



PREVISIÓN DE LA LIQUIDEZ EN CONTEXTOS DE DEMANDA VARIABLE

ANÁLISIS CUANTITATIVO APLICADO A LA EMPRESA EMN.

**Alvarado, Nicolás Emanuel - Balanza, Cristhian Emmanuel - Celario, Pablo
Augusto - Ibañez, Juliana Mireya - Juárez, Leonardo Ivan - Juárez Codevilla,
Leonardo - Nina Jarma, Agustina**

nicoem.alvarado@gmail.com - cristhianbalanza36@gmail.com -
pablocelario@hotmail.com - leonardojuarezco@gmail.com - ivanjuarez371@gmail.com
- juliana.mireya@gmail.com - agusninaok@gmail.com

Resumen

La planificación financiera constituye un aspecto fundamental para la sostenibilidad de las pequeñas y medianas empresas, especialmente en contextos donde la demanda presenta variaciones y existen eventos operativos sujetos a incertidumbre. En este marco, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un modelo cuantitativo de apoyo a la planificación financiera de la empresa EMN, dedicada al alquiler, mantenimiento técnico y distribución de equipos de medicina estética, mediante la proyección de su flujo de efectivo de corto plazo.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental y alcance descriptivo-explicativo. Para ello, se analizaron registros históricos de la empresa correspondientes a demanda de alquileres, kilómetros recorridos, ingresos y gastos operativos. La demanda futura fue estimada mediante un modelo de descomposición multiplicativa de series de tiempo, mientras que los kilómetros recorridos se proyectaron a través de regresión lineal. Asimismo, se empleó una simulación de Montecarlo para modelar la incertidumbre asociada a los gastos de mantenimiento correctivo de la flota.

Los resultados obtenidos permitieron construir un flujo de efectivo proyectado para un horizonte de cuatro semanas, identificándose períodos con liquidez positiva y situaciones de déficit asociadas principalmente a la ocurrencia de gastos extraordinarios de mantenimiento. Se concluye que la integración de herramientas de pronóstico y simulación proporciona información relevante para anticipar escenarios financieros y fortalecer la toma de decisiones de corto plazo dentro de la organización.

Palabras Clave: análisis cuantitativo; flujo de efectivo; pronóstico de demanda; simulación de Montecarlo; liquidez; series de tiempo.

Introducción

En un entorno económico con una creciente competitividad, la eficiencia en la gestión de los recursos constituye un factor determinante para la subsistencia y el crecimiento de las organizaciones. En este contexto, la logística ha adquirido un papel estratégico y predominante dentro de las empresas, ya que permite coordinar de manera eficiente el flujo de bienes, servicios e información. La correcta planificación de las actividades logísticas resulta especialmente relevante en escenarios donde existen limitaciones de capacidad, dispersión geográfica de los clientes y variaciones en los niveles de demanda.

En Argentina, las pequeñas y medianas empresas (PyMES) son uno de los principales motores de la actividad económica, generando una parte significativa del empleo formal y contribuyendo al desarrollo productivo regional. Sin embargo, estas organizaciones suelen enfrentar restricciones vinculadas a la disponibilidad de recursos financieros, tecnológicos y humanos, lo que dificulta la implementación de sistemas avanzados de gestión. Como consecuencia, muchas decisiones operativas continúan basándose en la intuición y experiencia de los responsables de cada área, y no en criterios cuantitativos y estandarizados. Esta situación puede afectar la eficiencia de los procesos y limitar las posibilidades de crecimiento.

Dentro de este escenario se encuentra EMN, una PyME radicada en la provincia de Tucumán dedicada al alquiler y mantenimiento técnico de aparatología de medicina estética. Debido a la naturaleza de su actividad comercial, la firma experimenta fluctuaciones semanales significativas en el volumen de servicios prestados, lo que impacta de manera directa e inmediata sobre sus niveles de recaudación y sobre los costos operativos asociados a la distribución y logística de los equipos. Estas variaciones recurrentes generan la necesidad imperiosa de incorporar herramientas de análisis cuantitativo que permitan anticipar el comportamiento de la demanda y la necesidad de realizar reparaciones de la flota de vehículos de forma imprevista y, a partir de ello, modelar de forma prospectiva su impacto sobre la tesorería de la organización.

Situación Problemática

La empresa EMN desarrolla sus actividades en el mercado de alquiler, mantenimiento técnico y distribución de equipos de medicina estética dentro de la provincia de Tucumán y zonas aledañas. Su modelo de negocio se caracteriza por la prestación de servicios que combinan el alquiler diario de equipamiento, el cobro de traslados en función de los kilómetros recorridos y la realización de tareas de mantenimiento técnico, generando una estructura de ingresos y costos estrechamente vinculada al nivel de actividad operativa.

Actualmente, la planificación financiera de corto plazo se realiza principalmente sobre la base de la experiencia de los responsables de la empresa y el análisis descriptivo de información histórica. Si bien este enfoque ha permitido sostener la operatoria habitual, presenta limitaciones para anticipar el comportamiento futuro del flujo de fondos, especialmente en contextos donde la demanda, los kilómetros recorridos y los gastos de mantenimiento pueden experimentar variaciones significativas. Dentro de estos últimos, cobran un rol crítico las reparaciones correctivas no planificadas en las que incurre la organización ante



imprevistos mecánicos de la flota. Al tratarse de contingencias fortuitas, resultan completamente impredecibles en el tiempo y no pueden planificarse linealmente en el calendario, sino que se comportan de manera aleatoria bajo una fuerte carga probabilística.

Esta situación adquiere especial importancia debido a que la empresa debe afrontar de manera periódica costos fijos y compromisos operativos independientemente del nivel de actividad registrado. En consecuencia, la imposibilidad de anticipar adecuadamente los ingresos y egresos futuros dificulta la identificación temprana de semanas con excedentes o déficits de efectivo, limitando la capacidad de planificar acciones preventivas y tomar decisiones financieras oportunas.

En este contexto, surge la necesidad de incorporar herramientas de análisis cuantitativo que permitan proyectar las principales variables operativas y económicas que intervienen en la actividad de la empresa y, a partir de ellas, modelar distintos escenarios de flujo de fondos. La aplicación de técnicas de pronóstico, regresión y simulación posibilita transformar la información histórica disponible en estimaciones útiles para la toma de decisiones, contribuyendo a una gestión financiera más eficiente y a una mayor capacidad de anticipación frente a situaciones de incertidumbre.

Preguntas de Investigación

- ¿Cuál ha sido el comportamiento histórico de la demanda de la empresa EMN —medida en cantidad de alquileres y kilómetros facturados— y qué proyecciones semanales se pueden establecer para el corto plazo?
- ¿Cómo se comportarán los costos variables de logística de la organización bajo la hipótesis de dependencia funcional de los componentes de su demanda?
- ¿Cuál es la probabilidad de ocurrencia y el impacto financiero semanal de los gastos por reparaciones correctivas aleatorias en la flota de vehículos de la empresa EMN?
- ¿Qué escenarios de flujo de fondos neto semanal se presentarán en la tesorería de la PyME al integrar las proyecciones de demanda, los costos logísticos variables y el riesgo asociado al mantenimiento correctivo?

Objetivo General

Proyectar los posibles escenarios de flujo de fondos de la empresa EMN a partir de la estimación de las principales variables operativas y económicas que intervienen en su actividad, con el fin de anticipar períodos de superávit o déficit de efectivo y contribuir a la planificación financiera de corto plazo.

Objetivos Específicos

- Estimar la demanda futura de la empresa EMN a corto plazo, desglosada en cantidad de alquileres y kilómetros facturados, mediante el análisis histórico de series de tiempo y regresión lineal.
- Proyectar los costos variables de logística bajo la hipótesis de dependencia funcional, utilizando un modelo de regresión múltiple basado en los componentes de la demanda.
- Determinar el comportamiento probabilístico y el impacto financiero de los gastos por reparaciones correctivas aleatorias de la flota de vehículos a través de distribuciones empíricas.



- Integrar las variables deterministas y estocásticas proyectadas en una estructura de flujo de fondos semanal para evaluar la viabilidad financiera y los riesgos de liquidez de la organización.

Marco Metodológico

La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se trabajará con datos numéricos provenientes de los registros operativos, comerciales, logísticos y financieros de la empresa EMN, aplicando herramientas estadísticas y modelos cuantitativos para la estimación de variables relevantes y la construcción de escenarios de flujo de fondos.

El enfoque cuantitativo permitirá medir, proyectar y relacionar variables vinculadas con la actividad de la empresa, entre ellas la demanda de alquileres de equipos, los kilómetros facturados, los ingresos generados por alquileres y traslados, los costos de mantenimiento correctivo y los costos operativos necesarios para el desarrollo de las actividades.

El estudio será de tipo aplicado, dado que busca resolver una problemática concreta relacionada con la planificación financiera de corto plazo de EMN mediante la utilización de herramientas de análisis cuantitativo orientadas a la proyección de escenarios futuros.

Asimismo, la investigación tendrá un diseño no experimental, debido a que las variables objeto de estudio no serán manipuladas deliberadamente, sino analizadas a partir de información histórica registrada por la organización. A su vez, presentará un carácter longitudinal retrospectivo, ya que se utilizarán series de datos correspondientes a períodos anteriores para identificar patrones de comportamiento y realizar proyecciones sobre períodos futuros.

La investigación presentará un alcance descriptivo y explicativo. Será descriptiva porque permitirá caracterizar el comportamiento histórico de las principales variables operativas y económicas de la empresa; y explicativa porque procurará comprender cómo la interacción entre dichas variables influye sobre el comportamiento futuro del flujo de fondos.

La unidad de análisis estará constituida por los registros históricos de alquileres de equipos y traslados, gastos de logística, ingresos percibidos y demás variables económicas vinculadas a la actividad de EMN.

Los datos provendrán de fuentes internas de la organización, incluyendo registros administrativos, comerciales, logísticos y financieros. La población estará conformada por la totalidad de los registros históricos disponibles relacionados con la operación de la empresa.

Para el procesamiento y análisis de la información se emplearán técnicas cuantitativas de pronóstico, regresión y simulación desarrolladas mediante hojas de cálculo. En una primera etapa se analizará el comportamiento histórico de la demanda utilizando modelos de series de tiempo, con el propósito de estimar la demanda futura de alquileres de equipos. Posteriormente, se utilizarán modelos de regresión lineal para proyectar los kilómetros facturados en concepto de traslados asociados a la prestación de los servicios.



