View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Archives of the Faculty of Veterinary Medicine UFRGS

Un analisis de los retornos del ferrocarril central norte de la Argentina para el periodo 1889-1920

María de las Mercedes Abril
mabrilblanco@hotmail.com

Magister en Estadística Aplicada (Universidad Nacional de Tucumán)

Doctorando en Estadística (Universidad Nacional de Tucumán).

Universidad Nacional de Tucumán y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

María Beatriz Blanco
bblanco@herrera.unt.edu.ar

Magister en Sociología Aplicada (Universidad Nacional de Tucumán)

Doctorando en Humanidades, Área Historia (Universidad Nacional de Tucumán)

Universidad Nacional de Tucumán. Argentina

Resumen:

Paso a paso los Ferrocarriles del Estado se convirtieron a finales del siglo XIX y principios del XX en la empresa más importante de la Argentina, por su importancia política y económica de la red. En conjunto, la longitud de vías era mayor que la de cualquiera otra empresa ferroviaria argentina y alcanzaba para 1918 a 6.135 kilómetros en explotación. Nuestro objetivo es analizar el comportamiento económico de la línea del Ferrocarril Central Norte de la Argentina. Para ello se trabajará con las series anuales de kilómetros de vías, pasajeros transportados, cargas en toneladas transportadas y rendimiento del capital invertido en tanto por uno que lo denominamos retorno. A fin de eliminar la influencia de los kilómetros de vías en las series de pasajeros y cargas, se trabaja definitivamente con los pasajeros por kilómetro de vía y cargas en toneladas por kilómetro de vías. Para el análisis se usa los modelos

de espacio de estado y los modelos de volatilidad estocástica. Se encuentra que la volatilidad es la dominante en sus explicaciones, lo que muestra que efectivamente no hubo una política empresarial en el manejo de los ferrocarriles del Estado. Muy por el contrario, todo se hacía con un fuerte sentido de fomento y estaba sujeto a las disponibilidades financieras junto con el crédito externo existente en cada momento de tiempo.

Palabras claves: Espacio de estado, Ferrocarriles, Volatilidad, Series de tiempo.

An analysis of the returns from the North Central Railway of Argentina for the period 1889-1920

Abstract:

By the very end of the XIX century and the beginning of the XX century, the state funded railways slowly became the most important argentine enterprise mainly because of the political and economical importance of this network. Overall, we can say that the track length was higher than any other private railway company and by the end of 1918 was about 6135 kilometres long. Our goal is to analyze the economic performance of the Central Norte line of Argentina. In order to do so, we will use the annual series of track kilometres, carried passengers, transported loads and a measure of the capital invested. But we will take away the influence of the track length and obtain two new series, namely, transported loads by track kilometres and carried passengers by track kilometres. We will analyze all these series using state space models and stochastic volatility models. We will find that the volatility is the feature that dominates the behavior in everything we see. This fact corroborates that there was not and efficient entrepreneurial policy in the administration of this state line. On the contrary, everything was done with a strong sense of promotion and it was related to the financial availability of the time together with the external credit.

Keywords: State space, railways, volatility, time series.

El Ferrocarril Central Norte. Su construcción, importancia y evolución histórica

La formación de esta actividad económica fue primordial para que la Argentina se incorporara plenamente al mundo, intercambiando bienes primarios (alimentos y materias primas) por productos industriales; además de capitales fundamentales para la instalación de la infraestructura básica lo cual permitió atraer a la mano de obra, que vino mayoritariamente de Europa meridional. Las inversiones extranjeras en nuestro país se dirigieron a desarrollar el sistema de transporte, sobre todo ferrocarriles y vehículos urbanos, la infraestructura de puertos, construcciones diversas, servicios básicos y financieros y las bases tecnológicas como ser el mejoramiento de ganado, industria frigorífica, maquinarias agrícola necesarias para el desarrollo agropecuario.

Los ferrocarriles del Estado nacional, como es el caso de la línea que estamos analizando, se desarrollaron en los lugares más alejados de las principales rutas comerciales que convergían hacia la Capital. Se seguía la tendencia del pensamiento liberal de que la acción estatal debía limitarse a operar los tramos del mercado menos rentables, dejando a los capitales privados las zonas de mayores ganancias. La red de los Ferrocarriles del Estado no se construyó de acuerdo a un plan preestablecido, sino que se fue formando por secciones más o menos inconexas, algunas veces respondió a construcciones y proyectos del Poder Ejecutivo o del Congreso y otras por el agregado de líneas ya construidas por compañías particulares.

El Ferrocarril Central Norte, que se proyectó hacia 1868 y terminó siendo inaugurado en 1876, fue la mayor empresa estatal del período anterior a 1880. A pesar de las muchas limitaciones que tuvo dicha empresa, la misma fue de gran ayuda para el desarrollo económico de provincias como Tucumán y a la integración con el modelo de desarrollo económico de provincias como Jujuy y Salta, todas ellas alejadas de la capital y de sus puertos que no atraían a inversores extranjeros. Como un dato a tener en cuenta, hacia 1880 la extensión del tendido de la línea del Central Norte era de 547 kilómetros.

La política ferroviaria durante la presidencia de Miguel Juárez Celman, a mediados de la década de los 1880, puede ser vista como una mezcla de comportamiento irresponsable y optimista. Este tipo de comportamiento también se trasladó a la actividad económica tanto entre los hombres de gobierno como en el sector privado nacional y extranjero, nadie era capaz de resistirse a la prosperidad sin límites que parecía sonreír al país. El resultado fue una crisis profunda y general que comenzó a desatarse a fines de 1889, se hizo incontenible en 1890 y tuvo sus efectos económicos y políticos que duraron hasta fines del siglo. Suele decirse que las políticas ferroviarias de los gobiernos nacionales y algunos provinciales estaban en los orígenes de la crisis. Pero el verdadero motor de la misma no fue el déficit de la balanza de pagos y la retracción del crédito externo, sino la enorme expansión monetaria que concretamente dos medidas gubernativas ocasionaron a partir de 1887; la ley de Bancos Garantidos y el aumento de capital del Banco Nacional, parte del cual se hizo con las libras esterlinas provenientes de la venta de otra línea férrea, conocida con el nombre de Ferrocarril Andino.

Tanto la política como la actividad ferroviaria más que causantes de la crisis fueron víctimas de ella, ya que la obra pública debió suspenderse por algunos años. Desde el punto de vista del rol de empresario,

esta crisis encontró al Estado en una situación de desventaja con ramales dispersos, deficitarios y con obras en curso de realización. El inicio de la década de 1890 fue un punto de inflexión, el cierre de una etapa histórica marcada por la crisis política y económica desatada en dicho año. En lo que respecta al sistema ferroviario todos coincidieron que era necesario un mayor control tanto en el ámbito estatal como privado. Organización y capacidad de funcionamiento eran los principios utilizados por las empresas privadas radicadas en el país y en el extranjero. Estos mismos principios se intentaron aplicar en los ferrocarriles del Estado en una nueva etapa, una vez que se superó la crisis de los ´90 y que se recuperó el ritmo de la construcción.

