

Un problema en Econofísica: Predicción de activos financieros mediante el Movimiento Browniano Geométrico, dentro del mercado bursátil

Angello Soriano¹, Hector Loro²

Escuela profesional de Física, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Abstract - This article seeks to predict the price of shares of companies whose assets are listed on the Lima Stock Exchange (BVL), making use of the Geometric Brownian Movement, giving as parameters the arithmetic average of the daily variation of the shares(μ) and the standard deviation(σ), of the last two months. Showing that Geometric Brownian Motion better predicts future values in stock prices, in low volatility markets (σ). Finally, a simulation of the share price for the month of July of the year 2022 of the main companies in the mining, financial and industrial sector is made: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. , Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Bank Internacional del Perú S.A.A., Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, ALICORP S.A.A.

Resumen - En el presente artículo se busca predecir el precio de las acciones de empresas cuyos activos coticen en la Bolsa de Valores de Lima(BVL), haciendo uso del Movimiento Browniano Geométrico , dando por parametros el promedio aritmetico de la variacion diaria de las acciones(μ) y la desviacion estandar(σ), de los dos ultimos meses. Mostrandose que el Movimiento Browniano Geométrico predice mejor valores futuros en los precios de las acciones, en mercados de baja volatilidad(σ). Por ultimo se hace una simulación del precio de las acciones para el mes de Julio del año 2022 de las principales empresas en el sector minero, financiero e industrial: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. , Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Banco Internacional del Perú S.A.A., Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, ALICORP S.A.A.

Index Terms—Movimiento Browniano Geométrico , Modelo Black-Scholes, BVL, Acciones, Predicción.

I. INTRODUCCIÓN

Los conceptos en finanzas y economía estan sostenidos por modelos matemáticos estando estos fuertemente matematizados, con herramientas como: movimiento Browniano¹, series temporales, teoría de juegos, etc.

En el estudio de las finanzas de una persona o de la economía de un país es necesario tener en cuenta factores externos como por ejemplo en el caso de las finanzas de una persona, un accidente automovilístico o un despido de su centro de trabajo, factores que afectan de manera sorpresiva a cualquier modelo matemático elaborado para ahorrar dinero durante el mes, otros factores como el ruido afectan a los datos recogidos para elaborar los modelos matemáticos.

El ruido (ξ), denominado como una forma de "contaminación" son datos corruptos, distorcionados que tienen una baja relación Señal-Ruido. Es estudiado por Físicos, Matemáticos, Científicos de Datos, etc. , debido a su

efecto negativo en los datos², obtenidos por medición o recolección.

Por ello es de considerarse en la elaboracion de modelos matemáticos.

- El modelo Ginzburg-Landau con ruido.
- Circuito RLC, con un potencial externo $V(t)$ que fluctua en el tiempo:

$$L\dot{I}(t) + RI(t) + \frac{Q(t)}{C} = V(t) + \xi$$

- Dinamica de Langevin en mecanica estadistica:

$$\dot{\phi}(t) = -\frac{\partial H}{\partial \phi} + \xi(t)$$

Los ejemplos vistos anteriormente, con la variable llamada **ruido** son ademas ejemplos de ecuaciones diferenciales estocásticas", por estos contienen coeficientes de ruido.

El precio de las acciones cotizadas por las empresas en la bolsa de valores, estan en constante cambio debido a las fluctuaciones y posibles amenazas ante politicas de estado, guerras o enfermedades que afectan el mercado financiero. Se han vuelto un tema de estudio entre cienticos de vocación interdisciplinaria, siendo un desafio poder estudiar

¹asorianom@uni.pe

²hloro@uni.edu.pe

¹El Movimiento Browniano es el movimiento aleatorio que se observa en las partículas que se hallan en un medio fluido, del resultado de choques contra las moléculas en dicho fluido.

²Dato = Señal Verdadera + Ruido

los mercados financieros. Las finanzas se han convertido en un tema tan común como hablar del clima. En los últimos 40 años muchos físicos se han visto atraídos en la investigación de los fenómenos económicos, dando por nombre Econofísica a la aplicación de modelos matemáticos usados en física que son llevados al campo de las Finanzas y la Economía para analizar fenómenos económicos.

Mostrándose en la Tabla: I la relación matemática entre finanzas y física.

Tabla I: Tabla comparativa entre las ecuaciones estocásticas usadas en finanzas y física.

Finanzas	Física
$(dW)^2 = dt$	$(dW)^2 = dt$
$\langle W dW \rangle = 0$	$2\langle W dW \rangle = dt$
$\frac{\partial f}{\partial W} dW + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial W^2} dt$	$\frac{\partial f}{\partial W} dW + \frac{\partial f}{\partial t} dt$
$\partial_t = \partial_x(aP) + \frac{1}{2} \partial_x^2(b^2 P)$	$\partial_t = \partial_x(aP + \frac{1}{2} b \partial_x b) + \frac{1}{2} \partial_x^2(b^2 P)$
Itô	Stratonovich

El precio de las acciones refleja el valor de cotización de la compañía o empresa en la Bolsa de Valores del país en el que se encuentra. Pero no solo el valor presente de estas determina el valor de la empresa, los valores futuros sirven de garantía frente a compra y/o venta de bienes y servicios para la empresa, que es donde radica la importancia y necesidad de poder estimar con precisión los valores futuros del precio de las acciones.