Asimismo, se estimarán los posibles costos derivados del mantenimiento correctivo mediante técnicas de simulación basadas en distribuciones de probabilidad construidas a partir de información histórica. Finalmente, las variables proyectadas serán integradas en un modelo de flujo de fondos que permitirá generar distintos escenarios financieros y evaluar la ocurrencia de períodos con superávit o déficit de efectivo, contribuyendo a la toma de decisiones y a la planificación financiera de corto plazo.

Modelos de Análisis Cuantitativo que se utilizarán

Modelos de Pronósticos Cuantitativos

Se utilizarán métodos de series temporales, tales como Promedios Móviles y Suavización Exponencial, aplicados sobre los registros históricos de demanda de alquileres de equipos. El objetivo será obtener estimaciones de demanda futura que permitan reducir la incertidumbre en la planificación de las actividades de la empresa. La selección del modelo más adecuado se realizará mediante el análisis de medidas de error como MAD, MSE y MAPE.

Simulación Montecarlo

A partir de los resultados obtenidos en la etapa de pronóstico y de la información económica y financiera disponible, se desarrollará un modelo de simulación Montecarlo orientado a evaluar distintos escenarios de disponibilidad de efectivo. Esta herramienta permitirá incorporar la variabilidad e incertidumbre presentes en la demanda y estimar probabilísticamente los posibles comportamientos futuros del flujo de efectivo, facilitando la identificación de riesgos financieros y la formulación de estrategias preventivas para la gestión de liquidez.

Marco Teórico

El **análisis cuantitativo** constituye un enfoque científico orientado a la toma de decisiones mediante la utilización de técnicas matemáticas, estadísticas y modelos que representan situaciones reales de una organización. Su finalidad consiste en proporcionar criterios objetivos para la resolución de problemas, en un entorno caracterizado por la incertidumbre y la necesidad de tomar decisiones cada vez más complejas, complementando la experiencia y el juicio de los responsables de la gestión (Render et al., 2016). Según este autor, el análisis cuantitativo forma parte del análisis de negocios, entendido como un enfoque basado en datos que permite a las organizaciones adoptar decisiones más eficaces a partir del estudio sistemático de la información disponible.

Dentro del análisis de negocios pueden distinguirse tres tipos principales. El **análisis descriptivo** se orienta al estudio y consolidación de datos históricos para comprender el comportamiento pasado y presente de una organización. Por su parte, el **análisis predictivo** busca anticipar acontecimientos futuros a partir de patrones observados en los datos históricos, utilizando para ello herramientas estadísticas y matemáticas. Finalmente, el **análisis prescriptivo** procura determinar cursos de acción óptimos para alcanzar determinados objetivos organizacionales. (Render et al., 2016).

Una de las herramientas más utilizadas dentro del análisis predictivo son los **pronósticos**, que constituyen estimaciones de eventos futuros realizadas a partir del análisis de información histórica y representan un insumo fundamental para la planificación empresarial. Su aplicación permite reducir la incertidumbre asociada a la toma de decisiones, facilitando la



estimación de variables relevantes como ventas, demanda, ingresos o requerimientos de recursos. Render et al. (2016) incluyen a los modelos de pronóstico entre las principales herramientas del análisis predictivo debido a su capacidad para transformar patrones históricos en estimaciones futuras útiles para la gestión.

Los modelos de pronóstico utilizados en el ámbito empresarial suelen apoyarse en el análisis de **series de tiempo**, constituidas por observaciones registradas de manera secuencial a lo largo del tiempo. Estas permiten identificar patrones de comportamiento que pueden utilizarse para realizar proyecciones futuras. Entre las técnicas más difundidas para el tratamiento de series temporales se encuentran los modelos de promedios móviles, los métodos de suavización exponencial y los modelos de descomposición. Estos últimos permiten separar los componentes de tendencia, estacionalidad y variación aleatoria presentes en una serie, facilitando la comprensión de su comportamiento y la elaboración de pronósticos más precisos cuando dichos componentes se encuentran presentes (Hyndman & Athanasopoulos, 2021).

La evaluación de los modelos de pronóstico requiere la utilización de **medidas de error** que permitan comparar la precisión de las distintas alternativas analizadas. Entre los indicadores más empleados se encuentran la Desviación Absoluta Media (MAD), el Error Cuadrático Medio (MSE) y el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE). Estas medidas cuantifican la diferencia existente entre los valores observados y los valores estimados por el modelo, permitiendo seleccionar aquella metodología que presenta un menor nivel de error y, por lo tanto, una mayor capacidad predictiva (Makridakis et al., 2020).

La **regresión lineal** constituye una de las técnicas estadísticas más utilizadas para estudiar la relación existente entre dos o más variables cuantitativas. Su propósito consiste en modelar y cuantificar la influencia que una variable independiente ejerce sobre una variable dependiente mediante una ecuación matemática que permite describir dicha relación y realizar estimaciones futuras. En el ámbito empresarial, los modelos de regresión son ampliamente utilizados para proyectar variables operativas, comerciales y financieras a partir de información histórica, proporcionando una herramienta útil para la planificación y la toma de decisiones (Anderson et al., 2020).

El **mantenimiento correctivo** comprende el conjunto de actividades destinadas a restablecer el funcionamiento de un equipo o activo una vez que se ha producido una falla. A diferencia del mantenimiento preventivo, que se realiza de manera programada, el mantenimiento correctivo presenta un componente importante de incertidumbre debido a que su ocurrencia y magnitud dependen de eventos difíciles de prever con exactitud. Esta característica lo convierte en una variable susceptible de ser modelada mediante técnicas probabilísticas y de simulación cuando se busca estimar su impacto económico sobre las operaciones de una organización (Mobley, 2002).

La información obtenida mediante los pronósticos constituye un insumo relevante para la elaboración de proyecciones financieras, en este sentido, el **flujo de efectivo** representa una herramienta fundamental para analizar los movimientos de ingresos y egresos de fondos que experimenta una organización durante un período determinado. Su estudio permite evaluar la capacidad de la empresa para generar recursos líquidos suficientes para afrontar sus compromisos operativos, financieros y de inversión (Ross et al., 2022).



La **simulación** consiste en la construcción de modelos que representan situaciones reales con el propósito de analizar el comportamiento de un sistema bajo distintas condiciones. Según Render et al. (2016), esta herramienta permite incorporar variables relevantes y sus interrelaciones dentro de un modelo matemático para estudiar el impacto que determinados cambios podrían generar sobre el sistema analizado.

Entre las técnicas más difundidas se encuentra la **simulación de Montecarlo**, que utiliza distribuciones de probabilidad y números aleatorios para representar la incertidumbre presente en determinadas variables. Mediante la repetición de múltiples iteraciones, este método permite generar una amplia variedad de escenarios posibles y estimar probabilísticamente los resultados futuros de un sistema.

Aplicación

La etapa de aplicación práctica constituye el núcleo del presente trabajo de campo, donde se transforman los fundamentos teóricos y metodológicos en herramientas analíticas concretas para la empresa EMN. El procesamiento cuantitativo se sustentó en la integración de las dos fuentes de datos internas provistas por la firma: el registro histórico de demanda y facturación (ventas semanales.xlsx) y el histórico de erogaciones operativas de distribución (gastos semanales .xlsx), ambos consolidados a lo largo de un horizonte temporal continuo de 179 semanas.

Limpieza, Consolidación y Análisis Exploratorio de Datos (Data Cleaning)

A partir de los sistemas de registros internos de la organización, se extrajeron dos matrices de datos homogéneas. La primera de ellas registra de manera semanal las variables cantidad (volumen de aparatología estética alquilada y distribuida), kilómetros (facturados en concepto de traslados fuera de la ciudad), ingresos por alquileres e ingresos por traslados. La segunda matriz captura los egresos logísticos desagregados en conceptos críticos de operación en ruta como NAFTA, GNC, ESTAC (estacionamiento), GOMERIA, OTRAS REP. (reparaciones y repuestos menores), PEAJE y COMIDA.

Como componente analítico clave para el tratamiento de la incertidumbre, se incorporó un registro histórico transaccional de las reparaciones correctivas de la flota. Este registro captura de forma cronológica la fecha exacta de ocurrencia de cada desperfecto mecánico y el desembolso financiero asociado. De este modo, se dispone de la base empírica necesaria para modelar la carga de probabilidad de estos eventos aleatorios dentro del flujo de fondos.

Además, se realizó un ajuste de actualización de precios por medio del Índice de Precios al Consumidor con el objetivo de eliminar el efecto inflacionario en los valores monetarios.

A través de un análisis exploratorio de datos, se determinó que la demanda semanal histórica de EMN presenta una media de 95,54 unidades con una desviación estándar de 34,96 equipos, registrando un mínimo absoluto de 13 alquileres y un máximo de 181 servicios. Al cruzar ambas bases mediante un proceso de correlación lineal, se identificó que el costo logístico de transporte promedio por equipo distribuido en la provincia se sitúa en \$6.410, actuando como el parámetro del costo variable logístico del modelo.



Figura 1. Base de datos de ingresos y egresos semanales de EMN.