A mediados de la década de 1890 se inició un nuevo período en el cual el Estado argentino procuró mejorar la funcionalidad de las líneas a su cargo y se plantearon nuevas metas. Una de ellas era la prolongación del Ferrocarril Central Norte, la que tenía un claro sentido estratégico al poder acceder a regiones de reciente ocupación y alejadas de los centros neurálgicos y tradicionales de producción. A su vez, las regiones que atravesaba esta línea eran de gran valor económico ya que se contaba con un amplio abanico de productos tales como, ganado, maderas, azúcar, fruticultura, horticultura, entre otros. El objetivo del Estado en la inclusión de regiones de este tipo era por sobre todo el interés general más que la búsqueda del beneficio económico, cosa que si perseguían las empresas extranjeras las cuales en su mayoría estaban constituidas por capitales privados.

La reforma constitucional de 1898, amplió el número de ministerios creándose el de Obras Públicas, quedando los ferrocarriles bajo su dependencia. La creación de este ministerio significó un importante avance en la organización administrativa de los ferrocarriles nacionales. Sus integrantes tenían la convicción de que era una tarea pendiente el desarrollo de la infraestructura y la promoción de la obra pública y, para llevarlas a cabo, era necesario contar con la cooperación y la experiencia de profesionales y técnicos. En consonancia con estas ideas, se proyectaron obras que respondían a viejos anhelos locales, la mayoría de ellos se fueron concretando a lo largo de las tres décadas siguientes.

El antiguo Central Norte que unía las provincias de Córdoba con Tucumán pasó a poder de la Compañía del Central Córdoba de capitales privados. La red continuó formándose con la prolongación de aquella línea de Tucumán a la localidad Chilcas (hoy Juramento) de 1881 a 1886 y luego a las provincias Salta y Jujuy. En 1896 se fueron incorporando sucesivamente nuevas secciones y la red término adquiriendo su forma definitiva en el año 1916. Paso a paso los Ferrocarriles del Estado se convirtieron en la empresa más importante del país, tanto por su importancia política como por el poder económico que emanaba de dicha red. En conjunto, la longitud de vías era mayor que la de cualquiera otra empresa ferroviaria argentina y alcanzaba para 1918 a 6.135 kilómetros en explotación. La red principal estaba constituida por los ferrocarriles Central Norte y Argentino del Norte, unificados desde 1917 bajo la denominación de Ferrocarril Central Norte Argentino, alcanzaba con sus líneas cerca de 5.000 kilómetros y vinculaba nueve de las catorce provincias argentinas existentes hacia ese entonces, dando salida directa a la producción de las mismas por el puerto de Santa Fe.

Esto significó que más de la mitad de la República Argentina estuvo vinculada en sus esferas económica y comercial a los ferrocarriles del Estado. Ellos llegaron a constituir el eje central de movimiento económico de todo el país.

La red estatal fue creciendo en los períodos de bonanza económica. Las obras se solventaron con recursos del Tesoro y con préstamos internos y externos a cuenta de los futuros ingresos fiscales y en menor medida con los beneficios que podían aportar los mismos ferrocarriles. El Estado se endeudó para llevar a cabo las construcciones y el equipamiento de sus ferrocarriles de acuerdo a la disponibilidad de créditos y cuando las perspectivas de las cuentas públicas alentaban la posibilidad de realizar gastos comprometiendo futuros ingresos. Entre 1900 hasta la primera Guerra Mundial y aun hasta entrado los años treinta, los ferrocarriles recibieron una parte sustancial del presupuesto nacional destinado a obras públicas. Los problemas financieros que afectaron al país a partir de 1913 por la crisis de los Balcanes y que se acentuaron con la Primera Guerra Mundial frenaron las obras públicas en general y por lo tanto la ferroviaria en curso. Recién a partir de 1920 se retomaron los trabajos de construcción, cuando los ingresos fiscales superaron lo previsto en el presupuesto. Los Ferrocarriles del Estado fueron los únicos que continuaron extendiendo sus líneas principales después del conflicto internacional, ya sea mediante nuevas construcciones o por arriendo o compra a compañías particulares. El crecimiento de la red estatal necesitó de grandes inversiones con fondos presupuestarios que no llegaron a generar los ingresos equivalentes para compensar las inversiones realizadas.

Modelado de las series de tiempo económicas

La idea básica de una serie de tiempo es muy simple, consiste en el registro de cualquier cantidad fluctuante medida en diferentes puntos del tiempo. Las cantidades que hacen a la actividad ferroviaria y que son objeto de nuestro análisis ciertamente pueden circunscribirse dentro de esta definición.

Concretamente, una serie de tiempo es un conjunto de observaciones $y_1, y_2, \mathrm{K}, y_n$ ordenadas en el tiempo. El modelo básico y general que se utiliza para representar cualquier serie de tiempo y que intentaremos aplicar en este caso es el modelo aditivo, dado por

$$y_t, = \mu_t + \gamma_t + \varepsilon_t, \qquad t = 1,2,\ldots,n, \qquad (1)$$

donde μ_t es un componente que cambia suavemente en el tiempo llamado *tendencia*, γ_t es un componente con período fijo llamado *estacionalidad* y ε_t es un componente irregular llamado *error*. Como podemos ver, la característica común de todos los registros que pertenecen al dominio de las series de tiempo es que ellos están influenciados, aunque sea parcialmente, por fuentes de variación aleatoria, es decir, por sucesos imprevistos y no planificados de antemano, que ciertamente pueden coincidir con los avatares que la historia plantea.

La principal razón para modelar una serie de tiempo es permitir la predicción de sus valores futuros. La característica distintiva de un modelo de serie de tiempo, opuesto, por ejemplo, a un modelo econométrico, es que no se realiza ningún intento para formular una relación de comportamiento entre la serie de tiempo considerada y otras variables explicativas. Los movimientos de la serie son explicados solamente en términos de su propio pasado, o por su posición con relación al tiempo o por su estructura. Las predicciones, que es nuestro objetivo primordial en este caso, son realizadas mediante extrapolación.

Numerosas series de tiempo económicas no tienen una media constante y en la mayoría de los casos se observan fases en donde reina una relativa tranquilidad seguido de períodos de importantes cambios. Una gran parte de la investigación actual en series de tiempo se concentra en extender la metodología clásica y comúnmente usada de Box y Jenkins para analizar este tipo de comportamiento. Ahora bien, existe una característica presente en las series de tiempo que se refieren a activos financieros (o directamente series de tiempo financieras) y otras series referidas a actividades económicas y es lo que se conoce como *volatilidad*, que puede ser definida de varias maneras, pero que no es directamente observable. Para tomar en cuenta la presencia de grupos de volatilidad en una serie financiera es necesario recurrir a modelos conocidos como *modelos heterocedásticos condicionales*. En estos modelos, la varianza (o volatilidad) de una serie en un dado instante de tiempo, depende de su pasado y de otras informaciones disponibles hasta aquel instante de tiempo, de modo que se debe definir una varianza condicional, que no es constante y no coincide con la varianza global (incondicional o no condicional) de la serie observada.

