



Estrategias de Trading Algorítmico en mercados emergentes:

Trabajo Fin de Grado

Autor: Eugenio Francés Monedero

Tutor:

Madrid, diciembre 2024



RESUMEN

La evolución tecnológica de los mercados financieros ha redefinido profundamente la forma en que se ejecutan las operaciones bursátiles. En los últimos años, el uso de algoritmos ha permitido la automatización de procesos complejos, transformando las dinámicas tradicionales de inversión y aumentando la eficiencia, velocidad y precisión de las transacciones. Estos sistemas, diseñados para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, han hecho posible la ejecución de estrategias con un nivel de detalle y rapidez que supera las capacidades humanas, eliminando además el sesgo emocional inherente a las decisiones manuales.

Los algoritmos de trading se destacan por su flexibilidad, adaptándose a una amplia variedad de estilos de inversión, desde estrategias de largo plazo hasta operaciones de alta frecuencia. Su desempeño es validado a través de simulaciones retrospectivas, conocidas como **backtesting**, que analizan su eficacia utilizando datos históricos para predecir resultados potenciales y minimizar riesgos en su implementación.

En este contexto, los mercados emergentes han ganado relevancia significativa en 2024 como motores clave de la economía global, representando una oportunidad única para estrategias algorítmicas debido a su alta volatilidad, menor eficiencia y un crecimiento económico sostenido. Estos mercados presentan desafíos particulares, pero también ofrecen un terreno fértil para la aplicación de modelos algorítmicos que pueden adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes del entorno.

Objetivo del Trabajo

Este documento tiene como propósito analizar la disciplina del **trading algorítmico** y sus aplicaciones en mercados emergentes, explorando tanto sus ventajas como los retos específicos de estos entornos dinámicos. A través de un ejemplo práctico, se desarrollará una estrategia de trading algorítmico basada en indicadores técnicos. Posteriormente, se evaluará su desempeño mediante un exhaustivo análisis de backtesting, utilizando datos históricos comprendidos entre el 12 de diciembre de 2020 y el 20 de octubre de 2024. El enfoque de este



trabajo es ofrecer una visión integral que combine teoría y práctica, destacando las implicaciones estratégicas de las tecnologías avanzadas en mercados con alto potencial de crecimiento.

Alcance y Relevancia

El trabajo no solo busca examinar la eficiencia de las estrategias automatizadas en mercados emergentes, sino también aportar un marco analítico actualizado que sirva como referencia para futuros estudios. En un entorno financiero que en 2024 sigue adaptándose a desafíos globales como la digitalización, los cambios en las políticas monetarias y las fluctuaciones geopolíticas, este análisis resulta particularmente relevante para comprender cómo los algoritmos pueden aprovechar las particularidades de mercados menos explorados.

Palabras Clave: Trading Algorítmico, Mercados Emergentes, Automatización Financiera, Backtesting, Algoritmos de Trading, Estrategias de Inversión, Análisis Técnico, Gestión del Riesgo, Volatilidad, Crecimiento Económico, Simulaciones Financieras, Indicadores Técnicos, Tendencias de Mercado, Innovación Tecnológica, Eficiencia en el Mercado



ABSTRACT

The technological evolution of financial markets has profoundly redefined how trading operations are executed. In recent years, the use of algorithms has enabled the automation of complex processes, transforming traditional investment dynamics and enhancing the efficiency, speed, and precision of transactions. These systems, designed to process large volumes of real-time data, have made it possible to execute strategies with a level of detail and speed that surpasses human capabilities, while also eliminating the emotional bias inherent in manual decision-making.

Trading algorithms stand out for their flexibility, adapting to a wide variety of investment styles, ranging from long-term strategies to high-frequency trading. Their performance is validated through retrospective simulations, known as backtesting, which assess their effectiveness using historical data to predict potential outcomes and minimize risks during implementation.

In this context, emerging markets have gained significant relevance in 2024 as key drivers of the global economy, representing a unique opportunity for algorithmic strategies due to their high volatility, inefficiencies, and sustained economic growth. These markets present particular challenges but also offer fertile ground for the application of algorithmic models that can quickly adapt to changing conditions.

Objective of the Study

The aim of this document is to analyze the discipline of algorithmic trading and its applications in emerging markets, exploring both its advantages and the specific challenges of these dynamic environments. Through a practical example, an algorithmic trading strategy based on technical indicators will be developed. Subsequently, its performance will be evaluated through a comprehensive backtesting analysis using historical data from December 12, 2020, to October 20, 2024. This work seeks to provide an integrated perspective combining theory and practice, highlighting the strategic implications of advanced technologies in high-growth potential markets.

Scope and Relevance



This study not only aims to examine the efficiency of automated strategies in emerging markets but also to provide an updated analytical framework that can serve as a reference for future research. In a financial environment that, in 2024, continues to adapt to global challenges such as digitalization, changes in monetary policies, and geopolitical fluctuations, this analysis is particularly relevant for understanding how algorithms can leverage the unique characteristics of less explored markets.

Key Words: Algorithmic Trading, Emerging Markets, Financial Automation, Backtesting, Trading Algorithms, Investment Strategies, Technical Analysis, Risk Management, Volatility, Economic Growth, Financial Simulations, Technical Indicators, Market Trends, Technological Innovation, Market Efficiency.



ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 EL <i>TRADING</i>	6
1.1.1 El Horizonte Temporal en el <i>Trading</i>	6
1.1.2 La Temporalidad en el <i>Trading</i>	8
1.1.3 Las Tendencias en el <i>Trading</i>	9
1.1.4 Los Tipos de Análisis en el <i>Trading</i>	11
1.1.5 La Gestión del Riesgo en el <i>Trading</i>	14
1.2 EL <i>TRADING</i> ALGORÍTMICO	15
1.2.1 La Importancia del <i>Backtesting</i> en el <i>Trading</i> Algorítmico	16
1.2.2 La Evolución del <i>Trading</i> Algorítmico	18
1.2.3 Los Tipos de Estrategias en el <i>Trading</i> Algorítmico	21
1.2.4 Las Ventajas y Desventajas del <i>Trading</i> Algorítmico respecto del <i>Trading</i> Manual	22
1.3 EL MERCADO DE LA IMPRESIÓN 3D	25
2. DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE <i>TRADING</i> ALGORÍTMICO .	27
2.1 EL OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA	27
2.2 LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRATEGIA	29
2.2.1 Tipo de Estrategia	29
2.2.2 Tipo de operaciones	29
2.2.3 Horizonte Temporal	29
2.2.4 Temporalidad	30
2.2.5 Tipo de Análisis	30
2.2.6 Gestión de Riesgo	31
2.3 EL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRATEGIA	32
2.4 LA PROGRAMACIÓN DE LA ESTRATEGIA	33
2.5 LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA ESTRATEGIA EN EL SECTOR DE LA IMPRESIÓN 3D	36
2.5.1 Preparación y configuración de los <i>backtests</i>	36
2.5.2 Rendimiento de la estrategia en el sector de la impresión 3D	37
3. CONCLUSIONES	44
4. BIBLIOGRAFÍA	46



1. MARCO TEÓRICO

1.1 EL *TRADING*

El trading es una actividad financiera que consiste en la compraventa de activos como acciones, divisas, materias primas o bonos, con el propósito de generar beneficios mediante la explotación de las fluctuaciones en sus precios (Tee Williams, 2011). Este tipo de actividad ha evolucionado significativamente en los últimos años, impulsada por el desarrollo de tecnologías avanzadas y el acceso masivo a plataformas de negociación.

Existen principalmente dos enfoques operativos en el trading. El primero es la posición larga, que implica la compra de un activo con la expectativa de que su precio aumentará en el futuro, permitiendo su venta posterior a un valor superior. El segundo es la posición corta, que consiste en vender un activo que no se posee, anticipando una caída en su precio, para luego recomprarlo a un costo más bajo y obtener una ganancia en la diferencia.

Los actores involucrados en el trading son variados, desde inversores individuales que operan desde plataformas accesibles hasta instituciones financieras y fondos de inversión que emplean estrategias más sofisticadas. Cada participante utiliza enfoques específicos que se adaptan a sus objetivos, niveles de riesgo y horizontes temporales de inversión.

1.1.1 El Horizonte Temporal en el *Trading*

El horizonte temporal en el trading se refiere al período durante el cual un trader mantiene abierta una posición en un activo antes de cerrarla. Este define las estrategias utilizadas y se clasifica en tres categorías principales: corto, medio y largo plazo.

En el corto plazo, como en el scalping o trading intradía, las operaciones duran desde segundos hasta un día y buscan aprovechar pequeños movimientos de precio. En el medio plazo, conocido como swing trading, las posiciones permanecen abiertas días o semanas, capturando tendencias temporales. En el



largo plazo, el position trading implica mantener posiciones durante meses o años, enfocándose en grandes movimientos del mercado.

La elección del horizonte temporal depende de factores como la disponibilidad para monitorear las operaciones, el riesgo asumido y los objetivos del trader, siendo un aspecto clave en la definición de cualquier estrategia.

Tabla 1. Horizontes temporales del trading

Estilo de Trading	Periodo de tiempo	Tipo de operaciones	Observaciones
Trading de Posiciones	Largo Plazo	<ul style="list-style-type: none">- Las operaciones pueden durar meses o años.- Se enfocan en grandes tendencias, ignorando pequeñas fluctuaciones.	Este estilo se asemeja a la inversión tradicional, pero se diferencia en que aprovecha tendencias a largo plazo en lugar de mantener los activos indefinidamente.
Swing Trading	Medio plazo	<ul style="list-style-type: none">- Operaciones que duran más de un día o semanas.- Su objetivo es captar tendencias a corto plazo.	Este estilo no exige supervisión constante, lo que lo hace preferido por algunos perfiles de traders.
Trading Intradía	Corto plazo	<ul style="list-style-type: none">- Operaciones que se abren y cierran el mismo día.- Enfocadas en movimientos pequeños y rápidos.	Requiere dedicación para monitorear los mercados durante el día y es ideal para evitar riesgos fuera del horario de trading.
Scalping	Muy corto plazo	<ul style="list-style-type: none">- Operaciones de segundos a minutos.- Orientadas a obtener pequeñas ganancias frecuentes.	Este estilo exige decisiones rápidas en tiempo real y un monitoreo constante del mercado, siendo ideal para traders experimentados con alta capacidad de reacción.

