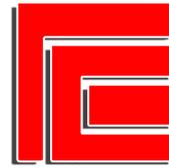


“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS CUANTITATIVO DE NEGOCIOS EN EL SECTOR BANCARIO”

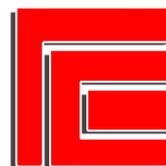
Integrantes:

- Argañaraz, Valentina
- Bernal, Francisco
- Camandona, Tomás
- Figueroa, Ángeles Fiorella
- Lemme, David
- López Vera, Lourdes
- Zelarayán, Evelyn Nicolle



ÍNDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	6
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	7
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
MARCO METODOLÓGICO	9
MARCO TEÓRICO	11
APLICACIÓN	17
Pronóstico	21
Programación Lineal	27
RECOMENDACIONES	34
CONCLUSIONES	35
REFERENCIAS	36
APÉNDICE	37



“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS CUANTITATIVO DE NEGOCIOS EN EL SECTOR BANCARIO”

Argañaraz Valentina – Bernal, Francisco – Camandona, Tomás – Figueroa, Ángeles Fiorella –

Lemme, David – López Vera, Lourdes – Zelarayán, Evelyn Nicolle -

valeargaz@gmail.com - franciscobernal2024@gmail.com - tomicamandona@gmail.com -

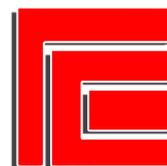
fiorella.figueroadm@gmail.com - davidleonardolemme@gmail.com -

lourdeslopezv00@gmail.com - ezelarayan207@gmail.com -

RESUMEN

El presente trabajo explora la aplicación de herramientas de análisis cuantitativo de negocios, específicamente técnicas de pronóstico y programación lineal, en el contexto del sector bancario. El estudio se centra en el caso del Banco Andes, el cual no cuenta con un modelo analítico confiable que le permita anticipar la evolución de las altas de clientes en la zona mediterránea, segmentadas por canal de captación. Esta limitación dificulta la asignación eficiente de recursos comerciales y operativos, así como el diseño de estrategias proactivas para captar y activar nuevos usuarios.

Con el objetivo de estimar la evolución mensual de clientes activos (MAUs) por canal y optimizar la cantidad de clientes activos, se implementan modelos de pronóstico de series de tiempo —utilizando el software QM for Windows— y un modelo de programación lineal bajo restricciones operativas reales.



A partir del análisis comparativo del desempeño histórico de los canales principales (Altas Masivas, Haberes de Office Banking y Sucursales), se identifican los más eficientes en términos de activación de clientes y se proyecta su comportamiento futuro. Esto permite anticipar tendencias, mejorar la toma de decisiones estratégicas y fortalecer la competitividad del banco en un entorno caracterizado por la transformación digital y la exigencia de personalización en los servicios financieros.

Los resultados obtenidos permiten generar recomendaciones prácticas para la planificación comercial y operativa en el corto y mediano plazo, proponiendo un modelo replicable y escalable para otras zonas o unidades de negocio.

Palabras Clave: captación de clientes - pronóstico - sector bancario - recursos -tendencias

INTRODUCCIÓN

En un entorno financiero altamente competitivo y dinámico, como el que caracteriza al sector bancario argentino, la toma de decisiones estratégicas basadas en datos se ha convertido en una necesidad crítica. La capacidad de anticipar comportamientos del mercado, identificar oportunidades de crecimiento y asignar recursos de forma eficiente depende, cada vez más, del uso de herramientas avanzadas de análisis cuantitativo de negocios. Aquellas organizaciones que integran estos enfoques en sus procesos logran transformar datos en

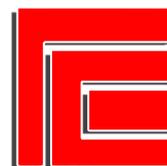


conocimiento accionable, generando ventajas competitivas sostenibles (Davenport & Harris, 2007).

En este marco, el presente trabajo se enfoca en el Banco Andes y en la necesidad de mejorar su eficiencia comercial en la zona mediterránea, donde la institución enfrenta el desafío de captar nuevos clientes a través de distintos canales —Altas Masivas, Haberes de Office Banking y Sucursales— sin contar con un modelo confiable que permita prever la evolución futura de dichas altas ni optimizar su activación como usuarios activos mensuales (MAUs). Esta activación es fundamental, ya que solo a partir de ella el cliente comienza a generar valor para la entidad.

Para dar respuesta a esta problemática, el estudio aplica técnicas de **pronóstico estadístico**, con el fin de estimar la evolución del periodo del mes de mayo de MAUs por canal, y **programación lineal**, para optimizar la asignación de recursos comerciales bajo restricciones reales como capacidad operativa, presupuesto y mínimos estratégicos por canal. Este enfoque metodológico cuantitativo, de tipo correlacional y transversal, permite modelar distintos escenarios posibles, seleccionar estrategias con base en criterios objetivos y anticipar resultados futuros.

La importancia del estudio radica en su capacidad para contribuir a una mejor planificación comercial y operativa, orientando las inversiones hacia los canales más eficientes y permitiendo al banco ajustar sus estrategias con mayor precisión.



SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el contexto competitivo actual del sistema bancario argentino —marcado por la digitalización, la incertidumbre económica y cambios en los hábitos financieros— las entidades enfrentan el desafío de captar nuevos clientes de forma eficiente y sostenible.

El banco objeto de estudio utiliza canales como Altas Masivas, Haberes de Office Banking y Sucursales para incorporar clientes mediante la apertura de una caja de ahorro. Sin embargo, esta etapa inicial representa un costo directo para la organización y no asegura que el cliente se convierta en un usuario activo. Solo cuando el cliente comienza a operar con productos y servicios del banco —como acreditaciones, préstamos, consumos o transferencias— se lo considera un MAU (Usuario activo mensual) y empieza a generar rentabilidad. De lo contrario, permanece como una carga económica.

A esta complejidad se suma la necesidad de anticipar el comportamiento futuro de los clientes y del rendimiento de los canales de captación. Contar con pronósticos precisos sobre la evolución de MAUs por canal resulta clave para planificar estratégicamente y asignar recursos con eficiencia.

En paralelo, la entidad debe decidir cómo distribuir su presupuesto y capacidad operativa considerando costos, tasas de activación, restricciones y mínimos comerciales por canal. Sin un enfoque analítico riguroso, corre el riesgo de tomar decisiones ineficientes que reduzcan la conversión efectiva de clientes y comprometan su competitividad.

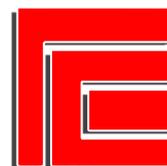


PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los canales que han demostrado mayor eficiencia e impacto en la captación de nuevos clientes en la zona Mediterránea según los datos históricos?
2. ¿Cuál es la evolución esperada de las nuevas altas de clientes por cada canal para el mes de mayo de 2025?
3. ¿Qué método de pronóstico ofrece mayor precisión y mejor ajuste para predecir la captación de nuevos clientes futuros por canal?
4. ¿Cuál es la combinación óptima de captación de clientes activos por canal que permite minimizar el costo total?

