



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ACATLÁN



PRONÓSTICOS PARA LA POBLACION PENITENCIARIA EN MÉXICO APLICANDO LA METODOLOGIA BOX-JENKINS

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN MATEMATICAS
APLICADAS Y COMPUTACION

P R E S E N T A:

MARCELINO DAVID VILLEGAS BRAVO

ASESOR: MTRA. MARÍA DEL CARMEN GONZÁLEZ VIDEGARAY



0349811

NOVIEMBRE 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo de investigación, está dedicado principalmente a **mis padres**, por todo el apoyo que me han brindado, por sus valores y por su cariño. Una mención especial a **mi madre**, por la ayuda incondicional que de ella recibí, para concluir la licenciatura. A **mi padre** por estar siempre orgulloso de su hijo.

A **Karina** mi esposa le agradezco todo su amor, comprensión y el tiempo que me entregó para cerrar este ciclo. A mi hermana **Myrna**, gracias por el apoyo. Al "**Piojo**", al "**Chimo**", al "**Beno**" y a "**Treviño**" les agradezco su hermandad, apoyo y compañía, pues han sido mi equipo durante largo tiempo. A **Marco, Israel, Carlos, Dulce, Nancy, Daniel, Edgar y Lougi**, gracias por la amistad de antaño que conservamos y seguimos cultivando, los estimo demasiado. A los que ya no están, mil gracias, ¡no los he olvidado!. A mi profesora y asesora **Ma. Del Carmen** gracias por el gran ejemplo, ahora entiendo porque siempre esta sonriendo, es una excelente persona. A todos aquellos que sin ser mencionados, han compartido algún momento de mi vida y sembrado algo bueno en mí, gracias. A la **UNAM**, por haberme brindado una preparación profesional y un espíritu justo, le agradeceré infinitamente.

Y al final por ser el más importante, a **Dios**, por haberme dado el regalo más preciado de mi vida, **Leo** eres lo máximo hijo, te amo. A todos, mil gracias!

Con cariño, David Villegas

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	III
CAPITULO I.- Demografía penal en México	1
1.1 Características de la población penal en México	1
1.2 Población total de reclusos y su estadística	2
1.3 Población del fuero federal y fuero común	5
1.4 Situación actual de los centros de reclusión en México	9
CAPITULO II.- Introducción a los pronósticos	11
2.1 Historia de los pronósticos	11
2.2 La necesidad de pronosticar	13
2.3 Tipos de pronósticos	16
2.4 Metodología del pronóstico	18
CAPITULO III.- La metodología Box-Jenkins	20
3.1 Técnica de Box-Jenkins	20
3.2 Definición y conceptos básicos de los modelos ARIMA	24
3.3 Modelos ARIMA	30
3.3.1 Modelo MA(q)	30
3.3.2 Modelos AR(p)	33
3.3.3 Modelos ARMA(p, q)	37
3.4 Aplicación de la metodología	40
CAPITULO IV.- Aplicación de Box-Jenkins	45
4.1 Presentación del problema	45
4.2 Desarrollo de la solución	48
4.2.1 Estimación para la población total de reclusos en México	48
4.2.2 Estimación para la población del fuero común	57
4.2.3 Estimación de la población del fuero federal	64
4.3 Presentación final de los pronósticos	66
CONCLUSIONES	67
APÉNDICE DE SERIES DE TIEMPO	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

INTRODUCCIÓN

El avance que despliega el mundo contemporáneo ha obligado al desarrollo de sistemas organizacionales complejos cuyo análisis requiere métodos de modelado y control sofisticados. Para esto, las técnicas de investigación de operaciones nos proporcionan métodos adecuados para representar el funcionamiento de los sistemas, ya sea en forma determinística o probabilística, permitiendo entender, analizar y optimizar sus medidas de desempeño. Gracias al desarrollo de las computadoras, el modelado ha presentado una enorme evolución, a últimas fechas es común observar a las personas creando ambientes completos en sus escritorios, por medio de modelos, que si bien la mayoría de las veces son de tipo determinístico y estático, representan el primer paso dentro del modelado.

Cabe mencionar que una vez logrado el modelo, es necesario incorporar elementos que permitan que los resultados simulados sean más semejantes a los que en la realidad se presentaran. Por ejemplo, la incorporación de procesos probabilísticos que consideren la variabilidad implícita en la naturaleza, para llegar así, a los procesos estocásticos. Modelos de este tipo como son la teoría de colas, fueron desarrollados hace varias décadas y su vigencia esta presente en nuestros días. Si un ejecutivo fuera capaz de incluir procesos estocásticos en sus análisis, estaría en la posibilidad de manejar modelos de complejidad tal, que mediante técnicas como la simulación podría incluir la variabilidad a través del tiempo y de esa forma observar la dinámica del sistema.

Dado el entorno de la situación aparece la necesidad de la Matemática Aplicada, la cual permite converger a una mezcla de disciplinas como son la estadística, teoría de colas, teoría de confiabilidad, procesos estocásticos, etc., que auxiliados por la potencia de los equipos de cómputo actuales y la programación, permiten explorar y establecer ambientes adecuados para la toma de decisiones en cualquier rama organizacional.

Es de vital importancia en este trabajo la presencia de los pronósticos y la simulación, dado que son herramientas que todo profesional encargado de optimizar un sistema, debe conocer, pues éstas le permitirán establecer de forma adecuada, panoramas próximos para su organización, logrando así un correcto funcionamiento y obtención de metas.

El auge de las disciplinas mencionadas ha tocado la mayoría de las empresas, ya sean de comercio, producción, ventas y como punto de estudio para este trabajo, el gobierno federal de nuestro país, que por la postura actual es visto y trabajado como una macroempresa, la cual, como es de esperar, se ve y se verá en la necesidad de recurrir a la potencia de la matemática aplicada, para lograr un correcto desempeño de sus funciones.

Como sabemos la matemática por sí sola parecería desarrollar aplicaciones subjetivas y de poca funcionalidad, si son vistas como un sistema aislado, pero en el momento de ser incluida en un equipo interdisciplinario, su aplicación logra alcanzar niveles superiores y más apegado a la realidad de cualquier organización; caso explícito el objetivo de este trabajo, que es presentar una aplicación fidedigna acerca de una situación de importancia media para nuestro gobierno, pero que puede presentar en un futuro no muy lejano, un foco de problemas tanto sociales como políticos, que podrán repercutir en ramas de vital importancia en el país. El punto en estudio, es el comportamiento de la población penitenciaria en México, bajo la perspectiva de los pronósticos y en particular de la metodología Box-Jenkins. Para lograr este estudio fue necesario compaginar recursos matemáticos y un marco conceptual de la situación, el cual permite establecer el medio ambiente para el desarrollo del proyecto, dicho marco fue obtenido de fuentes reales y con total validez.

Lo que espero como resultado de este trabajo es una serie de propuestas para lograr un control en la demografía penal de nuestro país, las cuales deberán estar fundamentadas y enfocadas en el comportamiento futuro de dicha población, pero basados en el comportamiento pasado y presente, de ahí, el porqué de la aplicación de los pronósticos. Además cabe mencionar que en caso de que las propuestas se llevaran a la aplicación, lo que se ganaría, sería un conjunto de efectos benéficos para la sociedad mexicana tales como:

- Disminución en los índices delincuenciales en el país.
- Disminución en los gastos generados por la población penitenciaria, mismos que son cubiertos con los impuestos que cada uno de los habitantes del país paga.
- Frenar el comportamiento exponencial que la población penitenciaria viene presentando en la última década.

Una vez mencionados algunos de los puntos que impulsan esta investigación, únicamente resta mencionar que el proyecto es sólo una presentación de lo que se puede lograr a través de una aplicación matemática, esperando que los resultados sean valorados y estudiados como una factible solución al problema presentado y que deberán ser de suma importancia para la sociedad mexicana, que se encuentra amedrentada por la delincuencia y la violencia que nos rodea.

*En este mundo
habitan dos tipos de personas,
los que viven para el mal,
y los que permiten que el mal exista ...*

Albert Einstein

DEMOGRAFÍA PENAL EN MÉXICO

1.1 Características de la población penal en México

El mundo contemporáneo, junto con su acelerado ritmo de vida, han llevado a la humanidad a recrudecer sus relaciones internas, logrando únicamente un aumento en la violencia, trasgresión de derechos, y en general a la comisión de delitos; estos hechos hacen que la problemática penal sea una situación de suma importancia y que desgraciadamente en nuestro país toma tintes de gravedad, además de que la sociedad relega, como única solución a las estrategias adoptadas por el gobierno y a las dependencias encargadas de la impartición de justicia.

La estructura de nuestro país presenta un esquema federativo, por lo cual estamos dentro de una Constitución Política, documento que se encarga de regular situaciones propias de la federación, así como de establecer estatutos de vida para los habitantes de la misma. Dentro de este organismo ejecutivo, legislativo y judicial, encontramos la necesidad de mediar y solventar conflictos propios de una vida en sociedad, por lo cual existen una serie de códigos, que

tienen como objetivo estipular posibles situaciones y soluciones a las relaciones que se puedan presentar dentro de alguna entidad federativa. Las situaciones de interés, para efectos de este estudio son las que regulan los códigos penales; por lo cual es necesario aclarar que un código penal es un compendio de artículos que establecen y sancionan situaciones irregulares en las relaciones de los habitantes de nuestro país, llamando a estas situaciones irregulares delitos.

De manera precisa ***un delito es el acto u omisión sancionado por las leyes penales***¹.

Según la estructura de nuestro país es posible identificar dos sectores de aplicación de justicia penal, el fuero común y el fuero federal, cada sector presenta características propias, así como delitos que persigue. Tanto el fuero común como el federal serán estudiados más adelante, presentando el comportamiento de su población.

1.2 Población total de reclusos y su estadística

Hasta el mes de Enero de 2004, el departamento de Estadística Penitenciaria de la Secretaría de Seguridad Pública, proporciona el dato de 184,721 reclusos en sus distintos centros de reclusión², de los cuales la mayor parte corresponde al carácter regional (Reclusorios, cárceles regionales y carácter común), y sólo 4 son Centros Federales de Readaptación Social (CEFRESOS). De la cantidad presentada podemos identificar proporciones tanto de hombres como de mujeres; dado que para el estudio en cuestión no son de trascendencia estos datos sólo los mencionaré por esta ocasión; proporción de hombres para Enero 2004: 95.29%, proporción de mujeres a la misma fecha 4.71%. A continuación se presenta una gráfica acerca del comportamiento de la población total del mes de Enero de 1990 a Enero de 2004, en la cual se identifican situaciones importantes para nuestro estudio y que servirán para la aplicación de la metodología Box-Jenkins. La base

¹ Código penal para el distrito federal, Libro primero, p.7, 5ª. Edición, ED. Porrúa

² Fuente oficial IFAI Instituto Federal de Acceso a la Información.

numérica de este trabajo se presentará en un apéndice al final, esto con el fin de agilizar y hacer de mayor interés el contenido del capítulo.

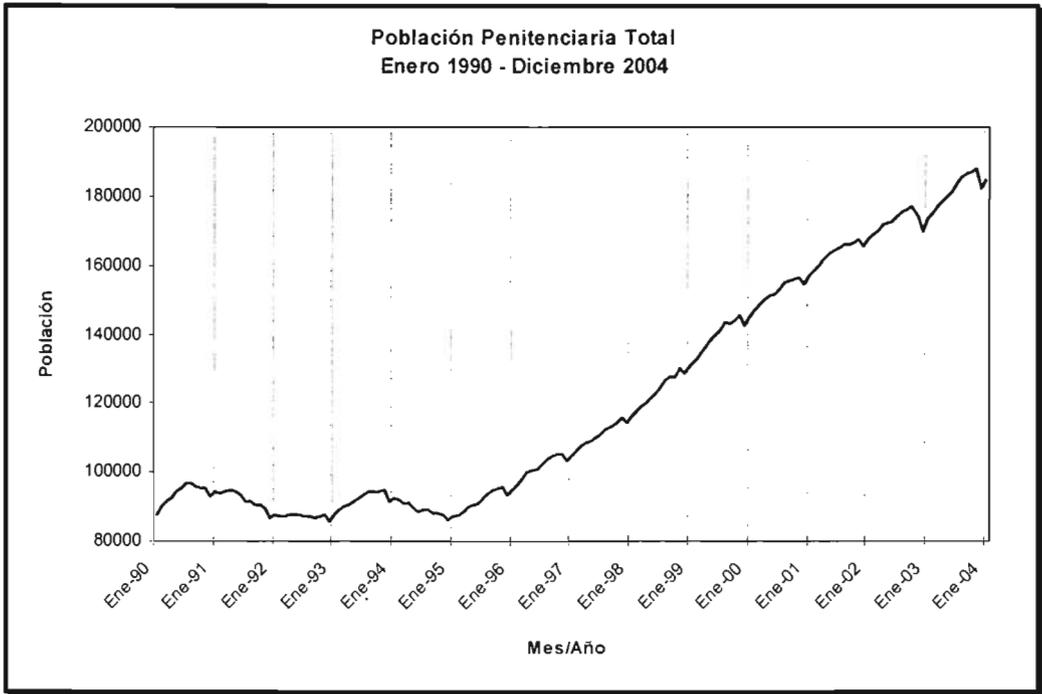


Figura 1.1 Gráfica correspondiente al periodo Enero 1990 – Enero 2004

Como se puede observar en la **figura 1.1**, el comportamiento de la población total, refleja fenómenos sociales reales, mismos que encuentran una representación gráfica y serán analizados a continuación:

- a) De 1990 a 1994 el gobierno federal y los gobiernos estatales establecieron políticas orientadas a la prevención y control de delitos, por lo cual en ese periodo se logra percibir cierta estabilidad en la población, sin tendencia al crecimiento, por consecuencia se encuentra en esta etapa el nivel más bajo de la población en los últimos 14 años.

- b) Durante el año de 1994 se puede establecer un patrón en el comportamiento de la población total, mismo que se mantiene hasta la fecha y cuyas causas son las siguiente: aumento exponencial en la captura, inicio de proceso penal y dictado de sentencia a reclusos, bajo ajustes de los códigos penales, además que se autoriza una política de preliberaciones a reclusos con buena conducta durante los meses de diciembre y enero de cada año, esto como un gesto de bondad por parte de las autoridades penitenciarias; dicho evento provoca en la representación gráfica un reconocimiento periódico (cada doce meses).
- c) Por desgracia, el gráfico nos permite observar la tendencia desenfrenada al crecimiento de la población, lo cual es consecuencia del descuido de la seguridad pública, de la corrupción y en general de la situación de crisis económica que el país atraviesa.
- d) Una de las ventajas que presenta esta serie de tiempo, es, que después de 1995 la población se comporta de una forma constante, presenta una tendencia al crecimiento con fenómenos periódicos.
- e) Es necesario mencionar que la importancia y confidencia de la información utilizada en esta aplicación es muy alta, además de que en la actualidad las políticas del gobierno, permiten a cualquier ciudadano tener acceso a la mayoría de la información expulsada por su procedimientos administrativos, básicamente a través del IFAI (Instituto Federal de Acceso a la Información Publica)

Una vez establecidas las características del comportamiento de la población total en las penitenciarías de nuestro país, procedo al estudio de sus subconjuntos, mismos que son de suma importancia en este documento.

1.3 Población del fuero federal y fuero común

Dentro de la serie de tiempo en cuestión, es posible identificar dos subconjuntos, mismos que se distinguen por la procuración de justicia que cada uno de ellos recibe, como primer desarrollo, tomaré al fuero común para describir sus características y comportamiento. Como punto de partida es bueno definir al **fuero común**, como la jurisprudencia estatal que se encarga de sancionar los delitos cometidos dentro de cierta demarcación política; en otras palabras, es el conjunto de recursos con los que cuenta una entidad local para establecer penas a los delitos cometidos dentro de sus áreas de control, siempre y cuando no sean de competencia federal.

Podemos identificar a los delitos comunes como aquellos reciben sanciones establecidas por elementos judiciales de una demarcación en cuestión y entre los más cometidos encontramos:

- Robo en algunas variantes
- Lesiones
- Faltas administrativas
- Faltas a la moral
- Trasgresión de derechos morales
- Etc.

Es de mencionar que los delitos que se presentan en este fuero, son los que se cometen con mayor frecuencia, ya que incluyen al *Robo* en algunas de sus variantes, delito más cometido y sancionado por el fuero común a nivel nacional, esto como reflejo de la condición social y económica por la que atraviesa el país.

A continuación en la **figura 1.2** presentaré y analizaré el comportamiento de la población del fuero común con auxilio de su representación gráfica.

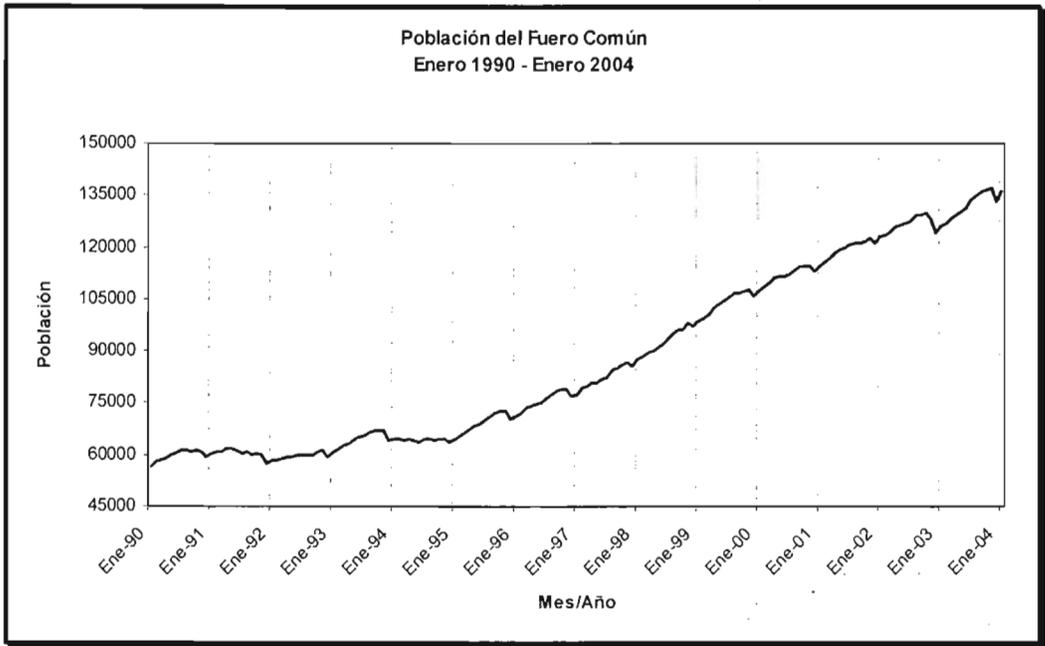


Figura 1.2 Gráfica correspondiente al periodo Enero 1990 – Diciembre 2004

Para este subconjunto de la población podemos identificar las siguientes características:

- a) Dada su mayor proporción, es la población que establece el comportamiento del total de los reclusos.
- b) De igual forma la población común se presenta controlada hasta 1995, a partir de ahí la explosión en su demografía tiene un comportamiento con tendencia al crecimiento y con fenómenos periódicos.