Modelos de espacio de estado

El *modelo básico de espacio de estado* (o *MBEE* de acuerdo a sus siglas) utilizado para describir el comportamiento, en términos generales de cualquier serie de tiempo se lo puede expresar matemáticamente de la siguiente manera

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_t &= \mathbf{Z}_t\,\boldsymbol{\alpha}_t + \boldsymbol{\varepsilon}_t \qquad \boldsymbol{\varepsilon}_t \sim N\,(0,\mathrm{H}_t) \\ \boldsymbol{\alpha}_t &= \mathbf{T}_t\,\boldsymbol{\alpha}_{t-1} + \mathbf{R}_t\boldsymbol{\eta}_t \qquad \boldsymbol{\eta}_t \sim N\,(0,\mathrm{Q}_t) \end{aligned} \tag{2}$$

donde $\mathbf{y}_t$ es un vector de orden p x1 de observaciones, $\boldsymbol{\alpha}_t$ es un vector de orden m x 1 inobservable denominado *vector de estado* y $\mathbf{Z}_t$ $\mathbf{T}_t$ y $\mathbf{R}_t$ son matrices conocidas. A la primera ecuación de (2) se la suele denominar *ecuación de medida* y a la segunda, *ecuación de transición*. Antes de dejar de lado a (2) debe destacarse que a la misma se la puede pensar como un modelo de regresión lineal en donde $\mathbf{Z}_t$ es la matriz de regresores y $\boldsymbol{\alpha}_t$ es el vector de coeficientes los cuales, en general en este enfoque, son estocásticos. La representación anterior constituye una forma muy general de representar a una serie de tiempo, en donde otros modelos que suelen utilizarse y que son altamente populares, como los modelos *ARIMA* son casos particulares.

El modelo completo descrito en (2) provee herramientas poderosas para el análisis de una amplia clase de problemas. En particular, permite a los coeficientes variar en el tiempo inclusive dentro de un esquema estocástico y también permite encarar el trabajo en los casos no estacionarios, que suelen ser los más complicados para el análisis y modelado dentro del enfoque tradicional y que usualmente suceden en situaciones prácticas. Es claro que el modelo de espacio de estado de (2) es mucho más general que los usados tradicionalmente en series de tiempo siendo estos últimos casos particulares del modelo presentado en (2) tal como se lo puede ver en la obra de Harvey (1989) y Durbin y Koopman (2012).

La idea subyacente detrás del modelado de espacio de estado de las series de tiempo es modelar separadamente los diferentes componentes de la serie y poner juntos esos submodelos en un solo

modelo lineal. Las estimaciones pertinentes de (2) se las hace mediante la aplicación de elementos tales como el *filtro* y el *suavizador de Kalman*.

En términos muy breves podemos decir que el objetivo del filtro de Kalman es actualizar nuestro conocimiento del sistema cada vez que una nueva observación es obtenida.

Una vez que el modelo ha sido puesto en la forma de espacio de estado, el camino está abierto para la aplicación de un número importante de algoritmos estadísticos. En el centro de ellos está al filtro de Kalman. Este filtro es un procedimiento recursivo para computar el estimador óptimo del vector de estado en el momento *t* basado en la información disponible hasta ese momento de tiempo. Por otra parte, el suavizador es usado para estimar componentes no observables, tales como tendencia, ciclo y estacionalidad, y para calcular estadísticos de diagnóstico que sirven para detectar observaciones atípicas y cambios estructurales y está basado en toda la muestra.

La volatilidad

La volatilidad de una serie de tiempo se define como la varianza de una variable aleatoria, condicional a toda la información pasada. Como la volatilidad no puede ser medida directamente, la misma puede manifestarse de varias maneras en una serie de tiempo, en especial para aquellas que hacen a la actividad económica de cualquier país o región como es este caso.

Sea $\mathbf{y}_t$ la serie bajo estudio de dimensión $p = 1$ Definimos

$$\mu_t = E(y_t \mid F_{t-1}) = E_{t-1}(y_t), \qquad (3)$$

$$h_t = \text{var}(y_t \mid F_{t-1}) = E\{(y_t - \mu_t)^2 \mid F_{t-1}\}$$

$$= E_{t-1}(y_t - \mu_t)^2 = \text{var}_{t-1}(y_t), \qquad (4)$$

como la media y la varianza condicionales de y_t dada la información hasta el instante t - 1 contenida en F_{t-1}.

Un modelo usual para tomar en cuenta la volatilidad es de la forma

$$y_t = \mu_t + \sqrt{h_t}\,\varepsilon_t, \qquad (5)$$

donde $E_{t-1}(\varepsilon_t) = 0$ y $\text{var}_{t-1}(\varepsilon_t) = 1$ y típicamente ε_t son independientes e idénticamente distribuidos (o *IID* de acuerdo a sus siglas) con distribución F. La media y la varianza incondicional de y_t se denotarán como $\mu_t = E(y_t)$ y $\sigma^2 = \text{var}(y_t)$, respectivamente y sea G la distribución de y_t. Resulta claro que las expresiones (3) y (4) y F determinan μ, σ^2 y G pero no lo contrario. Mayores detalles sobre esta formulación pueden verse en la obra de Abril (2013). Dependiendo de la definición de h_t se llega a otros tipos de modelos como ser los modelos *ARCH*, *GARCH* y otras variantes similares que no presentaremos en este trabajo.

La volatilidad estocástica

En el modelo estándar de espacio de estado expresado en (2) la varianza del error observacional ε_t frecuentemente se supone que es constante. En el análisis de series de tiempo financieras suele verse

que la varianza del error observacional está sujeta a una sustancial variabilidad a través del tiempo. Este fenómeno se conoce con el nombre *agrupamiento de la volatilidad*. La variabilidad de los modelos para este tipo de series puede ser obtenida por medio los llamados *modelos de volatilidad estocástica* (o *SV* de acuerdo a sus siglas en inglés). Los modelos *SV* tienen una fuerte conexión con el enfoque de espacio de estado. Un tratamiento alternativo de los modelos con varianzas estocásticas heterogéneas del error se encuentra expresado en el *modelo autorregresivo con heterocedasticidad condicional* (o modelos *ARCH* de acuerdo a sus siglas en inglés) y sus refinamientos conocidos con los nombres de modelos *GARCH*, *TARCH*, etc. para nombrar solo alguno de ellos.

Denotemos la serie bajo estudio como y_t . Un modelo básico y general para una serie de tiempo definida por y_t con *SV* que intentaremos ajustar para nuestros datos estará dado por

$$y_t = a + \sigma \exp(\tfrac{1}{2}\Theta_t)\,\varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0,1), \qquad (6)$$

donde la media a y el desvío estándar promedio σ se suponen que son fijos y desconocidos. La señal Θ_t es vista como el logaritmo no observado de la volatilidad y puede ser modelado de la forma usual como $\Theta_t = Z_t \alpha_t$ donde α_t es generada por la segunda línea en la fórmula (2) con los $\boldsymbol{\eta}_t$ distribuidos como $p(\boldsymbol{\eta}_t)$ la que no necesariamente es Gaussiana. En los casos estándares Θ_t se encuentra modelado por un modelo autorregresivo de primer orden con disturbios Gaussianos, esto es

$$\Theta_t = \rho\Theta_{t-1} + \eta_t \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_t^2), \quad 0 < \rho < 1 \qquad (7)$$

Resulta claro que una adecuada transformación de la expresión (6), junto con la (7), forman un sistema de ecuaciones similares a la fórmula (2), de allí su uso conjunto con los modelos de espacio de estado.

