

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,
Volumen 9, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

MODELO DE PREDICCIÓN DEL PRECIO DE BITCOIN MEDIANTE EL USO DE REDES BAYESIANAS Y SIMULACIÓN DE MONTECARLO

**BITCOIN PRICE PREDICTION MODEL USING BAYESIAN
NETWORK AND MONTE CARLO SIMULATION**

Germán Francisco Villa Olmedo
Universidad La Salle Morelia, México

Modelo de Predicción del Precio de Bitcoin Mediante el Uso de Redes Bayesianas y Simulación de Montecarlo

Germán Francisco Villa Olmedo¹

germanfranciscov@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0009-4148-4957>

Universidad La Salle Morelia

México

RESUMEN

Se busca diseñar un modelo para la predicción del precio de Bitcoin través del tiempo, basado en una red bayesiana y la simulación de Montecarlo. Bitcoin es un medio de pago electrónico que permite transacciones irreversibles, persona a persona. Su precio varía por factores políticos, económicos, etc.; mismos que, organizados en una Red Bayesiana e iterados en una Simulación de Montecarlo, pueden predecir el precio. Se eligió un enfoque cuantitativo, una investigación predictiva, bibliográfica, con método deductivo, de muestra se tomó el precio de 5 189 días; se realizaron 10 000 iteraciones. Se validó con expertos. Se analizó las variables más importantes mediante el análisis PESTEL, obteniéndose que factores como el apoyo de USA, apoyo de China, la especulación, el uso de bitcoin por la población, son muy importantes en la determinación del precio del activo. Se obtuvo un modelo con el potencial de predecir el precio de Bitcoin y de ser perfeccionado continuamente y puede calibrarse en tiempo real mediante *RSS FEED* y lectores de información. Se obtuvo un modelo que se considera teóricamente válido, la red debe ser actualizada para que siga aprendiendo los valores de probabilidad y la estructura.

Palabras Clave: bitcoin, red bayesiana, simulación de Montecarlo, precio, predicción

¹ Autor principal

Correspondencia: germanfranciscov@yahoo.es

Bitcoin Price Prediction Model Using Bayesian Network and Monte Carlo Simulation

ABSTRACT

The objective is to design a model for predicting the price of Bitcoin over time, based on a Bayesian network and Monte Carlo simulation. Bitcoin is an electronic means of payment that allows irreversible person-to-person transactions. Its price varies depending on political, economic, and other factors; these factors, organized in a Bayesian network and iterated in a Monte Carlo simulation, can predict the price. A quantitative approach was chosen, predictive bibliographic research using a deductive method. The sample included the price of 5,189 days; 10,000 iterations were performed. It was validated with experts. The most important variables were analyzed using PESTEL analysis, finding that factors such as US support, Chinese support, speculation, and the use of Bitcoin by the population are very important in determining the asset's price. The resulting model has the potential to predict the price of Bitcoin and can be continuously refined. It can be calibrated in real time using RSS feeds and news readers. Once a model is obtained that is considered theoretically valid, the network must be updated so that it continues to learn the probability values and structure.

Keywords: bitcoin, bayesian network, Monte Carlo simulation, price, prediction

Artículo recibido 05 abril 2025

Aceptado para publicación: 28 abril 2025



INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se busca diseñar un modelo matemático que prediga el precio de Bitcoin a través del tiempo, basado en una red bayesiana y la simulación de Montecarlo. Esto es posible debido a algunas características propias del activo.

Formulación del problema

Bitcoin surgió de la necesidad de un medio de pago electrónico que permita transacciones irreversibles, persona a persona, sin que dependan de instituciones de confianza (Nakamoto, 2008). Su creador utilizó el pseudónimo de Satoshi Nakamoto y su identidad real es desconocida (US Sentencing Commission, 2018). Bitcoin, en el quid de su existencia representa la idea de libertad, seguridad, descentralización y emancipación del sistema de emisión y control monetarios existente previo a su creación. Esto es lo que le ha generado éxito. Posterior a BTC surgen otras criptomonedas que intentan imitar su éxito, pero que tienen características diferentes; algunas son susceptibles de manipulación que las hace precarias.

BTC tiene características que la hacen especial como moneda. En primer lugar, es una moneda finita, lo que la hace inmune a la inflación (Nakamoto, 2008). Su valor no caerá debido a emisión exagerada, como en el caso de monedas devaluadas por su gobierno. Mientras la criptomoneda sea viable para transacciones: su valor aumentará. Hay una tendencia al alza. En segundo lugar, es de uso muy extendido y popular como medio de intercambio de valor electrónico, su adopción ha sido paulatina y firme desde el año 2010 hasta el 2024. Aunque la regulación gubernamental ha variado de región a región, la aceptación del público en general se ha ido consolidando.

En tercer lugar, Bitcoin es un sistema *peer to peer* verificado por una *proof of work* en cadena de bloques bajo el criterio de mejor esfuerzo y respaldado por potencia computacional global. No es emitido por un banco central ni depende de una institución como tercero de confianza que avale las transacciones irreversibles. Su emisión no puede ser controlada por ningún gobierno. Es una moneda libre en su origen (Nakamoto, 2008). No puede ser manipulada, salvo que el poder computacional *atacante* sea mayor al *honesto*; y la posibilidad de que la cadena sea susceptible a este tipo de ataques se hace diminuta con cada nuevo bloque minado. En cuarto lugar, Bitcoin es trazable. Su debilidad radica en que las transacciones son públicas; la privacidad se basa en la no revelación de la clave pública, misma que

puede ser investigada. Aunque en el pasado se la consideró como una criptomoneda para lavado de activos, hoy se pueden rastrear las operaciones (Chainalysis. s.f. y Lord Draugr, 2024).

Entonces se requiere saber el precio que alcanzará a corto, mediano y largo plazo. Y cuál es el patrón de su crecimiento exponencial. BTC ha alcanzado un nivel de importancia global que su precio es afectado principalmente eventos Legales, Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, etc.

Las características mencionadas hacen a Bitcoin más estable que otras monedas y permite una mejor predicción. Se requiere el uso de herramientas económicas, matemáticas, estadísticas y computacionales y calibrarlas correctamente, para hallar una respuesta precisa. Una predicción así ayudaría a las personas a tomar mejores decisiones sobre inversión: se sabría su valor a largo plazo para *holdeo*; y se comprendería la dirección e intensidad de su volatilidad en caso de eventos globales que la afecten, a fin de generar ganancias mediante compraventa e inversiones en corto. Entonces surge una interrogante. ¿Cómo diseñar un modelo matemático que prediga el precio de Bitcoin a través del tiempo, basado en una red bayesiana y la simulación de Montecarlo?

Relevancia de la investigación

Resulta económicamente importante, en la actualidad, el valor de Bitcoin (BTC) con relación al dólar. En esta criptomoneda se apoya un sistema económico complejo y un conjunto de activos digitales. Las criptomonedas basadas en *blockchain* como Ethereum, Solana, Dogecoin, Cardano, etc., dependen del precio de Bitcoin y se ven afectados directamente por éste. La capitalización de mercado de BTC al 29 de septiembre de 2024 fue de \$1 258 271 314 129.20 dólares americanos, su precio de \$ 63691.60 dólares americanos (Investing.com, 2024); con un suministro de monedas de 19.755.687 que ya se encuentran minadas, de un total posible de 21 millones de BTC (CoinGecko, 2024) que serán minadas para el año 2140 (Ig.com, 2024). Se han realizado numerosas predicciones sobre el precio de Bitcoin: unas exageradas, otras conservadoras. John McAfee señaló que tendría un precio de 1 millón de dólares para finales del 2020 (Es.dailyforex.com, 2024). Tone Vays predijo menos de 6 mil dólares en 2020; mientras que Tim Draper indicó que el precio de Bitcoin alcanzaría los 250 mil dólares para 2023 (Iproun.com, 2024), siendo estas opiniones no técnicas. Por otro lado, el principal mercado de criptomonedas Binance predijo para 2030 un precio de 80 mil dólares, cifra que también parece irreal, pues no coincide con la tendencia alcista generalizada que BTC ha tenido desde su surgimiento; misma



cifra que se alcanzó el 10 de noviembre de 2024. Para 2030 de igual manera Changelly promociona un valor de 786 mil dólares (Maldonado, 2024); mientras que LiteFinance da un rango muy amplio entre los 117 mil dólares y los 765 mil dólares.

El tema es de importancia actual en la economía mundial. Por tanto, se requiere un modelo que permita predecir cambios en el precio, de acuerdo a los acontecimientos mundiales más relevantes.

