

“Introduction to Trading: Algorithmic Trading System with Multi-Indicator Strategy”

ITESO



**ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara**

**Microestructura y Sistemas de Trading
Luis Felipe Gómez Estrada**

Luis Fernando Márquez Bañuelos 744489

7 de octubre de 2025

Tabla de contenido

Introducción	3
Estrategia.....	3
Metodología	4
Datos	5
Optimización	5
Walk Forward Analysis	6
Señales	6
Indicadores	6
Parámetros de la Estrategia	7
Backtest.....	8
Métricas	9
Implementación	9
Arquitectura y Diseño del Sistema.....	10
Flujo del Sistema	10
Resultados y Análisis de Desempeño	12
Mejores parámetros	12
Train.....	13
Test.....	15
Validation.....	17
Portafolio	19
Análisis de Riesgo y Limitaciones	22
Conclusiones	23

Introducción

En este proyecto se implementó una estrategia de trading algorítmico utilizando Bitcoin como activo. Realizar este tipo de estrategias sobre activos con alta volatilidad puede ser efectivo, ya que se aprovechan los fuertes movimientos de precio para generar rendimientos.

El enfoque algorítmico permite eliminar el sesgo humano al momento de tomar decisiones ya que, se utilizan reglas y parámetros bien definidos y las operaciones son ejecutadas con una base sólida. El aprovechamiento de código permite realizar trading de una manera sistemática y poder medir los resultados de diferentes estrategias para poder utilizar la mejor posible a través de la optimización de distintos parámetros.

El proyecto busca tomar el análisis técnico y utilizar un enfoque cuantitativo para poder desarrollar estrategias de trading eficientes. De esta forma, no solo es posible automatizar la toma de decisiones de las operaciones, sino también optimizar los parámetros utilizados con el objetivo de obtener una estrategia con mejor desempeño.

Estrategia

La estrategia hace uso de 5 indicadores técnicos los cuales de manera independiente generan señales de compra y venta en corto de acuerdo con las condiciones impuestas. Una vez que se cuenta con estas señales, se usó un criterio “2 de 5”, esto significa que, si al menos dos indicadores generan una señal de compra o venta en corto, ésta es ejecutada.

Indicadores Técnicos Implementados:

Indicador	Propósito	Lógica	Razonamiento
Índice de Fuerza Relativa (RSI)	Identificar condiciones de sobrecompra y sobreventa	Señal de compra cuando $RSI < \text{umbral inferior}$ Señal de venta en corto cuando $RSI > \text{umbral superior}$	Detecta momentos de posible reversión del precio basado en momentum

Medias Móviles Simples (SMA)	Capturar tendencias de mercado	Señal de compra cuando SMA corta > SMA larga Señal de venta cuando SMA corta < SMA larga	Identifica cambios en la dirección de la tendencia
Convergencia/ Divergencia de Medias Móviles (MACD)	Analizar momentum y cambios de tendencia	Señal de compra cuando MACD > línea de señal Señal de venta cuando MACD < línea de señal	Provee señales tempranas de cambios de momentum
Bandas de Bollinger	Medir volatilidad y niveles extremos	Señal de compra cuando precio < banda inferior Señal de venta cuando precio > banda superior	Identifica condiciones de sobreextensión del precio
Oscilador Estocástico	Detectar puntos de reversión	Señal de compra cuando %K y %D < umbral inferior Señal de venta cuando %K y %D > umbral superior	Confirma condiciones de sobrecompra o sobreventa

Como la estrategia utiliza un criterio “2 de 5” para realizar compras o ventas en corto del activo. Con este enfoque se logra reducir la generación de señales falsas, ya que necesitas de dos señales para confirmar que es una oportunidad real de hacer una operación. Además, es robusta ya que los indicadores capturan diferentes aspectos del mercado como volatilidad, tendencia y momentum.

Metodología

La metodología seguida en este proyecto busca establecer un proceso estructurado y replicable para evaluar la efectividad de la estrategia de trading algorítmico propuesta. Parte de la obtención, preparación y segmentación de datos de mercado.

De forma sistemática, se realizan procesos de optimización, validación temporal y backtesting, con el fin de evaluar el desempeño de la estrategia. Este enfoque permite reducir el sesgo, evitar el sobreajuste y establecer una base sólida para el análisis posterior de métricas de rendimiento, riesgos y limitaciones.

Datos

Los datos utilizados para el proyecto son el OHLCV (Open-High-Low-Close-Volume) de Bitcoin de agosto de 2017 a septiembre de 2025. Una vez leídos los datos, estos son procesados ya que existen duplicados por lo que estos se deben de eliminar dejando solo un dato, después se ordena correctamente el dataframe ya que las fechas vienen con el orden al revés al necesario para trabajar la serie de tiempo.

Ejemplo de duplicado:

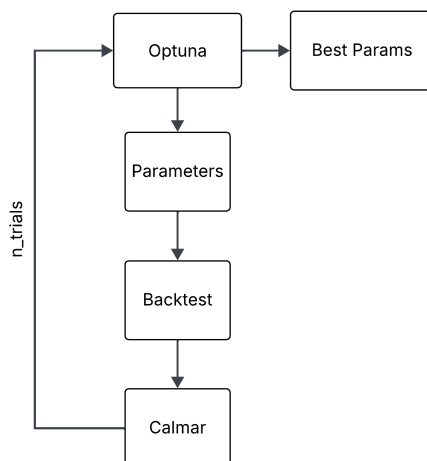
	Unix	Date	Symbol	Open	High	Low	Close	Volume BTC	Volume USDT	tradeount
4553	1.740931e+15	02/03/25 16:00	BTCUSDT	87428.0	91959.99	87278.51	91200.0	11741.72701	1.056043e+09	1273816
4554	1.740930e+12	02/03/25 16:00	BTCUSDT	87428.0	91959.99	87278.51	91200.0	11741.72701	1.056043e+09	1273816

Una vez procesados los datos estos se dividen en train (60%), test (20%) y validation (20%). Además, el formato de fechas en train tiene inconsistencia por lo que estas son procesadas para asegurar consistencia.