II. MOTIVACIÓN

Hay una doble motivación en desarrollar este artículo.

En primer lugar, ayudar a las empresas a poder estimar valores futuros del precio de sus acciones frente a la venta o la compra de acciones en un proceso de expansión o recesión bursátil. Determinando los principales factores asociados al Movimiento Browniano Geométrico para optimizar la predicción del precio de las acciones.

En segundo lugar, la intención de ayudar a los inversores en los mercados bursátiles del Perú. Mediante el desarrollo de un cálculo estocástico que proporcione una predicción precisa del precio de las acciones para la toma de decisiones de inversión.

III. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Optimización del Movimiento Browniano Geométrico para la valoración de un activo financiero (precio de la acción) de empresas peruanas registradas en la Bolsa de Valores de Lima (BVL).

IV. ESTADO DEL ARTE

A. Antecedentes

Las investigaciones en la predicción de valores futuros de activos financieros, han venido desarrollándose en base a comportamientos anteriores de los mismos casos de estudio, usándose herramientas estadísticas, obteniéndose resultados muy útiles en la mayoría de los casos, y el presente artículo no es la excepción.

Uno de los modelos más recurrentes entre para predecir el comportamiento de activos financieros son las Redes Neuronales (RN). El artículo elaborado por Singh y Bhatt sobre "An Analysis of the Performance of Artificial Neural Network Technique for Stock Market Forecasting" [5] publicado en el año 2010, donde también se comparan dos métodos, uno de Redes Neuronales y otro estadístico, para predecir los precios diarios de las acciones y demuestran que las técnicas estadísticas al predecir estos valores se reduce a medida que las series se hacen más complejas. Por lo tanto, al comparar los resultados que ambos métodos dan, se encuentra que las Redes Neuronales con una cantidad suficiente de datos, una arquitectura (capas) apropiada y bien elaborada, son mucho mejor al predecir los precios diarios de las acciones que las técnicas estadísticas usadas con normalidad.

Arrieta, Torres & Velásquez, en su artículo "Predicciones de Modelos Económicos y Redes Neuronales: El Caso de la Acción de SURAMINV" [6] publicado en el año 2009 describen ampliamente la utilidad de Redes Neuronales en la predicción de activos financieros, donde se busca pronosticar el comportamiento de las acciones de Suramericana de Inversiones S.A., resultados que se asemejan a los valores obtenidos por modelos económicos. Las Redes Neuronales logran una mejor interpretación de la dinámica de los precios de las acciones que los modelos económicos.

Actualmente, la volatilidad de activos financieros en finanzas, obligan a buscar modelos que permitan predecir resultados que faciliten la toma de decisiones. Ya habiendo modelos de predicción existente en **cuatro grupos distintos**:

- Modelos basados en series temporales.
- Modelos de teoría de juegos.
- Modelos de simulación, basados en el cálculo estocástico.
- Modelos basados en inteligencia artificial.

Cortes, Debón y Moreno en su artículo "Aplicación del Modelo Log-normal para la Predicción de activos del Banco de Sabadel" [2] publicado en el año 2007, lograron predecir el valor de las acciones del banco Sadabel, usando como

modelos: log-normal y el método de simulación de Monte-Carlo.

B. Problemática

El problema con la predicción del precio de las acciones en la Bolsa de Valores de Lima(BVL) es la incertesa del valor futuro de los precios diarios de las acciones en la Bolsa de Valores de Lima(BVL), debido a factores externos como política de estado, guerras, enfermedades, especulaciones, etc. Caracterizando nuestro fenómeno económico por ser incierto y dinámico.

Caso similar sucede cada vez que se realiza la simulación del Movimiento Browniano Geométrico con los parametros determinados(Tabla: III), para cada empresa se obtendra un conjunto distinto de valores predichos(precio de las acciones).

Entonces, ¿Es posible obtener un valor representativo de este conjunto de simulaciones?

Esta cuestión en particular sera discutida y resuelta en los resultados del presente articulo.

C. Importancia del problema

La creciente cantidad de empresas que cotizan en la bolsa de valores a nivel mundial ha ido tomando importancia con el pasar del tiempo, lo que ha atraído el interes de una mayor cantidad de inversionistas, quienes tratan de rentabilizar sus capitales comprando y vendiendo acciones dentro de la bolsa. Y en el caso de las empresas, estas buscan garantizar la compra y/o venta de bienes y servicios en el mercado de valores. Por ello se busca predecir valores futuros en el precio de las acciones con modelos que permitan tener un rango de confianza como en el que en primera instancia se tiene para el Movimiento Browniano Geométrico , seguida con la metodologia del presente articulo.

Así mismo las incognitas de: ¿Como se puede predecir el el precio de una acción? o ¿Se puede relacionar la Matematica, la Física, Economia y las Finanzas? Son preguntas que encuentran respuesta en los **cuatro grupos distintos** mencionados con anterioridad. Campos usados ampliamente en la literatura en que se basa el presente articulo.

V. METODOLOGIA

Se recolectaron dos conjuntos de datos: Primer Conjunto³, Segundo Conjunto⁴. datos recolectados desde la pagina

³Precio de las acciones de 04 empresas que cotizan en la BVL: Banco Continental, Maple Energy, Cemento Pacasmayo y Minera Milpo.

