronóstico ofrecen un recurso analítico valioso al permitir proyecciones fundamentadas sobre los costos, basadas en patrones históricos y tendencias del mercado. La capacidad de prever estas fluctuaciones permite a las empresas planificar su presupuesto con mayor precisión y ajustar sus estrategias de aprovisionamiento en respuesta a los cambios en el entorno.

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un modelo de regresión que permita pronosticar los costos asociados con la adquisición de estireno. Este modelo, al cuantificar las relaciones entre factores como los costos logísticos y los riesgos de mercado, busca demostrar la relevancia de los pronósticos en la planificación de la cadena de suministro en contextos de alta volatilidad. Así, este estudio contribuirá a un mejor entendimiento de las dinámicas de costos en el sector y a la adopción de estrategias de gestión preventiva ante escenarios de incertidumbre.

JUSTIFICACIÓN

La adquisición de estireno en mercados caracterizados por una alta volatilidad de costos logísticos y de seguros plantea desafíos significativos para las empresas, especialmente aquellas que dependen de esta materia prima en sus procesos productivos. En este contexto, contar con modelos que puedan anticipar tendencias de precios se vuelve crucial para mejorar la capacidad de planificación presupuestaria y reducir los efectos de fluctuaciones imprevistas en la cadena de suministro.

Esta investigación aporta un enfoque cuantitativo que permite explorar la relación entre los factores logísticos y el precio del estireno, proporcionando una herramienta analítica que permite comprender el impacto de variables externas en la estructura de costos. Al implementar un modelo de regresión para pronosticar costos, este estudio no solo facilita el análisis de las dinámicas de precios, sino que destaca el valor de los pronósticos como un recurso para la toma de decisiones informadas en escenarios de alta incertidumbre.

En conjunto, la propuesta de este modelo responde a una necesidad real del sector de contar con bases analíticas para la gestión de riesgos en entornos volátiles, aportando conocimientos que refuerzan la importancia de anticiparse a las variaciones del mercado y optimizar la asignación de recursos financieros en la adquisición de estireno.

PROBLEMÁTICA

La industria que depende del estireno para la producción de bienes enfrenta una creciente dificultad para anticipar y gestionar los costos de adquisición debido a la volatilidad en los costos logísticos. Esta inestabilidad en los costos afecta directamente el presupuesto de las empresas y compromete su capacidad de planificación, lo que representa un riesgo significativo en términos de operatividad y competitividad.

La falta de visibilidad sobre el comportamiento de los costos logísticos se ha convertido en un obstáculo clave para las empresas que buscan optimizar sus recursos y mantener la continuidad de sus operaciones. En ausencia de un enfoque predictivo sólido, estas organizaciones se ven forzadas a asumir variaciones inesperadas en los costos, lo que puede resultar en ajustes presupuestarios de último momento, encarecimiento de los productos finales y, en el peor de los casos, en la interrupción del suministro de materiales.

Esta problemática revela una clara necesidad de contar con herramientas analíticas que permitan anticipar las fluctuaciones en los costos logísticos, proporcionando a las empresas una base más robusta para la toma de decisiones y la gestión de riesgos. En este contexto, un modelo de pronóstico representa una solución estratégica para mejorar la capacidad de planificación presupuestaria, minimizando el impacto de la volatilidad en los costos de adquisición de estireno y fortaleciendo la resiliencia de la cadena de suministro.

ANTECEDENTES

La volatilidad en los costos de adquisición de materias primas ha sido un tema recurrente en la industria química, que enfrenta desafíos de planificación y presupuesto debido a factores como fluctuaciones en los precios de transporte, inestabilidad geopolítica y presión inflacionaria en materias primas. En los últimos años, las interrupciones en las cadenas de suministro, exacerbadas por eventos como la pandemia de COVID-19 y conflictos internacionales, han intensificado la necesidad de estrategias para gestionar la incertidumbre de costos en la industria. Un análisis de Deloitte (2024) destaca cómo las empresas químicas han recurrido a modelos predictivos y técnicas de inteligencia artificial para mejorar la visibilidad de sus costos y mitigar la volatilidad en tiempos de alta inestabilidad económica. Sin embargo, las aplicaciones de estas herramientas en productos específicos, como el estireno, requieren un desarrollo más adaptado a las necesidades logísticas del sector (Deloitte, 2024).

Algunas investigaciones han demostrado que los modelos de pronóstico pueden ayudar a las empresas químicas a gestionar mejor los riesgos asociados con la volatilidad en los costos de transporte y suministro. Según Oliver Wyman (2024), el análisis predictivo es esencial para construir resiliencia en cadenas de suministro complejas, ya que permite anticipar aumentos en los costos logísticos y adaptar las decisiones de compra en función de cambios en el mercado. Este enfoque resulta especialmente relevante para empresas que operan en mercados globales con rutas comerciales expuestas a riesgos geopolíticos, como el Mar Rojo, donde los costos logísticos pueden variar abruptamente debido a conflictos y restricciones comerciales (Wyman, 2024).

Boston Consulting Group (BCG) resalta la importancia de desarrollar capacidades de respuesta rápida y planificación a largo plazo en el manejo de costos de logística, mediante herramientas que permitan una mayor transparencia en la cadena de suministro. La implementación de modelos que proyecten costos futuros es fundamental para enfrentar los riesgos de interrupciones en los suministros y optimizar los márgenes de operación, lo que ayuda a las empresas a mantenerse competitivas en entornos volátiles (BCG, 2022). AlixPartners (2022) añade que el

uso de “gemelos digitales” para la visualización de costos a lo largo de la cadena de suministro ha mostrado ser una técnica efectiva para gestionar la volatilidad y mejorar la toma de decisiones financieras en empresas químicas.

Con base en estos antecedentes, la presente investigación propone el desarrollo de un modelo de regresión específicamente orientado a predecir los costos logísticos en la adquisición de estireno, proporcionando una herramienta analítica que permita anticipar tendencias de precios y reducir el impacto de la volatilidad en la planificación presupuestaria. Este estudio se posiciona dentro de una corriente de investigación que busca optimizar la cadena de suministro mediante pronósticos precisos y adaptados a las características de productos químicos específicos, llenando un vacío en el conocimiento actual sobre el mercado del estireno.

HIPÓTESIS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Pregunta de investigación

¿Cómo medir el impacto de la volatilidad de los costos logísticos en la dinámica de precios del estireno mediante modelos de regresión?

Hipótesis

El uso de modelos de regresión estadística permite cuantificar y predecir el impacto de la volatilidad de los costos logísticos en la dinámica de precios del estireno, proporcionando una base cuantitativa para la toma de decisiones estratégicas en la gestión de costos de adquisición.

OBJETIVOS

Objetivo general: Desarrollar un modelo de regresión para pronosticar los costos asociados con la adquisición de estireno, permitiendo la implementación de estrategias preventivas para la gestión presupuestaria frente a la volatilidad de los costos logísticos.

Objetivos específicos:

1. **Analizar las tendencias históricas de los precios del estireno y la variación de los costos de flete** en el mercado asiático, identificando patrones que reflejen el impacto de factores logísticos y de mercado en la volatilidad de costos.

2. **Construir un modelo de regresión lineal simple** basado en datos históricos de costos logísticos y precios del estireno, estableciendo una relación estadística significativa entre estas dos variables.
3. **Validar el modelo de pronóstico mediante técnicas de simulación y pruebas de precisión** para asegurar que las proyecciones generadas reflejen con precisión las tendencias de costos logísticos en escenarios de alta volatilidad.
4. **Evaluar la efectividad del modelo como herramienta de apoyo en la planificación presupuestaria**, resaltando los beneficios de un enfoque predictivo en la gestión de costos logísticos para el sector químico.

ALCANCES

Esta investigación se centra en desarrollar un modelo de regresión lineal simple para pronosticar los costos logísticos asociados con la adquisición de estireno en el mercado asiático, utilizando datos históricos de precios de flete y costos de estireno. El análisis permitirá comprender la relación entre estos factores y generar proyecciones que sirvan como base para la planificación presupuestaria en entornos volátiles. Al emplear un modelo de regresión lineal simple, se busca proporcionar un enfoque directo y de fácil interpretación para empresas del sector químico, resaltando el valor de los pronósticos en la gestión de costos logísticos.