- c) Dado que entre sus filas se encuentran los delitos más frecuentes, la reincidencia penal es muy continua, engrosando la población del fuero común.
- d) En gran parte de los casos castigados por el fuero común, las sentencias no son mayores a los 5 años de prisión y en muchas ocasiones se puede solventar con una sanción económica.

Como se observa, el fuero común es el que aporta la mayoría del total y su comportamiento será el que defina el futuro, aunque cabe mencionar que la población federal a últimas fechas presenta tendencias a la alza.

Aprovechando la mención del **fuero federal**, procederé a analizar su situación, la cual es de suma importancia, dado que este fuero es el rubro que imparte justicia dentro del territorio federal y en algunas excepciones territorio local, como en el caso de zonas federales (aeropuertos, centros de negocios, vías de comunicación, etc.). Es de mencionar, que el fuero federal no comparte su código penal con el fuero común, dado que los delitos que persiguen y los mecanismos para ajusticiarlos son distintos. Entre los delitos más perseguidos por el fuero federal encontramos:

- Delitos contra la salud
- Portación de arma de fuego exclusiva del ejército y fuerza aérea
- Ataque a las vías de comunicación
- Contrabando de mercancías
- Etc.

Como es de notarse los delitos contra la salud son sancionados por este fuero y el fenómeno social a últimas fechas nos hace suponer que su crecimiento se encuentra a la alza. A continuación presentaré las principales características de dicha población, para después plasmarlos en su representación gráfica:

- a) Los delitos que competen al fuero federal presentan un mayor grado de complejidad, por lo que sus sanciones son mayores a las establecidas por el fuero común y como consecuencia su población es menor.
- b) Las penas establecidas por lo general, no son susceptibles de fianza por consecuencia la duración de las penas presentan un mayor rango que las del común, e incluso se puede presentar el caso de acumulación de penas, por lo que la periodicidad en los fenómenos de la población federal, aunque esta presente no es tan marcada como en el fuero común, específicamente las preliberaciones a final de cada año.
- c) Como detalle importante, menciono que esta población presenta a últimas fechas tendencias crecientes, dado que México se ha transformado de intermediario de drogas a uno de los principales consumidores en Latinoamérica.
- d) Aunque carezco del dato exacto puedo estimar que una mayoría del porcentaje de la población federal se encuentra recluida por delitos contra la salud.

Es de mencionar que a últimas fechas este fuero ha sido el más atacado por campañas y políticas de las instituciones que se dedican a la prevención del delito, y también se han presentado propuestas de ley que impidan la creciente tendencia en la comisión de este tipo de delitos.

A continuación en la **figura 1.3** presento la gráfica que nos permite corroborar las características antes mencionadas.

Gráfica correspondiente al periodo Enero 1990 – Diciembre 2004

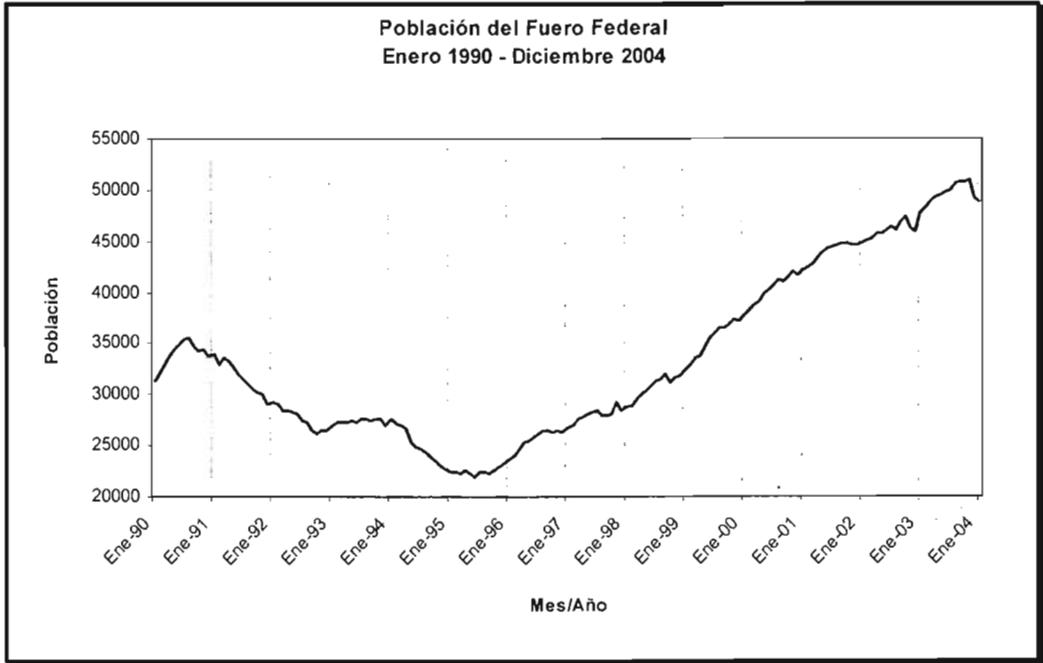


Figura 1.3 Gráfica correspondiente al periodo Enero 1990 – Diciembre 2004

1.4 Situación actual de los centros de reclusión en México

Como apartado final de este capítulo se establece la situación actual de los centros de reclusión en nuestro país. Comenzando por mencionar que dadas las dimensiones de la población total y no teniendo los datos exactos acerca de la sobrepoblación penitenciaria, y estableciendo un supuesto categórico, que "el número de centros de reclusión es insuficiente para el número tan elevado de reclusos".

La situación antes mencionada ha tenido como consecuencias la siguientes problemáticas:

- i) Los centros penitenciarios se saturan por encima de sus capacidades, ocasionando conflictos dentro de la sociedad reclusa.
- ii) La falta de verdaderos programas de rehabilitación desembocan en escuelas del crimen, de las cuales salen elementos con más vicios, técnicas y reprimendas hacia la sociedad, de la que tenían al entrar.
- iii) Los costos que generan dichos centros son absorbidos por los impuestos que genera la población activa de nuestro país, en parte por la federación y otro tanto por los impuestos estatales.
- iv) El hecho de la reincidencia en los ex convictos, ocasiona una explosión demográfica aún mayor:
- v) Apegados a los derechos humanos, son de todos conocidas las condiciones deplorables en que los reclusos penitenciarios se desenvuelven, y sin caer en un trato especial necesitan condiciones adecuadas para sanar sus problemáticas.

Dados los hechos presentados, es notoria la importancia de un estudio adecuado acerca de la población penitenciaria, el cual permita reparar algunas de las carencias que han sido arrastradas en las distintas administraciones. Una excelente opción es la aplicación de métodos matemáticos con el objeto de mejorar la toma de decisiones. En este proyecto, me oriento hacia la obtención de pronósticos que permitan plasmar posibles situaciones con respecto a las poblaciones penitenciarias; esto a través de la metodología de Box Jenkins.

*El poder es controlar una situación,
al pronosticar buscamos el control,
una forma de ser poderoso es pronosticando...*

David Villegas

INTRODUCCIÓN A LOS PRONÓSTICOS

2.1 Historia del pronóstico

Desde que la humanidad desarrolló un sentido común, una de sus principales preocupaciones ha sido el ambiente de incertidumbre dentro del cual se desenvuelve, por lo que ha buscado la forma de predecir su futuro. La situación planteada ha ocasionado a lo largo de la historia, una secuencia de hechos de charlatanería, como la lectura de cartas, lectura de la mano o cualquier infinidad de incoherencia existente a la fecha, a las cuales muchas personas recurren en búsqueda de saber ¿Qué pasará dentro de una hora, un día o años?; de todo esto algo bueno ha resultado, pues gente con bases científicas ha tratado de describir de manera aproximada el estado $n+1$ de un evento, dado un estado n ya conocido, a esto le llamaremos pronóstico. Es importante mencionar que los pronósticos a los cuales se refiere este trabajo de investigación no se basan en situaciones esotéricas sino en explicaciones probabilísticas de fenómenos que se desarrollan a lo largo de un periodo de tiempo, por lo cual el término **proceso estocástico** sale a colación. Definimos proceso estocástico como aquel fenómeno

que es susceptible de cambiar de estado en un tiempo determinado, ligado a una probabilidad.

La gran mayoría de las técnicas existentes para la obtención de pronósticos fueron desarrolladas en el siglo XIX; como ejemplo se puede mencionar al análisis de regresión. Es de notarse que buena parte de las técnicas presentadas en libros contemporáneos son más innovadoras, como ejemplo se pueden mencionar, la metodología de Box-Jenkins o los modelos ARCH.

Con el desarrollo de técnicas más complejas y auxiliadas por los equipos de cómputo de vanguardia, los pronósticos recibieron más atención durante los últimos años. Dicha situación se debe en gran parte al desarrollo de la PC; dado que los profesionales de distintas ramas, tienen acceso y necesidad de técnicas de análisis de datos, más complejas y exactas.

Al crecer la preocupación de los profesionistas por el proceso de pronosticar, se continúan desarrollando nuevas técnicas que se preocupan más por los errores y la confiabilidad del pronóstico. Es raro que los pronósticos coincidan de forma exacta con el futuro, una vez que se nos presenta éste, los pronosticadores sólo pueden intentar que los inevitables errores sean minimizados, es decir establecer parámetros de acción para una futura toma de decisiones. Una persona que pronostica no debe quedar desilusionada por no encontrar un pronóstico exacto, pues debe recordar que existe el azar.

2.2 La necesidad de pronosticar

A raíz de que la mayoría de los procesos existentes, están sujetos a imprecisiones, surge la pregunta ¿Por qué es necesario pronosticar?, la respuesta esta en el hecho de que todas las organizaciones trabajan bajo un ambiente de incertidumbre, y que a pesar de éste hecho se deben tomar decisiones que afectan el futuro de la organización; por lo cual el peso de los pronósticos ha recaído en los mecanismos analíticos y no en los intuitivos.

Lo anterior no quiere decir que lo intuitivo sea malo, por el contrario, los instintos de quien pronostica con frecuencia proporcionan información valiosa y en ocasiones el pronóstico más certero. El pronosticar conlleva la complementación del sentido común y la capacidad de una persona para la toma de decisiones. Es notorio mencionar que la toma de decisiones auxiliada por el pronóstico es mejor cuando existe una comprensión tanto cualitativa como cuantitativa, dado que a final de cuentas el futuro no es más que azar.

Antes de la llegada de las técnicas modernas de pronosticar y del poder de las computadoras, el juicio de quien tomaba una decisión era la única herramienta disponible, aunque no podemos confirmar que los pronósticos intuitivos son menos precisos que los cuantitativos, los primeros carecen de manera categórica de una popularidad en las organizaciones contemporáneas.

El ser humano posee un conocimiento único de información interior que no está disponible en los métodos cuantitativos. Sin embargo de manera sorprendente, estudios empíricos y experimentos de laboratorio han demostrado que sus pronósticos no son más precisos que los de los métodos cuantitativos.

El ser humano tiende a ser optimista y subestimar la incertidumbre del futuro. Además, el costo del pronóstico con métodos de juicio, es a menudo considerablemente más alto que cuando se utilizan métodos cuantitativos [Makridakis, 1986].

Se piensa que quien pronostica de manera más efectiva es capaz de formular una hábil mezcla de buen juicio y técnicas de pronóstico cuantitativas, así como evitar una total dependencia de alguno. En un extremo podemos presentar al ejecutivo que por ignorancia de las técnicas cuantitativas y de las computadoras, se basa sólo en su intuición y juicio. En el extremo contrario tenemos al pronosticador capacitado en técnicas complejas de manipulación de datos, que no es capaz o no desea relacionar su pronóstico con las necesidades directas de la organización dictadas por su intuición.

A últimas fechas la confianza que se tiene en las nuevas tecnologías y disciplinas de pronóstico, ha logrado que sean aplicables en cualquier tipo de organización. La actividad gubernamental en los países se ha intensificado en todos los niveles; la competencia se cierra en todas las áreas; en casi toda industria se implanta el comercio exterior; crecimiento en el sector servicios, etc. Estos factores se combinaron para crear un clima organizacional, más complejo, con una dinámica más rápida y más competitiva que nunca. Las organizaciones que no puedan reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes y prever el futuro con algún grado de precisión, están condenadas a la desaparición.

Las computadoras junto con las técnicas cuantitativas, se han vuelto más que recomendables en las empresas modernas, se han vuelto indispensables. La situación presentada ha provocado la generación de grandes cantidades de datos y una enorme necesidad de extraer información útil, conocida como minería de datos. Las herramientas modernas de pronóstico, junto con esa enorme parafernalia del cómputo, se convierten de lujo a necesidad en el mundo moderno.

En resumen, la necesidad de pronosticar cruza todas las líneas funcionales, lo mismo que todo tipo de organizaciones. Se requiere hacer pronósticos en el área de finanzas, comercialización, personal, producción, en cualquier ámbito que permita obtener datos a futuro. En las siguientes cuestiones se puede observar la necesidad de algunos procedimientos de pronóstico:

- ¿Qué ingresos en impuestos públicos se pueden esperar en el gobierno de un estado durante los próximos dos años?
- ¿Qué factores se pueden identificar, que ayuden a explicar la variabilidad de las ventas mensuales de algún comercio?
- ¿Para el próximo año se puede esperar una baja en el precio de algún producto de exportación?
- ¿Qué parte del erario público será destinado a los gastos generados por la población penitenciaria de nuestro país?
- ¿Para el año 2010, cuantos mexicanos se encontraran reclusos en centros de rehabilitación penitenciaria?

Estas y otras cuestiones, son ejemplos claros de los alcances que las técnicas de pronósticos tienen, y permiten observar el campo de acción que tienen dichas técnicas.

2.3 Tipos de pronósticos

Cuándo ejecutivos de cualquier empresa se enfrentan a la necesidad de tomar decisiones en una atmósfera de incertidumbre, ¿qué tipos de pronósticos tienen disponibles?. En primer lugar, se deben clasificar los procedimientos de pronóstico de largo y corto plazo. Los pronósticos a largo plazo son necesarios para establecer el curso general de la organización para un periodo largo; de ahí que se conviertan en un enfoque para la alta dirección de las empresas. Los pronósticos a corto plazo se utilizan para plantear estrategias inmediatas que enfrenten las necesidades de un futuro cercano.

También se podría clasificar a los pronósticos en término de su posición en el entorno micro-macro, es decir, según el grado en que intervienen pequeños detalles contra grandes valores. Ejemplo, el gerente de una planta esta interesado en pronosticar el número de trabajadores que requerirá los próximos meses (un micro pronóstico), mientras que el gobierno de un país esta pronosticando el número total de empleados en toda la nación (macro pronóstico).

Los procedimientos de pronóstico pueden también clasificarse de acuerdo con una tendencia a ser más cuantitativos o cualitativos. En uno de los extremos, una técnica puramente cualitativa es aquella que no requiere de una abierta manipulación de datos, sólo se utiliza el juicio de quien pronostica. Desde luego incluso aquí, el juicio del pronosticador es el resultado de la manipulación mental de datos históricos del pasado. Por el otro lado tenemos las técnicas puramente cuantitativas, las cuales no requieren de elementos de juicio; son procedimientos mecánicos que producen resultados cuantitativos. Es necesario marcar que ciertos procesos de este tipo requieren de una manipulación de datos, mucho más compleja que otros. No debemos olvidar, que junto con los procedimientos y manipulación de datos, se deben emplear elementos de juicio y sentido común, para lograr un buen pronóstico.

Una vez que se conocen los distintos tipos de pronóstico, será necesario tomar una inclinación hacia alguno, para lo cual existen varios factores a considerar en la selección del método. Se debe contemplar el nivel de detalle: sea específico (micro) o para una aplicación de ámbito global (macro); ¿se necesita el pronóstico para un futuro cercano o distante (largo y corto plazo)? y ¿hasta que grado es conveniente utilizar el juicio o la manipulación de datos?

Aunque no existen reglas para la elección del método de pronóstico, lo único que se debe buscar por el método, es que los resultados que ofrezca sean claros para quien los usarán en la toma de decisiones, así mismo, no olvidar la precisión que nos pueda ofrecer. Pues aunque es lógico que no se encontrará la exactitud, si se puede minimizar el margen de error.

2.4 Metodología del pronóstico

Todos los procedimientos formales de pronóstico comprenden la extensión de las experiencias obtenidas en el pasado hacia un futuro incierto. De ahí la suposición de que las condiciones que generaron los datos anteriores son indistinguibles de las condiciones futuras, con excepción de aquellas variables reconocidas de manera explícita por el modelo de pronóstico. Considerando que la suposición de pasado y futuro indistinguibles no se cumplen, resultarían pronósticos imprecisos, a menos que se modifique el juicio de quien pronostica.

Dado que las técnicas de pronóstico funcionan sobre datos generados en sucesos históricos pasados, se ha logrado identificar cuatro pasos en el proceso del pronóstico:

1. Recopilación de los datos
2. Reducción o condensación de datos
3. Construcción del modelo
4. Extrapolación del modelo

En la primera etapa se marca la importancia de obtener los datos adecuados y asegurarse de que sean correctos, caso contrario, se obtendría un pronóstico muy alejado del futuro. Con frecuencia este paso es el que presenta mayores retos, dado que los siguientes pasos, trabajan utilizando esta información. Siempre que se hace necesario obtener datos pertinentes en una organización, abundan los problemas de recopilación y control de calidad.

