

Creación de un portafolio de inversión óptimo mediante un modelo de selección de acciones

**Trabajo Fin de Máster
Máster Universitario en Big Data Science**

Curso académico 2023-2024

AUTOR: Santiago Rosell & Giulio Brevi
TUTOR ACADÉMICO: [Juan Jose Fernandez Tebar](#)
TUTOR DE EMPRESA: Rafael Ruiz
Madrid, 22 de Agosto del 2024



Índice

1.	Resumen.....	2
2.	Introducción	
2.1.	Motivación.....	3
2.2.	Descripción del trabajo.....	3
2.3.	Estado del Arte y Revisión de la Literatura.....	4
2.4.	Objetivos.....	10
3.	Análisis, Descripción y Limpieza de Datos	
3.1.	Material Empleado.....	12
3.2.	Estructura de los datos.....	12
3.3.	Limpieza de datos.....	14
4.	Creación del Modelo de Selección	
4.1.	Funciones.....	16
4.2.	Caso Práctico: Prueba Apple.....	17
4.3.	Asignación de Pesos.....	20
4.4.	Creación del Portafolio.....	22
4.5.	Manejo del Portafolio.....	24
5.	Resultados del Modelo	
5.1.	Simulación del Portafolio.....	26
5.2.	Métricas y gráficas.....	28
6.	Conclusiones	
7.	Bibliografía	



1. Resumen

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un modelo de inversión basado en los principios del Value Investing para seleccionar acciones subvaloradas que ofrezcan un alto potencial de rendimiento a largo plazo. Para ello, hemos creado una serie de funciones que nos permiten calcular indicadores clave como el valor intrínseco de las empresas, el Z-Score de Altman y el Piotroski F-Score. Estos indicadores son utilizados para evaluar y seleccionar anualmente las mejores acciones que formarán parte de un portafolio óptimo.

El enfoque principal del proyecto es construir un portafolio que, a lo largo del tiempo, pueda superar a los principales índices de referencia como el S&P 500, Berkshire Hathaway y Nasdaq. A través de un proceso de backtesting, analizamos cómo este portafolio habría evolucionado desde 1996, comparando su rendimiento con los índices mencionados para validar la eficacia del modelo. Este análisis nos permitió identificar no solo el potencial de crecimiento del portafolio, sino también su capacidad para resistir periodos de crisis económica.

Este proyecto busca demostrar que, mediante una estrategia disciplinada basada en el Value Investing y el análisis cuantitativo, es posible construir un portafolio que ofrece rendimientos superiores a largo plazo. A lo largo del proyecto, se analizan las decisiones de inversión basadas en nuestro modelo y se comparan con estrategias de inversión tradicionales, con el fin de evaluar la efectividad y sostenibilidad de la estrategia propuesta.



2. Introducción

2.1. Motivación

El mercado bursátil siempre ha sido fundamental para la economía global. No solo sirve como un indicador de la salud económica, sino que también ofrece a las personas la oportunidad de invertir, gestionar sus finanzas personales y aumentar el valor de sus activos con el tiempo. Hoy en día, la ciencia de datos se aplica a numerosos campos, y las finanzas no son una excepción. En este Trabajo de Fin de Máster, se propone crear un modelo de selección utilizando variables que nos permitan valorar una empresa para poder identificar las mejores oportunidades de inversión. El objetivo es que el modelo recomiende acciones en las que invertir para diversificar el portafolio, reducir el riesgo y aumentar el rendimiento de la inversión, alineándose con los principios del Value Investing.

2.2. Descripción del trabajo

Este trabajo de fin de máster tiene como propósito desarrollar un modelo para la selección de acciones en el mercado bursátil, utilizando técnicas de backtesting para validar la eficacia del modelo. El objetivo principal es crear un modelo que nos ayude a construir un portafolio de inversión basado en ciertas variables históricas. Por cada año, se identificará el top 10 de acciones a invertir, con el propósito de evaluar su rendimiento hasta la actualidad. Este portafolio tiene como objetivo evaluar la precisión del modelo, buscando que proporcione un rendimiento neto superior al índice bursátil S&P 500 con el mínimo de trabajo posible, lo que nos permitirá mantener los costos operativos bajos y cercanos a lo mínimo necesario.