Semana	Año	Cantidad	Ing Servicios	km traslado	Ing traslado	Ing Total	Gastos log	IPC	ING SERV/ACT	NG TRASLADO ACT	NG TOTAL ACT	G LOG ACT	C FUND CONSTANTE	RESULTADO NETO
1	2 023	46	\$ 340.500,00	\$ 1.779,00	\$ 35.500,00	\$ 376.800,00	\$ -	1.203	\$ 3.216.292,34	\$ 336.081,30	\$ 3.552.373,64	\$ -	\$ 158.800,86	\$ 3.393.572,78
2	2 023	145	\$ 1.410.258,00	\$ 4.446,00	\$ 88.920,00	\$ 1.499.178,00	\$ -	1.203	\$ 13.321.004,42	\$ 839.919,87	\$ 14.160.924,29	\$ -	\$ 158.800,86	\$ 14.002.123,43
3	2 023	102	\$ 1.103.900,00	\$ 6.134,00	\$ 122.680,00	\$ 1.226.580,00	\$ -	1.203	\$ 10.427.210,33	\$ 1.158.809,82	\$ 11.586.020,15	\$ -	\$ 158.800,86	\$ 11.427.219,29
4	2 023	108	\$ 1.019.000,00	\$ 4.434,00	\$ 88.680,00	\$ 1.107.680,00	\$ -	1.203	\$ 9.625.262,54	\$ 837.652,88	\$ 10.462.915,42	\$ -	\$ 158.800,86	\$ 10.304.114,56
5	2 023	39	\$ 359.000,00	\$ 1.296,00	\$ 25.920,00	\$ 384.920,00	\$ -	1.283	\$ 3.160.260,68	\$ 229.616,59	\$ 3.389.877,27	\$ -	\$ 169.325,74	\$ 3.240.551,53
6	2 023	76	\$ 744.000,00	\$ 2.921,00	\$ 59.420,00	\$ 802.420,00	\$ 5.680,00	1.293	\$ 6.590.846,64	\$ 517.523,20	\$ 7.108.369,84	\$ 50.317,22	\$ 169.325,74	\$ 6.888.708,60
7	2 023	155	\$ 1.646.768,00	\$ 8.156,00	\$ 163.120,00	\$ 1.809.888,00	\$ -	1.283	\$ 14.588.165,76	\$ 1.445.025,41	\$ 16.033.191,18	\$ -	\$ 169.325,74	\$ 15.863.865,44
8	2 023	96	\$ 989.500,00	\$ 5.092,00	\$ 101.840,00	\$ 1.091.340,00	\$ -	1.283	\$ 8.765.648,06	\$ 902.168,43	\$ 9.667.815,28	\$ -	\$ 169.325,74	\$ 9.498.489,54
9	2 023	74	\$ 694.000,00	\$ 2.698,00	\$ 65.180,00	\$ 754.180,00	\$ -	1.381	\$ 5.709.681,64	\$ 495.113,32	\$ 6.204.794,96	\$ -	\$ 182.321,90	\$ 6.022.473,05
10	2 023	96	\$ 910.000,00	\$ 4.085,00	\$ 102.650,00	\$ 1.012.650,00	\$ -	1.381	\$ 7.486.758,34	\$ 844.522,80	\$ 8.331.281,14	\$ -	\$ 182.321,90	\$ 8.148.959,24
11	2 023	179	\$ 1.858.214,00	\$ 9.576,00	\$ 239.400,00	\$ 2.097.614,00	\$ -	1.381	\$ 15.287.911,17	\$ 1.969.593,35	\$ 17.257.504,52	\$ -	\$ 182.321,90	\$ 17.075.182,62
12	2 023	92	\$ 959.468,00	\$ 4.038,00	\$ 100.950,00	\$ 1.060.418,00	\$ 15.740,00	1.381	\$ 7.893.741,82	\$ 830.536,54	\$ 8.724.278,36	\$ 129.496,24	\$ 182.321,90	\$ 8.412.460,22
13	2 023	109	\$ 1.086.000,00	\$ 3.788,00	\$ 94.700,00	\$ 1.180.700,00	\$ 66.867,00	1.497	\$ 7.835.022,91	\$ 716.724,32	\$ 8.551.747,24	\$ 505.968,28	\$ 197.641,84	\$ 8.353.778,96
14	2 023	99	\$ 979.500,00	\$ 3.562,00	\$ 89.500,00	\$ 1.068.500,00	\$ 158.580,00	1.497	\$ 7.433.901,53	\$ 675.643,73	\$ 8.109.545,26	\$ 1.203.077,30	\$ 197.641,84	\$ 7.908.468,12
15	2 023	157	\$ 1.643.500,00	\$ 8.168,00	\$ 204.200,00	\$ 1.847.700,00	\$ 285.038,00	1.497	\$ 12.473.320,24	\$ 1.549.773,04	\$ 14.023.093,28	\$ 2.163.291,91	\$ 197.641,84	\$ 11.862.159,52
16	2 023	144	\$ 1.475.000,00	\$ 7.499,00	\$ 187.475,00	\$ 1.662.475,00	\$ 189.368,00	1.497	\$ 11.194.491,85	\$ 1.422.838,89	\$ 12.617.330,73	\$ 1.437.205,78	\$ 197.641,84	\$ 10.982.483,11
17	2 023	98	\$ 983.000,00	\$ 5.916,00	\$ 147.900,00	\$ 1.130.900,00	\$ 238.513,00	1.497	\$ 7.460.464,73	\$ 1.122.484,98	\$ 8.582.949,71	\$ 1.810.191,07	\$ 197.641,84	\$ 8.375.116,80
18	2 023	79	\$ 790.500,00	\$ 3.430,00	\$ 85.750,00	\$ 876.250,00	\$ 219.370,00	1.614	\$ 5.596.795,42	\$ 603.861,74	\$ 6.170.657,17	\$ 1.537.787,82	\$ 213.004,06	\$ 4.419.865,49
19	2 023	165	\$ 1.798.900,00	\$ 9.320,00	\$ 233.000,00	\$ 2.031.900,00	\$ 340.690,00	1.614	\$ 12.668.688,68	\$ 1.640.813,83	\$ 14.308.882,51	\$ 2.399.179,67	\$ 213.004,06	\$ 11.896.698,78
20	2 023	133	\$ 1.408.000,00	\$ 7.011,00	\$ 206.830,00	\$ 1.614.830,00	\$ 237.695,00	1.614	\$ 9.915.304,18	\$ 1.456.521,57	\$ 11.371.825,75	\$ 1.673.876,58	\$ 213.004,06	\$ 9.484.945,11
21	2 023	106	\$ 1.184.500,00	\$ 6.420,00	\$ 199.640,00	\$ 1.384.140,00	\$ 243.517,00	1.614	\$ 8.341.390,49	\$ 1.405.888,73	\$ 9.747.279,21	\$ 1.714.875,80	\$ 213.004,06	\$ 7.819.399,36
22	2 023	84	\$ 827.500,00	\$ 3.676,00	\$ 116.580,00	\$ 944.080,00	\$ 142.802,00	1.710	\$ 5.500.054,32	\$ 774.889,69	\$ 6.274.914,51	\$ 949.140,82	\$ 225.679,57	\$ 5.100.088,32
23	2 023	121	\$ 1.329.000,00	\$ 5.835,00	\$ 174.838,00	\$ 1.503.838,00	\$ 158.309,00	1.710	\$ 8.833.320,68	\$ 1.162.076,84	\$ 9.995.397,52	\$ 1.052.215,32	\$ 225.679,57	\$ 8.717.502,62
24	2 023	180	\$ 2.167.500,00	\$ 10.099,00	\$ 302.890,00	\$ 2.470.390,00	\$ 265.963,00	1.710	\$ 14.406.488,01	\$ 2.013.186,23	\$ 16.419.674,24	\$ 1.767.747,53	\$ 225.679,57	\$ 14.428.247,14
25	2 023	100	\$ 1.165.500,00	\$ 4.592,00	\$ 137.780,00	\$ 1.303.280,00	\$ 242.219,00	1.710	\$ 7.746.802,89	\$ 915.634,50	\$ 8.662.437,40	\$ 1.609.930,85	\$ 225.679,57	\$ 8.436.506,83
26	2 023	91	\$ 959.500,00	\$ 4.782,00	\$ 150.100,00	\$ 1.109.600,00	\$ 196.690,00	1.818	\$ 5.996.909,96	\$ 938.130,47	\$ 6.935.040,43	\$ 1.229.919,87	\$ 239.988,60	\$ 5.465.122,17
27	2 023	87	\$ 999.500,00	\$ 3.846,00	\$ 115.380,00	\$ 1.114.880,00	\$ 163.292,00	1.818	\$ 6.246.911,42	\$ 721.129,20	\$ 6.968.040,63	\$ 1.145.581,68	\$ 239.988,60	\$ 5.582.460,35
28	2 023	162	\$ 2.010.500,00	\$ 9.120,00	\$ 277.200,00	\$ 2.287.700,00	\$ 268.770,00	1.818	\$ 12.565.698,26	\$ 1.732.510,10	\$ 14.298.208,36	\$ 1.679.822,29	\$ 239.988,60	\$ 12.378.387,47
29	2 023	118	\$ 1.381.000,00	\$ 5.550,00	\$ 166.500,00	\$ 1.547.500,00	\$ 234.320,00	1.818	\$ 8.596.299,59	\$ 1.040.631,07	\$ 9.636.930,66	\$ 1.464.508,54	\$ 239.988,60	\$ 7.842.423,52
30	2 023	97	\$ 1.038.500,00	\$ 4.267,00	\$ 128.010,00	\$ 1.166.510,00	\$ 247.630,00	1.818	\$ 8.490.862,84	\$ 800.067,16	\$ 9.290.929,01	\$ 1.547.696,52	\$ 239.988,60	\$ 5.503.034,88
31	2 023	91	\$ 916.000,00	\$ 3.907,70	\$ 158.108,00	\$ 1.074.108,00	\$ 251.658,00	2.044	\$ 5.091.559,94	\$ 878.838,82	\$ 5.970.398,76	\$ 1.398.833,83	\$ 269.858,36	\$ 4.301.706,57
32	2 023	167	\$ 1.752.000,00	\$ 6.989,70	\$ 275.588,00	\$ 2.027.588,00	\$ 289.610,00	2.044	\$ 9.338.442,15	\$ 1.554.081,94	\$ 11.292.524,09	\$ 1.609.788,94	\$ 269.858,36	\$ 9.412.876,79
33	2 023	180	\$ 2.226.000,00	\$ 8.866,70	\$ 432.405,00	\$ 2.658.405,00	\$ 320.350,00	2.044	\$ 12.373.157,66	\$ 2.403.510,89	\$ 14.776.668,55	\$ 1.780.668,36	\$ 269.858,36	\$ 12.726.153,83
34	2 023	123	\$ 1.685.500,00	\$ 5.692,60	\$ 284.630,00	\$ 1.970.130,00	\$ 374.210,00	2.044	\$ 9.368.003,79	\$ 1.582.107,76	\$ 10.950.111,55	\$ 2.080.035,84	\$ 269.858,36	\$ 8.661.017,55
35	2 023	92	\$ 1.200.200,00	\$ 6.906,00	\$ 360.800,00	\$ 1.561.000,00	\$ 261.011,00	2.305	\$ 5.916.888,99	\$ 1.776.714,84	\$ 7.693.603,83	\$ 1.286.763,13	\$ 304.264,62	\$ 6.104.576,07
36	2 023	145	\$ 2.228.900,00	\$ 6.429,00	\$ 321.450,00	\$ 2.550.350,00	\$ 316.520,00	2.305	\$ 10.988.296,84	\$ 1.584.722,52	\$ 12.573.019,36	\$ 1.560.418,02	\$ 304.264,62	\$ 10.708.336,72
37	2 023	170	\$ 2.670.600,00	\$ 6.510,00	\$ 326.950,00	\$ 2.997.550,00	\$ 399.315,00	2.305	\$ 13.185.842,14	\$ 1.811.837,07	\$ 14.777.679,21	\$ 1.968.590,67	\$ 304.264,62	\$ 12.504.823,91
38	2 023	139	\$ 2.186.400,00	\$ 4.732,00	\$ 239.370,00	\$ 2.425.770,00	\$ 322.700,00	2.305	\$ 10.778.775,27	\$ 1.180.074,75	\$ 11.958.850,03	\$ 1.590.884,92	\$ 304.264,62	\$ 10.663.709,49

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EMN.