Es importante marcar que en nuestro país no encontramos una cultura informática adecuada, la gran parte de las organizaciones que la presentan, la adquieren de su esencia transnacional, dado que la evolución que éstas presentan las ha llevado a valorar cualquier tipo de información, como un futuro objeto de explotación.

En el segundo paso la reducción de datos es frecuentemente necesaria, ya que en el proceso de pronóstico es posible tener muchos o muy pocos datos. Algunos datos en ocasiones no son pertinentes en los problemas, por lo que reducirían la precisión del pronóstico. En ocasiones algunos datos son convenientes, pero sólo en ciertos periodos históricos.

En la etapa tres se procede a la construcción de un modelo, lo cual implica el ajuste de los datos reunidos en un modelo de pronóstico que sea el adecuado para minimizar los errores. Entre más sencillo sea el modelo, más fácil se logra la aceptación del proceso por parte de los ejecutivos que toman las decisiones, dado que la mayoría del tiempo los pronósticos son construidos por sus inferiores. Con frecuencia se debe de establecer un balance entre un enfoque de pronóstico complejo que ofrezca mayor precisión y un enfoque sencillo que sea fácil de entender y ganar el apoyo de quienes toman la decisión.

En la cuarta y última etapa se encuentra la extrapolación, en si el pronóstico, lo cual ocurre una vez recolectados, reducidos los datos, y construido el modelo adecuado. Extrapolar consiste en generar valores para estados o periodos aun no ocurridos, a partir de un modelo matemático, mismo que lleva toda la carga del proceso de pronóstico. Es común que quien realiza el pronóstico verifique la precisión del mismo, comparándolo con datos históricos recientes. Ciertos procedimientos suman los valores absolutos de los errores y pueden presentar esta suma, o dividirla entre el número de intentos de pronóstico para obtener el error pronóstico promedio. Otros procedimientos obtienen la suma de los cuadrados de los errores, que se compara luego con cifras similares de otros métodos. En ocasiones los métodos rastrean y reportan la magnitud de los términos de error sobre el periodo de pronóstico. El examen de patrones conduce con frecuencia a la modificación de modelos en la búsqueda de mayor precisión.

*Solo existe un pequeño
problema para predecir el futuro.... el azar.*

David Villegas

LA METODOLOGIA BOX - JENKINS

3.1 TÉCNICA DE BOX-JENKINS

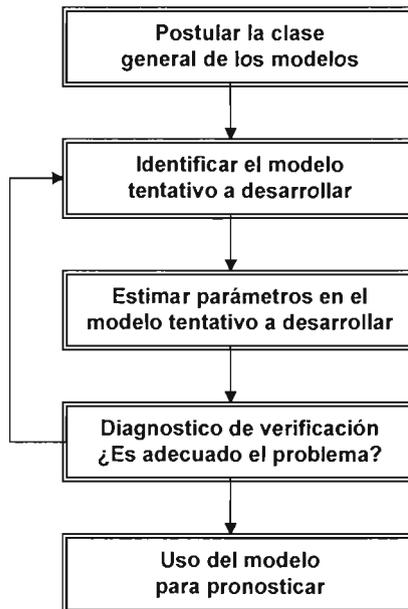
En 1970, George Box y Gwilym Jenkins desarrollaron un cuerpo metodológico destinado a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales, en los que la variable tiempo juega un papel fundamental. Una parte importante de esta metodología está pensada para liberar al investigador de la tarea de especificación de los modelos, dejando que los propios datos temporales de la variable a estudiar, nos indiquen las características de la estructura probabilística subyacente. En parte, el procedimiento que voy a analizar se contrapone a la "forma tradicional" de identificar y especificar un modelo, ya que se apoyan en los fenómenos pasados una vez que son analizados, aunque, convenientemente, los conceptos y procedimientos que examinaremos constituyendo una herramienta útil para ampliar y complementar los conocimientos básicos utilizados en matemáticas, estadística y econometría.

Se comenzará analizando los modelos en los que una variable es explicada utilizando exclusivamente una "exógena", es decir, su propio pasado. Podemos pensar que la consideración exclusiva de los valores pasados de una determinada variable, nos servirán para explicar su evolución presente y futura, lo cual presenta al mismo tiempo, una ventaja y un inconveniente:

- La ventaja radica en el hecho de no necesitar distintas series de datos (distintas variables) referidas al mismo período de tiempo (característica común a todos los modelos univariantes) y, al mismo tiempo, ahorrarnos la identificación y especificación del modelo en el sentido de la proyección tradicional.
- El inconveniente es que, al renunciar a la inclusión de un conjunto más amplio de variables explicativas, no atendemos a las relaciones que sin duda existen entre casi todas las variables que intervienen en un fenómeno, perdiendo capacidad de análisis al tiempo que renunciamos al estudio teórico previo del fenómeno y a su indudable utilidad.

Dentro de estos modelos univariantes se desarrollaron suficientemente los conocidos con el nombre de ARIMA, basados en una idea que posteriormente se complementó con perspectiva univariante añadiéndose a la especificación una o más variables exógenas al modelo "tradicional" (*proyecciones*), aproximándonos al estudio de los fenómenos reales. Como es habitual en la ciencia, se necesita definir una estructura que nos permita, por sus características, cumplir el fin último de predicción, al cual llamaremos proceso estocástico estacionario. Para lo cual es necesario indicar cuales son las condiciones que ha de cumplir este proceso, para que pueda ser calculado; además se debe aclarar, cuándo el proceso estocástico es estacionario, lineal y discreto. Posteriormente, analizaremos los modelos más simples conforme a una serie de funciones características (autocorrelación total y autocorrelación parcial), describiendo sus condiciones y planteando estructuras **teóricas** que luego puedan ser identificables con series temporales reales.

El método de Box-Jenkins para pronosticar, es diferente de la mayoría de los métodos. Esta técnica no asume ningún patrón particular en los datos históricos de la serie de tiempo a pronosticar, sino que utiliza un enfoque iterativo de identificación, de un modelo útil, a partir de los modelos de uso general. El modelo elegido se verifica contra los datos históricos para ver si describe la serie de tiempo con precisión. El modelo se ajusta bien, si los residuos entre el modelo del pronóstico y los puntos de los datos históricos son pequeños, es decir insignificantes a pesar de existir, y que estos estén distribuidos de manera aleatoria e independiente. Si el modelo especificado no es satisfactorio, se repite el proceso utilizando otro modelo diseñado para mejorar el original. Este proceso se repite hasta encontrar un modelo satisfactorio [Box-Jenkins,1970], como se muestra en la **figura 3.1**:



Los modelos ARIMA o modelos de promedio móvil autorregresivo integrado, son un tipo general, del método de Box-Jenkins para series de tiempo estacionarias; considerando una serie histórica estacionaria, como aquella cuyo valor promedio no cambia a través del tiempo. Este grupo incluye los modelos AR sólo términos autorregresivos, los modelos MA sólo con términos de promedio móvil y los modelos ARIMA que comprenden tanto términos autorregresivos como de promedio móvil. La metodología de Box-Jenkins permite al analista seleccionar el modelo que mejor se ajuste a sus datos.

Se puede efectuar la selección del modelo apropiado comparando la distribución de los coeficientes de auto correlación de la serie de tiempo que se esta ajustando, con las distribuciones teóricas de los coeficientes de auto correlación para algunos de los modelos ARIMA.

Al seleccionar un modelo, es necesario recordar que las distribuciones que por lo regular se presentan en los textos son de carácter teórico, por lo que es muy improbable que las autocorrelaciones de datos reales sean idénticas a las teóricas. Sin embargo mediante un método de prueba y error se puede ubicar en forma adecuada la mayoría de las series de tiempo, y así ganar experiencia.

En pocas palabras la metodología Box – Jenkins, se basa en comparar el comportamiento de una serie de tiempo real, contra una serie creada de forma artificial, es decir, la de un modelo totalmente teórico, y si los valores generados por dicho modelo se ajustan a los de la realidad, éste será tomado como generador para predecir próximos periodos; esta explicación coloquial, debe fortalecerse con términos y conceptos de una naturaleza más formal, que a continuación incluyo.

3.2 DEFINICIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS MODELOS ARIMA

Proceso estocástico y estacionariedad: Los modelos autorregresivos o de medias móviles, necesitan para su comprensión, de la introducción al concepto de proceso estocástico.

Un proceso estocástico es una sucesión de variables aleatorias Y_t ordenadas, pudiendo tomar t cualquier valor entre $-\infty$ y ∞ . Por ejemplo, la siguiente sucesión de variables aleatorias puede ser considerada como proceso estocástico:

$$Y_{t-5}, Y_{t-4}, Y_{t-3}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t+3}, Y_{t+4}$$

El subíndice t no tiene, en principio, ninguna interpretación a priori, aunque si hablamos de proceso estocástico en el contexto del análisis de series temporales, este subíndice representará el paso del tiempo.

Cada una de las variables Y_t que configuran un proceso estocástico tendrán su propia función de distribución con sus correspondientes momentos. Así mismo, cada par de esas variables tendrán su correspondiente función de distribución conjunta y sus funciones de distribución marginales. Esto mismo ocurrirá, ya no para cada par de variables, sino para conjuntos más amplios de las mismas. De esta forma, para caracterizar **un proceso estocástico** se deberán especificar las funciones de

$$(Y_{t1}, Y_{t2}, Y_{t3}, \dots, Y_{tm})$$

Cualesquiera que fueran los valores de (t_1, t_2, \dots, t_m) y cualquiera que fuera el valor de m ; por ejemplo:

$$y_1, y_2, y_3 \quad (t_1 = 1 \text{ y } m = 3)$$

$$Y_3, y_4, y_5, y_6 \quad (t_1 = 3 \text{ y } m = 4)$$

Habitualmente, conocer esas funciones de distribución resulta complejo de forma que, para caracterizar un proceso estocástico, basta con especificar la media y la varianza para cada Y_t y la covarianza para variables referidas a distintos valores de t :

$$E[Y_t] = \mu_t$$

$$\sigma_t^2 = \text{Var}(y_t) = E[y_t - \mu_t]^2$$

$$\gamma_t = \text{Cov}(Y_y, Y_s) = E[(y_t - \mu_t)(y_s - \mu_s)]$$

Las distribuciones de probabilidad podrían no estar completamente caracterizadas en algunas de las variables, los momentos podrían no coincidir incluso, no existir para alguna de las variables aleatorias, lo mismo puede ocurrir con las distribuciones conjuntas o marginales. Sin embargo, de todos los tipos de procesos estocásticos posibles, nos interesan especialmente dos de ellos, a los que la estadística ha dado nombres precisos:

- **Ruido blanco** es una sucesión de variables aleatorias (proceso estocástico) con esperanza (media) cero, varianza constante e independientes para distintos valores de t (covarianza nula).

- **Proceso estocástico estacionario.** Decimos que un proceso estocástico es estacionario si las funciones de distribución conjuntas son invariantes con respecto a un desplazamiento en el tiempo (variación de t). Es decir, considerando que $t, t+1, t+2, \dots, t+k$ reflejan períodos sucesivos:

$$F(Y_t, Y_{t+1}, \dots, Y_{t+k}) = F(Y_{t+m}, Y_{t+1+m}, \dots, Y_{t+k+m})$$

Para cualquier t, k y m ; por ejemplo:

$$F(y_1, y_2, \dots, y_6) = F(y_{10}, Y_{11}, \dots, y_{15})$$

$$\text{donde } t = 1, k = 5, m = 9$$

$$F(y_3, Y_4, Y_5) = F(y_7, Y_8, Y_9)$$

Esta definición de estacionariedad se conoce como **estacionariedad en sentido estricto o fuerte** y puede relajarse sustancialmente utilizando la denominada **estacionariedad en sentido amplio o débil**. Se establece que un proceso estocástico es débilmente estacionario si:

- Las esperanzas matemáticas de las variables aleatorias no dependen del tiempo y son constantes:

$$E[Y_t] = E[Y_{t+m}] \quad \forall m$$

- Las varianzas tampoco dependen del tiempo y son finitas:

$$Var[Y_t] = Var[Y_{t+m}] \neq \infty \quad \forall m$$

- Las covarianzas entre dos variables aleatorias del proceso correspondientes a periodos distintos de tiempo (distintos valores de t) solamente dependen del lapso de tiempo transcurrido entre ellas:

$$Cov(Y_t, Y_s) = Cov(Y_{t+m}, Y_{s+m}) \quad \forall m$$

De esta última condición se desprende que, si un fenómeno es estacionario, sus variables pueden estar relacionadas linealmente entre sí, pero de forma que la relación entre dos variables sólo depende de la distancia temporal k transcurrida entre ellas. Lógicamente, la estacionariedad en sentido estricto garantiza la estacionariedad en sentido amplio pero no al revés.

Una vez introducido el concepto genérico de **proceso estocástico** puede decirse que una serie temporal cualquiera, es en realidad, una muestra, una realización concreta con unos valores de un proceso estocástico teórico. El análisis de series que presenta este documento tratará, a partir de los datos de una serie temporal, inferir las características de la estructura probabilística subyacente, del verdadero proceso estocástico.

Es bueno mencionar que las características estadísticas de los modelos tratados a continuación, basan su identificación en el reconocimiento visual, por lo que la experiencia que un pronosticador gane, depende directamente de la habilidad del mismo para identificar comportamientos gráficos.

Como complemento a las características de las series de tiempo estacionarias en sentido amplio, gráficamente se pueden observar comportamientos que nos ilustran dichas propiedades⁵, como se observa en la **figura 3.2**:

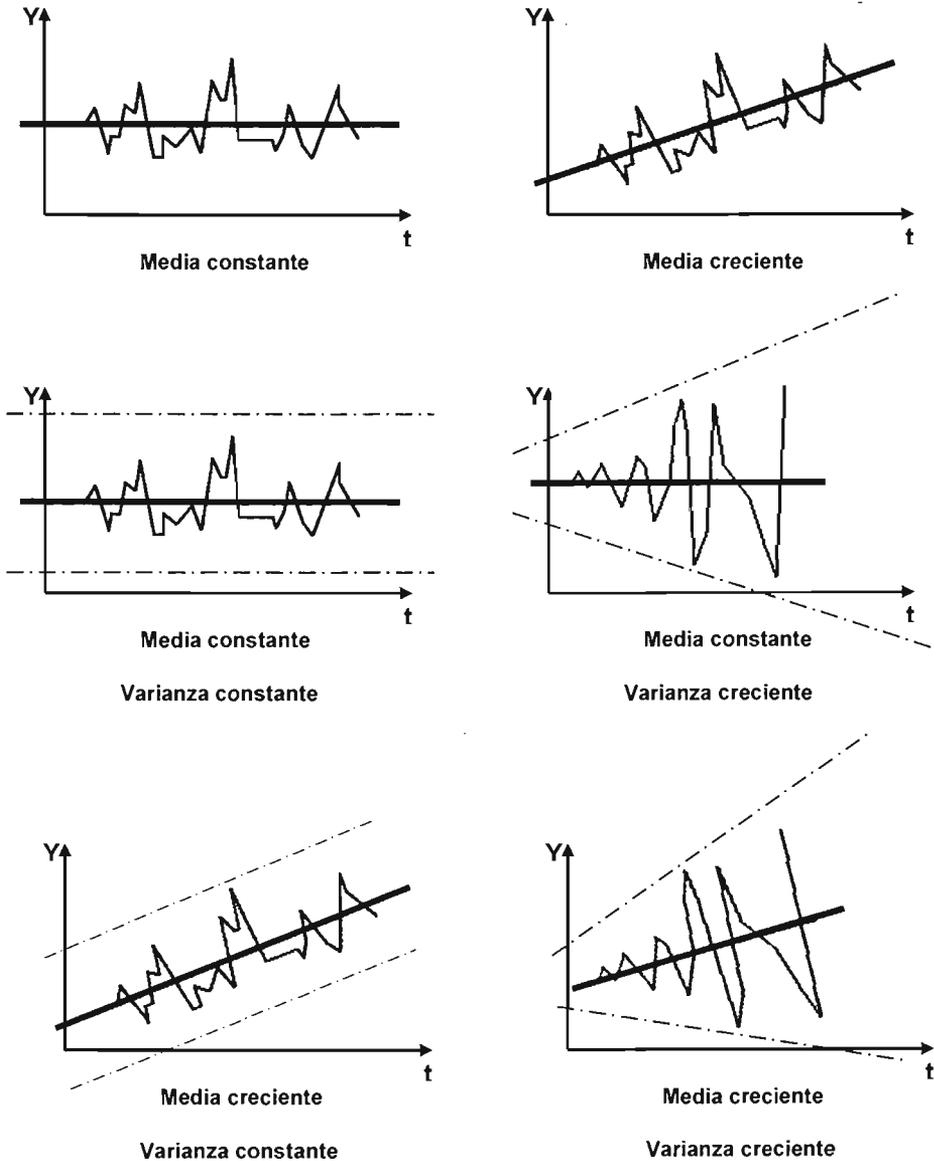


Figura 3.2

⁵ Mari Carmen González Videgaray, Apuntes y Tareas, 1999

Como se puede observar, cuando la media es constante se presenta una serie de tiempo que fluctúa alrededor de una línea horizontal, es decir que se desliza sobre una línea paralela al eje del tiempo, en caso de que la media sufriera alguna inclinación con respecto al horizonte y fuera mayor cuando t tiende a infinito, la media se considerara creciente. Por otra parte cuando los datos se desarrollan dentro de un rango o banda que no cambia de tamaño a lo largo del tiempo, se dice que la varianza es constante, en caso de que el rango tienda al aumento la varianza será considerada creciente.

Una vez aclarados estos términos, será necesario hablar sobre los modelos ARIMA, que son el generador del pronóstico, sin olvidar, que para una correcta aplicación, la serie de tiempo en estudio debe cumplir con todos y cada uno de los requerimientos mencionados en este apartado.