Podemos considerar numerosas extensiones a los modelos *SV*. Por ejemplo, las distribuciones Gaussianas pueden ser reemplazadas por distribuciones con colas pesadas tales como las distribuciones *t*. Esta extensión suele ser apropiada ya que muchos estudios empíricos encuentran outliers, o valores excepcionales debidos a cambios inesperados. Dicho fenómeno se conoce en la literatura económica con el nombre de *mercados recalentados*.

El modelo básico *SV* expresado en (6) captura solamente las características salientes de la volatilidad cambiante en las series a través del tiempo. Este modelo se hace más preciso cuando modelamos la media de y_t incorporando variables explicativas. Otra útil extensión de un modelo *SV* se encuentra en la inclusión de la volatilidad en el proceso de la media que permite la medición de los premios al riesgo ofrecidos por el mercado en aplicaciones económicas. Cuando el riesgo, tal como fue medido por medio de la volatilidad, es alto, los actores del mercado desean recibir un premio mayor por sus transacciones. Un modelo como este recibe el nombre de *modelo SV en la media* (o modelo *SVM* de acuerdo a sus siglas en inglés).

Resulta ser un problema sumamente complicado realizar la estimación de los parámetros para los modelos *SV*; basta leer las obras de Shephard (1996) y Ghysels et al. (1996) para interiorizarnos acerca de esta situación. Las técnicas lineales Gaussianas solo ofrecen estimadores por máxima verosimilitud aproximados de los parámetros y solamente pueden ser aplicadas para el caso del modelo básico SV como el que hemos mostrado en (6).

Análisis de las series económicas bajo estudio

El ferrocarril dio a la sociedad en general, y a nuestro país en particular, un instrumento de circulación y de transporte de una velocidad y de una capacidad tan amplia, que alteró para siempre las relaciones establecidas hasta ese entonces por los factores geográficos.

La capacidad de transporte generada por el ferrocarril se multiplico muchas veces, los tiempos se acortaron, la seguridad aumentó y ello contribuyó a desarrollar el mercado interno nacional y permitir la exportación de los productos agropecuarios propios de nuestro país como así también el transporte de grandes cantidades de pasajeros.

Para el análisis del desempeño del mencionado ferrocarril tenemos dos conjuntos de series. Por un lado nos encontramos con las series de vías (expresadas en kilómetros), pasajeros, cargas (expresadas en toneladas) y retornos siendo este ultimo una medida de la ganancia del capital invertido. Dichas series se muestran en la **Figura 1**. Por otra parte, en la **Figura 2**, tenemos las series pasajeros por kilómetro de vías, cargas por kilómetro de vías (expresadas en toneladas) y nuevamente nos encontramos con los retornos. Es necesario destacar que la razón de expresar tanto los pasajeros como las cargas con relación a los kilómetros de vías se centra en poder dejar de lado la influencia que la extensión de esta línea férrea tiene sobre estas dos cantidades.

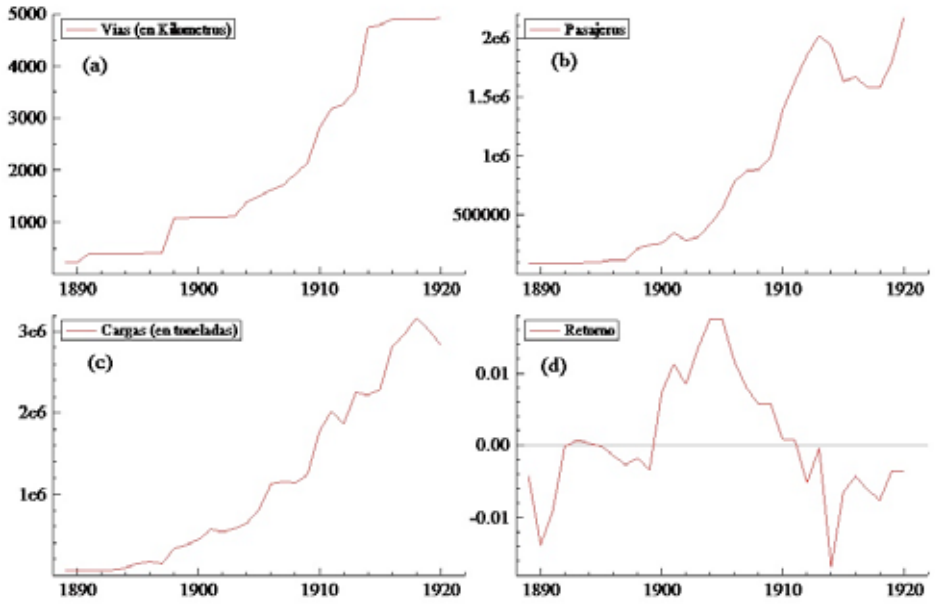

Figura 1: Series originales anuales desde 1889 hasta 1920. (a) Extensión de vías en km; (b) cantidad de pasajeros transportados; (c) cargas transportadas en toneladas y (d) retorno sobre el capital invertido

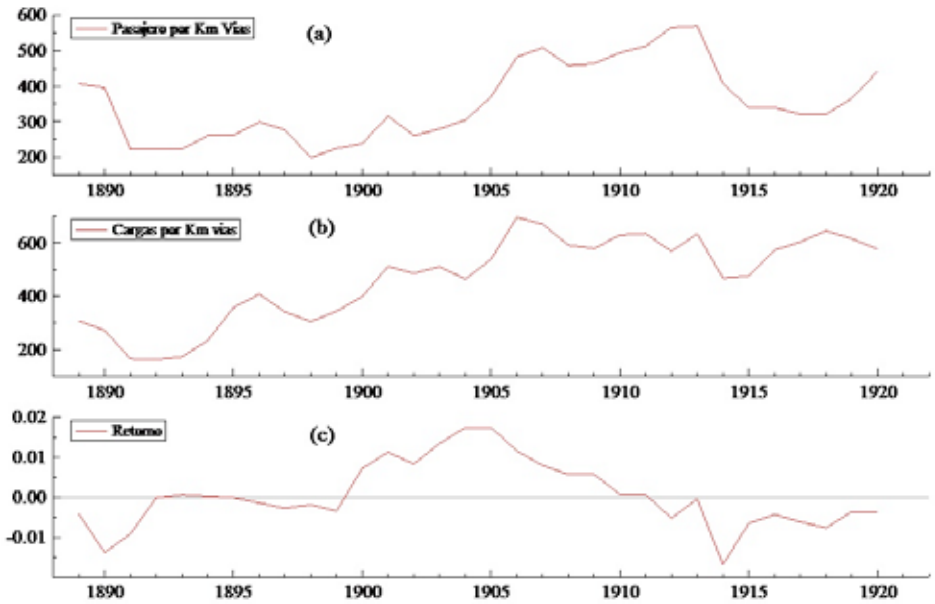

Figura 2: Series anuales por kilómetro de vías desde 1889 hasta 1920. (a) Cantidad de pasajeros transportados por km de vías; (b) cargas transportadas por km de vías en toneladas y (c) retorno sobre el capital invertido

Toda esta información fue obtenida del compendio estadístico denominado "*Estadísticas de los Ferrocarriles en Explotación*" y relevada por el Ministerio de Obras Públicas de la Nación Argentina. La misma será presentada principalmente por medio de gráficos.

