

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**



ITESO

**Universidad Jesuita
de Guadalajara**

PROYECTO 2: INTRODUCCIÓN AL TRADING

Microestructura y Sistemas de Trading

Jeanette Valenzuela Gutiérrez

Profesor: Luis Felipe Gomez Estrada

Tlaquepaque, Jal. A 07 de Octubre de 2025

Resumen

Este documento presenta el desarrollo de una estrategia sistemática de trading aplicada al par BTC/USDT en frecuencia horaria, tomando en cuenta que el mercado de criptomonedas opera las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

La propuesta combina tres indicadores técnicos ampliamente utilizados en el análisis financiero —RSI (Relative Strength Index), MACD (Moving Average Convergence Divergence) y Bandas de Bollinger— bajo una regla de mayoría: las señales de compra o venta solo se confirman cuando al menos dos de los tres indicadores coinciden. Adicionalmente, se integraron mecanismos de gestión de riesgo mediante stop loss y take profit fijos, así como la inclusión de costos de transacción del 0.125% por operación, reflejando condiciones de mercado más realistas.

El conjunto de datos se dividió en 60% Entrenamiento, 20% Prueba y 20% Validación, lo que permitió entrenar, probar y validar la estrategia en diferentes periodos de tiempo, reduciendo el riesgo de sobreajuste. Para la selección de parámetros se utilizó Optuna, un algoritmo de búsqueda que optimizó la estrategia con base en la maximización del Calmar ratio, una métrica que equilibra la rentabilidad frente al riesgo de caídas significativas.

Los resultados muestran que la estrategia no supera al enfoque Buy & Hold en términos de rentabilidad absoluta, pero sí ofrece un perfil de riesgo más controlado: logra mantener drawdowns (pérdidas máximas acumuladas) considerablemente menores y presenta ratios de desempeño positivos. En otras palabras, aunque sacrifica parte del potencial de ganancia frente a la alta volatilidad de Bitcoin, la estrategia consigue preservar mejor el capital y mantener una mayor estabilidad en el tiempo.

Descripción de la estrategia y fundamentos

El proyecto desarrolla una estrategia sistemática de trading basada en tres indicadores técnicos ampliamente reconocidos: RSI, MACD y Bandas de Bollinger. El objetivo es combinar señales de momentum, reversión y volatilidad para generar reglas de entrada y salida más robustas que el uso aislado de un solo indicador.

1.1 Indicadores

- ❖ **RSI:** El Índice de Fuerza Relativa (RSI) fue desarrollado por J. Welles Wilder en 1978 como una herramienta de análisis técnico que mide la velocidad y el cambio de los movimientos de precios. Su valor oscila entre 0 y 100, y es ampliamente utilizado para identificar condiciones de sobrecompra o sobreventa en los mercados financieros (Hannah Wilson, 2025).

Fórmula para calcularlo: $RSI = 100 - [1 + RS/100]$

donde $RS = \text{Ganancia media en el periodo} / \text{Pérdida media en el periodo}$

Interpretación práctica

1. **Sobrecompra (RSI > 70):** el activo podría estar en niveles elevados y susceptible a corrección.
2. **Sobreventa (RSI < 30):** el activo podría estar deprimido y propenso a un rebote.
3. **Niveles intermedios (50):** valores superiores a 50 reflejan momentum alcista, mientras que por debajo de 50 sugieren presión bajista.
4. **Divergencias:** cuando el precio sube pero el RSI baja (o viceversa), puede anticiparse una reversión de tendencia.

Utilidad en la estrategia

- ★ Detecta condiciones extremas de precio.
- ★ Permite confirmar la fuerza de una tendencia existente.
- ★ Funciona en distintos mercados (acciones, divisas, commodities y criptomonedas).
- ★ Mejora la gestión del riesgo al ayudar a definir puntos de entrada y salida.

Limitaciones

- ◆ Es un indicador rezagado, basado en datos pasados.
- ◆ Puede generar señales falsas en mercados laterales o de alta volatilidad.
- ◆ Su interpretación es subjetiva y suele usarse en conjunto con otros indicadores para mayor fiabilidad.

- ❖ **MACD (Moving Average Convergence Divergence):** El MACD (Convergencia/Divergencia de Medias Móviles) fue desarrollado por Gerald Appel en 1979 como un indicador de tendencia y momentum que mide la relación entre dos medias móviles exponenciales (EMA). Su objetivo es identificar la fuerza, dirección y duración de un movimiento en el precio de un activo (Slack, 2025).