Variables consideradas en el modelo

Tabla 1. Variables analizadas en el modelo

Variable	Tipo	Definición operacional	Unidad
Demanda semanal de alquileres	Independiente	Cantidad de alquileres registrados por semana	Cantidad de alquileres
Ingresos por alquiler y traslado	Dependiente intermedia	Ingresos generados por la prestación de servicios	Pesos (\$)
Costos operativos asociados	Dependiente intermedia	Erogaciones vinculadas a la prestación del servicio	Pesos (\$)
Costo por reparaciones correctivas	Independiente	Costo de reparación semanal ante imprevistos.	Pesos (\$)
Disponibilidad de efectivo	Dependiente	Saldo de efectivo resultante de los ingresos y egresos proyectados	Pesos (\$)

Fuente: Elaboración propia.

La demanda semanal constituye la variable de entrada del modelo, dado que representa el nivel de actividad de la empresa. A partir de ella se estiman los ingresos derivados de los servicios prestados y, posteriormente, se determina la disponibilidad de efectivo proyectada para cada escenario analizado.

Implementación y Evaluación de Modelos de Pronóstico

Con el propósito de estructurar un modelo predictivo dinámico capaz de aproximar la cantidad de alquileres de aparatología estética para cualquier período futuro a corto plazo, se aplicaron y contrastaron de manera retrospectiva tres metodologías de series de tiempo sobre los registros históricos de la firma: Promedio Móvil Simple ($n = 4$), Suavización Exponencial Simple ($\alpha = 0,2$) y Descomposición Multiplicativa. El objetivo fundamental de este análisis comparativo fue seleccionar el andamiaje matemático óptimo para estimar de forma sistemática el volumen comercial de la organización.

La evaluación del desempeño predictivo se sustentó en los indicadores estandarizados de precisión: la Desviación Absoluta Media (MAD) y el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE). Los resultados consolidados a partir del procesamiento histórico de datos se detallan a continuación, tomando como referencia inicial de validación las métricas de ajuste global y el escenario de salida de la primera semana proyectada (Semana 180):

Tabla 2. Tabla Comparativa de Desempeño y Errores de Pronóstico

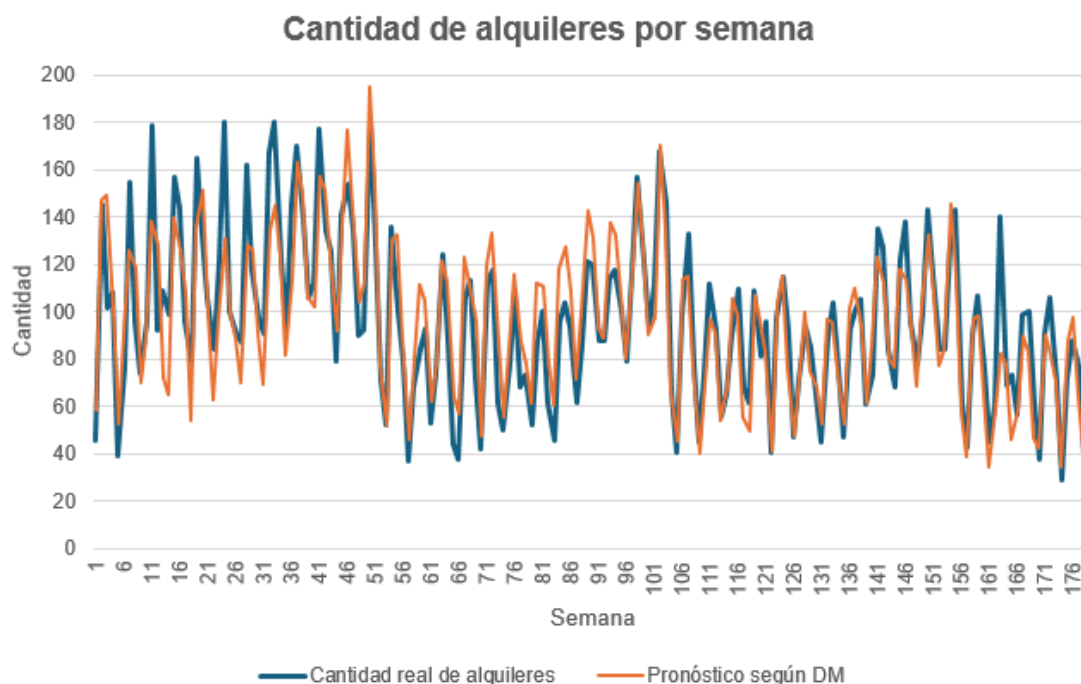
	Promedio Móvil Simple ($n=4$)	Suavizamiento Exponencial ($\alpha=0,2$)	Descomposición Multiplicativa
MAD (Mean Absolute Deviation)	25,921	27,006	12,746
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	34,81%	35,60%	15,54%
Pronóstico Semana 180	54,25	56,435	84,304

Fuente: Elaboración Propia a partir de análisis en QM for Windows.

La serie histórica de la cantidad de alquileres semanales de EMN evidenció una elevada volatilidad intrínseca, registrando fluctuaciones severas que oscilaron entre un mínimo absoluto de 13 y un máximo de 181 equipos distribuidos. Al contrastar los errores de estimación, el método de Descomposición Multiplicativa se consolidó como la única herramienta analítica válida para la organización, exhibiendo una reducción drástica del error frente a los métodos de suavizado lineal, con un MAD de 12,746 y un MAPE del 15,54%.

La superioridad matemática de la Descomposición Multiplicativa radica en su capacidad para desagregar la demanda en componentes de tendencia, estacionalidad y variación irregular. A diferencia de las metodologías deterministas rígidas, su formulación multiplicativa permite que los factores estacionales se ajusten proporcionalmente al nivel de la tendencia. Esto resulta indispensable para EMN, ya que es el único modelo capaz de replicar con precisión matemática los marcados "picos y valles" comerciales característicos del mercado estético regional.

Figura 2. Gráfico comparativo de la serie de tiempo de la demanda real y descomposición multiplicativa



Fuente: Elaboración Propia a partir de QM for Windows.

Tabla 3. Pronóstico de la demanda futura de alquileres según el método de descomposición multiplicativa.

Measure	Value	Future Period	Unadjusted Forecast	Seasonal Factor	Adjusted Forecast
Error Measures		180	73,503	0,833	61,245
Bias (Mean Error)	-1,59	181	73,214	1,133	82,931
MAD (Mean Absolute Deviation)	16,119	182	72,924	0,856	62,422
MSE (Mean Squared Error)	501,342	183	72,635	0,775	56,258
Standard Error (denom=n-2-52=123)	26,86	184	72,345	0,547	39,59
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	18,40%	185	72,056	0,91	65,548
Regression line (unadjusted forecast)		186	71,766	1,227	88,025
Demand(y) = 125,044		187	71,476	0,859	61,412
= -0,29 * time		188	71,187	0,627	44,669
Statistics		189	70,897	0,974	69,087
Correlation coefficient	0,775	190	70,608	1,248	88,134
Coefficient of determination (r^2)	0,601	191	70,318	1,264	88,889
		192	70,029	0,818	57,259
		193	69,739	0,864	60,282

Fuente: Elaboración Propia a partir de QM for Windows.

Al validar su consistencia analítica, la Descomposición Multiplicativa se integró formalmente al Flujo de Fondos como un algoritmo dinámico. Esto significa que el modelo no se limita a estimar un punto estático en el tiempo, sino que funciona como una estructura flexible que permite aproximar los valores de actividad y monetización para cualquier período operativo (t) seleccionado por la administración, bajo las siguientes pautas:



Determinación de la Capacidad Operativa: Para cualquier semana bajo análisis, el modelo procesa la ecuación de tendencia y la afecta por su respectivo índice estacional. El valor matemático esperado resultante (como las 84,304 unidades calculadas para la semana base de validación) se redondea al entero más cercano para fijar la planificación física real de equipos a alquilar. Esto permite optimizar anticipadamente el stock disponible en el depósito y coordinar la capacidad de carga de los fletes.

Modelización de Ingresos por Alquileres: Para cuantificar económicamente el flujo de caja sin distorsiones por procesos inflacionarios, se procedió a actualizar la totalidad de la serie de ingresos semanales históricos por alquileres. A partir de esta base homogénea de datos deflactados, se determinó que el valor medio real por cada servicio consolidado se sitúa en \$58.119,17.

De este modo, el ingreso por alquileres proyectado para cualquier período futuro se calcula de manera automatizada mediante la siguiente formulación matemática:

$$IA_t = X_t * \$58.119,17$$

Donde:

- **IA_t**: Ingreso total proyectado por alquileres para la semana t.
- **X_t**: Cantidad de servicios (alquileres) aproximada dinámicamente por el modelo de Descomposición Multiplicativa para la misma semana t.

A través de esta integración, el flujo de fondos neto semanal de la PyME cuenta con un renglón de ingresos operativos genuino, sólidamente sustentado en el comportamiento estadístico de la demanda física y en un ticket promedio real depurado.

Modelización Causal de Kilómetros Facturados mediante Regresión Lineal Simple

La determinación del volumen de ingresos comerciales y la posterior estimación de los costos logísticos variables no pueden aislarse del análisis de la distancia recorrida en la prestación de los servicios. Existe una relación causal directa entre la actividad operativa de la empresa y el desgaste de la flota; por lo tanto, los kilómetros facturados no se trataron como una serie de tiempo independiente, sino como una variable dependiente supeditada de forma directa al nivel de demanda previamente proyectado.