LIMITACIONES

El uso de un modelo de regresión lineal simple implica que la investigación considerará solo una variable predictora (costos de flete) para pronosticar los precios del estireno, lo cual puede limitar la precisión de las proyecciones en comparación con modelos más complejos que incluyen múltiples variables. Además, el análisis se basará en datos históricos, por lo que los resultados podrían verse afectados si ocurren cambios bruscos o no previstos en el entorno logístico o geopolítico que modifiquen sustancialmente las condiciones del mercado.

Por último, los resultados de este modelo son específicos para el mercado asiático y el contexto actual de precios y costos logísticos; por lo tanto, la aplicabilidad de las conclusiones a otros mercados o periodos de tiempo podría ser limitada. Es

importante considerar estas restricciones al interpretar las proyecciones generadas y al evaluar su utilidad en contextos diferentes.

IMPACTOS ESPERADOS

Se espera que este estudio tenga varios impactos importantes tanto en el ámbito académico como en el industrial:

Impacto académico

Esta investigación contribuye al campo del análisis de costos y economía logística mediante el desarrollo de un modelo de pronóstico aplicado a los costos logísticos de adquisición de estireno. Los resultados aportarán al conocimiento sobre la relación entre costos logísticos y precios en mercados volátiles, proporcionando un ejemplo de cómo los modelos de regresión pueden usarse para analizar estas dinámicas. Además, el estudio podrá ser un referente para futuras investigaciones que busquen explorar pronósticos en otros contextos o productos químicos, ampliando el uso de modelos de regresión como método de análisis en la cadena de suministro.

Impacto comparativo para la industria

Aunque este proyecto no pretende ser una herramienta de implementación empresarial, sus hallazgos ofrecen una referencia que puede servir como base para entender los efectos de la volatilidad en los costos logísticos. Al ofrecer un modelo predictivo sobre precios del estireno basado en datos históricos, se brinda una perspectiva que puede inspirar comparaciones y evaluaciones en contextos empresariales específicos, generando puntos de referencia para otras investigaciones dentro del sector químico.

Impacto en la planificación de costos logísticos

El modelo propuesto facilita un análisis claro y directo de las tendencias de costos logísticos asociados al estireno, y su diseño busca ser un ejemplo académico de cómo los pronósticos permiten anticiparse a posibles fluctuaciones de mercado. Este enfoque puede motivar a otros investigadores a evaluar métodos similares en

la gestión de costos logísticos, contribuyendo a una visión más proactiva en el análisis y la planificación de presupuestos en entornos de alta incertidumbre.

VIABILIDAD

La viabilidad de esta investigación se fundamenta en cuatro pilares: el acceso a datos históricos, la disponibilidad de herramientas estadísticas, la delimitación en tiempo y recursos, y el respaldo de investigaciones previas.

Acceso a datos históricos

Existen bases de datos confiables que ofrecen información detallada sobre los precios históricos del estireno y datos relacionados con los costos logísticos. Estos datos son adecuados para realizar un análisis cuantitativo enfocado en entender cómo las fluctuaciones en los costos de flete afectan los precios de adquisición del estireno. Esta disponibilidad de información permite estructurar el modelo de regresión y analizar las tendencias de manera consistente y representativa.

Modelos estadísticos y herramientas

La regresión lineal simple es una técnica estadística ampliamente utilizada y validada en investigaciones económicas, adecuada para estudiar la relación entre dos variables. Además, herramientas como R, Python y Excel facilitan la implementación y validación del modelo de manera eficiente y sin requerir recursos especializados. Esto garantiza que el análisis se pueda realizar con un enfoque accesible y apropiado para el contexto académico.

Tiempo y recursos

Al centrarse en un análisis cuantitativo utilizando datos históricos, la investigación tiene un alcance definido que reduce la necesidad de recursos adicionales, como la recolección de datos en campo. Esto hace que el proyecto sea manejable dentro del tiempo y los recursos disponibles, permitiendo una ejecución eficiente y enfocada exclusivamente en la construcción y validación del modelo de pronóstico.

Apoyo teórico y metodológico

Existen antecedentes teóricos que exploran el impacto de la volatilidad logística en la economía de insumos industriales, especialmente en productos sensibles a las fluctuaciones de costos logísticos. Estos estudios proporcionan una base metodológica que respalda el enfoque de esta investigación, al mismo tiempo que ofrecen perspectivas y enfoques comparativos que pueden servir como referencia para estructurar el análisis de datos y el desarrollo del modelo.

Este enfoque asegura que la investigación pueda llevarse a cabo de manera efectiva dentro de los recursos y el contexto académico disponibles, alineándose con los objetivos de explorar las dinámicas de precios en mercados volátiles y demostrando el valor de los modelos predictivos en la planificación presupuestaria.

CAPITULO II. DESARROLLO

MARCO TEÓRICO

1. Conceptos de volatilidad en la cadena de suministro

La volatilidad en la cadena de suministro es un fenómeno que representa cambios abruptos e inesperados en el flujo de bienes y servicios, afectando la planificación, estabilidad operativa y costos de las empresas, especialmente en sectores como el químico. Este fenómeno se manifiesta en fluctuaciones de precios, interrupciones en el transporte y cambios en la demanda, generando incertidumbre y aumentando los costos logísticos (PwC, 2024; Sobel Network Shipping Co., 2024).

La volatilidad de costos es particularmente desafiante en la industria química debido a la dependencia de rutas comerciales específicas y al uso intensivo de infraestructura logística en la importación de materias primas y distribución de productos. En este contexto, las empresas recurren a herramientas de pronóstico y modelos analíticos para mejorar la precisión en la planificación presupuestaria y reducir el riesgo asociado a los cambios en los costos (PwC, 2024; Morgan, 2024).

2. Rutas comerciales y su vulnerabilidad geopolítica

La geopolítica tiene un impacto directo en las rutas comerciales, especialmente en áreas estratégicas como el Mar Rojo y el Canal de Suez, las cuales son claves para el comercio entre Asia, Europa y África. Las tensiones en estas rutas, exacerbadas por conflictos como la guerra civil en Yemen, aumentan los costos de transporte y seguros, incrementando la incertidumbre para industrias que dependen de estas rutas. Según J.P. Morgan (2024), los conflictos en el Mar Rojo han aumentado los costos de flete hasta en un 30% debido a que muchas embarcaciones deben desviar su curso por el Cabo de Buena Esperanza, alargando los tiempos de transporte y elevando los costos de logística (Morgan, 2024; Maersk, 2024).

Esta situación impacta de manera crítica a las empresas de la industria química que dependen de rutas logísticas estables para el transporte de productos como el estireno. El análisis predictivo y la diversificación de rutas de abastecimiento se han

convertido en estrategias esenciales para reducir el riesgo de interrupciones y gestionar los costos adicionales derivados de conflictos geopolíticos (Fitch Ratings, 2024).

3. Modelos de pronóstico en el sector químico

Los modelos de pronóstico son esenciales en la industria química debido a la necesidad de anticipar variaciones de precios y costos en entornos volátiles. La regresión lineal simple es una herramienta eficaz para analizar la relación entre una variable predictora, como el costo de flete, y una variable de interés, como el precio de adquisición de insumos químicos. Este modelo permite a las empresas realizar proyecciones de precios a partir de datos históricos, mejorando su capacidad de planificación y ajuste presupuestario en tiempos de incertidumbre (PwC, 2024; Deloitte, 2024).

El modelo de regresión lineal simple se expresa mediante la ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

donde:

- **Y** es la variable dependiente (por ejemplo, el precio del estireno).
- **X** es la variable independiente (por ejemplo, el tiempo o el costo de flete).
- **β_0** es el intercepto, que representa el valor esperado de **Y** cuando **X** es cero.
- **β_1** es la pendiente, que indica el cambio promedio en **Y** por cada unidad adicional de **X**.
- **ϵ** es el término de error, que captura la variabilidad no explicada por el modelo.

Este modelo se basa en el método de mínimos cuadrados, que busca minimizar la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados y los valores predichos por el modelo (Probabilidad y Estadística, n.d.).