Fórmula para calcularlo: $MACD = EMA_{12} - EMA_{26}$

La EMA de 12 periodos representa el componente rápido

La EMA de 26 periodos representa el componente lento

Interpretación práctica

1. **MACD positivo:** cuando la EMA rápida (12) está por encima de la EMA lenta (26), indicando momentum alcista.
2. **MACD negativo:** cuando la EMA rápida está por debajo de la EMA lenta, reflejando momentum bajista.
3. **Divergencias:** cuando el precio sube pero el MACD baja (o viceversa), puede anticiparse una reversión.

Utilidad en la estrategia

- ★ Aporta una visión clara sobre cambios de tendencia y su fortaleza.
- ★ Permite confirmar la dirección de mercado y reducir falsos positivos cuando se combina con RSI y Bandas de Bollinger.

Limitaciones

- ◆ Es un indicador rezagado, ya que se basa en medias móviles.
- ◆ Puede generar señales falsas en mercados laterales o de baja volatilidad.
- ◆ Su efectividad aumenta cuando se utiliza junto con otros indicadores técnicos y no como señal independiente.

- ❖ **Bandas de Bollinger:** Las Bandas de Bollinger fueron introducidas por John Bollinger a inicios de los 80 como un indicador que incorpora tendencia y volatilidad en un mismo marco. Consisten en una banda central (SMA) y dos bandas que se expanden/contraen según la desviación estándar del precio. Ayudan a detectar extremos (sobrecompra/sobreventa), contracciones de volatilidad (squeezes) y posibles rupturas (Bollinger, 2001; Treviso, 2022).

Fórmula para calcularlo

Sea SMA_n la media móvil simple de n periodos y σ_n la desviación estándar de los últimos n cierres:

Banda central: SMA_n ,

Banda superior: $SMA_n + k * \sigma_n$,

Banda inferior: $SMA_n - k * \sigma_n$

donde k = multiplicador de desviación estandar

n = ventana

Interpretación práctica

1. **Squeeze (contracción):** las bandas se estrechan → baja volatilidad y probabilidad de movimiento fuerte inminente.
2. **Breakout (expansión):** las bandas se abren → la volatilidad ya llegó; suele acompañar rupturas de rango.
3. **Toque de bandas:**
Precio en banda superior → condición cara/sobreextendida; puede seguir “caminando por la banda” en tendencias fuertes.
Precio en banda inferior → condición barata/sobreextendida; análogo en sentido bajista.

4. **Contexto de tendencia:** en tendencia alcista, compras cercanas a banda inferior; en tendencia bajista, cortos cerca de banda superior (siempre con confirmación adicional).

Utilidad en la estrategia

- ★ Aporta un filtro de volatilidad que complementa al RSI (sobreextensión) y al MACD (cambio de tendencia).
- ★ Regla 2/3: usamos Bollinger para confirmar extremos o rupturas cuando al menos otro indicador coincide, reduciendo falsos positivos.
- ★ Ayuda a modular la frecuencia operativa: bandas más anchas \Rightarrow menos trades, mayor selectividad (útil con comisiones).

Limitaciones

- ◆ No es señal independiente: requiere confirmación (acción de precio/otros indicadores).
- ◆ En tendencias fuertes, el precio puede “caminar por la banda” y un toque no implica giro inmediato.
- ◆ La sensibilidad depende de nnn y kkk: parámetros muy bajos pueden sobreoperar; muy altos pueden llegar tarde.

Cada indicador aporta una perspectiva distinta: el RSI capta sobreextensión, el MACD detecta cambios de tendencia y las Bandas de Bollinger reflejan la volatilidad del mercado. Su combinación persigue complementar fortalezas y reducir debilidades.

1.2 Regla de confirmación (mayoría 2/3)

Para evitar señales débiles o erráticas, la estrategia implementa un esquema de votación por mayoría:

- Señal larga (+1): cuando al menos dos de los tres indicadores son alcistas.
- Señal corta (−1): cuando al menos dos de los tres indicadores son bajistas.
- Sin operación (0): en ausencia de consenso claro.

Este filtro reduce falsos positivos y mejora la robustez de las señales frente al ruido de corto plazo típico en criptomercados.