Fuente: Elaboración propia

1.1.2 La Temporalidad en el *Trading*

La temporalidad en el trading hace referencia a los diferentes intervalos de tiempo que se utilizan para analizar los movimientos de precios en los mercados financieros. Cada uno de estos intervalos tiene un propósito definido y aporta una perspectiva particular que influye directamente en el análisis y la toma de decisiones estratégicas.

Tabla 2. Temporalidad en el trading

Intervalo de Tiempo	Tipo de Trader	Propósito	Ventajas	Desventajas
1–5 minutos	Traders Intradía y Scalpers	Movimientos a corto plazo, identificación de patrones	Detalles precisos en movimientos de precios a corto plazo	Ruido en la información, volatilidad extrema, posibles señales falsas
15 minutos	Traders a Medio Plazo	Aprovechamiento de tendencias a medio plazo	Perspectiva más amplia que los intervalos cortos	Señales más lentas para detectar cambios de tendencia
Diario	Inversores a Largo Plazo	Identificación de tendencias a largo plazo	Menos afectado por ruido del mercado a corto plazo	Pocos detalles sobre movimientos a corto plazo
Semanal	Inversores a Largo Plazo	Confirmación de tendencias a largo plazo	Filtra aún más el ruido, útil para decisiones semanales	Menor agilidad para ajustar estrategias

Fuente: Elaboración propia



1.1.3 Las Tendencias en el *Trading*

En los mercados financieros, las tendencias indican la dirección predominante en la que se mueve el precio de un activo durante un periodo. Estas surgen de la interacción entre la oferta y la demanda, además de factores económicos y psicológicos. Según Graus y Martín (2018), los mercados suelen continuar en la misma dirección antes de revertirse, lo que refuerza la importancia de identificarlas. Existen tres tipos principales de tendencias, cada una con implicaciones específicas para las estrategias de trading.

- **Tendencia Alcista (*Bullish*):** Se caracteriza por un movimiento sostenido al alza en los precios, marcado por máximos y mínimos ascendentes. Refleja un mercado optimista, donde los inversores anticipan un incremento continuo en el valor de los activos, lo que indica fortaleza en la dinámica del mercado.

Imagen 1. Ejemplo de tendencia alcista





Fuente: TradingView

- **Tendencia Bajista** (*Bearish*): Los precios presentan un descenso constante, caracterizado por máximos y mínimos cada vez más bajos. Este comportamiento refleja un sentimiento pesimista entre los inversores, quienes anticipan una caída prolongada en los precios, indicando una clara debilidad en el mercado.

Imagen 2. Ejemplo de tendencia bajista



Fuente: TradingView

- **Tendencia Lateral** (Flat o Rango): Los precios oscilan dentro de un rango horizontal, sin mostrar una dirección clara hacia el alza o la baja. Estas fluctuaciones se limitan por niveles definidos de soporte y resistencia, y suelen interpretarse como un período de consolidación antes de un posible cambio en la tendencia predominante.



Imagen 3. Ejemplo de lateralidad



Fuente: TradingView

1.1.4 Los Tipos de Análisis en el *Trading*

Para tomar decisiones fundamentadas en el trading, se llevan a cabo análisis que recopilan y procesan información clave sobre el comportamiento y las perspectivas de los activos financieros. Estos análisis constituyen la base sobre la que los traders desarrollan estrategias efectivas para operar en los mercados. Los dos enfoques más comunes y ampliamente utilizados son el análisis técnico y el análisis fundamental.

Análisis Técnico

El análisis técnico es una disciplina clave en los mercados financieros que se centra en el estudio detallado de los patrones de precios y el comportamiento histórico de los activos. Parte de la premisa de que el precio de un activo ya incorpora toda la información relevante, incluidos eventos pasados y expectativas futuras, lo que permite a los traders analizar los movimientos del



mercado y anticipar posibles direcciones futuras. Este enfoque es ampliamente utilizado debido a su versatilidad y aplicabilidad en una variedad de horizontes temporales y clases de activos.

Herramientas del Análisis Técnico

Los analistas técnicos utilizan gráficos como los de velas japonesas, barras y líneas, los cuales ofrecen representaciones visuales de la evolución de los precios a lo largo del tiempo. Estos gráficos permiten identificar patrones recurrentes, como triángulos, dobles suelos o techos, y figuras de consolidación, que suelen preceder cambios importantes en las tendencias del mercado.

Además, los indicadores técnicos juegan un papel fundamental en este análisis. Herramientas como el promedio móvil (SMA o EMA) ayudan a suavizar las fluctuaciones de precios y destacar la dirección general de una tendencia. Otros indicadores, como el Índice de Fuerza Relativa (RSI) o el MACD (Convergencia/Divergencia de Medias Móviles), proporcionan señales sobre el momento y la fuerza del mercado, permitiendo a los traders tomar decisiones más fundamentadas.

Soporte, Resistencia y Volumen

Un aspecto crucial del análisis técnico es el uso de niveles de soporte y resistencia. Los niveles de soporte actúan como un "piso" donde los precios tienden a detener su caída debido al aumento de la demanda, mientras que los niveles de resistencia funcionan como un "techo" donde la presión de venta puede frenar el alza de los precios. Estos niveles son clave para identificar puntos de entrada y salida en las operaciones.

El volumen de negociación es otra variable esencial. Según Martínez Morales (2013), los cambios en el volumen pueden confirmar o invalidar las señales generadas por otros indicadores. Por ejemplo, un movimiento de precio respaldado por un volumen creciente es más confiable que uno con bajo volumen, ya que indica un mayor interés y participación del mercado.

Aplicaciones y Beneficios

El análisis técnico ofrece una metodología estructurada para anticipar movimientos futuros de precios y facilita la toma de decisiones estratégicas en



función de patrones históricos y datos de precios. Es especialmente útil para traders de corto plazo y aquellos que buscan capitalizar en movimientos rápidos del mercado. Sin embargo, su aplicabilidad no se limita a plazos cortos, ya que también es relevante para inversores de medio y largo plazo que buscan identificar tendencias generales o momentos clave para entrar o salir del mercado.

Limitaciones y Consideraciones

A pesar de sus ventajas, el análisis técnico no es infalible. Está basado en datos históricos, lo que significa que no puede garantizar resultados futuros. Además, su interpretación puede variar entre traders, lo que introduce subjetividad en la toma de decisiones. Para maximizar su efectividad, se recomienda combinar el análisis técnico con otras herramientas, como el análisis fundamental o modelos algorítmicos, para obtener una visión más completa del mercado.

En resumen, el análisis técnico es una herramienta poderosa y ampliamente utilizada en los mercados financieros. Ofrece a los traders una forma sistemática de analizar patrones históricos y predecir movimientos futuros, siendo un pilar fundamental en la construcción de estrategias de trading efectivas.

Análisis Fundamental

El análisis fundamental se diferencia del análisis técnico al centrarse en factores económicos, financieros y empresariales que influyen en el valor intrínseco de un activo financiero. Según Padilla (2012), este enfoque evalúa inversiones basándose en datos económicos y financieros para identificar el valor real de un activo, como acciones, a través de métricas clave como ingresos, ganancias, deuda y proyecciones futuras de la empresa.

El núcleo del análisis fundamental es el estudio detallado de los informes financieros de una empresa, como el balance general, el estado de resultados y el flujo de efectivo, que proporcionan una comprensión clara de su salud económica. Además, este enfoque incluye el análisis de factores



macroeconómicos como tasas de interés, inflación, crecimiento del PIB y niveles de empleo, que pueden tener un impacto significativo en los mercados.

Otro aspecto crucial del análisis fundamental son los eventos y noticias. Anuncios de resultados corporativos, cambios en las políticas gubernamentales, eventos geopolíticos y otros desarrollos pueden alterar significativamente la percepción del valor de los activos. Los traders fundamentales utilizan esta información para identificar oportunidades en activos que perciben como infravalorados o sobrevalorados.

El objetivo principal del análisis fundamental, como explica Betancur (2016), es determinar el valor intrínseco de un activo, es decir, su valor verdadero basado en sus fundamentos. Esta evaluación permite a los traders tomar decisiones estratégicas de compra o venta tanto a corto como a largo plazo, maximizando oportunidades en función de las perspectivas de crecimiento y la alineación del precio del activo con su valor real. En este sentido, el análisis fundamental proporciona una visión integral que trasciende los movimientos de precio, permitiendo una comprensión más profunda de los mercados y sus dinámicas subyacentes.

1.1.5 La Gestión del Riesgo en el *Trading*

La gestión de riesgos es un pilar esencial para garantizar el éxito de cualquier estrategia de trading, ya que permite controlar posibles pérdidas. La ausencia de una adecuada gestión del riesgo puede llevar al fracaso de una estrategia ante cualquier desviación del plan inicial. Entre los métodos más comunes para minimizar el riesgo se encuentran:

- **Diversificación:** Repartir el capital entre diferentes activos financieros ayuda a reducir la exposición a riesgos específicos, disminuyendo el impacto negativo de un mal desempeño en un solo instrumento.
- **Adecuada Liquidez:** Elegir activos con un alto nivel de liquidez es crucial para garantizar la ejecución eficiente de las operaciones y minimizar el



riesgo de deslizamientos de precio. Los activos líquidos facilitan la entrada y salida del mercado sin contratiempos.

- **Plan de Contingencia:** Contar con un plan estructurado para afrontar imprevistos como fallos técnicos, eventos extremos del mercado o cambios regulatorios es vital. Este plan define acciones concretas para proteger la cartera y mitigar riesgos en escenarios adversos.
- **Uso de Stop-Loss:** Una herramienta clave en la gestión de riesgos, el stop-loss fija un precio específico en el que se cerrará automáticamente una posición para limitar pérdidas si el mercado evoluciona en contra. El stop-loss dinámico, por su parte, ajusta este límite conforme el precio del activo se mueve a favor del trader, ofreciendo una mayor flexibilidad y protección.