Antes de comenzar con nuestro análisis es necesario destacar que los métodos gráficos son una excelente manera de comenzar una investigación para luego poder sumergirnos en el objeto de nuestro estudio de forma más detallada. Entre las funciones que cumplen los gráficos que presentamos a continuación se encuentran las siguientes

Hacen más visibles los datos bajo estudio, los sistematizan y sintetizan.

Ponen de manifiesto sus variaciones y su evolución histórica o espacial.

Pueden evidenciar las relaciones entre los diversos elementos de un sistema o de un proceso y representar la correlación entre dos o más variables.

Su estudio definitivamente sugerirá hipótesis y permitirá la aplicación modelos estadísticos que pueden ir desde aquellos más simples, a otros mucho más elaborados, como los que hemos estado presentando y discutiendo detenidamente en las secciones anteriores de nuestro trabajo.

Para la serie de kilómetros de vías se ajustó un modelo estructural básico como aquel que hemos expresado en la forma de espacio de estado en (2) con un nivel fijo, una pendiente estocástica y una intervención (o *outlier*) como variable explicativa en el año 1913 para capturar un valor extraordinario en los movimientos irregulares. Dicha serie temporal se muestra claramente en la **Figura 3** en donde podemos ver los kilómetros de vías conjuntamente con la tendencia, la tendencia expresada en forma individual, la pendiente y el componente irregular, estimados.

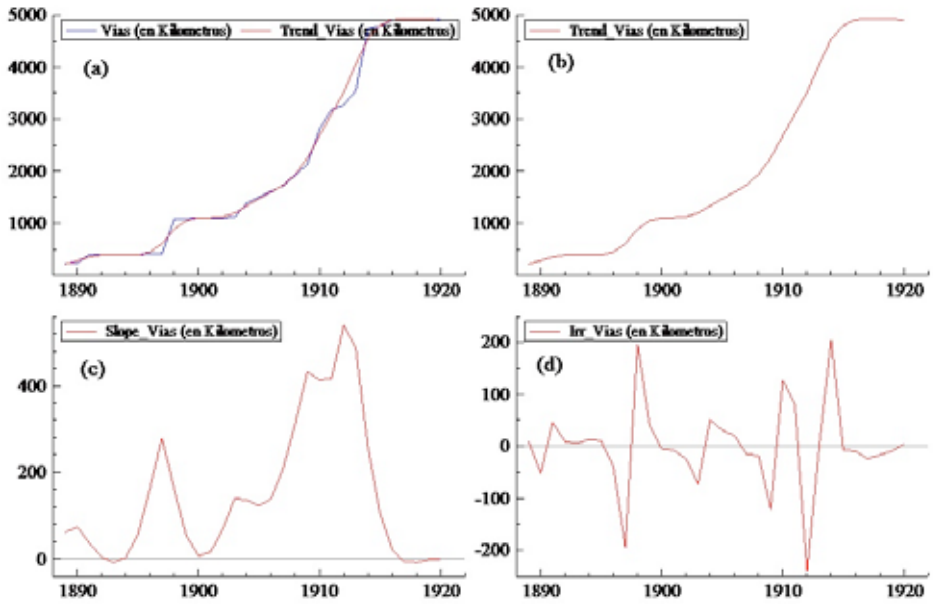

Figura 3: Serie anual de extensión de vías en km desde 1889 hasta 1920. (a) Serie original (línea azul) y su tendencia estimada (línea roja); (b) tendencia estimada; (c) pendiente estocástica estimada y (d) componente irregular estimado

A continuación analizamos los residuos que surgen de ajustar el modelo pertinente a esta serie. Dichos residuos, que se expresan en la **Figura 4**, son graficados dentro de una banda de confianza del 95%. Es posible ver que la gran mayoría de los mismos se encuentran dentro de esa banda, lo cual es un excelente indicador de que el modelo elegido es el correcto para describir el comportamiento de esta serie. Si bien, a la hora de observar detenidamente el espectro el mismo podría llevarnos a pensar que no estamos dentro de una buena senda, pero la escala resulta ser tan pequeña que los residuos van a terminar describiendo un proceso de ruido blanco, cosa que efectivamente tratamos de alcanzar cuando lidiamos con series temporales de este tipo. En el último apartado de esta figura podemos ver que la densidad de los residuos se ajusta bastante bien a una densidad normal, lo cual nos vuelve a confirmar que el modelo que hemos elegido para realizar nuestro análisis es el adecuado.

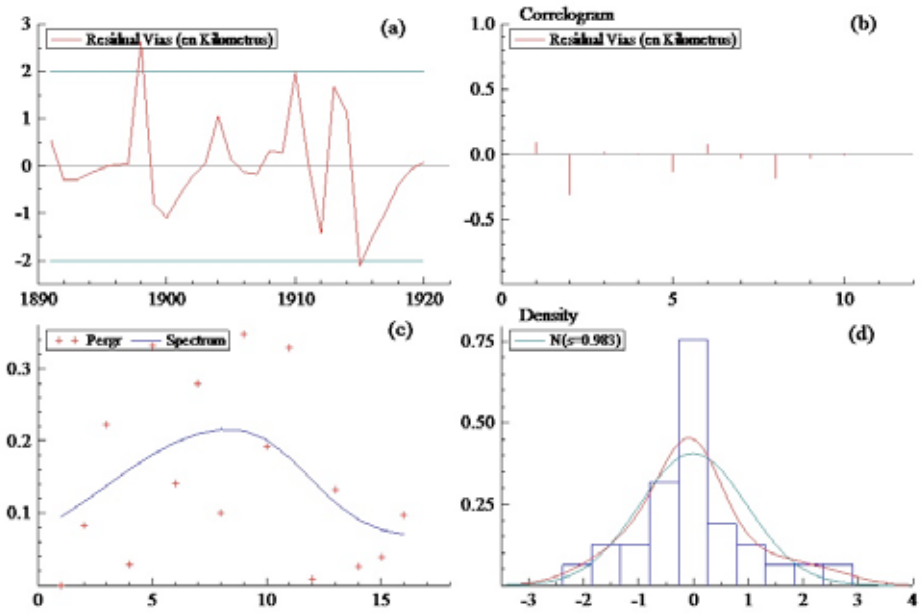

Figura 4: Residuos luego de ajustar el modelo pertinente a la serie anual de extensión de vías en km desde 1889 hasta 1920. (a) Residuos; (b) correlograma estimado de los residuos; (c) periodograma y densidad espectral estimada de los residuos y (d) histograma de los residuos, distribución empírica de los residuos (línea roja) comparada con la correspondiente distribución normal (línea verde)

Una de las grandes ventajas que surge al aplicar el enfoque de espacio de estado, a diferencia de lo que sucede cuando utilizamos el enfoque tradicional, es que podemos separar cada componente de la serie bajo consideración y analizarlo en forma individual. Dicho análisis se hace en la **Figura 5** de nuestro trabajo en donde tomamos los residuos del componente irregular y los residuos de la pendiente, los cuales son un buen indicador de como se comporta el modelo que hemos elegido. Se observa efectivamente que los mismos siguen un buen comportamiento ya que su densidad se ajusta de una muy buena manera a la densidad de una distribución normal. Dicho análisis no hace otra cosa que refrendar el hecho de que el modelo que hemos elegido es el adecuado a la hora de describir el comportamiento de la serie que muestra la extensión de las vías férreas para el periodo comprendido entre los años 1889 a 1920.