Optimización

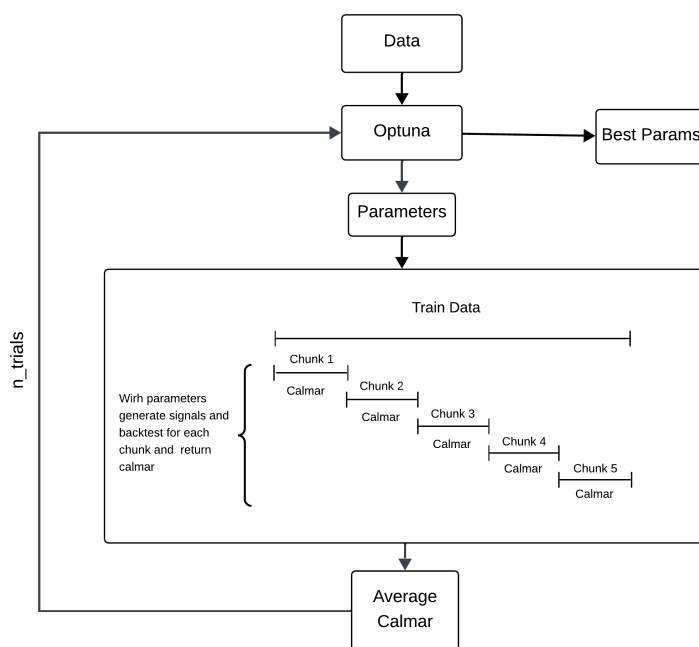
Se implementó un proceso de optimización bayesiana mediante la librería [Optuna](#), la cual propone iterativamente combinaciones de parámetros para los indicadores técnicos, así como para aspectos de la estrategia.

Cada conjunto de parámetros es evaluado mediante un backtest completo de la estrategia y devuelve una métrica objetivo que se busca optimizar. Para el caso de la estrategia utilizada se busca maximizar el Calmar ratio.



Walk Forward Analysis

Para mitigar el riesgo de sobreajuste y asegurar que los parámetros funcionen en diferentes condiciones de mercado, se incorporó un análisis de Walk Forward aprovechando la función de [TimeSeriesSplit](#) de scikit-learn. Este método evalúa el desempeño de los parámetros a través de múltiples ventanas temporales, optimizando específicamente el Calmar Ratio promedio como métrica objetivo. Se hace de forma iterativa con Optuna, además el Split en chunks es sobre train.



Señales

Utilizando los parámetros que Optuna va sugiriendo, se calculan los distintos indicadores a utilizar utilizando la librería de [ta](#), estos generan sus propias señales como se menciona en la [introducción](#) y estas se combinan para realizar un criterio de “2 de 5” para generar la señal de compra o venta para la estrategia de trading.

Indicadores

1. Índice de Fuerza Relativa (RSI)

El RSI es un oscilador de momentum que mide la velocidad y el cambio de los movimientos de precio. Opera en una escala de 0 a 100 y se calcula comparando las ganancias y pérdidas promedio durante un período específico.

2. Medias Móviles Simples (SMA)

Las SMA representan el precio promedio de un activo durante un período determinado. La estrategia utiliza dos SMA: una de corto plazo (rápida) y otra de largo plazo (lenta), capturando la tendencia subyacente del mercado.

3. Convergencia/Divergencia de Medias Móviles (MACD)

El MACD es un indicador de momentum que sigue la tendencia, compuesto por dos líneas: la línea MACD (diferencia entre EMA rápida y lenta) y la línea de señal (EMA de la línea MACD).

4. Bandas de Bollinger

Desarrolladas por John Bollinger, estas bandas consisten en una SMA central y dos bandas externas que representan desviaciones estándar del precio. Se expanden y contraen según la volatilidad del mercado.

5. Oscilador Estocástico

Este oscilador compara el precio de cierre actual con el rango de precios (alto-bajo) durante un período específico. Utiliza dos líneas: %K (línea principal) y %D (media móvil de %K).

Integración Estratégica

La combinación de estos cinco indicadores permite capturar múltiples dimensiones del comportamiento del mercado:

- Momentum y velocidad: RSI y Estocástico
- Dirección de tendencia: SMA y MACD
- Volatilidad y niveles extremos: Bandas de Bollinger

Esta diversificación técnica proporciona una base sólida para el sistema de votación "2 de 5", donde la confirmación múltiple fortalece la confiabilidad de las señales generadas.

Parámetros de la Estrategia

Optuna no solo optimiza los parámetros de los indicadores técnicos, también optimiza parámetros propios de la estrategia, ya que son criterios que afectan el desempeño del sistema, por lo que también deben existir criterios reales para establecerlos. Los parámetros de la estrategia que se optimizan son los siguientes:

Control de capital en riesgo:

- Take profit
- Stop loss
- Porcentaje de exposición (% del capital disponible por trade)
- Mínimo valor del trade para ejecutarse

Número de posiciones:

- Máximo número de posiciones largas activas
- Máximo número de posiciones cortas activas

Backtest

Es parte central del proyecto, ya que es el proceso que se utiliza para evaluar el funcionamiento de la estrategia. En esta sección se usan los mejores parámetros del proceso de optimización para que los indicadores generen las señales para simular las operaciones y mantener un registro del valor de nuestro portafolio.

