



VIXSI: señal para trading de cobertura basada en VIX

TFM desarrollado por: Enrique Abad Clarimón



12 DE ENERO DE 2025

Instituto BME

Máster en Inteligencia Artificial Aplicada a los Mercados Financieros 11ª edición (MIA-XI)



Contenido

Contenido	3
Introducción	4
Qué es el VIX?	4
Cómo se utiliza habitualmente el VIX?	5
VIXSI, un indicador de confianza del mercado derivado del VIX	6
Desarrollo del TFM.....	7
Estrategia de trading utilizando VIXSI.....	8
Analizando el Alpha de la estrategia	11
Selección de activos de cobertura	13
Obtención datos históricos de acciones del SP500.....	13
Alphas de la estrategia con acciones del SP500	14
Utilización de los alphas relativos como atributos de selección.	14
Selección de activos hedge con WFO	15
Estimación alphas con RNN	19
Modelos RNN a evaluar	20
Selección activos hedge con estimación de alphas.....	27
Backtesting estrategia VIXSIhedge.....	30
Conclusiones	42
Otras líneas de trabajo	44
Obtención del benchmark completo y código estrategia en quantconnect	44
Anexo I QuantConnect, un todo terreno para el I+D del trading cuantitativo	44
Anexo II Descripción modelos RNN.....	47
Anexo III Descripción ratios de estrategias de trading y valores considerados buenos	48

Introducción

Qué es el VIX?

El VIX, o Índice de Volatilidad, es un indicador financiero que refleja la volatilidad esperada del mercado de valores en un futuro cercano. Su nombre completo es el Índice de Volatilidad CBOE (Chicago Board Options Exchange), ya que es administrado por la Bolsa de Opciones de Chicago.

El VIX se calcula utilizando las opciones de compra y venta del índice S&P 500, que es un índice que representa el desempeño de 500 empresas líderes en los Estados Unidos. El VIX mide la expectativa de los inversionistas en cuanto a la volatilidad del mercado durante los próximos 30 días.

Cuando el VIX es bajo, se interpreta que hay una baja expectativa de volatilidad, lo que a menudo se asocia con un mercado más estable. Por otro lado, cuando el VIX es alto, indica que los inversores esperan un mayor grado de volatilidad, lo que generalmente se asocia con un mercado más inestable o con la posibilidad de movimientos bruscos en los precios de las acciones.

El VIX es comúnmente conocido como el "índice del miedo" o "índice de terror", ya que tiende a aumentar en momentos de incertidumbre o crisis en los mercados financieros. Los traders e inversores utilizan el VIX como una herramienta para evaluar el riesgo y tomar decisiones informadas sobre estrategias de inversión y cobertura.

Cómo se utiliza habitualmente el VIX?

El VIX se utiliza principalmente como un indicador de la volatilidad del mercado y como una herramienta para evaluar el riesgo. Aquí hay algunas formas comunes en las que los inversores y traders utilizan el VIX:

1. Medición de la volatilidad del mercado:

- Cuando el VIX es bajo, se interpreta que hay una baja expectativa de volatilidad. En este caso, los inversores pueden percibir que el mercado está relativamente estable.
- Cuando el VIX es alto, indica una mayor expectativa de volatilidad, lo que puede señalar la presencia de incertidumbre o eventos económicos significativos.

2. Cobertura (Hedging):

- Los inversores pueden utilizar opciones y futuros vinculados al VIX para proteger sus carteras contra movimientos bruscos del mercado. Esta estrategia se conoce como cobertura o hedging.
- Por ejemplo, si un inversor tiene una cartera de acciones y espera un aumento en la volatilidad del mercado, podría comprar opciones de venta del VIX como una forma de protegerse contra las pérdidas potenciales en sus acciones.

3. Identificación de puntos de entrada o salida:

- Algunos traders utilizan el VIX para identificar posibles puntos de entrada o salida en el mercado. Un aumento repentino en el VIX podría interpretarse como una señal de que se esperan movimientos más grandes en el mercado, lo que podría influir en las decisiones de trading.

4. Confirmación de tendencias:

- Algunos inversores utilizan el VIX para confirmar tendencias del mercado. Por ejemplo, si el mercado está experimentando una fuerte tendencia alcista y el VIX está disminuyendo, esto podría indicar que la tendencia alcista está respaldada por una baja volatilidad.

VIXSI, un indicador de confianza del mercado derivado del VIX

En este TFM se va a hacer un planteamiento similar al punto 2. El objetivo es crear una señal diaria derivada del VIX para utilizarla como señal de trading en corto ó señal de cobertura cuando hay un exceso de confianza en el mercado, teniendo en cuenta que, en estas situaciones, normalmente cualquier pequeña mala noticia genera caídas importantes.

Funciona de la siguiente manera: cuando es 1, se mantiene comprado el activo, y si es -1, se opera en corto con el propio activo, ó con una cartera diseñada para tal propósito, como se verá más adelante.

La idea que hay detrás de la generación de esta señal es utilizar la información de la vela diaria del VIX para identificar las situaciones de mercado sobreconfiado.

Desarrollo del TFM

Este TFM tendrá un enfoque práctico, partirá del dataset que contiene la señal VIXSI, con datos desde el 01-01-2008 hasta el 16-12-2024.

Se utilizarán cuadernos de “Jupyter Notebook”:

Para crear y analizar una estrategia de cobertura al SPY utilizando la señal VIXI, luego se analiza el alpha de la estrategia con SPY, para posteriormente analizar el alpha de la estrategia con acciones del SP500, con el objetivo de crear una cartera de cobertura que mejore la propia señal de cobertura VIXSI del SPY.

Se adoptará una versión WFO propia para crear la cartera de cobertura VIXSI ó VIXSIhedge, y se analizará la posibilidad de estimar los alphas relativos de las acciones (que son la diferencia de los alphas de la estrategia con las acciones menos el alpha de la estrategia con SPY) mediante modelos RNN, para crear una cartera dinámica utilizando los alphas estimados por el mejor modelo RNN en cada periodo.

Una vez desarrolladas y analizadas las dos formas de creación de carteras, se implementará la mejor técnica de las dos en la plataforma “QuantConnect” (ver Anexo I). En dicha plataforma se podrá realizar un backtesting detallado con el histórico de datos entre 01-01-2008 y 16-12-2024, con comisiones y slippages generados por la plataforma utilizando como bróker a “Interactive Brokers”, y la posibilidad de realizar “live trading”.

Estrategia de trading utilizando VIXSI

VIXSI contiene dos valores que actúan como señal:

“1” estar comprado

“-1” estar en corto o fuera de mercado.

El objetivo de la señal es que actúe de cobertura en los momentos de mercado con exceso de confianza, con la idea de que estos momentos son propicios a grandes caídas a la más ligera mala noticia.

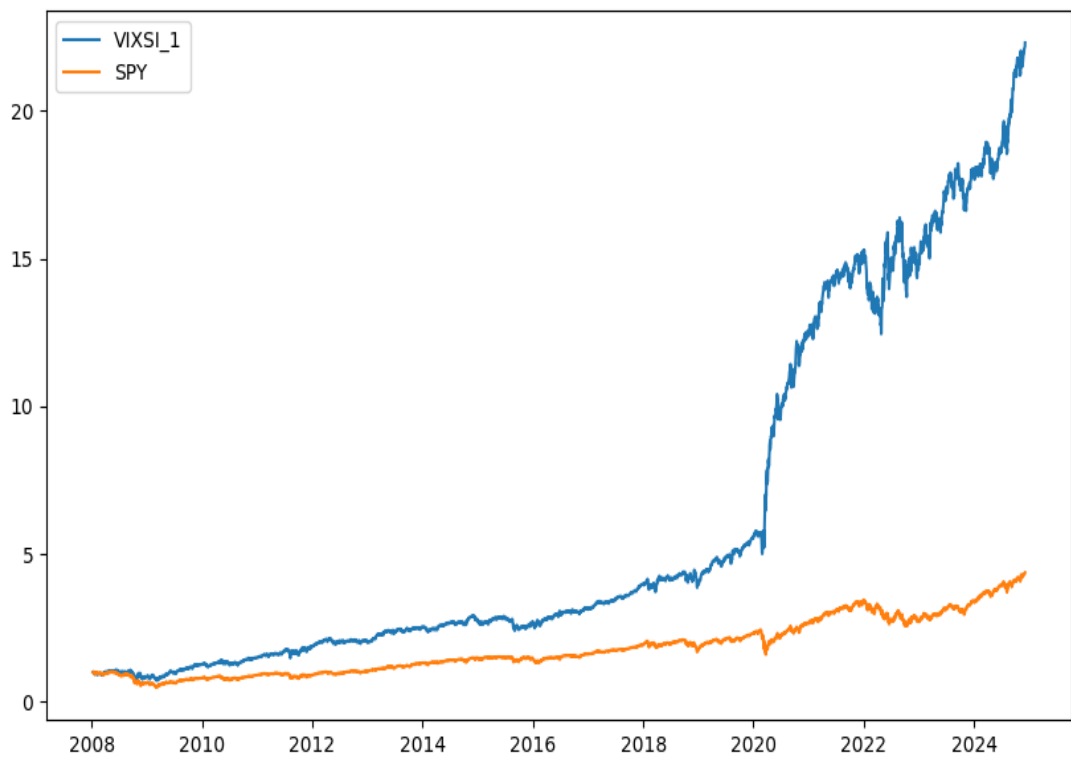
En este estudio el activo será siempre “SPY”, que representa al índice SP500, pero se podría utilizar para cualquier acción del mercado americano correlacionada con SP500.

Los datos históricos de “SPY” para el estudio se extraerán de la api para python de “yfinance”.

Se estudiarán dos variantes de esta estrategia de cobertura: La primera pone en corto al activo cuando la señal es -1, y la segunda lo deja desinvertido.