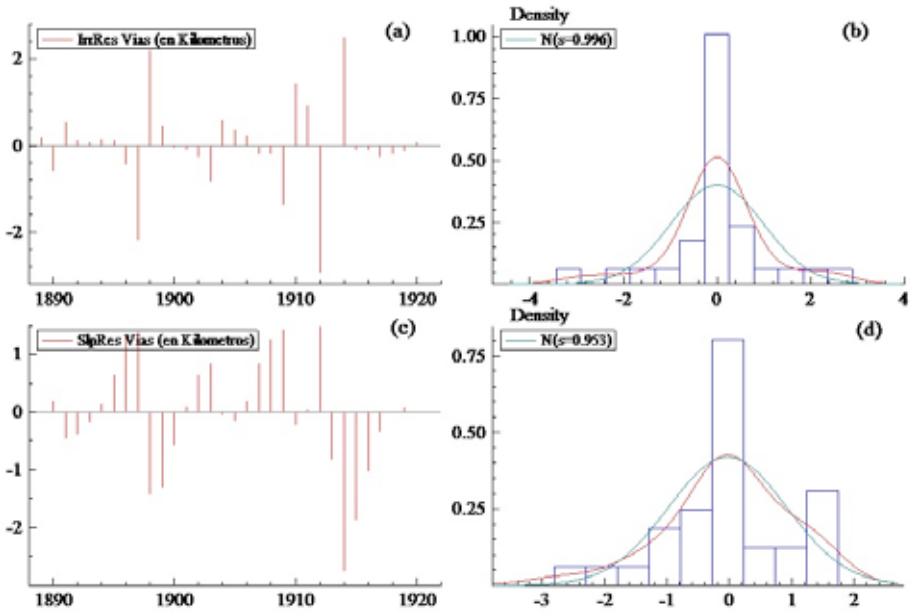

Figura 5: Residuos del componentes irregular y pendiente estimados luego de ajustar el modelo pertinente a la serie anual de extensión de vías en km desde 1889 hasta 1920. (a)Residuos del componente irregular; (b) histograma de esos residuos, distribución empírica de los mismos (línea roja) comparada con la correspondiente distribución normal (línea verde); (c) residuos del componente pendiente y (d) histograma de esos residuos, distribución empírica de los mismos (línea roja) comparada con la correspondiente distribución normal (línea verde)

Este modelo explica perfectamente el gran impulso en el tendido de las vías que se fue dando desde 1896 hasta 1913 con pendiente estocástica positiva. El outlier de 1913, capta un hecho de suma importancia en la historia mundial que tendrá grandes efectos en la economía argentina y corresponde a la crisis de los Balcanes que es un preludio de la Primera Guerra Mundial. A partir de esta última fecha, la pendiente estocástica se hace prácticamente cero en consonancia con el desarrollo de la Guerra y sus consecuencias económicas, las cuales afectarán de gran manera a la línea férrea que estamos analizando. Por consiguiente, la evolución en el tendido férreo disminuirá significativamente a partir de este importante hecho histórico.

En el caso de las series de pasajeros por kilómetro de vías y de cargas por kilómetro de vías (expresadas en toneladas) se intentó ajustar a cada una de ellas un modelo de espacio de estado como el dado en (2) pero resultó que no era adecuado para describir el comportamiento de ambas series. Por lo tanto se probó con un modelo de *SV* como el dado en (6) y (7), con resultados satisfactorios de acuerdo a lo analizado más abajo.

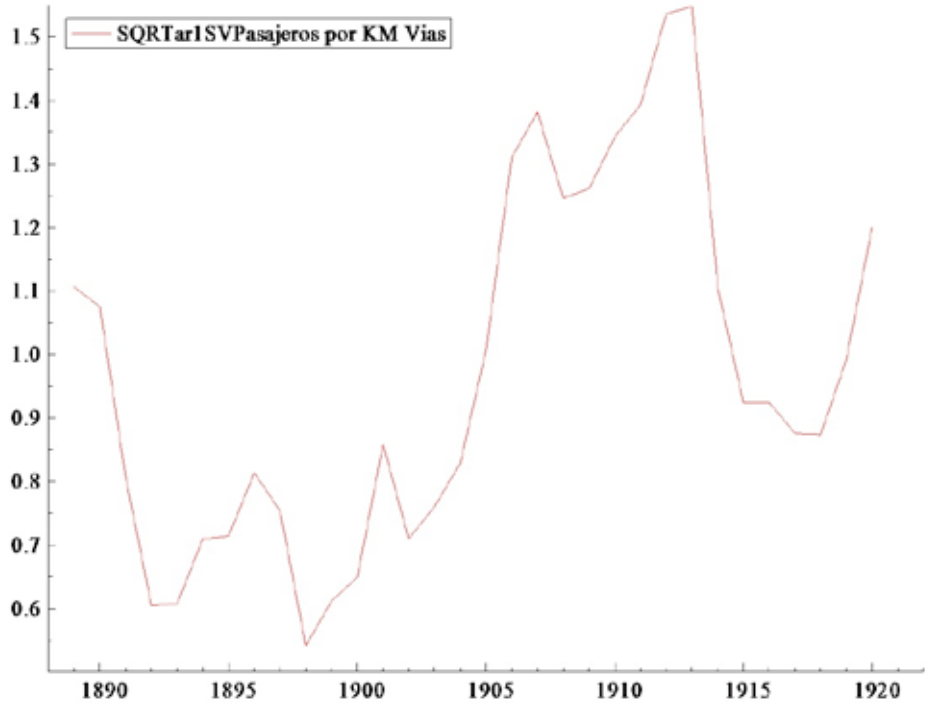

Figura 6: Estimación de un modelo de volatilidad de acuerdo a lo expresado en las fórmulas (6) y (7) para la serie de pasajeros por kilómetro de vías desde 1889 hasta 1920

Para las series de pasajeros por kilómetro de vías, se encontró que un modelo de *SV* como el de (6) con $a = 0$ junto con (7) es el correcto a la hora de explicar su comportamiento a través del tiempo, dicha situación se expresa claramente en la **Figura 6**. En este caso podemos ver que la volatilidad estocástica es la dominante ya que los disturbios ε_t resultaron ser variables con una varianza extremadamente pequeña. El valor estimado de ρ para el modelo que ajustamos a esta serie de acuerdo a la ecuación (7) es igual a $\rho = 0{,}890605$.

Lo que se mostró en este caso es que la volatilidad es un componente muy importante de la serie y se encuentra íntimamente relacionada con los valores de la misma. Dicha situación se vuelve observar con suma claridad en la **Figura 7**, que describe la situación de la serie observada de pasajeros por kilómetros de vías en donde el gráfico describe una línea recta que parte prácticamente desde el origen y que tiene una pendiente positiva. Cabe destacar que en caso particular de esta serie, se observó que fue necesario introducir una intervención, la cual constituye un recurso estadístico para poder captar hechos extraordinarios, como variable explicativa en 1891 que correspondió a una crisis de la balanza de pagos y a una irresponsable política ferroviaria durante la presidencia de Miguel Juárez Celman.