Evaluación del modelo

La calidad y validez del modelo de regresión lineal simple se evalúan mediante los siguientes criterios:

- Coeficiente de determinación (R^2): Mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente que es explicada por la variable independiente en el modelo. Un R^2 cercano a 1 indica un buen ajuste del modelo a los datos (Probabilidad y Estadística, n.d.).
- Prueba de hipótesis para β_1 : Evalúa si existe una relación estadísticamente significativa entre la variable independiente y la dependiente. Esto se realiza mediante una prueba t, donde la hipótesis nula establece que $\beta_1=0$ (es decir, no hay relación) y la alternativa que $\beta_1 \neq 0$. Un valor p bajo (generalmente < 0.05) lleva al rechazo de la hipótesis nula, indicando una relación significativa (ICHI, n.d.).
- Análisis de residuos: Examina las diferencias entre los valores observados y los predichos para verificar los supuestos del modelo, como la homocedasticidad (constancia de la varianza de los errores) y la normalidad de los errores. Gráficos de residuos y pruebas estadísticas, como el test de Breusch-Pagan para homocedasticidad y el test de Shapiro-Wilk para normalidad, son herramientas comunes en este análisis (StatDeveloper, n.d.).

La correcta aplicación y evaluación de un modelo de regresión lineal simple permiten a las empresas del sector químico anticipar variaciones en los precios de insumos como el estireno, facilitando una planificación más efectiva y una mejor gestión de riesgos asociados a la volatilidad del mercado.

4. Factores Determinantes del Costo Logístico

Los costos logísticos en la industria química están condicionados por múltiples factores, tales como la disponibilidad de infraestructura de transporte, la transparencia en la cadena de suministro y la sincronización con los socios comerciales. Según Maersk (2024), la dependencia de rutas comerciales

vulnerables incrementa significativamente los costos de transporte, debido a la falta de alternativas que permitan optimizar la logística en situaciones de alto riesgo (Maersk, 2024; Sobel Network Shipping Co., 2024).

La falta de visibilidad y coordinación en la cadena de suministro puede conducir a variabilidad en los tiempos de entrega, generando incrementos en los costos de almacenamiento y afectando la continuidad operativa. Esto subraya la necesidad de adoptar modelos predictivos que permitan prever costos y ajustar la planificación logística ante posibles interrupciones, como las generadas por conflictos geopolíticos en rutas clave (Fitch Ratings, 2024).

5. Aplicación de Modelos de Regresión para la Gestión de Costos

La regresión lineal simple, aplicada en el análisis de costos logísticos, facilita la predicción del impacto de los cambios en costos de flete sobre el precio de adquisición de productos químicos, como el estireno. Su simplicidad permite obtener proyecciones útiles para la toma de decisiones en escenarios de volatilidad, mejorando la precisión en la gestión de presupuestos y la planificación de abastecimiento (Deloitte, 2024; PwC, 2024).

Este enfoque se convierte en un recurso estratégico para empresas del sector químico, permitiendo anticipar costos y optimizar la asignación de recursos en función de las proyecciones generadas, lo cual es especialmente valioso en industrias donde la estabilidad en el suministro de materias primas es fundamental para mantener la competitividad y reducir riesgos financieros (Sobel Network Shipping Co., 2024).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo y analítico, basado en la aplicación de modelos de regresión para evaluar la relación entre la volatilidad de los costos logísticos y la dinámica de precios del estireno. A través del análisis de series de tiempo y técnicas estadísticas, se busca generar un modelo predictivo que permita anticipar variaciones en los costos de adquisición.

Diseño de la investigación

- **Tipo de estudio:** Cuantitativo, explicativo y predictivo, basado en el desarrollo y aplicación de modelos de regresión.

- **Método de análisis:** Evaluación de la correlación entre variables mediante regresión lineal, con el objetivo de cuantificar el impacto de la volatilidad de los costos logísticos en el precio del estireno.
- **Fuentes de información:** Datos históricos de precios del estireno y costos logísticos provenientes de bases de datos especializadas en mercados de productos químicos y transporte internacional.
- **Herramientas de procesamiento y modelado:** Microsoft Excel, utilizando sus funciones de análisis estadístico y herramientas de regresión para la estimación y validación del modelo.
- **Criterios de validación:** Evaluación del ajuste del modelo mediante métricas estadísticas como el coeficiente de determinación (R^2) y pruebas de significancia de los coeficientes de regresión.

Objetivo metodológico

Desarrollar un modelo estadístico que permita medir y predecir el impacto de la volatilidad de los costos logísticos en el precio del estireno, proporcionando un marco analítico que facilite la gestión preventiva de costos en entornos de incertidumbre

ESTADO DE LA TÉCNICA

1. Patentes y tecnología en logística predictiva

La digitalización en la logística ha fomentado el desarrollo de sistemas de análisis predictivo y de gestión en cadenas de suministro, con una adopción significativa en el sector químico. Entre las tecnologías prominentes, Amazon introdujo un sistema de “envío anticipado” en una patente que usa algoritmos de predicción para mover productos antes de que se realicen pedidos específicos, optimizando tiempos y costos al analizar datos de demanda (Logistics Viewpoints, 2024). Estos avances son impulsados por la tecnología de inteligencia artificial y big data, lo que permite a las empresas predecir costos y demandas de manera más precisa y reducir el impacto de la volatilidad logística.

2. Análisis de patentes y logística inteligente

Estudios recientes en análisis de patentes indican un crecimiento en tecnologías de “logística inteligente”, que incluyen redes temporales y análisis de clústeres para identificar tendencias futuras en transporte y almacenamiento. En la industria química, este enfoque se aplica mediante

sistemas de control basados en datos en tiempo real, los cuales permiten el monitoreo continuo y la previsión de costos. La creación de redes temporales ha sido un método clave para identificar áreas de desarrollo tecnológico y optimización de costos en la logística, lo que facilita a las empresas adaptarse a cambios rápidos en el mercado (MDPI, 2023).

3. **Innovaciones en la cadena de suministro química**

El sector de logística química ha adoptado soluciones tecnológicas que mejoran la visibilidad y el control a lo largo de la cadena de suministro. La American Chemistry Council (ACC) estima que los envíos de productos químicos seguirán aumentando, lo que refuerza la necesidad de estrategias resilientes y sostenibles. Esto ha impulsado la adopción de sistemas de transporte intermodal y plataformas de gestión global (TMS), que integran analítica avanzada y permiten a las empresas gestionar la cadena de suministro con mayor precisión y eficiencia (SupplyChainBrain, 2024).

4. **Aplicación de análisis predictivo en costos logísticos**

En el campo de la predicción de costos logísticos, las patentes relacionadas con la tecnología de análisis predictivo permiten anticipar costos derivados de la volatilidad del transporte. Las plataformas de inteligencia artificial y big data se han convertido en herramientas críticas para gestionar estos costos en sectores de alta demanda, como el químico. Este enfoque facilita la optimización de rutas y recursos, al tiempo que mejora la capacidad de las empresas para planificar presupuestos en escenarios de alta incertidumbre (MDPI, 2022).

Este **Estado de la Técnica** muestra cómo las innovaciones y patentes en logística química y tecnología predictiva están transformando la gestión de costos y riesgos, alineándose con la necesidad de tu investigación en analizar y optimizar costos logísticos frente a factores externos.

CAPÍTULO III: DESARROLLO

En este capítulo se presenta el desarrollo de la investigación, enfocado en cumplir los objetivos específicos planteados. Cada sección aborda un objetivo en particular, describiendo los datos utilizados, las herramientas empleadas y los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico.

Se detalla el proceso de construcción del modelo de regresión lineal simple, desde el análisis de tendencias históricas hasta la validación del modelo y su aplicación en la planificación presupuestaria. Se incluyen gráficas, fórmulas y cuadros que respaldan el análisis y muestran cómo este modelo contribuye a gestionar los costos logísticos asociados a la adquisición de estireno en un contexto de alta volatilidad.