Imagen 4. Ejemplo de una orden con un stop-loss dinámico



Fuente: TradingView

1.2 EL TRADING ALGORÍTMICO



El trading algorítmico, también denominado trading automatizado, es una disciplina que se enfoca en desarrollar algoritmos para ejecutar automáticamente órdenes de compra y venta de activos financieros en los mercados.

A diferencia del trading manual, el trading algorítmico destaca por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real (Chen y Kaboudan, 2018). Este procesamiento masivo permite identificar patrones, tendencias y correlaciones en los mercados que podrían ser imperceptibles para un operador humano debido a la rapidez y complejidad de la información.

Los algoritmos están diseñados para implementar estrategias específicas, como la identificación de patrones técnicos, la detección de tendencias de mercado, el aprovechamiento de discrepancias de precios o el uso de modelos de aprendizaje automático para predecir movimientos futuros. Estas estrategias se fundamentan en reglas claras y precisas, permitiendo a los algoritmos ejecutar operaciones de manera automática cuando se cumplen las condiciones establecidas.

Entre las plataformas más utilizadas para el trading automatizado se encuentran **TradingView**, **MetaTrader** y **NinjaTrader**, que proporcionan entornos integrales para la creación de estrategias automatizadas. Estas plataformas están diseñadas para facilitar el desarrollo de algoritmos personalizados y ofrecen lenguajes de programación específicos como PineScript en TradingView, MQL en MetaTrader y NinjaScript en NinjaTrader.

Además, estas herramientas brindan acceso a datos de mercado en tiempo real y a históricos, lo que resulta esencial para realizar análisis detallados y ejecutar backtesting, un proceso clave para evaluar el desempeño de las estrategias antes de aplicarlas en condiciones de mercado reales.

1.2.1 La Importancia del *Backtesting* en el *Trading* Algorítmico

El **backtesting** es un componente fundamental en el desarrollo de estrategias de trading algorítmico, ya que permite probar su desempeño utilizando datos históricos. Este proceso es crucial para evaluar cómo habría funcionado una



estrategia bajo condiciones pasadas del mercado, proporcionando información clave para ajustar y optimizar el algoritmo antes de implementarlo en tiempo real. Realizar un backtesting efectivo ayuda a reducir riesgos y mejorar la confiabilidad de las estrategias en entornos reales. Los pasos principales del proceso son los siguientes:

1. **Selección de Datos:** Se recopilan datos históricos relevantes para la estrategia, incluyendo precios, volúmenes de negociación y otros indicadores clave. Es fundamental garantizar que los datos sean precisos y representativos del mercado objetivo para obtener resultados fiables.
2. **Programación del Algoritmo:** Se diseña y programa el algoritmo de trading de acuerdo con las reglas y parámetros establecidos en la estrategia. Este algoritmo utilizará los datos históricos para simular decisiones de compra o venta en diferentes momentos del pasado.
3. **Ejecución del Algoritmo:** El algoritmo se ejecuta utilizando los datos históricos seleccionados. En esta etapa, se generan las órdenes de compra o venta según las condiciones predefinidas, replicando el comportamiento que tendría en un entorno de mercado real.
4. **Análisis del Rendimiento:** Se evalúa el desempeño de la estrategia a través de métricas clave como:
 - **Beneficio Neto:** Muestra la ganancia total tras descontar pérdidas y costos.
 - **Índice de Sharpe:** Mide el rendimiento ajustado al riesgo de la estrategia.
 - **Drawdown Máximo:** Indica la mayor caída desde un pico hasta un valle en el valor de la cartera.
 - **Factor de Beneficio:** Relación entre las ganancias totales y las pérdidas totales, indicando si la estrategia es rentable.

Tabla 3. Métricas para evaluar una estrategia de trading.



Beneficio neto	El beneficio neto refleja la ganancia total generada por la estrategia tras deducir todas las pérdidas y costos asociados.
Ratio de Sharpe	El índice de Sharpe evalúa el rendimiento ajustado al riesgo de una estrategia, indicando cuánto retorno adicional se obtiene por cada unidad de riesgo asumido. Un valor más elevado refleja un mejor rendimiento relativo al riesgo. Por lo general, un índice de Sharpe superior a 1 se considera positivo.
Drawdown Máximo	El Max Drawdown representa la mayor caída en el valor de una cartera desde un pico hasta un valle antes de alcanzar un nuevo máximo. Este indicador es clave para medir el riesgo máximo asumido durante un periodo determinado.
Factor de Beneficio	El factor de beneficio es una métrica que compara las ganancias brutas con las pérdidas brutas de una estrategia. Un valor superior a 1 indica que la estrategia es rentable, mientras que un valor inferior a 1 refleja que no genera beneficios netos.

Fuente: elaboración propia

1.2.2 La Evolución del *Trading* Algorítmico

1. *Década de 1970 - 1980: Los inicios*

El **trading algorítmico** tuvo sus inicios en la década de 1970 y principios de la de 1980, impulsado por la llegada de los primeros ordenadores al sector financiero. Estos avances tecnológicos permitieron a los traders automatizar procesos que previamente se realizaban de forma manual. Las primeras estrategias se enfocaron en la automatización básica de órdenes de compra y venta mediante software sencillo, lo que mejoró significativamente la eficiencia y precisión en la ejecución de operaciones en comparación con los métodos tradicionales.



2. Década de 1990: Uso generalizado de los algoritmos

La década de 1990 supuso un punto clave en la evolución del **trading algorítmico**, marcada por la adopción generalizada de redes electrónicas de comunicación (ECN). Según Stoll (2006), estas redes permitieron a los traders acceder a los mercados de manera electrónica, eliminando la necesidad de intermediarios humanos. Esto no solo incrementó la eficiencia operativa, sino que también redujo significativamente los costos de transacción.

Durante este periodo, el enfoque del trading algorítmico evolucionó de la simple automatización de órdenes a la implementación de estrategias integrales. Este avance diversificó las aplicaciones del trading automatizado, ampliando sus posibilidades y adaptándolo a distintos estilos y objetivos en los mercados financieros.

3. Años 2000: Auge de la alta frecuencia

La década de 2000 marcó el auge del **trading de alta frecuencia (HFT)**, una especialización dentro del trading algorítmico caracterizada por la ejecución extremadamente rápida y masiva de órdenes en fracciones de segundo (Cvitanic y Kirilenko, 2010). Los operadores de HFT aprovechan la velocidad extrema para identificar y capitalizar oportunidades en el mercado, realizando un elevado volumen de operaciones en lapsos muy breves.

Es crucial destacar que el HFT es una subcategoría del trading algorítmico. Mientras que el trading algorítmico abarca todas las estrategias automatizadas mediante algoritmos, el HFT se enfoca específicamente en algoritmos diseñados para operar a velocidades extraordinarias y con una frecuencia muy alta (Cartea y Penalva, 2015).

Durante este periodo, los avances tecnológicos fueron determinantes. Las empresas dedicadas al HFT realizaron importantes inversiones en infraestructura de alta velocidad y conexiones directas a los mercados, lo que les



permitió ganar ventaja competitiva. Como resultado, el HFT se consolidó como un componente esencial en los mercados financieros, especialmente en los mercados de valores, transformando profundamente su dinámica y funcionamiento.

4. Década de 2010: Mayor sofisticación y regulación

Durante la década de 2010, las estrategias de **trading algorítmico** alcanzaron un mayor nivel de sofisticación. Tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático y el análisis de datos masivos (big data) comenzaron a integrarse, permitiendo a los algoritmos tomar decisiones más precisas y adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del mercado. Estas innovaciones no solo mejoraron la eficiencia operativa, sino que también ampliaron las posibilidades de análisis y predicción en los mercados financieros.

Sin embargo, el crecimiento del trading algorítmico trajo consigo preocupaciones sobre la estabilidad del mercado y la equidad en las operaciones. Según Coombs (2016), los reguladores empezaron a implementar medidas específicas para abordar estos desafíos. Estas incluyeron normativas destinadas a preservar la integridad del mercado y a prevenir prácticas perjudiciales, como el abuso de velocidad o el uso indebido de algoritmos para manipular precios. Este período marcó un equilibrio entre la innovación tecnológica y la necesidad de regulación para garantizar un entorno financiero más seguro y justo.

5. Actualidad: Continua evolución y expansión

En la actualidad, el **trading algorítmico** sigue en constante evolución, impulsado por el avance de tecnologías como la inteligencia artificial, que permite desarrollar algoritmos más sofisticados y adaptativos. Estas innovaciones han ampliado el alcance del trading automatizado a diversas clases de activos, incluyendo acciones, futuros, opciones, divisas y criptomonedas, consolidándolo como una herramienta clave en los mercados financieros modernos.



El desarrollo del trading algorítmico ha estado marcado por la búsqueda de mayor eficiencia y la creciente competencia en los mercados. Los avances tecnológicos han mejorado no solo la precisión y velocidad de las estrategias, sino también su capacidad para responder dinámicamente a condiciones cambiantes. En este contexto, el trading algorítmico desempeña un papel cada vez más relevante en la toma de decisiones, transformando la manera en que se analiza, opera y participa en los mercados globales.

1.2.3 Los Tipos de Estrategias en el *Trading* Algorítmico

En el **trading manual**, muchas estrategias se basan en decisiones subjetivas y en la capacidad del trader para interpretar eventos inesperados, lo que las hace menos adecuadas para la automatización. Sin embargo, existen diversas estrategias objetivas con reglas claras y definidas que son ideales para su implementación en algoritmos. Algunas de las más utilizadas en el trading algorítmico son:

- **Market Making:** Estrategia continua que busca obtener beneficios del spread entre los precios de compra y venta. Esta técnica, generalmente de alta frecuencia (HFT), se utiliza para mantener la liquidez en el mercado y generar ganancias a partir de pequeñas variaciones en los precios.
- **Trend Following:** Se centra en identificar y seguir tendencias del mercado, ya sean alcistas o bajistas. Basada en el análisis técnico, esta estrategia busca aprovechar movimientos sostenidos en una dirección, maximizando las oportunidades que ofrece la continuidad de una tendencia.
- **Arbitraje:** Consiste en explotar las discrepancias de precios entre activos o mercados relacionados. Requiere una ejecución extremadamente rápida, ya que estas diferencias suelen corregirse en cortos períodos. Es comúnmente utilizada en estrategias de alta frecuencia (HFT).