1.3 Gestión de la posición y costos

La ejecución de la estrategia incorpora principios de gestión de riesgo:

- Tamaño de posición: fijo y constante por operación, para aislar el efecto de la señal de cualquier sesgo de apalancamiento.
- Stop loss / Take profit: niveles porcentuales predefinidos que limitan pérdidas y aseguran beneficios. Estos parámetros se optimizan para equilibrar frecuencia operativa y control del riesgo.
- Costos de transacción: se aplica un 0.125% por lado (apertura y cierre), reflejando condiciones reales del mercado.

1.4 Benchmark

El desempeño de la estrategia se contrasta contra un enfoque Buy & Hold de BTC/USDT, que consiste en comprar y mantener la posición sin intervención adicional. Esto permite evaluar si la complejidad añadida por la combinación de indicadores y gestión activa realmente agrega valor económico frente a una exposición pasiva y lineal al mercado.

Justificación de los hiperparámetros iniciales

El diseño de los rangos de búsqueda y la selección de parámetros para RSI, MACD, Bandas de Bollinger, stop loss, take profit y tamaño de posición no fueron arbitrarios. Cada intervalo se definió con base en la naturaleza del mercado BTC/USDT en 1h (24/7), la lógica de confirmación 2/3, y las condiciones reales de operación (comisiones de 0.125% por lado).

RSI (Relative Strength Index)

- Periodo (20–76): valores menores a 14 son demasiado volátiles, generando ruido excesivo. Ampliar a 20–76 suaviza la señal y permite capturar tendencias de varias sesiones sin sacrificar sensibilidad.
- Umbrales (65–80 / 20–26): se establecieron más exigentes que los clásicos 70/30 para adaptarse a la alta volatilidad de BTC.

MACD (Moving Average Convergence/Divergence)

- Rápida (10–14) y Lenta (15–25): se mantuvo la relación jerárquica fast < slow, comprimiendo los valores respecto a los 12/26 clásicos.
- Señal (5–7): un rango acotado que filtra ruido sin perder reactividad frente a cambios reales de tendencia.

Bandas de Bollinger

- Ventana (10–25): rangos pequeños (<10) generan bandas inestables, mientras que >25 atenúan demasiado la señal.
- Desviación (1.5–3.0): valores bajos (1.5–2.0) aumentan frecuencia de señales, y valores más altos (2.0–3.0) privilegian solo eventos extremos. Este rango balancea cantidad y calidad.

Gestión de la posición y riesgo

- **Tamaño de posición (0.5–4.0 lotes fijos):** definido como constante para aislar el efecto de las señales, sin apalancamiento ni escalado dinámico. La intención es evaluar la estrategia en su forma más pura.
- **Stop loss (3%–6%):**
 - Un mínimo de 3% protege de “stops por ruido” en velas horarias.
 - Un máximo de 6% limita caídas abruptas en periodos de alta volatilidad.

- **Take profit (4%–15%):**

- Diseñado para ratios beneficio/riesgo entre 1.3× y 2.5×.
- El techo de 15% permite capturar tramos tendenciales sin depender de operaciones excepcionales.

Aunque la selección inicial de rangos para los hiperparámetros (RSI, MACD, Bandas de Bollinger, stop loss, take profit y tamaño de posición) se diseñó con fundamentos técnicos y en coherencia con la naturaleza del mercado BTC/USDT en 1h, la estrategia no se limitó a esa configuración teórica. Una vez definidos los intervalos razonables, se procedió a realizar un proceso de optimización sistemática mediante Optuna, donde se exploraron 200 combinaciones posibles con el objetivo de maximizar el Calmar ratio en el conjunto de entrenamiento.

Este enfoque permitió validar que, si bien los rangos elegidos tenían sentido desde el punto de vista conceptual, los valores finales utilizados fueron resultado de una búsqueda objetiva y cuantitativa, reduciendo la subjetividad del diseño y asegurando que la estrategia operara en su versión más eficiente y robusta.

Datos y preparación

Activo y frecuencia: Se trabajó con BTC/USDT en velas de 1 hora, lo que permite captar tanto movimientos intradía como tendencias de mediano plazo. Al ser un mercado que opera las 24 horas todos los días del año, se garantiza continuidad en la serie de precios y un alto volumen de observaciones.

Limpieza y estandarización: Los datos originales de Binance presentaban una primera fila de encabezado innecesaria y ligeras inconsistencias en nombres de columnas. Se ajustaron los nombres a un formato estándar (OHLCV), se tipificaron las fechas, se indexó cronológicamente y se eliminaron valores faltantes para mantener coherencia en la serie temporal.