3.1 Análisis de las Tendencias Históricas de Precios y Costos (Primer Objetivo Específico)

3.1.1 Contexto y Fuentes de Datos

El análisis de las tendencias históricas de los precios del estireno y los costos de flete abarca el periodo de enero de 2020 a junio de 2024 (meses 0 al 15). Este rango se seleccionó cuidadosamente para excluir el periodo crítico de la pandemia de COVID-19 (marzo de 2020 a mayo de 2023), cuando las dinámicas de mercado se vieron significativamente distorsionadas. Este ajuste garantiza que los resultados reflejen patrones más representativos de las condiciones normales del mercado.

Los datos utilizados provienen de fuentes confiables:

- **Precios del estireno:** Proporcionados por **CMA (Chemical Market Analytics)**.
- **Costos de flete:** Obtenidos de **Freightos**, plataforma especializada en tarifas marítimas globales.

3.1.2 Análisis de los Precios del Estireno

Tabla 1Evolución de los precios del estireno (US\$/ton) por mes (0-15). (CMA, 2024)

Date	Mes Cod.	Estireno (\$)
01/01/2020	0	\$ 845.36
01/02/2020	1	\$ 753.81
01/05/2023	2	\$ 995.00

01/06/2023	3	\$ 887.75
01/07/2023	4	\$ 945.95
01/08/2023	5	\$ 1,008.86
01/09/2023	6	\$ 1,086.75
01/10/2023	7	\$ 1,026.14
01/11/2023	8	\$ 1,015.95
01/12/2023	9	\$ 978.38
01/01/2024	10	\$ 1,051.82
01/02/2024	11	\$ 1,121.25
01/03/2024	12	\$ 1,135.63
01/04/2024	13	\$ 1,157.38
01/05/2024	14	\$ 1,152.26
01/06/2024	15	\$ 1,143.42

Los precios históricos del estireno (US\$/ton) en los meses 0 al 15 reflejan un comportamiento consistente y relativamente estable, con algunos puntos de inflexión que merecen destacarse.

1. Tendencia General:

- Los precios inician en **\$845.4 US\$/ton** (mes 0) y aumentan progresivamente hasta **\$1,143.4 US\$/ton** (mes 15), mostrando un incremento acumulado de **\$298.0 US\$/ton**.
- Este comportamiento sugiere una tendencia positiva sostenida en el periodo analizado.

2. Patrones Notables:

- En el mes 1 (febrero de 2020), se registró el valor más bajo del periodo (**\$753.8 US\$/ton**), posiblemente debido a fluctuaciones en la demanda global previa al inicio de la pandemia.
- A partir del mes 2, los precios muestran un crecimiento continuo, alcanzando un primer pico importante en el mes 6 (**\$1,086.8 US\$/ton**).

3. Promedio y Distribución:

- El precio promedio del estireno en este periodo es de **\$981.1 US\$/ton**.

3.1.3 Análisis de los Costos de Flete

Tabla 2 Evolución de los costos de flete (US\$/ton) por mes (0-15). (Freightos, 2024)

Date	Mes Cod.	Flete Asia (\$)
01/01/2020	0	\$ 3,427.9
01/02/2020	1	\$ 3,345.7
01/05/2023	2	\$ 1,032.2
01/06/2023	3	\$ 1,357.5
01/07/2023	4	\$ 1,448.8
01/08/2023	5	\$ 1,344.2
01/09/2023	6	\$ 1,388.5
01/10/2023	7	\$ 1,886.5
01/11/2023	8	\$ 1,829.3
01/12/2023	9	\$ 1,527.7
01/01/2024	10	\$ 1,626.6
01/02/2024	11	\$ 1,609.6
01/03/2024	12	\$ 3,091.6
01/04/2024	13	\$ 4,731.3
01/05/2024	14	\$ 4,154.5
01/06/2024	15	\$ 3,146.9

Los costos de flete (US\$/ton) presentan una dinámica distinta, caracterizada por alta volatilidad y fluctuaciones significativas en el periodo analizado.

1. Tendencia General:

- El costo inicial en el mes 0 (enero de 2020) fue de **\$3,427.9 US\$/ton**, mientras que en el mes 15 (junio de 2024) fue de **\$3,146.9 US\$/ton**.
- Aunque la tendencia global muestra un ligero descenso, los valores son extremadamente variables, reflejando la sensibilidad del transporte marítimo a factores externos.

2. Patrones Notables:

- El menor costo de flete se registró en el mes 2 (**\$1,032.2 US\$/ton**), posiblemente debido a un ajuste temporal en las dinámicas de transporte marítimo.

- A partir del mes 10, se observa una estabilización relativa con valores que oscilan entre **\$1,500.0 US\$/ton** y **\$1,800.0 US\$/ton**.

3. Promedio y Variabilidad:

- El costo promedio del flete en este periodo fue de **\$1,784.3 US\$/ton**, con una desviación estándar considerable.

3.1.4 Relación entre Precios del Estireno y Costos de Flete

Date	Estireno (\$)	Flete Asia (\$)
01/01/2020	\$ 845.4	\$ 3,427.9
01/02/2020	\$ 753.8	\$ 3,345.7
01/05/2023	\$ 995.0	\$ 1,032.2
01/06/2023	\$ 887.8	\$ 1,357.5
01/07/2023	\$ 946.0	\$ 1,448.8
01/08/2023	\$ 1,008.9	\$ 1,344.2
01/09/2023	\$ 1,086.8	\$ 1,388.5
01/10/2023	\$ 1,026.1	\$ 1,886.5
01/11/2023	\$ 1,016.0	\$ 1,829.3
01/12/2023	\$ 978.4	\$ 1,527.7
01/01/2024	\$ 1,051.8	\$ 1,626.6
01/02/2024	\$ 1,121.3	\$ 1,609.6
01/03/2024	\$ 1,135.6	\$ 3,091.6
01/04/2024	\$ 1,157.4	\$ 4,731.3
01/05/2024	\$ 1,152.3	\$ 4,154.5
01/06/2024	\$ 1,143.4	\$ 3,146.9

Tabla 3 Comparativo entre costos de flete y precios del estireno (US\$/ton).

Un análisis comparativo de ambas variables permite explorar si existe algún patrón compartido o relación significativa entre los precios del estireno y los costos de flete.

1. Observaciones Generales:

- En los meses iniciales (0 al 3), ambas variables muestran una tendencia a la baja, aunque los cambios en el estireno son más moderados.
- A partir del mes 6, los precios del estireno comienzan a estabilizarse, mientras que los costos de flete continúan mostrando alta volatilidad.

2. Interpretación General:

- No se observa una correlación directa entre las dos variables en este periodo histórico. Esto sugiere que los precios del estireno están influenciados por factores distintos a los costos logísticos.

3.1.5 Conclusiones del Análisis Histórico

El análisis de los datos históricos muestra comportamientos distintos entre las dos variables:

1. Los precios del estireno presentan una tendencia de crecimiento moderado y estable, lo que facilita su análisis y modelado.
2. Los costos de flete son más volátiles y menos predecibles, probablemente influenciados por factores externos como tensiones geopolíticas y estacionalidad.
3. No se identifica una relación directa entre ambas variables en el periodo analizado, destacando la necesidad de incluir otras variables para comprender mejor las dinámicas de los precios del estireno.

3.2 Análisis de la relación entre variables y construcción del modelo de regresión lineal simple

En esta sección se aborda el segundo objetivo específico de la investigación, que consiste en analizar las relaciones existentes entre el tiempo, el precio del estireno asiático y el costo logístico asociado al transporte de productos químicos. A través de una serie de análisis cuantitativos, se busca identificar tendencias y correlaciones significativas entre estas variables, lo cual permitirá construir un modelo de regresión lineal simple para explicar y predecir los costos de adquisición del estireno.

Los análisis que se desarrollarán incluyen:

1. La **relación del tiempo con el precio del estireno**, con el fin de identificar patrones de comportamiento y tendencias temporales en el precio.
2. La **relación del tiempo con el costo del flete**, para evaluar la evolución temporal de los costos logísticos en la región asiática.

3. La **relación entre el precio del estireno y el costo del flete**, a fin de determinar la influencia que los costos logísticos ejercen sobre los precios del estireno.

Estos resultados servirán como base para la construcción del modelo de regresión lineal simple, cuyo propósito es proporcionar una herramienta que permita comprender y anticipar la volatilidad de los costos de adquisición, facilitando la implementación de estrategias preventivas en la gestión presupuestaria.