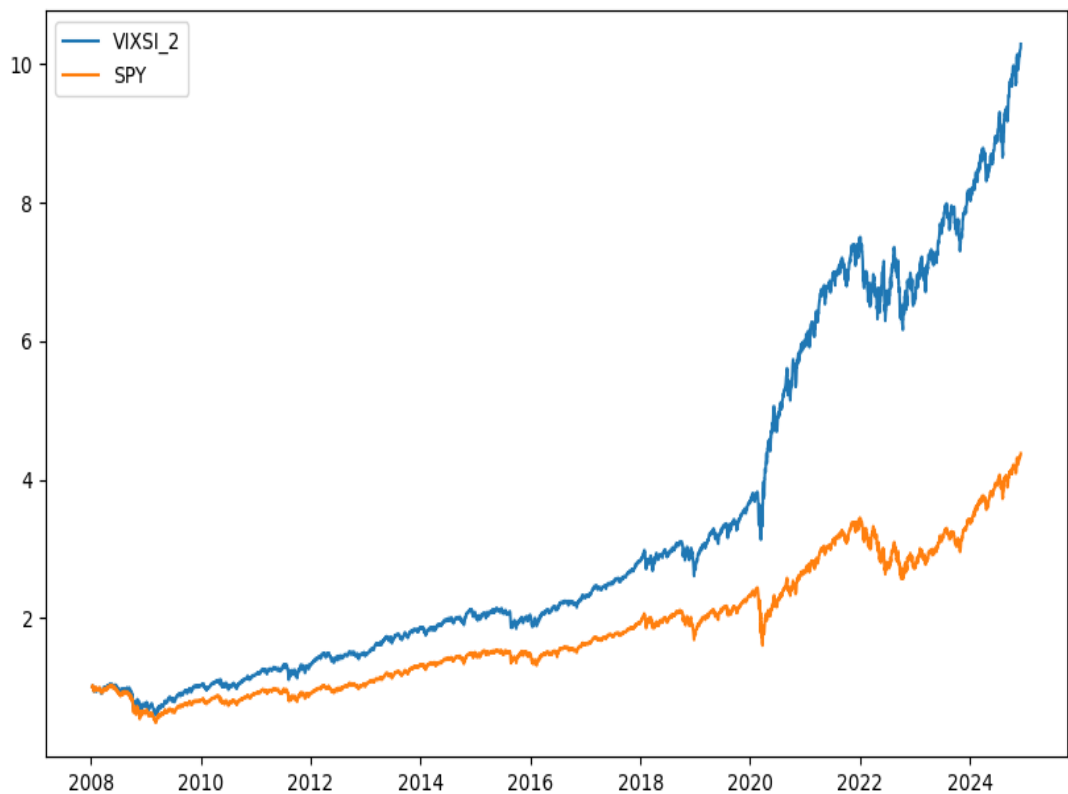
Se muestran los resultados de ambas estrategias, visualizando las gráficas de las equity y los ratios de rentabilidad anual, ratio de sharpe y max.drawdown, de cada estrategia comparándolos con mantenerse en “SPY”.

Estrategia1: Cuando la señal es -1: ponerse en corto



	RetAnual	RSharpe	MaxDwd
VIXSI_1	0.2	0.91	0.33
SPY	0.09	0.42	0.53

Estrategia 2: Cuando la señal es -1: estar desinvertido



	RetAnual	RSharpe	MaxDwd
VIXSI_2	0.14	0.72	0.43
SPY	0.09	0.42	0.53

Como se puede observar, en ambos casos la estrategia supera en todos los indicadores al SPY, y la primera estrategia, la que actúa en corto, es la que tiene un mejor comportamiento. A partir de ahora esta estrategia será la que actuará como cobertura al SPY y se denominará estrategia VIXSI.

Analizando el Alpha de la estrategia

Una forma de validar la estrategia es ver cuanto alpha genera respecto a mantenerse en el activo.

Una forma de obtener el alpha de la estrategia es calculando el exceso de retorno generado por la estrategia respecto al activo en un periodo determinado. Se puede obtener de otras maneras (p.e. exceso de rentabilidad/riesgo), la que se utiliza aquí sirve para calcular el alpha únicamente con la estrategia de estar en corto.

**alpha = (suma_retornos_logaritmicos_estrategia -
suma_retornos_logaritmicos_SPY)**

que es equivalente a:

alpha = 2 * suma_retornos_logaritmicos_estrategia_solocorto

La equivalencia es debida a que cuando la señal de la estrategia es 1, el alpha es 0, y cuando es -1, es -2*retSPY, que es lo mismo que doblar la rentabilidad de la estrategia cuando la señal es -1. **Este hecho invita a buscar otros activos que tengan mejor rentabilidad cuando operan en corto con la estrategia, para sustituir al SPY con dichos activos.**

Los datos estadísticos asociados al Alpha anualizado de la estrategia VIXSI con SPY rolado un periodo de 252 días son:

mean	0.098786
std	0.183177
min	-0.142263
25%	-0.011343
50%	0.053426
75%	0.145250
max	0.727739

Se puede observar que, en promedio, el alfa generado es de un 9% anual, teniendo valores positivos de alfa más altos que valores negativos.

Por otra parte, las estadísticas en porcentaje de días son bastante favorables a la estrategia.

%Días con alpha anual positivo: 66.62%

%Días con alpha anual negativo y rent. SPY anual negativo: 1.15%

El % de días con alpha anual positivo del 66.64% indica que cerca del 70% de veces que se invierta en esta estrategia durante un año seguido en cualquier día del año, superará al SPY.

Por otra parte, el hecho de que cuando la rentabilidad anual del SPY es negativa, la estrategia tiene cerca de un 99% de probabilidad de tener el alpha anual positivo, lo que hace que actúe de amortiguación a las caídas del SPY, que es el objetivo.

Selección de activos de cobertura

La idea de sustituir al propio SPY por un activo que tenga mejor alpha para mejorar la cobertura del SPY utilizando la estrategia VIXSI invita a nombrar dicha activo como activo de cobertura ó activo hedge de la estrategia VIXSI.

Para obtener estos activos, sólo hay que “descubrir” cuáles son los que mejor alpha tienen en el periodo donde se va a ejecutar la estrategia.

Obtención datos históricos de acciones del SP500

Los datos históricos de las acciones del SP500 se extraen de la api para python de “yfinance”.

El periodo histórico de datos se obtendrá a partir del histórico de la señal VIXSI, que incluye el periodo [2008:2024], por otra parte, el % de ocurrencias de la señal de cobertura VIXSI (valor -1) es tan solo un 12% sobre el total, en promedio unas 30 veces por año, con lo que los alphas se calcularán anualmente. Esto condicionará a que la selección de los activos del SP500 tengan el mayor número de días cotizados en dicho periodo, por lo que se construirá el dataset de acciones del SP500 de la siguiente manera:

1. Se va a trabajar con todos los activos que se unieron al índice antes del 2008, sin importar que a día de hoy sigan en el índice. Para ello, primero se seleccionan los activos del SP500 actual que entraron al índice antes del 2008, y luego se seleccionan los activos que entraron antes del 2008 y salieron después del 2008 en adelante.
2. Se descartan las acciones que no tengan precios en ninguna fecha o estén descatalogadas por “yfinance”.
3. Las acciones que no tengan precios en alguna fecha, se rellenan con el siguiente valor con datos.

Alphas de la estrategia con acciones del SP500

Como se ha comentado anteriormente, para seleccionar los activos hedge que supere a la estrategia VIXSI, simplemente sus alphas han de superar al SPY. Por lo que se necesita obtener el dataset de los alphas de las acciones del SP500 para la selección de carteras.

Por otra parte, interesa el alpha anualizado debido a las pocas ocurrencias de la señal, con lo que el dataset será anualizado.

Una vez obtenido el dataset, se puede realizar una estadística comparativa entre los alphas de los activos del dataset y el alpha SPY, obteniendo el siguiente resultado:

% alpha anual activos que superan al alpha de SPY: 50.97%

% alpha promedio anual de todos los alphas que superan al SPY: 14.64%

% alpha anual promedio del SPY: 10.06%

Como se puede observar, más la mitad de las acciones del SP500 superan a la media del alpha anualizado del SPY, y la mitad de los alphas que superan al SPY es cerca del 15% anual, mayor que la media del alpha del SPY, que es de un 10%), con lo que en principio no parece muy difícil encontrar activos del dataset cuyo alpha anual supere al alpha del SPY.

Utilización de los alphas relativos como atributos de selección.

Para encontrar los mejores activos para formar la cartera hedge, como lo que interesa es mejorar al alpha de la estrategia VIXSI con "SPY", se utilizan los

alphas relativos en lugar de los alphas, que son la diferencia entre el alpha de la estrategia de los activos con el alpha de la estrategia SPY.

Selección de activos hedge con WFO

Para la selección de activos hedge para VIXSI, se utilizará la técnica WFO con un par de heurísticas.

La técnica **WFO (Walk-Forward Optimization)** es un enfoque robusto para evaluar y optimizar estrategias de trading. Es una extensión del backtesting convencional que introduce validación continua y evalúa cómo una estrategia se adapta a datos fuera de muestra, minimizando el riesgo de sobreoptimización (overfitting).

Divide los datos históricos en ventanas temporales de dos periodos consecutivos,

- **Periodo de optimización (in-sample o IS):** Se utiliza para optimizar los parámetros de la estrategia.
- **Periodo de prueba/test (out-of-sample o OOS)** Evalúa el desempeño de la estrategia con datos no utilizados en la optimización.

Para utilizar la técnica WFO con el fin de obtener el mejor activo en cada periodo de test (out sample), se va añadir un par de heurísticas:

1ª heurística:

Del periodo in-sample, a la hora de seleccionar el mejor activo por su alpha relativo, se obviará el último año, esto es debido a que la correlación promedio de los alphas relativos anuales es sensiblemente negativa, con lo que se evita seleccionar activos que tengan muy buen comportamiento en el último año in-sample.

2ª heurística:

Se seleccionarán los dos activos con mejor ratio de sharpe, y de ellos se escogerá el activo que mayor Beta de mercado tenga, este segundo criterio es debido a que mayor beta significa mayor movimiento del activo, por lo tanto, mayor movimiento de cobertura.