3.3 MODELOS ARIMA

3.3.1 MODELO MA(q)

Un modelo de los denominados de medias móviles es aquel que explica el valor de una determinada variable en un período t en función de un término independiente y una sucesión de errores correspondientes a períodos precedentes, ponderados convenientemente. Estos modelos se denotan normalmente con las siglas **MA**, seguidos, como en el caso de los modelos autorregresivos, del orden entre paréntesis. Así, un modelo con q términos de error MA(q) respondería a la siguiente expresión:

$$Y_t = \mu + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

Donde:

- Y_t es la variable independiente
- θ son pesos específicos
- a_t residuos o errores

Al igual que en el caso de los modelos autorregresivos, el orden de los modelos de medias móviles suele ser bajo MA(1), MA(2) o corresponderse con la periodicidad de los datos analizados, MA(4) para series trimestrales, o MA(12) para series mensuales.

Los modelos de promedio móvil, proporcionan pronósticos de Y_t con base en una combinación lineal de errores anteriores, mientras que los modelos autorregresivos expresan Y_t como una función lineal de cierto número de valores anteriores reales de Y_t . Es de notar que el término promedio μ de una serie MA(q) es igual al término constante, mientras que los términos a_t en el modelo presentarán un valor esperado igual a cero a lo largo de todos los valores de t .

El nombre de promedio móvil pareciera inadecuado ya que el hecho no es tan real como su nombre.

La metodología de Box Jenkins presenta un soporte en el reconocimiento gráfico de los modelos ARIMA, por lo que a continuación presento los comportamientos gráficos de los modelos MA más comunes, sin olvidar que son totalmente teóricos. En la **figura 3.3** se ilustra el comportamiento de los coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial.

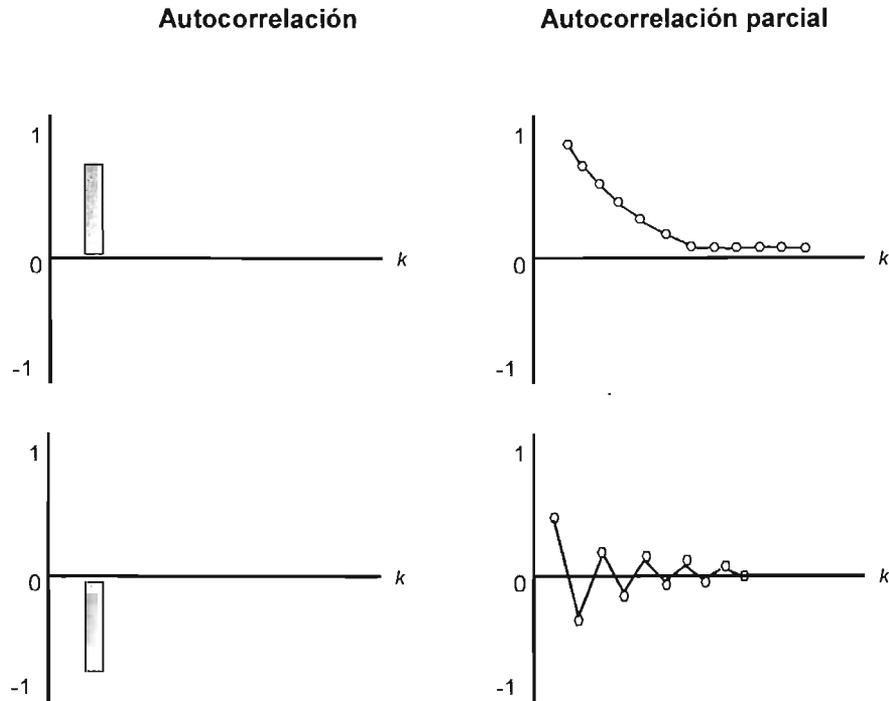


Figura 3.3 Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo **MA(1)**

Es necesario mencionar que los coeficientes de autocorrelación de un MA(1) caen a cero después del primer periodo de retraso, mientras que los coeficientes de autocorrelación parcial decaen a cero en forma gradual.

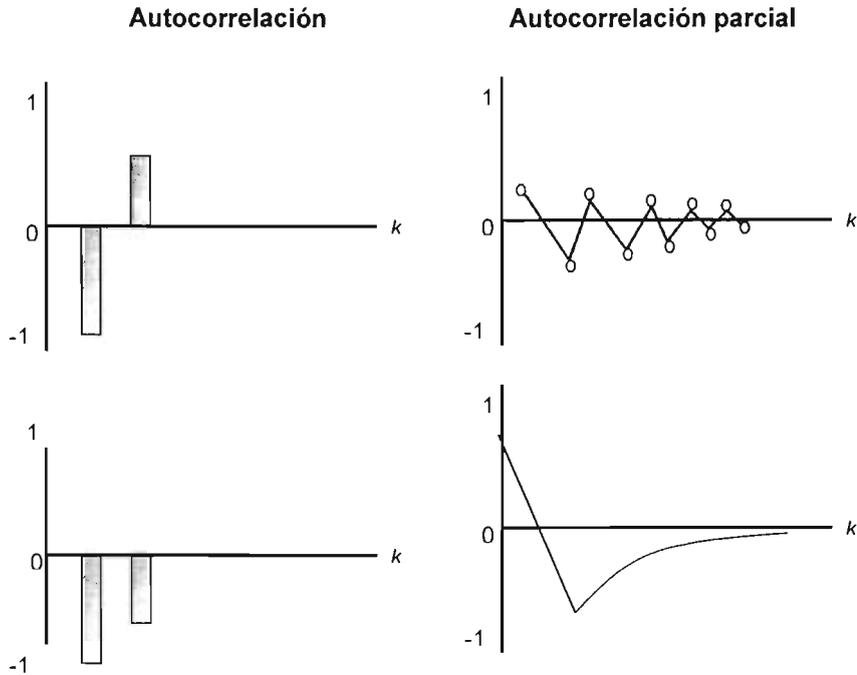


Figura 3.4 Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo MA(2)

Se puede observar en la **figura 3.4**, que los coeficientes de autocorrelación en el modelo MA(2) caerán a cero después del segundo periodo de retraso, mientras que los parciales desenderán gradualmente a cero. Es de importancia mencionar que las funciones teóricas difieren en ocasiones de las obtenidas de una muestra, esto se debe a la variación de la misma.

3.3.2 MODELO AR(p)

La palabra **ARIMA** significa Modelos Autorregresivos Integrados de Medias Móviles.

Se define un modelo como autorregresivo si la variable endógena de un período t es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores, añadiéndose como en los modelos estructurales un término de error. En el caso de procesos estacionarios con distribución normal, la teoría estadística de los procesos estocásticos dice que, bajo determinadas condiciones previas, toda Y_t puede expresarse como una combinación lineal de sus valores pasados (parte sistemática) más un término de error (innovación).

Los modelos autorregresivos se abrevian con la palabra AR tras la que se indica el orden del modelo: AR(1), AR(2),...etc. El orden del modelo expresa el número de observaciones retasadas de las series temporales analizadas que intervienen en la ecuación. Así, por ejemplo, un modelo AR(1) tendría la siguiente expresión:

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + a_t$$

El término de error de los modelos de este tipo se denomina generalmente **ruido blanco** cuando cumple las tres hipótesis básicas tradicionales mencionadas al definir ruido blanco, al principio del capítulo:

- media nula
- varianza constante
- covarianza nula entre errores correspondientes a observaciones diferentes

La expresión genérica de un modelo autorregresivo, no de un AR(1) sino de un AR(p), y se muestra de la siguiente forma:

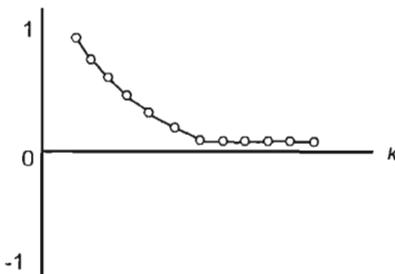
$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t$$

Donde

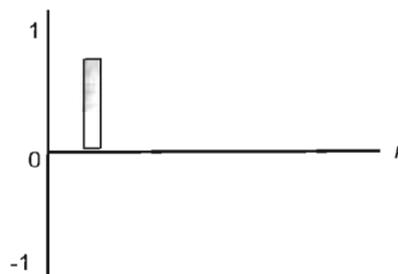
- Y_t es la variable dependiente
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ son las variables desfasadas en un número específico de periodos
- ϕ son los coeficientes de regresión
- a_t término explicativo de sucesos aleatorios

Para estos modelos los coeficientes de regresión se calculan por método lineal de mínimos cuadrados, aunque en ocasiones se aplica el método no lineal, para diferenciar la aplicación, se verifica el hecho de que las variables independientes están relacionadas entre sí. De la misma manera que pasa con los modelos MA es posible identificar de forma gráfica su tipo, a continuación se presentan coeficientes de autocorrelación total y parcial para los AR más comunes, sin mencionar, que normalmente se suele trabajar con modelos autorregresivos de órdenes bajos: AR(1) o AR(2), o bien con órdenes coincidentes con la periodicidad de los datos de la serie analizada (si es trimestral AR(3), si es mensual AR(12)...), como se puede observar en las **figuras 3.5 y 3.6**.

Autocorrelación



Autocorrelación parcial



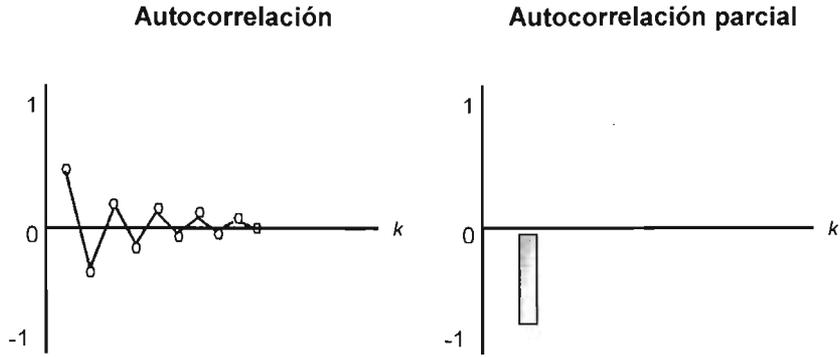


Figura 3.5 Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo AR(1)

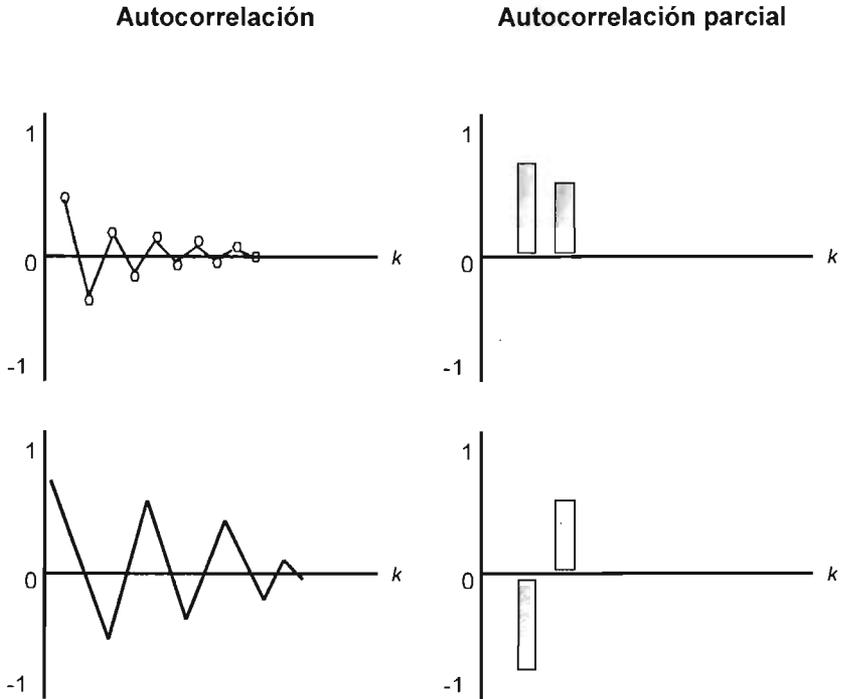


Figura 3.6 Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo AR(2)

Dadas las anteriores ilustraciones es posible observar que los modelos AR(1) tienen coeficientes de autocorrelación que descienden a cero de forma gradual, mientras que sus parciales caen a cero después del primer periodo de retraso. Para un AR(2) sus coeficientes de autocorrelación descienden a cero mientras que sus parciales caen a cero después del segundo periodo de retraso. En general este comportamiento se presenta para cualquier modelo AR(p), sin embargo puede diferir de las funciones teóricas por la variación de la muestra.

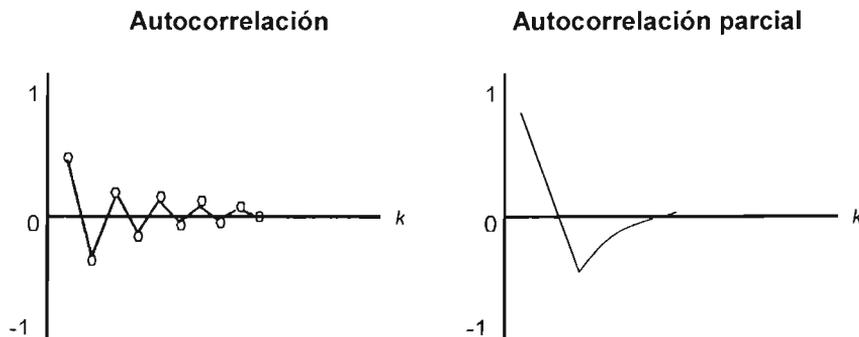
3.3.3 MODELOS ARMA (p, q)

Además de los modelos AR y MA, ambos se pueden combinar en un tercer tipo de modelo general, denominado ARIMA. Dicho modelo general queda descrito por la siguiente ecuación:

$$Y_T = \varphi_1 Y_{T-1} + \varphi_2 Y_{T-2} + \dots + \varphi_{P_s+p+D_s+d} Y_{T-P_s-p-sD-d} + \delta + U_T + \theta_1 U_{T-1} + \dots + \theta_{Q_s+q} U_{T-sQ-q}$$

Los modelos ARIMA (p, q) utilizan combinaciones de errores anteriores y valores anteriores y ofrecen un potencial de ajuste para modelos que no pudieron ajustarse en forma adecuada mediante los modelos AR y MA por sí solos.

Dada la idea de combinar los modelos el resultado arroja un modelo conocido como ARIMA (p, d, q), en el cual será necesario identificar un coeficiente d que será precisado con el número de diferenciaciones en una o ambas partes del modelo, con el objeto de conseguir una estacionariedad. En la práctica cuando no se aplican diferencias el modelo sólo queda establecido como ARIMA (p, q). Como se ha dado en los modelos anteriores presentaré las representaciones gráficas de autocorrelación y autocorrelación parcial del modelo ARIMA más común, en este caso ARIMA (1,1), como se observa en la **figura 3.7**:



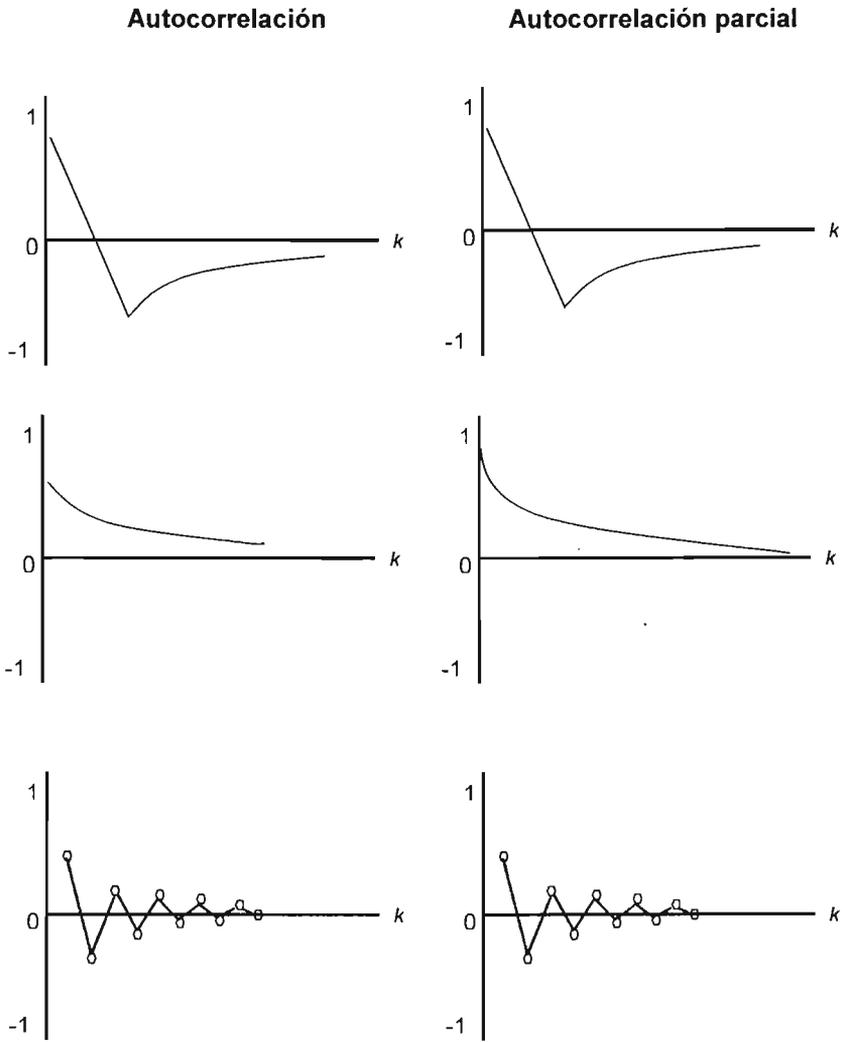


Figura 3.7 Coeficientes de autocorrelación y autocorrelación parcial de un modelo mixto ARIMA(1,1)

Para cerrar este tema es importante mencionar que una diferencia importante entre la metodología de Box Jenkins y otros metodos, consiste en que éste, no hace suposiciones acerca del número de términos ó de los pesos específicos a asignar a dichos términos. El analista puede seleccionar los modelos apropiados, incluyendo el número de términos, después con ayuda de la computadora se calcularán los coeficientes. Se pueden hacer pronósticos de periodos futuros y se pueden construir intervalos de confianza para las estimaciones. Es importante mencionar que la potencia de Box-Jenkins se distingue en el corto plazo, pues si tenemos una variable Y_t y su historia, el pronóstico Y_{t+1} depende de Y_t , por consecuencia Y_{t+2} , podría ser llamada el pronóstico de un pronóstico, con lo cual el intervalo de confianza disminuye mientras el error del pronostico crece, para próximas t .