⁴Precio de las acciones de 05 empresas que cotizan en la BVL: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Banco Internacional del Perú S.A.A., Banco Bilbao Vizcaya Argentaria y ALICORP S.A.A.

web de La Bolsa de Valores de Lima(BVL). Dividiendo el articulo en dos partes experimentales, en la primera parte se busca optimizar el Movimiento Browniano Geométrico con respecto al modelo Black-Scholes(BS), seguidamente respecto a la mejor propuesta elaborada por Sandra Nuñez en su Tesis para optar por el grado de Ingeniero Industrial: Adaptación del modelo Black-Scholes en la simulación de un portafolio de acciones. En la segunda parte, en base a nuestro modelo del Movimiento Browniano Geométrico (ecuación: 1) se busca simular o predecir el valor del precio de las acciones para el mes de Julio del año 2022.

$$S = S_0 * \exp \left[\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma W(t) \right] \quad (1)$$

Donde:

- Precio de la acción del primer día del mes: S_0
- Promedio de la variación diaria del precio de las acciones: μ
- Volatilidad⁵ del precio de las acciones: σ
- Varición del Stock: $\mu - \frac{1}{2} \sigma^2$
- Proceso de Wiener: $W(t)$

VI. EXPERIMENTACIÓN - PRIMERA PARTE

Para las empresas: Banco Continental, Maple Energy, Cementos Pacasmayo y Minera Milpo se lista sus nemonicos de cotización en la Bolsa de Valores de Lima(BVL) (Tabla: II). Estas empresas fueron escogidas por Sandra Nuñez Vargas en su tesis para optar por el grado de Ingeniero Industrial: Adaptación del modelo Black-Scholes en la simulación de un portafolio de acciones.

Tabla II: Nemonico de las empresas usadas en la tesis de Sandra Nuñez para optar por el grado de Ingeniero Industrial.

Empresa	Nemonico
Banco Continental	CONTINC1
Maple Energy	MPLE
Cemento Pacasmayo	CPACASC1
Minera Milpo	MILPOCI

Tomaremos en cuenta los meses de Noviembre y Diciembre del año 2008 dado que estos meses estan altamente correlacionados con nuestro tercer mes(Enero) que es donde buscamos simular o predecir el precio de las acciones, que si utilizaramos 03, 04 o 05 meses anteriores al mes de Enero del año 2009, de los meses de Noviembre y Diciembre se cálculo la media(me) y desviación estandar(σ) para cada mes y de estos dos valores el promedio de la variación

⁵Representa una combinación de retornos positivos y negativos. La volatilidad mide la incertidumbre acerca del precio futuro del activo.

diaria de las acciones " μ "⁶. Posteriormente se promediaron los valores hallados para los meses de Noviembre y Diciembre(Tabla: III) para ser usados en la simulación mediante el Movimiento Browniano Geométrico (ecuación: 1) para el mes de Enero del año del 2009.

Tabla III: Valores de los parametros usados para el Movimiento Browniano Geométrico .

Empresa	μ	σ
Banco Continental	0.0018	0.0856
Maple Energy	0.0266	0.2155
Cemento Pacasmayo	0.0027	0.0674
Minera Milpo	0.0301	0.4156

VII. RESULTADOS - PRIMERA PARTE

Se presentan las graficas comporativas entre la predicción del precio de las acciones usando el modelo de Black-Scholes(BS) y el Movimiento Browniano Geométrico , simulado 10 millones de veces y tomando por resultado el promedio de este conjunto de simulaciones, empleado en el presente articulo, con los valores reales para el mes de Enero de las cuatro empresas estudiadas: Banco Continental, Maple Energy, Cemento Pacasmayo y Minera Milpo.

En nuestro primer conjunto de graficas(Fig: 1, Fig: 2, Fig: 3 y Fig: 4) comparamos los valores simulados o predichos por el modelo Black-Scholes visto en la Tesis: [7] y los valores simulados o predichos por nuestro Movimiento Browniano Geométrico con los valores reales del precio de las acciones desde el 02/01/2009 al 12/02/2009.

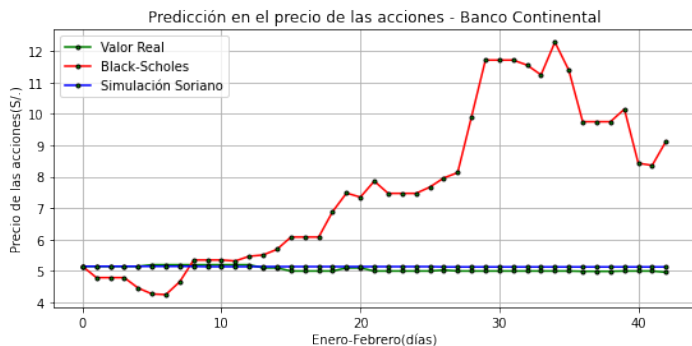


Figura 1: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Banco Continental.