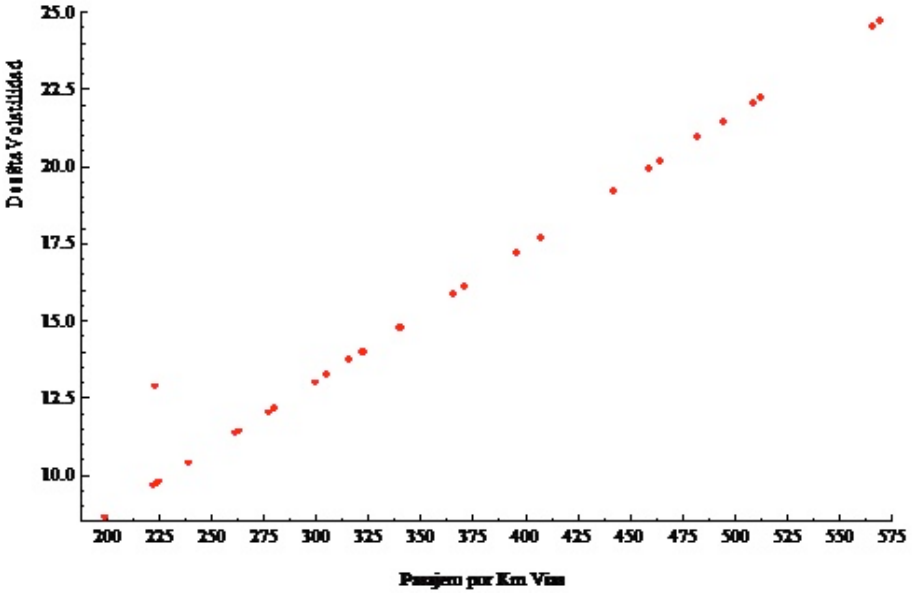

Figura 7: Gráfico de los valores estimados que surgen de la aplicación del modelo planteado en (6) y (7) (eje vertical) junto con los correspondientes valores de la serie observada de pasajeros por kilómetro de vía (eje horizontal)

Para la serie de cargas en toneladas por kilómetro de vías se presentó una situación bastante peculiar ya que no fue necesario introducir intervenciones de ningún tipo y pudimos aplicar el modelo tal cual lo establece la literatura estadística. El valor estimado de ρ para el modelo que ajustamos a esta serie de acuerdo a la ecuación (7) es igual a ρ = 0,95282. Sin embargo, a la hora de contrastar a la serie con la volatilidad surge un hecho especial y que se observa en la **Figura 8**. Existe una relación importante entre la volatilidad y la serie de cargas bajo estudio pero la misma no puede explicada de forma única por el modelo de volatilidad que hemos propuesto ya que existen otras fuerzas que intervienen en el comportamiento de esta serie. Estas fuerzas podrían estar en cuestiones históricas, que escapan al mero análisis estadístico, tales como el continuo discutir de la tarifa de fletes, cuestión descripta por publicaciones especializadas de la época y por el hecho que ya hemos mencionado al comienzo de nuestro trabajo de que estas líneas férreas que acercaban la producción de centros alejados a las zonas centrales fueron construidas y principalmente administradas con un sentido más de fomento a la producción de los centros alejados de la capital que de ganancia económica en el sentido estricto del término.

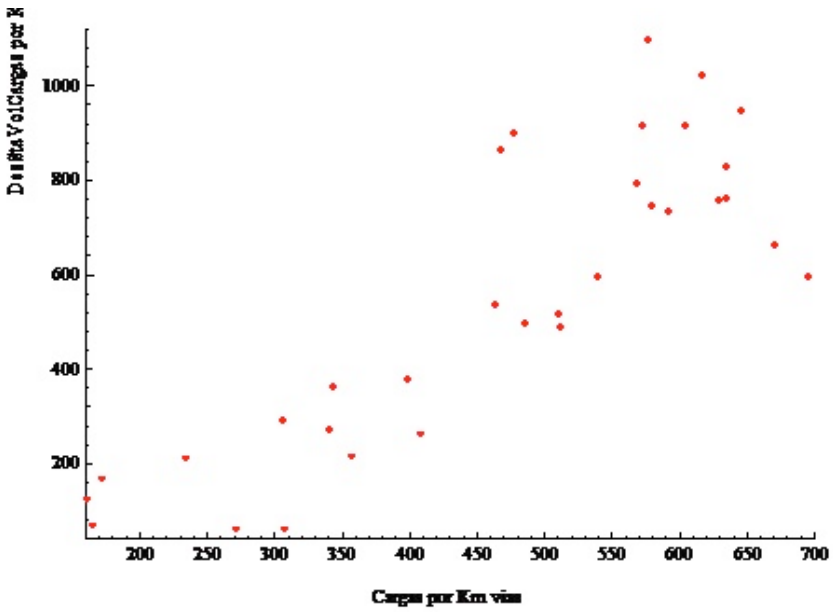

Figura 8: Gráfico de los valores estimados que surgen de la aplicación del modelo planteado en (6) y (7) (eje vertical) junto con los correspondientes valores de la serie observada de cargas por kilómetro de vías (eje horizontal)

En el caso de la situación que se plantea en la **Figura 9**, cuando nos tocó analizar los retornos se debió poner dos intervenciones para poder ajustar adecuadamente el modelo a los datos; una en 1892 en consonancia con la crisis de la balanza de pagos antes nombrada y otra en 1913 que corresponde a la crisis de los Balcanes previa al inicio de la Primera Guerra Mundial. El valor estimado de ρ para el modelo que ajustamos a esta serie de acuerdo a la ecuación (7) es igual a $\rho = 0{,}740776$. La relación de los retornos con la volatilidad se muestra claramente en el gráfico a continuación. Aquí podemos ver que el modelo se ajusta de muy buena manera y muestra un comportamiento similar al que vimos para el caso de la serie de pasajeros por kilómetros de vías tanto cuando los retornos son negativos como cuando los mismos son positivos.