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo cuantitativo integral que permita optimizar la asignación de recursos entre canales de captación de clientes del banco y proyectar la evolución mensual de usuarios activos (MAUs), mediante la aplicación de técnicas de pronóstico y programación lineal.



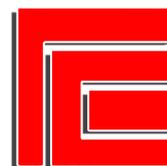
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar los canales más eficientes y con mayor impacto en la captación de nuevos clientes en la zona Mediterránea, a partir del análisis de los datos históricos disponibles.
2. Estimar la evolución de las nuevas altas de clientes por cada canal para el próximo período (mayo 2025).
3. Determinar el método de pronóstico más adecuado para predecir la captación de nuevos clientes, evaluando cuál ofrece mayor precisión y mejor ajuste a los datos históricos.
4. Determinar la cantidad óptima de clientes activos a captar por cada canal que minimice el costo total de captación.

MARCO METODOLÓGICO

Este trabajo adopta un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional y transversal, centrado en el análisis estadístico de datos numéricos relacionados con la captación de nuevos clientes bancarios y su posterior activación como usuarios activos (MAUs). El objetivo es analizar comparativamente el rendimiento de los distintos canales de captación utilizados por la organización, específicamente en la zona mediterránea, durante períodos mensuales correspondientes a los años 2024 y 2025.

El diseño de la investigación es no experimental, dado que no se manipulan variables, sino que se observan fenómenos en su contexto natural. Es transversal, ya que se realiza un



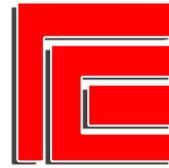
correlacional, porque busca identificar relaciones entre las tasas de activación y los canales de captación.

La técnica de recolección de datos consiste en el análisis de fuentes secundarias internas, utilizando una base de datos provista por el Banco Andes. Dicha base contiene información mensual y anual desagregada por canal y por zona, haciendo énfasis en tres canales principales: Altas Masivas, Haberes de Office Banking y Sucursales. En cada uno de estos, se calcula una tasa de activación mensual, entendida como el cociente entre la cantidad de clientes que adquirieron algún producto o servicio (MAUs) y la cantidad total de clientes nuevos en ese mismo mes.

La unidad de análisis está compuesta por los clientes nuevos registrados en la zona mediterránea entre enero de 2024 y abril de 2025. Esto permite evaluar la evolución del proceso de captación y activación a lo largo del tiempo, considerando su variación estacional y estratégica.

Las variables clave consideradas son:

- **Zona Mediterránea:** delimitación geográfica de análisis estratégico.
- **Canales de captación:** mecanismos operativos a través de los cuales se generan nuevas altas de clientes.
- **Clientes nuevos:** volumen de cuentas abiertas por mes.
- **MAUs:** clientes que realizaron al menos una acción bancaria posterior al alta, generando valor para el banco.

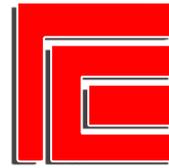


Para el procesamiento de datos se emplean técnicas de estadística descriptiva, gráficos de líneas y análisis comparativo temporal. Con el objetivo de anticipar escenarios, se utilizan modelos de pronóstico mediante el software QM for Windows, seleccionando el método óptimo en función del error mínimo.

Una vez proyectadas las tasas de activación, se incorpora un modelo de programación lineal con el propósito de optimizar la asignación de recursos entre canales, minimizando el costo de adquisición de cada MAU, bajo restricciones de capacidad operativa, presupuesto y participación mínima por canal. Este modelo permite tomar decisiones fundamentadas sobre la distribución de esfuerzos comerciales, considerando el rendimiento histórico de cada canal.

MARCO TEÓRICO

En la actualidad, las organizaciones operan en un entorno dinámico caracterizado por la volatilidad económica, la competitividad y la transformación digital. En este contexto la información basada en datos se ha vuelto esencial para tomar decisiones estratégicas. Por ello, el análisis cuantitativo de negocios se destaca como un enfoque sistemático que permite modelar problemas complejos mediante el uso de herramientas matemáticas y estadísticas. Dentro de este enfoque, en el presente trabajo, se aplican 2 técnicas importantes: El pronóstico y la Programación Lineal, con el objetivo de estimar la evolución futura de las altas de clientes y optimizar la asignación de recursos comerciales en el Banco Andes. Para esto, se utilizó el software **QM for Windows**, una herramienta especializada en análisis cuantitativo.



¿Qué es el análisis cuantitativo?

El **análisis cuantitativo** es un enfoque estructurado que aplica modelos matemáticos, datos estadísticos y técnicas computacionales para resolver problemas en la toma de decisiones. Según Render, Stair y Hanna (2013), consiste en “la aplicación de métodos cuantitativos a datos, con el propósito de ayudar en la toma de decisiones”.

Complementando esta definición, Anderson, Sweeney y Williams (2011) destacan que el análisis cuantitativo permite “transformar datos en información útil para apoyar decisiones eficaces en negocios y economía” (página 6), integrando técnicas estadísticas y modelos aplicados a contextos reales como finanzas, logística y servicios.

Este enfoque se caracteriza por una serie de pasos que permiten estructurar la resolución del problema:

1. Definición del problema.
2. Desarrollo de un modelo matemático.
3. Recolección y análisis de datos.
4. Prueba y validación del modelo.
5. Implementación de soluciones.

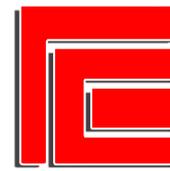
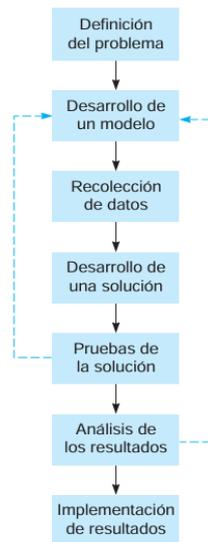


Figura n°1: Enfoque del análisis cuantitativo



Fuente: Render, Stair y Hanna (2013, pág 3)

Las herramientas utilizadas deben seleccionarse según la naturaleza del problema y los objetivos del análisis.

Para llevar a cabo este análisis, utilizamos **QM for Windows**, un software diseñado específicamente para resolver problemas cuantitativos de gestión y negocios. Este programa permite aplicar distintos modelos matemáticos de forma sencilla, sin necesidad de programar, ya que incluye plantillas predefinidas para optimización, pronósticos, simulación, etcétera.