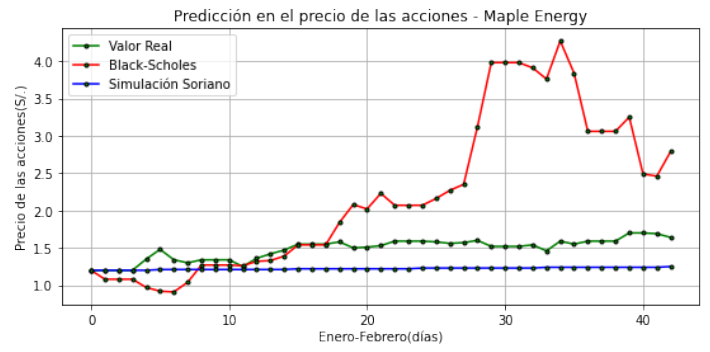


Figura 2: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Maple Energy.

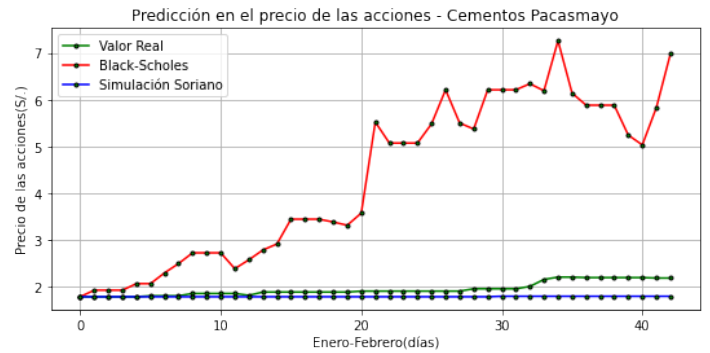


Figura 3: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por la Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Cemento Pacasmayo.

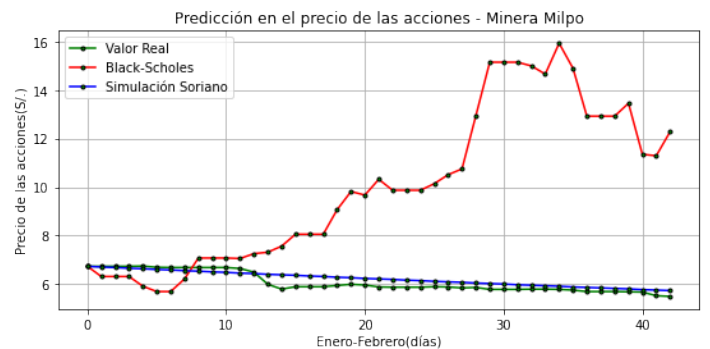


Figura 4: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Minera Milpo.

En nuestro segundo conjunto de graficas(Fig: 5, Fig: 6, Fig: 7 y Fig: 8) comparamos los valores simulados o predichos

$${}^6\mu = \frac{\sigma^2}{me}$$

por el modelo Black-Scholes visto en la Tesis: [7] y los valores simulados o predichos por nuestro Movimiento Browniano Geométrico con los valores reales del precio de las acciones, para los primeros 31 días desde 02/01/2009.

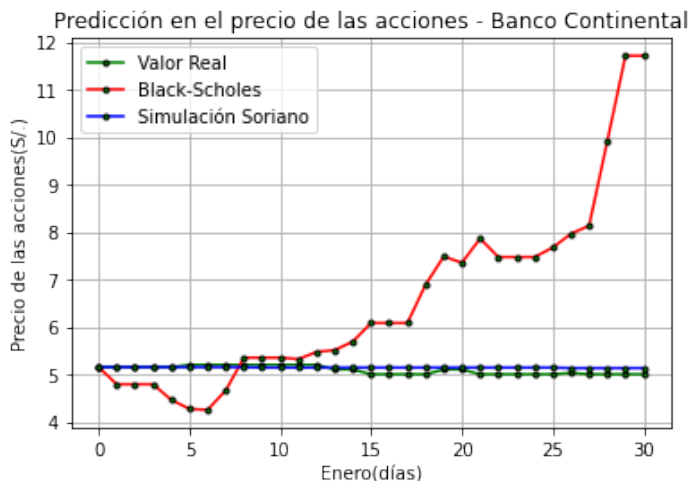


Figura 5: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Banco Continental.

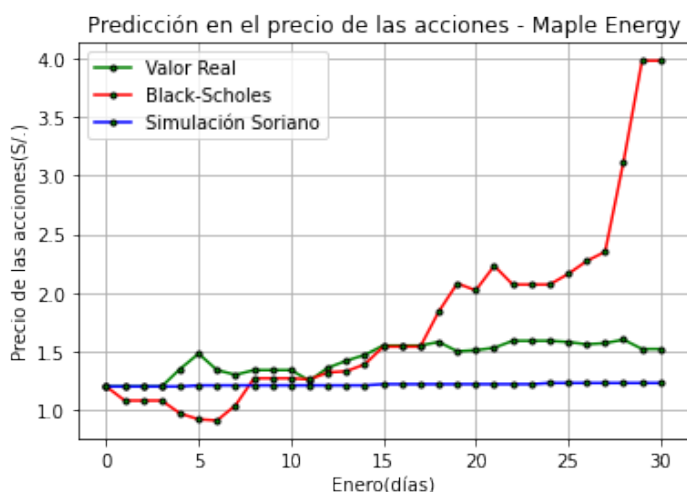


Figura 6: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Maple Energy.