Para modelar matemáticamente este comportamiento, se aplicó la técnica cuantitativa de Regresión Lineal Simple, utilizando la cantidad de alquileres semanales como variable independiente (X) y los kilómetros facturados como variable dependiente (Y). Con el propósito de hallar la estructura predictiva más robusta y consistente con la realidad operativa de EMN, se evaluaron e interpolaron dos especificaciones estadísticas a partir de las 179 observaciones históricas:

Tabla 3. Comparativa de especificaciones estadísticas para el modelo de regresión lineal



Métrica / Parámetro	Modelo 1: Con Intercepto Tradicional	Modelo 2: Sin Intercepto (Restringido al Origen)
Coefficiente de Correlación (Multiple R)	77%	93%
Coefficiente de Determinación (R^2)	60%	86%
R^2 Ajustado	0,5982	0,8506
Error Estándar	1.266,55 km	1.344,64 km
Valor del Intercepto (b_0)	-1.354,95	0
Pendiente / Coeficiente Cantidad (b_1)	44,6926	32,1667

Fuente: Elaboración propia a partir de las salidas de regresión en hojas de cálculo.

Al contrastar ambas alternativas bajo los criterios metodológicos del Análisis Cuantitativo de Negocios, se seleccionó el Modelo 2 (Sin Intercepto / Restringido al Origen) como la estructura definitiva para integrar al Flujo de Fondos dinámico. Esta decisión se fundamentó bajo un doble criterio de validación:

1. Consistencia Financiera y Lógica de Negocio: El Modelo 1 (con intercepto) arrojó un parámetro constante negativo de $\$-1.354,95$ kilómetros. Desde la perspectiva de la administración real, este valor representa una inconsistencia física y económica absurda, ya que indicaría que ante una demanda nula (cero alquileres), la empresa registraría kilómetros negativos. El Modelo 2 elimina este sesgo al forzar la recta al origen ($b_0 = 0$), asumiendo la premisa lógica de que si no se consolidan alquileres de equipos, los kilómetros facturados y recorridos logísticamente por la flota de EMN deben ser igual a cero.

2. Capacidad Explicativa del Modelo: Desde el punto de vista estrictamente estadístico, el Modelo sin intercepto demostró un ajuste sustancialmente superior. El coeficiente de determinación (R^2) aumentó del 60% al 86% (R^2 ajustado de 0,8506), lo que significa que el volumen de cantidad de alquileres semanales logra explicar el 86% de la variabilidad histórica de los kilómetros facturados por la firma en la provincia. Asimismo, el coeficiente de correlación múltiple alcanzó un robusto 93%, denotando una asociación lineal casi perfecta entre ambas variables operativas.

Establecida la conveniencia analítica, la ecuación predictiva definitiva que modela de forma prospectiva los kilómetros facturados para cualquier período futuro (t) quedó estructurada de la siguiente manera:



$$Y_t = 32,1667 * X$$

Donde:

- Y_t : Kilómetros facturados estimados para la semana t .
- X_t : Cantidad de alquileres proyectada por el modelo de Descomposición Multiplicativa para la misma semana t .

A través de este andamiaje matemático, el flujo de fondos neto semanal de la PyME queda completamente automatizado de manera causal. Cada vez que el usuario simula o proyecta un nivel de demanda física de aparatología, el modelo calcula instantáneamente los kilómetros facturados multiplicando dicha cantidad por el factor de 32,1667 kilómetros por equipo. Esta variable no solo alimenta de forma directa el renglón de facturación por traslados logísticos en el módulo de ingresos, sino que se posiciona como el insumo crítico indispensable para el siguiente bloque del trabajo: la estimación del costo variable de logística mediante regresión múltiple.

De manera homóloga al tratamiento de la aparatología, se estableció el esquema de monetización para la logística de distribución regional. Los ingresos por traslados no responden a un valor fijo por viaje, sino a una tasa lineal por distancia recorrida, establecida a valores reales y homogéneos en un precio de \$450 por kilómetro facturado.

Por consiguiente, el ingreso por traslados proyectado para cualquier período (t) se calcula multiplicando la distancia estimada por la tarifa vigente:

$$IT_t = Y_t * \$450$$

Donde:

- IT_t : Ingreso total proyectado por traslados logísticos en la semana t .
- Y_t : Kilómetros facturados estimados de forma causal por el modelo de regresión para la semana t .

Consolidación del Algoritmo de Ingreso Total Proyectado

De acuerdo con las directrices metodológicas de Hernández-Sampieri para el diseño de investigación cuantitativa, la variable compleja Ingreso Total quedó operacionalizada mediante la agregación sintética de sus dos dimensiones operativas y comerciales previamente validadas. De este modo, el flujo de fondos de la tesorería de EMN abandona las proyecciones estáticas basadas en promedios simples y pasa a gobernarse por un algoritmo dinámico multiperíodo integrado. Para cualquier semana operativa futura (t), el Ingreso Total Proyectado ($I.Total$) se determina mediante la siguiente ecuación de consolidación financiera:

$$I.Total\ t = IAt + IT_t$$

A través de esta formulación, el módulo de ingresos del Flujo de Fondos queda completamente automatizado y entrelazado. El usuario del modelo solo requiere ingresar el período (t) o la variación de demanda esperada, y el sistema calculará en tiempo real y en cascada: la cantidad física de servicios, el ingreso por alquileres reales, los kilómetros asociados por regresión, la facturación por traslados logísticos y, finalmente, el ingreso total de efectivo genuino. Este

indicador unificado se constituye como el pilar fundamental para contrastar la liquidez frente a la carga de costos fijos semanales y el shock estocástico de las reparaciones de flota.

Modelización de los Costos Variables de Logística mediante Regresión Lineal Múltiple

Una vez estructurado el módulo de ingresos dinámicos a través de la estimación de la cantidad de alquileres y los kilómetros facturados, se procedió a modelar la estructura de egresos operativos. Bajo la premisa administrativa de la organización, los costos de distribución (combustible, peajes, viáticos y estacionamiento) actúan como componentes puramente variables en función del nivel de actividad logística. Por lo tanto, para capturar con rigor metodológico la interacción de los inductores de costos (cost drivers), se contrastaron diferentes enfoques de regresión lineal (simple y múltiple) bajo dos horizontes temporales distintos: semanal y mensual, utilizando las 179 observaciones del registro histórico depurado.

La evaluación y selección de la estructura analítica definitiva se realizó mediante el análisis comparativo del Coeficiente de Determinación (R^2). Los escenarios evaluados se consolidaron en la siguiente matriz de desempeño:

Tabla 4. Escenarios de regresión lineal para la modelización de costos logísticos

Tipo de Modelo	Variables Predictoras (Independientes)	Coeficiente R2 (Precisión)	Período de Agrupamiento
Múltiple	Servicios (Cantidad) + Kilómetros	91%	Mensual
Simple	Kilómetros	82%	Mensual
Simple	Servicios (Cantidad)	81%	Mensual
Simple	Kilómetros	56%	Semanal
Múltiple	Servicios (Cantidad) + Kilómetros	56%	Semanal
Simple	Servicios (Cantidad)	36%	Semanal

Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento estadístico de las matrices de egresos logísticos.



Al analizar los resultados econométricos, se identificó una brecha drástica de precisión entre los niveles de agrupamiento temporal. Los modelos construidos sobre una base de tiempo semanal exhibieron una capacidad explicativa deficiente, alcanzando un techo máximo de R^2 de apenas el 56% tanto en la especificación simple como en la múltiple.

Desde la perspectiva de los sistemas de control de gestión, este fenómeno responde al ruido transaccional y a los desfases temporales propios de la operación diaria de una PyME (cargas de combustible consolidación de viáticos o compras de insumos de ruta que se registran en una semana pero corresponden a servicios devengados en otra, etc.). Al elevar el nivel de agregación de los datos a un período mensual, se suavizaron estas distorsiones contables aleatorias, permitiendo que aflore la verdadera estructura causal de los costos.

Bajo este criterio, se seleccionó el Modelo de Regresión Múltiple Mensual como el andamio definitivo, debido a su sobresaliente capacidad predictiva. Su coeficiente de determinación indica que la combinación lineal de la cantidad de servicios mensuales y los kilómetros mensuales recorridos logra explicar el 91% de la variabilidad total de los costos de logística de la empresa EMN en la región. Esta combinación de dos variables independientes superó con creces el poder explicativo de las ecuaciones simples aisladas (82% para kilómetros y 81% para servicios).

Especificación Matemática e Interpretación del Modelo de Regresión Múltiple Mensual

Una vez determinada la conveniencia de agrupar los datos de forma mensual para eliminar el ruido contable de las rendiciones diarias, se procedió a extraer la ecuación de regresión lineal múltiple definitiva. La variable dependiente quedó operacionalizada como la Salida de Efectivo Mensual por Costos de Logística (CLogMensual), explicada simultáneamente por dos inductores causales (cost drivers): la cantidad total de alquileres mensuales (XMensual) y la sumatoria de kilómetros facturados en el mes (YMensual).

La modelización econométrica arrojó la siguiente estructura funcional y paramétrica a valores reales constantes indexados por IPC:

$$\text{LogMensual} = \$237.480,21 + (\$6.664,37 * \text{XMensual}) + (\$118,45 * \text{YMensual})$$

En cumplimiento con los requerimientos del enfoque cuantitativo, la evaluación y validación administrativa de los coeficientes obtenidos determinó la lógica financiera del comportamiento de la flota:

Ordenada al Origen / Intercepto ($\beta_0 = \$237.480,21$): Representa el costo logístico basal o estructural mensual en ruta que la organización afronta de manera independiente al volumen de actividad. Desde la perspectiva de la gestión de tesorería, esta salida de caja fija modela el costo de mantener la flota operativa y disponible en el depósito de Tucumán aun en un escenario teórico de demanda nula ($X=0, Y=0$).



Coeficiente de Cantidad de Alquileres ($\beta_1 = \$6.664,37$): Determina el impacto marginal que ejerce la consolidación de cada nuevo contrato comercial sobre la caja de la PyME. Manteniendo constantes los kilómetros recorridos, el modelo matemático demostró que cada equipo estético alquilado y despachado adiciona un egreso genuino de \$6.664,37 en concepto de preparación logística individual, manipulación de carga, precintado de seguridad y verificaciones técnicas previas al despacho.

Coeficiente de Kilómetros Facturados ($\beta_2 = \$118,45$): Cuantifica el costo variable puro del desplazamiento en ruta por unidad de distancia. Manteniendo constante la cantidad de servicios, el algoritmo matemático determinó que cada kilómetro facturado y recorrido por la flota de fletes expande la salida de efectivo de la caja chica en \$118,45. Este parámetro captura con precisión lineal el consumo promedio real de combustible (Nafta/GNC), la tasa de desgaste marginal de neumáticos, lubricantes y los peajes asociados directamente a las rutas del Noroeste Argentino (NOA).