3.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Tal como fué presentado el esquema de la metodología Box Jenkins comprende tres etapas principales. Estas son: identificación del modelo, estimación y prueba del modelo, y por último la aplicación del mismo para la obtención del pronóstico. A continuación se desglosa cada una de esas etapas mostrando sus aspectos más importantes.

Eta***pa 1: Identificación del modelo***

Esta primera etapa puede ser descompuesta en los dos siguientes pasos:

- 1) El primer paso en la identificación del modelo consiste en determinar si la serie de tiempo es estacionaria, es decir, si el valor de la media varía a través del tiempo. En caso de que la serie de tiempo no sea estacionaria, en general se puede convertir a una serie estacionaria mediante el método de diferenciación. El analista especificará el grado de diferenciación y realizará los cálculos subsecuentes utilizando los datos convertidos.

- 2) Una vez que se tiene una serie de tiempo estacionaria, el analista debe identificar la forma del modelo a utilizar. Este paso se logra mediante la comparación de los coeficientes de autocorrelación y de autocorrelación parcial de los datos a ajustar, con las correspondientes distribuciones de los diversos modelos ARIMA. En esta etapa serán de utilidad las representaciones gráficas de los coeficientes mencionados, mismas que anteriormente se presentaron y explicaron.

Como puede verse, cada modelo presentará un conjunto único de autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales, y el analista deberá estar capacitado para poder ubicar los coeficientes correspondientes a los datos, con las distribuciones teóricas.

Aun cuando en general no será posible hacer coincidir de forma exacta los datos reales con las distribuciones teóricas, se pueden efectuar pruebas durante la siguiente etapa para determinar si el modelo es el adecuado. Entonces si el modelo no es satisfactorio, se puede establecer un modelo alternativo, y en algunos casos más de un modelo podrá ser el adecuado. La ventaja que presenta esta metodología, es que con la práctica un analista aumenta su habilidad para identificar los modelos más adecuados.

En términos generales, un analista debe identificar las autocorrelaciones que caen exponencialmente a cero. Si las autocorrelaciones descienden exponencialmente a cero, el proceso indicado sería un AR; si son las autocorrelaciones parciales las que descienden a cero, entonces el proceso indicado un MA; y si tanto los coeficientes de autocorrelaciones como los de autocorrelaciones parciales descienden a cero, el indicado será un proceso mixto. El analista podrá establecer el orden de los procesos AR y/o MA contando el número de coeficientes de autocorrelación y autocorrelaciones parcial que son diferentes a cero de forma significativa. En la **tabla 3.8** se presenta un abstracto de la técnica de identificación:

	FAC	FAP
MA(q)	Se anula para retardos superiores a q	Decrecimiento rápido sin llegar a anularse
AR(p)	Decrecimiento rápido sin llegar a anularse	Se anula para retardos superiores a p
ARMA(p,q)	Decrecimiento rápido sin llegar a anularse	Decrecimiento rápido sin llegar a anularse

Tabla 3.8. Patrones de identificación

Etapa 2: Estimación del modelo y prueba de adecuación

Una vez seleccionado el modelo tentativo, la segunda etapa se compone de dos pasos:

1) Se deben estimar los parámetros para el modelo (variables dependientes, independientes y desfasadas, coeficientes de regresión, ruido blanco y errores según el caso), esto con el objeto de verificar si el proceso está bien identificado. Se procede a la estimación y, si analizamos los correlogramas de los residuos obtenidos en la estimación y encontramos "ruido blanco" el modelo será adecuado para aplicarlo. Si esto no es así, habrá que realizar una nueva estimación incorporando la estructura más parecida al modelo teórico que podamos intuir, apoyados en la comparación de los modelos teóricos. En el caso mencionado lo mejor es que el analista regrese a la etapa uno paso dos, seleccionar un modelo tentativo y continuar con el método.

Para saber cuando estamos ante un "ruido blanco", se pueden hacer las siguientes comprobaciones:

- **Media nula:** Puede observarse en el gráfico de residuales si el error se mueve en torno al valor cero o bien calcularse el cociente entre la media y la varianza muestral de los residuos. Si el rango de ajuste es inferior a 2, podemos concluir (con un $\alpha = 0.05$) que la media no es significativamente distinta de cero.
- **Varianza constante:** Observando el gráfico de los residuales puede analizarse la constancia de la varianza del error. En caso de heterocedasticidad es recomendable una transformación logarítmica en la serie original.

- **Incorrelación:** Deben observarse los coeficientes de autocorrelación muestral de los residuos y comprobar que ninguno de ellos supera el valor de las bandas de significatividad (establecidas por el analista). Se aconseja, por tanto, utilizar distinta amplitud de bandas, términos más cercanos a cero mejorarán la estimación.

2) Como segundo paso de la estimación se puede revisar lo adecuado del modelo, haciendo una prueba *ji cuadrada* conocida como la estadística **Q** de Box Pierce, sobre las autocorrelaciones de los residuales⁶. A grandes rasgos la prueba consiste en estimar un valor **Q** con base en los residuales del modelo, si el valor es mayor que el asignado a una *ji cuadrada* con un número específico de grados de libertad, entonces se debe considerar que el modelo es inadecuado.

Ninguna de las pruebas existentes se debe considerar como la última palabra, aunque en general deben realizarse acompañadas del juicio de un analista⁷. Es posible que se puedan juzgar dos o más modelos con aproximaciones iguales, aunque ninguno se ajuste exactamente. En este caso debe prevalecer el principio de parcimonia, mismo que establece la elección del modelo más sencillo:

En el caso de este trabajo de investigación, la etapa de estimación será llevada con los programas **STATGRAPHICS 5.1 plus** y **MINITAB V 13.32**, los cuales incluyen una herramienta específica para la técnica Box Jenkins (modelos ARIMA) y que automatizan de gran forma el análisis mencionado, agilizando y mejorando la obtención de pronósticos. Incluye también el cálculo del coeficiente de Box Pierce (autocorrelaciones de los residuales), así como una estimación de aleatoriedad de los residuales del modelo.

⁶ Para estadística de Box Pierce consultar: Jay L. Devore, *PROBABILIDAD y Estadística*, pp.686 Thompson Editores, 1998.

⁷ Hanke Reitch, *Pronósticos en los negocios*, pp. 441, Ed. Prentice Hall.

Etapa 3: Pronóstico con el modelo

Una vez que se ha obtenido un modelo satisfactorio, se pueden realizar pronósticos para uno o varios periodos a futuro. También se pueden formular intervalos de confianza sobre estas estimaciones. En general entre más a futuro se pronostica, mayor será el intervalo de confianza. Estos pronósticos e intervalos de confianza se calculan mediante herramientas informáticas que incluyen el método de Box Jenkins, y se establecen a solicitud del analista.

Al haber más datos disponibles, se puede utilizar el mismo modelo para revisar los pronósticos, seleccionando otro periodo de origen. Si la serie de tiempo tiende a cambiar a través del tiempo, pudiera ser necesario recalcular los parámetros, o incluso desarrollar un modelo nuevo por completo.

Es necesario enmarcar que si llegaron a presentarse pequeñas diferencias en los errores de pronóstico, pudiera indicar que es necesario recalcular los parámetros, y el analista deberá regresar a la etapa dos, pasó uno. Con esto se cierra el tema de la metodología Box Jenkins, y continua la aplicación de la misma en un caso práctico.

*La peor herramienta,
es aquella que no se ocupa....*

David Villegas

APLICACIÓN DE BOX JENKINS

4.1 Presentación del problema

Una vez que ha sido establecido el marco teórico útil para este trabajo, así como el ambiente en el cual se debe aplicar la metodología Box-Jenkins, el siguiente paso es poner en marcha el algoritmo, sin antes delinear el problema, limitar sus alcances y establecer las metas que se esperan para el mismo.

Es necesario mencionar que uno de los puntos innovadores de este trabajo de investigación es aplicar técnicas matemáticas en un campo donde comúnmente son olvidadas, el gobierno federal; posiblemente este olvido se debe a la falta de gente con preparación y visión suficiente para dar uso a herramientas tales como Box-Jenkins; con la experiencia adquirida en la rama, puedo mencionar que la búsqueda de pronóstico en la población penitenciaria de nuestro país esta presente, aunque mal orientada, pues lo único que intentan es proyectar tasas de crecimiento de la población, lo cual limita a los pronósticos obtenidos, dado que se pierde un sentido de realidad y de historia en la serie de tiempo.

En este trabajo, el problema que presento, es el siguiente:

- Analizar las series de tiempo referentes a la población penitenciaria total, población del fuero común, así como la del fuero federal en nuestro país, buscando obtener pronósticos fieles acerca de su comportamiento en periodos futuros, con el objeto de aplicarlos en el análisis y toma de decisiones.

Como se puede observar, el problema en cuestión parece carecer de importancia en una sociedad ocupada por prevenir la delincuencia y disminuir los índices de inseguridad desde el exterior del núcleo problemático, pero con un poco de sentido común y la intención de corregir realmente la problemática, lo más adecuado es ver hacia adentro del sector de la sociedad, que se encuentra recluido en centros de purga de penas, con el fin de reintegrarse en algún momento a la vida activa. Contemplando la idea anterior es necesario mencionar lo que pasa en realidad en nuestro país con respecto a la población penitenciaria:

- a) Aparentemente las instituciones dedicadas a la prevención del delito y rehabilitación de delincuentes tienen como premisas evitar actos ilícitos, y en caso de ser cometidos ayudar a la purga de penas y corregir las actitudes que han llevado a un individuo al exilio social. A pesar de sonar muy bien, es notorio que no se aplica en la práctica, pues la prevención no es poner más policías en la calle o traer asesores extranjeros para resolver un problema al cual son ajenos, la prevención desde el punto de vista de mi trabajo, es estudiar el comportamiento pasado y futuro de las poblaciones en cuestión, con el objeto de establecer políticas (toma de decisiones) que ataquen la médula del problema y no sólo su esqueleto. Lo cual auxiliado de un paquete de políticas adecuadas permitirían minimizar los niveles de inseguridad.

- b) En relación al punto anterior es de mencionarse que la mala planeación y planificación de los recursos destinados a la prevención y rehabilitación penitenciaria es ocasionada por no aplicar técnicas correctas en análisis y toma de decisiones, por ejemplo, en la actualidad están en construcción y remodelación centros penitenciarios que estarán saturados en menos tiempo del que llevo su construcción, lo cual no deja ver la falta de visión de nuestras autoridades.

- c) Otro hecho a destacar es que el estudio de los comportamientos demográficos penitenciarios, nos permitiría establecer modificaciones a los códigos penales, con el objeto de orientarlos hacia la población en aumento, o en algunos casos establecer operativos que ataquen fenómenos que se presentan periódicamente, como son los aumentos por temporadas vacacionales, o de fin de año, etc.

Para ser más concreto debo mencionar un término que posiblemente suene drástico, existe una explosión demográfica penitenciaria incontrolada en México y a mi punto de vista, podría ser atacada desde adentro, utilizando entre otras herramientas la estimación de pronósticos con Box-Jenkins. Antes de comenzar el desarrollo de la solución, debo mencionar que los alcances de mi investigación están orientados al conjunto total de la población y dos de sus subconjuntos (fuero común y fuero federal), pero sería posible estudiar un mayor número de subconjuntos, como son la población de hombres, la de mujeres, la de menores de edad, la de personas senectas, la de indígenas, etc. sobre los cuales se tiene información, pero no es aplicada, y ese es uno de los mayores errores que se presentan en el órgano federal encargado de estudios referentes a este tema. Cada uno de los subconjuntos mencionados necesitaría políticas distintas para lograr su control y en un buen caso su disminución. Dado lo anterior este proyecto espera utilizar los resultados obtenidos para concluir con una serie de premisas y recomendaciones que ayuden al control de la población penitenciaria en México.

4.2 Desarrollo de la solución

Como fue presentado en el capítulo tres, el algoritmo de la metodología Box-Jenkins marca como primer paso el análisis de las series históricas de datos, con el objeto de identificar un modelo teórico que cubra las necesidades de nuestra serie real, para lo cual se analizaran las representaciones gráficas de los datos y posteriormente verificar si los mismos cubren con las necesidades de estacionariedad⁸.

4.2.1 Estudio para la población total de reclusos en México

Ya se sabe que la experiencia y el juicio del analista en situaciones de pronóstico, es de suma importancia en la búsqueda de pronósticos, por lo cual el primer paso a dar es recortar la serie de tiempo original, tomando sólo las observaciones desde enero de 1995, la razón es la siguiente, como se puede observar en la gráfica, el comportamiento de 1990 a diciembre de 1994 es muy variable, lo que reduce el grado de exactitud de los resultados que se logren obtener pues el modelo supuesto en este periodo podría sugerir ruido blanco pues el comportamiento de la serie es poco regular y fuertemente aleatorio, pero a partir de enero de 1995 la serie se torna uniforme, es decir, tiende al crecimiento con fenómenos periódicos en cada año; por lógica el modelo esperado deberá establecer una periodicidad anual, dado que las observaciones son mensuales; además la serie de tiempo original consta de 157 observaciones y después de descartar los años mencionados el número se reduce a 96, que es una cantidad adecuada de observaciones para la aplicación de la metodología Box Jenkins.

⁸ Para la revisión de las series históricas completas consultar el apéndice de series al final del trabajo.

En la **figura 4.1** se muestra el fenómeno:

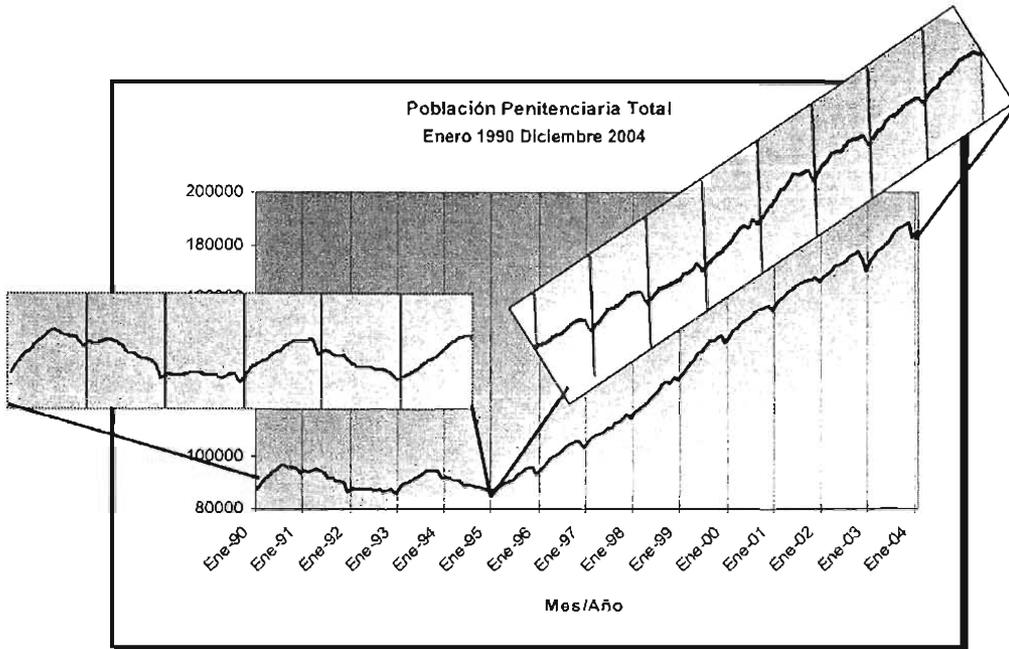


Figura 4.1 Comportamiento 1990 – 2004

Dado que la serie de tiempo presenta una tendencia creciente será necesario tratar a los datos con métodos de diferenciación, para poder hacer uso de la mecánica de Box-Jenkins, esto con el objeto de obtener una serie estacionaria y lograr una correcta identificación del modelo; menciono que la aplicación de diferenciación esta incluida en Statgraphics y aprovechar esa herramienta para agilizar el estudio. Haciendo uso de la herramienta de diferenciación, obtengo la siguiente serie estacionaria, la cual presenta una media cero y una varianza constante, como se observa en la **figura 4.2**:

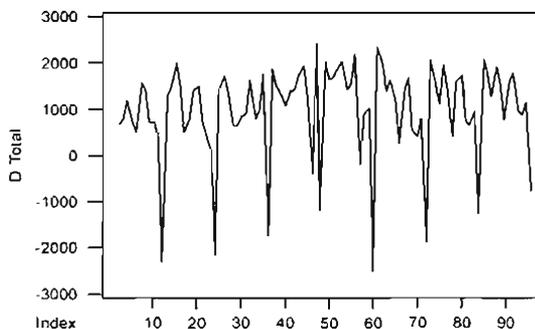


Figura 4.2

Una vez que se ha logrado una serie de tiempo estacionaria procedo a utilizar el programa MINITAB con el objeto de estudiar los estados de autocorrelación y autocorrelación parcial que presenta la población total recluida en los centros del país y más adelante el mismo estudio será aplicado a las poblaciones federal y común.

En las **figuras 4.3 y 4.4** se observa el comportamiento de los coeficientes de aotocorrelación y autocorrelación parcial:

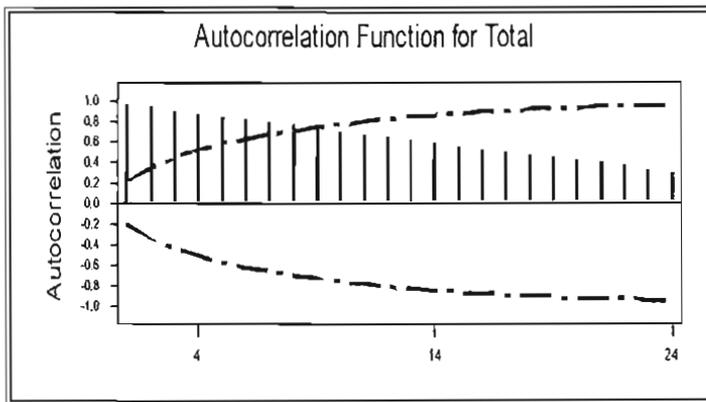


Figura 4.3 Función de autocorrelación para la población total.