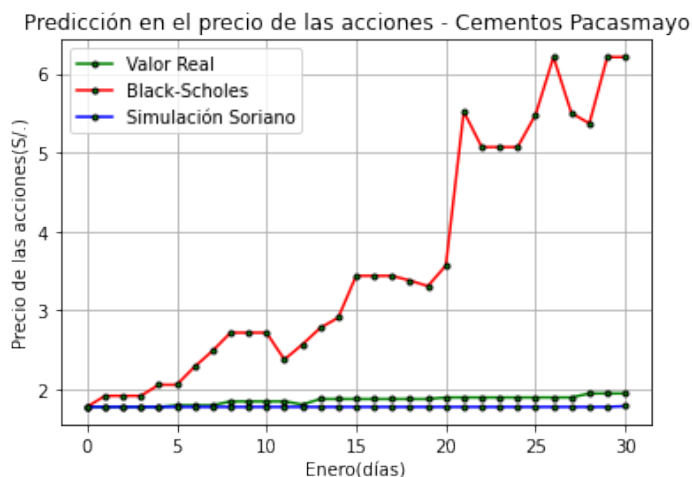


Figura 7: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Cemento Pacasmayo.

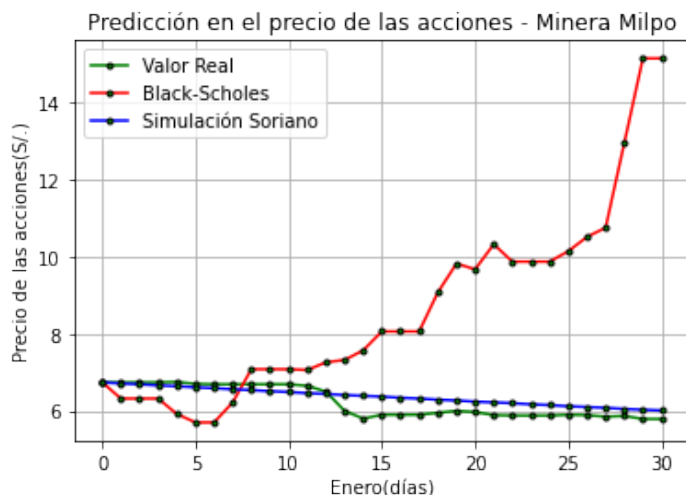


Figura 8: Comparación entre valores simulados mediante el modelo Black-Scholes hecho por Nuñez y el Movimiento Browniano Geométrico simulado por Soriano versus los valores reales dados por La Bolsa de Valores de Lima(BVL) para la empresa Minera Milpo.

En el presente artículo, para el cálculo de errores se usa "Suma de los cuadrados de los errores(SCE)". La importancia de SCE sobre otras formas de calcular errores radica en que es una representación de lo que un modelo no es capaz de explicar, por ejemplo en que medida puede afectar que el estado de feriado libre un día laborable, no es cuantificable apriori. Mostrandose la Tabla: IV para el primer conjunto de graficas.

Tabla IV: Suma de los cuadrados de los errores(SCE) del los respectivos cálculos de Itô de Soriano y el modelo Black-Scholes presentado por Nuñez en [7] para las empresas: Banco Continental, Maple Energy, Cemento Pacasmayo y Minera Milpo, con respecto a los valores reales en el precio de las acciones dadas por la Bolsa de Valores de Lima(BVL).

Empresa	Soriano(SCE)	Black-Scholes(SCE)
Banco Continental	0.0829	179.8521
Maple Energy	1.5613	22.0385
Cemento Pacasmayo	0.1969	160.1969
Minera Milpo	2.0635	364.9915

Tabla V: Tabla de la suma del cuadrado de los errores(SCE) del los respectivos cálculos de Itô de Soriano y la mejor propuesta(3° Propuesta) de mejora al modelo de Black-Scholes de Nuñez para las empresas: Banco Continental, Maple Energy, Cemento Pacasmayo y Minera Milpo. En la Tesis: [7].

Empresa	Soriano(SCE)	Nuñez(SCE)
Banco Continental	0.18	14.81
Maple Energy	1.98	0.79
Cemento Pacasmayo	0.74	1.93
Minera Milpo	2.92	25.65

De la Tabla: IV podemos inferir que el Movimiento Browniano Geométrico desarrollado en el presente artículo es más preciso al predecir los valores en los precios de las acciones que el modelo de Black-Scholes(BS) usado en la Tesis: [7]. De la Tabla: V se obtienen buenos resultados del Movimiento Browniano Geométrico frente a la mejor propuesta de mejora elaborada en la Tesis: [7], a excepción de la predicción hecha para Maple Energy donde se obtiene una suma de los cuadrados de los errores mayor que lo predicho por Nuñez en la Tesis: [7].

VIII. EXPERIMENTACIÓN - SEGUNDA PARTE

Para las empresas: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Banco Internacional del Perú S.A.A., Banco Bilbao Vizcaya Argentaria y ALICORP S.A.A.se lista sus nemonicos de cotización en la Bolsa de Valores de Lima(BVL) (Tabla:VI). Estas empresas fueron escogidas por su importancia en el sector minero, financiero e industrial.

Tabla VI: Nemonico de las empresas mas importantes en el sector minero, financiero e industrial.