Una vez ejecutada la selección de activos con esta WFO, se obtienen los siguientes resultados:

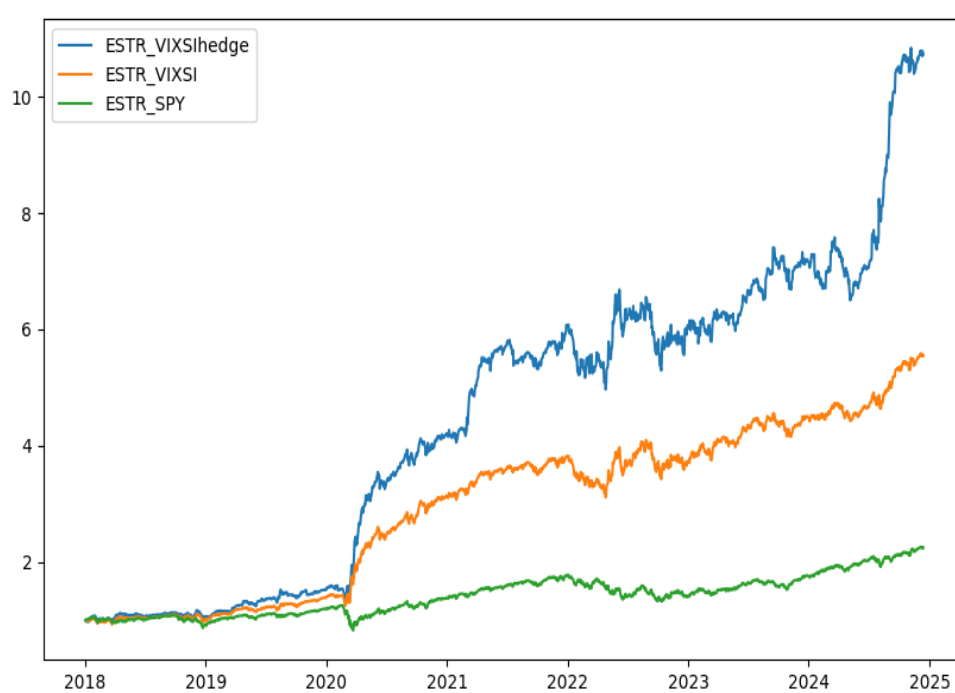
Activos hedge seleccionados

Activos hedge obtenidos año a año desde el 2018 al 2024:

```
{'2018': ['BK'],  
'2019': ['SLB'],  
'2020': ['TXN'],  
'2021': ['KLAC'],  
'2022': ['KLAC'],  
'2023': ['KLAC'],  
'2024': ['KLAC']}
```

Cabe observar que el activo KLAC mantiene durante cuatro años el liderazgo en la selección de mejor activo alpha relativo+beta, con lo que habrá que seguir su comportamiento en el futuro.

Equitys VIXSIhedge, VIXSI y HOLD SPY



	RetAnual	RSharpe	MaxDwd
ESTR_VIXSIhedge	0.41	1.48	0.21
ESTR_VIXSI	0.28	1.27	0.19

Conclusión

Con la técnica WFO para la selección del activo hedge, añadiendo las heurísticas de dejar un periodo de un año entre optimización y test por la correlación negativa de los alphas relativos, y la selección del activo con mejor Beta, para obtener un mayor movimiento de cobertura, se ha encontrado un conjunto de activos en cada periodo de test, que globalmente generan una equity sensiblemente mejor que VIXSI.

Estimación alphas con RNN

Una alternativa a la selección óptima de activos por WFO es la estimación de alphas por un modelo RNN, si la estimación es buena, simplemente hay que seleccionar a los activos que tengan mejor alpha estimado.

Para estimar alphas, primero hay que crear el dataset de características y del valor a predecir, en nuestro caso será predecir el alpha relativo a partir de una secuencia de alphas relativos y absolutos de periodos anteriores. Hay que recordar de que cada periodo es un año, con lo que si se utilizan cinco periodos anteriores, que junto con el periodo a predecir son 6 periodos, y se tienen 17 años de histórico (2008 – 2018) y se utilizan 11 años para train (2008-2018), únicamente se obtendrán $11-6+1 = 6$ registros. Esto si se hace un dataset por activo de manera independiente. La solución para obtener un conjunto razonable de datos de entrenamiento es utilizar los datos de todos los activos en un solo dataset, en principio parece razonable, ya que son datos similares y están correlacionados por la misma señal. De esta manera un solo modelo podrá estimar cualquier activo, incluso aquel que no se haya entrenado previamente.

Una vez creado el dataset de train, sus dimensiones son: (2307, 6, 2), y las dimensiones del dataset de test (periodo 2019-2024): (390, 6, 2)), que ya son un número de muestras aceptables para entrenar y probar un modelo basado en RNN.

Una vez obtenidos los datasets, se normalizan con una función ZSCORE (media 0 y varianza 1), ajustando el resultado al rango [0,1].

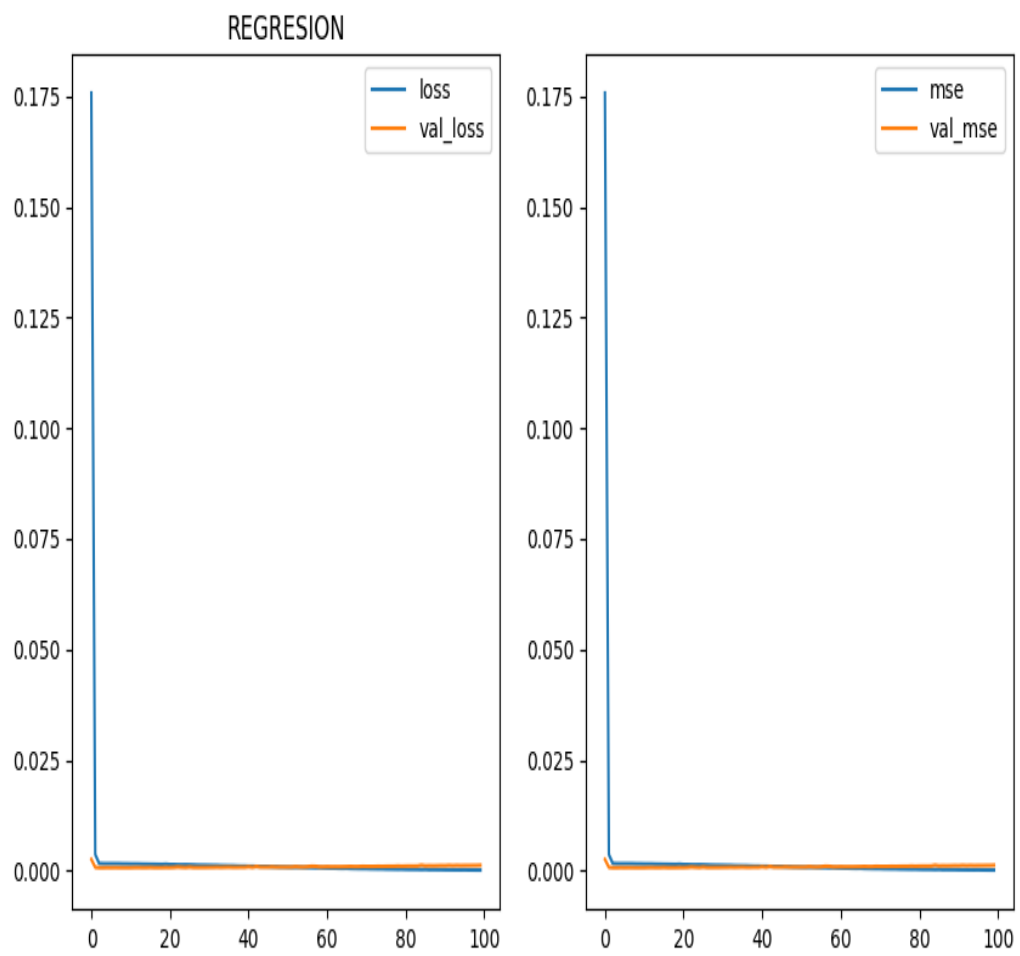
Modelos RNN a evaluar

Los modelos que se evalúan deben recibir como entrada una secuencia consecutiva de valores anteriores para predecir el valor actual. En este caso serán dos secuencias de 5 registros (alphas residuales y alphas anteriores) y como salida el alpha residual actual.

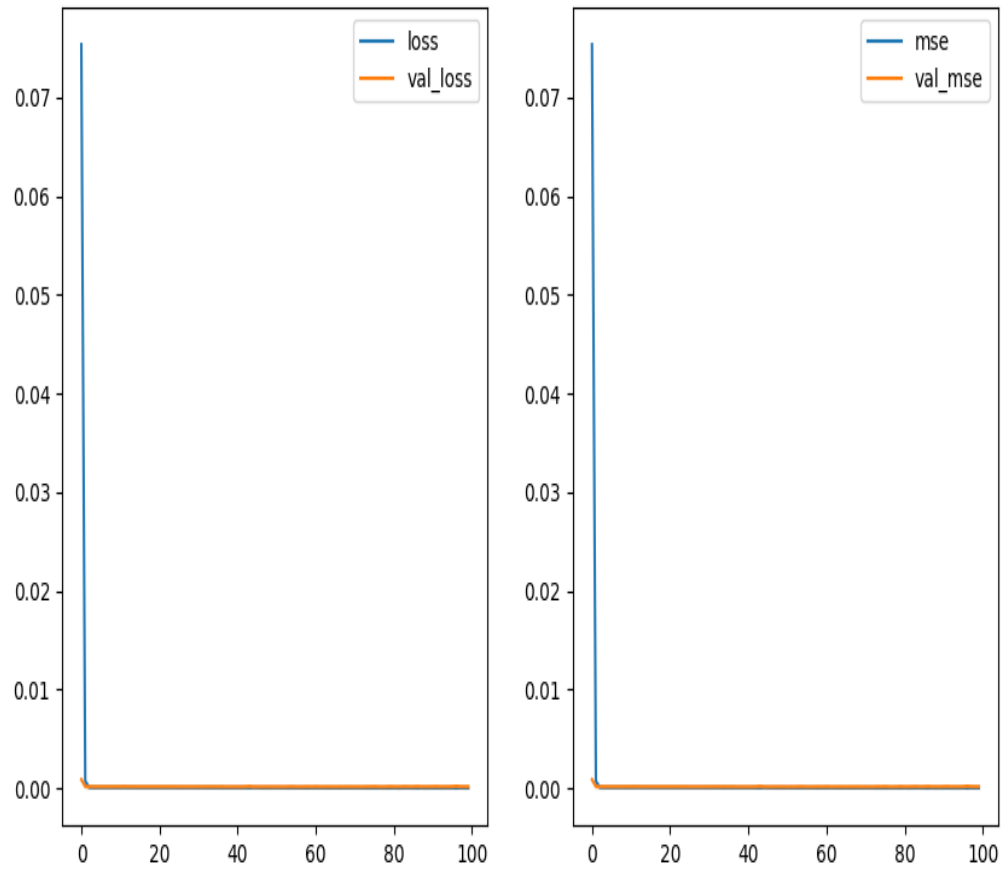
Los modelos que se van a utilizar serán: REGRESIÓN, LSTM, CONV, GRU, ATTENTION y BIDIRECCIONAL (en el anexo II se muestra una breve descripción de cada modelo).