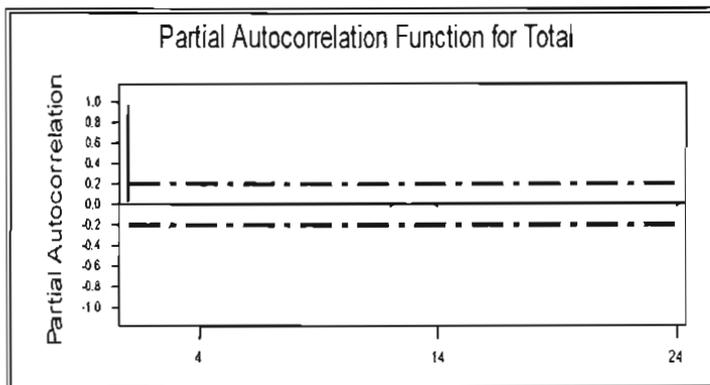


Figura 4.4 Función de autocorrelación parcial para la población total.

Como se puede observar en las gráficas obtenidas tenemos que los coeficientes de autocorrelación decrecen rápido a cero sin desaparecer y en el caso de la autocorrelación parcial la gráfica se anula después del primer retardo, como consecuencia puedo proponer como primer modelo teórico un AR (1), según nos marca la metodología.

Dadas las comodidades que la informática contemporánea ofrece, aplicaré el programa **STATGRAPHICS 5.1 plus**, el cual permite de forma sencilla un estudio de los modelos ARIMA más adecuados a una serie de tiempo, presentando coeficientes y pruebas que sostengan un modelo en especial, aunque es bueno recordar que cuando la metodología Box Jenkins apareció, aún no existían facilidades de este tipo, y a la fecha sería posible realizar estos estudios con el uso de una buena hoja de cálculo, pero bien, si se tiene una herramienta ¡hay que usarla! . En la **figura 4.5** se muestran los resultados para la serie de tiempo en cuestión:

```
Model Comparison
-----
Data variable: Poblacion1
Number of observations = 96
Start index = 1/50
Sampling interval = 1.0 month(s)
Length of seasonality = 12

Models
-----
(A) Random walk
(C) Linear trend = 72998.0 + 516.533 t
(G) Simple moving average of 3 terms
(H) Simple exponential smoothing with alpha = 0.9999
(M) ARMA (0,0)
(N) ARMA (1,0)
(O) ARMA (2,1)
(P) ARMA (3,2)
(Q) ARMA (4,3)
```

Figura 4.5

Como se puede observar la potencia de un equipo de cómputo junto con un software adecuado, permiten realizar análisis más exactos y rápidos. Así mismo podemos ver que después de realizar las comparaciones pertinentes, Statgraphics estudia 9 modelos posibles para nuestra población, el primero es una caminata aleatoria, es decir ruido blanco, presenta también una aproximación lineal, un modelo de medias móviles de tres términos y también un modelo exponencial conocido como Smoothing⁹. Además se presentan cinco modelos ARIMA distintos, entre los cuales destaca el AR(1), el cual resulta ser mismo modelo que había propuesto en un principio de la aplicación. En la **figura 4.6** presento la tabla de selección del modelo, en la cual se observa el más adecuado para esta serie de tiempo, basados en la prueba mencionada en el capítulo tres y obteniendo el coeficiente de Box Pierce¹⁰, referentes a la correspondencia de un modelo teórico con una serie de tiempo, misma que es contemplada y calculada de forma automática por Statgraphics para tomar su decisión.

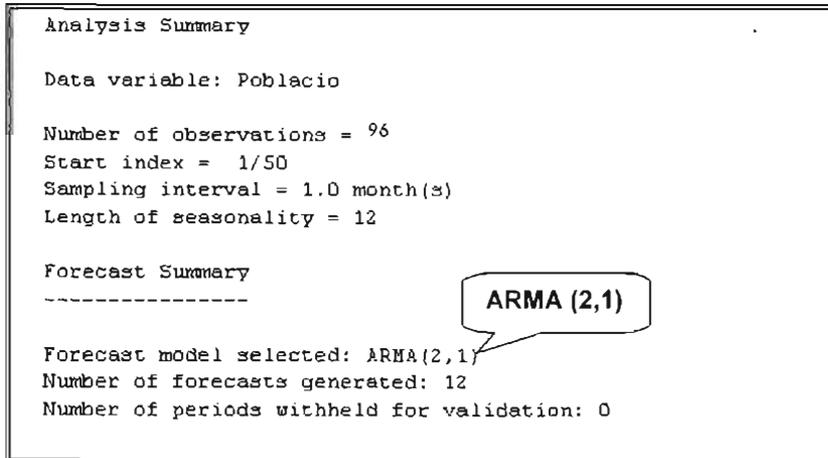


Figura 4.6

⁹ Para revisión de estos modelos investigar en técnicas de pronóstico. Hanke Reich, Pronósticos en los negocios, pp. 441, Ed. Prentice Hall.

¹⁰ Estadística Q de Box Pierce, Ji cuadrada con un número específico de grados de libertad.

Como podemos observar el modelo seleccionado es un ARMA (2,1), con una periodicidad de orden 12, y aunque uno de los principios que la metodología menciona que lo más adecuado es seleccionar el modelo teórico más sencillo como podría ser el AR(1), mi razón para conservar en ARMA (2,1) es: que el comportamiento de autocorrelación y de autocorrelación parcial en los residuales es mucho mejor en el modelo más complejo, lo cual se puede observar en las **figuras 4.7**:

MODELO AR(1)

MODELO ARMA(2,1)

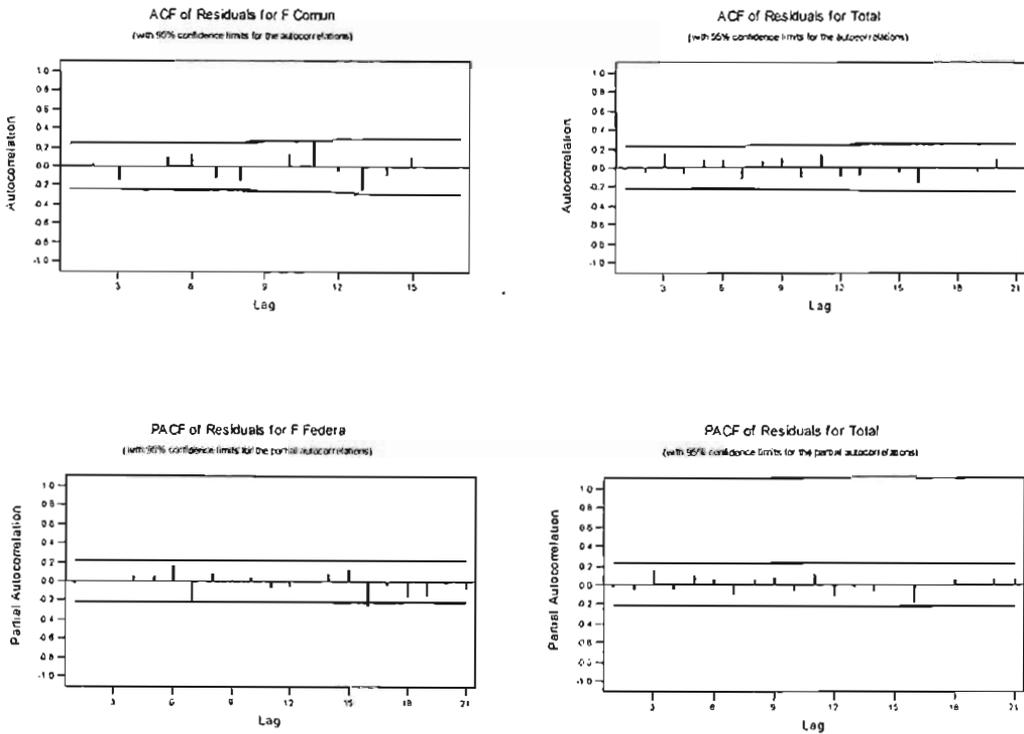


Figura 4.7

Es visible en las gráficas que ambos modelos presentan un buen ajuste, pues ninguno de sus retardos presenta valores significativamente distintos a cero, con un intervalo de confianza del 95%; pero en las gráficas del lado derecho que corresponden al modelo ARMA (2,1) el ajuste es mucho mejor, lo cual avala la decisión del modelo para efectuar el cálculo del pronóstico. Apoyándome en el programa **MINITAB** utilizaré el modelo mencionado para obtener los pronósticos de los doce siguientes meses en la población total penitenciaria, la interfaz gráfica del programa se muestra en la **figura 4.8**:

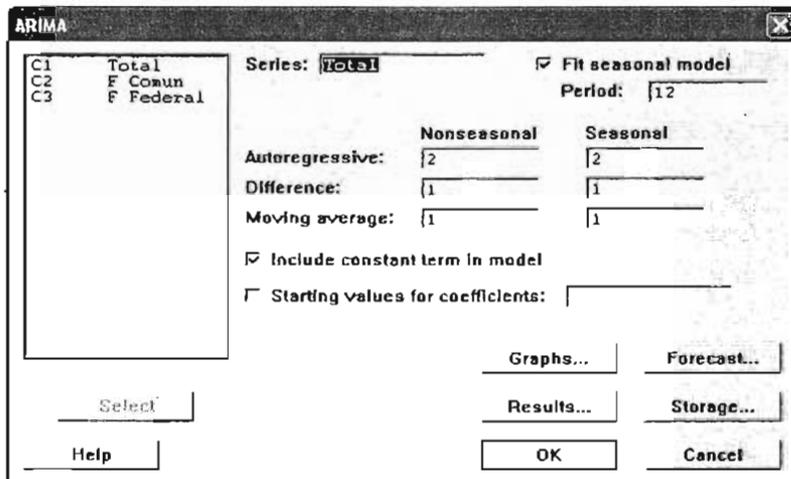


Figura 4.8

Una vez utilizado el modelo mencionado se obtienen la tabla de información para el pronóstico, mostrada en la **figura 4.9**, indicando los coeficientes para el modelo:

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.7564	0.4934	1.53	0.129
AR 2	0.0838	0.1305	0.64	0.523
SAR 12	0.0774	0.1305	0.59	0.555
SAR 24	-0.3887	0.1201	-3.24	0.002
MA 1	0.7836	0.4846	1.62	0.110
SMA 12	0.8463	0.1281	6.61	0.000
Constant	14.641	2.093	7.00	0.000
Differencing: 1 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 109 after differencing 96				
Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10.9	20.4	42.5	55.0
DF	5	17	29	41
P-Value	0.054	0.255	0.051	0.071

Figura 4.9

De forma gráfica podemos observar el comportamiento del pronóstico en la **figura 4.10**, se incluye la serie original y los pronósticos obtenidos:

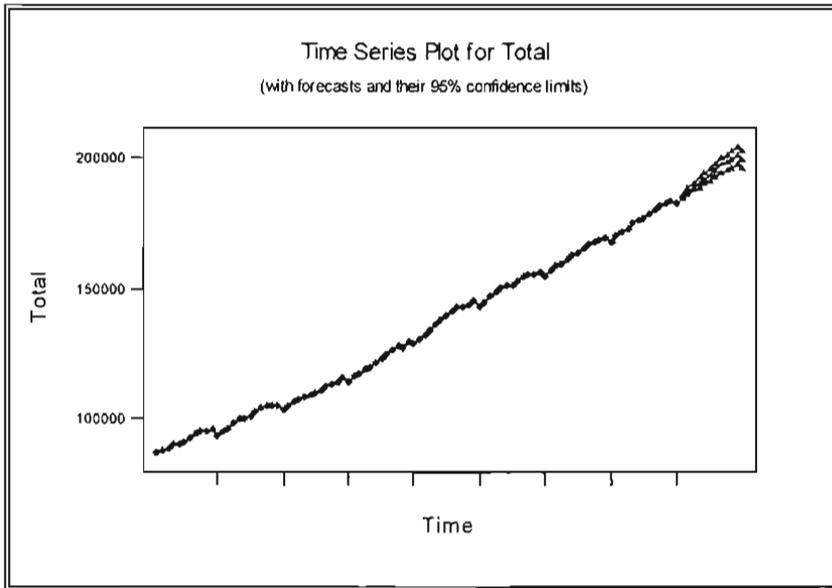


Figura 4.10

Dada la gráfica anterior se puede observar un comportamiento adecuado entre la historia y el trabajo de pronóstico, pues éstos presentan una tendencia al crecimiento y un respeto a la periodicidad de los fenómenos reales, por lo cual la tabla de pronósticos queda como lo muestra la **figura 4.11**:

Forecast from period 96				
		96 Percent limits		
Period	Forecast	Lower	Upper	Actual
97	186850	185145	188555	
98	187231	184847	189615	
99	189194	188536	189852	
100	191829	190374	193284	
101	192794	191806	193782	
102	193474	190460	196488	
103	195300	189995	200605	
104	196462	193808	199116	
105	197544	194557	200531	
106	199841	196183	203499	
107	198550	193673	203427	
108	199684	198625	200743	

Figura 4.11

Algo para destacar es, que el comportamiento del pronóstico respeta la esencia histórica de la serie de tiempo, pues aunque para el mes de enero de 2004 se pronostica una población de 199,841 reos, para el siguiente mes, diciembre, se obtuvo 198,550, que según el comportamiento es bastante creíble y apegado a la realidad, pues en diciembre se presentan preliberaciones, para subir de nuevo en el mes de enero de 2005, alcanzando 199,684 reclusos.

Para cerrar con el estudio de la población total será bueno observar el ajuste de probabilidad de los residuales para el modelo pronosticado, el cual presenta un comportamiento adecuado, guardando una estructura lineal y una dispersión mínima con un intervalo de 95%, lo cual confirma la buena selección del modelo, como se observa en la **figura 4.12**:

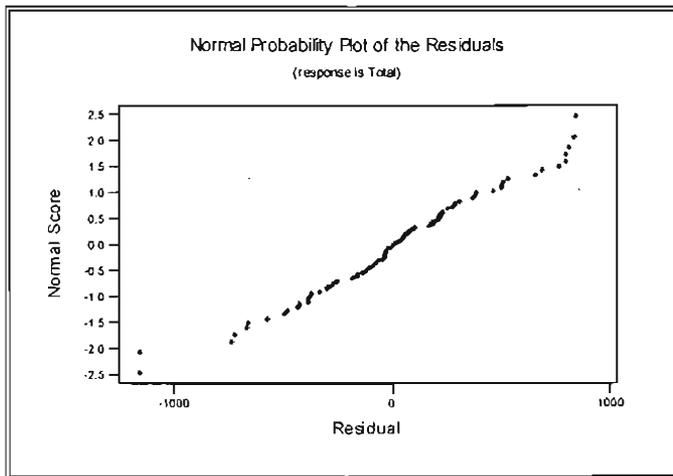


Figura 4.12

4.2.2 Estudio para la población del fuero común

Una vez que ha sido analizada la población total procedo al estudio y pronóstico de sus subconjuntos (fuero común y fuero federal), los cuales por lógica deben presentar situaciones similares a las de su conjunto universo (población total). Como es visible en este caso de estudio, sólo nos resta estimar pronósticos para una población más, puesto que la tercera población será el complemento entre la población total y el modelo que hallemos a continuación.

La población que ahora toma mi atención es la del fuero común, y la razón es la siguiente: al aportar la mayor parte de la población total es fácil concluir que es la que marca el ritmo de conjunto, dado que la mayoría de los presos en nuestro país se encuentra recluso bajo cargos o procesos vinculados a delitos del fuero común, mismos que fueron tratados en el capítulo uno. Para comenzar con el estudio utilizo una de mis herramientas para desplegar un cuadro de estadísticas descriptivas de la población del fuero común de 1990 al 2004, del cual rescataré algunos datos importantes, como se muestra en la **tabla 4.13**:

<i>Población del fuero común</i>	
Media	87677.4615
Error típico	2008.56955
Mediana	78972
Moda	Ninguna
Desviación estándar	26111.4041
Varianza de la muestra	681805427
Curtosis	-1.32203813
Coefficiente de asimetría	0.45243576
Rango	80944
Mínimo	56314
Máximo	137258
Suma	14817491
Cuenta	169
Mayor (1)	137258
Menor(1)	56314
Nivel de confianza (95.0%)	3965.28904

Figura 4.13

El cuadro anterior, es el resultado de aplicar un test de estadística descriptiva, incluido en la hoja de cálculo Excel, el cual permite estudiar el comportamiento de variables aleatorias bajo una aproximación a la distribución normal¹¹, del mismo modo puedo mencionar que la población del fuero común presenta una media de 87,677.46, así como una desviación estándar de 26,111.40, estos dos datos son de suma importancia, pues los programas que permiten la generación de pronósticos bajo la metodología Box Jenkins los utilizan, tanto para establecer el modelo, como para verificar la exactitud del mismo. Además se puede observar que en todos los datos de la serie de tiempo, nunca ha existido un par de meses con en mismo número de reclusos, esto es posible porque carece de moda, es decir de la repetición de alguna variable aleatoria Y_t ; al parecer este dato no es importante, pero nos deja ver la dinámica en el comportamiento de la serie de tiempo, lo cual hace difícil conseguir un buen pronóstico.

Siguiendo el algoritmo de Box Jenkins, procederé a obtener los estados de autocorrelaciones y de autocorrelaciones parciales, para la serie de tiempo de la población del fuero común, de nuevo será aplicando el programa de MINITAB, y se muestran en la **figura 4.14 y 4.15**:

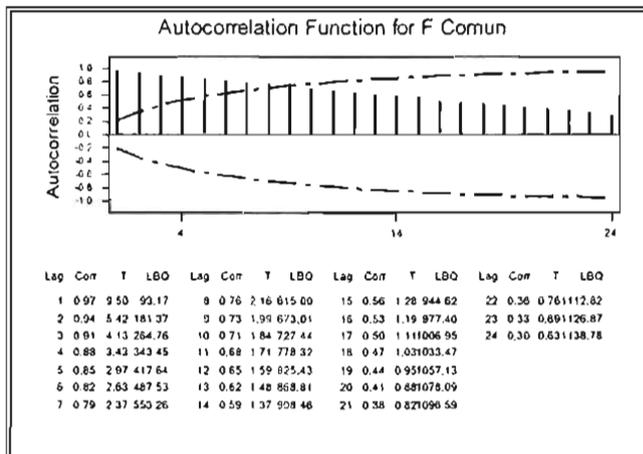


Figura 4.14

¹¹ Para Distribución normal consultar: Jay L. Devore, PROBABILIDAD y Estadística, pp.146 Thompson Editores, 1998.

