#### Capítulo 7

## **Análisis para pronostico de Series de Tiempo**

Este capítulo esta constituido de dos secciones. La primera sección da una breve explicación de las herramientas matemáticas utilizadas. La segunda sección contiene el procesamiento de los datos y los resultados del pronóstico.

**7.1 Explicación de las herramientas**

Una Serie de Tiempo es una secuencia de observaciones de una variable aleatoria indexada en el tiempo.

Generalmente la variable independiente es el tiempo y en este caso, el análisis consiste en identificar el patrón de comportamiento de la variable dependiente, en el pasado y proyectarlo al futuro.

Típicamente, para analizar una serie de tiempo, esta puede ser considerado como la superposición de 4 componentes:

Tendencia (Zn (t)).- Debido al comportamiento promedio a largo plazo.

Componente cíclicas (Zn (c)).- Debido a movimientos periódicos.

Componente oscilatorio (Zn (o)).- Debido a movimientos irregulares periódicos.

Componente aleatorio (Yn).- Debido a efectos aleatorios.

Xn=Zn (t)+ Zn (c)+ Zn (o)+ Yn

La componente tendencia se la separa haciendo un ajuste generalmente lineal, luego la componente cíclica se la separa haciendo un filtrado del espectro de frecuencias; y por último la componente oscilatoria se separa de la componente aleatoria haciendo mediante un filtrado en bloque de las frecuencias.

Debido a esta descomposición, solamente a la componente aleatoria se le aplica los modelos ARIMA y SARIMA

Los valores aberrantes de los datos originales, se eliminan considerando un preajuste por regresión simple, de la componente tendencia.

**7.2 Pronóstico**

Las variables que vamos pronosticar son: Total, ciudad, afuera de la ciudad, enfermos y total de cultivos.

**7.2.1 Variable: Total**

|  |  |
| --- | --- |
| Gráfico 7.2.1.1 |  |
|  | En este gráfico podemos observar, la secuencia de los datos en el tiempo, además antes de pronosticar tenemos que eliminar los valores aberrantes. |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Gráfico 7.2.1.2 |  |
| Preajuste de la Componente Tendencia |  |
|  | Para eliminar los valores aberrantes, tomamos en cuenta el ajuste de la regresión lineal simple, la siguiente bandas de filtrado. |

|  |  |
| --- | --- |
| Gráfico 7.2.1.3 |  |
|  | En el gráfico podemos observar los datos sin los valores aberrantes. |

|  |  |
| --- | --- |
| Gráfico 7.2.1.4 |  |
|  | Ahora, procedemos a calcular la tendencia; una forma visual se ve que la tendencia se puede calcular mediante un ajuste lineal. |
| Gráfico 7.2.1.5 |  |
|  | Quitando la tendencia de los datos originales, obtenemos los datos centrados que se puede observar en el gráfico adjunto. |

En estos datos, separamos la componente cíclica mediante un filtrado de espectro de frecuencias; luego separamos la componente oscilatoria de la componente aleatoria mediante un filtrado en bloque de las frecuencias; quedando la componente aleatoria como datos residuales.

|  |
| --- |
| Gráfico 7.2.1.6 |
| Filtrado de Espectro de Frecuencias |
|  |

Gráfico 7.2.1.7

Cálculo de las Componentes Oscilatoria y Aleatoria

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Para pronosticar tendremos que sumar la tendencia, la componente Cíclica tiene período igual al número de datos entonces se la repite. La componente oscilatoria se pone los valores calculados al momento de hacer el filtrado. El error absoluto se puede pronosticar mediante un modelo ARIMA.

Gráfico 7.2.1.8

# Gráficos de Predicción y Datos Originales, Error

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Para aceptar si un modelo es aceptado o rechazado, se considerará que el promedio de los errores de las variables a predecir, deberá estar comprendido en un intervalo entre –6% a 6%. Debemos recordar que ningún modelo matemático se ajusta al 100% a la realidad.

