

# Universidad de Buenos Aires

## FCE

Estadística Actuarial  
Curso Landro - Del Rosso

### Trabajo Práctico Final

### 1C2023



## Contents

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>2</b>
1.1	Objetivo . . . . .	2
1.2	Temas . . . . .	2
1.3	Aspectos formales . . . . .	2
1.4	Entregas . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Consignas</b>	<b>4</b>
2.1	Primer Parcial: Series Temporales . . . . .	4
2.2	Segundo Parcial: Simulación . . . . .	6
2.2.1	Punto 1 . . . . .	6
2.2.2	Punto 2 . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Anexo</b>	<b>10</b>
3.1	Posibles dudas y/o aclaraciones . . . . .	10
3.1.1	¿Cómo muestro el resultado de mi código? . . . . .	10
3.1.2	Markdown . . . . .	10

# 1 Introducción

## 1.1 Objetivo

El presente trabajo práctico constituye el cierre del curso de Estadística Actuarial. La finalidad es articular los conceptos teóricos estudiados en las clases con una aplicación práctica mediante a utilización del lenguaje de programación utilizado en el curso.

A lo largo del curso, se han abordado diferentes temas referidos al análisis de los datos, su manejo y su explotación. El presente trabajo práctico buscará combinar las capacidades aprendidas por los estudiantes en lo que respecta a programación y aquellas capacidades analíticas, lógicas y resolutivas; con el objetivo último de generar un marco de trabajo que permita una comprensión más abarcativa de los temas de la materia.

## 1.2 Temas

El trabajo práctico cuenta con 2 bloques que abordan diferentes problemáticas:

- Series de Tiempo
- Simulación

## 1.3 Aspectos formales

- El trabajo deberá ser realizado en grupos de 3 (tres) integrantes.
- El trabajo se deberá realizar de forma exclusiva en el lenguaje de programación Python. Se deberá utilizar archivos del tipo *.ipynb*.
- Todos los resultados pedidos en las consignas deberán estar presentes en el archivo final que sea entregado. No se deberá entregar más de un archivo de Python por grupo.
- Los informes se deberán presentar en un archivo único; adicional al *.ipynb*.

## 1.4 Entregas

A continuación se detallan los requerimientos y condiciones de la entrega del trabajo práctico:

- Series Temporales:** El trabajo deberá presentarse en formato de informe y deberá incluir los resultados obtenidos, las conclusiones y las limitaciones del análisis realizado. El informe deberá estar escrito en no más de tres carillas de Word y deberá incluir los gráficos. Además, se deberá incluir el código utilizado en el archivo *.ipynb*.
- Simulación:** Se deberá entregar el archivo del notebook en el que se realizó el trabajo de forma que pueda ser ejecutado de forma simple por el equipo docente. Debe poder ser ejecutado de forma ordenada, sin que arroje errores en su ejecución.
- Se deberá presentar una sola entrega por grupo, la cual será una carpeta comprimida, bajo el siguiente nombre:

registro1\_registro2\_registro3\_1C2023 (por ejemplo:  
888123\_999456\_789456\_1C2023)

- d) El archivo deberá subirse al **Campus** en la sección **Actividades/Entregas**
- e) **Fecha de entrega límite:** jueves 29/06/2023 (inclusive).

## 2 Consignas

### 2.1 Primer Parcial: Series Temporales

Usted es un Analista Cuantitativo de Inversiones que necesita saber el precio del petróleo en el próximo año, utilizando el índice Brent desde el año 2015, para saber si es conveniente o no la inversión en acciones de empresas petroleras. Para ello, decide hacer la predicción a futuro utilizando solamente la serie temporal del índice Brent y sus conocimientos en estadística aplicada.

El objetivo de este trabajo práctico es realizar un análisis de la serie temporal del índice Brent y desarrollar un modelo ARIMA que permita realizar predicciones precisas del comportamiento futuro de la serie bajo los siguientes lineamientos:

- a) Búsqueda y selección de la serie temporal: Se deberá seleccionar la serie temporal de alguna base de datos pública (Banco Mundial, Yahoo Finance), cargarla en Python, limpiar el dataset en caso de ser necesario, y correr las funciones de estadística descriptiva de Pandas para comenzar a tener una comprensión de los datos seleccionados.
- b) Análisis de la serie temporal: Se deberá realizar un análisis exhaustivo de la serie temporal seleccionada, incluyendo:
  - Exploración gráfica: Se deberán desarrollar gráficos de la serie temporal que permitan identificar patrones y tendencias en la serie, así como también identificar la presencia de posibles valores atípicos o cambios estructurales en la serie.
  - Verificación de estacionariedad y estacionalidad: Se deberá verificar la estacionariedad y estacionalidad de la serie. Todos los test vistos en clase deben ser aplicados para el estudio certero de la serie (Jarque-Bera, Durbin-Watson, Dickey Fuller) junto con sus respectivas conclusiones.
  - Funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial: Se deberán desarrollar gráficos de la función de autocorrelación y autocorrelación parcial para la serie temporal del índice Brent. Estos gráficos permitirán identificar posibles modelos ARIMA que expliquen la variabilidad en la serie.
- c) Selección del modelo: Se deberá seleccionar un modelo ARMA o ARIMA que mejor se ajuste a la serie temporal, utilizando criterios de información como el AIC o el BIC y el estudio realizado previamente. Se deberá justificar la elección del modelo seleccionado y describir sus propiedades. También se deben enumerar las limitaciones que tiene el dado los resultados obtenidos en su estudio.
- d) Predicciones con el modelo seleccionado: Utilizando el modelo seleccionado, se deberán realizar predicciones del comportamiento de la serie temporal en un horizonte temporal futuro de un año. Se deberá evaluar la precisión de las predicciones mediante métricas como el error cuadrático medio o el error absoluto medio.
- e) Presentación de resultados: El trabajo deberá presentarse en formato de informe y deberá incluir los resultados obtenidos, las conclusiones y las limitaciones del análisis

realizado. El informe deberá estar escrito en no más de tres carillas de Word y deberá incluir los gráficos. Además, se deberá incluir el código utilizado.

## 2.2 Segundo Parcial: Simulación

La empresa aseguradora *Viper Insurance* se encuentra analizando la composición de su portafolio de carteras y sus comportamientos para poder realizar proyecciones. Para ello, recurre a un grupo de especialistas en la materia.

A partir de la siguiente información, se deberán completar las consignas sucesivas:

### 2.2.1 Punto 1

#### Cartera 1:

- Posee 5000 pólizas asociadas.
- Cada póliza cubre los siniestros tipo A y tipo B.
- Para cada póliza:
  - la probabilidad de sufrir un siniestro es del 3%, la de dos siniestros es del 1% y la de sufrir 3 siniestros es del 0.5%.
  - los siniestros se corresponden al tipo A o B según una distribución binomial con media 450 tomando como base una población de 1000 casos; siendo  $p$  y  $q$  respectivamente. Son mutuamente excluyentes: una póliza afectada por siniestros del tipo A, no puede ser afectada por uno del tipo B en la simulación en cuestión.
  - los montos a abonar según el tipo de sinistro siguen las siguientes consideraciones:
    - a) tipo A: distribución exponencial ( $X \sim \text{Exp}(\lambda)$ ) con media 500000; donde  $f_X(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ . En caso de presentarse más de un siniestro, se deberá utilizar la distribución que resulte de la suma de exponenciales (*hint: FGM*).
    - b) tipo B: distribución normal con parámetros  $\mu = 350000$  y  $\sigma = 100000$ . Todos los siniestros siguen dicha distribución. Los sucesivos siniestros de cada póliza reducen su valor en un 10%, sucesivamente.
- La prima de riesgo para esta cartera surge la siguiente fórmula:

$$\Gamma(S) = E(S) + 1.50 \times \sigma(S)$$

donde:

$\Gamma(S)$  representa la prima de riesgo para la cartera  $S$ ;

$E(S)$  representa el valor esperado de la cartera  $S$ ;

$\sigma(S)$  representa el valor del desvío de la cartera  $S$ .

#### Cartera 2:

- Posee 10.000 pólizas asociadas.
- Cada póliza cubre un solo tipo de siniestro.
- Para cada póliza:

- la cantidad de siniestros ocurridos se comporta según una distribución de Poisson. Se proporciona la siguiente tabla de datos históricos. A su vez, se estima que la siniestralidad aumentará en un 100% para los años sucesivos por lo que será pertinente reflejar dicha tendencia.