Empresa	Nemonico
Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	BUENAVC1 BUENAVI1
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	CVERDEC1
Banco Internacional del Perú S.A.A.	INTERBC1
Banco Bilbao Vizcaya Argentaria	BBVAC1
ALICORP S.A.A.	ALICORC1 ALICORI1

Nemonico de las empresas con terminación I1 son para **acciones de inversión**⁷ y las empresas con terminación C1 son para **acciones comunes**⁸

Tomaremos en cuenta los meses de Mayo y Junio del año 2022 dado que estos meses estan altamente correlacionados con nuestro tercer mes(Julio) que es donde buscamos simular o predecir el precio de las acciones, que si utilizaramos 03, 04 o 05 meses anteriores al mes de Julio del año 2022, de los meses de Mayo y Junio se cálculo la media(me) y desviación estandar(σ) para cada mes y de estos dos valores el promedio de la variación diaria de las acciones " μ ". Posteriormente se promediaron los valores hallados para los meses de Mayo y Junio(Tabla: VII) para ser usados en la simulación mediante el Cálculo de Itô(ecuación: 1) para el mes de Julio del año del 2022.

Tabla VII: Tabla de parametros usados para el Movimiento Browniano Geométrico . En la predicción del mes de Julio

Empresa	μ	σ
BUENAVC1	0.1406	1.9330
BUENAVI1	0.0000	0.0000
CVERDEC1	0.1381	1.7422
INTERBC1	0.0032	0.0774
BBVAC1	0.0040	0.0790
ALICORC1	0.0023	0.1060
ALICORI1	0.0010	0.0613

IX. RESULTADOS - SEGUNDA PARTE

Se presentan las graficas(Fig: 9, Fig: 10, Fig: 11, Fig: 12, Fig: 13, Fig: 14 y Fig: 15) con los valores simulados o predichos en base al Movimiento Browniano Geométrico para el precio de las acciones del mes de Julio del 2022 para las empresas: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Banco Internacional del Perú S.A.A., Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, ALICORP S.A.A.

⁷Las acciones de inversión son valores que representan una parte proporcional de una cuenta especial del patrimonio de la empresa emisora denominada "Cuenta Acciones de Inversión".

⁸Las acciones comunes son Valores emitidos por empresas constituidas como sociedades anónimas. Estas acciones otorgan derechos a sus propietarios, como participar en el capital y utilidades de la empresa, votar en las juntas generales de accionistas, fiscalizar la gestión de los negocios de la empresa.

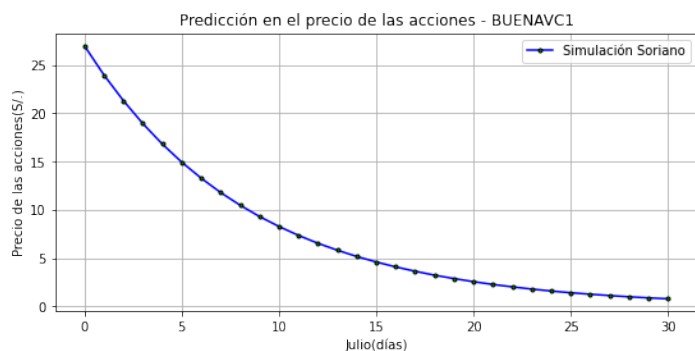


Figura 9: Simulación del precio de las acciones de la empresa: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.(BUENAVC1). Para el mes de Julio del 2022.

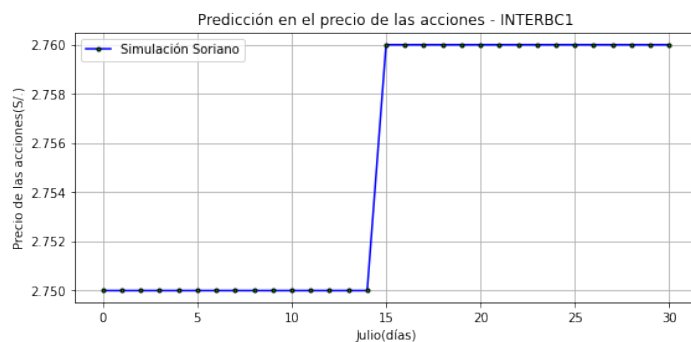


Figura 12: Simulación del precio de las acciones de la empresa: Banco Internacional del Perú S.A.A.(INTERBC1). Para el mes de Julio del 2022.

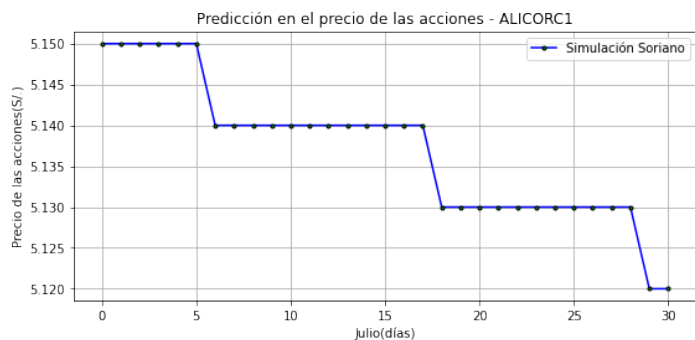


Figura 10: Simulación del precio de las acciones de la empresa: ALICORP S.A.A.(ALICORC1). Para el mes de Julio del 2022.