El funcionamiento es sencillo, una vez que se tienen los datos con las señales generadas, se comienza a iterar a través de las filas del dataframe y se realiza el siguiente proceso:

1. Revisar posiciones activas, en caso de llegar a un take profit o stop loss estas se cierran, permitiéndonos así fondearnos.
2. Revisar señales de compra o venta.
3. En caso de existir, se revisa si la operación es mayor al valor mínimo establecido para un trade y si contamos con el capital suficiente.
4. Si se cumplen las condiciones, se ejecuta y registra el trade.
5. Se calcula el valor del portafolio contando capital y el valor de posiciones activas.
6. Al final del backtest se cierran todas las posiciones activas.

Esta sección de aquí es fundamental, ya que nos proporciona el histórico del portafolio, lo cual se necesita para calcular distintas métricas de desempeño. Además, este histórico del portafolio es necesario para el cálculo del Calmar Ratio que es lo que se busca optimizar durante el entrenamiento.

Métricas

Son una parte esencial del proyecto, ya que evalúan el desempeño de la estrategia. Debido a que la ventana de tiempo es pequeña (1 hora), no se toma en cuenta la tasa libre de riesgo para el cálculo de las métricas. Las métricas utilizadas son:

Métrica	Explicación	Fórmula
Sharpe Ratio	Mide el rendimiento ajustado por riesgo, considerando la volatilidad total de la estrategia. Indica cuánto exceso de retorno se obtiene por unidad de riesgo total	$Sharpe\ Ratio = \frac{\mu_p}{\sigma}$
Sortino Ratio	Similar al Sharpe Ratio, pero solo penaliza la volatilidad negativa (downside risk). Más relevante para inversores que principalmente se preocupan por las pérdidas	$Sortino\ ratio = \frac{\mu_p}{\sigma_d}$
Maximum Drawdown (MDD)	Representa la mayor pérdida porcentual desde un pico hasta un valle en el valor de la cartera. Mide el peor escenario de pérdida histórica	$MDD = \frac{PV - V_t}{PV}$
Calmar Ratio	Evalúa el rendimiento en relación con el riesgo máximo de pérdida (Maximum Drawdown). Especialmente útil para estrategias que buscan preservar capital	$Calmar\ ratio = \frac{\mu_p}{MDD}$
Win Rate	Porcentaje de operaciones que resultan en ganancias frente al total de operaciones realizadas. Mide la consistencia de la estrategia	$WR = \frac{Trades^+}{Total\ Trades}$

Implementación

La implementación del sistema se realizó bajo un enfoque modular en Python. Cada parte del sistema fue diseñada para cumplir funciones específicas, desde la optimización de parámetros hasta la generación de señales y la simulación mediante backtesting. De esta manera, la estrategia puede ser evaluada, considerando las métricas clave establecidas para el análisis de una estrategia de trading.

Arquitectura y Diseño del Sistema

El sistema se desarrolló en Python bajo una arquitectura modular que garantiza flexibilidad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento. Esta estructura organizada en distintos componentes especializados permite la actualización individual de funcionalidades sin comprometer la integridad del sistema completo.

Componentes Clave del Sistema

1. Núcleo de Ejecución (Main)

Función: Coordinación integral del flujo de trading

Capacidades:

- Configuración de parámetros de mercado (timeframe: 60 minutos)
- Orquestación de optimización con 100 iteraciones
- Gestión del pipeline completo desde datos hasta reportes

2. Optimización de Parámetros

- **Metodología:** Búsqueda bayesiana con Optuna
- **Sobreajuste:** Se evita con una validación cruzada temporal con 5 particiones
- **Objetivo:** Maximización del Calmar Ratio mediante validación cruzada

3. Generación de Señales

- **Indicadores Implementados:** RSI, SMA, MACD, Bollinger Bands, Oscilador Estocástico
- **Mecanismo de Decisión:** Sistema de votación "2 de 5" para confirmación de señales
- **Ventaja:** Reduce falsos positivos mediante consenso técnico

4. Motor de Simulación (Backtesting)

Características Destacadas:

- Simulación realista incluyendo comisiones (0.125%)
- Gestión automática de órdenes de protección (stop-loss/take-profit)
- Soporte para posiciones largas y cortas simultáneas

Flujo del Sistema

Fase 1: Preparación de Datos

- **Fuente:** Datos OHLCV horarios de BTCUSDT

- **Procesamiento:** Limpieza de duplicados, acomodo temporal y ajuste de fechas.
- **División:** 60%-20%-20% respetando secuencia cronológica