- **Pairs Trading:** Analiza pares de activos correlacionados, ejecutando operaciones en base a divergencias temporales en sus precios. El objetivo es beneficiarse de la convergencia de precios de activos que históricamente han mostrado una relación consistente.

1.2.4 Las Ventajas y Desventajas del *Trading* Algorítmico respecto del *Trading* Manual

En la actualidad, aproximadamente el 70% de las operaciones globales en los mercados financieros se realizan de forma automatizada (Cofnas, 2016). Esta transición hacia la automatización se debe a las ventajas significativas que ofrecen los algoritmos, tales como:

Tabla 4. Lista de ventajas del trading algorítmico.

Gestión de Riesgos
<ul style="list-style-type: none">• Establecimiento de límites: Los algoritmos pueden definir límites precisos para minimizar pérdidas significativas, protegiendo el capital invertido.• Decisiones basadas en volatilidad: Automatizan la salida de posiciones según los niveles de volatilidad, asegurando una reacción rápida ante condiciones adversas del mercado.• Ajustes dinámicos: Adaptan de manera automática los límites y estrategias en función de las condiciones cambiantes del mercado, optimizando el rendimiento y reduciendo riesgos.
Velocidad y Eficiencia
<ul style="list-style-type: none">• Ejecución en milisegundos: Los algoritmos permiten aprovechar oportunidades de mercado de forma inmediata, ejecutando operaciones en tiempos extremadamente cortos.• Optimización de órdenes: Ajustan automáticamente los tamaños de las órdenes, reduciendo el impacto en el mercado y mejorando la eficiencia operativa.



- **Operatividad continua:** Funcionan de manera ininterrumpida las 24 horas, capturando oportunidades en diferentes zonas horarias sin necesidad de intervención humana.

Precisión

- **Ejecución precisa:** Los algoritmos aplican reglas predefinidas de manera exacta, eliminando errores humanos y asegurando consistencia en las operaciones.
- **Decisiones objetivas:** Eliminan el impacto de las emociones en el trading, manteniendo un enfoque completamente lógico y estratégico.

Análisis Complejo

- **Análisis en tiempo real:** Procesan grandes cantidades de datos en tiempo real, permitiendo análisis detallados y precisos.
- **Detección avanzada:** Emplean algoritmos sofisticados para identificar patrones y oportunidades que podrían pasar desapercibidos para un operador humano.

Diversificación y Multitarea

- **Multiactivos:** Los algoritmos pueden operar simultáneamente en múltiples activos y clases de activos, maximizando las oportunidades de mercado.
- **Diversificación automática:** Distribuyen inversiones de forma eficiente entre diferentes sectores y geografías, optimizando la gestión de la cartera.
- **Reducción de riesgos:** Al operar en varios mercados, disminuyen la exposición a riesgos específicos y mejoran la diversificación global.

Fuente: Elaboración propia

La transición hacia la automatización en el trading ha traído numerosos beneficios, pero también ha planteado desventajas y desafíos significativos que no deben ignorarse. A pesar de su popularidad, un número considerable de traders continúa utilizando estrategias manuales debido a las siguientes razones:



Tabla 5. Lista de desventajas del trading algorítmico.

Complejidad Técnica
<ul style="list-style-type: none">• Requisitos técnicos elevados: El desarrollo de algoritmos eficientes requiere habilidades avanzadas en programación, estadísticas y finanzas, lo que limita su accesibilidad.• Barreras de entrada: La complejidad técnica puede ser un obstáculo para traders sin experiencia en programación o análisis estadístico especializado.
Dependencia de la Tecnología
<ul style="list-style-type: none">• Dependencia tecnológica: El trading algorítmico depende en gran medida de la tecnología, lo que lo hace susceptible a fallos técnicos.• Riesgo de interrupciones: Problemas como fallas en la conectividad o errores en los sistemas pueden provocar pérdidas significativas por ejecuciones incorrectas o la imposibilidad de operar.
Adaptabilidad a Condiciones Cambiantes
<ul style="list-style-type: none">• Limitaciones en adaptabilidad: Los algoritmos pueden tener dificultades para ajustarse a condiciones de mercado inusuales, en contraste con los traders humanos, que pueden modificar sus estrategias rápidamente.• Falta de flexibilidad: Su naturaleza predefinida puede hacer que los algoritmos no respondan de manera eficiente a eventos extraordinarios que exigen decisiones rápidas y adaptativas.
Costos Asociados
<ul style="list-style-type: none">• Altos costos de desarrollo: La creación y mantenimiento de algoritmos efectivos requiere inversiones considerables en programadores y analistas especializados.• Barreras económicas: El acceso a plataformas de trading algorítmico y datos de mercado en tiempo real incrementa los costos, dificultando la entrada para traders con recursos limitados.

Fuente: Elaboración propia

Las conclusiones presentadas en las tablas 3 y 4 se fundamentan en el análisis de los trabajos de Pauna (2016), Syamala y Wadhwa (2020), Reznik y



Pankratova, y Culley (2020), cuyos estudios han servido como base teórica y práctica para evaluar los resultados expuestos.

1.3 EL MERCADO DE LA IMPRESIÓN 3D

La **estrategia de trading algorítmico** será evaluada en el sector de la impresión 3D, un mercado emergente reconocido por su perfil disruptivo y su alto potencial de crecimiento. Este sector, caracterizado por su significativa volatilidad de precios, ofrece un entorno ideal para identificar y aprovechar oportunidades de trading. Según **Precedence Research (2023)**, el mercado de la impresión 3D estaba valorado en **17.380 millones de dólares en 2022**, con previsiones que estiman un crecimiento hasta **98.310 millones de dólares para 2032**.

La impresión 3D, o **fabricación aditiva**, representa una transformación radical en los procesos de diseño y manufactura. Esta tecnología permite crear objetos tridimensionales a partir de un modelo digital mediante la adición capa por capa de material, lo que contrasta con los métodos sustractivos tradicionales, como el mecanizado, que eliminan material de un bloque sólido. Este enfoque innovador minimiza el desperdicio y mejora la eficiencia en la producción.

Una de las características más destacadas de la impresión 3D es su **flexibilidad en el diseño**, permitiendo la creación de formas y geometrías que serían extremadamente complejas o incluso imposibles de lograr con métodos convencionales (Nie, 2023). Esta capacidad de producir diseños complejos impulsa su potencial disruptivo, desafiando los límites establecidos en ingeniería y diseño.

La versatilidad de esta tecnología la convierte en una herramienta esencial en múltiples sectores. En la **industria aeroespacial y automotriz**, facilita el prototipado rápido y la fabricación personalizada. En el **sector médico**, permite crear implantes y prótesis adaptados a las necesidades individuales. En la **construcción**, abre posibilidades para experimentar con nuevas estructuras arquitectónicas. Además, en la **educación y las artes**, fomenta la creatividad y la innovación al democratizar el acceso a la fabricación personalizada.



Con un crecimiento sostenido y aplicaciones diversas, el sector de la impresión 3D ofrece un terreno fértil para implementar estrategias algorítmicas que se beneficien de sus dinámicas únicas y su naturaleza volátil.

El desarrollo y la popularización de la tecnología de impresión 3D han contado con la participación de varias empresas líderes que han desempeñado un papel clave en su evolución. Entre las compañías más destacadas se encuentran:

- **Stratasys:** Fundada en 1989 por S. Scott Crump, esta empresa estadounidense es líder global en el desarrollo y fabricación de impresoras 3D. Especializada en soluciones de prototipado rápido y fabricación aditiva, tiene un enfoque particular en los sectores automotriz y médico. En 2023, registró ingresos de **1.400 millones de dólares** (Bloomberg, 2023).
- **3D Systems:** Esta compañía se centra en soluciones de impresión 3D y manufactura digital, operando en los segmentos de **Salud e Industria**. En 2023, sus ingresos alcanzaron los **538 millones de dólares** (Bloomberg, 2023).
- **Autodesk:** Reconocida por su software de diseño asistido por computadora (CAD), como AutoCAD, y herramientas de manufactura asistida (CAM), Autodesk es una referencia en diseño 3D, ingeniería y tecnología de entretenimiento. En 2023, reportó ingresos de **5.005 millones de dólares** (Bloomberg, 2023).
- **HP (Hewlett Packard):** Aunque conocida principalmente por sus soluciones de impresión tradicional, HP ha diversificado su oferta hacia el sector de impresión 3D a través de un segmento específico de negocios. En 2023, la compañía reportó ingresos totales de **53.718 millones de dólares** (Bloomberg, 2023).
- **Faro Technologies:** Especializada en software de medición 3D para metrología, seguridad pública, ingeniería inversa y automatización industrial, esta empresa es un referente en su campo. En 2023, registró ingresos de **345.8 millones de dólares** (Bloomberg, 2023).



Estas compañías han liderado la innovación en impresión 3D, contribuyendo a su adopción en múltiples sectores y consolidándola como una tecnología disruptiva con aplicaciones prácticas en industrias clave.

2. DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE TRADING ALGORÍTMICO

Una **estrategia de trading** es un plan estructurado que guía a los traders en sus operaciones en los mercados financieros, basado en un conjunto de reglas y criterios predefinidos. Según Nasdaq (2018), se define como “un método disciplinado de compra y venta de activos que implica trabajar dentro de un conjunto predefinido de reglas para tomar decisiones comerciales”.

Esta estrategia proporciona una base para que el trader determine cuándo entrar o salir del mercado, cuánto capital asignar a una operación y cómo gestionar el riesgo de manera efectiva. Su propósito principal es garantizar consistencia en la toma de decisiones, evitando que estas se vean influenciadas por emociones o impulsos momentáneos.

Al seguir una estrategia bien definida, el trader puede analizar de manera objetiva las oportunidades del mercado, tomar decisiones fundamentadas y aplicar reglas claras para minimizar pérdidas y maximizar beneficios. En resumen, una estrategia de trading actúa como un marco disciplinado que aumenta la probabilidad de éxito y reduce el impacto de factores subjetivos en las operaciones.