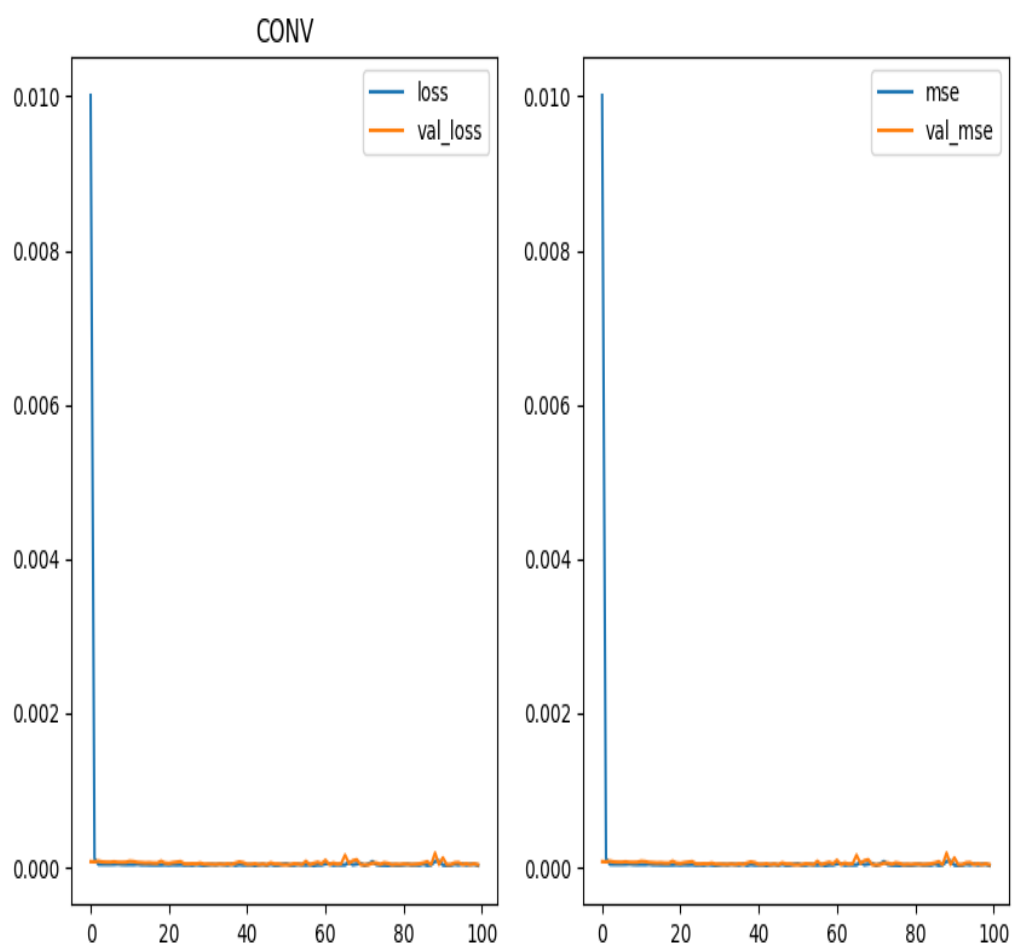
Se utilizará también un modelo dummy como modelo comparativo, que simplemente utiliza el alpha residual anterior para predecir el actual.

En las siguientes imágenes se muestra la evolución del entrenamiento de cada modelo:

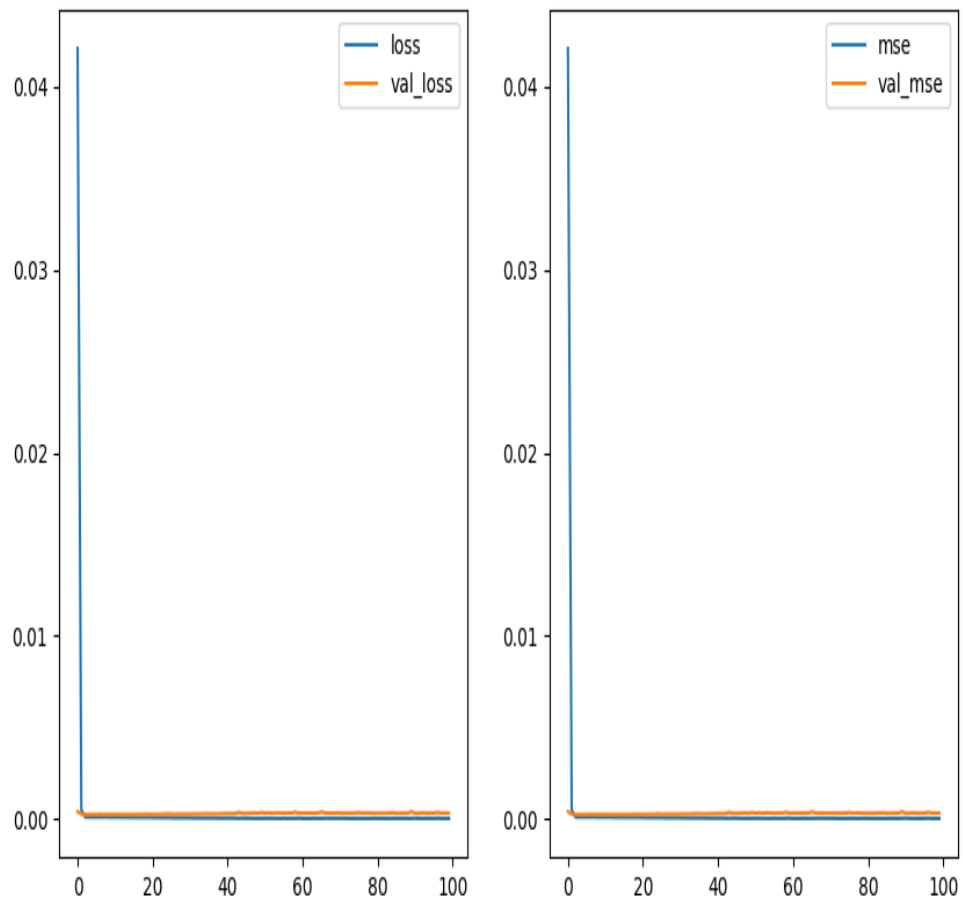


LSTM

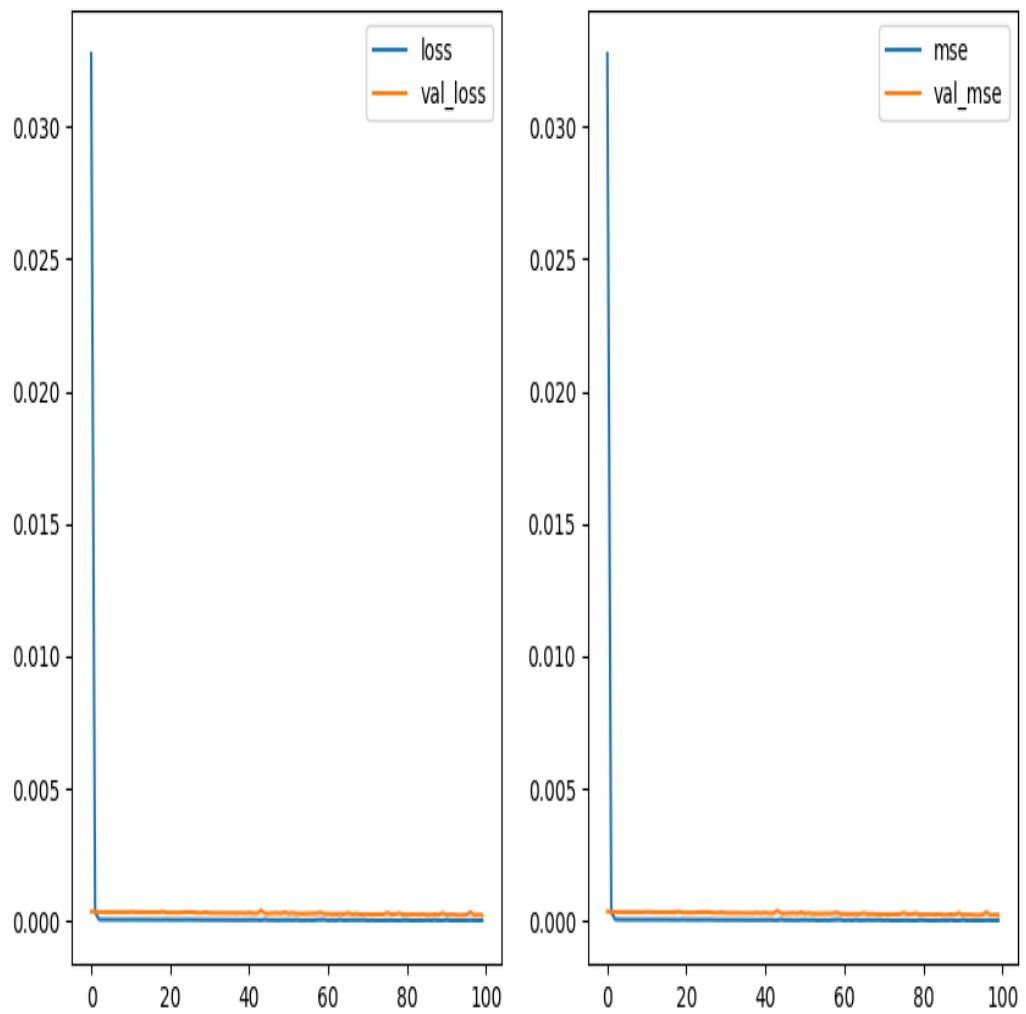




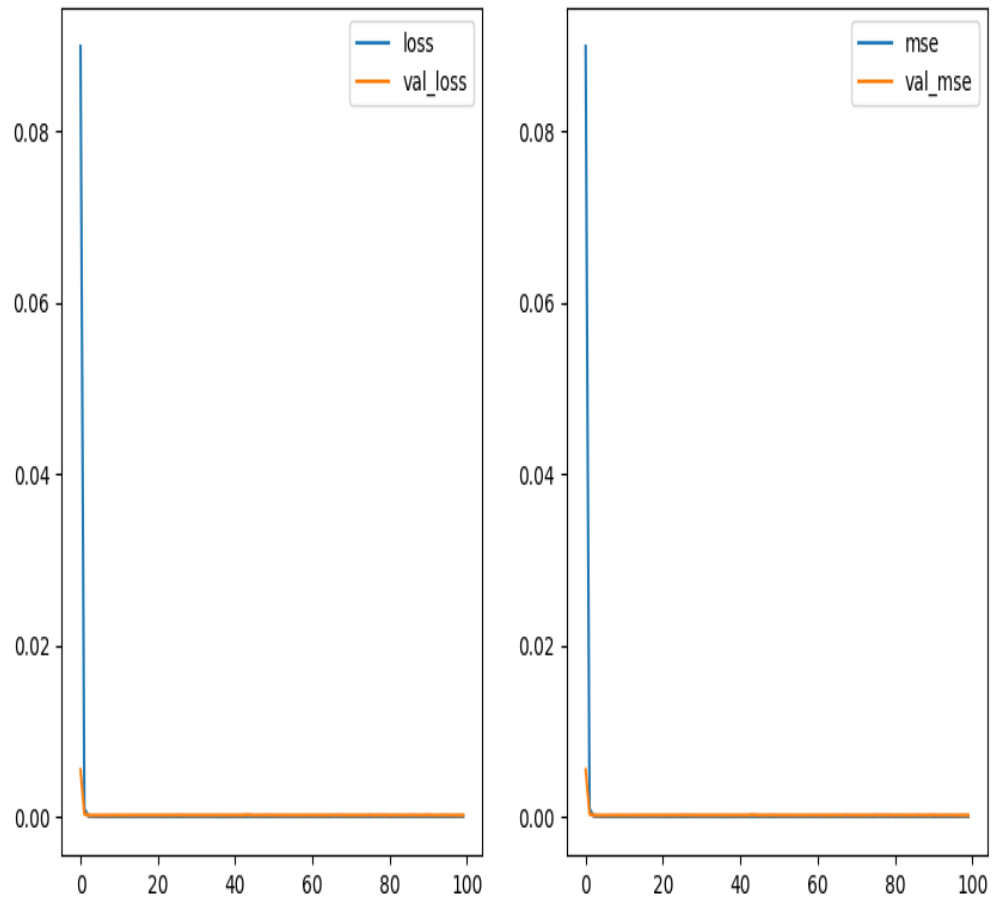
GRU



ATTENTION



BIDIRECCIONAL



En esta tabla se muestra los resultados finales de cada modelo en los datasets train/eval y test:

	mse_train	mse_val	mse_test
DUMMY	0.261393	1.178676	0.022321
REGRESION	0.731484	7.357679	0.136518
LSTM	0.132541	0.950068	0.017426
CONV	0.110713	0.218088	0.053839
GRU	0.082267	1.908480	0.020531
ATTENTION	0.122527	1.422295	0.015205
BIDIRECCIONAL	0.093891	0.942370	0.014794

Aunque hay modelos que superan al dummy en periodos de eval+test, teniendo en cuenta que el 75% de los alpha residuales caen por debajo de 0.04, y que el mejor modelo ("CONV") tiene un error mse_val de 0.21, se puede llegar a la conclusión que la estimación con modelos RNN de los alphas residuales no es fiable.

Selección activos hedge con estimación de alphas

Para generar la cartera utilizando las estimaciones del modelo RNN en todo el periodo de test [2019:2025].

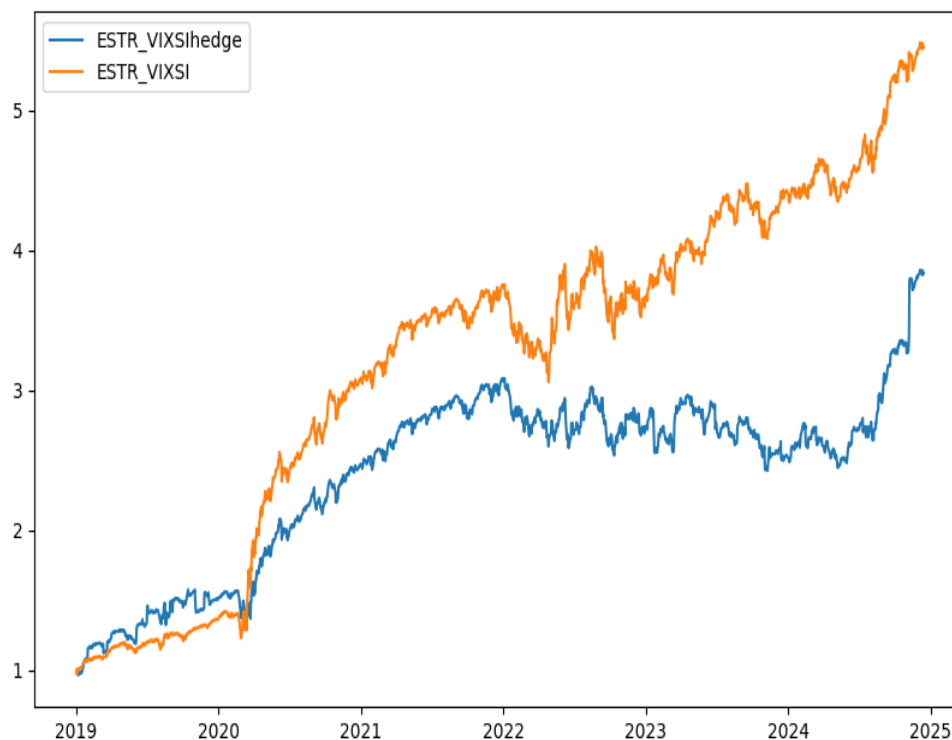
Para cada periodo de 1 año, rolando cada año desde el 2019 al 2024:

1. Se crea el dataset de características con los alphas relativos, utilizando los cinco años anteriores y se normaliza.

2. Se normalizan las características, se predice la salida normalizada utilizando el mejor modelo BIDIRECCIONAL, y se desnormaliza, obteniendo la estimación del alpha relativo actual.
3. Se eligen los dos activos con mayor alpha relativo estimado.
4. Se selecciona el de mayor Beta.
5. Se calculan los rendimientos de la estrategia en el periodo de test actual.

Los resultados de la estrategia con estimación de alphas comparados con la estrategia VIXSI:

Equitys VIXSIhedge estimando alphas , VIXSI



	RetAnual	RSharpe	MaxDwd
ESTR_VIXSIhedge	0.25	0.96	0.21
ESTR_VIXSI	0.33	1.44	0.19

Los activos seleccionados por el modelo RNN para generar la estrategia VIXSIhedge tiene un comportamiento peor que la estrategia VIXSI, era previsible por lo comentado anteriormente que no se puede estimar con fiabilidad los alphas residuales con modelos RNN.

Backtesting estrategia VIXSIhedge

De las tres estrategias presentadas:

VIXSI: SPY es el activo y cobertura de la señal VIXSI

VIXSIhedge WFO : SPY es el activo y la cobertura son activos seleccionados anualmente con la técnica WFO

VIXSIhedge estimación: SPY es el activo y la cobertura son activos seleccionados anualmente con la estimación de alphas por RNN

Se selecciona la mejor estrategia: **VIXSIhedge WFO** para realizar un backtesting detallado en la plataforma quantconnect.

Para ello se implementa en la plataforma quantconnect la estrategia.

En las siguientes imágenes se muestra el resultado del backtesting de la estrategia VIXSIhedge WFO en quantconnect (en el anexo III hay una descripción de los ratios de trading y valores considerados como buenos),

Los activos hedge por año seleccionados por WFO:

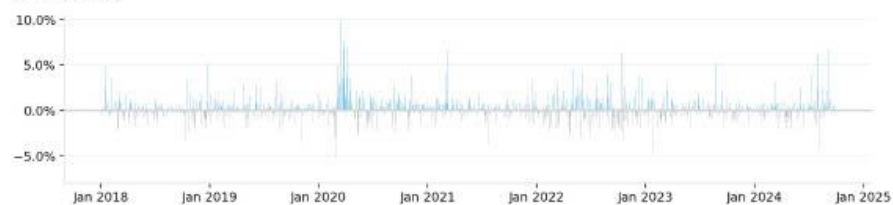
```
{'2018': ['BK'],  
'2019': ['SLB'],  
'2020': ['TXN'],  
'2021': ['KLAC'],  
'2022': ['KLAC'],  
'2023': ['KLAC'],  
'2024': ['KLAC']}
```

Imágenes de los resultados del backtesting:

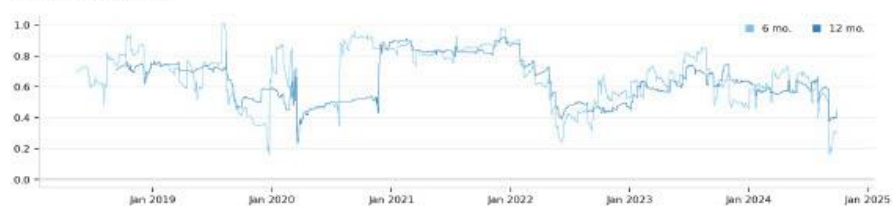


Drawdown

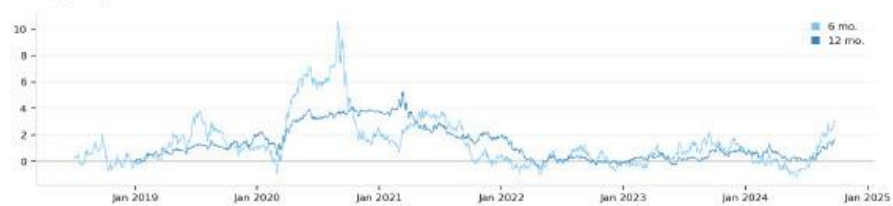
Daily Returns



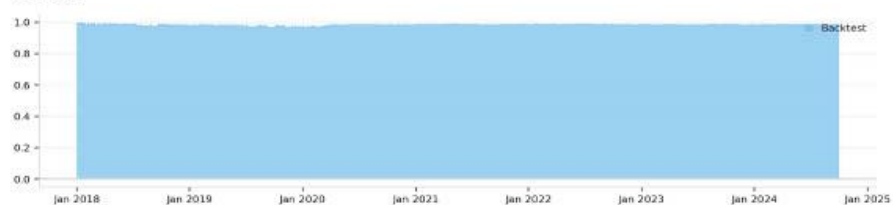
Rolling Portfolio Beta



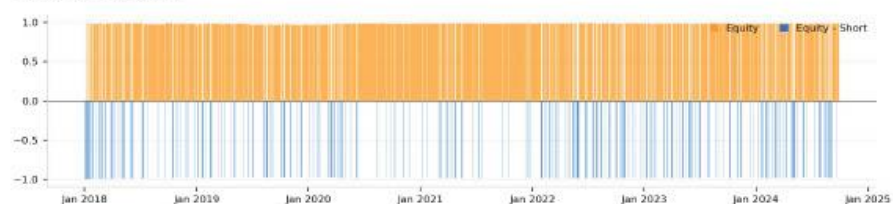
Rolling Sharpe Ratio



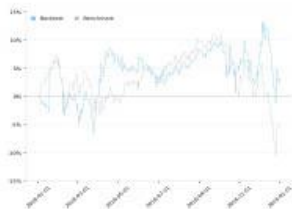
Leverage



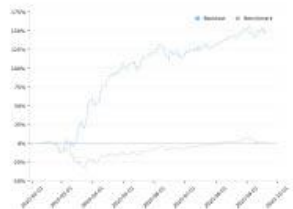
Long-Short Exposure



New Normal 2014-2019



COVID-19 Pandemic 2020



Post-COVID Run-up 2020-2021



Meme Season 2021



Russia Invades Ukraine 2022-2023



AI Boom 2022-Present



Las imágenes anteriores se encuentran en “VIXSIhedge_benchmark.pdf”.

Ratios de la estrategia en el backtesting de quantconnect:

PSR	78.847%	Sharpe Ratio	1.277
Total Orders	828	Average Win	1.99%
Average Loss	-1.85%	Compounding Annual Return	37.778%
Drawdown	22.400%	Expectancy	0.296
Start Equity	15000	End Equity	130238.01
Net Profit	768.253%	Sortino Ratio	1.502
Loss Rate	38%	Win Rate	62%
Profit-Loss Ratio	1.07	Alpha	0.198
Beta	0.576	Annual Standard Deviation	0.192
Annual Variance	0.037	Information Ratio	0.898
Tracking Error	0.181	Treynor Ratio	0.425

Por último, se presentan las rentabilidades netas de la estrategia a diferentes periodos rolados. Como se puede ver, rolando 12 meses, sólo ha obtenido cinco rentabilidades negativa con el -5.7% como rentabilidad mínima en 12 meses.

Rolling Statistics

Total Net Profit

	1 Month	3 Months	6 Months	12 Months
01/31/2018	0.0607	0.0607	0.0607	0.0607
02/28/2018	-0.0669	-0.0134	-0.0134	-0.0134
03/31/2018	0.0293	0.0007	0.0007	0.0007
04/30/2018	0.0663	0.0093	0.0671	0.0671
05/31/2018	-0.0060	0.0886	0.0584	0.0584
06/30/2018	-0.0289	0.0306	0.0314	0.0314
07/31/2018	0.0141	-0.0177	-0.0107	0.0460

08/31/2018	0.0319	0.0172	0.1112	0.0804
09/30/2018	0.0079	0.0575	0.0899	0.0907
10/31/2018	-0.0331	0.0072	-0.0096	0.0545
11/30/2018	0.0167	-0.0096	0.0091	0.0717
12/31/2018	-0.0436	-0.0544	0.0000	0.0314
01/31/2019	0.0650	0.0437	0.0509	0.0406
02/28/2019	0.0038	0.0396	0.0360	0.1530
03/31/2019	0.0589	0.1477	0.0871	0.1848
04/30/2019	0.0812	0.1479	0.2161	0.2040
05/31/2019	-0.0524	0.0883	0.1300	0.1474
06/30/2019	0.0793	0.1050	0.2682	0.2703
07/31/2019	0.0273	0.0466	0.2052	0.2855
08/31/2019	0.0626	0.1647	0.2626	0.3065
09/30/2019	-0.0321	0.0445	0.1542	0.2547
10/31/2019	0.0546	0.0872	0.1249	0.3722
11/30/2019	-0.0075	0.0135	0.1804	0.3287
12/31/2019	0.0184	0.0638	0.1138	0.4125
01/31/2020	0.0383	0.0546	0.1443	0.3633
02/29/2020	-0.1354	-0.0960	-0.0838	0.1568
03/31/2020	0.7911	0.5822	0.6914	0.9568
04/30/2020	0.3016	0.9960	1.0713	1.3255
05/31/2020	0.0703	1.4662	1.2295	1.6317
06/30/2020	-0.0203	0.3622	1.1343	1.3888
07/31/2020	0.0552	0.1219	1.2351	1.5169
08/31/2020	0.0858	0.1418	1.8159	1.5800
09/30/2020	-0.0048	0.1405	0.5752	1.6385
10/31/2020	-0.0054	0.0752	0.2101	1.5018
11/30/2020	0.0586	0.0514	0.1969	1.6684
12/31/2020	0.0311	0.0832	0.2396	1.6826
01/31/2021	-0.0344	0.0575	0.1370	1.5494

02/28/2021	0.0276	0.0288	0.0793	2.0302
03/31/2021	0.1886	0.1794	0.2847	1.0306
04/30/2021	0.0695	0.3087	0.3839	0.6747
05/31/2021	0.0358	0.3187	0.3567	0.6203
06/30/2021	0.0175	0.1269	0.3314	0.6597
07/31/2021	-0.0494	0.0032	0.3124	0.4922
08/31/2021	0.0303	-0.0022	0.3158	0.4202
09/30/2021	-0.0317	-0.0523	0.0692	0.3761
10/31/2021	0.0625	0.0425	0.0458	0.4468
11/30/2021	0.0057	0.0183	0.0153	0.3775
12/31/2021	0.0739	0.1319	0.0557	0.4074
01/31/2022	-0.0794	-0.0209	0.0207	0.3396
02/28/2022	0.0046	-0.0617	-0.0575	0.2393
03/31/2022	0.0166	-0.0923	0.0258	0.0794
04/30/2022	-0.0426	-0.0161	-0.0883	-0.0466
05/31/2022	0.1953	0.1474	0.0985	0.1001
06/30/2022	-0.0446	0.0877	-0.0261	0.0264
07/31/2022	0.0111	0.1505	0.1321	0.0935
08/31/2022	0.0337	0.0001	0.1417	0.0978
09/30/2022	-0.0923	-0.0612	0.0228	0.0348
10/31/2022	0.0427	-0.0460	0.0976	0.0006
11/30/2022	-0.0328	-0.0932	-0.1024	-0.0191
12/31/2022	0.0291	0.0696	-0.0106	-0.0349
01/31/2023	-0.0229	-0.0031	-0.0438	0.0825
02/28/2023	-0.0162	-0.0007	-0.0711	0.0496
03/31/2023	0.0410	0.0086	0.0789	0.0872
04/30/2023	-0.0016	0.0335	0.0408	0.1486
05/31/2023	-0.0235	0.0281	0.0251	-0.0568
06/30/2023	0.0867	0.0579	0.0810	0.0696
07/31/2023	0.0232	0.0901	0.1266	0.0883

08/31/2023	0.0250	0.1464	0.1770	0.0909
09/30/2023	0.0153	0.0619	0.1295	0.2345
10/31/2023	-0.0306	0.0057	0.0967	0.1415
11/30/2023	0.0160	0.0059	0.1494	0.1766
12/31/2023	0.0131	0.0061	0.0683	0.1612
01/31/2024	-0.0318	-0.0010	0.0106	0.1390
02/29/2024	0.0106	-0.0205	-0.0124	0.1587
03/31/2024	0.0490	0.0139	0.0201	0.1521
04/30/2024	-0.0676	-0.0119	-0.0246	0.0760
05/31/2024	-0.0214	-0.0548	-0.0744	0.0664
06/30/2024	0.0433	-0.0568	-0.0437	0.0217
07/31/2024	0.0714	0.0974	0.0710	0.0693
08/31/2024	0.1694	0.3124	0.2446	0.2289
09/27/2024	0.1588	0.4576	0.3749	0.4025

Ratios de la estrategia haciendo holding en SPY

PSR	12.430%	Sharpe Ratio	0.501
Total Orders	1	Average Win	0%
Average Loss	0%	Compounding Annual Return	13.625%
Drawdown	33.500%	Expectancy	0
Start Equity	15000	End Equity	35487.62
Net Profit	136.584%	Sortino Ratio	0.505
Loss Rate	0%	Win Rate	0%
Profit-Loss Ratio	0	Alpha	-0.001
Beta	0.993	Annual Standard Deviation	0.162
Annual Variance	0.026	Information Ratio	-0.614
Tracking Error	0.002	Treynor Ratio	0.082

Y las rentabilidades netas haciendo holding en SPY

Como se puede ver, rolendo 12 meses, se han obtenido m.as rentabilidades negativas, 16 con el -18% como rentabilidad mínima en 12 meses.