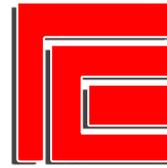
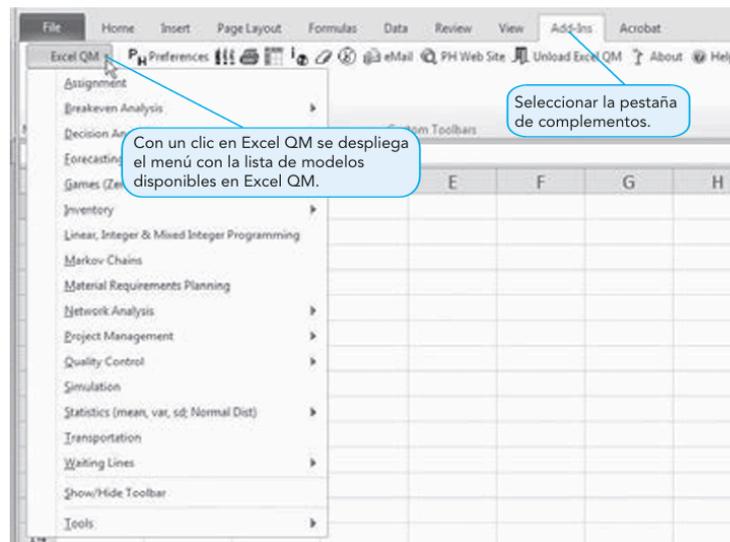


Figura n°2: Menú principal del software QM en Excel



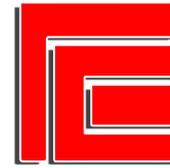
Fuente: Render, Stair y Hanna (2013, pág 10)

Según Render, Stair y Hanna (2013), el uso de herramientas como QM for Windows permite enfocarse en el análisis de resultados más que en los cálculos manuales, haciendo el trabajo más eficiente y preciso.

Herramientas utilizadas

Pronóstico

La primera técnica aplicada fue el **pronóstico**, donde el objetivo es estimar el valor futuro de una variable, en este caso, las altas mensuales de nuevos clientes. Render, Stair y

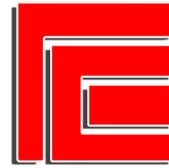


Hanna (2013) definen el pronóstico como “el proceso de estimar el futuro basándose en datos históricos y en un modelo que relacione los datos con el comportamiento futuro esperado”.

En el trabajo se utiliza los siguientes modelos:

Modelos de series de tiempo : Estos modelos tienen cuatro componentes:

1. **Tendencia (T)**: es el movimiento general de la serie a largo plazo. Puede ser creciente, decreciente o estable. Refleja cambios estructurales como crecimiento poblacional, inflación o expansión del mercado.
2. **Estacionalidad (S)**: representa patrones que se repiten a intervalos regulares (por ejemplo, aumentos en ventas en diciembre). Suele tener una periodicidad anual, trimestral o mensual.
3. **Ciclos (C)**: son fluctuaciones que ocurren en períodos más largos que la estacionalidad, y están generalmente asociados a ciclos económicos. Son difíciles de identificar con precisión y requieren datos históricos extensos.
4. **Variaciones aleatorias o irregulares (R)**: son movimientos impredecibles provocados por eventos fortuitos, como desastres naturales, cambios regulatorios o eventos únicos. No siguen un patrón sistemático.



Comprender estos componentes permitió no solo estimar el comportamiento futuro de cada canal, sino también evaluar cuál de ellos resulta más eficiente y estable para la captación de nuevos clientes. Los modelos utilizados son:

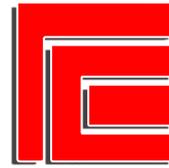
- **Promedio móvil simple:** Calcula un promedio de períodos pasados. Son útiles si podemos suponer que las demandas del mercado permanecen bastante estables en el tiempo.
- **Suavizamiento exponencial:** Asigna mayor peso a los valores más recientes, adecuado para detectar cambios repentinos.

Medida de precisión del pronóstico

Además de analizar los diferentes modelos de pronóstico, Render (2013) propone diversas medidas de precisión. Para saber qué tan bien un modelo se ajusta a la realidad, se debe tomar aquel que tenga el menor valor del DMA.

Desviación media absoluta (DMA): Se calcula tomando los valores absolutos de los errores de pronóstico individuales y dividiendo entre el número de errores (n).

Programación lineal es una técnica de optimización que permite determinar la mejor asignación posible de recursos limitados para maximizar o minimizar una función objetivo (por ejemplo, beneficios, costos, tiempo). Render et al. (2013) la define como “un método matemático que ayuda a tomar decisiones óptimas bajo restricciones, mediante la formulación de modelos lineales”.



Requerimientos de un problema de programación lineal

Función objetivo: Representa el objetivo de maximización o minimización. En nuestro trabajo el objetivo es maximizar la efectividad de los clientes.

Restricciones: Condiciones que limitan las posibles soluciones. En nuestro caso, incluyen, restricciones de política, demanda, de capacidad y presupuesto.

Variables de decisión: Estas representan las opciones disponibles que se pueden ajustar para alcanzar el objetivo. En el trabajo es la cantidad de cajas de ahorro captadas por canal.

Relaciones lineales: Los objetivos y las restricciones en los problemas de PL se deben expresar en términos de ecuaciones o desigualdades lineales.

Certeza: Se supone que existen condiciones de certeza, es decir, se conocen con certeza el número en el objetivo y en las restricciones, y no cambia durante el periodo de estudio.

No negatividad: Se supone que todas las respuestas o las variables son no negativas.

La programación lineal es especialmente útil para la asignación eficiente de recursos comerciales y operativos en los canales de la zona Mediterránea, maximizando el impacto de las inversiones en captación de nuevos clientes.



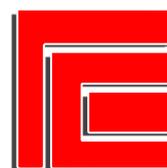
APLICACIÓN

Se trabajó con datos reales provistos por el Banco Andes, focalizándose en la zona mediterránea, particularmente en la provincia de Tucumán. Una vez filtrada esta región, se identificaron los canales más críticos en términos de captación de clientes, seleccionando tres para el análisis: Haberes de Office Banking, Altas Masivas y Sucursales.

A continuación, se describen brevemente los canales considerados:

- **Haberes Office Banking:** Canal mediante el cual los empleadores gestionan la apertura de cuentas bancarias para sus empleados con el objetivo de depositar sus haberes. En este caso, el cliente final (el empleado) no solicita la cuenta directamente, sino que la apertura es iniciada y gestionada por la empresa.
- **Altas Masivas:** Procesos mediante los cuales se abren múltiples cuentas simultáneamente, generalmente a través de convenios con organizaciones, universidades o programas estatales, facilitando la incorporación rápida y masiva de nuevos titulares.
- **Sucursales Físicas:** Clientes que abren su cuenta presencialmente en una sucursal tradicional del banco, realizando allí todos los trámites de manera personal.