Cuadro 7.2.1.1

# Cuadro de Predicción

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Caso | Año | Mes | Dato | Predicción | Error Relativo |
| 88 | 2000 | Abril | 648 | 642 | 1% |
| 89 | 2000 | Mayo | 500 | 399 | 25% |
| 90 | 2000 | Junio | 374 | 620 | -40% |
| 91 | 2000 | Julio | 736 | 565 | 30% |
| 92 | 2000 | Agosto | 827 | 290 | 185% |
| 93 | 2000 | Septiembre | 715 | 726 | -1% |
| 94 | 2000 | Octubre |  | 659 |  |
| 95 | 2000 | Noviembre |  | 593 |  |
| 96 | 2000 | Diciembre |  | 593 |  |
| 97 | 2001 | Enero |  | 595 |  |
| 98 | 2001 | Febrero |  | 606 |  |
| 99 | 2001 | Marzo |  | 593 |  |
| 100 | 2001 | Abril |  | 653 |  |

Igual procedimiento se aplica para pronosticar las demás variables.

**7.2.2 Variable: Ciudad**

Gráfico 7.2.2.1

Gráficos de Secuencia de Datos, Ajuste de Regresión Lineal Simple, Datos sin Valores Aberrantes, Tendencia Lineal de los Datos, Datos sin Tendencia

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Gráfico 7.2.2.2

Filtrado de Espectro de Frecuencias

|  |
| --- |
|  |

Gráfico 7.2.2.3

Gráficos de Componente Cíclica, Componente Oscilatoria y Aleatoria

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Gráfico 7.2.2.4

Gráficos de Filtrado en bloque de frecuencias, Componente Oscilatoria, Componente Aleatoria, Predicción y Datos Originales, Error

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Cuadro 7.2.2.1

# Cuadro de Predicción

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Casos | Año | Mes | Datos | Predicción | Error Relativo |
| 88 | 2000 | Abril | 553 | 494 | 12% |
| 89 | 2000 | Mayo | 422 | 227 | 86% |
| 90 | 2000 | Junio | 327 | 468 | -30% |
| 91 | 2000 | Julio | 606 | 332 | 82% |
| 92 | 2000 | Agosto | 741 | 169 | 339% |
| 93 | 2000 | Septiembre | 624 | 571 | 9% |
| 94 | 2000 | Octubre |  | 495 |  |
| 95 | 2000 | Noviembre |  | 450 |  |
| 96 | 2000 | Diciembre |  | 444 |  |
| 97 | 2001 | Enero |  | 387 |  |
| 98 | 2001 | Febrero |  | 416 |  |
| 99 | 2001 | Marzo |  | 410 |  |
| 100 | 2001 | Abril |  | 481 |  |

**7.2.3 Variable: Afuera de la Ciudad**

Gráfico 7.2.3.1

Gráficos de Secuencia de Datos, Ajuste de Regresión Lineal Simple, Datos sin Valores Aberrantes, Tendencia Lineal de los Datos, Datos sin Tendencia

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Gráfico 7.2.3.2

Filtrado de Espectro de Frecuencias

|  |
| --- |
|  |

Gráfico 7.2.3.3

Gráficos de Componente Cíclica, Componente Oscilatoria y Aleatoria

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Gráfico 7.2.3.4

Gráficos de Filtrado en bloque de frecuencias, Componente Oscilatoria, Componente Aleatoria, Predicción y Datos Originales, Error

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Cuadro 7.2.3.1

# Cuadro de Predicción

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Casos | Año | Mes | Datos | Predicción | Error Relativo |
| 88 | 2000 | Abril | 95 | 113 | -16% |
| 89 | 2000 | Mayo | 78 | 124 | -37% |
| 90 | 2000 | Junio | 47 | 158 | -70% |
| 91 | 2000 | Julio | 130 | 176 | -26% |
| 92 | 2000 | Agosto | 86 | 153 | -44% |
| 93 | 2000 | Septiembre | 91 | 149 | -39% |
| 94 | 2000 | Octubre |  | 198 |  |
| 95 | 2000 | Noviembre |  | 154 |  |
| 96 | 2000 | Diciembre |  | 162 |  |
| 97 | 2001 | Enero |  | 195 |  |
| 98 | 2001 | Febrero |  | 164 |  |
| 99 | 2001 | Marzo |  | 155 |  |
| 100 | 2001 | Abril |  | 166 |  |

**7.2.4 Variable: Total de Enfermos**

Gráfico 7.2.4.1

Gráficos de Secuencia de Datos, Ajuste de Regresión Lineal Simple, Datos sin Valores Aberrantes, Tendencia Lineal de los Datos, Datos sin Tendencia