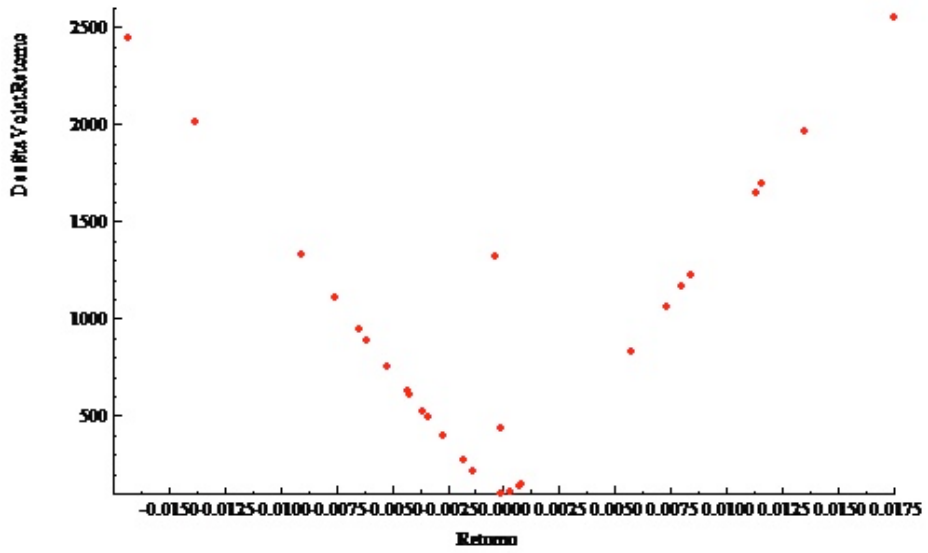

Figura 9: Gráfico de los valores estimados que surgen de la aplicación del modelo planteado en (6) y (7) (eje vertical) junto con los correspondientes valores de la serie observada de retornos (eje horizontal)

Conclusiones

El viejo dicho popular "*Una imagen vale más que mil palabras*" resulta ser bastante adecuado a la hora de iniciar un análisis formal de cualquier conjunto de información. Antes de aplicar cualquier método estadístico a los datos que estudiamos resulta fundamental observarlos con el propósito de poder familiarizarse con ellos. Esto tiene beneficios claros ya que este proceso nos sirve como indicador de ideas para un estudio posterior más detallado o para confirmar, de una forma más precisa aquello que se estableció en la literatura correspondiente a esta rama de la ciencia, tal como es nuestro objetivo en este caso.

En nuestro país, la aparición del ferrocarril no significó como en las naciones europeas, un beneficio de orden económico y social y un perfeccionamiento de la industria de los transportes. Fue más bien, y antes que eso, un elemento de evolución política; fue el factor que con mayor eficacia ayudó a vencer los desiertos que aislaban los núcleos de población y creaban en cada uno individualidades que hacían ilusoria toda idea de unidad nacional.

Con respecto a los datos que hemos estudiado, los cuales provienen de las "*Estadísticas de los Ferrocarriles en Explotación*", podemos decir que los mismos no fueron obtenidos sino mucho después de la terminación del periodo al cual se refieren, debido principalmente a lo complejo de la explotación ferroviaria y a los múltiples servicios anexos que la complementan. Uno de los principales inconvenientes que surgió a la hora de tratar con este tipo de información fue la falta de uniformidad y de criterio único para clasificar los datos. Los métodos para compilar estos datos estadísticos fueron

diferentes para cada empresa y, en general, muy deficientes. Sin embargo, la poca información obtenida y que fue procesada en el transcurso de este trabajo nos da una buena idea del desarrollo de esta actividad en nuestro territorio.

Entre las características estadísticas salientes de las series que hemos analizado, podemos ver que la volatilidad es la dominante en sus explicaciones, o sea, en la gran mayoría de ellas se evidencia una variabilidad condicional que cambia a través del tiempo. En términos históricos, todo esto muestra y avala el hecho de que en no hubo una política empresarial adecuada en el manejo de los ferrocarriles del Estado. Muy por el contrario, todo se hacía con un fuerte sentido de fomento a las producciones locales y estaba sujeto a las disponibilidades financieras junto con el crédito externo existente en cada momento de tiempo.

Como la mayoría de las líneas construidas en el país, y también en el resto de América Latina, el Ferrocarril Central Norte de la Argentina fue más el resultado de una demanda previa que el generador de una demanda nueva. Los Ferrocarriles del Estado, tal es el caso de esta línea en particular, llegaron a absorber hasta valores mayores al 30% del presupuesto de obras públicas sin tener en cuenta los recursos propios que podían invertirse en los mismos ferrocarriles. Podemos decir que a pesar del impacto positivo que generaron los ferrocarriles en nuestro país, por ser el medio de transporte fundamental de personas y cargas, los mismos adolecieron de una inadecuada administración y una insuficiencia crónica de recursos financieros que a la larga terminó afectando su funcionamiento. En general, los servicios ferroviarios operaban de manera provisoria y no se acababan las obras ni se procedía al equipamiento adecuado en calidad y cantidad de material rodante. Esas falencias explican la baja rentabilidad observada. Fue necesario que el Estado invierta grandes sumas de capital para poner en marcha a esta empresa. Sin embargo, los ingresos obtenidos de este medio de transporte no tuvieron la magnitud esperada y los gastos derivados de su mantenimiento fueron por demás onerosos.

Bibliografía

Abril, Juan Carlos. **Análisis de Series de Tiempo Basado en Modelos de Espacio de Estado**. EUDEBA: Buenos Aires, 1999.

Abril, María de Las Mercedes. **El Enfoque de Espacio de Estado de las Series de Tiempo para el Estudio de los Problemas de Volatilidad**. Tesis Doctoral completa. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 2013.

Bollesley, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, n. 31, 1986, p.307-27.

Cuccorese, Horacio. **Historia de los Ferrocarriles en la Argentina**. Editorial Macchi: Buenos Aires, 1984.

Diario "EL ORDEN" de la provincia de Tucumán (Años 1900 y siguientes).

Durbin, J.; Koopman, S. J. **Time Series Analysis by State Space Methods**. 2 ed. Oxford University Press: Oxford, 2012.

Engle, R. F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of the United Kingdom inflation. **Econometrica**, n.50, 1982, p.987-1007.

Estadísticas de los Ferrocarriles en Explotación. (Ejercicio 1936 -1937). Tomo XLV, Ministerio de Obras Públicas de la Nación. Talleres Gráficos del Ministerio de Obras Públicas: Buenos Aires, 1942.

Ghysels, E.; Harvey, A. C.; Renault, E. Stochastic volatility. In: Rao, C. R.; Maddala, G. S. (eds.). **Statistical Methods in Finance**. North-Holland: Amsterdam, 1996, p. 119-91.

Harvey, A. C. **Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter**. Cambridge University Press: Cambridge, 1989.

Hobsbawm, Eric J. **Industria e Imperio**. Ariel: Barcelona, 1982.

Koopman, S. J.; Harvey, A. C. ; Doornik, J. A.; Shephard, N..**Structural Time Series Analyzer, Modeler and Predictor:** STAMP. Timberlake: London, 2000.

López, Mario Justo; Waddell, Jorge E. **Nueva Historia del Ferrocarril en la Argentina. 150 Años de Políticas Ferroviarias**. Lumiere: Buenos Aires, 2007.

Ministerio de Obras Públicas de la Nación. **Estadísticas de los Ferrocarriles en Explotación**. Tomo XIX. Imprenta Guillermo Krieguer: Buenos Aires. (1910 y siguientes).

Salerno, Elena. La evolución y los problemas de los Ferrocarriles del Estado durante la primera mitad del siglo XX. In: **Nueva Historia del Ferrocarril en la Argentina. 150 Años de Políticas Ferroviarias**. Lumiere: Buenos Aires, 2007.

Shephard, N. Statistical aspects of ARCH and stochastic volatility. In: Cox, D. R.; Hinkley, D. V.; Barndorff-Nielsen, O. E. (Eds.). **Time Series Models in Econometrics, Finance and Other Fields**. Chapman and Hall: London, 1996. p. 1-67.

Recebido em setembro de 2013
Aprovado em setembro de 2013