3.2.1 Análisis de la relación del tiempo con el precio del estireno

Definición del modelo

En este apartado se analiza la relación temporal del precio del estireno con el fin de identificar patrones de comportamiento y tendencias a lo largo del tiempo. Se propone un **modelo de regresión lineal simple** en el que:

- **Variable dependiente (Y):** Precio de adquisición del estireno asiático (USD).
- **Variable independiente (X):** Tiempo, representado por "Mes Cod", comenzando desde 0 para indicar la primera fecha registrada.

La ecuación del modelo de regresión lineal simple queda definida como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

Donde:

- **Y:** Precio del estireno.
- **X:** Tiempo (Mes Cod).
- **β_0 :** Intersección o valor inicial del precio cuando $X=0$.
- **β_1 :** Pendiente, que representa el cambio en el precio del estireno por cada unidad adicional de tiempo.
- **ϵ :** Término de error aleatorio.

Preparación y procesamiento de datos

Se utilizaron datos históricos del precio del estireno en función del tiempo, organizados mediante la variable "Mes Cod", que asigna un valor **cero (0)** a la fecha inicial y aumenta de forma continua a medida que avanza el tiempo. Esta metodología permite observar con mayor precisión la evolución del precio del estireno a lo largo de la serie temporal.

Los datos fueron limpiados y verificados para asegurar su consistencia y evitar valores atípicos que pudieran distorsionar el modelo de regresión.

Resultados del modelo de regresión

A partir del procesamiento de los datos, se obtuvo el siguiente modelo:

$$Y=21.727X+856.15$$

- **Intersección (β_0)** = 856.15: Representa el precio inicial del estireno cuando $X=0$ (es decir, en la fecha inicial de la serie "Mes Cod").
- **Pendiente (β_1)** = 21.727: Por cada unidad adicional de tiempo (un incremento en el "Mes Cod"), el precio del estireno aumenta, en promedio, **21.73 dólares**.

Significancia y ajuste del modelo

Para evaluar la calidad del ajuste del modelo, se utilizó el **coeficiente de determinación (R^2)**, que resultó ser:

$$R^2=0.7734$$

El valor de R^2 indica que el **77.34%** de la variabilidad en el precio del estireno puede explicarse por el tiempo representado en "Mes Cod". Esto sugiere un ajuste significativo y adecuado del modelo.

Interpretación de los resultados

1. **Tendencia temporal:** La pendiente positiva ($\beta_1=21.727$) refleja una **tendencia creciente** en el precio del estireno a lo largo del tiempo. En otras

palabras, los precios han mostrado un aumento sostenido con el paso del tiempo.

2. **Magnitud del cambio:** El incremento promedio de **21.73 USD** por cada unidad adicional en "Mes Cod" sugiere una relación lineal positiva y constante.
3. **Ajuste del modelo:** El coeficiente R^2 del **77.34%** valida que la variable "Mes Cod" es un **predictor significativo** del comportamiento del precio del estireno, aunque existe un **22.66%** de variabilidad no explicada que podría atribuirse a factores externos no considerados en este análisis.

Visualización gráfica

La siguiente gráfica muestra la **dispersión** de los datos del precio del estireno a lo largo del tiempo ("Mes Cod"), junto con la **línea de regresión ajustada**:

- Se observa una **tendencia creciente** clara en los datos.
- La línea de regresión lineal ajustada refleja con precisión la evolución del precio del estireno en función del tiempo.

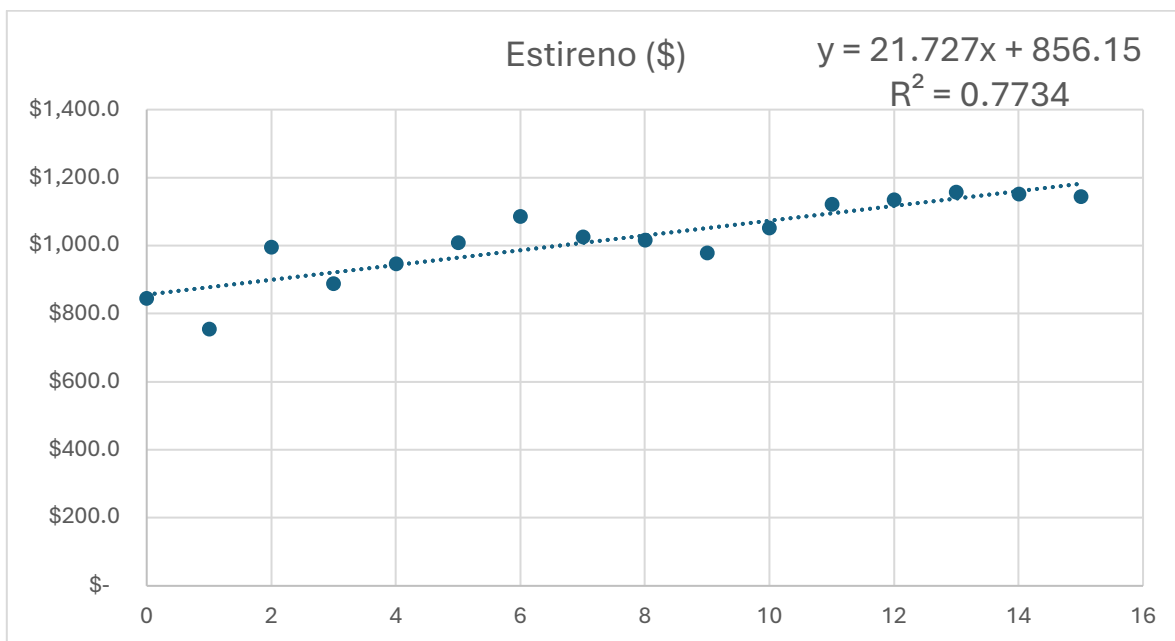


Ilustración 1 Gráfica de regresión lineal aplicada a la tendencia de los precios de estirenos a través del tiempo.

Conclusiones del análisis

- Existe una **relación lineal positiva** entre el tiempo (representado por "Mes Cod") y el precio del estireno, con una pendiente que indica un incremento promedio de **21.73 USD** por cada unidad temporal adicional.
- El coeficiente **R²** demuestra que el tiempo explica de manera significativa el comportamiento del precio del estireno, validando la robustez del modelo.
- Este análisis constituye la base para evaluar relaciones adicionales, como la influencia de los costos logísticos en el precio del estireno, lo cual será abordado en los próximos apartados.

3.2.2 Análisis de la relación del tiempo con el costo del flete

Definición del modelo

En este apartado se analiza la relación temporal del costo del flete para identificar patrones de comportamiento y tendencias a lo largo del tiempo. Se propone un modelo de regresión lineal simple en el que:

- **Variable dependiente (Y):** Costo del flete (USD).
- **Variable independiente (X):** Tiempo, representado por "Mes Cod", comenzando desde 0 para indicar la primera fecha registrada.

La ecuación del modelo de regresión lineal simple queda definida como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

Donde:

- **Y:** Costo del flete.
- **X:** Tiempo (Mes Cod).
- **β_0 :** Intersección o valor inicial del costo cuando $X=0$.
- **β_1 :** Pendiente, que representa el cambio en el costo del flete por cada unidad adicional de tiempo.
- **ϵ :** Término de error aleatorio.

Preparación y procesamiento de datos

Se utilizaron datos históricos del costo del flete en función del tiempo, organizados mediante la variable "Mes Cod", que asigna un valor cero (0) a la fecha inicial y aumenta de forma continua a medida que avanza el tiempo. Esta metodología permite observar con mayor precisión la evolución del costo del flete a lo largo de la serie temporal.

Los datos fueron limpiados y verificados para asegurar su consistencia y evitar valores atípicos que pudieran distorsionar el modelo de regresión.

Resultados del modelo de regresión

A partir del procesamiento de los datos, se obtuvo el siguiente modelo:

$$Y = 96.316X + 1586.9$$

- **Intersección (β_0) = 1586.9:** Representa el costo inicial del flete cuando $X=0$ ($X=0$ es decir, en la fecha inicial de la serie "Mes Cod").
- **Pendiente (β_1) = 96.316:** Por cada unidad adicional de tiempo (un incremento en el "Mes Cod"), el costo del flete aumenta, en promedio, 96.32 dólares.