En el presente estudio se emplea un enfoque cuantitativo para dirigirse a un resultado numérico claro, se emplea la investigación bibliográfica para la revisión de la literatura y datos contextuales. El tipo de investigación deductivo permite que a través de premisas generales se obtengan resultados particulares. Para la construcción del modelo se recurre a redes bayesianas mediante la validación de expertos y simulación de Montecarlo. Y como datos se toma una muestra del precio de bitcoin desde su surgimiento hasta finales de septiembre del año 2024. Se innova en el cálculo, puesto que como premisa la red bayesiana debe partir de un análisis PESTEL, que resulta el método más sólido para comprender y predecir la evolución del precio de BTC en el mercado económico mundial. Al tener una perspectiva clara de cuál será el precio de Bitcoin a lo largo del tiempo se tomarán mejores decisiones sobre inversión, *holdeo*, minado y otros aspectos relacionados al mercado cripto.

MARCO TEÓRICO

Bitcoin juega un papel muy importante en el mercado financiero actual. “Es la primera red financiera criptográfica descentralizada del mundo, donde su valor ha pasado de cero a miles de millones de dólares” (Álvarez-Díaz, 2019, p. 140). Esta criptomoneda tiene una relación fuerte con las demás criptomonedas del sistema basado en *blockchain*; una correlación lineal no tan fuerte con índices bursátiles y no tiene correlación con materias primas (Cortez y Tulcanaza, 2018). Al ser una innovación, el derecho positivo se encuentra tras de ella y a la espera de poder entenderla y regularla a futuro (Barroilhet Díez, 2019). Aún no se ha consolidado su uso y parece que, la adopción de la misma a nivel mundial no es reversible.

Los principales factores que influyen en el precio de BTC se los puede estudiar mediante el análisis PESTEL. Este análisis es una herramienta que “permite a las organizaciones descubrir y evaluar los factores que pueden afectar un negocio en el presente y el futuro. PESTEL es un acrónimo de Político, Económico Social, Tecnológico, Ecológico y Legal” (Amador-Mercado, 2022, p. 1). Se sugiere,



algunos componentes de los factores PESTEL, como variables de una Red Bayesiana, siendo estos, aspectos importantes, pero no excluyentes. Según Macías et al. (2021) el análisis PESTEL “es una herramienta de planeación estratégica que sirve para identificar el entorno ... de una forma ordenada y esquemática ... con la finalidad de crear estrategias, aprovechar las oportunidades, o actuar ante posibles riesgos” (p. 5). En este caso, para crear un modelo predictivo adecuado, se debe recurrir a este análisis que estudia diferentes ámbitos.

1. En el ámbito político: el apoyo que los gobiernos que las principales economías del mundo (Estados Unidos, China, Unión Europea) le den bitcoin; y la adopción de BTC, en algunos países, como moneda de curso legal. 2. En economía: la estabilidad económica mundial, la capitalización de mercado, la especulación, la oferta y demanda; su relación con otros índices financieros; su inmunidad a la inflación; los incentivos del minado; así como el comportamiento de otras criptomonedas como Ethereum, Shiba Inu y activos digitales basados en blockchain como los NFT. 3. En el ámbito social: el uso de criptomonedas por el público en general, la aceptación de estas como forma de pago por parte de los comercios e incluso la actividad de movimientos a favor de la liberalización de la economía en internet. 4. En la tecnología: la seguridad de las transacciones, la implementación en soluciones de comercio electrónico, pasarelas de pago y garantías; el poder computacional requerido para el minado. 5. En el ámbito ecológico: el costo energético del minado. 6. En lo legal: regulaciones de cada país y a nivel regional, para normar el uso de criptomonedas, o su prohibición; así como todas las practicas relacionadas en el ámbito financiero, penal, de lavado de activos, tributario, etc. Pueden existir otras variables que afecten el precio, mismas que serían agrupados en los factores establecidos.

Como conceptos fundamentales de esta investigación están las Redes Bayesianas y Simulación de Montecarlo. Las Redes Bayesianas

modelan un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas. Dado este modelo, se puede hacer inferencia bayesiana; es decir, estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas, en base a las variables conocidas. Estos modelos pueden tener diversas aplicaciones, para clasificación, predicción, diagnóstico, etc. (Sucar, s.f., p. 1)



Se corrobora que sirven para predicciones, para tomar decisiones y para obtener valores sobre variables desconocidas a través de su relación con las que se conocen. “Son herramientas de modelado estadístico destinadas a representar un conjunto de incertidumbres relacionadas. Su estructura gráfica y su fundamento probabilístico las hace apropiadas para modelar sistemas multivariados orientados a la clasificación, el diagnóstico y la toma de decisiones” (Sucar, s.f., p. 1). Tiene una estructura gráfica fundamental que presenta nodos que influyen unos en otros para la construcción de un modelo. Usar Redes Bayesianas para la predicción de precios de activos es una metodología novedosa que ofrece ventajas sobre métodos tradicionales, puesto que permite diagramar relaciones causales y las influencias entre las variables (Ruiz, 2012). Los resultados y su acierto dependerán del cuidado con que se diseñe la red y con que se establezcan las relaciones entre las variables.

Las Redes Bayesianas constituyen un tipo de Modelo de Redes Probabilísticas ... Los nodos de una Red Bayesiana representan variables aleatorias que se proponen como relevantes en el ámbito del problema. A su vez, las aristas o enlaces representan dependencias, correlacionales o causales, existentes ... no todas las relaciones de una determinada Red Bayesiana tienen igual intensidad y cada una de ellas queda cuantificada mediante el concepto de probabilidad condicional. (Arbulo, et al., 2009, p. 1695)

Los factores del análisis PESTLE descritos previamente no tienen igual intensidad en su influencia sobre el precio. El mismo que dependerá del conjunto de factores y su relación con la economía basada en criptomonedas. Para la construcción de las Redes Bayesianas se considera lo expuesto por Sucar citado anteriormente. Los datos y la estructura de la red se pueden obtener mediante conocimiento experto, así como mediante datos, de los que el modelo aprenderá. Mediante una representación gráfica en red, de variables o nodos y de las dependencias o aristas, se realiza razonamiento probabilístico (Sucar, s.f.). La construcción de una red bayesiana, se fundamenta en la teoría de grafos.

Una metodología para este propósito la propone Dávila et al. (2015) con cinco pasos: 1.- Definir el dominio del problema u objetivo de la red. 2.- Identificar variables importantes. 3.- Realizar la representación gráfica de las dependencias. 4.- Validar el modelo con expertos. 5.- Cuantificar la red mediante expertos, crear escenarios y mantener la red (p. 184).



Es necesario considerar que habrá nodos sobre los cuales ya se tenga la información precisa debido a estudios anteriores o datos históricos y donde la opinión de expertos pasará a segundo plano para tener un modelo refinado. Además, una vez iniciada la propagación y alimentada la red con nuevos datos se tendrá una distribución *a posteriori*.

Esto será combinado con la simulación de Montecarlo. Que, es un “método de resolución numérica donde se modelan las relaciones e interacciones de distintos objetos y su entorno, mediante la generación aleatoria de estas interacciones. Mientras mayor sea la repetición de pruebas se obtiene un resultado ... con mayor precisión” (Vargas et al., 2020, p. 26). Es decir que mediante un gran número de iteraciones se obtiene el resultado deseado. “el método Monte Carlo es una simulación probabilística que utiliza herramientas matemáticas para estimar los posibles resultados y caminos de un evento con grado de incertidumbre ... fue inventado por John von Neumann y Stanislaw Ulam” (Agudelo A. et al., 2022, p. 15). Entonces, se ejecutarán un gran número de iteraciones para imitar los resultados probabilísticos de la vida real a través de apoyo computacional.

Investigaciones previas

Se han realizado investigaciones previas, específicamente, sobre la evolución y perspectivas de Bitcoin. En ellas se resalta que es una red descentralizada y que la moneda ha llegado a apreciarse debido a su aspecto innovador (Álvarez-Díaz, 2019). El precio se lo ha tratado de proyectar: mediante *Tweets*, empleado el método *Long Short Term Memory*, concluyendo que la percepción de las personas y sus expectativas no son muy influyentes (Regal et al., 2019). También se ha buscado estimar el precio mediante Regresión Lineal Múltiple y Redes Neuronales, correlacionando el precio de Bitcoin a varios índices de los mercados financieros (Díaz López et al., 2023). Sin embargo, es preciso recordar que estos índices pueden tener una influencia, pero no crecen al ritmo que lo hace Bitcoin.