Fase 2: Optimización de Parámetros

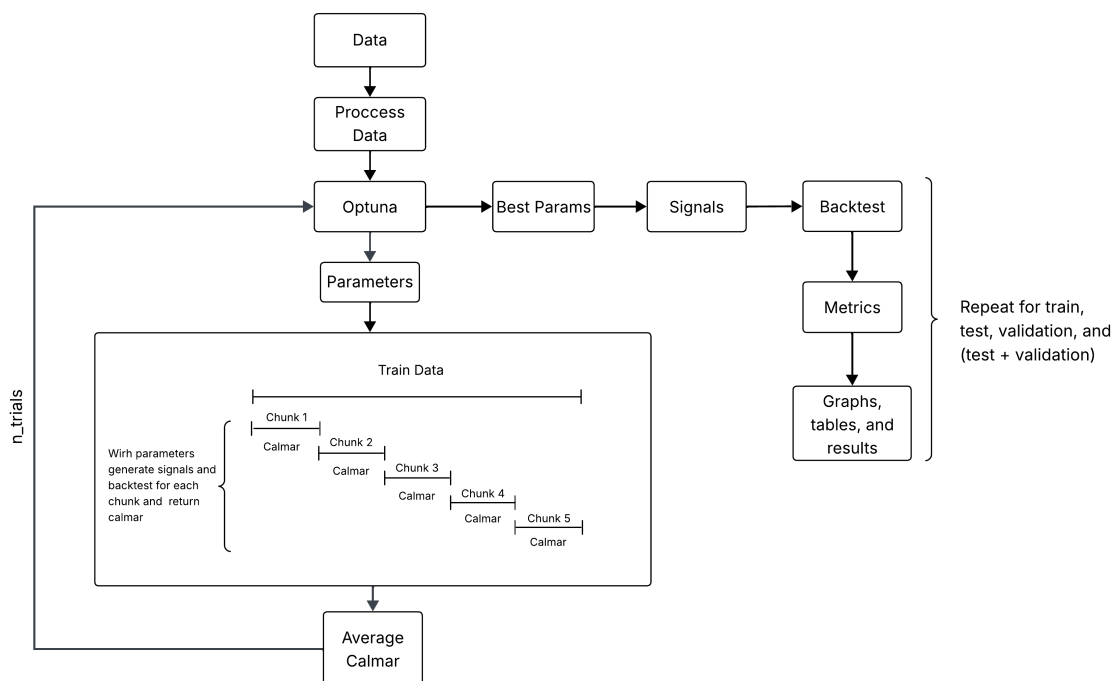
- **Técnica:** Optimización bayesiana
- **Validación:** Walk-forward analysis con 5 folds
- **Métrica Objetivo:** Calmar Ratio promedio
- **Escala:** 100 trials de optimización paralela

Fase 3: Evaluación Escalonada

- **Enfoque:** Backtesting en tres etapas (Train, Test y Validation)
- **Extra:** Análisis de test + validation como uno solo

Fase 4: Análisis de Resultados

- **Métricas Clave:** Sharpe Ratio, Sortino Ratio, Calmar Ratio, Maximum Drawdown
- **Análisis Temporal:** Retornos mensuales, trimestrales y anuales
- **Visualización:** Gráficos de desempeño y heatmaps analíticos



Esta implementación representa un sistema de trading algorítmico que combina metodologías cuantitativas y de software, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones de inversión sistemática en mercados financieros.

Resultados y Análisis de Desempeño

En esta sección se presentan los resultados obtenidos tras la realización de la optimización y backtest de la estrategia de trading propuesta. Se mostrarán los mejores parámetros para la estrategia, así como un análisis se enfocado en métricas clave como Sharpe ratio, Sortino Ratio, Calmar ratio, Maximum Drawdown y Win Rate. El análisis se realiza en los distintos conjuntos de datos acompañado de gráficos y tablas de apoyo, como lo son heatmaps de los rendimientos, tablas con métricas y retornos, así como gráficas con el valor del portafolio a través del tiempo evaluado.

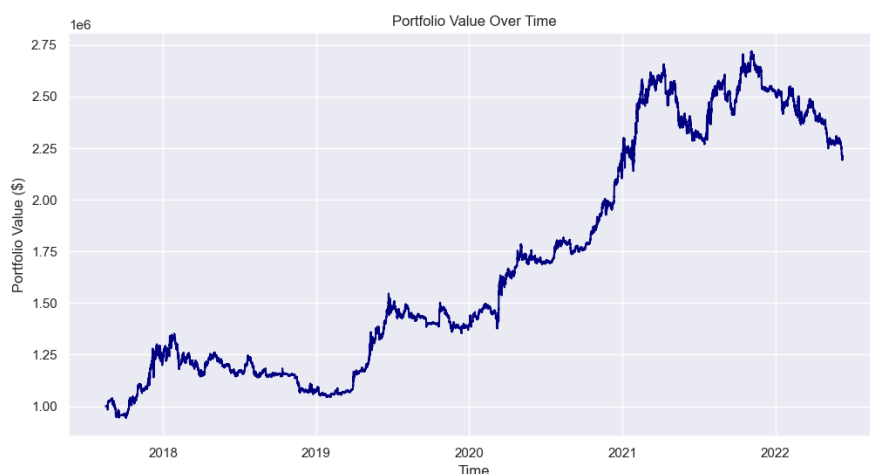
Mejores parámetros

- **rsi_window:** 65
- **rsi_lower:** 5
- **rsi_upper:** 85
- **sma_short_window:** 35
- **sma_long_window:** 191
- **macd_short_window:** 29
- **macd_long_window:** 198
- **macd_signal_window:** 29
- **bb_window:** 9
- **bb_std_dev:** 1.0598346871156963
- **stoch_k_window:** 50
- **smooth_window:** 10
- **stoch_lower_thresh:** 40
- **stoch_upper_thresh:** 90
- **stop_loss:** 0.14809461315916064
- **take_profit:** 0.11193944687971998
- **pct_exposure:** 0.048386249678779206
- **min_val_trade:** 5067.302976562356
- **max_long_positions:** 20
- **max_short_positions:** 11

Para usar los parámetros como diccionario en Python es de la siguiente manera:

```
params = {'rsi_window': 65, 'rsi_lower': 5, 'rsi_upper': 85, 'sma_short_window': 35, 'sma_long_window': 191, 'macd_short_window': 29, 'macd_long_window': 198, 'macd_signal_window': 29, 'bb_window': 9, 'bb_std_dev': 1.0598346871156963, 'stoch_k_window': 50, 'smooth_window': 10, 'stoch_lower_thresh': 40, 'stoch_upper_thresh': 90, 'stop_loss': 0.14809461315916064, 'take_profit': 0.11193944687971998, 'pct_exposure': 0.048386249678779206, 'min_val_trade': 5067.302976562356, 'max_long_positions': 20, 'max_short_positions': 11}
```

Train



Resultados de Training Data:

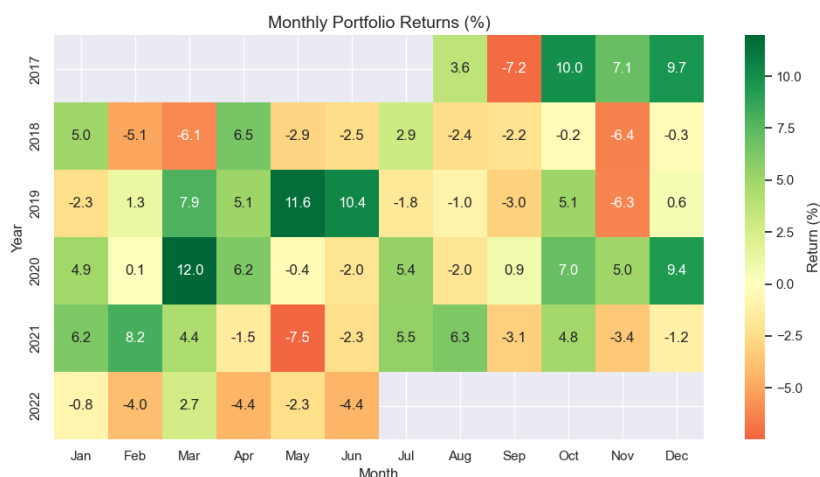
- **Long trades:** 3006
- **Short trades:** 1785
- **Win rate:** 58.59%
- **Total return:** 119.33%
- **Final capital:** \$2,192,301.06

Metric	Value
Sharpe Ratio	0.973937
Sortino Ratio	1.509747
Max Drawdown	22.81%
Calmar Ratio	0.789898

Year	Annual Return
2017	24.19%
2018	-13.46%
2019	29.16%
2020	55.81%
2021	15.72%
2022	-12.69%

La gráfica de la evolución del valor del portafolio muestra un desempeño muy bueno con una fuerte tendencia alcista, logrando un retorno total de 119.33%. Se cuenta con un win rate alto del 58.59%, por lo que más de la mitad de los trades son positivos. Las métricas por otro lado no son tan buenas, ya que el Sharpe es menor a 1 al igual que el calmar ratio, esto influenciado por el fuerte bajón máximo de 22.81%.

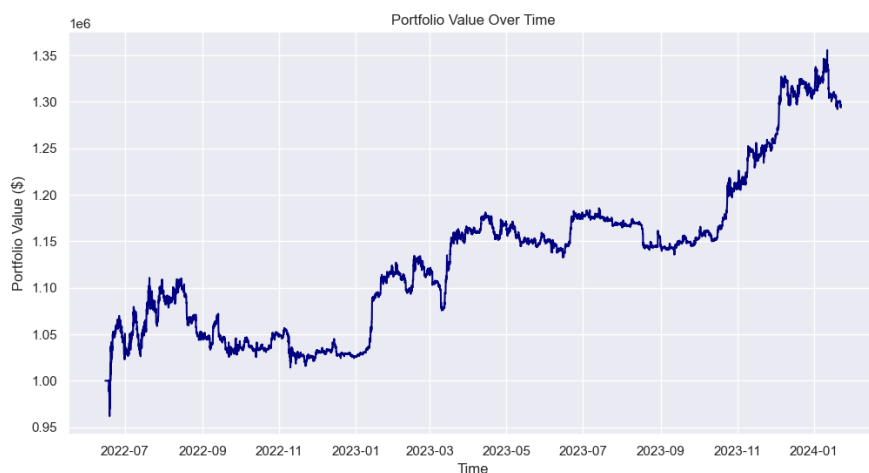
A pesar de la clara tendencia alcista existen diversas caídas haciendo así un portafolio volátil, que incluso en dos años llega a perder dinero. Si bien el desempeño es bueno, cuenta con sobreajuste ya que sobre estos mismos datos se optimizan los parámetros, por lo que el reto real es el desempeño en los otros periodos de tiempo.



Los heatmaps proporcionan una fácil visualización de los retornos tanto mensuales como trimestrales, nos proveen información de periodos de tiempo con buenos y malos rendimientos, por lo general la mayoría de los meses y trimestres son buenos con retornos de hasta 10% mensuales o casi 30% trimestrales, mientras los periodos malos cuentan con caídas menores.

Test

En esta sección se prueban los parámetros por primera vez en un periodo de tiempo no visto en la optimización, siendo así el primer reto para la estrategia.



Resultados de Test Data:

- **Long trades:** 387
- **Short trades:** 201
- **Win rate:** 62.76%
- **Total return:** 29.39%
- **Final capital:** \$1,293,290.72

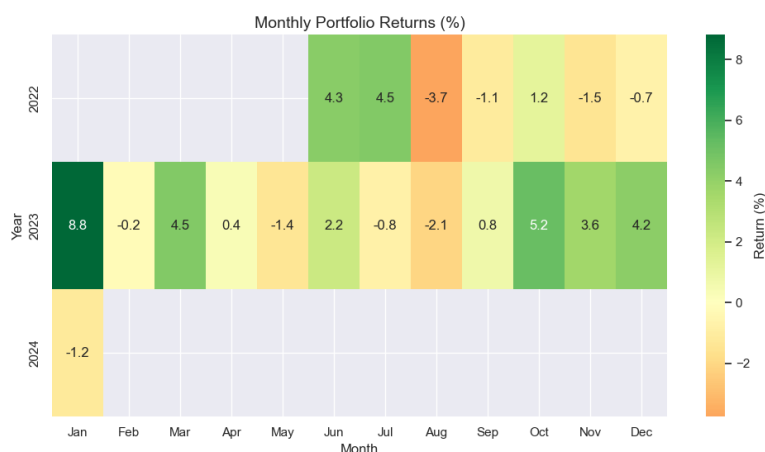
Metric	Value
Sharpe Ratio	1.381606
Sortino Ratio	2.24163
Max Drawdown	8.68%
Calmar Ratio	1.933947

Year	Annual Return
2022	2.58%
2023	27.63%
2024	-1.28%

La gráfica de la evolución del valor del portafolio muestra un desempeño muy bueno con una fuerte tendencia alcista sobre todo hacia el final del periodo, logrando un

retorno total de 29.39%. Se cuenta con un win rate alto del 62.76%, por lo que más de la mitad de los trades son positivos. Las métricas son bastante buenas con Sortino por encima de dos, lo que implica poco downside risk en la estrategia, además de un calmar de casi 2, lo cual es bastante bueno y refleja la solidez de la estrategia ante caídas fuertes lo cual se ve también con un Max Drawdown de solo 8.68%.