Orden temporal y no-fuga de información: Todo el proceso de preparación respetó la secuencia cronológica de los datos, evitando usar información futura al generar señales o evaluar el modelo. Con ello se reducen riesgos de leakage y se asegura que el backtest imite condiciones reales de mercado.

División temporal: Para el diseño experimental se realizó un split 60% Entrenamiento, 20% Prueba y 20% Validación. De esta manera, se entrenan y optimizan parámetros en el primer bloque, se contrastan resultados en un conjunto intermedio y se verifica la robustez en un bloque final totalmente fuera de muestra.

Resumen descriptivo: Cada segmento contiene miles de observaciones, cubriendo un rango de varios años de historia. Se observa una volatilidad característica de BTC, con episodios marcados de alta dispersión (halvings, caídas por anuncios regulatorios, rallies alcistas). Estos eventos ofrecen un terreno adecuado para evaluar la capacidad de la estrategia de adaptarse a diferentes condiciones de mercado.

Nota metodológica: Dado que el activo opera 24/7, las métricas anuales se calcularon con una base de 24×365 barras, equivalente a un año completo de datos horarios.

Metodología

1. Generación de señales

Se utilizaron tres indicadores técnicos clásicos: RSI, MACD y Bandas de Bollinger. Cada uno aporta una perspectiva distinta del mercado y, para reducir falsos positivos, la señal final se construye mediante una regla de mayoría: se necesita la coincidencia de al menos dos de los tres indicadores para abrir una posición alcista (+1) o bajista (-1). Cuando no hay consenso, no se genera operación (0).

2. Reglas operativas

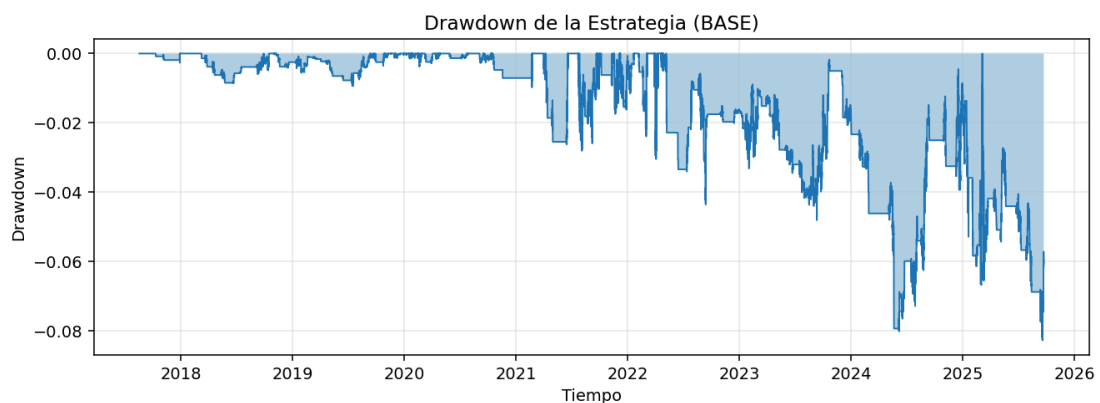
Una vez definida la señal, se abre una posición larga o corta con un tamaño fijo. Cada posición está protegida por un nivel de stop loss y take profit, lo que acota las pérdidas y cristaliza ganancias según la dirección del mercado.

3. Simulación de portafolio:

El capital inicial se sigue barra a barra, agregando el efecto de las operaciones, los cierres por SL/TP y los costos de transacción. Así se obtiene la trayectoria del portafolio a lo largo del tiempo, lo que permite evaluar la estrategia de forma realista.

4. Métricas de desempeño

Con la curva del portafolio se calcularon indicadores de rentabilidad y riesgo. Entre ellos destacan el Sharpe y el Sortino, que ajustan por volatilidad, el Calmar, que relaciona crecimiento con caídas máximas, y el máximo drawdown, que mide la peor pérdida, mismo que presento a continuación:



5. Optimización

Los parámetros de los indicadores y de la gestión (umbrales de RSI, longitudes de medias, desvío de Bollinger, niveles de SL/TP y tamaño de posición) fueron ajustados de manera sistemática, buscando maximizar el Calmar en el bloque de Entrenamiento. Esto asegura que la estrategia se oriente hacia la eficiencia riesgo-retorno.