Existen otros modelos de predicción del precio ya establecidos, unos públicos en artículos científicos y otros privados que utilizan los mercados de criptomonedas y mercados financieros para la toma de decisiones. Entre ellos están el de *Long Short Term Memory* (Regal et al., 2019) y el de Regresión Lineal Múltiple y Redes Neuronales (Díaz-López et al., 2023) ya señalados en la introducción. Sin embargo, se los puede considerar incompletos, por lo que se recurre a la formulación de un modelo propio.

Antecedentes históricos

Bitcoin nace en 2008 (Nakamoto, 2008). En muchos países hay una amplia aceptación de ella como medio de pago en establecimientos, se instalan casas de cambio y cajeros automáticos que operan con Bitcoin, además en el comercio electrónico el pago se realiza sin intermediarios y sin tasas por servicio, por lo que el pago llega íntegro, es seguro e irreversible (Ordóñez Sánchez, 2021). Al ser una moneda respaldada en su uso el precio aumenta constantemente, y seguirá aumentando, aunque hay quienes la consideran finita en el tiempo.

En gran parte del sistema económico-financiero, BTC es considerada una mercancía y funciona como tal, legalmente como pago en especie. En la década pasada tuvo mucha volatilidad y se pretendió desacreditar a las criptomonedas, señalándolas como un medio de pago para actividades ilícitas (Andreu, 2018). Los gobiernos e instituciones monetarias temen a las criptomonedas, pues en caso de sustitución monetaria se enfrentarían a la pérdida de señoreaje. En Estados Unidos y la Unión Europea la regulación avanza hacia considerarla un activo (Andreu, 2018). Oficialmente en Estados Unidos es un *commodity* (Hernández, 2015). Bitcoin como activo también es propensa a la especulación lo que ha hecho fluctuar su precio constantemente como se observa en la tabla 1.

Tabla 1 Precio de Bitcoin a lo largo de los años.

Año	Precio
2008	ninguno
2009	ninguno
2010	0.3
2011	5.3
2012	13.3
2013	815.9
2014	314.9
2015	434
2016	995.4
2017	13 444.9
2018	3 809.4
2019	7 199.8
2020	29 359.9
2021	47 738
2022	16 618.4
2023	44 183.4
2024 (septiembre)	63691.6

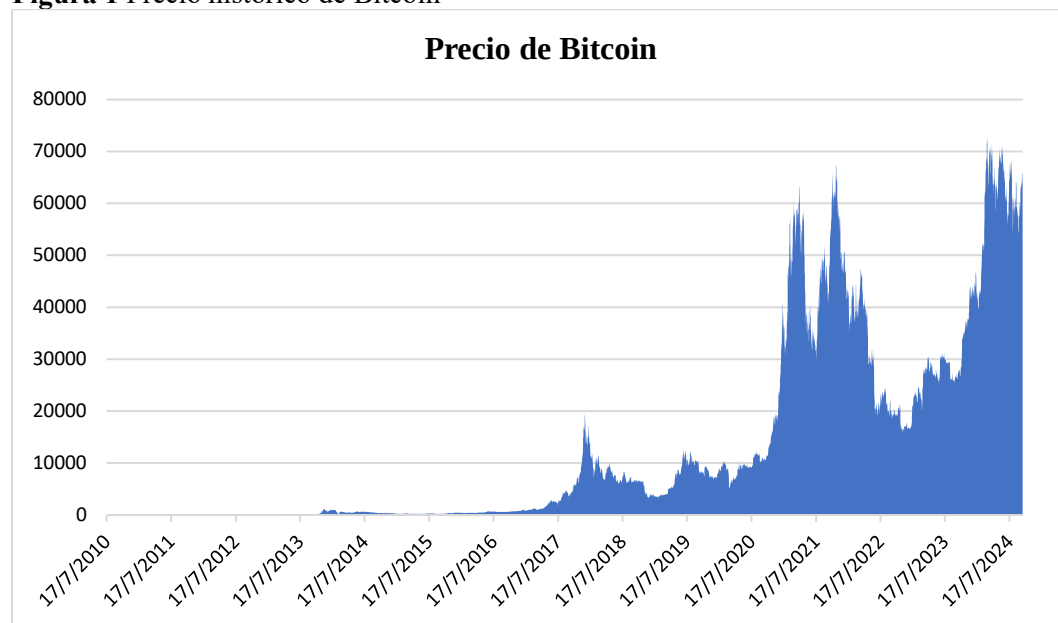
Nota. Datos tomados de Investing.com, 2024.



Sin embargo, la tabla de cierre anual no muestra de manera adecuada la fluctuación del precio de BTC.

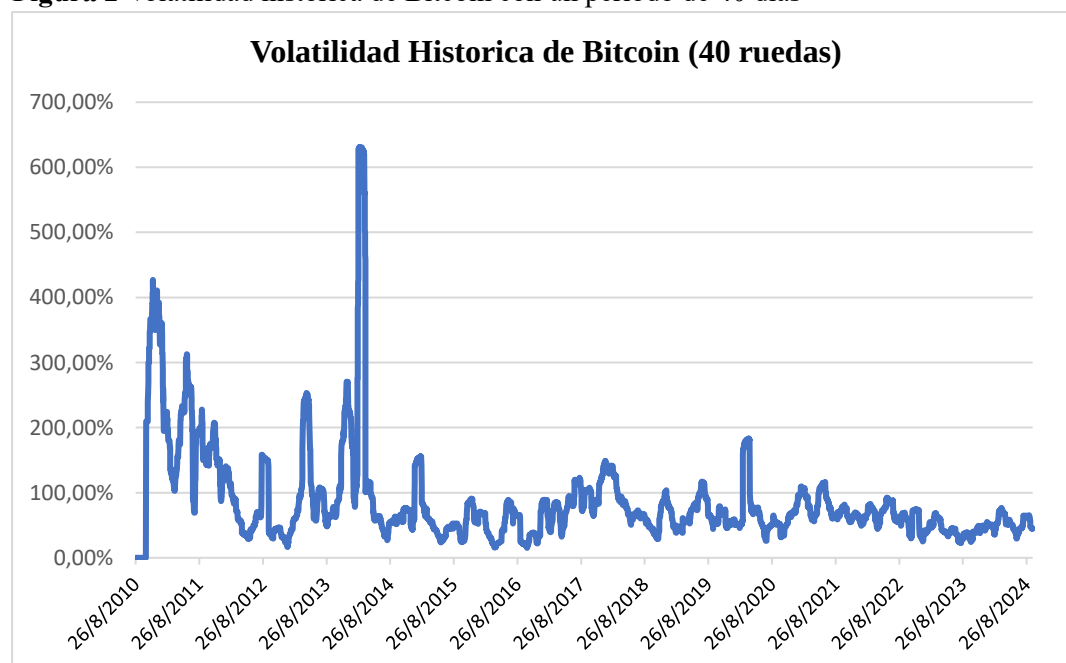
La figura 1 lo muestra de manera más precisa. Además, el crecimiento del precio de Bitcoin tiene los altibajos de una alta volatilidad como se observa en la figura 2.

Figura 1 Precio histórico de Bitcoin



Nota. Datos obtenidos de Investing.com, 2024.

Figura 2 Volatilidad histórica de Bitcoin con un periodo de 40 días



Nota. Datos obtenidos de Investing.com, 2024.