A diferencia que en el periodo de train, las caídas son menores y por lo general los rendimientos tienden a ser positivos. El muy buen desempeño de este periodo muestra que los parámetros obtenidos en train son generalizables a otros periodos de tiempo lo cual es bueno en cualquier estrategia. Además, 2023 es un gran año con un retorno de casi 30%.

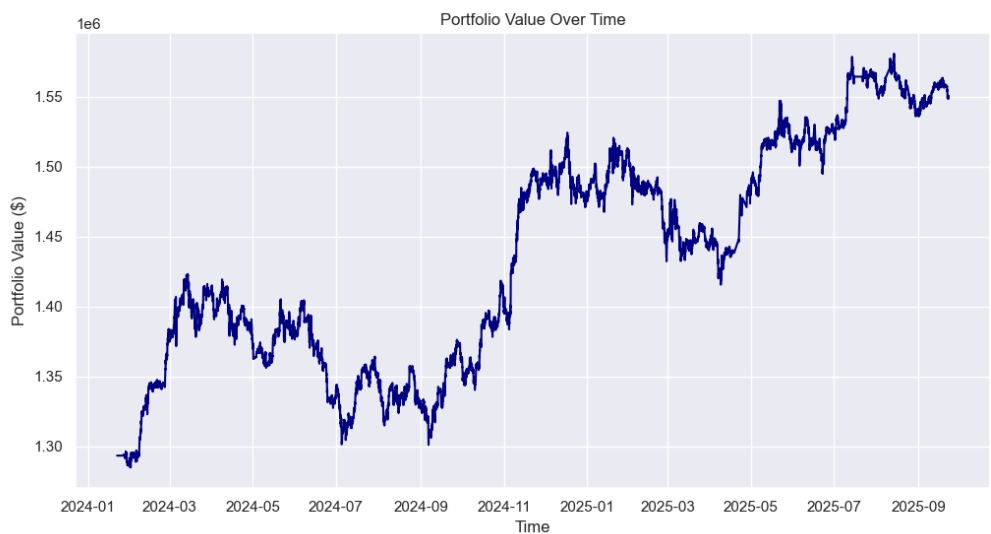


En este periodo de tiempo se pierde dinero en varios trimestres, sin embargo, estas pérdidas son opacadas por los altos rendimientos en otros trimestres. En cuanto a

rendimientos mensuales son estables de un mes a otro, destacando enero de 2023 donde se ganó un 8.8%.

Validation

Aquí el periodo de tiempo es el posterior a test, por lo que está más alejado de la ventana de optimización, siendo así una buena prueba para ver el desempeño de los parámetros óptimos y ver si estos son relativamente generalizables. Además, se inicia con el capital final del periodo de test.



Resultados de Validation Data:

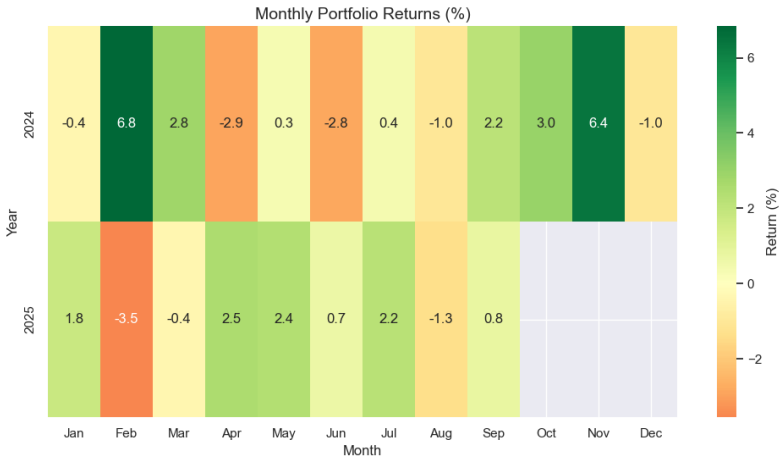
- **Long trades:** 463
- **Short trades:** 240
- **Win rate:** 60.60%
- **Total return:** 19.84%
- **Final capital:** \$1,549,163.60

Metric	Value
Sharpe Ratio	1.185297
Sortino Ratio	1.882115
Max Drawdown	8.59%
Calmar Ratio	1.370262

Year	Annual Return
2024	14.14%
2025	4.82%

La gráfica de la evolución del valor del portafolio muestra un desempeño bueno con una fuerte tendencia alcista similar a test, logrando un retorno total de 19.89%. Se cuenta con un win rate alto del 60.60%, por lo que más de la mitad de los trades son positivos. Las métricas son buenas con Sortino cercano a dos, indicando un bajo downside risk, reforzado por un Max Drawdown de 8.59%, sin embargo, el calmar ratio que es la métrica para optimizar, es considerablemente menor al del periodo de test.