2.1 EL OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA

El objetivo principal de esta **estrategia de trading algorítmico** es superar el rendimiento obtenido mediante una estrategia tradicional de compra y mantenimiento (**buy and hold**). Esto implica que la estrategia busca generar un



retorno mayor al que se lograría adquiriendo un activo y manteniéndolo durante un período determinado sin realizar más operaciones.

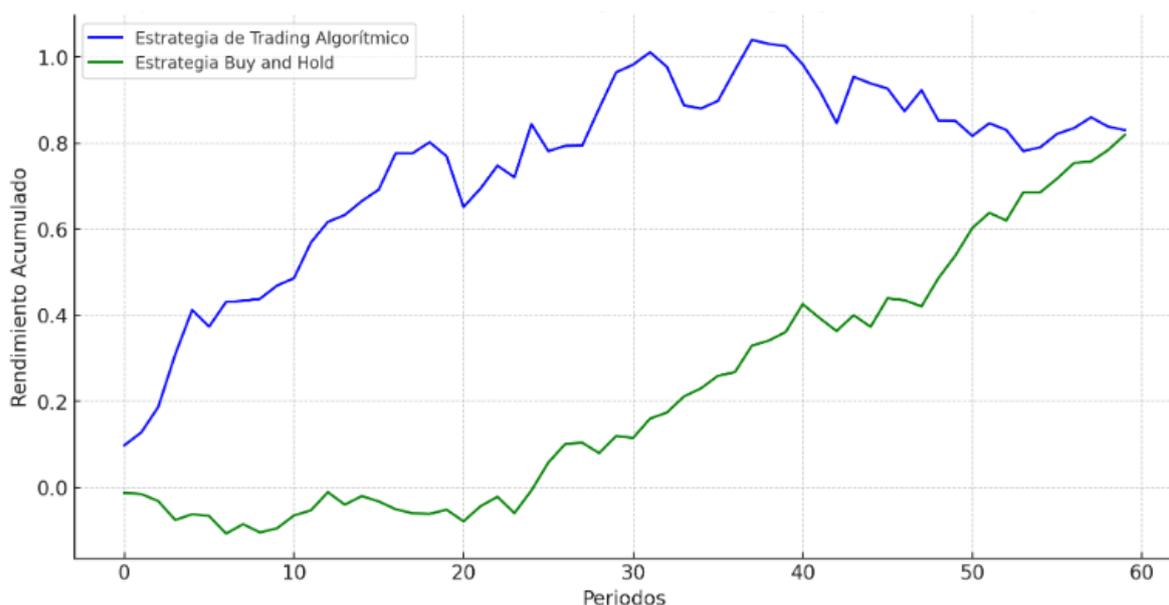
La rentabilidad deseada se ajusta en función del desempeño del activo subyacente, utilizando un enfoque dinámico que aprovecha las fluctuaciones del mercado para maximizar las ganancias. Un ejemplo ilustrativo comparativo entre ambas estrategias destaca cómo el trading algorítmico puede ofrecer un rendimiento acumulado superior.

En el gráfico representativo, se muestran dos líneas:

- **Línea azul:** Indica el rendimiento acumulado del trading algorítmico.
- **Línea verde:** Representa el rendimiento acumulado de una estrategia buy and hold.

La línea azul mantiene una tendencia consistentemente superior a la línea verde, demostrando que la estrategia algorítmica ha sido más eficiente en capturar oportunidades del mercado, optimizando el retorno frente a la estrategia pasiva. Este enfoque dinámico resalta la capacidad del trading algorítmico para adaptarse a condiciones cambiantes y superar los resultados de estrategias tradicionales.

Imagen 5. Ejemplo del objetivo de la estrategia de trading algorítmico



Fuente: Elaboración propia



2.2 LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRATEGIA

Tabla 6. Características de la estrategia.

Tipo de Estrategia	<i>Trend Following</i>
Tipo de Operaciones	Operaciones <i>Long</i>
Horizonte Temporal	<i>Swing Trading</i>
Temporalidad	Intervalos de 1 hora
Tipo de Análisis	Análisis Técnico

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Tipo de Estrategia

La estrategia está fundamentada en el **Trend Following**, un enfoque que se centra en identificar y seguir las tendencias predominantes en el mercado, específicamente aquellas de carácter alcista. Su objetivo es aprovechar los movimientos sostenidos en esta dirección, maximizando las oportunidades de beneficio al alinearse con la dinámica del mercado en lugar de anticipar reversiones.

2.2.2 Tipo de operaciones

En coherencia con su enfoque en tendencias alcistas, la estrategia se concentra exclusivamente en la apertura de **posiciones largas (long)**, dejando de lado las **posiciones cortas (short)**. Esto permite capitalizar los movimientos ascendentes del mercado, alineándose con su objetivo principal de aprovechar tendencias positivas.

2.2.3 Horizonte Temporal

La estrategia se ejecuta dentro de un **horizonte temporal de swing trading**, manteniendo las posiciones abiertas en el mercado desde un día hasta varias semanas. Su objetivo es capturar movimientos de precios a mediano plazo,



aprovechando las fluctuaciones significativas dentro de las tendencias generales del mercado.

2.2.4 Temporalidad

La estrategia se basa en el análisis de datos del mercado en **intervalos de 1 hora**, lo que permite tomar decisiones fundamentadas a corto y mediano plazo, aprovechando los movimientos relevantes dentro de este marco temporal.

2.2.5 Tipo de Análisis

La estrategia está basada en el **análisis técnico**, utilizando indicadores clave para fundamentar las decisiones de trading. Los indicadores seleccionados para esta estrategia son:

- **EMA (Media Móvil Exponencial):** Este tipo de media móvil da mayor peso a los precios más recientes, lo que la hace más sensible a los cambios a corto plazo en comparación con una media móvil simple. La EMA se calcula ponderando los precios de cierre de un activo durante un número definido de periodos, otorgando un mayor peso a los datos más recientes.
- **Cruce de EMAs:** Este indicador utiliza dos EMAs con longitudes diferentes, una rápida y una lenta. Un cruce ocurre cuando la EMA de periodo corto cruza por encima o por debajo de la EMA de periodo largo, lo que suele interpretarse como una señal de cambio en la tendencia del mercado.
- **Fractales:** Representan patrones recurrentes en los gráficos de precios que señalan posibles puntos de reversión. Un **fractal alcista** se forma cuando un mínimo está rodeado por dos puntos más altos a cada lado, mientras que un **fractal bajista** ocurre cuando un máximo está rodeado por dos puntos más bajos.



En la representación gráfica, la línea negra muestra una **EMA de 50 periodos**, mientras que los fractales se identifican con triángulos: **triángulos verdes** para fractales alcistas y **triángulos rojos** para fractales bajistas. Estos indicadores trabajan juntos para identificar tendencias y puntos de entrada o salida, ofreciendo una base sólida para la estrategia de trading.

Imagen 6. Ejemplo de un gráfico con fractales y una EMA



Fuente: TradingView

2.2.6 Gestión de Riesgo

La **gestión del riesgo** es un componente esencial de esta estrategia, implementada mediante un **stop-loss dinámico** basado en fractales alcistas. Este mecanismo ajusta automáticamente el nivel de stop-loss según los cambios en el precio del activo, ofreciendo protección contra reversiones del mercado y maximizando las ganancias potenciales.

El **stop-loss** se establece inicialmente en el punto más bajo del fractal alcista más reciente. A medida que el precio del activo aumenta y se forman nuevos



fractales alcistas, el nivel de stop-loss se actualiza hacia arriba. Esto asegura que la estrategia siga la tendencia alcista mientras limita las pérdidas en caso de retrocesos inesperados.

Este enfoque dinámico combina flexibilidad y seguridad, permitiendo que el stop-loss acompañe la evolución favorable del mercado, optimizando el balance entre la preservación del capital y la captura de beneficios. Es una herramienta clave para gestionar riesgos de forma efectiva mientras se aprovechan las oportunidades de mercado.

2.3 EL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRATEGIA

La estrategia se basa en un enfoque de **seguimiento de tendencias**, activado por señales generadas a partir del cruce de EMAs. Las **condiciones de entrada y salida** están claramente definidas en la siguiente tabla para garantizar una operativa consistente y estructurada:

Tabla 7. Condiciones de entrada y de salida de la estrategia.

Condiciones de entrada	La posición larga se activa cuando la EMA rápida (de periodo corto) cruza por encima de la EMA lenta (de periodo largo), indicando el inicio de una tendencia alcista.
Condiciones de salida	El stop-loss dinámico, basado en fractales alcistas, determina el cierre de la posición. El stop-loss se ajusta al nivel del punto más bajo del fractal alcista más reciente. Si el precio del activo cae por debajo de este nivel, la posición se cierra automáticamente.

Fuente: Elaboración propia

La imagen presentada a continuación ilustra una operación basada en la estrategia descrita. La entrada se produce cuando la **EMA de 9 periodos** cruza por encima de la **EMA de 21 periodos**, señalando una tendencia alcista. La posición se mantiene abierta mientras la tendencia persiste.



El cierre de la operación ocurre cuando el precio del activo cae por debajo del **stop-loss dinámico**, que se ajusta automáticamente en función de los **fractales alcistas**. Estos fractales se representan por los precios más bajos de las velas marcadas con triángulos verdes, actualizando el nivel de protección de manera continua para limitar las pérdidas y asegurar ganancias acumuladas. Este ejemplo demuestra cómo la estrategia aprovecha las tendencias ascendentes mientras minimiza los riesgos asociados.

Imagen 7. Ejemplo de una operación con la estrategia desarrollada



Fuente: Elaboración propia

2.4 LA PROGRAMACIÓN DE LA ESTRATEGIA

La estrategia de trading descrita previamente ha sido implementada en **TradingView**, utilizando **PineScript**, un lenguaje de programación diseñado específicamente para desarrollar indicadores personalizados y estrategias de trading en esta plataforma. PineScript proporciona herramientas avanzadas que facilitan la creación de algoritmos, permitiendo probar y optimizar estrategias de manera eficiente en un entorno visual e interactivo.