Para cada uno de estos canales se registró la cantidad de clientes que abrieron una cuenta en un mes determinado y la cantidad de clientes que realizaron al menos una operación



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
 de la Licenciatura en Administración**

bancaria relevante durante ese mismo mes . A partir de esos datos, se calculó la tasa de activación inicial para cada canal de la siguiente forma:

$$\text{Tasa de activación} = \frac{\text{Clientes que adquirieron un servicio}}{\text{Clientes nuevos}}$$

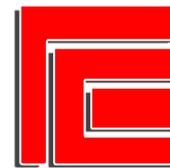
Esta tasa refleja qué proporción de los nuevos clientes comenzó a utilizar activamente los productos y servicios del banco desde el primer mes de su incorporación. Es decir, cuántos se transformaron en usuarios activos luego de abrir una cuenta.

Este enfoque permitió comparar el desempeño relativo de cada canal y detectar diferencias significativas que podrían orientar futuras decisiones comerciales y de mejora operativa.

Tabla 1

CANAL "ALTAS MASIVAS" (2024-2025)				CANAL "HABERES DE OFFICE BANKING" (2024-2025)			
Mes	Clientes nuevos (con Caja de Ahorro)	Clientes que adquirieron un servicio (tarjeta de credito)	Tasa de activación	Mes	Clientes nuevos (con Caja de Ahorro)	Clientes que adquirieron un servicio (tarjeta de credito)	Tasa de activación
1	1000	127	0,13	1	1794	480	0,27
2	825	91	0,11	2	1875	627	0,33
3	671	68	0,10	3	3156	915	0,29
4	617	59	0,10	4	2276	570	0,25
5	352	162	0,46	5	3370	736	0,22
6	930	337	0,36	6	2383	916	0,38
7	3926	1711	0,44	7	1839	529	0,29
8	1245	326	0,26	8	2002	580	0,29
9	2510	849	0,34	9	2315	756	0,33
10	2130	544	0,26	10	1632	432	0,26
11	163	53	0,33	11	2002	643	0,32
12	489	131	0,27	12	1702	907	0,53
13	1016	203	0,20	13	1371	562	0,41
14	88	30	0,34	14	1514	686	0,45
15	361	275	0,76	15	1555	645	0,41
16	9	0	0,00	16	243	79	0,33

Fuente: Elaboración propia



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Tabla 2

CANAL "SUCURSALES" (2024-2025)			
Mes	Clientes nuevos (con Caja de Ahorro)	Clientes que adquirieron un servicio (tarjeta de credito)	Tasa de activación
1	1516	318	0,21
2	1304	231	0,18
3	2410	614	0,25
4	2181	574	0,26
5	2511	486	0,19
6	2827	660	0,23
7	2375	692	0,29
8	2993	835	0,28
9	2308	1063	0,46
10	2699	709	0,26
11	2459	763	0,31
12	1737	697	0,40
13	1840	594	0,32
14	1536	492	0,32
15	1665	607	0,36
16	164	37	0,23

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las tasas de activación para los distintos meses hasta abril de 2025, se procedió a realizar un pronóstico para el siguiente período (mayo 2025) con el objetivo de anticipar el comportamiento esperado de cada canal en cuanto a su capacidad de activar nuevos clientes.

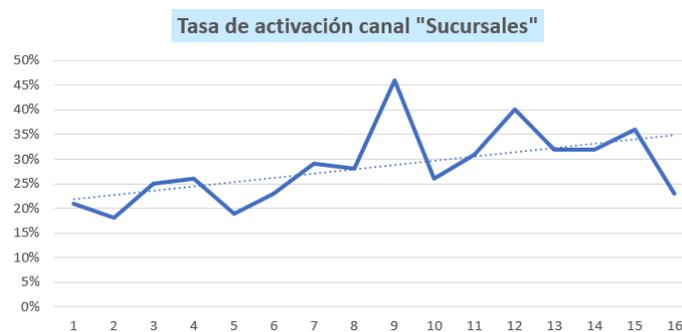
A continuación, se presenta el análisis detallado de cada canal: Sucursales, Haberes Office y Altas Masivas, considerando tanto sus tendencias históricas como los pronósticos obtenidos, para poder identificar cuál de los tres presenta mayor eficiencia y oportunidades de mejora.



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
 de la Licenciatura en Administración**

Pronóstico

- **Sucursales.**

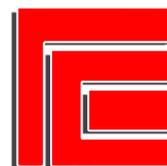


Fuente: Elaboración propia

PMS; n=3		Suav. Exp.; A=0,8	
Measure	Value	Measure	Value
Error Measures		Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,011	Bias (Mean Error)	0,004
MAD (Mean Absolute Deviation)	0,054	MAD (Mean Absolute Deviation)	0,064
MSE (Mean Squared Error)	0,005	MSE (Mean Squared Error)	0,007
Standard Error (denom=n-2=11)	0,079	Standard Error (denom=n-2=13)	0,089
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	17,73%	MAPE (Mean Absolute Percent Error)	22,58%
Forecast		Forecast	
next period	0,303	next period	0,254

Fuente: Elaboración propia

El modelo de **promedio móvil simple** (PMS) con $n=3$ aplicado al canal Sucursales permitió suavizar la variabilidad de los datos históricos para identificar su tendencia. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el programa QM:



XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación de la Licenciatura en Administración

- Pronóstico para el próximo período: es de 0,303 (30%), lo que representa una estimación levemente superior a la media general del canal, indicando una evolución relativamente estable en el comportamiento de activación.

- MAD (Desviación absoluta media): 0,054, lo cual representa un nivel bajo de error, señalando que las predicciones del modelo se ajustan adecuadamente a los valores reales observados.

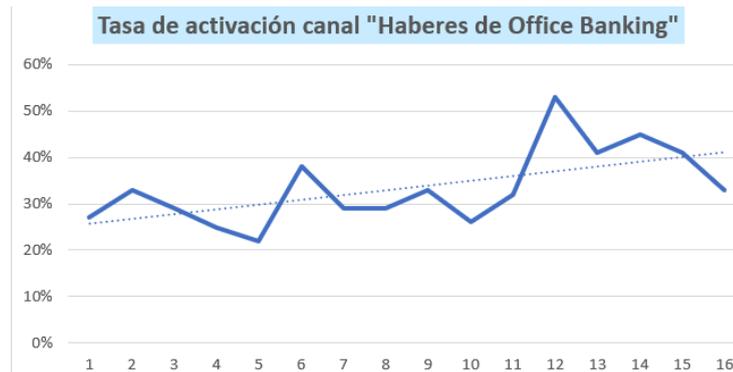
Después, se aplicó un modelo de **suavizamiento exponencial simple** con un coeficiente de ajuste $\alpha = 0,8$, lo cual otorga mayor peso a los valores más recientes, para lograr mayor precisión en la estimación. Se obtuvo:

- Pronóstico para el próximo período: es de 0,254 (25%).
- MAD (Desviación absoluta media): 0,064, ligeramente más alto que el del modelo PMS, lo que indica una menor precisión comparativa.