Este comportamiento de la criptomoneda se explica por sucesos propios de su creación, de su paulatino establecimiento como activo y, principalmente, debido a eventos políticos y económicos alrededor del mundo. Entre los eventos más destacados que han afectado el comportamiento de Bitcoin, se señalan los siguientes:

El 25 de abril de 2010 empieza a operar BitCoinMarket (Martínez, 2021); el 22 de mayo de 2010 se adquieren dos pizzas en el mundo real por 10 000 bitcoin (BTC) (Merchant, 2013); a inicio de 2011 bitcoin alcanza la paridad con el dólar (Literak, 2011); el 11 de abril de 2013 hay una crisis financiera de Chipre y Grecia (Andreu, 2018); en febrero de 2014 quiebra la plataforma Mt. Gox (Alonso, 2014); en marzo de 2014 hay un informe falso sobre prohibición de BTC en China (Rizzo, 2014); en junio de 2016 se da un halving de BTC (Kaur, 2024); en octubre de 2016 renminbi chino se deprecia (Observatorio Económico Latinoamericano., s.f.); a mediados de noviembre de 2017 hay un golpe de Estado en Zimbabue y BTC supera los 10 000 dólares; en 2018 baja a 3421 dólares debido a rumores de prohibición en Corea del Sur y ataque informático en Coincheck (Crypto.com., 2024); hay un halving en 2020 (Lahiri, 2024); debido a la pandemia por Covid-19 y el confinamiento el precio supera los 50 000 dólares (Sánchez, 2021); a finales del 2021 la adopción de BTC como moneda en curso en El Salvador (BBC News Mundo, 2021); en junio de 2022 Tesla Inc. se deshace de 75% de sus bitcoins y el precio cae hasta menos de 18 000 dólares (BBC News Mundo, 2022); en julio de 2022 República adopta BTC como moneda de curso (Lloveras, 2022); a finales de 2022 quiebra la plataforma de intercambio FTX (BBC News Mundo, 2022); en marzo de 2024 alcanza su máximo histórico debido a que se aceptan transacciones en bolsa en USA con ETF Bitcoin (Barría, 2024); en noviembre 12 de 2024, tras la victoria electoral de Donald Trump en Estados Unidos BTC alcanza el precio de 90 422.20 (Investing.com, 2024). Se observa que el comportamiento de esta criptomoneda presenta una volatilidad relacionada con factores globales que pueden ser usados para predecir su precio.

Aunque la regulación gubernamental ha variado de región a región, la aceptación del público en general se ha ido consolidando. Cada vez son más los usos que se le dan, los mercados en que se aceptan como medio de pago y la cantidad de inversionistas que capitalizan constantemente a la criptomoneda.

En Europa, bancos como BBVA señalan que no pueden parar la innovación y deben adaptarse a las criptomonedas (Karp et al., 2013).



La Unión Europea ha legislado sobre la trazabilidad para el blanqueo de dinero y para garantías de bloqueo a transacciones sospechosas (Noticias Parlamento Europeo, 2023). China ha tenido decisiones negativas para Bitcoin, como prohibir a instituciones el comercio mediante esta criptomoneda y prohibir las ICO, similares a las IPO; además se ha sugerido a las criptobolsas detener sus operaciones hasta licenciarse y suspender las actividades de minería (Cointelegraph, s.f.). Aunque en Bitcoin algunas regulaciones se vuelven inútiles, debido a que fue ya liberada y sus algoritmos no pueden ser cambiados. Las regulaciones deben ser implementadas, en instituciones que realicen operaciones con ella, lo que será siempre limitado, debido a que las actividades se realizan de persona a persona. Entonces son los gobiernos quienes deberán entender Bitcoin y adaptarse a ella y no al revés; o limitar su uso volviéndolo ilegal como en el caso de China en determinadas épocas.

En Latinoamérica el panorama es mixto. El 7 de septiembre del 2021 El Salvador se convirtió en el primer país en aceptar a Bitcoin como moneda de curso Legal (Fiscalía General de la República El Salvador, s.f.). En Venezuela las personas usan Bitcoin debido a que conserva su poder adquisitivo en dólares (Herrera, 2024). Mientras que en Ecuador se señala que Bitcoin no es un medio de pago y que el uso de esta moneda representa un riesgo, pues su valor se sustenta en la especulación (Banco Central del Ecuador, 2018). En México las instituciones financieras no están autorizadas a ofrecer operaciones en criptomonedas (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2021). La regulación es incipiente.

Actualmente la Comisión Federal de Comercio de Estados Unidos señala en su web que las criptomonedas no están respaldadas por el gobierno, por lo que en caso de delitos en compañías que las almacenan (como grandes mercados) el gobierno no tiene obligación de intervenir para la recuperación de valores y que las criptomonedas se usan para estafas (Comisión Federal de Consumidores, 2022). Previo a las elecciones de noviembre del 2024, el candidato Donald Trump señaló que adquirirá Bitcoin a gran escala para mantenerlo en reserva y apoyarse en la misma para controlar la inflación del dólar (Khalili, 2024 y BBC News 2024). Mientras que la candidata Kamala Harris señaló que tiene intención de liderar la tecnología *blockchain* (News.bitcoin.com, 2024). La incorporación de BTC al sistema económico mundial institucionalizado, aumentaría su valor y seguridad. En la actualidad hay un gran número de sectores que aceptan directamente criptomonedas como pago.



Se encuentra en este grupo el sector de comercio minorista, comercio electrónico, el sector restaurantero, el sector minorista de lujo y el turismo (Di Paula, 2023). Su aceptación social se incrementa.

METODOLOGÍA

Se busca determinar un modelo que pronostique un precio, por lo tanto el enfoque es cuantitativo. “Cuando la información son números (o bien la información recolectada es transformada en escalas numéricas) estamos ante una investigación con datos cuantitativos” (Cárdenas, 2018, p. 3). El tipo de investigación es predictivo, es decir pretende “anticipar situaciones futuras a partir del conocimiento de las condiciones previas” (Miler, 2011, p. 624). Se emplea la investigación bibliográfica que presenta un “conjunto de elementos detallados que permiten la identificación de la fuente documental impresa o no de la cual se extrae la información” (Barraza, 2014, p. 1). En este caso la información se ha extraído de artículos científicos, libros, artículos web, periódicos en línea y principalmente datos de portales financieros sobre criptomonedas.

El método que se utilizó es el deductivo que “es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas... las conclusiones son una consecuencia necesaria de las premisas: cuando las premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez” (Carvajal, 2013, como se citó en Martínez et al., 2014, p. 73). Es decir que una vez construidas las premisas la conclusión surgirá como un corolario de la información recopilada y los razonamientos empleados. El diseño longitudinal, es decir que se observa a Bitcoin a través del tiempo en muchas ocasiones para obtener datos (Delgado, et al., 2004). Los datos utilizados comprenden una muestra del precio diario de bitcoin desde su surgimiento hasta finales de septiembre del año 2024 Siempre datos disponibles, puesto que no existen datos diarios de los primeros años de BTC; el portal consultado ofrece como primer dato del precio de bitcoin el 17 de julio del año 2010.

Para la construcción del modelo se recurre a redes bayesianas mediante la validación de expertos y la simulación de Montecarlo. Existen limitaciones sobre la calibración de la red, debido a que esta se basa en la subjetividad como parte esencial de la red bayesiana en sí. La producción de datos se la hará de manera computacional, recurriendo a programación en el lenguaje C# y a Microsoft Excel. Como enfoque ético se aplica la veracidad de los resultados obtenidos.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor exposición se dividirá este apartado en 2 elementos: red bayesiana y simulación de Montecarlo.

I Red Bayesiana

Se procede con la definición de 5 pasos que expone Dávila et al. (2015):

1.- El objetivo de la red es predecir el precio de bitcoin. Esto permite maximizar ganancias; reducir los riesgos mediante el análisis macroeconómico; tomar mejores decisiones de inversión y aprovechar oportunidades mediante buenas estrategias. Conviene saber cómo actúa el precio.

2.- Se procede a identificar las variables importantes y las interrelaciones para la representación gráfica. Es crucial para reflejar relaciones causa-efecto y correlación entre variables; además simplifica la complejidad de los mercados de activos. Como variables se proponen las determinadas en la tabla 2.

Tabla 2 Variables que influyen en el precio de Bitcoin.

Grupo	Factores de variación de precio
Políticos	Apoyo de Estados Unidos Apoyo de China. Apoyo de Unión Europea. Moneda en curso legal.
Económicos	Estabilidad económica mundial. Capitalización de Mercado. Especulación. Oferta. Demanda. Relación con índices de mercados financieros. Incentivos de minado. Estabilidad de otros activos basados en blockchain.
Sociales	Uso de bitcoin por la población. Aceptación como forma de pago en comercios. Prejuicio de BTC para lavado de activos.
Tecnológicos	Seguridad en las transacciones. Implementación en soluciones de comercio electrónico. Poder computacional requerido para el minado.
Ambientales	Costo energético del minado.
Legales	Regulaciones para el uso de bitcoin.

Nota. Variables relacionadas al precio de bitcoin, agrupadas por categorías del análisis PESTEL.



Para realizar este punto se utilizó el análisis PESTLE. Los factores se agruparon en seis categorías. “Para construir la [Red Bayesiana] se considera a los factores [de influencia en el precio] seleccionados como nodos, los cuales serán conectados mediante arcos dirigidos para formar una estructura causal que muestre la dependencia entre estos” (Dávila et al., 2015, p. 185). En la tabla 3 se procede a describir los nodos con el fin de encapsular el significado de cada uno y delimitar su ámbito de influencia.