Imagen 8. Código para la creación de la estrategia de trading algorítmico

```
//@version=5
strategy ("Estrategia de Cruce de Medias Móviles y Stop Loss de Fractales",
  overlay=true,
  initial_capital=10000,
  commission_type=strategy.commission.percent,
  commission_value=0.02
)

// Parámetros de la estrategia
fast_length = input (9, title="EMA Rápida")
slow_length = input (21, title="EMA Lenta")

// Cálculo de las EMAs
fast_ema = ta.ema (close, fast_length)
slow_ema = ta.ema (close, slow_length)

// Identificación de fractales
is_bullish_fractal = low [2] < low[3] and low[2] < low[4] and low[2] < low[1] and
low[2] < low

var float stop_loss_price = na

// Actualizar el stop loss con el último fractal bajista
if (is_bullish_fractal)
  stop_loss_price := low [2]

// Condiciones de entrada
buy_condition = ta.crossover (fast_ema, slow_ema)

// Entrada larga y establecimiento de stop loss
if (buy_condition)
  strategy.entry("Long", strategy.long)

// Salida de la posición larga usando el stop loss
strategy.exit("Stop Loss", "Long", stop=stop_loss_price)
```

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del código para la estrategia de trading se organiza en las siguientes fases clave:

1. Configuración Inicial de la Estrategia:

Se define el nombre de la estrategia, el capital inicial y las comisiones asociadas a las operaciones. Estos parámetros son esenciales para las simulaciones y análisis de rendimiento.

2. Parámetros de la Estrategia:

Se establecen los valores de las **EMAs**, con longitudes de 9 periodos para la rápida y 21 periodos para la lenta, configurando las bases para las señales de tendencia.



3. **Cálculo de las EMAs:**

Se programan las **EMAs rápida y lenta**, utilizando los precios de cierre del activo para identificar cambios en las tendencias del mercado.

4. **Identificación de Fractales Alcistas:**

Se implementa una lógica que compara los precios bajos de las barras circundantes para detectar fractales alcistas, fundamentales para la gestión del stop-loss.

5. **Gestión del Stop-Loss Dinámico:**

Se establece una variable que representa el precio del stop-loss, la cual se actualiza automáticamente con el fractal alcista más reciente. Este ajuste dinámico asegura la protección contra reversiones del mercado.

6. **Condiciones de Entrada:**

La estrategia genera señales de entrada para posiciones largas cuando la **EMA rápida** cruza por encima de la **EMA lenta**, indicando una tendencia alcista potencial.

7. **Ejecución de la Entrada y Salida:**

Se automatizan las órdenes de entrada en función de las condiciones programadas. La salida de las operaciones está vinculada al **stop-loss dinámico**, que cierra automáticamente las posiciones si el precio cae por debajo del nivel establecido.

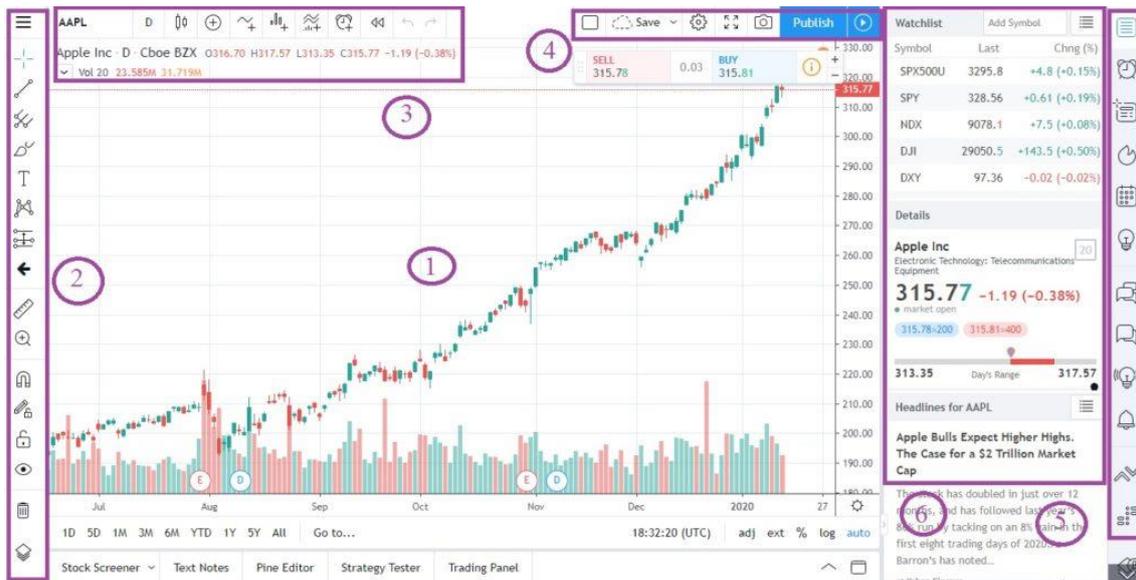
La imagen a continuación ilustra el entorno de trabajo de **TradingView**, una plataforma que ofrece gráficos detallados y herramientas avanzadas para que los traders puedan monitorear en tiempo real los movimientos de cualquier activo que cotice en los mercados financieros. Entre sus funcionalidades destacan:

- **Marcado de señales de trading:** Permite a los usuarios identificar y resaltar puntos clave para entradas y salidas estratégicas.
- **Evaluación de desempeño:** Ofrece visualizaciones detalladas del rendimiento de las estrategias implementadas, facilitando el análisis y la optimización.



- **Análisis estadístico:** Proporciona métricas clave para comprender y evaluar la efectividad de las operaciones.
- **Espacio de trabajo personalizable:** La plataforma es altamente versátil, permitiendo adaptar las herramientas de análisis técnico y estrategias según las necesidades individuales del usuario.

Imagen 9. Ejemplo del entorno de trabajo de TradingView



Fuente: TradingView

2.5 LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA ESTRATEGIA EN EL SECTOR DE LA IMPRESIÓN 3D

2.5.1 Preparación y configuración de los *backtests*

Para llevar a cabo el **backtesting** en TradingView, el primer paso es introducir el script de la estrategia en el editor de **Pine Script** de la plataforma. Esta estrategia puede aplicarse a empresas que cotizan en bolsa, lo que permite simular y analizar el rendimiento histórico que habría tenido. Los parámetros utilizados para configurar la simulación se detallan en la siguiente tabla:



Tabla 8. Configuración de los backtests

Capital inicial	10.000 euros
Intervalos de tiempo seleccionados	1 hora
Periodo de análisis	12/12/2020 – 06/12/2023
Comisión por operación (%)	0.02

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Rendimiento de la estrategia en el sector de la impresión 3D

El desempeño de la estrategia será evaluado en el **sector de la impresión 3D** mediante un proceso de **backtesting** aplicado a las cinco empresas más representativas de la industria: **Stratasys, 3D Systems, Autodesk, HP y Faro Technologies**. Esta evaluación busca analizar la efectividad y eficiencia de la estrategia en un mercado emergente y dinámico.

Indicadores de Evaluación

Para medir el rendimiento, se utilizarán los indicadores definidos en la tabla 3 del documento, los cuales ofrecen métricas clave para evaluar aspectos como rentabilidad, riesgo y consistencia de la estrategia.

En este caso, se considerará la tasa de los bonos del Tesoro de Estados Unidos a 1 mes como el activo libre de riesgo, con una tasa actual del **5,54%**. Este indicador es esencial para evaluar la rentabilidad ajustada al riesgo de la estrategia, proporcionando una medida del retorno adicional obtenido por cada unidad de riesgo asumido.

Fórmula 1. Cálculo de la ratio Sharpe

$$\text{Ratio de Sharpe} = \frac{\text{Rentabilidad de la Estrategia} - \text{Rentabilidad de un activo libre de riesgo}}{\text{Desviación típica de los retornos de las operaciones de la Estrategia}}$$

Fuente: Elaboración propia

Buy and Hold: Representa el rendimiento que se habría obtenido al mantener una posición en el activo desde el inicio hasta el final del período de la estrategia, sin realizar transacciones intermedias.



Beneficio Neto: Calculado como la diferencia entre las ganancias totales y las pérdidas totales generadas por la estrategia. Indica la rentabilidad global de la misma.

Factor de Beneficio: Mide la relación entre las ganancias totales y las pérdidas totales. Un valor superior a 1 indica que la estrategia es rentable, mientras que un valor inferior a 1 refleja pérdidas netas.

Operaciones Rentables: Expresado como un porcentaje, refleja la proporción de operaciones exitosas en comparación con el total de operaciones realizadas durante el período analizado.

Max Drawdown: Representa la mayor caída porcentual en el valor de la estrategia desde un máximo hasta un mínimo antes de una recuperación. Es una métrica clave para entender el riesgo máximo asumido.

Ganancia/Pérdida Promedio: Calculada como la relación entre el rendimiento medio de las operaciones ganadoras y el rendimiento medio de las operaciones perdedoras. Este indicador muestra la eficacia relativa de las operaciones exitosas frente a las no exitosas.

Tabla 9. Rendimiento de la Estrategia en el Sector de la impresión 3D

Nombre	Beneficio Neto (%)	Buy and Hold (%)	Máx. Drawdown (%)	Ratio de Sharpe	Factor de Beneficio	Operaciones Rentables (%)	Ganancia / Pérdida Promedio
Stratasys	42.29%	-52.25%	45.13%	0.133	1.166	34.95%	2.169
FARO	25.12%	-60.31%	52.84%	0.077	1.128	40.87%	1.632
3D	286.76%	-79.5%	34.06%	0.329	1.604	42.61%	2.161
AUTODESK	12.75%	-26.53%	24.82%	0.058	1.09	36.29%	1.914
HP	48.12%	51.5%	23.72%	0.157	1.253	39.83%	1.892

Fuente: Elaboración propia



Los resultados del proceso de *backtesting* de la estrategia algorítmica en las 5 empresas presentan varios enfoques:

Rendimiento:

La estrategia algorítmica ha demostrado un rendimiento notablemente superior al enfoque pasivo de **buy and hold**, excepto en el caso de **HP**. El **beneficio neto promedio** de las cinco empresas es del **83%**, mientras que el rendimiento medio de una estrategia pasiva en el mismo periodo habría sido de **-33.42%**. Este resultado destaca la capacidad de la estrategia para adaptarse y aprovechar las condiciones del mercado.