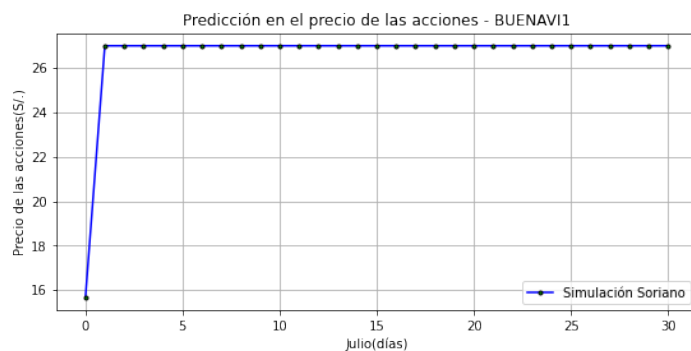


Figura 13: Simulación del precio de las acciones de la empresa: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.(BUENAVI1). Para el mes de Julio del 2022.

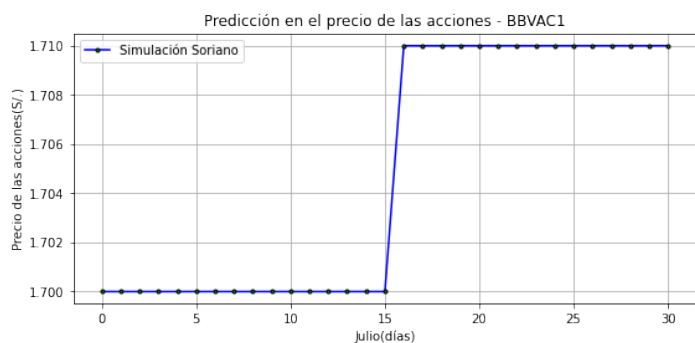


Figura 11: Simulación del precio de las acciones de la empresa: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria(BBVAC1). Para el mes de Julio del 2022.

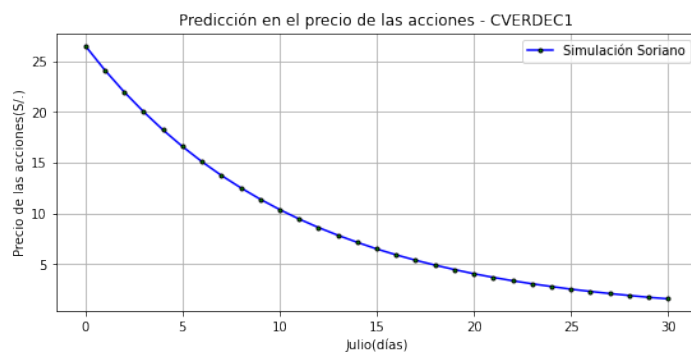


Figura 14: Simulación del precio de las acciones de la empresa: Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.(CVERDEC1). Para el mes de Julio del 2022.

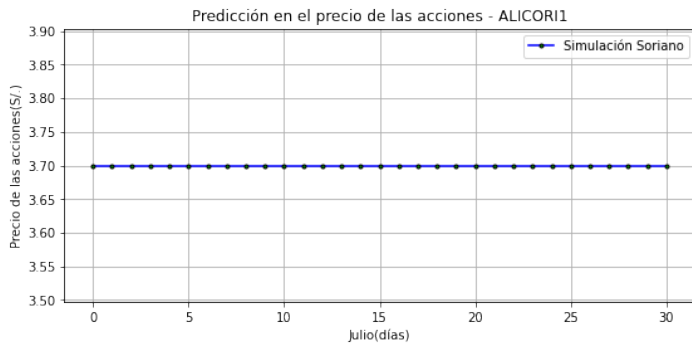


Figura 15: Simulación del precio de las acciones de la empresa: ALICORP S.A.A.(ALICORI1). Para el mes de Julio del 2022.

Se listan los valores de simulados o predichos por estas empresas en la Tabla: VIII.

X. CONCLUSIONES

- Es posible predecir el precio de las acciones de empresas que cotizan en las Bolsas de Valores, por supuesto con un error de por medio.
- El Movimiento Browniano Geométrico predice de manera más exacta los precios futuros de las acciones de una empresa que cotiza en la Bolsa de Valores, en comparación con el modelo de Black-Scholes para los portafolios.
- Vemos que las graficas Fig:14 y Fig:9, tienen un comportamiento similar esto es debido a que la Compañía de Minas Buenaventura ha comprado acciones en la Sociedad Minera Cerro Verde, se concluye que el comportamiento de las acciones en CVERDEC1 afecta de manera directa al comportamiento de las acciones en BUENAVC1.
- El modelo Black-Scholes debido a su alta volatibilidad conforme se avanza en el tiempo, es mejor para mercados alcistas o bajistas donde hay una alta volatibilidad en el precio de las acciones, sin embargo en una mejor aproximación para los mercados de baja volatilidad es fuertemente recomendable emplear el claculo de Itô y su metodología que se ha seguido en el presente artículo.
- En el caso de Maple Energy para la Tabla: V se obtiene un SCE mayor frente a la propuesta de Nuñez, esto se debe a que Maple Energy presenta un mercado de mayor volatilidad que el resto de casos analizados. Por ello podemos afirmar que el Movimiento Browniano Geométrico propuesto en el presente articulo es más preciso en mercados de baja volatilidad.