Dado que no se identificó una estacionalidad clara en la serie, ambos métodos son apropiados. El promedio móvil simple mostró mejor desempeño en términos de precisión y podría considerarse como el método recomendado para el pronóstico inmediato. Sin embargo, si se esperan cambios bruscos en el comportamiento de los clientes (por campañas o políticas internas), el suavizamiento exponencial puede resultar más adecuado por su capacidad de adaptación.

**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
 de la Licenciatura en Administración**

- Haberes Office Banking**



Fuente: Elaboración propia

PMS; n=3	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,012
MAD (Mean Absolute Deviation)	0,06
MSE (Mean Squared Error)	0,007
Standard Error (denom=n-2=11)	0,091
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	16,69%
Forecast	
next period	0,397

Suav. Exp.; A =0,8	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,006
MAD (Mean Absolute Deviation)	0,066
MSE (Mean Squared Error)	0,007
Standard Error (denom=n-2=13)	0,09
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	18,62%
Forecast	
next period	0,347

Fuente: Elaboración propia

El modelo de **promedio móvil simple** aplicado al canal *Haberes Office Banking* permite suavizar la serie de tiempo y observar mejor su tendencia. Con base en los resultados obtenidos:

- Pronóstico para el próximo período: es de 0,397 (40%), lo cual representa un valor superior al promedio general observado.

XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación de la Licenciatura en Administración

- Error absoluto medio (MAD): 0,06 (relativamente bajo), lo que indica que las predicciones del modelo no se alejan mucho de los valores reales.

Luego, se aplicó un Método de **suavizamiento exponencial simple** con un coeficiente de ajuste $\alpha = 0,8$, lo que significa que el modelo otorga mayor peso a los datos más recientes, lo que es ideal para detectar cambios rápidos en la serie.

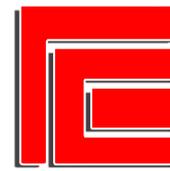
- Pronóstico para el próximo período: Es de 0,347 (35%)
- MAD (Desviación absoluta media): 0,066 ligeramente superior al modelo de promedio móvil.

Dado la comparación de ambos métodos y dado que el canal *Haberes Office* muestra una **tendencia estable y creciente**, como los errores del PMS son menores, se recomienda el uso del Promedio Móvil Simple para pronosticar en este canal específico. No obstante, el Suavizamiento Exponencial sigue siendo útil como método complementario cuando se sospechan cambios bruscos o se aplican campañas con efectos inmediatos.

- **Altas Masivas**



Fuente: Elaboración propia.



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
 de la Licenciatura en Administración**

Al analizar la evolución de las altas de nuevos clientes, se observa un comportamiento relativamente estable a lo largo del período enero 2024 – febrero 2025. Sin embargo, en el mes de marzo de 2025, se registra un salto abrupto y extraordinario en la cantidad de nuevas cuentas. Este cambio no obedece a un comportamiento natural del mercado ni a variaciones estacionales, sino que se explica por un convenio institucional entre el Banco Andes y una universidad pública local, mediante el cual se procedió a la apertura automática de cuentas para la totalidad de los alumnos registrados en la base de datos de dicha institución. Se estima que este acuerdo implicó la incorporación masiva de aproximadamente 30.000 nuevos clientes en un solo mes, lo que distorsiona significativamente la serie temporal.

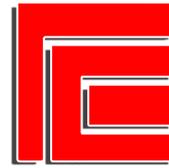
PMS; n=3	
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,031
MAD (Mean Absolute Deviation)	0,159
MSE (Mean Squared Error)	0,049
Standard Error (denom=n-2=11)	0,242
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	32,01%
Forecast	
next period	0,367
next period	0,38

Suav. Exp. ; Alfa=0,80	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0
MAD (Mean Absolute Deviation)	0,147
MSE (Mean Squared Error)	0,056
Standard Error (denom=n-2=13)	0,255
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	27,48%
Forecast	
next period	0,134

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra la aplicación de un Modelo promedio móvil simple de 3 períodos para pronosticar la tasa de activación de clientes de este canal, el cual presenta un comportamiento muy **volátil** con picos abruptos y caídas pronunciadas. Los resultados fueron:

- Pronóstico para el próximo período (mayo 2025): 0,38 (38%)



- MAD (Desviación Absoluta Media): 0,159 significativamente mayor que en los otros canales, refleja alta dispersión.

En el modelo de suavizamiento exponencial se seleccionó un $\alpha = 0,8$ dando así mayor peso a los datos más recientes y siendo ideal para series con cambios bruscos como esta. Los resultados se muestran a continuación:

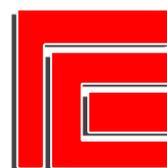
- Pronóstico para el próximo período: 0,134(13,4%)
- MAD (Desviación Absoluta Media): 0,147, ligeramente mejor que el modelo anterior.

Concluyendo, el canal de Altas Masivas presenta una variabilidad significativa, lo que complica la predicción precisa. Por lo tanto, el modelo de suavizamiento exponencial se ajusta mejor a los cambios en la serie, siendo más eficiente que el promedio móvil simple aunque su precisión todavía es limitada por la alta dispersión de los datos.

Programación Lineal

Para aplicar un modelo de optimización para la captación de clientes activos, se determinó el costo promedio por clientes nuevos, y la tasa de activación por canal que mide la conversión de esos clientes nuevos en clientes activos.

El costo promedio por cliente nuevo captado por cada canal fue estimado mediante inteligencia artificial, que calculó un promedio a partir de datos reportados por distintos



XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación de la Licenciatura en Administración

bancos en Argentina. Los valores asignados fueron \$750 para el canal 1 (Altas Masivas), \$750 para el canal 2 (Haber de office Banking) y \$800 para el canal 3 (Sucursales).

Por otro lado, la tasa de activación global se calculó utilizando los datos históricos del banco correspondientes a los meses de 2024 y 2025. Esta tasa representa el porcentaje de clientes nuevos que se convirtieron en clientes activos, es decir, aquellos que no sólo abrieron una cuenta en un mes determinado, sino que también contrataron al menos un producto adicional del banco, como una tarjeta de crédito, un préstamo en ese mismo mes.