6. **Evaluación fuera de muestra:** Los parámetros óptimos se aplicaron luego en los conjuntos de prueba y validación, sin modificaciones. Este paso es clave para medir la capacidad de la estrategia de generalizar y detectar posibles problemas de sobreajuste.

Resultados y análisis del desempeño

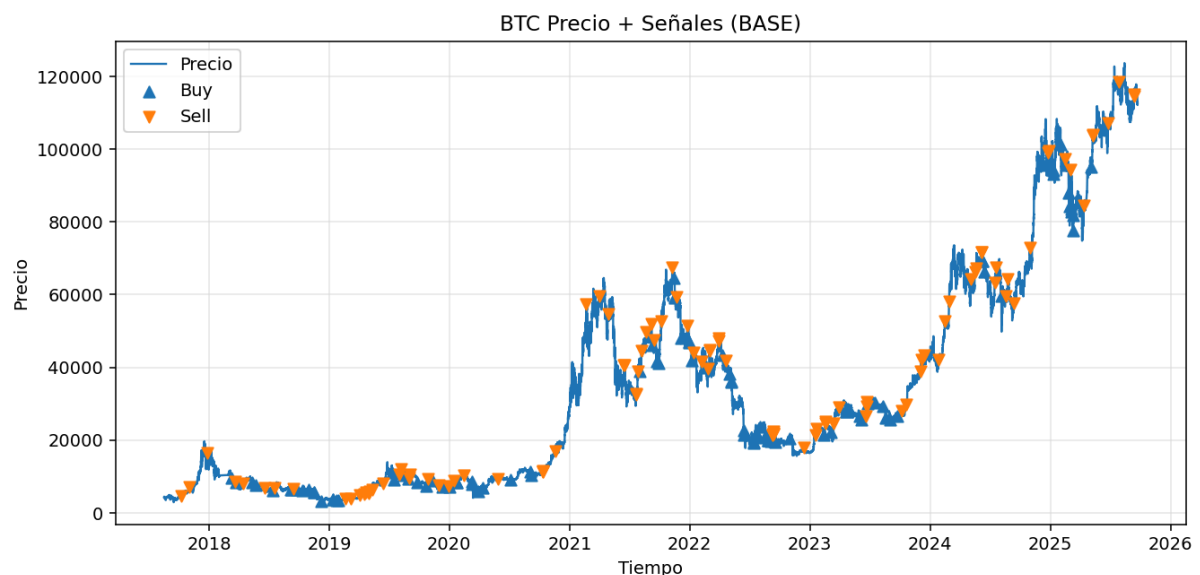
1. Resultados cuantitativos

Tras aplicar los parámetros optimizados, la estrategia alcanzó un capital final de 1,259,613 partiendo de un millón inicial, lo que representa un retorno total de 25.96%. Aunque el rendimiento bruto es poco frente a la fuerte apreciación histórica de BTC, la estrategia se caracterizó por un perfil de riesgo controlado.

En cuanto al desempeño, el sistema mostró resultados positivos aunque moderados. El Sharpe ratio (0.61) y el Sortino ratio (0.44) indican que, en promedio, los rendimientos ajustados por el riesgo son favorables, aunque de tamaño limitado. El máximo retroceso de capital (drawdown) fue de solo -8.26%, lo que resalta la capacidad de la estrategia para proteger la inversión en momentos de pérdida.