XI. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

REFERENCIAS

- [1] C. Barrero, W. Vargas, *Predicción de tendencia de precios de acciones por medio de una red neuronal de memoria a corto plazo.*, Colegio de estudios superiores de administración - CESA, Bogotá-Colombia, 2021.
- [2] D. M. Calvo, *Sistema de predicción de fluctuación bursátil.*, Trabajo de fin de Grado, Universidad de Salamanca, Salamanca-España, 2021.
- [3] V. A. Cáceres, *Predicción de precios de acciones de la Bolsa de Valores utilizando support vector regression.*, Ing. Tesis, Universidad de Lima, Lima-Perú, 2018.
- [4] Parody, E., Charris, A, García, R. (2016). *Modelo Log-normal para la Predicción del Precio de las Acciones del Sector Bancario que Cotizan en el Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC)*. Dimensión Empresarial, 14(1), 137 -149
- [5] Singh Vaisla, K., & Kumar Bhatt, A. (2010). *An Analysis of the Performance of Artificial Neural Network Technique for Stock Market Forecasting*. International Journal on Computer Science and Engineering, 2104-2109
- [6] Arrieta Bechara, J., Torres Cruz, J., & Velásquez Ceballos, H. (2009). *Predicciones de Modelos Económicos y Redes Neuronales: El Caso de la Acción de SURAMINV*. Semestre Económico, volumen 12, No. 25, pp. 95-109 - ISSN 0120-6346- julio-diciembre. [Online]. Disponible en: <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/277>.
- [7] A. S. Nuñez, *Adaptación del modelo Black-Scholes en la simulación de un Portafolio de acciones*. Ing. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú, 2009.
- [8] Cortés López, J. C., Debón Aucejo, A. M., & Moreno Navarro, C. (2007). *Aplicación del Modelo Log-normal para la Predicción de activos del Banco de Sabadell*. XVI Jornadas ASEPUMA. IV Encuentro Internacional (pág. 11). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.[Online]. Disponible en: <http://metodos.upct.es/asepuma/comunicaciones/completas/203.pdf>.
- [9] *Bolsa de Valores de Lima*. [Online]. Disponible en: <https://www.bvl.com.pe/>

XII. ANEXOS

Fecha de cotización	BUENAVC1	BUENAVI1	CVERDEC1	INTERBC1	BBVAC1	ALICORC1	ALICORI1
31/07/2022	0.77	27.00	1.60	2.76	1.71	5.12	3.70
30/07/2022	0.87	27.00	1.75	2.76	1.71	5.12	3.70
29/07/2022	0.98	27.00	1.93	2.76	1.71	5.13	3.70
28/07/2022	1.11	27.00	2.12	2.76	1.71	5.13	3.70
27/07/2022	1.25	27.00	2.33	2.76	1.71	5.13	3.70
26/07/2022	1.40	27.00	2.55	2.76	1.71	5.13	3.70
25/07/2022	1.58	27.00	2.81	2.76	1.71	5.13	3.70
24/07/2022	1.78	27.00	3.08	2.76	1.71	5.13	3.70
23/07/2022	2.01	27.00	3.38	2.76	1.71	5.13	3.70
22/07/2022	2.26	27.00	3.71	2.76	1.71	5.13	3.70
21/07/2022	2.55	27.00	4.07	2.76	1.71	5.13	3.70
20/07/2022	2.87	27.00	4.48	2.76	1.71	5.13	3.70
19/07/2022	3.22	27.00	4.92	2.76	1.71	5.13	3.70
18/07/2022	3.63	27.00	5.40	2.76	1.71	5.14	3.70
17/07/2022	4.08	27.00	5.93	2.76	1.71	5.14	3.70
16/07/2022	4.59	27.00	6.51	2.76	1.70	5.14	3.70
15/07/2022	5.16	27.00	7.16	2.75	1.70	5.14	3.70
14/07/2022	5.81	27.00	7.86	2.75	1.70	5.14	3.70
13/07/2022	6.53	27.00	8.62	2.75	1.70	5.14	3.70
12/07/2022	7.35	27.00	9.46	2.75	1.7	5.14	3.70
11/07/2022	8.27	27.00	10.39	2.75	1.70	5.14	3.70
10/07/2022	9.30	27.00	11.41	2.75	1.70	5.14	3.70
09/07/2022	10.48	27.00	12.53	2.75	1.70	5.14	3.70
08/07/2022	11.79	27.00	13.75	2.75	1.70	5.14	3.70
07/07/2022	13.28	27.00	15.1	2.75	1.70	5.14	3.70
06/07/2022	14.94	27.00	16.59	2.75	1.70	5.15	3.70
05/07/2022	16.82	27.00	18.22	2.75	1.70	5.15	3.70
04/07/2022	18.94	27.00	20.01	2.75	1.70	5.15	3.70
03/07/2022	21.32	27.00	21.96	2.75	1.70	5.15	3.70
02/07/2022	23.98	27.00	24.12	2.75	1.70	5.15	3.70
01/07/2022	27.00	15.64	26.50	2.75	1.70	5.15	3.70

Tabla VIII: Valores predichos para el precio de las acciones para el mes de Julio del año 2022 para las empresas: Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.(BUENAVC1-BUENAVI1), Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.(CVERDEC1), Banco Internacional del Perú S.A.A.(INTERBC1), Banco Bilbao Vizcaya Argentaria(BBVAC1), ALICORP S.A.A.(ALICORC1-ALICORI1).