Riesgo:

Aunque la rentabilidad es alta, el **drawdown máximo promedio**, de **36.11%**, indica una alta volatilidad. Esto refleja que la estrategia puede experimentar períodos de grandes pérdidas, subrayando la necesidad de una gestión de riesgos adecuada para soportar estas fluctuaciones.

Rentabilidad Ajustada al Riesgo:

La **ratio de Sharpe promedio**, de **0.1508**, muestra un incremento marginal en la rentabilidad ajustada al riesgo en comparación con un activo libre de riesgo. Esto se debe en parte a la alta variabilidad de la estrategia, influenciada por la dependencia de un **stop-loss dinámico** que permite capturar tendencias, pero incrementa la volatilidad en los retornos.

Eficiencia:

Con un **factor de beneficio promedio** de **1.2482**, la estrategia demuestra ser rentable, generando en promedio un **24.82%** más en ganancias que en pérdidas. Este indicador resalta la eficiencia global de la estrategia en términos de balance entre ganancias y pérdidas.

Consistencia:

La estrategia tiene una tasa de operaciones rentables del **38.91%**, lo que significa que, de cada 10 operaciones, aproximadamente **6 son negativas**. Sin embargo, el rendimiento neto promedio sigue siendo alto (**83.01%**) gracias a una **relación ganancia/pérdida promedio** de **1.9536**, que indica que las operaciones ganadoras son casi el doble de rentables que las perdedoras. A



pesar de la baja consistencia, las ganancias significativas en ciertas operaciones clave compensan ampliamente las pérdidas.

En resumen, la **estrategia de trading algorítmico** se caracteriza por un alto potencial de rendimiento, siendo particularmente efectiva en mercados bajistas, donde supera con creces a la estrategia de **buy and hold**. No obstante, este elevado rendimiento está asociado a un riesgo considerable, evidenciado por un **drawdown significativo** y una **ratio de Sharpe** que refleja un margen modesto de rentabilidad ajustada al riesgo.

Aunque la estrategia demuestra ser eficiente en términos de generar más ganancias que pérdidas, su tasa de consistencia en operaciones rentables es moderada. Este enfoque es más adecuado para inversores con un perfil de alto riesgo, que estén dispuestos a aceptar periodos de pérdidas a cambio de la posibilidad de obtener beneficios significativos en operaciones clave. En definitiva, es una estrategia que prioriza el aprovechamiento de grandes oportunidades en el mercado, pero requiere una gestión cuidadosa y una alta tolerancia al riesgo.

Stratasys

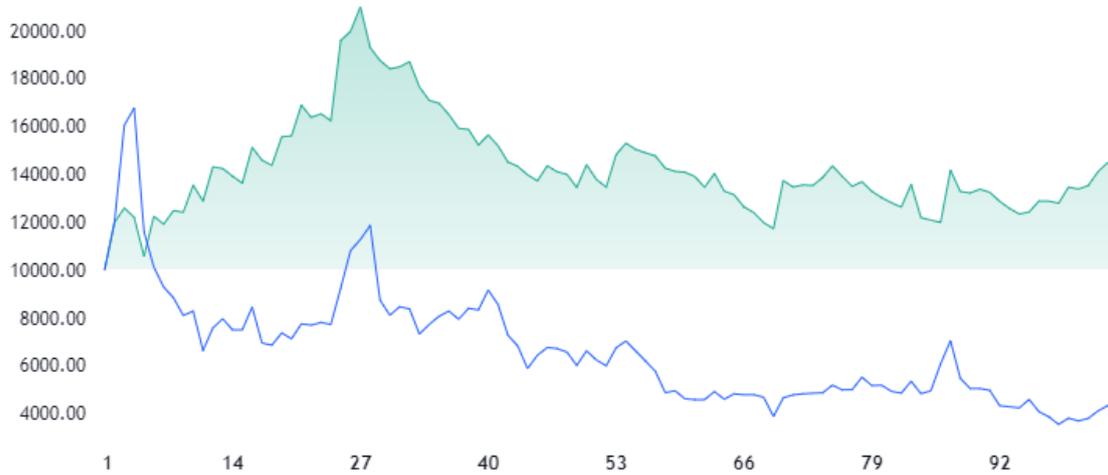
La gráfica compara dos enfoques de inversión aplicados a **Stratasys**. La **línea azul** representa el desempeño de la estrategia pasiva de **buy and hold**, mientras que la **línea verde** muestra el rendimiento de la estrategia de **trading algorítmico**. El eje vertical indica el **capital acumulado (USD)**, y el eje horizontal muestra el **número de operaciones realizadas** durante la simulación.

A pesar de las fluctuaciones en el mercado, la estrategia algorítmica logra mantener un nivel de cartera consistentemente más alto que la estrategia pasiva. Este resultado demuestra la efectividad del algoritmo para **maximizar los retornos y minimizar las pérdidas**, aprovechando las tendencias del mercado y ajustándose dinámicamente a las condiciones cambiantes. Esto destaca su



capacidad para generar un rendimiento superior frente a un enfoque de inversión tradicional.

Imagen 10. Rendimiento de la estrategia en Stratasys



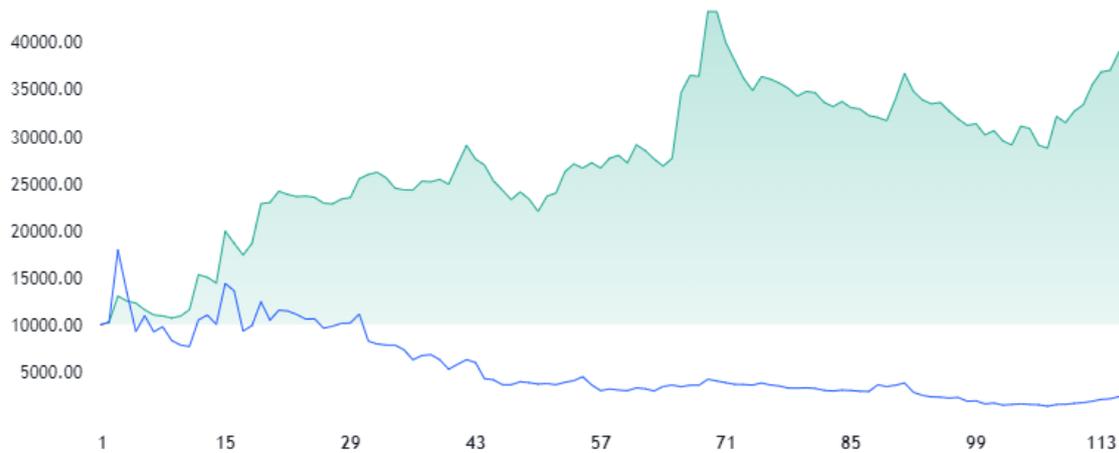
Fuente: TradingView

3D Systems

La **estrategia algorítmica** aplicada a **3D Systems** superó al enfoque **buy and hold**, mostrando un notable crecimiento de cartera. Este enfoque dinámico maximizó beneficios en periodos alcistas y mitigó pérdidas en caídas, destacando su eficacia frente a la estrategia pasiva.



Imagen 10. Rendimiento de la estrategia en 3D Systems

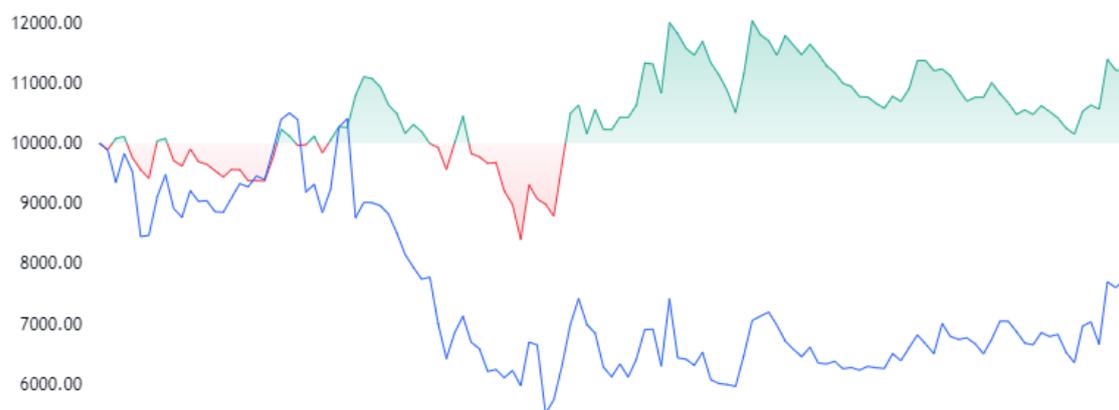


Fuente: TradingView

Autodesk

La **estrategia algorítmica** para **Autodesk** ha mostrado un crecimiento consistente, superando a la estrategia **buy and hold**. A pesar de la volatilidad del mercado, la estrategia algorítmica ha demostrado una recuperación más fuerte y sostenida, destacando su capacidad para adaptarse y capitalizar las fluctuaciones del mercado.