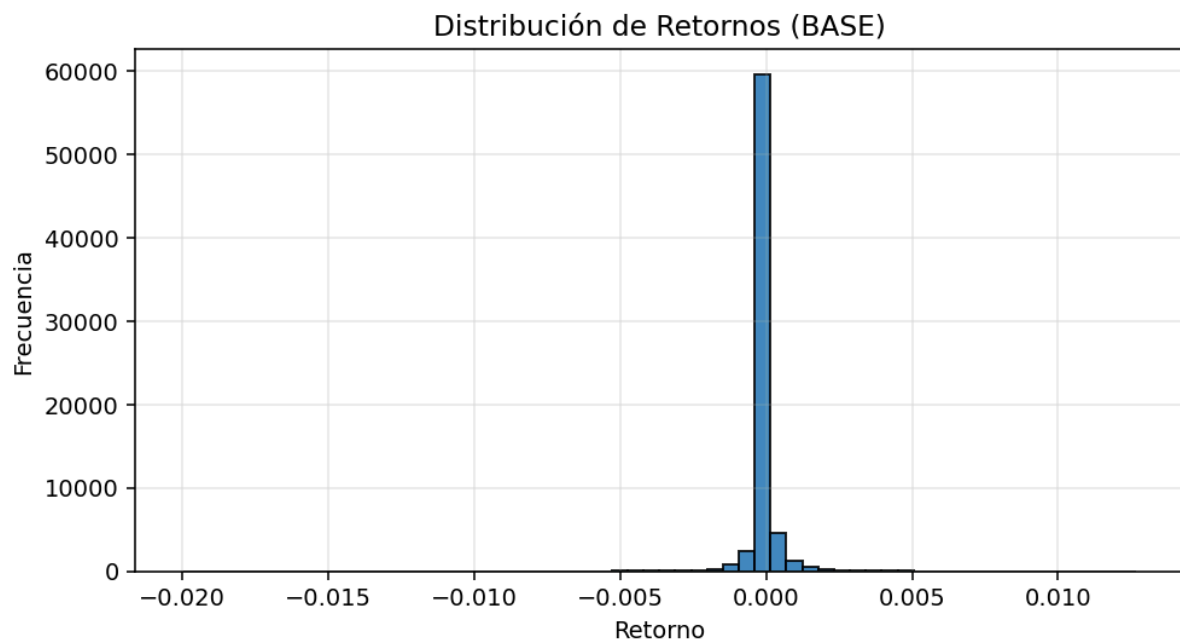
Por otra parte, el Calmar ratio (0.35) refleja una relación aceptable entre el crecimiento obtenido y las caídas más grandes registradas. Finalmente, la tasa de acierto fue de 35.39%, lo que demuestra que no es necesario ganar en la mayoría de las operaciones: lo importante es controlar las pérdidas cuando ocurren y permitir que las operaciones ganadoras generen un mayor beneficio.

2. Señales y comportamiento del precio



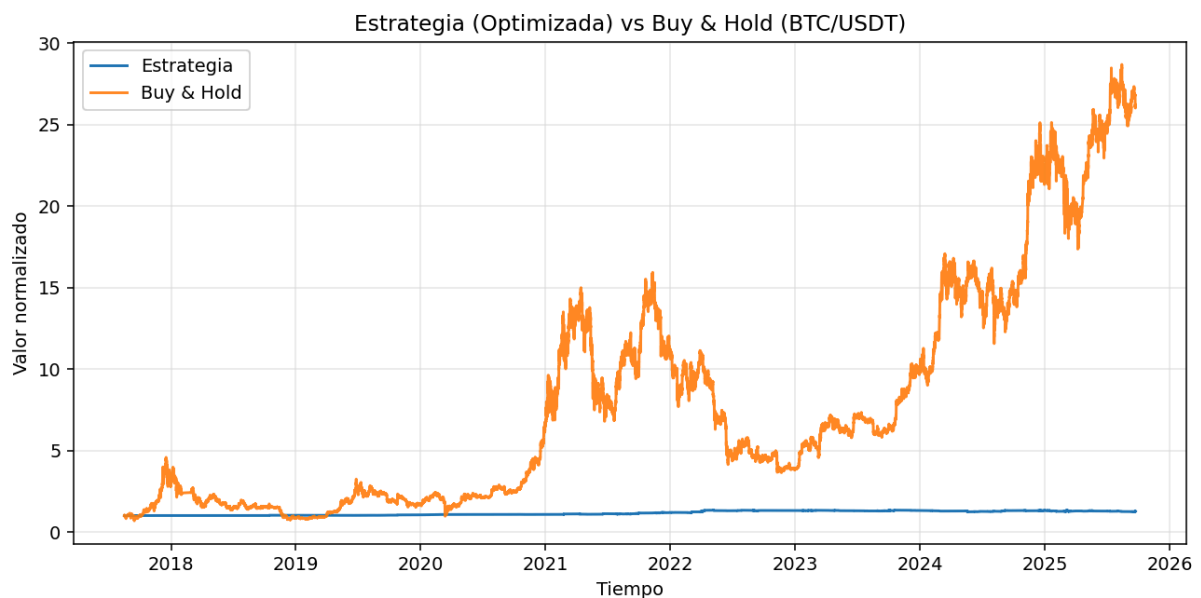
La figura "BTC Precio + Señales" muestra la secuencia de entradas y salidas generadas. Se observa que el sistema toma posiciones frecuentes, respondiendo a cambios de tendencia y extremos de volatilidad. Aunque existen señales falsas en periodos laterales, en las fases de impulso logra capturar movimientos relevantes.