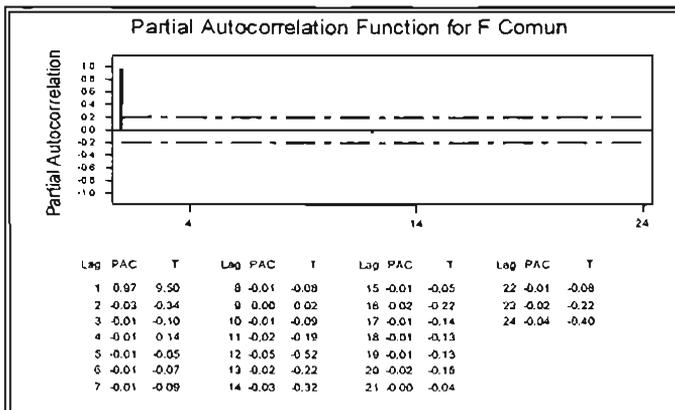


Figura 4.15

De las figuras anteriores podemos obtener los siguientes detalles:

- 1) En la gráfica de autocorrelaciones se presenta un decrecimiento rápido sin llegar a la anulación de los retardos.
- 2) Al mismo tiempo, en las autocorrelaciones parciales se anulan los retardos superiores a uno.

Basados en las distribuciones teóricas manejadas por la metodología, el modelo pertinente para esta serie de tiempo es un AR(1) ó autorregresivo con un retraso, que de forma explícita se ve de la siguiente manera:

$$Y_t = \theta_0 + \theta_1 Y_{t-1} + a_t$$

Donde θ representa los coeficientes de autocorrelación, que serán estimados a través de MINITAB, Y_{t-1} se refiere al valor anterior de la variable aleatoria y a_t es un término de ruido blanco o valor aleatorio. Este modelo se aplica de forma iterativa el número de periodos que quieran ser pronosticados. En esta ocasión no se aplicara la revisión de modelos de *Statgraphics*, pues con la experiencia que he obtenido y la metodología marcada, puedo intuir que un AR(1) será el modelo adecuado, en caso de que no lo sea, tendré que regresar a buscar otro modelo, como lo marca el algoritmo.

Generando los coeficientes de autocorrelación y efectuando las pruebas pertinentes, el software nos arroja el cuadro mostrado en la **figura 4.16**:

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.1682	0.1206	1.39	0.167
SAR 12	-0.2660	0.1179	-2.26	0.027
Constant	45.12	50.13	0.90	0.371

Differencing: 1 regular, 1 seasonal of order 12
 Number of observations: Original series 109, after differencing 96
 Residuals: SS = 16678866 (backforecasts excluded)
 MS = 208486 DF = 80

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19.8	48.4	62.5	72.6
DF	9	21	33	45
P-Value	0.019	0.001	0.001	0.006

Figura 4.16

Es posible observar que para el modelo seleccionado, fué necesario obtener un valor identificado como, AR 1, el cuál nos permitirá calcular el valor futuro de Y_t , además se observa una sección llamada SAR 12, la cual se refiere a un valor que influye en el modelo, sólo cada doce lags, periodos o en este caso meses, en otras palabras, sucede anualmente, y en nuestro caso es negativo, pues después de once meses de tendencia creciente, se presenta una disminución a la población, fenómeno que en realidad es la preliberación de reos para el mes de diciembre. Existe también un dato llamado constante, que en sí es la estructura de la variable aleatoria, pues el AR y el SAR describen los cambios. Así podemos constatar la eficiencia de los modelos ARIMA, para identificar patrones en una serie de tiempo, además de que confirmamos que la practica, hace que el pronosticador agregue su intuición a la toma de decisión.

Ahora se debe probar el ajuste del modelo, es decir los residuales, que no son más que la diferencia entre los datos de la serie de tiempo original y los generados por el modelo seleccionado, entre más pequeños o cercanos a cero sean dichos residuales, el pronóstico será, más certero.

La manera de ver que tan bueno es el ajuste de residuales, depende del grado de seguridad o confianza que se aplique a la estimación, para este estudio he aplicado un 95% en los límites de seguridad, forzando a la selección de un modelo con mínima dispersión, lo que quiere decir, que los residuos son muy pequeños y se ajustan a una distribución normal, con media cero y desviación estándar uno, como a continuación observamos en la **figura 4.17**.

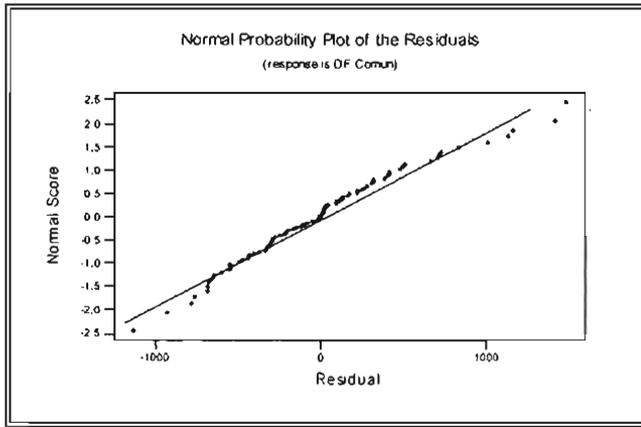


Figura 4.17

Además de haber verificado el comportamiento de los residuales, es necesario estudiar la autocorrelación y la autocorrelación parcial de los mismos, con lo cual garantizamos un mejor pronóstico, pues ellos nos dejan ver la dependencia de datos, la cual para una serie de tiempo estacionaria, debe ser mínima y un cero teórico. En las **figuras 4.18 y 4.19** se grafican dichos comportamientos:

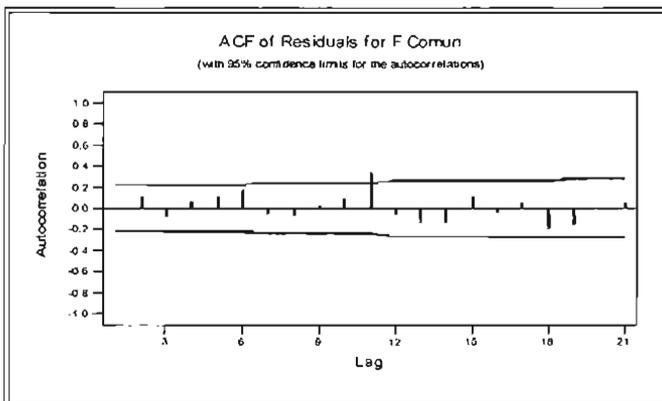


Figura 4.18

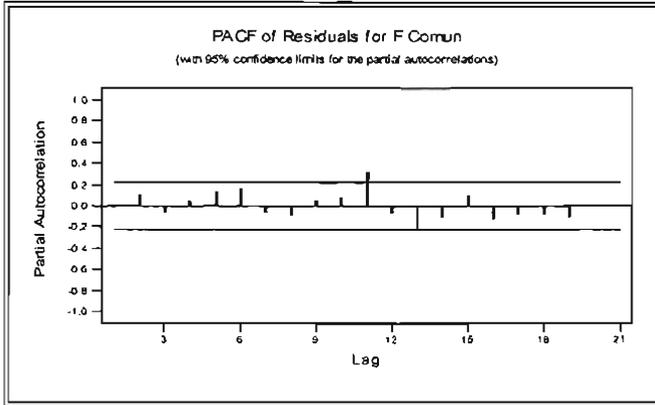


Figura 4.19

Tanto la primera gráfica referente a los coeficientes de autocorrelación de los residuales, como los de autocorrelación parcial, nos dejan ver que se mantienen dentro de un rango de insignificancia, es decir, que son distintos a cero por milagro, con sólo un pequeño detalle, en el lag 11 o mes de noviembre tiene un desfase del rango, que para mi criterio no es de consideración y concluyo que el modelo AR (1) es bueno para el pronóstico de los siguientes doce meses para la población penal del fuero común.

Aplicando el AR (1) a través de MINITAB generamos los siguientes pronósticos para la población del fuero común, como lo despliega la **figura 4.20**:

Forecast from period 96				
95 Percent limits				
Period	Forecast	Lower	Upper	Actual
97	136776	135071	138481	
98	137885	135501	140269	
99	138451	137793	139109	
100	139559	138104	141014	
101	140772	139784	141760	
102	141215	138201	144229	
103	142183	136878	147488	
104	143010	140356	145664	
105	143987	141000	146974	
106	144386	140728	148044	
107	143608	138731	148485	
108	145321	144262	146380	

Figura 4.20

Una vez generados los pronósticos de la población común es necesario verificar el comportamiento visual de los mismos, esto a través de la **figura 4.21** que nos genera MINITAB:

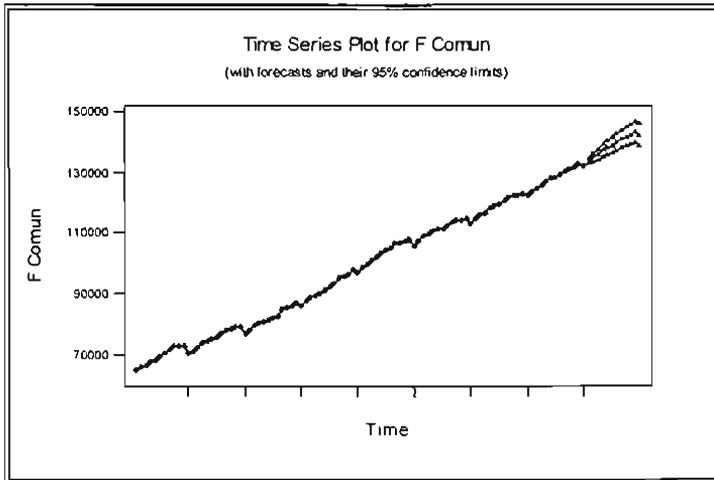


Figura 4.21

Como se logra observar es adecuado el comportamiento de los pronósticos, pues respetan la tendencia al crecimiento, así como los fenómenos de preliberación. Ya sólo resta estimar la población del fuero federal, para concluir la aplicación.

4.2.3 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL FUERO FEDERAL

Como hasta el momento he calculado la población total y uno de sus subconjuntos existen dos caminos factibles: estimar un modelo para la población restante, ó la más lógica y eficaz, que seria sacar la diferencia entre los pronósticos de la población total y la federal, y así lograr que los valores que obtengamos ajusten de forma exacta; pues si intento generar por separado los pronósticos de la población federal, es muy probable que al sumarlos con los pronósticos del fuero compón, no coincidan con el total de la población, esto se ocasiona por que interviene un elemento aleatorio en el pronostico de las poblaciones ya estudiadas. Para obtener los valores en cuestión no basta más que aplicar una resta ayudados por Excel y presentar el comportamiento grafico de los mismos, como se observa en la **tabla 4.22**.

Mes	Pob. Fuero Federal
Feb 04	50074
Mar 04	49346
Abr 04	50743
May 04	52270
Jun 04	52022
Jul 04	52259
Ago 04	53117
Sep 04	53452
Oct 04	53557
Nov 04	55455
Dic 04	54942
Ene 05	54363

Figura 4.22

Es notorio que los valores obtenidos con la diferencia de la población es bastante bueno, pues respeta el comportamiento de los valores históricos, con aumentos bastante discretos y movimientos semejantes a los de la población total, por desgracia para nosotros es notorio que la tendencia la población recluida por delitos del fuero federal es el incremento.

Para concluir esta sección únicamente falta graficar el comportamiento de esta última población, con el fin de corroborar el buen ajuste que numéricamente se observa y que visualmente debe confirmarse con ayuda de la **figura 4.23**:

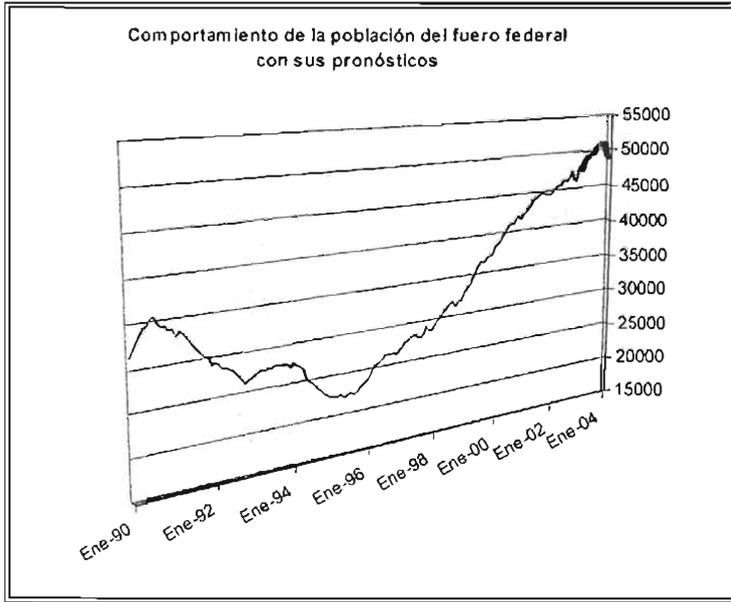


Figura 4.23

Es de mencionarse que sin la potencia que ofrecen los equipos de computo y el software de aplicación contemporáneos, la tarea efectuada en éste estudio hubiera presentado mayor complejidad, de la que ya incluye.

4.3 Presentación formal de los pronósticos

Como cierre de este capítulo sólo me resta presentar los pronósticos generados para la población total de reclusos, población del fuero común y población del fuero federal, mismos que fueron obtenidos bajo la aplicación de la metodología Box – Jenkins, y los cuales serán de utilidad para concluir este documento, dando paso una serie de estrategias respaldadas, que busquen el control y mejoramiento de la actual situación penitenciaria de nuestro país. Me interesa recalcar que la importancia de un pronóstico es dar al tomador de decisiones la capacidad de plantear un panorama futuro que reduzca en la medida posible, la incertidumbre de la situación en la cual se aplicaran acciones y soluciones; así, los resultados del estudio son los siguientes:

Mes	Población Total	Pob. Fuero Común	Pob. Fuero Federal
Feb 04	186850	136776	50074
Mar 04	187231	137885	49346
Abr 04	189194	138451	50743
May 04	191829	139559	52270
Jun 04	192794	140772	52022
Jul 04	193474	141215	52259
Ago 04	195300	142183	53117
Sep 04	196462	143010	53452
Oct 04	197544	143987	53557
Nov 04	199841	144386	55455
Dic 04	198550	143608	54942
Ene 05	199684	145321	54363

Figura 4.24

...” En ocasiones tardan mucho en llegar, pero al fin de cuentas, resultados serán”...

*Por desgracia,
no todos tenemos el poder de tomar decisiones que trasciendan,
pero nada perdemos con proponer soluciones....*

David Villegas

CONCLUSIONES

Nuestro país presenta en la actualidad, una compleja estructura social, en la cual es común visualizar actos, que según su normatividad interna son catalogados como delitos o crímenes, lo cual en realidad, no es más que la existencia de un vínculo estructural indisoluble entre el comportamiento inadecuado de un individuo o institución y los derechos de la sociedad, lo que institucionalmente se define como un acto delictivo. En este sentido, tanto la responsabilidad de identificar, como la de controlar el delito, deben enfrentarse a límites que van más allá de ver que es bueno y que es malo, sino que es necesario impedir un posible delito, de este modo, las fuentes estadísticas de conocimiento de la cuestión criminal no se reducen a las fuentes de conocimiento sobre la "criminalidad", es decir cuantos delitos se cometen, sino que también es indispensable poseer datos acerca del comportamiento de la población ya cautiva por dichos delitos, esto con la única finalidad de mejorar la interacción de la sociedad. A continuación presento conclusiones con propuestas implícitas, todas basadas en este trabajo de

investigación, desde la recopilación de hechos, hasta una posible implementación de estrategias.

Como primera conclusión del estudio, indicó que es indispensable mejorar las fuentes que producen información cuantificada sobre el control del delito, pues constituyen el componente central de una posible toma de decisiones. Hablando de origen, es necesario crear una cultura informática, tanto en instituciones federales como estatales, que busquen una calidad de datos tal, que en un futuro permitan generar estrategias que solucionen nuestro panorama delictivo.

Las instituciones sobre las cuales aplica la recomendación son: las policías, fuerzas de seguridad, la justicia penal y las instituciones de ejecución penal, o sea, todas las que integran el denominado sistema penitenciario; aclaro que en la actualidad existe un órgano dependiente de la Secretaria de Seguridad Publica dedicado a la estadística penitenciaria, pero mi propuesta es la profesionalización del mismo a través la implementación de sistemas de información que faciliten el flujo de datos entre las instituciones; así mismo que regulen y garanticen la calidad de la información. Sería injusto no mencionar la buena labor que recientemente lleva a cabo el Instituto Federal de Acceso a la Información – *IFAI*- pues en este estudio fueron la fuente de datos; pero hay que aclarar que sólo fungen como intermediarios de la información entre las instituciones y el solicitante, lo cual no garantiza la calidad de los datos.

Como parte de la propuesta, aclaro que las denominadas "estadísticas penitenciarias" son fuentes de conocimiento del "delito" como tal, pues son el producto de las instituciones que se encargan de gestionar la ejecución de las penas privativas de la libertad. En particular estas estadísticas penitenciarias se han limitado, a la acumulación de información sobre la población que se encuentra cumpliendo penas privativas de la libertad (género, edad, ocupación antes de ser privado de la libertad, estado civil, nivel de instrucción, tipo de delito por el que ha sido condenado o procesado, etc.), por lo cual la estimulación de la informática

penitenciaria permitiría construir panoramas futuros y mejorar la toma de decisiones en este rubro, como en cualquier otro.

Además la falta de personal especializado impide generar investigaciones y mecanismos, tales como los pronósticos poblacionales, que reducirían el accionar bajo incertidumbre, por ende se lograrían mejores políticas en el control y prevención del delito.