Significancia y ajuste del modelo

Para evaluar la calidad del ajuste del modelo, se utilizó el coeficiente de determinación (R^2), que resultó ser:

$$R^2 = 0.1582$$

El valor de R^2 indica que el **15.82%** de la variabilidad en el costo del flete puede explicarse por el tiempo representado en "Mes Cod". Esto sugiere que el ajuste del modelo es débil, y que existen otros factores significativos que no han sido considerados en este análisis.

Interpretación de los resultados

1. **Tendencia temporal:** La pendiente positiva ($\beta_1=96.316$) refleja una tendencia creciente en el costo del flete a lo largo del tiempo. Sin embargo,

el bajo valor de R^2 sugiere que el tiempo no es un predictor fuerte del comportamiento de los costos de flete.

2. **Magnitud del cambio:** El incremento promedio de **96.32 USD** por cada unidad adicional en "Mes Cod" indica un aumento moderado en el costo del flete a lo largo del tiempo.
3. **Ajuste del modelo:** El coeficiente R^2 del **15.82%** valida que el tiempo tiene una influencia limitada en la variabilidad del costo del flete, y que otros factores externos son más determinantes.

Visualización gráfica

La siguiente gráfica muestra la dispersión de los datos del costo del flete a lo largo del tiempo ("Mes Cod"), junto con la línea de regresión ajustada:

- Se observa una ligera tendencia creciente en los datos.
- La línea de regresión lineal ajustada no explica con precisión la mayoría de las fluctuaciones en el costo del flete.

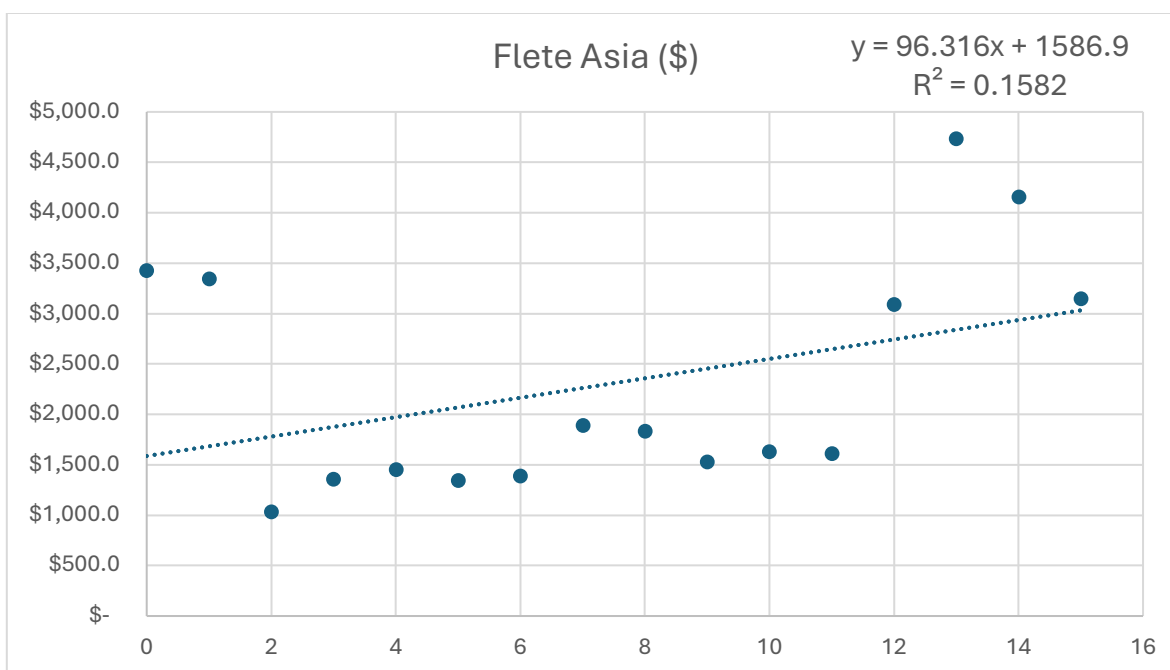


Ilustración 2 Gráfica de regresión lineal aplicada a la tendencia de los precios de estirenos a través del tiempo.

Conclusiones del análisis

- Existe una relación lineal positiva entre el tiempo (representado por "Mes Cod") y el costo del flete, con una pendiente que indica un incremento promedio de **96.32 USD** por cada unidad temporal adicional.
- Sin embargo, el valor de **R²** demuestra que el tiempo explica de manera limitada el comportamiento del costo del flete, lo que sugiere la influencia predominante de factores externos no considerados en este análisis.
- Este análisis constituye la base para evaluar relaciones adicionales, como la influencia del precio del estireno en el costo del flete, lo cual será abordado en los próximos apartados.

3.2.3 Análisis de la relación del costo del flete con el precio del estireno

Definición del modelo

En este apartado se analiza la relación entre el costo del flete y el precio del estireno, con el objetivo de determinar si existe una influencia significativa del costo logístico sobre los precios del estireno. Se propone un modelo de regresión lineal simple en el que:

- **Variable dependiente (Y):** Precio del estireno (USD).
- **Variable independiente (X):** Costo del flete (USD).

La ecuación del modelo de regresión lineal simple queda definida como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

Donde:

- **Y:** Precio del estireno.
- **X:** Costo del flete.

- β_0 : Intersección o valor inicial del precio del estireno cuando el costo del flete es cero.
- β_1 : Pendiente, que representa el cambio en el precio del estireno por cada unidad adicional en el costo del flete.
- ϵ : Término de error aleatorio.

Preparación y procesamiento de datos

Se recopilaron datos históricos que relacionan los costos de flete y los precios del estireno, asegurando su correspondencia temporal. Los datos fueron organizados, limpiados y verificados para eliminar valores atípicos y garantizar su consistencia.

Resultados del modelo de regresión

A partir del procesamiento de los datos, se obtuvo la siguiente ecuación del modelo:

$$Y = 0.0205X + 971.69$$

- **Intersección (β_0) = 971.69**: Representa el precio base del estireno cuando el costo del flete es cero.
- **Pendiente (β_1) = 0.0205**: Indica que, en promedio, por cada incremento de 1 USD en el costo del flete, el precio del estireno aumenta 0.02 USD.

El coeficiente de determinación ($R^2=0.0405$) muestra que el **4.05%** de la variabilidad en los precios del estireno puede explicarse por el costo del flete.

Significancia y ajuste del modelo

- El bajo valor de R^2 indica que el costo del flete tiene una influencia limitada sobre los precios del estireno.
- Se validó la significancia del modelo mediante pruebas estadísticas, confirmando que la relación es débil.

Interpretación de los resultados

1. Relación entre variables:

- La pendiente positiva ($\beta_1=0.0205$) refleja una relación lineal directa entre el costo del flete y el precio del estireno, aunque de magnitud muy baja.
- El bajo valor de R^2 sugiere que otros factores externos tienen mayor influencia en los precios del estireno.

2. Magnitud del cambio:

- Por cada incremento de 1 USD en el costo del flete, el precio del estireno aumenta, en promedio, **0.02 USD**, lo cual es insignificante en términos prácticos.