Imagen 11. Rendimiento de la estrategia en Autodesk



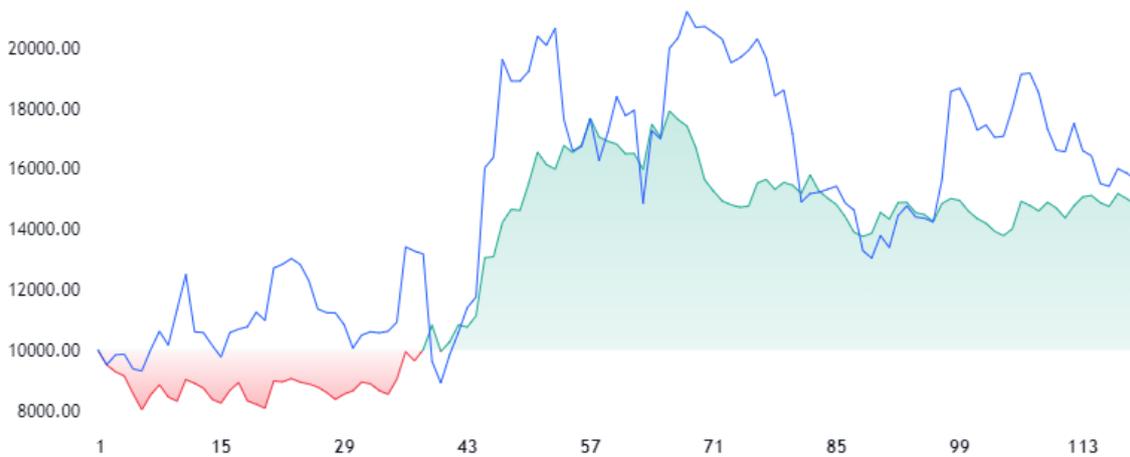
Fuente: TradingView



HP (Hewlett Packard)

En el caso de **HP**, la estrategia de **buy and hold** supera ligeramente a la de **trading algorítmico**. Aunque la estrategia algorítmica presenta algunos picos altos, la estrategia de compra y retención muestra un desempeño más constante y un valor de cartera ligeramente superior a largo plazo.

Imagen 12. Rendimiento de la estrategia en HP



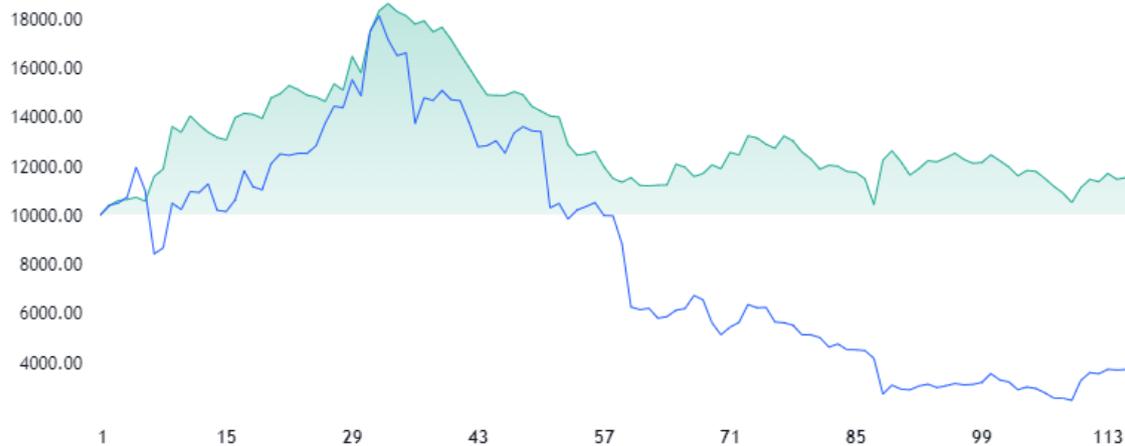
Fuente: TradingView

Faro Technologies

En la gráfica de **Faro Technologies**, la **estrategia de trading algorítmico** concluye con un valor de cartera superior al de la estrategia **buy and hold**, demostrando un mejor desempeño al final del período analizado. Sin embargo, se observa que la estrategia algorítmica presenta una **mayor volatilidad y fluctuaciones** a lo largo del periodo, lo que refleja un nivel de riesgo más alto en su ejecución.



Imagen 13. Rendimiento de la estrategia en Faro Technologies



Fuente: TradingView

3. CONCLUSIONES

El **trading algorítmico** ha transformado el ámbito financiero desde su aparición en los años 70, adquiriendo un papel crucial con los avances en tecnología computacional. Esta metodología permite procesar grandes volúmenes de datos y ejecutar órdenes con alta eficiencia y rapidez, redefiniendo la forma en que se opera en los mercados financieros.

La selección del sector de la impresión 3D como campo de estudio para la estrategia de trading algorítmico se ha fundamentado por dos razones clave:

- **Innovación y crecimiento:** El sector de la impresión 3D destaca por su constante evolución y carácter innovador, convirtiéndose en un atractivo para inversiones y la aplicación de estrategias avanzadas de trading. Su crecimiento proyectado y naturaleza disruptiva lo posicionan como un mercado dinámico con un alto potencial.
- **Eficacia en entornos bajistas:** La estrategia basada en el cruce de medias móviles y fractales alcistas ha demostrado ser particularmente efectiva en mercados bajistas, al identificar y capitalizar tendencias, logrando un rendimiento superior frente a estrategias pasivas como el **buy and hold**.



Las empresas seleccionadas proporcionaron una muestra representativa para evaluar la estrategia durante un período marcado por una caída significativa en el mercado. A pesar de esta tendencia negativa general, la simulación del **trading algorítmico** mostró un patrón de éxito en la mayoría de los casos, lo que respalda la **idoneidad de esta estrategia** en el contexto actual del sector de impresión 3D.

No obstante, el trading algorítmico conlleva riesgos inherentes. La adecuada gestión y mitigación de estos riesgos resulta crucial para garantizar la sostenibilidad y eficacia de esta metodología a largo plazo.

Las investigaciones futuras deben centrarse en el desarrollo de métodos más sofisticados para gestionar los riesgos asociados al trading algorítmico. Entre las áreas de enfoque propuestas se incluyen:

1. **Optimización de la tolerancia al riesgo:** Diseñar estrategias que ajusten dinámicamente los niveles de riesgo según las condiciones del mercado, garantizando un equilibrio entre rentabilidad y protección del capital.
2. **Adaptación de parámetros algorítmicos:** Refinar y ajustar los parámetros de los algoritmos para responder mejor a las condiciones cambiantes y eventos inesperados del mercado.
3. **Técnicas avanzadas de gestión del riesgo:** Implementar enfoques innovadores, como modelos predictivos basados en inteligencia artificial, para anticipar y mitigar riesgos potenciales de manera más precisa.

Estas áreas de investigación contribuirán a fortalecer la resiliencia de las estrategias de trading algorítmico, mejorando su eficacia y reduciendo la exposición a fluctuaciones adversas en los mercados.



4. BIBLIOGRAFÍA

Betancur, F. J. (2016). *Valoración de empresas*. Ecoe Ediciones. Consultado el 17 de octubre de 2023.

Bloomberg. (2023). *Bloomberg*. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/profile/company/SSYS:US?embedded-checkout=true>. Consultado el 28 de octubre de 2023.

Cartea, Á., & Penalva, J. (2015). *Algorithmic and high-frequency trading*. Cambridge University Press. Consultado el 17 de noviembre de 2023.

Chen, S.-H., Kaboudan, M., & Du, Y.-R. (2018). *The Oxford Handbook of Computational Economics and Finance*. Oxford University Press. Consultado el 20 de noviembre de 2023.

Cofnas, A. (2016). *Trading Binary Options: Strategies and Tactics*. John Wiley & Sons. Consultado el 19 de octubre de 2023.

Coombs, N. (2016). *What is an algorithm? Financial regulation in the era of high-frequency trading*. *Economy and Society*, 45(2), 278–302. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03085147.2016.1213977>. Consultado el 2 de noviembre de 2023.

Culley, A. (2020). *Conduct risks and their mitigation in algorithmic trading firms: A systematic literature review*. *Journal of Financial Compliance*, 4(1), 34–52.

Disponible en:

<https://www.ingentaconnect.com/content/hsp/jfc/2020/00000004/00000001/art0004>. Consultado el 25 de octubre de 2023.

Cvitanic, J., & Kirilenko, A. A. (2010). *High Frequency Traders and Asset Prices*. SSRN. Disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.1569067>. Consultado el 2 de noviembre de 2023.

Martínez Morales, A., & Sánchez Montoya, A. F. (2013). *Sistema automático de trading para inversión en el mercado accionario colombiano*. Disponible en:

<https://repository.eia.edu.co/entities/publication/ef0da7ec-1cb9-4c8f-be94-eecec8b8dd79>. Consultado el 17 de noviembre de 2023.



NASDAQ Financial Glossary. (2023). *Definition of "Trading strategy"*. Disponible en: <https://www.nasdaq.com/investing/glossary/t/trading-strategy>. Consultado el 2 de noviembre de 2023.

Nie, J., Xu, X., Yue, X., Guo, Q., & Zhou, Y. (2023). *Less is more: A strategic analysis of 3D printing with limited capacity*. *International Journal of Production Economics*, 258(108816), 108816. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108816>. Consultado el 28 de octubre de 2023.

Padilla, M. C. (2012). *Gestión financiera*. Ecoe Ediciones. Consultado el 14 de noviembre de 2023.

Pauna, C. (2016). *Capital and risk management for automated trading systems*. *Economic Informatics*. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Pauna/publication/325323999_CAPITAL_AND_RISK_MANAGEMENT_FOR_A_UTOMATED_TRADING_SYSTEMS/links/5b05c89c4585157f87092dd5/CAPITAL-AND-RISK-MANAGEMENT-FOR-AUTOMATED-TRADING-SYSTEMS.pdf. Consultado el 22 de octubre de 2023.

Predecence Research. (2023). *3D printing market size to hit USD 98.31 billion by 2032*. Disponible en: <https://www.precedenceresearch.com/3d-printing-market>. Consultado el 28 de octubre de 2023.

Reznik, N., & Pankratova, L. (2018). *High-Frequency Trade as a Component of Algorithmic Trading: Market Consequences*. Disponible en: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_174.pdf. Consultado el 23 de octubre de 2023.

Stoll, H. R. (2006). *Electronic trading in stock markets*. *The Journal of Economic Perspectives*, 20(1), 153–174. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/089533006776526067>. Consultado el 22 de octubre de 2023.

Syamala, S. R., & Wadhwa, K. (2020). *Trading performance and market efficiency: Evidence from algorithmic trading*. *Research in International Business and Finance*, 54(101283), 101283. Disponible en:



<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101283>. Consultado el 22 de octubre de 2023.

Tee Williams, R. (2011). *An Introduction to Trading in the Financial Markets: Trading, Markets, Instruments, and Processes*. Academic Press (pp. 33-72). Consultado el 14 de octubre de 2023.

TradingView. (2023). *Track all markets*. Disponible en: <https://www.tradingview.com>. Consultado el 1 de noviembre de 2023.