Pasando a otro punto y basado totalmente en el proceso cuantitativo de mi trabajo, es notorio observar que tanto históricamente, como en un futuro, el comportamiento de la población penitenciaria esta marcado por aquellas personas que han sido recluidas bajo el espectro del fuero común, esto quiere decir que la mayoría de los penitenciaros están sujetos o procesados bajo cargos de delitos locales, sin desestimar la visión de un crecimiento del fuero federal según mis pronósticos; por lo tanto una de mis propuestas inmediatas para combatir la inseguridad en nuestro país es expuesta a continuación.

En el marco de la prevención del delito, la participación ciudadana tiene un rol fundamental, dado que la mayor parte de los crímenes en el país son de carácter común, por lo que la ciudadanía es la primer barrera para el delincuente, aclaro, que no estoy hablando de un ajusticiamiento ciudadano si no de lo siguiente:

En la actualidad se presenta un progresivo abandono de las responsabilidades de seguridad pública por parte de la ciudadanía, bajo la consigna de la paga de impuestos, orientados a solventar la manutención de los gobiernos, tanto federales como estatales, a quienes se les delega por completo la empresa de la seguridad pública, lo cual para mi punto de vista es correcto, pero no será punto de controversia en mi propuesta, es : "Establecer al ciudadano como una figura capacitada, para la defensa de su paz local, a través de sus propias organizaciones."

Visto de otra manera, la participación organizada de la población es una forma de compensar las deficiencias, reales o programadas, del estado, pues si uno se ampara en "no hago nada por que pago impuestos", de todas formas corre el riesgo de ser victima del delito, pues nos encontramos con que una consecuencia de la quiebra económica del estado, es la creciente escasez de recursos públicos para satisfacer las necesidades colectivas, ya sea por no poder, por no querer o por una inadecuada aplicación del erario público, agregando de cajón la fuga de presupuesto a manos, bolsas y portafolios de funcionarios despistados o corruptos para ser exactos; pero bien, regresando a la propuesta, en México es necesario cambiar el grito de "sálvese quien pueda" por el de "a quien podemos salvar", por lo que una solución de arranque para el problema de inseguridad, sería la generación formal de Sistemas Comunitarios de prevención del delito, que no serían grupos de vecinos desorganizados, rondando sus localidades con palos, piedras y armas de fuego, sino una estructura formal reconocida por el estado y dotada de derechos como de obligaciones.

Esta idea no es nueva, pues desde épocas milenarias el hombre se ha organizado con el fin de establecer un orden en su sociedad; por ejemplo existen documentos que nos hablan de sistemas medievales que establecían la obligación de todo hombre mayor de 12 años de formar un grupo con 10 familias vecinas, cuya responsabilidad colectiva era la de guardar el orden y llevar a juicio a las personas que cometían delito, obligados también a abandonar el trabajo y perseguir a fugitivos cuando se hubiera dado la voz de alarma, eso si, siempre regulados por estructuras de control y jerarquía.

Mi propuesta me lleva a plantear los siguientes mecanismos formales:

- Reestructurar la policía de patrulla en una "Seguridad comunitaria", una policía más libre y creativa, más en contacto con la gente, que espera escuchar las prioridades de esa gente antes de actuar y que incorpora la colaboración de la misma en sus actividades propias. La policía dejara así de ser reactiva para convertirse en proactiva, y sus agentes no sólo serán más autónomos sino más concientes. Con una policía de este corte, se tendrán más probabilidades de mejorar la calidad de vida de los vecinos, de aumentar el nivel de seguridad ciudadana y de disminuir el miedo al delito. En la medida que se reduzca el papel autoritario y fundamentalmente represivo de la autoridad, se alcanzará una verdadera prevención del delito. Buscar una policía que viva en la comunidad y que comparta la vida de la misma, que conozca a sus miembros, que indague sus prioridades, que trata de resolver sus conflictos antes de que se conviertan en hechos abiertamente delictivos, que sea una ayuda en momentos difíciles. Esta "nueva" policía comunitaria, sin duda converge del modelo aplicado en la actualidad y reposa sobre un cierto grado de participación ciudadana, que aunque no representa aún un modelo totalmente social, dependerá del tipo de formación de los agentes policiales así como del grado de penetración que haya en ellos y sus comunidades.
- Promover programas de "Vigilancia vecinal", es decir, actividades estudiadas y coordinadas por especialistas y aplicadas por los habitantes de una localidad, como por ejemplo: realizar patrullajes a pie ó vigilancia por turnos en el vecindario, siempre bajo la tutela de la "Seguridad comunitaria". Este mecanismo podría llegar a ser el más eficaz, porque según nuestros abuelos "No somos machos,

pero somos muchos”, valga la poca seriedad de la nota, es la verdad. Es necesario destacar el arma de doble filo que presenta esta estrategia, pues la mala aplicación podría tener gravísimas consecuencias de ilegalidad, atropellos, anarquía, desembocando en el ajusticiamiento por mano propia, lo cual no contempla mi propuesta. Para lograr satisfactoriamente lo anterior se necesitaría estudiar la situación con ayuda de especialistas, como criminólogos, sociólogos y gente orientada a la buena logística, como lo podría ser un matemático.

- La tercera estrategia que propongo la podría llamar “Urbanismo de seguridad”, la cual consiste en crear un sistema de construcciones habitacionales orientadas a la vigilancia comunitaria, es decir, zonas con iluminación sobresaliente, edificios que demarcan regiones de control central, con el objeto de rodear áreas de trabajo o recreación, podríamos incluir sistemas de acceso computarizado con el fin de restringir y establecer dominios, junto con otras más estrategias que podrían ser generadas por especialistas en el ramo, como arquitectos, urbanistas y gente dedicada a la seguridad pública. La meta de esta política, es evitar el desarrollo de zonas de riesgo, donde el delincuente pueda conservar su anonimato, es decir, reducir aquellos espacios alejados, mal iluminados, con poca visibilidad y acceso, con tránsito mínimo y vigilancia nula, que albergan y cobijan al delincuente.

Desde mi punto de vista, la aplicación de estas estrategias nos llevaría a controlar la creciente población del fuero común y de los delitos que este castiga, dado que según mis pronósticos hablaremos de cerca de 200,000 reclusos en los centros penitenciarios para enero de 2005, lo que generará la creación de nuevos espacios para albergarlos, más dinero orientado a su manutención y francamente generar un espectro de inseguridad mayor.

Cambiando ahora, al desarrollo de políticas que regulen el comportamiento de la población del fuero federal, es necesario establecer la siguiente situación: a pesar de que los delitos del fuero federal son los menos frecuentes, según mi estudio, para enero de 2005 la proporción de los reclusos bajo este fuero será del 27.23% de la población total, mientras que para el mismo mes, pero del 2004 la proporción fue de 25.8%, esto nos habla de un aumento discreto, pero real en los delitos perseguidos por el fuero federal, que aunque en números no suena tan alarmante, por desgracia este tipo de crímenes son los más peligrosos y con penas mayores, lo cual social y financieramente, desembocará en un desgaste mayúsculo para el país, en el caso de que se relegue su importancia. Por lo anterior, algunas estrategias para controlar este tipo de delitos podrían ser:

- a) Ahora que se cuenta con una Agencia Federal de Investigación (AFI), es necesario crear ramas especializadas en las distintas vertientes de los delitos del fuero federal, pues al crear corporaciones de carácter general se dispersan los resultados que puedan llegar a obtenerse.

- b) Dado que México es un país puente entre Centroamérica y los Estados Unidos, dos puntos vulnerables en nuestro territorio, son las fronteras y en especial la sur, dado que la norte esta protegida del lado extranjero, y siendo francos es más común la exportación de delincuentes a Norteamérica que de forma inversa. Concluyendo así, que el control en nuestra frontera sur nos llevaría a la reducción de los siguientes delitos federales:
 - Tráfico y comercio de estupefacientes (delitos contra la salud)
 - Tráfico de personas
 - Tráfico ilegal de mercancías (contrabando)

Además se impediría el paso de influencias y grupos provenientes de Centroamérica, orientados a la delincuencia organizada, las famosas "Maras", cuya proliferación en nuestro territorio es cada vez mayor, y cuyo éxito radica en la falta de información sobre ellas, es decir, la no existencia de registros básicos sobre las personas que acceden a nuestro territorio, me refiero a nombre, edad, antecedentes penales, etc. Si la frontera sur fuera adoptada como una zona importante de nuestro territorio, podríamos erradicar muchos delitos, que incluso no se dan en esa región, sino en otras partes de nuestro territorio.

- c) Las agencias Federales deberán confeccionar datos estadísticos y cualitativos, a los que puedan acceder los estudios de investigaciones científicas sobre el tema. Así mismo se tiene el deber de recolectar y sistematizar dichos datos. Abrir líneas y áreas de investigación que involucren a la universidad pública e institutos privados en investigaciones necesarias para abordar esta compleja temática.

- d) Desde un enfoque sistemático, la federación debe buscar la fórmula para reducir los índices de pobreza, marginación y desempleo a nivel nacional, pues dichos factores son los detonantes del delito. Recordemos que cualquier sistema falto de igualdad, contará con componentes que busquen un supuesto equilibrio por cualquier medio, deformando en la trasgresión de derechos y propiedades.

Para dar paso al cierre de este documento me interesa remarcar, que mi poca experiencia en estudio y control socio-político, me llevan a la recomendación de entregar este tipo de análisis cuantitativos a personas con perfiles tales, que puedan, partiendo de los números, configurar políticas y estrategias que desemboquen en una mejor sociedad y un adecuado estilo de vida.

Es necesario afirmar que en las décadas siguientes, la gran mayoría de las poblaciones del planeta vivirán en ciudades o localidades totalmente urbanizadas, por ende la inseguridad se visualizará en mayor grado y el control del delito tomará tintes de gravedad, esto recrudecido por la mala memoria de una población, que se estremece sólo de momento, al escuchar la noticia de un asalto o un secuestro, en especial cuando el crimen es contra alguien conocido o se sufre en persona, en cualquier otro caso, la seguridad de nuestra sociedad toma una posición secundaria en la tabla de necesidades, y en caso de ser atendida, se nos olvida que tenemos mecanismos científicos capaces de solventar hasta la situación más grave, optando por soluciones intuitivas y de nula eficacia.

Para concluir este trabajo de investigación es necesario reconocer la funcionalidad del delito dentro de una sociedad como la nuestra, donde por desgracia dichos actos son fuente de libros, investigaciones universitarias, profesores y alumnos en leyes; desde el punto de vista industrial provoca la producción de uniformes, armamento, sistemas de seguridad, compañías de seguridad, etc., además de vender periódicos, espacios informativos, películas y demás artículos. Por desgracia nos estamos acostumbrado a vivir cerca o con el mismo delito, y eso degenera el estilo de vida de una sociedad, yo impulso a utilizar los medios necesarios para controlar los índices de delincuencia e inseguridad, pues un pueblo puede desaparecer, por el miedo que tiene a si mismo, no olvidemos *“El hombre, es el lobo del hombre”*.

APÉNDICE DE TABLAS

POBLACIÓN PENITENCIARIA EN MÉXICO
Enero 1990 – Enero 2004

Mes/Año	Población Total	Población del fuero común	Población del fuero federal
Ene-90	87711	56314	31397
Feb-90	89910	57817	32093
Mar-90	91438	58547	32891
Abr-90	92518	58740	33778
May-90	94305	59877	34428
Jun-90	95136	60303	34833
Jul-90	96563	61179	35384
Ago-90	96664	61131	35533
Sep-90	95742	60991	34761
Oct-90	95537	61275	34262
Nov-90	95168	60808	34360
Dic-90	93119	59340	33779
Ene-91	94249	60314	33935
Feb-91	93789	60793	32996
Mar-91	94397	60852	33545
Abr-91	94799	61563	33236
May-91	94225	61545	32680
Jun-91	93524	61458	32066
Jul-91	91638	60127	31511
Ago-91	91685	60628	31057
Sep-91	90525	60003	30522
Oct-91	90486	60313	30173
Nov-91	89692	59694	29998
Dic-91	86655	57583	29072
Ene-92	87629	58384	29245
Feb-92	87260	58230	29030
Mar-92	87274	58809	28465
Abr-92	87652	59178	28474
May-92	87593	59328	28265
Jun-92	87723	59700	28023
Jul-92	87151	59640	27511
Ago-92	87325	60067	27258
Sep-92	86634	60088	26546
Oct-92	87025	60909	26116
Nov-92	87753	61199	26554
Dic-92	85712	59158	26554

Ene-93	87633	60637	26996
Feb-93	89171	61908	27263
Mar-93	89932	62626	27306
Abr-93	90596	63224	27372
May-93	91680	64222	27458
Jun-93	92308	64981	27327
Jul-93	93421	65780	27641
Ago-93	94311	66615	27696
Sep-93	94569	67091	27478
Oct-93	94462	66900	27562
Nov-93	94768	67146	27622
Dic-93	91364	64352	27012
Ene-94	92462	64852	27610
Feb-94	91788	64596	27192
Mar-94	91120	64106	27014
Abr-94	91112	64515	26597
May-94	89612	64316	25296
Jun-94	88797	63925	24872
Jul-94	89234	64471	24763
Ago-94	88849	64479	24370
Sep-94	88239	64377	23862
Oct-94	88189	64633	23556
Nov-94	87755	64741	23014
Dic-94	86326	63579	22747
Ene-95	87149	64742	22407
Feb-95	87852	65447	22405
Mar-95	88650	66367	22283
Abr-95	89833	67317	22516
May-95	90552	68277	22275
Jun-95	91050	69057	21993
Jul-95	92623	70261	22362
Ago-95	94053	71593	22460
Sep-95	94802	72509	22293
Oct-95	95521	72896	22625
Nov-95	95883	72905	22978
Dic-95	93574	70288	23286
Ene-96	94879	71163	23716
Feb-96	96358	72309	24049
Mar-96	98375	73664	24711
Abr-96	99873	74454	25419
May-96	100383	74933	25450
Jun-96	101200	75379	25821
Jul-96	102629	76412	26217
Ago-96	104122	77599	26523
Sep-96	104884	78394	26500
Oct-96	105352	78972	26380
Nov-96	105434	78934	26500
Dic-96	103262	76921	26341

Ene-97	104678	77792	26886
Feb-97	106418	79472	26946
Mar-97	107799	80171	27628
Abr-97	108456	80722	27734
May-97	109094	81055	28039
Jun-97	109956	81697	28259
Jul-97	110863	82423	28440
Ago-97	112510	84647	27863
Sep-97	113321	85447	27874
Oct-97	114302	86130	28172
Nov-97	116082	86883	29199
Dic-97	114341	85900	28441
Ene-98	116235	87470	28765
Feb-98	117767	88797	28970
Mar-98	119089	89492	29597
Abr-98	120170	90161	30009
May-98	121592	91199	30393
Jun-98	123032	92139	30893
Jul-98	124774	93465	31309
Ago-98	126743	95167	31576
Sep-98	128044	96066	31978
Oct-98	127650	96441	31209
Nov-98	130087	98365	31722
Dic-98	128902	97050	31852
Ene-99	130943	98560	32383
Feb-99	132606	99699	32907
Mar-99	134315	100716	33599
Abr-99	136236	102396	33840
May-99	138292	103508	34784
Jun-99	139707	104229	35478
Jul-99	141294	105239	36055
Ago-99	143499	106936	36563
Sep-99	143324	106866	36458
Oct-99	144261	107429	36832
Nov-99	145311	108040	37271
Dic-99	142800	105681	37119
Ene-00	145139	107557	37582
Feb-00	147154	108810	38344
Mar-00	148531	109788	38743
Abr-00	150198	110998	39200
May-00	151391	111533	39858
Jun-00	151662	111483	40179
Jul-00	153134	112357	40777
Ago-00	154843	113660	41183
Sep-00	155424	114377	41047
Oct-00	155863	114290	41573
Nov-00	156657	114637	42020
Dic-00	154765	113118	41647

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Ene-01	156856	114719	42137
Feb-01	158592	116125	42467
Mar-01	159716	116831	42885
Abr-01	161660	118202	43458
May-01	163135	119184	43951
Jun-01	163983	119756	44227
Jul-01	165059	120551	44508
Ago-01	165981	121303	44678
Sep-01	166208	121443	44765
Oct-01	166642	121854	44788
Nov-01	167338	122706	44632
Dic-01	165687	121093	44594
Ene-02	167672	122920	44752
Feb-02	168861	123683	45178
Mar-02	169971	124697	45274
Abr-02	171991	126186	45805
May-02	172147	126333	45814
Jun-02	172949	126836	46113
Jul-02	174057	127683	46374
Ago-02	175730	129583	46147
Sep-02	176173	129346	46327
Oct-02	177220	129776	47444
Nov-02	174006	127745	46261
Dic-02	169830	123963	45867
Ene-03	173875	126189	47386
Feb-03	175253	126912	48341
Mar-03	177190	128266	48924
Abr-03	178452	129153	49299
May-03	179863	130384	49479
Jun-03	181221	131447	49774
Jul-03	183547	133555	49922
Ago-03	185856	135301	50555
Sep-03	186837	136037	50800
Oct-03	187202	136392	50810
Nov-03	188130	137258	50872
Dic-03	182530	133370	49160
Ene-04	184721	135911	48810

Referencias Bibliográficas

- HANKE John E. & REITSCH Arthur G., "Pronósticos en los negocios"
Ed. Prentice Hall,
- MOHHAMAD R. Azareng, "Simulación y análisis de modelos estocásticos"
Ed. Mac Graw Hill
- TURNER J. C., "Matemática moderna aplicada"
Ed. Alianza
- SPYROS Makridakis & STEVEN C., "Manual de técnicas de pronóstico"
Ed. Limusa
- DEVORE Jay L., "Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias"
Ed. Thomson
- CÓDIGO PENAL PARA EL DISTRITO FEDERAL Libro primero 59ª Edición
ED. Porrúa
- MAKRIDAKIS, "The art and Science of Forcasting"
Ed. International journal of Forecasting.
- G.P. BOX Y G. M. JENKINS, "Time Series Analysis Forecasting and Control".
Ed. LIMUSA.

Referencias WEB

- <http://www.uam.es/klein> Procedimientos de análisis de la estacionariedad: Integración y raíces unitarias. Documento de trabajo Instituto de Predicción Económica LR Klein.
- <http://www.uam.es/departamentos/economicas/econapli/pdf/box-jenkins.pdf> Modelos de series temporales U.D.I. Informática Prof. Rafael de Arce.