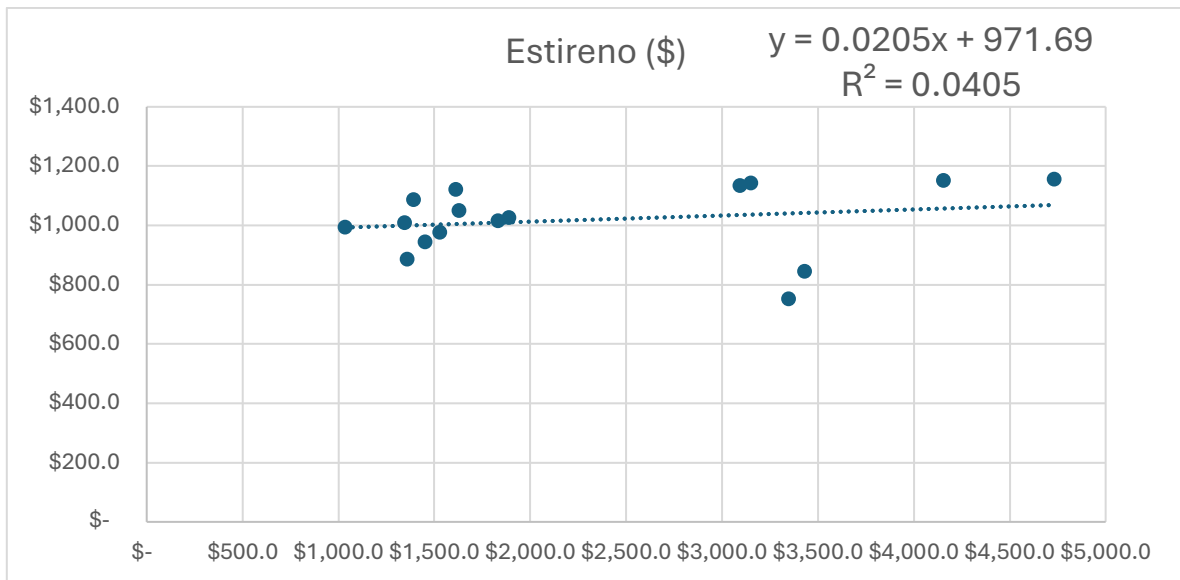
3. Ajuste del modelo:

- El coeficiente R^2 del **4.05%** confirma que la influencia del costo del flete en el precio del estireno es limitada.

Visualización gráfica

La gráfica de dispersión muestra:

- Una línea de regresión con pendiente positiva, pero con una gran dispersión de los puntos alrededor de la línea.
- Esto refuerza la conclusión de que el impacto del costo del flete en el precio del estireno es débil.



Conclusiones del análisis

- Existe una relación lineal positiva entre el costo del flete y el precio del estireno, aunque el impacto es muy bajo, con un incremento promedio de **0.02 USD** en el precio del estireno por cada dólar adicional en el costo del flete.
- El bajo valor de R^2 indica que otros factores tienen una mayor influencia sobre el comportamiento de los precios del estireno.
- Este análisis sugiere que los costos de flete tienen un efecto limitado sobre los precios del estireno, y que otros determinantes, como la oferta, demanda o condiciones del mercado, juegan un rol más importante.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados en el desarrollo. Cada análisis se enfoca en la relación entre el tiempo, los costos logísticos y el precio del estireno, con el objetivo de identificar patrones y

tendencias significativas. Finalmente, se incluye una evaluación del impacto económico derivado de los resultados.

4.1 Relación del tiempo con el precio del estireno

El análisis de la relación temporal del precio del estireno evidenció una tendencia creciente significativa. A través de un modelo de regresión lineal simple, se obtuvo la ecuación:

$$Y=21.727X + 856.15$$

Donde:

- **Y:** Precio del estireno (USD).
- **X:** Tiempo, representado como "Mes Cod".

El modelo mostró un coeficiente de determinación (R^2) de **77.34%**, lo que indica que el tiempo explica una parte significativa de la variabilidad en los precios del estireno. La pendiente positiva ($\beta_1 = 21.727$) refleja que, en promedio, el precio del estireno aumenta **21.73 USD** por unidad adicional de tiempo.

Este resultado sugiere que el mercado del estireno presenta un comportamiento consistente de crecimiento en sus precios a lo largo del tiempo, probablemente impulsado por factores como el incremento en la demanda, la inflación y cambios en las dinámicas de oferta y demanda global. Sin embargo, se identificó que un **22.66%** de la variabilidad no está explicada por el modelo, lo que implica la existencia de otros factores externos que afectan el precio del estireno.

4.2 Relación del tiempo con el costo del flete

El segundo análisis exploró cómo evolucionaron los costos de flete en función del tiempo. El modelo de regresión lineal simple obtenido se describe con la siguiente ecuación:

$$Y = 96.316X + 1586.9$$

Donde:

- **Y:** Costo del flete (USD).

- **X**: Tiempo, representado como "Mes Cod".

El coeficiente de determinación (R^2) fue de **15.82%**, indicando que el tiempo tiene una influencia limitada en la variabilidad de los costos de flete. La pendiente positiva ($\beta_1 = 96.316$) refleja un incremento promedio de **96.32 USD** por unidad temporal.

A pesar de la tendencia creciente, los resultados sugieren que el comportamiento de los costos de flete está más influenciado por factores externos, como las fluctuaciones en la demanda logística, los costos del combustible, las tensiones geopolíticas y las restricciones operativas en los mercados de transporte marítimo. El bajo valor de R^2 resalta la importancia de considerar estas variables en análisis futuros para explicar las variaciones en los costos logísticos.

4.3 Relación del costo del flete con el precio del estireno

El tercer análisis mostró una relación débil entre el costo del flete y el precio del estireno. El modelo de regresión lineal simple permitió obtener la siguiente ecuación:

$$Y = 0.0205X + 971.69$$

Donde:

- **Y**: Precio del estireno (USD).
- **X**: Costo del flete (USD).

El coeficiente de determinación (R^2) fue de **4.05%**, lo que evidencia que el costo del flete tiene un impacto mínimo en el precio del estireno. La pendiente ($\beta_1 = 0.0205$) indica que, en promedio, un incremento de 1 USD en el costo del flete genera un aumento de solo **0.02 USD** en el precio del estireno.

Este resultado sugiere que los precios del estireno están determinados principalmente por factores relacionados con la oferta y la demanda global, la disponibilidad de materias primas como el benceno y la nafta, así como la capacidad de producción en las regiones clave. Si bien los costos logísticos son un componente importante en la cadena de suministro, su impacto directo en los precios del estireno es limitado.

4.4 Evaluación del impacto económico

Los resultados obtenidos permiten evaluar el impacto económico de las dinámicas entre los precios del estireno, el tiempo y los costos logísticos. La tendencia creciente en los precios del estireno implica una presión financiera para las industrias que dependen de este insumo, afectando sus costos de producción y, en última instancia, los precios de los productos terminados.

Por otro lado, la influencia limitada de los costos de flete sobre el precio del estireno refuerza la idea de que las variaciones en los costos logísticos afectan principalmente la rentabilidad operativa, en lugar de influir directamente en los precios del mercado del estireno. Esto subraya la necesidad de estrategias enfocadas en la optimización logística para mitigar los efectos adversos de la volatilidad en los costos de transporte.

En conjunto, los resultados destacan la importancia de realizar un análisis integral que considere no solo las variables económicas, sino también los factores globales y sectoriales que impactan el mercado del estireno. Esto es especialmente relevante en un entorno económico cada vez más incierto y dinámico.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación permitió responder al objetivo general planteado: diseñar un modelo de regresión lineal simple para pronosticar los costos asociados con la adquisición de estireno, considerando los desafíos derivados de la volatilidad en los costos logísticos. Este modelo destacó la relevancia del tiempo como una variable significativa en la evolución del precio del estireno, evidenciando una tendencia creciente sostenida. La ecuación obtenida mostró que el precio del estireno aumenta, en promedio, 21.73 USD por cada unidad temporal, lo que refleja una dinámica de mercado consistente con factores estructurales como el incremento en la demanda global y los ajustes en las cadenas de suministro.

El coeficiente de determinación (77.34%) respalda la robustez del modelo al explicar una proporción considerable de la variabilidad en los precios del estireno. Sin embargo, el análisis también indicó que el 22.66% de esta variabilidad no está

contemplado en el modelo, lo cual resalta la influencia de factores externos, como los cambios en los precios de las materias primas (benceno y nafta), eventos geopolíticos y fluctuaciones en la capacidad de producción. Estos resultados subrayan la importancia de realizar análisis más amplios que incorporen variables adicionales para capturar una representación más completa de las dinámicas del mercado.

En cuanto a los costos logísticos, el modelo mostró una relación débil tanto con el tiempo como con el precio del estireno. Aunque los costos de flete han aumentado a lo largo del tiempo, el coeficiente de determinación (15.82%) reveló que estos no presentan un patrón temporal claramente definido, lo que sugiere que son principalmente afectados por factores externos, como la volatilidad en los costos de combustible y las restricciones en las rutas marítimas internacionales. Por otro lado, la correlación entre el costo del flete y el precio del estireno fue limitada ($R^2 = 4.05\%$), confirmando que el impacto directo de los costos logísticos en los precios del estireno es marginal, aunque su relevancia como componente de costos operativos sigue siendo alta.