3. Distribución de retornos



El histograma de retornos revela una concentración alrededor de cero con colas más delgadas que las del benchmark. Esto implica que la estrategia opera con retornos discretos pequeños la mayor parte del tiempo, pero evita la exposición a caídas extremas, lo que contribuye a la reducción del drawdown.

4. Comparación con Buy & Hold



La comparación frente al benchmark evidencia que Buy & Hold entrega un crecimiento exponencial, pero con drawdowns profundos y prolongados. En contraste, la curva de la estrategia se mantiene mucho más estable y acotada, reflejando su naturaleza defensiva. En términos de eficiencia, el enfoque sistémico ofrece un perfil de riesgo más moderado, aunque con sacrificio de rentabilidad absoluta.

Análisis de riesgos y limitaciones

La estrategia presenta varios riesgos que es importante reconocer. En primer lugar, existe el riesgo de sobreajuste: al optimizar parámetros sobre el set de entrenamiento, siempre está la posibilidad de que estos se adapten demasiado a ese periodo y no generalicen bien en otros contextos de mercado, sin embargo por eso tenemos el tramo de testeo y el de validación.

Otro aspecto son los supuestos de ejecución, ya que el backtest no contempla deslizamientos, spreads variables o limitaciones de liquidez; en la práctica, estos factores podrían disminuir la rentabilidad real. También se debe mencionar el uso de posiciones cortas en un activo que en el mercado spot no permite este tipo de operaciones sin derivados, lo que introduce complejidades adicionales.

Además es importante que el riesgo de cambios inesperados. Situaciones como ataques informáticos, nuevas regulaciones en el mercado o eventos propios de Bitcoin pueden modificar de manera repentina las condiciones que la estrategia aprovecha. Además, al invertir solo en Bitcoin, no se tiene diversificación: todo depende de un único activo muy volátil, lo que aumenta la posibilidad de sufrir pérdidas fuertes si ocurre algún evento negativo específico.

Conclusiones

En términos generales, la estrategia de confirmación 2/3 basada en RSI, MACD y Bandas de Bollinger mostró que es posible reducir significativamente los drawdowns y mantener un perfil de riesgo más controlado en comparación con Buy & Hold. Si bien la rentabilidad absoluta no alcanzó el mismo nivel de la tenencia pasiva, la eficiencia medida por ratios como Calmar y la estabilidad de la curva de portafolio resultaron destacables. Esto sugiere que el enfoque sistemático puede ser útil para inversionistas que priorizan la preservación de capital y la reducción de caídas severas por encima de la rentabilidad máxima.

Es importante mencionar que antes de la investigación fue difícil ajustar los parámetros de la estrategia. En varios intentos iniciales los resultados arrojaban pérdidas de hasta un 80% del capital, lo que reflejaba tanto la sensibilidad de la estrategia como la complejidad de encontrar configuraciones robustas. También resultó retador decidir qué indicadores utilizar: en pruebas previas se intentó con otros, pero no se lograban rendimientos positivos, ya sea por desconocimiento en su aplicación o porque simplemente no eran adecuados para este activo.

Dada la alta volatilidad del bitcoin, considero que su rendimiento no es el más atractivo comparado con otros instrumentos, pero al menos se logró evitar una pérdida significativa y obtener un resultado ligeramente positivo.

Hacia adelante, se recomienda probar metodologías de validación más robustas como walk-forward, considerar un dimensionamiento dinámico de posiciones y ampliar el universo de activos para mejorar la diversificación. Con estos ajustes, la estrategia podría evolucionar hacia un modelo más completo y competitivo en distintos entornos de mercado.

Referencias

1. Investing.com. (2025). ¿Qué es el indicador MACD y cómo se calcula? *Investing.com*. Recuperado de <https://es.investing.com/academy/analysis/que-es-el-indicador-macd-y-como-se-calcula/>
2. Investing.com. (2025). RSI, indicador de fuerza relativa. *Investing.com*. Recuperado de <https://es.investing.com/academy/analysis/rsi-indicador-de-fuerza-relativa/>
3. The Trading Bible. (2022). Bandas de Bollinger: guía completa. Recuperado de <https://thetradingbible.com/es/bandas-de-bollinger>