Tabla 3 Descripción de nodos.

Nodo	Descripción
Apoyo de Estados Unidos.	Efecto en el precio de BTC debido a apoyo del gobierno de Estados Unidos a bitcoin.
Apoyo de China.	Efecto en el precio de BTC debido a apoyo del gobierno de China a bitcoin.
Apoyo de Unión Europea.	Efecto en el precio de BTC debido a apoyo de la Unión Europea a bitcoin.
Moneda en curso legal.	Efecto en el precio de BTC debido a países que adoptan a BTC como moneda de curso legal.
Estabilidad económica mundial.	Efecto en el precio de BTC debido de la estabilidad económica mundial.
Capitalización de Mercado.	Efecto en el precio de BTC debido al valor total del BTC que se encuentran en circulación.
Especulación.	Efecto en el precio de BTC debido a la especulación en el mercado de criptoactivos.
Oferta.	Efecto en el precio de BTC debido por la cantidad de bitcoins puestas a la venta.
Demanda.	Efecto en el precio de BTC debido a la cantidad de compradores.
Relación con índices de mercados financieros.	Efecto en el precio de BTC por su correlación con índices financieros.
Incentivos de minado.	Efecto en el precio de BTC debido a los beneficios económicos para los mineros.
Estabilidad de otros activos basados en blockchain.	Efecto en el precio de BTC debido a la estabilidad de otros criptoactivos.
Uso de bitcoin por la población.	Efecto en el precio de BTC por el nivel de adopción de bitcoins por la población.
Aceptación como forma de pago en comercios.	Efecto en el precio de BTC debido a la aceptación de BTC como forma de pago.

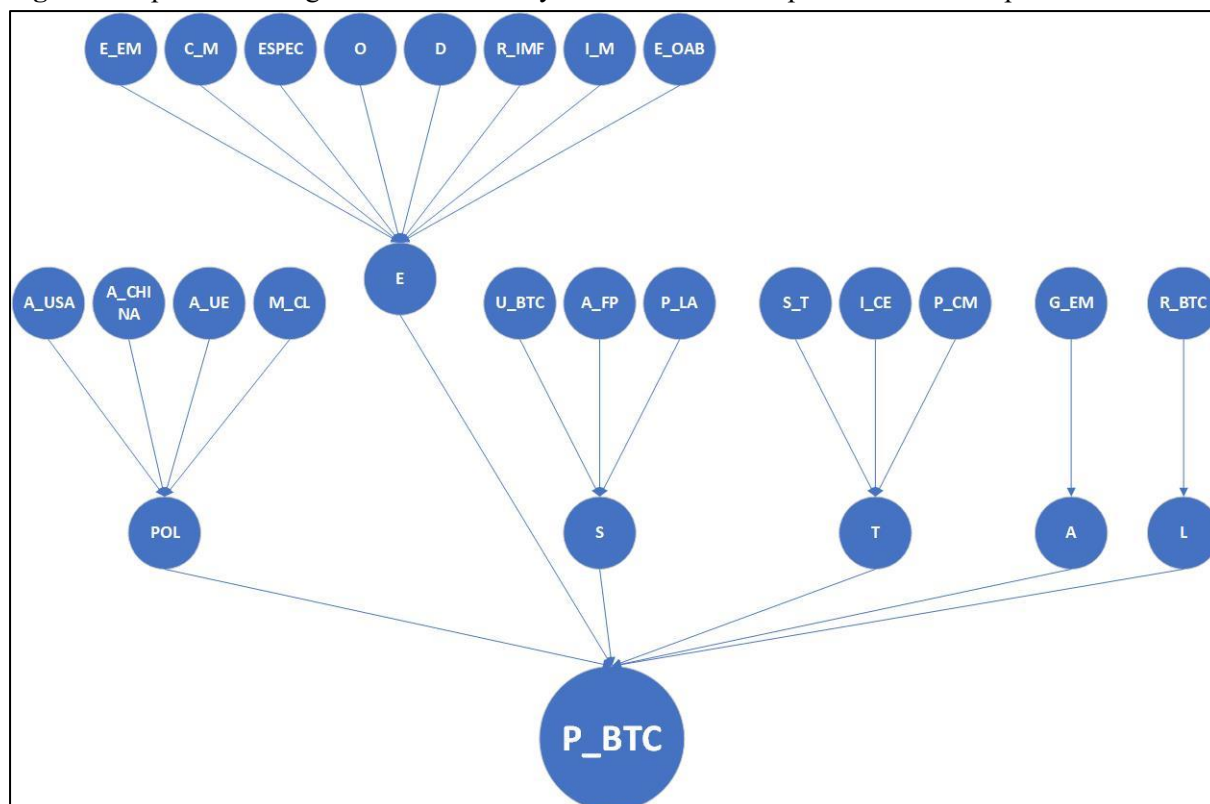
Prejuicio sobre uso de bitcoin para lavado de activos	Efecto en el precio de BTC debido a la percepción pública sobre su uso para lavado de activos.
Seguridad en las transacciones.	Efecto en el precio de BTC debido al nivel de seguridad de sus transacciones.
Implementación en soluciones de comercio electrónico.	Efecto en el precio de BTC por su integración en plataformas de comercio electrónico.
Poder computacional requerido para el minado.	Efecto en el precio de BTC debido al poder computacional requerido para minar.
Gasto energético del minado.	Efecto en el precio de BTC debido al costo energético para minar BTC.
Regulaciones para el uso de bitcoin.	Efecto en el precio de BTC de normativas gubernamentales para el uso de BTC.

Nota. En esta descripción de los nodos no se ha incluido los factores de PESTLE, puesto que sirven para la agrupación de las variables por categorías.

Realizar la representación gráfica de las dependencias. Para realizar la representación gráfica se da nombres a los nodos, a fin de ahorrar espacio en el Grafo Acíclico Dirigido (GAD). Con el siguiente detalle:

Factores Políticos (POL), Apoyo de USA (A_USA), Apoyo de China (A_CHINA), Apoyo de Unión Europea (A_UE), Moneda en curso legal (M_CL), Factores Económicos (E), Estabilidad económica mundial (E_EM), Capitalización de Mercado (C_M), Especulación (ESPEC), Oferta (O), Demanda (D), Relación con índices de mercados financieros (R_IMF), Incentivos de minado (I_M), Estabilidad de otros activos basados en blockchain (E_OAB), Factores Sociales (S), Uso de bitcoin por la población (U_BP), Aceptación como forma de pago en comercios (A_FP), Prejuicio sobre uso de bitcoin para lavado de activos (P_LA), Factores Tecnológicos (T), Seguridad en las transacciones (S_T), Implementación en soluciones de comercio electrónico (I_CE), Poder computacional requerido para el minado (P_CM), Factores Ambientales (A), Gasto energético del minado (G_EM), Factores Legales (L), Regulaciones para el uso de bitcoin (R_UB), Precio de Bitcoin (P_BTC). La red diseñada se le llamará en este trabajo RedBitcoin1 y se la puede observar en la figura 3.

Figura 3 Representación gráfica de la Red Bayesiana RedBitcoin1 para determinar el precio de Bitcoin.



Nota. Diseño basado en el análisis PESTEL.

Una vez realizado el grafo, definido los nodos y las relaciones, se establecen los estados posibles de cada variable y las probabilidades de los mismos. Para establecer las probabilidades *a priori* se recurrió a conocimiento experto. Debido a que las Redes Bayesianas, según Dávila et al. (2015) “incorporan información inicial a través de una distribución de probabilidad a priori, ... se puede incluir información subjetiva en la toma de decisiones, como la opinión de expertos” (p. 177). Por lo que en un primer momento se puede recurrir a la opinión de personas con alto conocimiento y experiencia en el tema, para la formulación de la red.

4.- Se valida el modelo con expertos quienes sugieren cambios para dar su asentimiento y consenso. Estos cambios ya han sido agregados al modelo planteado.

5.- Posteriormente, se procede con el establecimiento de probabilidades *a priori* como se indica en la tabla 4. Y se utiliza la Regla de Bayes para calcular la probabilidad en la red. Las probabilidades *a priori* serán modificadas a medida que se obtengan nuevos datos, se haga simulaciones y propagación.

Tabla 4 Probabilidades a priori.