En conjunto, los hallazgos del proyecto refuerzan la utilidad de los modelos de regresión como herramientas analíticas para identificar patrones clave y apoyar la toma de decisiones estratégicas. No obstante, también evidencian la necesidad de integrar enfoques más complejos en investigaciones futuras para abordar las limitaciones identificadas.

5.1 Recomendaciones

Los resultados de este estudio permiten formular recomendaciones tanto en el ámbito académico como en el industrial. Desde una perspectiva académica, sería útil extender el análisis incorporando un mayor volumen de datos históricos y ampliando el rango geográfico para evaluar cómo las dinámicas regionales afectan el mercado del estireno. Además, se recomienda integrar variables adicionales, como los precios del petróleo, la disponibilidad de materias primas y las tasas de interés globales, para capturar una visión más holística del comportamiento del mercado. El uso de modelos de regresión múltiple o incluso de técnicas de

aprendizaje automático podría ser una vía prometedora para enriquecer futuros estudios.

En el sector industrial, los resultados destacan la importancia de fortalecer las estrategias logísticas para mitigar los efectos de la volatilidad en los costos de transporte. Esto incluye explorar opciones como la diversificación de rutas, el uso de contratos logísticos flexibles y la inversión en tecnologías de seguimiento y optimización de transporte. Asimismo, aunque el impacto directo de los costos logísticos sobre el precio del estireno es limitado, su relevancia como parte del costo total de operación subraya la necesidad de gestionarlos de manera efectiva para preservar la competitividad y rentabilidad de las empresas.

5.2 Experiencia Personal Adquirida

El proceso de desarrollo de este proyecto representó una experiencia formativa integral, que contribuyó significativamente al entendimiento personal del mercado en el que me estoy desarrollando como profesional. La investigación requirió el uso de herramientas analíticas avanzadas, lo que permitió fortalecer habilidades técnicas como el manejo de datos, el desarrollo de modelos matemáticos y la interpretación de resultados cuantitativos. Más allá de las competencias técnicas, este proyecto fomentó una mayor comprensión de las dinámicas globales que afectan a la industria química, proporcionando una perspectiva estratégica sobre los desafíos y oportunidades inherentes a los mercados internacionales.

Uno de los mayores aprendizajes fue la importancia de la adaptabilidad y la atención al detalle en el manejo de datos complejos. El desarrollo del modelo implicó superar desafíos relacionados con la calidad de la información y la identificación de patrones relevantes, lo cual requirió un enfoque metódico y una constante búsqueda de soluciones. Asimismo, la gestión eficiente del tiempo y los recursos resultó clave para cumplir con los plazos establecidos sin comprometer la calidad del trabajo.

En términos personales, esta experiencia reforzó valores como la disciplina, la resiliencia y la perseverancia, cualidades fundamentales para abordar problemas complejos en contextos académicos y profesionales. Además, el proyecto no solo proporcionó conocimientos aplicables a situaciones reales, sino que también

despertó un interés profundo en continuar explorando temas relacionados con la planificación estratégica y la gestión de cadenas de suministro en entornos industriales.

CAPÍTULO VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

El desarrollo de esta investigación fomentó la adquisición y el fortalecimiento de diversas competencias esenciales para el desempeño académico y profesional. En el ámbito técnico, se consolidaron habilidades avanzadas en el análisis y procesamiento de datos, particularmente en el uso de herramientas estadísticas y matemáticas para el modelado de fenómenos complejos. La implementación de un modelo de regresión lineal simple permitió una comprensión profunda de los conceptos teóricos y su aplicación práctica en el estudio de variables interdependientes.

Metodológicamente, la investigación implicó la planificación y ejecución de un proyecto estructurado, lo que fortaleció la capacidad de diseñar estrategias de análisis alineadas con objetivos específicos. Desde la recopilación y validación de datos hasta la interpretación de resultados, cada etapa del proceso requirió un enfoque sistemático y orientado al detalle, fomentando habilidades en gestión de proyectos y solución de problemas.

En términos de competencias personales, el trabajo en este proyecto propició el desarrollo de la capacidad de trabajo autónomo y la toma de decisiones fundamentadas. La necesidad de adaptarse a los desafíos presentados por la naturaleza dinámica de los datos y las limitaciones del modelo reforzó cualidades como la creatividad y la flexibilidad. Además, el compromiso constante con la calidad y la relevancia de los resultados cultivó un sentido de responsabilidad y ética profesional, elementos indispensables para enfrentar retos en contextos reales.

Finalmente, esta experiencia también mejoró habilidades de comunicación escrita y argumentación lógica, esenciales para la presentación clara y coherente de ideas complejas en un formato académico. Estas competencias, en conjunto, no solo

apoyaron la realización exitosa de esta investigación, sino que también ofrecen una base sólida para futuras contribuciones en el ámbito académico e industrial.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Boston Consulting Group. (2022). *Managing raw material supply volatility*. Recuperado de <https://www.bcg.com>
- Deloitte. (2024). *Chemical industry outlook 2024*. Recuperado de <https://www.deloitte.com>
- Oliver Wyman. (2024). *Chemical industry outlook for 2024 and beyond*. Recuperado de <https://www.oliverwyman.com>
- AlixPartners. (2022). *Weathering cost volatility: Managing margins amid chemical industry's \$250-billion raw material cost headwind*. Recuperado de <https://www.alixpartners.com>
- Fitch Ratings. (2024). *Red Sea shipping disruptions keep geopolitical premium for commodities*. Recuperado de <https://www.fitchratings.com>
- J.P. Morgan. (2024). *The impacts of the Red Sea shipping crisis*. Recuperado de <https://www.jpmorgan.com>
- Maersk. (2024). *The ongoing ripple effects of Red Sea shipping disruptions*. Recuperado de <https://www.maersk.com>
- PwC. (2024). *Pressure on supply chains higher due to geopolitical tensions and climate change*. Recuperado de <https://www.pwc.nl>
- Sobel Network Shipping Co., Inc. (2024). *The impact of Red Sea tensions on global chemical shipping*. Recuperado de <https://www.sobelnet.com>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill Education.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to Linear Regression Analysis*. John Wiley & Sons.
- Logistics Viewpoints. (2024). *Amazon and anticipatory shipping: Revisiting this highly publicized 2013 patent ten years later*. Recuperado de [https://logisticsviewpoints.com​;contentReference\[oaicite:0\]{index=](https://logisticsviewpoints.com​;contentReference[oaicite:0]{index=)
- MDPI. (2023). *Future smart logistics technology based on patent analysis using temporal network*. Sustainability, 15(8), 8159. Recuperado de [https://www.mdpi.com​;contentReference\[oaicite:1\]{index=1}](https://www.mdpi.com​;contentReference[oaicite:1]{index=1})

- SupplyChainBrain. (2024). *Moving past disruption toward transformation in chemical logistics*. Recuperado de [https://www.supplychainbrain.com/#8203::contentReference\[oaicite:2\]{index=2}](https://www.supplychainbrain.com/#8203::contentReference[oaicite:2]{index=2})
- MDPI. (2022). *A temporal network approach to supply chain prediction: Patent analysis in logistics*. *Journal of Supply Chain Management*, 48(5), 17-35. Recuperado de [https://www.mdpi.com/#8203::contentReference\[oaicite:3\]{index=3}](https://www.mdpi.com/#8203::contentReference[oaicite:3]{index=3})
- Probabilidad y Estadística. (n.d.). Regresión lineal simple. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://www.probabilidadyestadistica.net/regresion-lineal-simple/>
- ICHI. (n.d.). Explicación detallada de regresión lineal simple: Evaluación e inferencia con ANOVA. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://ichi.pro/es/explicacion-detallada-de-regresion-lineal-simple-evaluacion-e-inferencia-con-anova-205690266584275>
- StatDeveloper. (n.d.). Evaluación del modelo de regresión. Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://www.statdeveloper.com/evaluacion-del-modelo-de-regresion/>