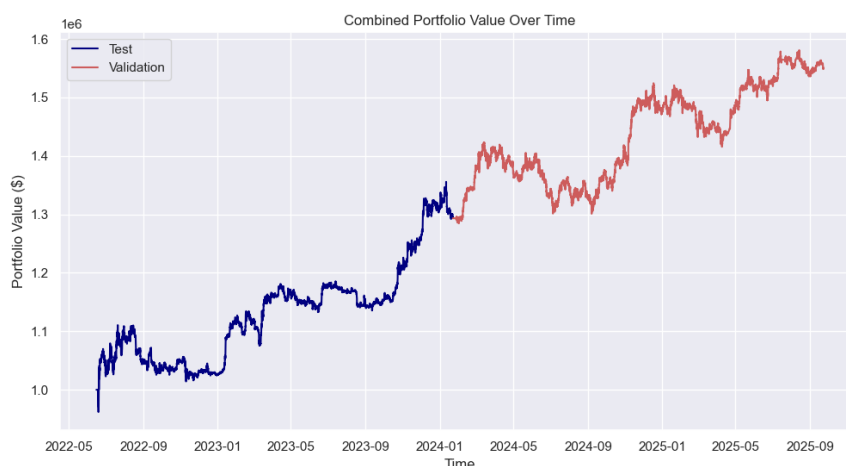
Por lo general no hay caídas pronunciadas, sin embargo, la tendencia alcista no es tan marcada como en test, por ende, menores rendimientos. Esto puede ser ocasionado a la lejanía de validation a la ventana de optimización, donde si se tienen buenos resultados, pero no igual que en el periodo inmediato a la optimización. Cabe resaltar el 14.14% ganado durante 2024.



En este caso los rendimientos trimestrales son sólidos, con trimestres de hasta 9%, sin embargo, de manera mensual no hay meses tan destacables como en otros periodos, pero sigue existiendo estabilidad. La falta de periodos con rendimientos extraordinarios muestra cómo se debilita la estrategia al alejarse de la ventana de optimización.

Portafolio

En esta sección se toma Test y Validation como un solo portafolio para analizar a largo plazo la estrategia.



All Time Results:

- **Long trades:** 850
- **Short trades:** 441
- **Win rate:** 61.58%
- **Total return:** 54.99%
- **Final capital:** \$1,549,163.60

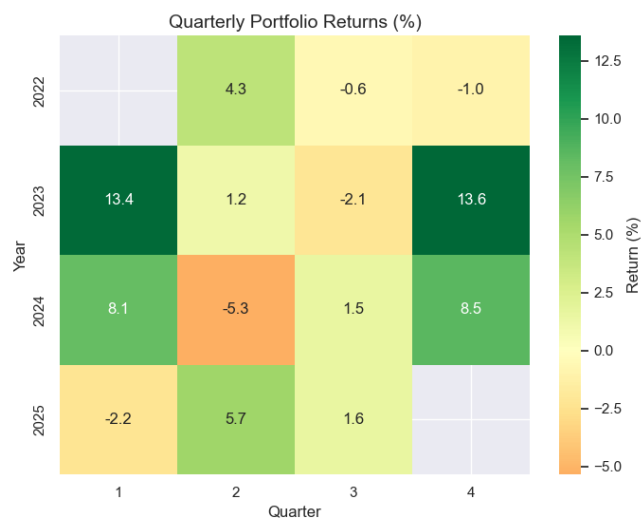
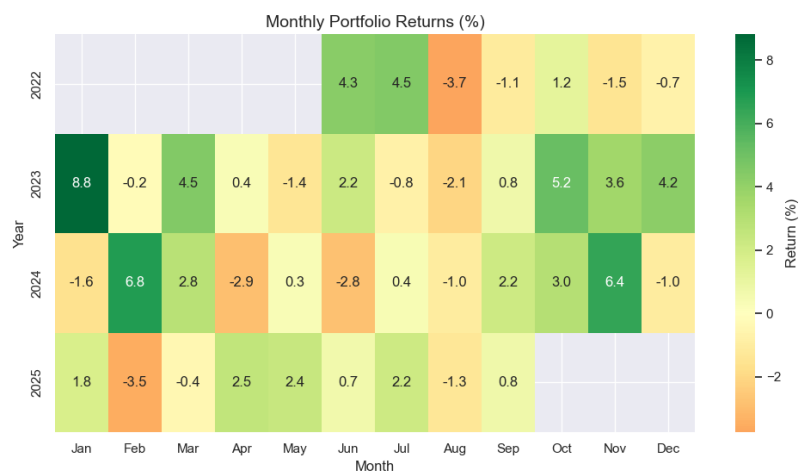
Metric	Value
Sharpe Ratio	1.285395
Sortino Ratio	2.067363
Max Drawdown	8.68%
Calmar Ratio	1.642858

Year	Annual Return
2022	2.58%
2023	27.63%
2024	12.62%
2025	4.82%

En esta parte se combinaron las secciones previamente analizadas, el principal propósito es para analizar las métricas a largo plazo, ya que sabemos que los