Nodo	Probabilidad de aumento	Probabilidad de Disminución
P_BTC	50%	50%
POL	40%	60%
E	55%	45%
S	60%	40%
T	70%	30%
A	45%	55%
L	50%	50%

Relación	Probabilidad de aumento	Probabilidad de Disminución
POL → P_BTC	80%	70%
A_USA → POL	90%	80%
A_CHINA → POL	85%	75%
A_UE → POL	80%	70%
M_CL → POL	90%	80%
E → P_BTC	85%	75%
E_EM → E	90%	80%
C_M → E	85%	75%
ESPEC → E	80%	70%
O → E	75%	80%
D → E	80%	70%
R_IMF → E	85%	75%
I_M → E	80%	70%
E_OAB → E	75%	80%
S → P_BTC	60%	40%
U_BP → S	70%	30%
A_FP → S	80%	70%
P_LA → S	60%	40%
T → P_BTC	70%	30%
S_T → T	90%	80%
I_CE → T	85%	75%
P_CM → T	80%	70%
A → P_BTC	45%	55%
G_EM → A	50%	50%
L → P_BTC	50%	50%
R_UB → L	60%	40%

Nota. Las probabilidades han sido establecidas y ponderadas por expertos.



Para la propagación se utiliza la fórmula 1:

Fórmula 1

Propagación para las probabilidades de aumento de precio de RedBitcoin

$$P(P_BTC \uparrow) = \sum_{i=1}^n [P(P_BTC \uparrow | Nodo_i) * \{\sum_{j=1}^n [P(Nodo_i \uparrow | Nodo_j) * P(Nodo_j)]\}]$$

Donde: $P(P_BTC \uparrow)$ es la probabilidad de aumento del precio de Bitcoin; $Nodo_i$ representa cada uno de los nodos de la red (POL, E, S, T, A, L, etc.); $Nodo_j$ representa cada uno de los nodos que influyen en $Nodo_i$; $P(P_BTC \uparrow | Nodo_i)$ es la probabilidad de aumento del precio de Bitcoin dado que $Nodo_i$ aumente; $P(Nodo_i \uparrow | Nodo_j)$ es la probabilidad de aumento de $Nodo_i$ dado que $Nodo_j$ aumente; $P(Nodo_j)$ es la probabilidad de aumento de $Nodo_j$; $\sum$ representa la suma sobre todos los nodos.

En el caso de la disminución de precio se establece la fórmula 2:

Fórmula 2

Probabilidades la disminución de precio de RedBitcoin

$$P(P_BTC \downarrow) = 1 - P(P_BTC \uparrow)$$

Donde: $P(P_BTC \downarrow)$ es la probabilidad de disminución del precio de Bitcoin; y $P(P_BTC \uparrow)$ es la probabilidad de aumento del precio de Bitcoin. Para la creación de escenarios y dar resultados completos conviene primero aplicar la Simulación de Montecarlo.

II Simulación de Montecarlo

Para la Simulación de Montecarlo se realizó un programa en C# para la propagación, simulando 10 000 escenarios. Posteriormente se usó esta probabilidad en una tabla de Excel que, calculaba el precio de bitcoin usando esta probabilidad desde la celda A2 a la celda A10001. Como precio base se estableció el precio de bitcoin de la fuente consultada al 29 de septiembre de 2024. Se realizó correcciones en las probabilidades de aumento y disminución cuando estas eran del 100%, con una corrección al 99%; y de igual manera cuando la probabilidad era de cero se corrigió al 1%, a fin de no tener errores en las celdas que impidan el cálculo de la probabilidad final. Para determinar el precio en 10000 escenarios simulados se utilizó Excel con la inversa de la función de distribución de la normal estándar del valor de probabilidad obtenido en el correspondiente escenario del programa de C# que realiza la propagación, siendo uno de los 10000 resultados; además de tomar en cuenta también el precio base, la



desviación estándar de la variación diaria del precio de bitcoin; y el promedio de variación diaria del precio de cierre de un día con relación al anterior. Esto corresponde a la expresión matemática establecida en la fórmula 3:

Fórmula 3

Fórmula para calcular el precio de bitcoin, basado en los resultados de las simulaciones en la RedBitcoin1.

$$x = \sqrt{2} \left(\frac{2}{\sqrt{\pi}} \right) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k (2p - 1)^{(2k+1)}}{(2k + 1)^{k!}}$$

Donde: x es el valor inverso de la distribución normal estándar; p es la probabilidad (entre 0 y 1); π es la constante pi; y $k!$ es el factorial de k .

Como resultados se obtuvo que el precio pronosticado para el día 30 de octubre de 2024 es de \$ 63 938.62 dólares; con una desviación estándar de \$ 1 062.48 dólares y con un rango que va desde los \$ 65 001.11 dólares en el límite superior hasta los \$ 62 876.14 dólares en el límite inferior. Al realizarse 10000 simulaciones el nivel de confianza es de 99% aproximadamente.

Hubo una variación entre el precio del modelo y de valor real de cierre debido a los mismos factores y variables estudiadas en los nodos y en las relaciones de la Red Bayesiana diseñada. Esta red debe ser calibrada en tiempo real para obtener una mejor predicción. Por ejemplo, dándole mayor peso en el precio a factores económicos como la especulación con el activo, lo que eleva la volatilidad. También, la Red Bayesiana deberá aprender la distribución compleja del precio de Bitcoin para ajustarse a eventos que desaten la especulación y volatilidad; puesto que la distribución normal, parece no responder a la evolución del activo. Por otro lado, al realizar simulaciones con la distribución de Pareto se obtiene valores similares, con un rango de variación más cerrado.

Para la calibración de la Red Bayesiana RedBitcoin1 lo más adecuado, de cara a la automatización sería el desarrollo de un programa que utilice RSSFEED y lectura directa de páginas web que publiquen precios diarios de Bitcoin, como la misma fuente estudiada en esta investigación (Investing.com), a fin de que la red se actualice y siga aprendiendo los valores de probabilidad y la estructura; lo que se recomienda para futuras investigaciones. Es importante la detección de esta limitación en este modelo

teórico con enfoque práctico, porque abre paso a la depuración y perfeccionamiento; que, por lo demás se considera un modelo válido.

A pesar de que la red Bayesiana incorpora “información subjetiva en la toma de decisiones, como la opinión de expertos” (Dávila, 2015, p. 177), en las condiciones actuales, y en el caso de los *commodities* hay factores de la red que pueden ser actualizados en tiempo real, mediante una lectura constante del dato desde la misma fuente. La predicción del precio de la manera planteada representa una novedad científica. Aplicaciones posibles para este modelo, es la instalación del mismo para el estudio del precio de Bitcoin en empresas de inversión en criptoactivos.

CONCLUSIONES

Se expuso un modelo para la predicción del precio de Bitcoin, mediante el uso de Red Bayesiana y Simulación de Montecarlo.

Se expuso que Bitcoin surgió de la necesidad de un medio de pago electrónico que permita transacciones irreversibles, persona a persona, que no dependan de instituciones de confianza. Bitcoin es una moneda finita, inmune a la inflación y tiene un uso muy extendido. Bitcoin es considerado una mercancía. Actualmente la Comisión Federal de Comercio señala en su web que las criptomonedas no están respaldadas por el gobierno. Hay un gran número de sectores que aceptan directamente criptomonedas como pago. Su precio es afectado principalmente eventos globales relacionados a factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales. Para crear un modelo predictivo adecuado se debe recurrir al análisis PESTEL. Una predicción así, ayudará a las personas a tomar mejores decisiones sobre inversión.

Se utilizó un enfoque es cuantitativo, con una investigación predictiva, bibliográfica, la información se extrajo de artículos científicos, periódicos en línea y portales financieros de criptoactivos; el método que se utilizó fue el deductivo; los datos utilizados comprendieron una muestra del precio diario de bitcoin desde su surgimiento hasta finales de septiembre del año 2024. Como herramientas se utilizó las Redes Bayesianas y la Simulación de Montecarlo, con un nivel de confianza de 99%.