Para lograr este objetivo, se empleará el backtesting, para evaluar y valorar el rendimiento de nuestro portafolio creado en base al modelo. El modelo permitirá capturar la volatilidad y las tendencias a largo plazo de las acciones seleccionadas, ofreciendo una visión más completa y precisa del comportamiento del mercado. Al enfocarnos en el índice S&P 500, contamos con una base de datos extensa y representativa de las principales empresas estadounidenses, lo cual es crucial para la robustez y fiabilidad del modelo desarrollado.



El modelo de selección no solo se basará en el análisis de precios históricos comparados con los valores intrínsecos históricos obtenidos por medio del descuento de flujo de caja, sino que también incorporará indicadores financieros clave como los índices de Altman y Piotroski. Estos índices son reconocidos por su capacidad para evaluar la solidez financiera y el potencial de crecimiento de las empresas, proporcionando una base sólida para la selección de acciones. Al integrar estos indicadores en el modelo, se espera mejorar significativamente la precisión y efectividad de las recomendaciones de inversión, asegurando que las acciones seleccionadas sean de alta calidad y con perspectivas favorables.

2.3. Estado del Arte y Revisión de la Literatura

2.3.1. Value Investing

Value Investing es una estrategia de inversión centrada en encontrar y adquirir acciones que están subvaloradas por el mercado en comparación con su valor intrínseco. En lugar de seguir las tendencias del mercado, los inversores que utilizan Value Investing se enfocan en empresas que, según sus análisis, están siendo mal interpretadas por el mercado. La idea es comprar estas acciones a un precio reducido y esperar a que el mercado corrija su valoración, permitiendo así obtener ganancias cuando el precio de la acción se ajuste a su valor real. Como lo explica Benjamin Graham, "uno de los principios más importantes de la inversión es siempre tener un margen de seguridad; es decir, comprar valores cuando valen más de lo que pagas por ellos. Este concepto es esencial porque protege contra errores de juicio y desarrollos inesperados" (Graham & Dodd, 1934).

Esta estrategia tiene sus raíces en las enseñanzas de Benjamin Graham, conocido como el padre del Value Investing, y ha sido popularizada por inversores como Warren Buffett. El enfoque de Graham se basa en la idea de que los mercados financieros pueden ser irracionales en el corto plazo, pero tienden a corregirse a largo plazo. Por lo tanto, el Value Investing se utiliza para buscar empresas con fundamentos sólidos, como un buen historial de ganancias, bajo endeudamiento y una ventaja competitiva sostenible, creyendo que estos atributos les permitirán superar los desafíos del mercado y crecer con el tiempo.



Como destaca Phil Fisher, "la empresa debe tener una posición financiera lo suficientemente fuerte como para soportar las vicisitudes de la vida empresarial" (Fisher, 1958).

El Value Investing requiere de una visión a largo plazo, ya que no siempre se obtienen resultados inmediatos. A menudo, los inversores deben esperar hasta que el mercado reconozca el valor real de la empresa, lo que puede llevar años. Sin embargo, los defensores de esta estrategia argumentan que el enfoque disciplinado y basado en el análisis fundamental ofrece una forma más segura de invertir. Al centrarse en el valor intrínseco de las empresas y no en las fluctuaciones diarias del mercado, el Value Investing busca proporcionar una rentabilidad sostenida y sólida a largo plazo.

2.3.2. Discounted Cash Flow Model (DCF)

La valoración de una empresa es un proceso fundamental para inversores, analistas y ejecutivos, y uno de los enfoques más ampliamente aceptados es el modelo de Flujo de Efectivo Descontado (DCF). Este método estima el valor presente de todos los flujos de efectivo futuros generados por una empresa. Aquí se detalla el proceso de valoración utilizando el modelo DCF:

1. Valoración de las Operaciones: Este paso implica valorar las operaciones principales de la empresa al descontar el flujo de efectivo libre (FCF) al Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC). El FCF representa el efectivo disponible para todos los inversionistas, y al descontarlo al WACC obtenemos el valor presente de las actividades operativas.
2. Valoración de Activos No Operativos: Se determina el valor justo de mercado de los activos no operativos, como inversiones en otras empresas o propiedades, y se agrega al valor empresarial obtenido en el paso anterior.
3. Identificación y Valoración de la Deuda: Se calcula el valor presente de todos los flujos de efectivo futuros asociados con el servicio de la deuda, incluyendo intereses y otros equivalentes de deuda.