Evaluación de Supuestos Estadísticos y Validación de Residuos

En cumplimiento con los requisitos de validación del enfoque cuantitativo de Hernández-Sampieri, se realizó un diagnóstico sobre los errores del modelo de regresión múltiple mensual con el objetivo de garantizar que los estimadores obtenidos mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) fuesen lineales, insesgados y óptimos para la proyección del flujo de caja.

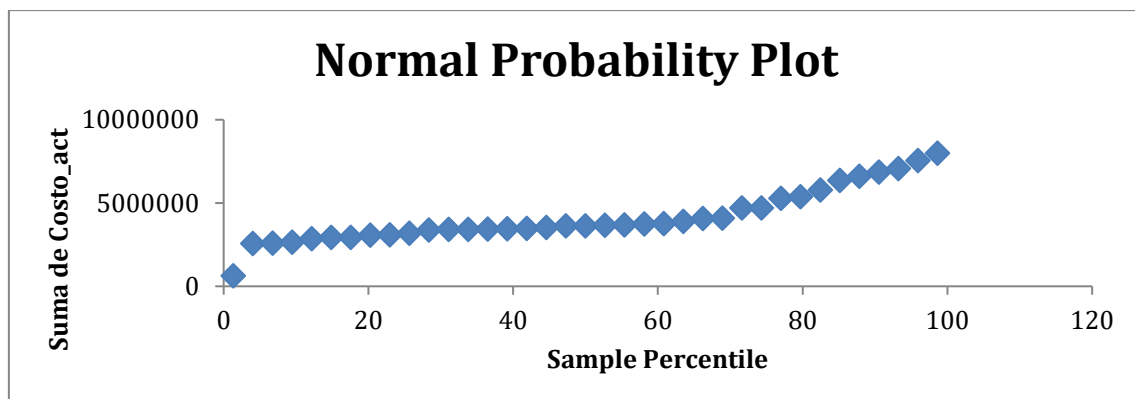
La verificación analítica arrojó los siguientes diagnósticos (cuyas representaciones visuales se detallan en el apartado gráfico al final de este informe):

1. Supuesto de Normalidad: En el Gráfico de Probabilidad Normal, las observaciones se posicionan de manera casi perfecta sobre la línea recta diagonal de referencia. Supuesto CUMPLIDO. Un estancamiento marginal en el extremo inferior de la serie (asociado al costo mínimo histórico de \$627.200) no altera el comportamiento distributivo normal global de los errores de caja.
2. Homocedasticidad y Linealidad: Los gráficos de residuos cruzados frente a la *Cantidad de Alquileres Mensuales* y la *Suma de Kilómetros Mensuales* muestran una dispersión aleatoria y homogénea a ambos lados del eje cero. Al no evidenciarse patrones geométricos en forma de "embudo" (heterocedasticidad) ni tendencias parabólicas en "U", el supuesto queda CUMPLIDO; la varianza del error en ruta es estable y la relación entre variables es estrictamente lineal.
3. Media igual a Cero: El promedio aritmético de la serie completa de desvíos arrojó un valor infinitesimal expresado en notación científica como E-16. Supuesto CUMPLIDO, lo que matemáticamente asegura la insesgadez del Flujo de Caja a largo plazo, compensando de forma exacta las sobreestimaciones con las subestimaciones operativas.
4. Análisis Crítico de Atípicos (Outliers): La evaluación de la serie de residuos estandarizados delató tres períodos que se posicionaron fuera o al límite del umbral de tolerancia estadística admisible de $[-2, 2]$:

- Observación 7 (Residuo Estandarizado de +2,61): Subestimación severa del costo; el egreso real superó la predicción lineal del modelo en \$1.255.942.
- Observación 20 (Residuo Estandarizado de -2,31): Sobreestimación acentuada; la salida real de caja chica se ubicó \$1.114.642 por debajo del valor teórico proyectado.
- Observación 3 (Residuo Estandarizado de -1,98): Desvío marginal posicionado en el límite crítico del intervalo de confianza.

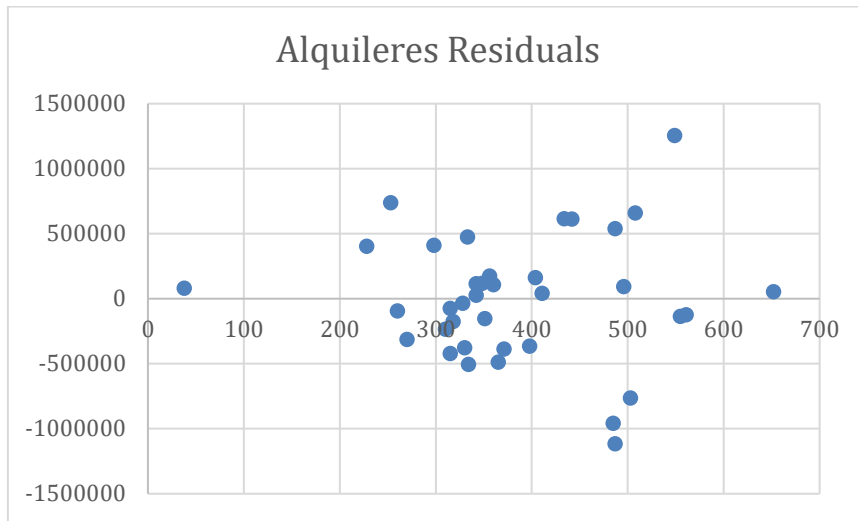
Criterio de Permanencia Analítica: Con base en la lógica financiera de EMN y la robustez del coeficiente de determinación ($R^2 = 91\%$), se determinó explícitamente no eliminar estas observaciones atípicas de la matriz histórica. Mantener estos frentes robustece el modelo multiperíodo, dado que estas distorsiones no responden a fallas de especificación matemática, sino a perturbaciones macroeconómicas y operativas extraordinarias del mercado real, tales como picos inflacionarios abruptos en el precio del flete logístico del NOA o reajustes contables fortuitos en la caja de distribución.

Figura 2. Gráfico de probabilidad normal para los costos logísticos de EMN.



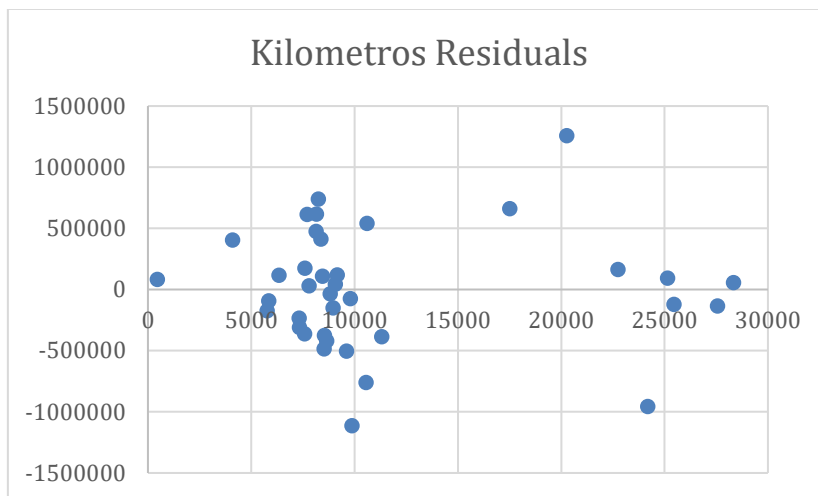
Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Análisis de residuos frente a la cantidad de alquileres mensuales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Análisis de residuos frente a la suma de kilómetros mensuales.



Fuente: Elaboración propia

Algoritmo de Desagregación y Ponderación Semanal del Costo

A pesar de la contundente precisión del modelo mensual ($R^2 = 91\%$), su integración directa al Flujo de Fondos de la tesorería presentó un desafío metodológico, dado que la herramienta de caja de EMN opera obligatoriamente con una periodicidad semanal para el control de la liquidez de corto plazo. Para resolver esta asimetría sin perder el poder predictivo del modelo mensual, se diseñó un algoritmo de distribución y ponderación empírica.



Para determinar qué variable operativa debía actuar como el ponderador o vector de distribución del costo mensual hacia las semanas que integran dicho mes, se efectuó un análisis de correlación lineal directa sobre los egresos de fletes. Los coeficientes calculados arrojaron los siguientes parámetros:

Coeficiente de Correlación Costo-Kilómetros (r_{km}): 0,74955367 (Asociación lineal fuerte).

Coeficiente de Correlación Costo-Servicios (r_{serv}): 0,60340906 (Asociación lineal moderada).

En términos de Hernández-Sampieri, el coeficiente de correlación de Pearson evalúa la fuerza de asociación entre dos variables cuantitativas. Dado que el componente de distancia operativa (kilómetros) presentó una vinculación estadística sustancialmente más estrecha con el desembolso financiero real en comparación con el volumen físico de ventas (servicios), se determinó que los kilómetros facturados semanales actuarían como el driver de ponderación definitivo.

Simulación de gastos de mantenimiento correctivo

Con el propósito de incorporar al modelo la incertidumbre asociada a los gastos extraordinarios de mantenimiento correctivo de los vehículos utilizados por la empresa, se aplicará una simulación de Montecarlo basada en registros históricos de reparaciones.

Para ello, se recopilarán los antecedentes de intervenciones correctivas realizadas sobre la flota, identificando tanto la frecuencia de ocurrencia como los costos asociados a cada evento. La base de datos utilizada contendrá tanto los valores nominales registrados al momento de cada reparación como sus correspondientes valores actualizados mediante el Índice de Precios al Consumidor (IPC), con el fin de homogeneizar la información económica y mejorar su comparabilidad a lo largo del tiempo.

Figura 5. Captura de pantalla de Base de Datos histórica de reparaciones



Semana ▼	Costo repa ▼	IPC ▼	Actualizado ▼
202501	976,32	7864,1257	\$ 1.410,71
202502	0	7864,1257	\$ 0,00
202503	0	7864,1257	\$ 0,00
202504	881000	7864,1257	\$ 1.272.980,96
202505	0	8052,9927	\$ 0,00
202506	0	8052,9927	\$ 0,00
202507	181902	8052,9927	\$ 256.670,89
202508	1953700	8052,9927	\$ 2.756.747,68
202509	0	8353,3158	\$ 0,00
202510	0	8353,3158	\$ 0,00
202511	0	8353,3158	\$ 0,00
202512	0	8353,3158	\$ 0,00
202513	2838700	8585,6078	\$ 3.757.032,04
202514	0	8585,6078	\$ 0,00
202515	0	8585,6078	\$ 0,00
202516	15000	8585,6078	\$ 19.852,57
202517	2014900	8585,6078	\$ 2.666.729,09
202518	0	8714,4871	\$ 0,00
202519	0	8714,4871	\$ 0,00
202520	0	8714,4871	\$ 0,00

Fuente: Base de datos de EMN.