Se obtuvo que las variables más importantes son: Factores Políticos, Apoyo de USA, Apoyo de China, Apoyo de Unión Europea, Moneda en curso legal, Factores Económicos, Estabilidad económica mundial, Capitalización de Mercado, Especulación, Oferta, Demanda, Relación con índices de



mercados financieros, Incentivos de minado, Estabilidad de otros activos basados en *blockchain*, Factores Sociales, Uso de bitcoin por la población, Aceptación como forma de pago en comercios, Prejuicio sobre uso de bitcoin para lavado de activos, Factores Tecnológicos, Seguridad en las transacciones, Implementación en soluciones de comercio electrónico, Poder computacional requerido para el minado, Factores Ambientales, Gasto energético del minado, Factores Legales, Regulaciones para el uso de bitcoin, Precio de Bitcoin. Se asignó probabilidad y se ejecutó la propagación. La probabilidad de aumento se combinó con datos históricos y con la simulación de Montecarlo para hacer 10000 iteraciones. Como resultados se obtuvo que el precio pronosticado para el día 30 de octubre de 2024 es de \$ 63 938.62 dólares; con una desviación estándar de \$ 1 062.48 dólares y con un rango que va desde los \$ 65 001.11 dólares en el límite superior hasta los \$ 62 876.14 dólares en el límite inferior. La variación entre el precio del modelo y de valor real de cierre, se debe a los mismos factores estudiados y a que la Red Bayesiana diseñada. Para mejores predicciones puede calibrarse en tiempo real mediante *RSS FEED* y lectores de información aplicados a páginas web dedicadas a la publicación del precio de Bitcoin. Se recomienda ajustar la red en la variable de especulación para responder a la volatilidad; y la distribución compleja de bitcoin. Es importantísimo detectar limitaciones del modelo, para la depuración y perfeccionamiento del mismo, que se considera válido y que ha cumplido con el objetivo a cabalidad. La red debe ser actualizada para que siga aprendiendo los valores de probabilidad y la estructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo A., Giraldo, S. (2022). Niveles óptimos de trading para criptomonedas – Simulación Monte Carlo para
- Alonso, A. (28 de febrero de 2014). Mt. Gox quiebra, Bitcoin continúa. *Eldiario.es*. https://www.eldiario.es/tecnologia/diario-turing/mtgox-bitcoins-maleabilidad-fraude-corrallito-karpeless_1_5005709.html.
- Álvarez-Díaz, L. (2019). Criptomonedas: Evolución, crecimiento y perspectivas del Bitcoin. *Población y Desarrollo*, 25 (49), 130-142. <https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2019.025.49.130-142>.



- Amador-Mercado, C. (2022). El análisis PESTEL. *UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria* No. 1, 4 (8). 1-2.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/download/8263/8494/>.
- Andreu, J. (2018). *Criptomonedas y el Sistema Monetario: Perspectivas y oportunidades* [Tesis de grado]. Universidad Pontificia Comillas.
<https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/144674/retrieve>.
- Arbulo, P., y Basurto, P. (2-4- de septiembre de 2009). *Redes bayesianas y estrategia comercial: estimación del valor del producto para el cliente*. XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Terrasa, Barcelona, España. <http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2009/1691-1700.pdf> p. 1695
- Banco Central del Ecuador. (8 de enero de 2015). *Comunicado Oficial Sobre el Uso del Bitcoin*. Banco Central del Ecuador. <https://www.bce.fin.ec/boletines-de-prensa-archivo/comunicado-oficial-sobre-el-uso-del-bitcoin>.
- Barraza, M. (2014). *La investigación bibliográfica*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de http://www.utemvirtual.cl/plataforma/aulavirtual/assets/asigid_1090/contenidos_arc/57730_in_v_bibliografica.pdf.
- Barría, C. (11 de enero de 2024). Qué son los bitcoin ETF SPOT y por qué suponen una nueva era para la mayor criptomoneda del mundo. *BBC News Mundo*.
<https://www.bbc.com/mundo/articles/cnkdd0q79g5o>.
- Barroilhet Díez, Agustín. (2019). Criptomonedas, economía y derecho. *Revista chilena de derecho y tecnología*, 8(1), 29-67. <https://dx.doi.org/10.5354/0719-2584.2019.51584>.
- BBC News Mundo. (20 de noviembre de 2022). FTX: la multimillonaria deuda que la quebrada empresa de criptomonedas tiene con sus mayores acreedores. *BBC News Mundo*.
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-63697771>.
- BBC News Mundo. (21 de julio de 2022). Tesla: la empresa de Elon Musk vende la mayoría de sus bitcoin. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-62232505>.



BBC News Mundo. (7 de septiembre de 2021). Bitcoin: El Salvador se convierte este martes en el primer país del mundo en adoptar la criptomoneda como divisa de curso legal. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-58441561>.

Bitcoin [Tesis de Maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio institucional. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/172ae891-5d7a-4637-9397-8aaaadc55ffe/content>.

Cárdenas, J. (2018). *Investigación cuantitativa*. trAndeS. Doi: 10.17169/refubium-216.

Chainalysis. (s.f.). Conozca lo que sucede en las blockchain: Michael Gronager. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://www.chainalysis.com/es/compania/>.

CoinGecko. (18 de septiembre de 2024). *Precios de las criptomonedas según la cap. de mercado*. CoinGecko. Recuperado el 18 de septiembre de 2024 de <https://www.coingecko.com/es/monedas/bitcoin>.

Cointelegraph. (s.f.). Noticias de China. *Cointelegraph*. <https://es.cointelegraph.com/tags/china>.

Comisión Federal de Consumidores. (2022). *Lo que hay que saber sobre las criptomonedas y las estafas*. Comisión Federal de Consumidores. Recuperado 1 de octubre de 2024 de <https://consumidor.ftc.gov/articulos/lo-que-hay-que-saber-sobre-las-criptomonedas-y-las-estafas>.

Cortez, Alexandra, y Tulcanaza, Ana. (2018). Bitcoin: su influencia en el mundo global y su relación con el mercado de valores. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, (5), 54-72. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2550-67222018000100054&lng=es&tlng=es.

Crypto.com. (25 de enero de 2024). Breve historia de la cotización del Bitcoin. *Crypto.com*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://crypto.com/university/es/short-history-of-bitcoin-price>.

Dávila Aragón, G., Ortiz Arango, F., & Cruz Aranda, F. (2015). Cálculo del Valor en Riesgo Operacional mediante Redes Bayesianas para una empresa financiera. *Contaduría Y Administración*, 61(1), 176- 201. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2015.09.009>.

Delgado, M. y Llorca, J. (2004). Estudios Longitudinales: Concepto y Particularidades. *Salud Pública* (2), 141-148. <https://scielosp.org/pdf/resp/2004.v78n2/141-148/es>.



- Di Paula, R. (7 de noviembre de 2023). ¿Qué sectores aceptan criptomonedas como forma de pago? *Cointelegraph en español*. <https://es.cointelegraph.com/news/which-sectors-offer-cryptocurrencies-as-a-form-of-payment>
- Díaz López, Manuel Humberto, King-Domínguez, Andrea, & Améstica-Rivas, Luis. (2023). Estimación de Precios de Bitcoin mediante Regresión Lineal Múltiple y Redes Neuronales. *Podium*, (44), 119-132. <https://doi.org/10.31095/podium.2023.44.8>
- Díaz López, Manuel Humberto, King-Domínguez, Andrea, y Améstica-Rivas, Luis. (2023). Estimación de Precios de Bitcoin mediante Regresión Lineal Múltiple y Redes Neuronales. *Podium*, (44), 119-132. <https://doi.org/10.31095/podium.2023.44.8>.
- Es.dailyforex.com. (19 de octubre de 2024). *John McAfee y sus predicciones de Bitcoin*. Es.dailyforex.com. <https://es.dailyforex.com/financiamiento/2019/02/john-mcafee-y-sus-predicciones-de-bitcon-28-de-febrero-2019/110446>
- Fiscalía General de la República El Salvador. (s.f.). *Regulación sobre criptomonedas, la experiencia en El Salvador*. <https://rm.coe.int/presentacion-sobre-normativa-btc-ana-samayo-es/1680a49687#:~:text=A%20partir%20del%20d%C3%ADa%207,una%20moneda%20de%20curso%20legal>.
- Hernández, A. (18 de septiembre de 2015). Bitcoin es declarado un commodity oficialmente en EEUU. *Criptonoticias*. <https://www.criptonoticias.com/regulacion/bitcoin-declarado-commodity-oficialmente-eeuu/>.
- Herrera, S. (15 de agosto de 2024). ¿Cómo ha evolucionado el uso de las criptomonedas en Venezuela desde que Maduro llegó al poder? *América economía*. <https://www.americaeconomia.com/negocios-e-industrias/como-ha-evolucionado-el-uso-de-las-criptomonedas-en-venezuela-desde-que>.
- Ig.com. (19 de octubre de 2024). *Bitcoin halving: acontecimientos clave*. Ig.com. Recuperado el 19 de octubre de 2024 de <https://www.ig.com/es/bitcoin/bitcoin-halving#:~:text=Se%20calcula%20que%20el%20%C3%BAltimo,a%20una%20direcci%C3%B3n%20no%20v%C3%Alida>.