Una vez conocidas estas tasas, se calculó el costo promedio por cliente efectivamente activado (MAU) para cada canal mediante la siguiente fórmula:

Costo por clientes activos= Costo por cliente nuevos/Tasa de activación global

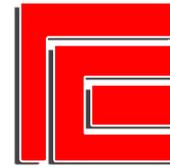
	Canal 1	Canal 2	Canal 3
Costo	750	750	800
Tasa de activación	0,3	0,32	0,29
Coficiente FO	2500,00	2343,75	2758,62

Fuente: Elaboración propia.

Con estos costos por clientes activos definidos para cada canal, a continuación se presentan los elementos principales del modelo de programación lineal:

Variables de decisión:

- X_1 : Cantidad de clientes activos a captar por el canal 1 (altas masivas).



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

- X_2 : Cantidad de clientes activos a captar por el canal 2 (haberés).
- X_3 : Cantidad de clientes activos a captar por el canal 3 (sucursales).

Función objetivo:

Minimizar Costo Total = $2500X_1 + 2343,75X_2 + 2758,62X_3$

Restricciones:

R1: $X_1 + X_2 + X_3 \geq 250$ Meta mínima de activación de clientes en los 3 canales.

R2: $X_1 \geq 30$ Presencia comercial mínima canal 1.

R3: $X_2 \geq 50$ Presencia comercial mínima canal 2.

R4: $X_3 \geq 20$ Presencia comercial mínima canal 3.

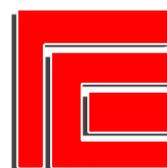
R5: $X_1 \leq 120$ Capacidad máxima de captación de clientes activos en el canal 1.

R6: $X_2 \leq 150$ Capacidad máxima de captación de clientes activos en el canal 2.

R7: $X_3 \leq 80$ Capacidad máxima de captación de clientes activos en el canal 3.

R8: $750X_1 + 750X_2 + 800X_3 \leq 1.500.000$ Límite de presupuesto mensual para los tres canales.

A continuación, se modeliza el problema a través de una programación lineal continua, a través del programa solver:



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
 de la Licenciatura en Administración**

Programa 1.1 Solución de mezcla óptima de captación de clientes activos por canal

		Canal 1	Canal 2	Canal 3			
	VD	80	150	20			
	CO	\$ 2.500,00	\$ 2.343,75	\$ 2.758,62	\$ 606.734,91		
POLÍTICA	R1	1	1	1	250	>=	250
DEMANDA	R2	1			80	>=	30
DEMANDA	R3		1		150	>=	50
DEMANDA	R4			1	20	>=	20
CAPACIDAD	R5	1			80	<=	120
CAPACIDAD	R6		1		150	<=	150
CAPACIDAD	R7			1	20	<=	80
PRESUPUESTO	R8	750	750	800	188500	<=	15000000
NO NEGATIVIDAD	R9	C1, C2, C3 ∈ ℝ ⁺ {0}					

Fuente: Elaboración propia

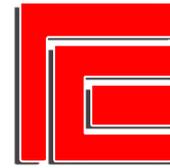
Para minimizar el costo total por clientes activados, se debería captar 80 clientes activos por el canal 1 (Alta Masivas), 150 clientes por el canal 2 (Haberes office) y 20 clientes por el canal 3 (Sucursales), obteniendo un costo total de \$606.734,91. Esta estrategia permite alcanzar el objetivo al menor costo posible.

Programa 1.2 Análisis de Sensibilidad

Celdas de variables								
Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	Rango de Optimalidad	
\$D\$3	VD Canal 1	80	0	2500	258,62	156,25	2343,75	2758,62069
\$E\$3	VD Canal 2	150	0	2343,75	156,25	1E+30	-1E+30	2500
\$F\$3	VD Canal 3	20	0	2758,62	1E+30	258,6	2500	1E+30

Restricciones								
Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	Rango de Factibilidad	
\$G\$5	R1	250	2500	250	40	50	200	290
\$G\$6	R2	80	0	30	50	1E+30	-1E+30	80
\$G\$7	R3	150	0	50	100	1E+30	-1E+30	150
\$G\$8	R4	20	258,6206897	20	50	20	0	70
\$G\$9	R5	80	0	120	1E+30	40	80	1E+30
\$G\$10	R6	150	-156,25	150	50	40	110	200
\$G\$11	R7	20	0	80	1E+30	60	20	1E+30
\$G\$12	R8	188500	0	15000000	1E+30	14811500	188500	1E+30

Fuente: Elaboración propia



Al analizar las celdas de variables, podemos definir el rango de optimalidad, que son aquellos valores en que puede cambiar el coeficiente de la función objetivo sin que cambie la solución óptima. Podemos observar los siguientes hallazgos:

- El costo por cliente activado del canal 1 se puede disminuir hasta 2343,75 y aumentar hasta 2758,62 y no cambiará la mezcla óptima. Si sube o baja más de esos valores se modificara la asignación óptima.
- El costo por cliente activado en el canal 2 se puede aumentar solo hasta 2500 y la solución seguirá siendo la misma.
- Y por último, el costo por clientes activados en el canal 3 se puede disminuir hasta 2500, siendo la misma mezcla óptima.

Al analizar las restricciones podemos definir el rango de factibilidad, que representa el rango donde puedo incrementar o reducir los recursos disponibles sin que cambie el precio sombra. Donde el precio sombra indica en cuánto se reducirá (o incrementará) el costo total, si se reduce (o aumenta) un recurso en una unidad. Sólo se tendrá precio sombra si se identifica la restricción como cuello de botella, es decir, con holgura igual a 0.

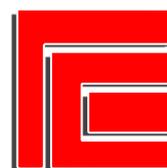
Se obtienen los siguientes hallazgos:

- Dentro del rango 250 a 290 clientes activados, aumentar la meta total de activación (R1) incrementa el costo total en \$2.500 por cada cliente activado adicional. Esta restricción es un recurso cuello de Botella y altamente costosa.



XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación de la Licenciatura en Administración

- Aumentar el mínimo de presencia comercial en el canal 1 (Altas Masivas) no modificaría el costo total dentro del rango 30 a 80, ya que existe holgura mayor a 0 y convierte a esta restricción (R2) en **no obligatoria**.
- Aumentar el mínimo de presencia comercial en el canal (Haberres) no modificaría el costo total dentro del rango 50 a 150, por la misma razón: hay margen y la restricción R3 es **no obligatoria**.
- Aumentar el mínimo exigido en Canal 3 (Sucursales) incrementará el costo total en \$258,6 por cada presencia adicional que se agregue, dentro del rango 20 a 70.
- Aumentar el tope de capacidad de activación del Canal 1 (Altas Masivas) no afectaría el costo total dentro del rango 80 a infinito, ya que es una restricción (R5) **no obligatoria**.
- Aumentar el tope de capacidad de activación del Canal 2 (Haberres) permitiría reducir el costo total en \$156,25 por cada captación de cliente activo adicional, dentro del rango 150 a 200. Esta restricción (R6) es activa y crítica, y ampliar capacidad en este canal sería una estrategia eficiente de optimización.
- Aumentar el tope del Canal 3 (Sucursales) no modificaría el costo, dentro del rango 20 a infinito, ya que la variable no alcanza el máximo permitido. Restricción R7 **no obligatoria**.
- El **presupuesto disponible** no representa una limitación real en este escenario, ya que el gasto total actual (\$188.500) está muy por debajo del máximo (\$1.500.000). Por tanto, la restricción R8 se considera **no obligatoria** y con **precio sombra cero**.



**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Programa 1.3 Informe de Respuesta

Celda objetivo (Mín)				
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	
\$G\$4	CO	\$ 606.734,91	\$ 606.734,91	

Celdas de variables				
Celda	Nombre	Valor original	Valor final	Entero
\$D\$3	VD Canal 1	80	80	Continuar
\$E\$3	VD Canal 2	150	150	Continuar
\$F\$3	VD Canal 3	20	20	Continuar

Fuente: Elaboración propia

Función objetivo mínima (CO) hace referencia que:

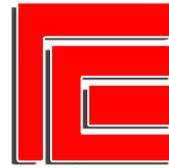
→ El costo mínimo total por clientes activados es **\$606.734,91**

Las celdas Variables hace referencia a las Variables de decisión (cantidad de clientes activados por canal) donde se obtuvo lo siguiente:

→ **Canal 1 (Altas Masivas):** 80 clientes activados.

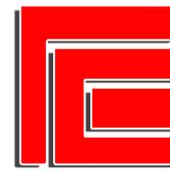
→ **Canal 2 (Haberres):** 150 clientes activados.

→ **Canal 3 (Sucursales):** 20 clientes activados.



RECOMENDACIONES

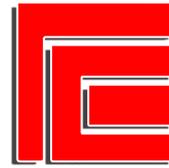
1. **Reasignar inversión hacia canales más eficientes:** Priorizar Haberes Office Banking, que combina alto rendimiento y bajo costo. Esto permitirá maximizar la conversión de clientes con menor inversión.
2. **Mantener Altas Masivas como canal complementario:** Dada su capacidad de incorporar grandes volúmenes en contextos específicos (como convenios institucionales), conviene mantenerlo disponible para campañas puntuales, aunque su activación no sea tan alta.
3. **Restringir uso intensivo de sucursales:** Dado su alto costo y baja efectividad, debe reservarse para casos de atención personalizada, clientes de alto valor o segmentos que requieran asesoramiento.
4. **Monitoreo mensual de tasas de activación:** Incorporar un tablero de indicadores por canal para realizar ajustes tácticos frecuentes, especialmente ante variaciones abruptas como las observadas en Altas Masivas.
5. **Revisión periódica de modelos:** Actualizar los modelos de pronóstico y optimización cada trimestre, integrando nuevos datos y recalibrando los coeficientes de eficiencia para mantener vigencia operativa.



6. **Explorar nuevos segmentos o zonas:** Replicar esta metodología en otras zonas geográficas o grupos demográficos del banco, para extender los beneficios analíticos del modelo.

CONCLUSIONES

1. **Integración efectiva de modelos cuantitativos:** El estudio demostró que la combinación de técnicas de pronóstico y programación lineal permite tomar decisiones estratégicas basadas en evidencia empírica. Se logró proyectar con precisión la evolución de los clientes activos (MAUs) y optimizar la asignación de recursos entre canales de captación.
2. **Identificación de canales eficientes:** El canal **Haberes Office Banking** se destacó como el más eficiente, con una tasa de activación del 32%, bajo costo relativo y estabilidad en el tiempo. En cambio, **Altas Masivas** mostró gran capacidad de captación pero alta volatilidad, mientras que **Sucursales** presentó la menor eficiencia y mayor costo por cliente activo.
3. **Aplicación robusta de modelos de pronóstico:** Los métodos seleccionados (Promedio Móvil Simple y Suavizamiento Exponencial) permitieron anticipar con buena precisión la evolución de las tasas de activación. Se evidenció que el PMS es más apropiado para canales estables, mientras que el suavizamiento exponencial es más útil ante datos



irregulares o disruptivos.

4. **Optimización bajo restricciones reales:** A través de la programación lineal se alcanzó una solución óptima que minimiza el costo total de captación de MAUs respetando restricciones operativas y presupuestarias. El análisis de sensibilidad mostró que variables y restricciones son más críticas para el modelo.

REFERENCIAS

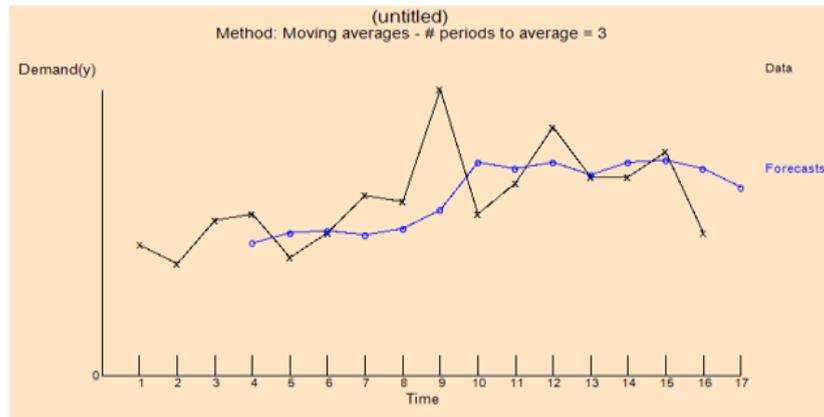
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2011). *Estadística para los negocios y la economía* (11.ª ed.). Cengage Learning.
- Hernández Sampieri, R. (2014) - Metodología de la investigación, 6ª edición Mc Graw Hill Educación, México.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2013). *Quantitative Analysis for Management* (12.ª ed.). Pearson.