A partir de la información proporcionada por esta base de datos, se construirá una distribución de probabilidad que represente el comportamiento histórico de dichos gastos. Dado que el objetivo de la simulación consiste en representar el costo semanal de mantenimiento correctivo que podría afrontar la empresa, se consideró la totalidad de las observaciones históricas registradas, incluyendo aquellas semanas en las que no se produjeron reparaciones. De esta manera, la distribución de frecuencias refleja tanto la ocurrencia como la no ocurrencia de gastos de mantenimiento, permitiendo representar de forma más realista el comportamiento histórico de la variable analizada.

Figura 6. Distribución de frecuencias de los montones de reparaciones correctivas



Monto de reparación (\$)	Frecuencia absoluta (semanas)	Probabilidad (%)	Probabilidad acumulada (%)	Intervalo de números aleatorios
\$ 0	24	50,00%	50%	01-50
\$1-\$1.000.000	14	29,17%	79%	51-79
\$1.000.001-\$2.000.000	7	14,58%	94%	80-94
\$2.000.001-\$3.000.000	2	4,17%	98%	95-98
\$3.000.001-\$4.000.000	1	2,08%	100%	99-00
Total	48	100,00%	-	-

Fuente: Elaboración Propia a partir de Base de datos históricas de EMN.

A partir de la distribución de probabilidades construida, se asignaron rangos de números aleatorios a cada intervalo de costos de mantenimiento. Posteriormente, mediante la generación de números aleatorios comprendidos entre 00 y 99, se seleccionaron los valores correspondientes de acuerdo con la probabilidad acumulada observada en la distribución histórica.

Posteriormente, mediante la generación de números aleatorios y la ejecución de múltiples iteraciones, se obtendrán diferentes valores posibles de costos de mantenimiento para cada período analizado. Los resultados generados por la simulación permitirán incorporar al flujo de fondos escenarios alternativos de gastos correctivos, representando de manera más realista la incertidumbre inherente a la operación de la empresa.

Para la simulación se asignó a cada intervalo de costos un valor representativo correspondiente a su punto medio. Este criterio, ampliamente utilizado en distribuciones de frecuencias agrupadas, permite simplificar el proceso de simulación utilizando un valor promedio de cada clase sin alterar la estructura probabilística observada en los datos históricos.

Tabla 5. Resultados de la simulación de Montecarlo para los gastos de mantenimiento correctivo



Simulación	NA	Intervalo asignado	Costo utilizado
1	23	\$ 0	\$ 0
2	67	\$1 - \$1.000.000	\$ 500.000
3	91	\$1.000.001 - \$2.000.000	\$ 1.500.000
4	99	\$3.000.001 - \$4.000.000	\$ 3.500.000
5	48	\$ 0	\$ 0
6	96	\$2.000.001 - \$3.000.000	\$ 2.500.000
7	35	\$ 0	\$ 0
8	83	\$1.000.001 - \$2.000.000	\$ 1.500.000
9	77	\$1 - \$1.000.000	\$ 500.000
10	58	\$1 - \$1.000.000	\$ 500.000

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos mediante la simulación serán incorporados como egresos dentro del flujo de fondos proyectado de la empresa. De esta manera, cada escenario generado reflejará el posible impacto de los gastos de mantenimiento correctivo sobre la disponibilidad de efectivo, permitiendo evaluar situaciones de superávit o déficit financiero en el corto plazo.

Formulación del Modelo de Costo Integrado

La mecánica analítica quedó automatizada en el Flujo de Fondos mediante el siguiente procedimiento en cascada para cada período:

- 1) El modelo dinámico mensual calcula el costo logístico total esperado para el mes a partir de los agregados de demanda.
- 2) Para cada semana (t) perteneciente a ese bloque mensual, el flujo de fondos calcula el Costo Variable de Logística Semanal multiplicando el gasto mensual proyectado por la participación relativa de los kilómetros de esa semana sobre el total mensual.

A través de esta articulación cuantitativa, el trabajo de campo dota a EMN de una herramienta que combina la máxima estabilidad predictiva macro (el modelo mensual del 91%) con la flexibilidad y resolución operativa micro que requiere la administración diaria de la caja semanal, quedando el módulo de egresos perfectamente sincronizado con el comportamiento del transporte en ruta.

Consolidación y Arquitectura del Modelo Resultante de Flujo de Caja

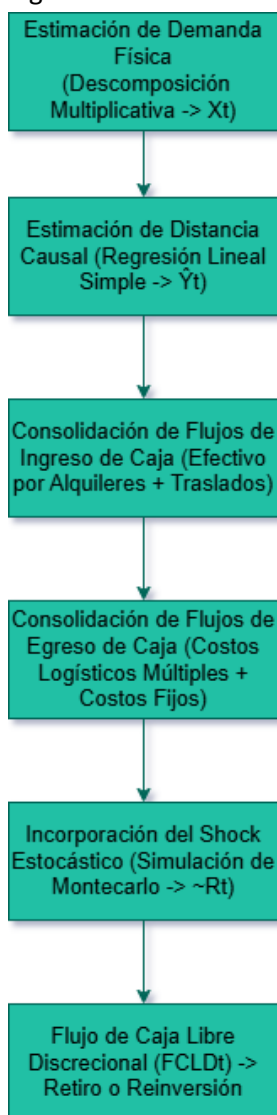
A partir de la validación empírica de cada componente matemático, se procedió a la integración sistémica de las ecuaciones deterministas y estocásticas en una matriz unificada de control financiero. Este apartado expone la operacionalización final del modelo resultante.

Es fundamental explicitar que, debido a la política estratégica de la empresa EMN de operar exclusivamente mediante transacciones al contado (cobros inmediatos en efectivo al momento de la distribución de los equipos y pagos de gastos sin diferimiento de proveedores), todas las

variables económicas de ingresos y costos operan en este modelo de forma directa como flujos de entrada y salida de caja. Asimismo, al haberse deflactado la totalidad de las series históricas mediante el Índice de Precios al Consumidor (IPC), el modelo resultante se consolida como un Flujo de Caja Real a Poder Adquisitivo Constante, eliminando cualquier distorsión por ilusión monetaria.

La arquitectura secuencial y en cascada del modelo financiero multiperíodo quedó estructurada bajo las siguientes fases algorítmicas para cualquier semana operativa futura (t):

Figura 7. Pasos secuenciales del modelo financiero realizado



Fuente: Elaboración Propia

Fase 1. Estimación del Driver Comercial de Demanda Física



El modelo se inicia procesando el componente analítico de la Cantidad de Alquileres (X_t) para la semana seleccionada, calculado de forma dinámica por el algoritmo de Descomposición Multiplicativa, el cual desagrega la tendencia y la estacionalidad del mercado tucumano. El valor esperado resultante se redondea algebraicamente al entero más cercano para establecer la capacidad física real de aparatología a movilizar.

Fase 2. Estimación de la Distancia Causal Logística

La variable física estimada (X_t) se introduce instantáneamente como el insumo predictivo del modelo de Regresión Lineal Simple restringido al origen. De esta manera, el sistema proyecta de forma causal la distancia de distribución medida en Kilómetros Facturados ($\hat{Y}_t$) mediante la siguiente relación funcional:

$$\hat{Y}_t = 32,1667 * X_t$$

Fase 3. Consolidación de los Flujos de Ingreso de Caja

Las entradas genuinas de efectivo a la tesorería semanal se determinaron mediante la agregación de las dos dimensiones comerciales de la firma, multiplicadas por sus respectivas tarifas reales deflactadas:

- Entrada de Caja por Alquileres ($FE_{Alquiler\ t}$): Determinada por la cantidad de servicios físicos multiplicada por el ticket medio real aislado de la inflación:

$$FE_{Alquiler\ t} = X_t * \$58.119,17$$

- Entrada de Caja por Traslados ($FE_{Traslados\ t}$): Determinada por la distancia causal multiplicada por la tarifa logística por kilómetro facturado:

$$FE_{Traslados\ t} = \hat{Y}_t * \$450\$$$

Por consiguiente, el Flujo de Ingreso Total de Efectivo ($FETotal\ t$) que ingresa de forma efectiva a la caja en la semana t quedó formalizado mediante la siguiente ecuación de consolidación comercial:

$$FETotal\ t = (X_t * \$58.119,17) + (\hat{Y}_t * \$450)$$

Fase 4. Modelización de los Flujos de Egreso de Caja Rígidos y Variables

De manera simultánea, el modelo procesa la estructura de salidas obligatorias de efectivo para sostener la operación de EMN, clasificadas según su comportamiento de variabilidad:

Salida de Caja por Costo Variable Logístico ($FE_{Log\ t}$): Calculada originalmente mediante el modelo de regresión múltiple mensual (parámetro de precisión del 91%). El gasto mensual proyectado se distribuye hacia la semana analizada empleando los kilómetros semanales como vector de ponderación, debido a su estrecha fuerza de asociación lineal ($r = 0,74955367\$$).

$$FE_{Log\ t} = C_{LogMensual} * (\hat{Y}_t / \hat{Y}_t\ Mensual)$$



Salida de Caja por Costo Fijo Estructural (FEFijo t): Representa la carga financiera rígida de la PyME (sueldos, administración, erogaciones comerciales y mantenimientos preventivos programados de los fletes). A valores reales actuales, la estructura absorbe \$7.800.000 mensuales, lo que equivale a una erogación de caja semanal constante de:

$$\text{FEFijo } t = \$7.800.000 / 4,33 = \$1.801.385,68$$

Al detraer de la totalidad de las entradas de caja operativas estas erogaciones programadas y fletes variables ponderados, el sistema determina el Saldo Técnico Operativo Pre-Contingencia (Disponible), indicador que mide la capacidad de cobertura inicial de la tesorería antes de enfrentarse al riesgo del entorno.

Fase 5. Integración del Riesgo y Shock Estocástico de Caja

Para romper con la rigidez de los modelos financieros tradicionales de promedios estáticos, el modelo de flujo de fondos incorpora una variable estocástica de salida extraordinaria: los Gastos por Reparaciones Correctivas Imprevistas (Rt).