Rolling Statistics

Total Net Profit

	1 Month	3 Months	6 Months	12 Months
01/31/2018	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520
02/28/2018	-0.0217	0.0259	0.0259	0.0259
03/31/2018	-0.0272	-0.0166	-0.0166	-0.0166
04/30/2018	0.0078	-0.0549	-0.0089	-0.0089
05/31/2018	0.0277	0.0049	0.0158	0.0158
06/30/2018	0.0057	0.0352	0.0180	0.0180
07/31/2018	0.0357	0.0667	0.0054	0.0543
08/31/2018	0.0300	0.0740	0.0754	0.0871
09/30/2018	0.0059	0.0759	0.1138	0.0953
10/31/2018	-0.0689	-0.0337	0.0318	0.0198
11/30/2018	0.0121	-0.0517	0.0200	0.0325
12/31/2018	-0.0889	-0.1357	-0.0701	-0.0534
01/31/2019	0.0702	-0.0053	-0.0386	-0.0324
02/28/2019	0.0334	0.0180	-0.0287	0.0463
03/31/2019	0.0180	0.1341	-0.0182	0.0935
04/30/2019	0.0373	0.0899	0.0934	0.1285
05/31/2019	-0.0597	-0.0040	0.0127	0.0395
06/30/2019	0.0690	0.0420	0.1817	0.1006
07/31/2019	0.0269	0.0283	0.1242	0.0901
08/31/2019	-0.0166	0.0670	0.0587	0.0271
09/30/2019	0.0169	0.0150	0.0576	0.0383
10/31/2019	0.0240	0.0264	0.0432	0.1442
11/30/2019	0.0359	0.0791	0.1515	0.1616
12/31/2019	0.0238	0.0839	0.1028	0.3031
01/31/2020	0.0158	0.0827	0.1091	0.2324
02/29/2020	-0.0786	-0.0524	0.0225	0.0826
03/31/2020	-0.1154	-0.1853	-0.1126	-0.0593

04/30/2020	0.1291	-0.0887	-0.0291	0.0109
05/31/2020	0.0473	0.0330	-0.0212	0.1271
06/30/2020	0.0036	0.1835	-0.0451	0.0582
07/31/2020	0.0551	0.1245	0.0219	0.1153
08/31/2020	0.0738	0.1566	0.1948	0.2217
09/30/2020	-0.0405	0.0860	0.3032	0.1452
10/31/2020	-0.0248	0.0040	0.1326	0.0966
11/30/2020	0.1104	0.0426	0.2009	0.1755
12/31/2020	0.0311	0.1142	0.2142	0.1755
01/31/2021	-0.0101	0.1372	0.1418	0.1706
02/28/2021	0.0276	0.0547	0.0973	0.3056
03/31/2021	0.0433	0.0612	0.1890	0.5549
04/30/2021	0.0530	0.1309	0.2861	0.4567
05/31/2021	0.0065	0.1073	0.1679	0.3996
06/30/2021	0.0211	0.0818	0.1502	0.4043
07/31/2021	0.0243	0.0540	0.1916	0.3606
08/31/2021	0.0303	0.0789	0.1947	0.3110
09/30/2021	-0.0310	0.0219	0.1069	0.3185
10/31/2021	0.0698	0.0504	0.1071	0.4235
11/30/2021	0.0057	0.0260	0.1062	0.2919
12/31/2021	0.0478	0.1120	0.1183	0.2878
01/31/2022	-0.0709	-0.0359	0.0128	0.2068
02/28/2022	-0.0371	-0.0457	-0.0342	0.1530
03/31/2022	0.0518	-0.0327	0.0738	0.1697
04/30/2022	-0.0874	-0.0810	-0.0965	0.0003
05/31/2022	0.0043	-0.0492	-0.0853	-0.0019
06/30/2022	-0.0835	-0.1617	-0.2002	-0.1071
07/31/2022	0.0916	0.0043	-0.0771	-0.0469
08/31/2022	-0.0306	-0.0286	-0.0783	-0.1026
09/30/2022	-0.0784	-0.0349	-0.1896	-0.1417

10/31/2022	0.0816	-0.0577	-0.0537	-0.1450
11/30/2022	0.0249	0.0058	-0.0331	-0.1174
12/31/2022	-0.0573	0.0752	0.0224	-0.1810
01/31/2023	0.0494	0.0439	-0.0171	-0.0929
02/28/2023	-0.0228	-0.0212	0.0137	-0.0753
03/31/2023	0.0256	0.0625	0.1424	-0.0878
04/30/2023	0.0159	0.0270	0.0856	0.0265
05/31/2023	0.0060	0.0597	0.0349	0.0304
06/30/2023	0.0594	0.0812	0.1614	0.1875
07/31/2023	0.0317	0.1033	0.1331	0.1277
08/31/2023	-0.0130	0.0849	0.1480	0.1612
09/30/2023	-0.0472	-0.0321	0.0515	0.2144
10/31/2023	-0.0273	-0.0882	0.0068	0.0930
11/30/2023	0.0883	0.0145	0.0971	0.1338
12/31/2023	0.0455	0.1158	0.0800	0.2604
01/31/2024	0.0281	0.1726	0.0754	0.2195
02/29/2024	0.0523	0.1175	0.1365	0.3005
03/31/2024	0.0326	0.1035	0.2313	0.2947
04/30/2024	-0.0281	0.0557	0.2231	0.2387
05/31/2024	0.0431	0.0339	0.1550	0.2702
06/30/2024	0.0351	0.0436	0.1516	0.2438
07/31/2024	0.0080	0.0960	0.1427	0.2142
08/31/2024	0.0233	0.0720	0.1160	0.2679
09/26/2024	0.0183	0.0546	0.1006	0.3552

Se puede observar que hay más de 16 periodos anuales donde la estrategia SPY es negativa por tan sólo 5 periodos en la estrategia VIXSI hedge, con lo que se puede decir que la estrategia VIXSI hedge proporciona cobertura al SPY.

Conclusiones

En este TFM se ha presentado una señal (VIXSI), que intenta identificar las situaciones de mercado extremadamente confiadas a partir de la vela diaria del VIX, para que actúe como señal de cobertura (en corto), dando por hecho que tales situaciones suelen generar fuertes movimientos bajistas a la mínima mala noticia.

Se ha creado y evaluado una estrategia con el SPY que se mantiene largo mientras la señal es 1 y pasa a corto cuando la señal es -1 (denominada estrategia VIXSI).

Se ha optimizado esta estrategia utilizando activos que han estado en el SP500 desde 2008 sustituyendo a la cobertura del SPY (denominada estrategia VIXSIhedge), utilizando WFO con dos heurísticas de optimización, para seleccionar los activos con mejores alphas relativos (diferencia del alpha de la estrategia del activo respecto al SPY) en términos de ratio de sharpe en el periodo de optimización (in-sample) y probando la cartera en el periodo de test (out sample).

Se ha intentado crear la cartera a partir de la estimación de los alphas relativos, utilizando el mejor modelo RNN que se ha generado de un conjunto de modelos RNN adecuados para predecir secuencias. Se ha podido comprobar que prácticamente el modelo dummy supera a todos los modelos, menos a uno en concreto, que se ha probado en la generación de activos hedge estimando los alphas, sin que el resultado haya sido satisfactorio. El hecho que el modelo dummy gane a casi todos los modelos indica que es poco probable que se pueda encontrar una estimación de los alphas relativos exitosa con modelos RNN.

Por último, se ha realizado un backtesting completo con la estrategia VIXSIhedge con activos generados con WFO en el periodo de test rolando [2018-2024].

En este backtesting se ha podido comprobar que la estrategia VIXSIhedge supera la rentabilidad del benchmark (holding en SPY) a largo plazo, obteniendo los siguientes ratios significativos:

CAGR: 38% La rentabilidad anualizada se puede considerar excelente.

Sharpe Ratio 1.28 Es un ratio de sharpe bastante bueno, lo que se puede considerar que el riesgo está controlado teniendo el CAGR tan alto.

Probabilistic Sharpe Ratio (PSR): 79% Aunque no llega al 90% para considerar que el ratio de sharpe se puede mantener en el tiempo en un valor igual o superior a 1.28, 79% es un buen porcentaje para pensar que se puede obtener un buen ratio de sharpe (superando a 1) de manera recurrente.

Expectancy:0.3 La esperanza de ganar es positiva, y supera el mínimo para considerarla buena (0.2)

Profit-Loss Ratio (P/L Ratio): 1.07 Las ganancias promedio son 1.07 veces las pérdidas promedio, es algo justo, pero la esperanza confirma que es razonablemente buena.

Sortino Ratio: 1.50. Al igual que el ratio de sharpe mencionado arriba, es un buen ratio

Alpha: 0.20 Aunque el alpha no es muy alto, eso se debe a que el alpha sólo depende de la señal de cobertura, que sólo se activa un 12% de veces.

Information Ratio (IR): 0.90 Con este ratio (mayor que 0.5), se puede considerar que la estrategia supera consistentemente al benchmark (SPY)

Beta: 0.58 Un ratio menor que 1 significa que la estrategia es menos volátil que el mercado, que es uno de los objetivos que se quiere conseguir con una estrategia de cobertura.

Otras líneas de trabajo

Otra línea de actuación sería aplicar el mismo principio de la señal VIXSI al VIBEX, y probar la estrategia con el IBEX y el universo de acciones del IBEX.

Obtención del benchmark completo y código estrategia en quantconnect

La descripción de la estrategia, el código y el benchmark completo se pueden extraer del siguiente enlace sin necesidad de registrarse en la plataforma. Sin embargo, para ejecutarla se tendrá que tener un usuario, que puede ser gratuito, para clonar la estrategia y poder ejecutarla en su entorno de backtesting:

[VIXSIHedge](#)

Anexo I QuantConnect, un todo terreno para el I+D del trading cuantitativo

QuantConnect es una plataforma avanzada de desarrollo y ejecución de algoritmos para trading cuantitativo, diseñada para investigadores, desarrolladores y traders interesados en crear y probar estrategias de inversión automatizadas en diversos mercados financieros. Fundada en 2011, QuantConnect ofrece un entorno colaborativo y profesional que facilita el

desarrollo, backtesting y despliegue de algoritmos de trading. Tiene una versión gratuita para realizar backtestings, aunque penaliza en tiempo de ejecución. Las versiones de pago son escalables según necesidades de CPU de backtesting y/o ejecución.