APÉNDICE

A continuación se presentan los resultados de los pronósticos realizados de cada Canal:

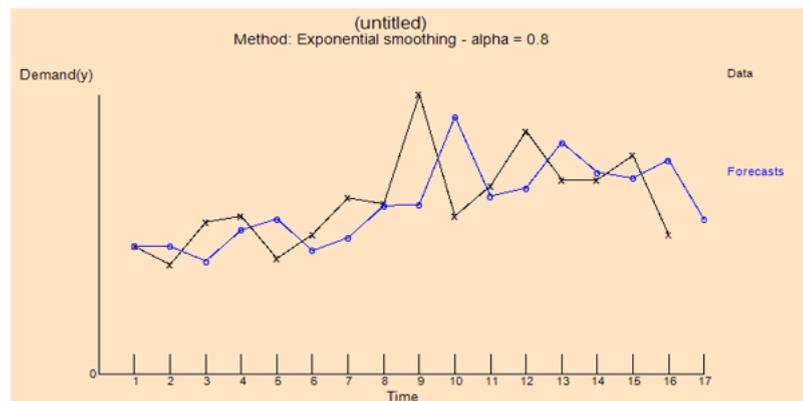
**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Gráfico N°1: Pronóstico por PMS con $n=3$, en Canal Sucursales



Fuente: Elaboración propia

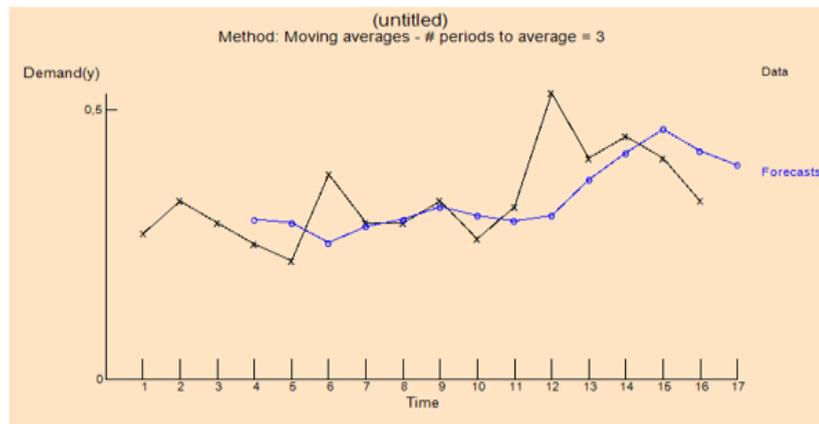
Gráfico N°2: Pronóstico por Suavizamiento Exponencial con $\alpha=0.8$, en Canal Sucursales



Fuente: Elaboración propia

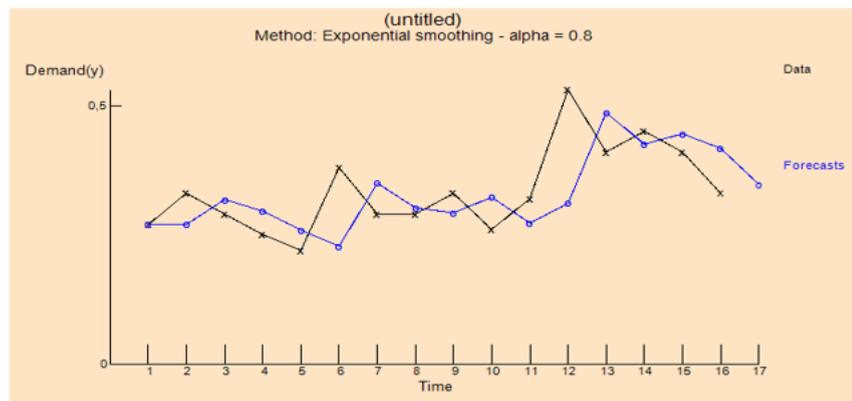
**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Gráfico N°3: Pronóstico por PMS con $n=3$, en Canal Haberes



Fuente: Elaboración propia

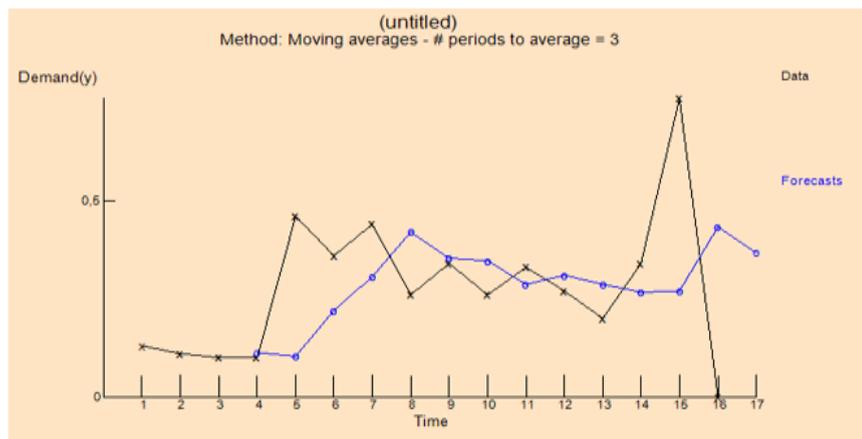
Gráfico N°4: Pronóstico por Suavizamiento Exponencial con $\alpha=0.8$, en Canal Haberes



Fuente: Elaboración propia

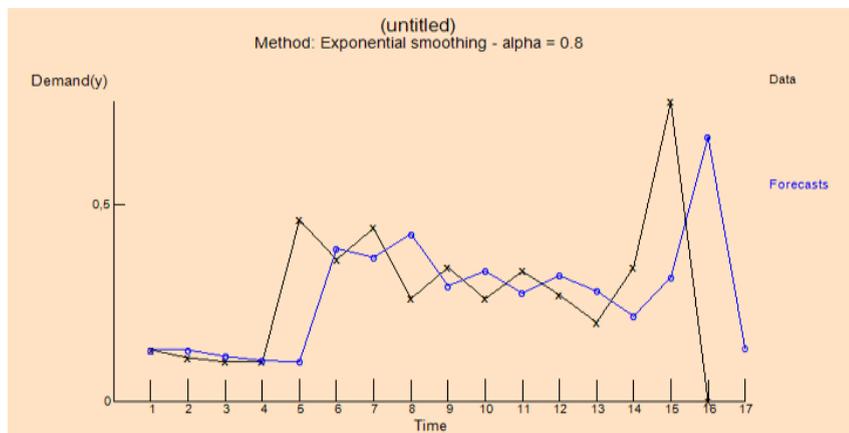
**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**

Gráfico N°5: Pronóstico por PMS con $n=3$, en Canal Altas Masivas



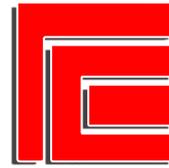
Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico N°6: Pronóstico por Suavizamiento Exponencial con $\alpha=0.8$, en Canal Altas Masivas



Universidad Nacional de Tucumán
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Administración

**XVII Muestra Académica de Trabajos de Investigación
de la Licenciatura en Administración**



Fuente: Elaboración propia