Esta variable permanece vacía en la matriz determinista de control, actuando como la celda receptora de la simulación de Montecarlo. El algoritmo probabilístico ejecuta iteraciones semanales alimentándose del registro histórico transaccional de la caja chica de la empresa (fechas de ocurrencia y montos nominales actualizados por IPC). Así, el modelo inyecta aleatoriamente shocks de fallas mecánicas fortuitas sobre la tesorería, simulando escenarios donde la flota de fletes sufre averías mecánicas imprevistas en ruta. Una vez incorporado el gasto por reparación correctiva simulado, el sistema determina el flujo de fondos neto de la semana analizada, permitiendo identificar situaciones de superávit o déficit de efectivo.

Formulación del flujo de caja

Como síntesis del proceso de modelización desarrollado, el flujo de efectivo semanal proyectado se determinó mediante la diferencia entre los ingresos y egresos estimados para cada período. Los ingresos se encuentran conformados por los servicios de alquiler y traslado de equipos, mientras que los egresos incluyen los costos logísticos, los costos fijos de operación y los gastos de mantenimiento correctivo simulados. La expresión general del modelo es la siguiente:

$$\text{FEt} = (\text{YAt} + \text{YTt}) - \text{FELog } t - \text{CFt} - \text{Rt}$$

Donde:

FEt: Flujo de efectivo proyectado para la semana t.

YAt: Ingresos por alquileres proyectados para la semana t.

YTt: Ingresos por traslados proyectados para la semana t.

FELog t: Costos logísticos proyectados para la semana t.

FEFijo t: Costos fijos correspondientes a la semana t.

Rt: Gastos de mantenimiento correctivo obtenidos mediante simulación de Montecarlo para la semana t.

Aplicación del modelo de flujo de efectivo proyectado

Una vez desarrollados los modelos cuantitativos propuestos, se procedió a su aplicación conjunta mediante el modelo de flujo de efectivo definido en la investigación. Para ello, se integraron las proyecciones de demanda, kilómetros recorridos y gastos de mantenimiento correctivo junto con los costos fijos de la empresa.

La estimación se realizó para un horizonte de cuatro semanas consecutivas, equivalente aproximadamente a un mes de operación, con el propósito de evaluar la disponibilidad de efectivo proyectada y detectar posibles situaciones de superávit o déficit financiero en el corto plazo.

Tabla 6. Aplicación del modelo de flujo de efectivo proyectado

Semana	Ingresos por alquileres	Ingresos por traslados	Costos Logísticos	Costos Fijos	Mantenimiento Correctivo	Flujo de efectivo proyectado
180	\$ 3.559.508,57	\$ 886.522,29	\$ 1.030.476,97	\$1.801.385,68	\$ -	\$ 1.614.168,21
181	\$ 4.819.880,89	\$ 1.200.427,47	\$ 1.030.476,97	\$1.801.385,68	\$ 500.000,00	\$ 2.688.445,71
182	\$ 3.627.914,83	\$ 903.559,39	\$ 1.030.476,97	\$1.801.385,68	\$ 1.500.000,00	\$ 199.611,57
183	\$ 3.269.668,27	\$ 814.335,39	\$ 1.030.476,97	\$1.801.385,68	\$ 3.500.000,00	\$ -2.247.858,99

Los resultados obtenidos muestran que la empresa mantendría una situación de liquidez positiva durante las semanas 180, 181 y 182, registrándose los mayores niveles de flujo de efectivo en la semana 181 debido al incremento de los ingresos proyectados. Sin embargo, en la semana 183 se observa un flujo de efectivo negativo, originado principalmente por la ocurrencia de un gasto elevado de mantenimiento correctivo simulado, el cual supera la capacidad de compensación generada por los ingresos operativos del período. Estos resultados evidencian la sensibilidad de la disponibilidad de efectivo ante eventos extraordinarios de mantenimiento y ponen de manifiesto la utilidad del modelo desarrollado para anticipar potenciales tensiones financieras de corto plazo y facilitar la planificación preventiva de recursos.

Recomendaciones

A la luz de los resultados numéricos y las métricas de riesgo obtenidas mediante la modelización cuantitativa aplicada, se estructuran las siguientes directrices gerenciales para los socios de EMN:

- **Implementar un sistema periódico de actualización de pronósticos de demanda:** Se recomienda actualizar semanalmente las proyecciones de demanda utilizando la metodología de descomposición multiplicativa desarrollada en este trabajo. Esto permitirá incorporar nuevos datos históricos y mejorar la capacidad de anticipación de la empresa frente a cambios en el comportamiento del mercado.
- **Constituir una reserva de efectivo para afrontar contingencias operativas:** Considerando que la simulación evidenció que gastos extraordinarios de mantenimiento pueden generar períodos de déficit de efectivo, se recomienda establecer un fondo de reserva destinado a cubrir contingencias mecánicas y otros eventos imprevistos que puedan afectar la liquidez de corto plazo.
- **Incorporar el modelo de flujo de efectivo como herramienta de apoyo a la gestión:** Se aconseja utilizar el modelo desarrollado como complemento de la



planificación financiera habitual de la empresa, permitiendo anticipar períodos de mayor o menor disponibilidad de fondos y facilitar la toma de decisiones operativas y financieras.

- **Fortalecer el registro y seguimiento de variables operativas:** Se recomienda sistematizar el registro de información vinculada a kilómetros recorridos, mantenimientos realizados y costos asociados, con el propósito de mejorar la calidad de los datos disponibles y aumentar la precisión de futuras estimaciones y simulaciones.
- **Realizar evaluaciones periódicas de escenarios financieros:** Se aconseja replicar periódicamente la simulación del flujo de efectivo incorporando nuevas condiciones operativas y económicas, a fin de evaluar el impacto de distintos escenarios sobre la liquidez de la empresa y fortalecer su capacidad de planificación.

Conclusiones

El presente trabajo permitió aplicar herramientas de análisis cuantitativo para abordar una problemática concreta vinculada a la planificación financiera de corto plazo de la empresa EMN. A partir del estudio de los registros históricos de la organización, fue posible desarrollar un modelo integrado que combina técnicas de pronóstico, regresión y simulación con el propósito de estimar el comportamiento futuro del flujo de efectivo.

En primer lugar, el análisis de la demanda histórica permitió identificar patrones temporales relevantes y seleccionar un modelo de descomposición multiplicativa para la proyección de alquileres de equipos. Posteriormente, mediante la aplicación de un modelo de regresión lineal, se estimaron los kilómetros recorridos asociados a la actividad proyectada de la empresa, variable que constituye un factor relevante en la determinación de los ingresos por traslado.

Asimismo, la utilización de la simulación de Montecarlo permitió incorporar la incertidumbre asociada a los gastos de mantenimiento correctivo de la flota, representando situaciones que no pueden ser previstas mediante modelos determinísticos. La inclusión de esta variable dentro del flujo de efectivo posibilitó evaluar el impacto potencial de eventos extraordinarios sobre la liquidez de la organización.

La aplicación integrada de los modelos desarrollados permitió proyectar el flujo de efectivo para un horizonte de cuatro semanas, observándose escenarios de liquidez positiva durante la mayor parte del período analizado. Sin embargo, los resultados también evidenciaron que la ocurrencia de gastos extraordinarios de mantenimiento puede generar situaciones de déficit de efectivo aun cuando la actividad operativa mantenga niveles de ingresos favorables.

En consecuencia, se concluye que la utilización de herramientas cuantitativas proporciona información relevante para anticipar escenarios financieros de corto plazo y fortalecer el proceso de toma de decisiones dentro de la empresa. Asimismo, el modelo desarrollado constituye una herramienta de apoyo para la planificación financiera, permitiendo evaluar la disponibilidad futura de efectivo y anticipar posibles necesidades de recursos ante condiciones operativas cambiantes.

Referencias

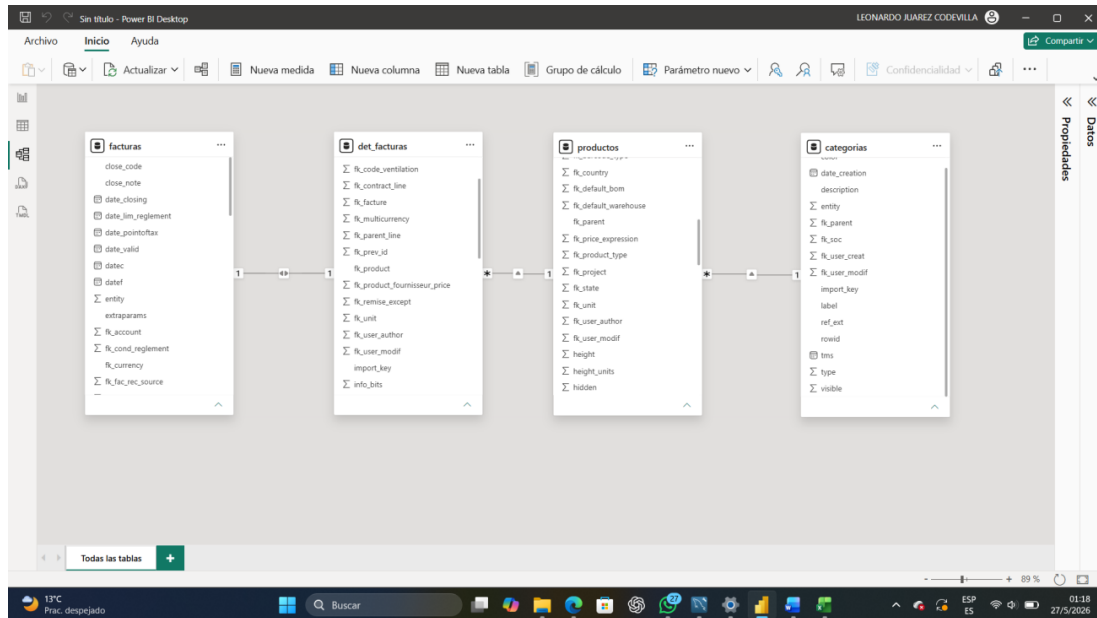


-
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: principles and practice (3rd ed.). OTexts.
 - Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2020). Forecasting methods and applications. John Wiley & Sons.
 - Render, B., Stair, R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. S. (2016). Métodos cuantitativos para los negocios (12a ed.). Pearson Educación.
 - Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jordan, B. D. (2022). Fundamentos de finanzas corporativas (12a ed.). McGraw-Hill.



Anexo

Captura de pantalla bases de datos integradas en PowerBI



Captura de pantalla de base de datos en Microsoft Excel