Características principales de QuantConnect:

1. Acceso a datos financieros históricos y en tiempo real:

- Proporciona datos históricos validados de múltiples clases de activos, incluyendo acciones, futuros, opciones, criptomonedas y divisas.
- Los datos abarcan mercados globales, lo que permite a los usuarios diseñar estrategias diversificadas.

2. Motor de backtesting de alto rendimiento:

- Permite simular estrategias con precisión utilizando datos históricos.
- El motor toma en cuenta factores como costos de transacción, slippage y horarios del mercado, brindando resultados realistas.

3. Integración con múltiples brokers y mercados:

- Compatible con plataformas como Interactive Brokers, Coinbase, y otros, para ejecutar estrategias en vivo.
- Admite trading en mercados globales y diferentes clases de activos.

4. Lenguajes de programación compatibles:

- Los usuarios pueden escribir algoritmos en **C#** o **Python**, lenguajes ampliamente utilizados en finanzas cuantitativas.
- La plataforma proporciona una rica biblioteca de herramientas y ejemplos para acelerar el desarrollo.

5. Infraestructura en la nube:

- Los usuarios pueden desarrollar, probar y desplegar estrategias directamente desde la nube, sin necesidad de hardware especializado.

- Escalabilidad para ejecutar múltiples algoritmos simultáneamente.

6. **Comunidad colaborativa:**

- QuantConnect fomenta el intercambio de ideas y conocimientos entre sus miembros, ofreciendo foros, recursos educativos y proyectos comunitarios.

7. **Lean Algorithm Framework:**

- Un marco de código abierto que subyace en la plataforma, ofreciendo flexibilidad y personalización para usuarios avanzados.

Casos de uso:

- **Investigación financiera:** Ideal para académicos y analistas que buscan validar hipótesis de mercado.
- **Trading automatizado:** Permite a traders ejecutar estrategias de forma continua y precisa.
- **Gestión de portafolios:** Facilita la creación de estrategias complejas que optimicen la asignación de activos.

En resumen, QuantConnect se posiciona como una herramienta poderosa para quienes buscan innovar y competir en el ámbito del trading cuantitativo, ofreciendo acceso a datos, herramientas de desarrollo, y una comunidad activa en un entorno profesional y flexible.

Anexo II Descripción modelos RNN

1. Regresión con RNN

Este modelo combina la capacidad de las RNN para procesar datos secuenciales con una salida continua para tareas de regresión. Las RNN capturan patrones temporales a través de estados ocultos recurrentes y, mediante una capa densa final con activación lineal, generan valores continuos como salida. Se utiliza principalmente en predicciones de series temporales y datos secuenciales con resultados numéricos, optimizando mediante la minimización del error cuadrático medio (MSE).

2. Long Short-Term Memory (LSTM)

Las LSTM son un tipo especial de RNN diseñado para manejar problemas de desvanecimiento y explosión del gradiente en secuencias largas. Incorporan celdas de memoria y mecanismos de puertas (entrada, olvido y salida) que controlan el flujo de información relevante en la red, permitiendo capturar dependencias de largo plazo en los datos. Se aplican ampliamente en traducción automática, reconocimiento de voz y predicción de series temporales.

3. Redes neuronales convolucionales (CNN)

Las Redes Neuronales Convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés) son un tipo de arquitectura de aprendizaje profundo diseñada específicamente para procesar datos con una estructura de tipo rejilla, como imágenes. Su principal característica es el uso de capas convolucionales, que aplican filtros o kernels sobre la entrada para extraer características locales, como bordes, texturas y patrones, manteniendo las relaciones espaciales de los datos.

4. Gated Recurrent Unit (GRU)

Los GRU son una variante más simple de las LSTM que combinan las puertas de entrada y olvido en una sola "puerta de actualización". Esto reduce la complejidad computacional manteniendo la capacidad de modelar dependencias a largo plazo. Al ser más eficientes y menos costosos

computacionalmente, los GRU son populares en aplicaciones como procesamiento de lenguaje natural y análisis de datos secuenciales.

5. Attention Mechanism en RNN

El mecanismo de atención mejora el rendimiento de las RNN enfocándose en partes relevantes de la entrada en cada paso de tiempo, asignando pesos de importancia dinámicos. Esto es especialmente útil para tareas como traducción automática y resumen de texto, donde las relaciones entre elementos distantes de la secuencia son cruciales. Las redes de atención se consideran un puente hacia arquitecturas modernas como Transformers.

6. RNN Bidireccional

Las RNN bidireccionales procesan la secuencia de entrada en ambas direcciones (hacia adelante y hacia atrás), permitiendo que cada nodo combine información pasada y futura. Esto mejora la comprensión contextual en tareas como reconocimiento de voz y etiquetado de secuencias. Son especialmente útiles cuando toda la secuencia está disponible durante el procesamiento.

Anexo III Descripción ratios de estrategias de trading y valores considerados buenos

1. Compound Annual Growth Rate (CAGR)

El CAGR mide el crecimiento promedio anual de una inversión asumiendo reinversión de ganancias. Se calcula como una tasa constante que describe cómo habría crecido el capital desde el inicio hasta el final de un período, proporcionando una visión clara del rendimiento a largo plazo.

2. Probabilistic Sharpe Ratio (PSR)

El PSR ajusta el Sharpe Ratio tradicional para incluir la incertidumbre estadística derivada de un historial limitado de datos. Evalúa la probabilidad de que el ratio observado sea mayor que un umbral deseado, ayudando a validar la calidad de una estrategia de trading.

3. Expectancy

La expectativa es una métrica que mide la rentabilidad promedio por operación de una estrategia. Se calcula como el producto de la probabilidad de ganar y el promedio de ganancias, menos la probabilidad de perder y el promedio de pérdidas. Una expectativa positiva indica una estrategia sostenible.

4. Profit-Loss Ratio (P/L Ratio)

Este ratio compara la ganancia promedio con la pérdida promedio en una estrategia de trading. Un valor mayor a 1 indica que las ganancias son, en promedio, mayores que las pérdidas, pero debe analizarse junto con la tasa de aciertos para una evaluación completa.

5. Sharpe Ratio

El Sharpe Ratio mide el rendimiento ajustado al riesgo, calculando la rentabilidad media en exceso de la tasa libre de riesgo, dividida por la desviación estándar de los retornos. Es ampliamente utilizado para comparar estrategias con diferentes niveles de volatilidad.

6. Sortino Ratio

El Sortino Ratio es una variación del Sharpe Ratio que solo considera la desviación estándar de los retornos negativos (riesgo a la baja). Es más adecuado para evaluar estrategias que priorizan la mitigación de pérdidas sobre la volatilidad total.

7. Alpha

El Alpha mide el rendimiento de una estrategia en comparación con un índice de referencia, ajustado al riesgo. Un Alpha positivo indica que la estrategia supera al mercado, mientras que un Alpha negativo refleja un rendimiento inferior.

8. Beta

El Beta mide la sensibilidad de una estrategia a los movimientos del mercado, indicando su exposición al riesgo sistemático. Un Beta mayor a 1 sugiere mayor volatilidad que el mercado, mientras que un Beta menor a 1 implica menor sensibilidad.

9. Information Ratio (IR)

El IR evalúa el exceso de retorno de una estrategia sobre su benchmark en relación con la volatilidad de ese exceso. Un IR alto indica una estrategia consistente y eficiente en superar al mercado.

10. Tracking Error

El Tracking Error mide la desviación estándar de la diferencia entre los retornos de una estrategia y su índice de referencia. Una baja desviación sugiere que la estrategia sigue de cerca al benchmark, mientras que un valor alto refleja un comportamiento divergente.

Valores de los ratios considerados buenos:

Excepto en algunos casos especiales, como trading con alta frecuencia, en general los valores buenos de estos ratios son los siguientes:

1. Compound Annual Growth Rate (CAGR)

- **Bueno:** 10%-20% anual para estrategias consistentes.
- **Excelente:** Más del 20% anual, pero con riesgo controlado.

2. Probabilistic Sharpe Ratio (PSR)

- **Bueno:** Probabilidad $\geq 90\%$ de que el Sharpe Ratio verdadero supere un umbral de referencia.
- **Excelente:** Probabilidad $\geq 95\%$.

3. Expectancy

- **Bueno:** Expectativa > 0.2 (es decir, ganar 20 centavos por cada dólar arriesgado).
- **Excelente:** Expectativa > 0.5 .

4. Profit-Loss Ratio (P/L Ratio)

- **Bueno:** Entre 1.5 y 2 (ganancias promedio son 1.5 a 2 veces las pérdidas promedio).

- **Excelente:** Mayor a 2, siempre que la tasa de aciertos sea razonable (> 40%).

5. Sharpe Ratio

- **Bueno:** Entre 1.0 y 2.0, lo que indica un buen rendimiento ajustado al riesgo.
- **Excelente:** Mayor a 2.0, lo que refleja una estrategia excepcionalmente eficiente.

6. Sortino Ratio

- **Bueno:** Mayor a 1.0, lo que indica una buena rentabilidad frente al riesgo a la baja.
- **Excelente:** Mayor a 2.0.

7. Alpha

- **Bueno:** Mayor a 1%, lo que indica que la estrategia supera consistentemente al benchmark.
- **Excelente:** Mayor a 2%-3%, ajustado al riesgo.

8. Beta

- **Bueno:**
 - Cerca de 1 para estrategias pasivas que sigan al mercado.
 - Menor a 1 para estrategias defensivas (menos volátiles que el mercado).
 - Mayor a 1 para estrategias agresivas que buscan mayor rentabilidad.

9. Information Ratio (IR)

- **Bueno:** Mayor a 0.5, lo que sugiere que la estrategia supera consistentemente al benchmark.
- **Excelente:** Mayor a 1.0.