Investing.com. (12 de noviembre de 2024). *Cripto: Bitcoin*. Investing.com. Recuperado el 14 de noviembre 2024 de <https://es.investing.com/crypto/bitcoin>.

Iproup.com. (18 de octubre de 2024). *Bitcoin inquieto: expertos predicen el comportamiento de la popular moneda digital en 2020*. Iproup.com. <https://www.iproup.com/innovacion/10204-monedas-digitales-expertos-predicen-el-movimiento-del-bitcoin-en-2020>

Karp, N., Nava, M., Stacey, B., Cuesta, C., Gouveia, O. y Neut, A. (2013). *Observatorio Económico Global: Bitcoin: un capítulo en la adopción de la moneda digital*. https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/migrados/130731_ObservatorioEconomicoEEUU_Bitcoin_tcm346-398292.pdf.

Kaur, G. (17 de febrero de 2024). Halving de Bitcoin - ¿Cómo funciona el ciclo de halving y por qué es importante?. *Cointelegraph.com*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://es.cointelegraph.com/learn/bitcoin-halving-how-does-the-halving-cycle-work-and-why-does-it-matter>.

Khalili, J. (31 de julio de 2024). El plan de Donald Trump de acumular millones de dólares en bitcoin no tiene sentido, advierten economistas. *Wired*. <https://es.wired.com/articulos/plan-de-donald-trump-de-acumular-millones-de-dolares-en-bitcoin-no-tiene-sentido-advierten-economistas>.

Lahiri, I. (20 de abril de 2024). Los precios del bitcoin suelen subir durante varios meses tras una reducción a la mitad. Sin embargo, esta vez el mercado espera que la reducción a la mitad ('halving') sea diferente. *Euronews*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://es.euronews.com/business/2024/04/20/que-va-a-cambiar-esta-vez-con-el-halving-de-bitcoin#:~:text=La%20%C3%BAltima%20reducci%C3%B3n%20a%20la,vez%20cada%2010.000%20bloques%20minados>.

Literak Leos. (13 de febrero de 2011). Bitcoin dosáhl parity s dolarem. *Abclinuxu.cz*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://www.abclinuxu.cz/zpravicky/bitcoin-dosahl-parity-s-dolarem>.

Livesay, B. (17 de julio de 2024). Trump courts crypto industry votes and campaign donations. *BBC News*. Recuperado el 1 de octubre de 2024 de <https://www.bbc.com/news/articles/cne4n2xdylvo>.



- Lloveras, J. (2022). Geopolítica y Criptomonedas en la República Centroafricana. *CIDOB opinión*, 723 (s.n.) 1-3. <https://www.cidob.org/publicaciones/geopolitica-y-criptomonedas-en-la-republica-centroafricana>.
- Lord Draugr. [@LordDraugr] (18 de agosto 2024). *El Hackeo Que "Casi" Acaba Con Bitcoin | Caso MTGOX* [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=NiwL43iGNdw>.
- Macías, J., Barahona, L. y Barzola, H. (2021). Procedencia de los convenios de pagos en materia de contratación pública. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8 (Edición Especial). 1-17. <https://www.scielo.org.mx/pdf/dilemas/v8nspe3/2007-7890-dilemas-8-spe3-00045.pdf>.
- Maldonado, A. (19 de octubre de 2024). *Predicción del precio de Bitcoin 2023-2031*. <https://changelly.com/blog/es/bitcoin-prediccion/>
- Martínez, M. (20 de octubre de 2021) ¿Cuánto costaba el Bitcoin en 2010? Así ha evolucionado el precio de la criptomoneda. *Heraldo Binario*. <https://www.heraldobinario.com.mx/criptomonedas/2021/10/20/cuanto-costaba-elbitcoin-en-2010-asi-ha-evolucionado-el-precio-de-la-criptomoneda-16178.html>
- Martínez, M., López, I., y Ruth, O. (2014). *La aplicación del método deductivo en la clasificación arancelaria de mercancías de comercio internacional*, Ecorfan. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-tecnologica-boliviana/derecho-laboral/articulo-7-resolucion-7/50341421>.
- Merchant, B. (26 de marzo de 2013). This Pizza Cost \$750,000. *Motherboard*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://web.archive.org/web/20170112125248/http://motherboard.vice.com/blog/this-pizza-is-worth-750000>.
- Miler, S. (2011). Tipos de Investigación Científica. *Revista de Actualización Clínica* 9 (s.n.), 621-624. http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: Un Sistema de Efectivo Electrónico Usuario-a-Usuario*. https://bitcoin.org/files/bitcoin-paper/bitcoin_es_latam.pdf.



News.bitcoin.com. (26 de septiembre de 2024). El comentario de Kamala Harris sobre Blockchain provoca reacciones mixtas en la comunidad criptográfica. *News.bitcoin.com*.
<https://news.bitcoin.com/es/el-comentario-de-kamala-harris-sobre-blockchain-provoca-reacciones-mixtas-en-la-comunidad-criptografica/>.

Noticias Parlamento Europeo. (20 de abril de 2023). Luz verde del Parlamento a la primera regulación europea sobre criptoactivos. *Noticias Parlamento Europeo*.
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20230414IPR80133/luz-verde-del-parlamento-a-la-primera-regulacion-europea-sobre-criptoactivos>.

Observatorio Económico Latinoamericano. (s.f.). Acerca del Renminbi. *Observatorio Económico Latinoamericano*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de
<https://www.obela.org/content/acerca-del-renminbi#:~:text=En%20enero%20de%202016%2C%20se,fuerte%20a%20principios%20de%202014>.

Ordóñez Sánchez Sergio Gabriel. (2021). Educación financiera basada en el bitcoin y la inclusión en planes de estudio. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12 (22), 1-39.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672021000100185.

Regal, Andrés, Morzán, Juandiego, Fabbri, Carlos, Herrera, Gonzalo, Yaulli, Gabriela, Palomino, Andrea, & Gil, Claudia. (2019). Proyección del precio de criptomonedas basado en Tweets empleando LSTM. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(4), 696-706.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400696>

Regal, Andrés, Morzán, Juandiego, Fabbri, Carlos, Herrera, Gonzalo, Yaulli, Gabriela, Palomino, Andrea, y Gil, Claudia. (2019). Proyección del precio de criptomonedas basado en Tweets empleando LSTM. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(4), 696-706.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400696>.

Rizzo, P. (24 de marzo de 2014). BTC Price Declines Following False Report of Bitcoin Ban in China. *Coindesk.com*. <https://www.coindesk.com/markets/2014/03/21/btc-price-declines-following-false-report-of-bitcoin-ban-in-china/>.



- Ruiz, D., (2012). *Diseño de un modelo de pronóstico de precios en acciones mediante Redes Bayesianas* [Tesis de grado]. Universidad de Los Andes. Repositorio institucional. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/baa8ad30-4f14-43fb-ab27-113d672aa1bf/content>
- Sánchez, A. (16 de febrero de 2021). El bitcoin supera los 50.000 dólares y marca un nuevo récord histórico. *El País*. Recuperado el 18 de octubre de 2024 de <https://elpais.com/economia/2021-02-16/el-bitcoin-rompe-la-barrera-de-los-50000-dolares-por-primera-vez.html>.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (28 de junio de 2021). *Comunicado No. 039 Banco de México, SHCP y CNBV advierten sobre riesgos de utilizar activos virtuales*. Gobierno de México. Recuperado el 30 de septiembre de 2024 de <https://www.gob.mx/shcp/prensa/banco-de-mexico-shcp-y-cnbv-advierten-sobre-riesgos-de-utilizar-activos-virtuales-275819>.
- Sucar, L. (s.f.). *Redes Bayesianas*. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. <https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/caprb.pdf>.
- US Sentencing Commission. (2018). *Bitcoin Glossary: 2018 Annual National Seminar*. US Sentencing Commission, 2018. https://www.ussc.gov/sites/default/files/pdf/training/annual-national-training-seminar/2018/Emerging_Tech_Bitcoin_Crypto.pdf.
- Vargas, J. C., y Cruz-Carpio, Carlos Andrés. (2020). Estudio del método Monte Carlo en simulaciones para la estimación del valor de π . *Revista Boliviana de Física*, 36(36), 26-32. Recuperado en 20 de octubre de 2024, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232020000100005&lng=es&tlng=es.