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Gráfico 7.2.4.2

Filtrado de Espectro de Frecuencias

|  |
| --- |
|  |

Gráfico 7.2.4.3

Gráficos de Componente Cíclica, Componente Oscilatoria y Aleatoria

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Gráfico 7.2.4.4

Gráficos de Filtrado en bloque de frecuencias, Componente Oscilatoria, Componente Aleatoria, Predicción y Datos Originales, Error

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Cuadro 7.2.4.1

# Cuadro de Predicción

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Casos | Año | Mes | Datos | Predicción | Error Relativo |
| 88 | 2000 | Abril | 103 | 98 | 5% |
| 89 | 2000 | Mayo | 117 | 49 | 138% |
| 90 | 2000 | Junio | 153 | 90 | 70% |
| 91 | 2000 | Julio | 91 | 141 | -36% |
| 92 | 2000 | Agosto | 186 | 116 | 60% |
| 93 | 2000 | Septiembre | 164 | 92 | 79% |
| 94 | 2000 | Octubre |  | 122 |  |
| 95 | 2000 | Noviembre |  | 134 |  |
| 96 | 2000 | Diciembre |  | 118 |  |
| 97 | 2001 | Enero |  | 139 |  |
| 98 | 2001 | Febrero |  | 118 |  |
| 99 | 2001 | Marzo |  | 96 |  |
| 100 | 2001 | Abril |  | 153 |  |

**7.2.5 Variable: Total de Cultivos**

Gráfico 7.2.5.1

Gráficos de Secuencia de Datos, Ajuste de Regresión Lineal Simple, Datos sin Valores Aberrantes, Tendencia Lineal de los Datos, Datos sin Tendencia

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Gráfico 7.2.5.2

Filtrado de Espectro de Frecuencias

|  |
| --- |
|  |

Gráfico 7.2.5.3

Gráficos de Componente Cíclica, Componente Oscilatoria y Aleatoria

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Gráfico 7.2.5.4

Gráficos de Filtrado en bloque de frecuencias, Componente Oscilatoria, Componente Aleatoria, Predicción y Datos Originales, Error

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Cuadro 7.2.5.1

# Cuadro de Predicción

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Casos | Año | Mes | Datos | Predicción | Error Relativo |
| 88 | 2000 | Abril | 532 | 357 | 49% |
| 89 | 2000 | Mayo | 443 | 454 | -3% |
| 90 | 2000 | Junio | 705 | 580 | 22% |
| 91 | 2000 | Julio | 398 | 508 | -22% |
| 92 | 2000 | Agosto | 1181 | 417 | 183% |
| 93 | 2000 | Septiembre | 710 | 647 | 10% |
| 94 | 2000 | Octubre |  | 684 |  |
| 95 | 2000 | Noviembre |  | 562 |  |
| 96 | 2000 | Diciembre |  | 585 |  |
| 97 | 2001 | Enero |  | 558 |  |
| 98 | 2001 | Febrero |  | 580 |  |
| 99 | 2001 | Marzo |  | 610 |  |
| 100 | 2001 | Abril |  | 662 |  |

Observaciones:

A partir de los cuadros de predicción elaborados se puede inducir que:

1. En los cinco cuadros de predicción anteriores, todos tienen un promedio de errores relativos aceptables, que se puede observar en la siguiente tabla:

# Tabla XXIX

Promedio del Error Relativo

|  |  |
| --- | --- |
| Variable | Promedio del Error |
|  | Relativo |
| Total | -0,53% |
| Ciudad | 3,31% |
| Afuera de la Ciudad | -4,46% |
| Total de Enfermos | 5,35% |
| Total de Cultivos | 2,24% |

1. En los cuadros de predicción de las variables: Total, Afuera de la Ciudad, Total de Cultivos, encontramos un valor del error relativo alto, correspondiente al caso 92, esto nos hace inducir que algo paso en esa fecha o el modelo no se ajusta para ese caso.
2. En el cuadro de predicción de la variable Total de Enfermos, se observa un valor del error relativo alto, correspondiente al caso 89, esto nos induce a pensar que algo paso en esa fecha o el modelo no se ajusta para ese caso.
3. En conclusión podríamos decir que si la enfermedad de la TB, se encuentra en un buen nivel de control, las predicciones hechas podrán ayudar al personal que labora en el programa de control de la TB; caso contrario estas predicciones fallarán.