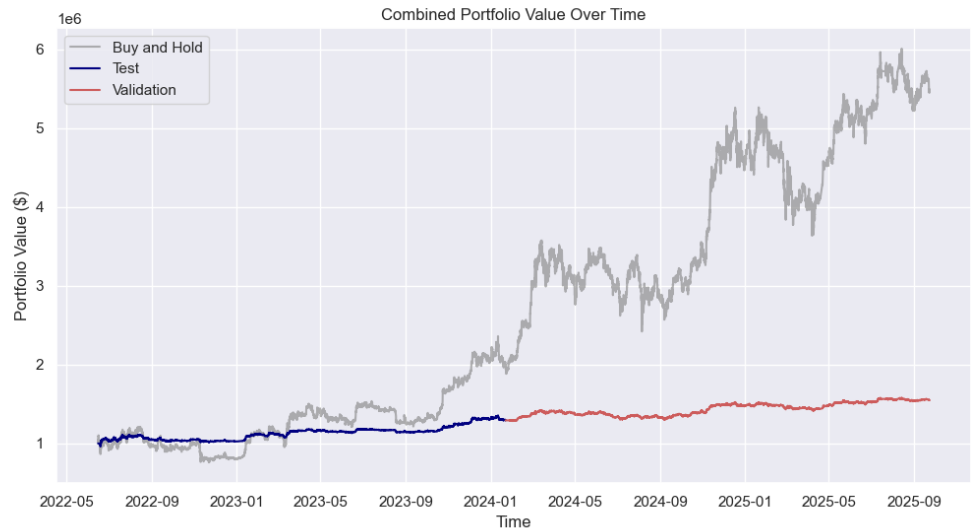
rendimientos van a venir principalmente del periodo de test. Se sigue manteniendo un win rate muy bueno mayor al 60%, pero lo importante es que las métricas a largo plazo son buenas. Esto se debe al Sortino mayor a dos, reflejando poco downside risk durante todo el periodo, además de un calmar de 1.64, si bien no es igual que en test, sigue siendo bueno mostrando resistencia de la estrategia ante caídas pronunciadas.

Se sigue reflejando la tendencia alcista con caídas menores a través del tiempo. Esto es muy importante para una estrategia de trading, ya que indica constante crecimiento del capital invertido. Además, un punto a resaltar de la estrategia es que en todos los años se obtienen rendimientos positivos, por lo que de manera anual no hay pérdidas.



Por parte de los retornos mensuales y trimestrales son lo mismo que lo ya analizado, ya que solo se integraron ambos periodos de tiempo, sin embargo, dan una visión completa de los retornos durante todo el tiempo, siendo 2023 un año fuerte.

Por último, se comparan los resultados de la estrategia con el benchmark, que sería simplemente mantener el activo, en este caso Bitcoin.



Metric	Value
Sharpe Ratio	1.285395
Sortino Ratio	2.067363
Max Drawdown	8.68%
Calmar Ratio	1.642858

Final capital: \$1,549,163.60

Metric	Value
Sharpe Ratio	1.297358
Sortino Ratio	2.058373
Max Drawdown	37.20%
Calmar Ratio	1.730278

Final capital: \$5,475,517.14

Comparando las métricas entre la estrategia de trading y solo mantener el activo, vemos que son muy similares, donde Bitcoin por sí mismo consigue un Calmar más alto, a pesar de tener un Max Drawdown muy alto de 37.20%.

Claramente mantener Bitcoin genera rendimientos altísimos llegando a una capital final de más de 5 millones. Si bien comparando métricas se podría decir que ambas estrategias son competitivas, los rendimientos del activo son significativamente más altos, haciendo que la estrategia de trading desarrollada se pueda considerar inferior. La ventaja de nuestra estrategia de trading es que es menos volátil con un comportamiento más constante, sin las altas caídas de Bitcoin.

Análisis de Riesgo y Limitaciones

Por lo general hacer trading es una manera riesgosa de operar en el mercado, debido a las frecuentes operaciones que se hacen, así como la combinación de operaciones largas y cortas. La estrategia propuesta dado los parámetros óptimos si bien es buena, no deja de ser riesgosa.

A pesar de optimizar una métrica como el Calmar ratio que busca preservar el capital evitando fuertes caídas manteniendo un buen nivel de rendimientos, la estrategia generada no deja de ser volátil.

La estrategia crece de manera constante con pocas caídas, pero la alta cantidad de operaciones que se realizan en periodos cortos de tiempo hace que se exponga mucho capital y ante una mala reacción del mercado, o parámetros no tan robustos es sencillo perder dinero.

Además, existen muchas limitantes en este proyecto, la estrategia se implementa sobre un solo activo, por lo que no se puede saber si realizar compra y venta entre distintos activos puede traer mejores resultados. Otra limitante es el uso de indicadores, ya que el código utiliza solo la combinación de indicadores elegidos, por lo que se podría implementar un sistema con un universo de indicadores y que se prueben distintas combinaciones entre estos, además de análisis estadístico para la significancia de las señales generadas.

Uno de los hallazgos es el buen rendimiento de la estrategia en el periodo inmediato a la ventana de optimización, mientras aquí se optimizan parámetros una vez y se prueba sobre un periodo largo de tiempo, se podría ajustar el sistema a realizar optimizaciones periódicas e ir ajustando parámetros constantemente para mantenerlos más actualizados. También se puede incluir detección de estados del mercado, logrando así un sistema más robusto y generalizable a través del tiempo.

Conclusiones

La estrategia de trading algorítmico propuesta, usando un criterio de confirmación “2 de 5” entre distintos indicadores técnicos, fue capaz de generar rendimientos consistentes en Bitcoin, con un win rate superior al 60% en los periodos de test y validation. Los resultados muestran un crecimiento constante del portafolio, con drawdowns moderados y métricas de riesgo ajustadas como el Sortino y el Calmar ratio en niveles aceptables.

Si bien la estrategia es inferior en términos absolutos al rendimiento de un enfoque de buy & hold, su principal ventaja existe en ofrecer mayor estabilidad y menores pérdidas máximas.

El análisis también revela que el desempeño más sólido ocurre en el periodo inmediato a la optimización, lo que sugiere que ajustes periódicos de parámetros o la incorporación de mecanismos adaptativos podrían mejorar la robustez del sistema.

En conclusión, el proyecto valida la viabilidad de un enfoque algorítmico sistemático para operar con Bitcoin, demostrando que es posible equilibrar la rentabilidad con un control más estricto del riesgo. Sin embargo, también subraya la necesidad de seguir mejorando el modelo para hacerlo más generalizable y resistente a diferentes condiciones de mercado.