Años	Cantidad de Pólizas	Cantidad de Siniestros
2010	8.900	188
2011	9.400	183
2012	11.250	225
2013	12.000	240
2014	10.800	205
2015	10.500	210
2016	9.800	196
2017	11.200	224
2018	12.700	258
2019	11.900	248
2020	10.300	200
2021	9.600	192
2022	12.000	231

- Los montos de los siniestros se comportan de acuerdo a una distribución exponencial con  $\lambda = 0.000001997$ , cuyo valor máximo se encuentra acotado a 600.000 por siniestro. El monto del siniestro nunca es inferior a los 75.000: por una cláusula especial de esta cobertura, ante el siniestro se deberá pagar al asegurado obligatoriamente dicha suma como mínimo.
- La prima de riesgo para esta cartera surge la siguiente fórmula:

$$\Gamma(S) = E(S) \cdot (1 + \psi(X))$$

donde:

$\Gamma(S)$  representa la prima de riesgo para la cartera S;

$E(S)$  representa el valor esperado de la cartera S;

$\psi(X)$  es una función tal que mide el promedio de las diferencias relativas entre el valor medio y el desvío de los montos en cada iteración de la simulación:

$$\psi(X) = \frac{1}{k} \sum_{\forall k} \frac{E(x_k) - \sigma(x_k)}{E(x_k)}$$

### Problem 1

Calcular la prima de riesgo total a recaudar por la empresa por medio de un proceso de simulación estocástica, con una cantidad de iteraciones que permita lograr la estabilidad



de la frecuencia relativa. El cálculo de la prima se determina por a siguiente expresión:

$$\Gamma(S_{total}) = \Gamma(S_1) + \Gamma(S_2)$$

### Solution 1

Estos son los valores que se deben obtener en el presente ejercicio:

- $\Gamma(S_1)$ :  $143\,077\,530.65 < \Gamma(S_1) < 158\,138\,323.35$
- $\Gamma(S_2)$ :  $189\,186\,984.17 < \Gamma(S_2) < 209\,101\,403.56$

### 2.2.2 Punto 2

El departamento actuarial de la empresa debe desarrollar el siguiente análisis patrimonial dinámico en base a las siguientes premisas:

- Ingresos por prima: los ingresos por primas son iguales al resultado de la simulación del punto anterior.
- Ingresos por inversiones: la empresa posee dos tipos de inversiones:
  - Alto riesgo: tienen un rendimiento acorde a una distribución exponencial con  $\beta = 0.2$ , con rango de valores entre el -15% y 40%;
  - Bajo riesgo: tienen un rendimiento cierto del 5%.
  - Las inversiones se asignan en forma equitativa a cada riesgo.
- Egresos por costos: los costos fijos se distribuyen como una distribución Uniforme con  $min = 35.000.000$  y  $max = 50.000.000$ ; los costos variables de gestión se comportan según una distribución Lognormal con parámetros  $\mu = 1.5$  y  $\sigma = 0.75$  trasladada en  $2.000.000$  (es decir,  $L \times 2.000.000$ ).
- Egresos por siniestralidad: los egresos por siniestralidad se producen en concordancia con lo establecido en el punto anterior (**punto 1**).
- La empresa destina todos sus ingresos por primas a las inversiones al comienzo de cada año.
- La empresa paga 30% a fin de año en concepto de Impuesto a las Ganancias (siempre y cuando el resultado sea positivo).
- La empresa reparte en forma de dividendos un porcentaje 'D' de acuerdo a la siguiente tabla, siempre y cuando el resultado sea positivo (el remanente es invertido al año siguiente):

D	P(D)
5%	0.25
10%	0.30
15%	0.35
20%	0.10

**Problem 2**

Haciendo el análisis para un plazo de 3 años, por medio de simulación, se pide:

- a) El valor final esperado en poder de la empresa (es decir, el monto que sería reinvertido al año siguiente) y su desvío;
- b) Probabilidad de que el resultado final sea:
  - Superior a 120.000.000
  - Entre 50.000.000 y 90.000.000
  - Menor a 0
- c) Los siguientes gráficos:
  - distribución de los resultados de la empresa (re inversión)
  - trayectorias de al menos 5 iteraciones del proceso

**Solution 2**

Estos son los valores que se deben obtener en el presente ejercicio:

- a)  $50\,687\,048.39 < \text{Valor Esperado} < 56\,022\,527.16$
- b)
  - $0.020 < Pr(R > 120M) < 0.030$
  - $0.345 < Pr(50M > R > 90M) < 0.380$
  - $0.018 < Pr(R < 0) < 0.028$
- c) Gráficos. No aplica.

## 3 Anexo

### 3.1 Posibles dudas y/o aclaraciones

#### 3.1.1 ¿Cómo muestro el resultado de mi código?

Para esto se deberá incluir la función **print** (nativa de Python), **display** en el caso de usar `pd.DataFrames` o **plt.show()** si fuese el caso de un gráfico.

#### 3.1.2 Markdown

Es recomendable el uso de celdas de **Markdown** para poder agregar texto de forma más prolija y ordenada a la entrega. Es deseable que la entrega se encuentre separada en secciones (dentro del mismo archivo): cada sección hará referencia a una parte en específico de las consignas. A su vez, se podrán usar las subsecciones intermedias que considere adecuadas.