4. Cálculo del Valor del Capital Común: Restando el valor de la deuda al valor empresarial se obtiene el valor del capital común, que representa el reclamo residual sobre los activos de la empresa. Dividir este valor por el número de acciones en circulación proporciona una estimación del valor por acción.

Para calcular el Flujo de Efectivo Libre (FCF), se sigue un proceso detallado:

1. NOPLAT: Se calcula restando los impuestos ajustados del Earnings Before Interest (EBI), también conocido como EBIT.
2. Gross Cash Flow: Se suma la depreciación al NOPLAT para obtener el Gross Cash Flow, que representa el flujo de efectivo generado por las operaciones de la empresa.
3. Inversiones en Capital Invertido: Se deducen las inversiones en capital de trabajo operativo y los gastos de capital netos del Gross Profit para obtener el FCF.

El FCF es esencial para la valoración precisa de una empresa utilizando el modelo DCF, ya que representa el efectivo disponible después de considerar las inversiones en capital de trabajo y gastos de capital.

El proceso de calcular el ROIC y el FCF implica reorganizar los estados financieros para separar los elementos operativos y no operativos, y pronosticar el valor futuro de las operaciones de la empresa. Esto se logra estimando el crecimiento de los ingresos, el ROIC y el FCF, y utilizando una fórmula de Valor Continuo para estimar el valor del FCF después del período de pronóstico explícito.

Finalmente, una vez estimado el Valor de las Operaciones, se puede proceder a calcular el Valor de la Empresa (Enterprise Value) sumando el Valor de las Operaciones y el Valor de los Activos No Operativos. El Valor del Patrimonio se calcula como la diferencia entre el Valor de la Empresa y el Valor de la Deuda, y se utiliza para estimar el precio de las acciones.

En resumen, el modelo DCF es un enfoque robusto y ampliamente utilizado para valorar empresas, ya que se basa en los flujos de efectivo en lugar de las ganancias basadas



en contabilidad, lo que lo hace adecuado para empresas con diferentes estructuras de capital.

2.3.3. Weighted Average Cost of Capital (WACC)

Una empresa cuenta con dos principales fuentes de financiamiento: deuda y patrimonio. Estas pueden ser obtenidas emitiendo acciones para aumentar el capital o emitiendo bonos para adquirir más deuda. El Costo Promedio Ponderado del Capital (WACC) es esencial, ya que representa la tasa de rendimiento requerida por todos los inversores para compensar el riesgo de invertir. Calcular el WACC puede ser complejo, por lo que se recurre a una fórmula estándar para estimar este costo.

El costo de la deuda se calcula dividiendo los intereses pagados entre el monto total de deuda, ajustado por la tasa impositiva. Para estimar el costo de capital de patrimonio, se utiliza el Modelo de Fijación de Precios de Activos de Capital (CAPM), que establece que el rendimiento esperado de una acción está determinado por su sensibilidad al mercado. Este modelo utiliza la tasa libre de riesgo, el beta del mercado y la prima de riesgo de mercado para calcular el costo de capital de patrimonio.

La tasa libre de riesgo se basa en el rendimiento de bonos del gobierno a largo plazo, mientras que el beta del mercado mide la correlación entre el precio de las acciones y el mercado en general. Por último, la prima de riesgo de mercado representa la compensación adicional que los inversores reciben por asumir el riesgo del mercado. En conjunto, estos componentes permiten estimar el costo de capital y el WACC de una empresa, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones financieras.

$$WACC = \frac{E}{E+D} \times Ke + \frac{D}{E+D} \times Kd \times (1 - T)$$



Donde:

- E = valor de mercado de acciones para el valor de la empresa
- D = valor de mercado de deuda para el valor de la empresa
- Ke = costo de capital (tasa de rendimiento requerida por los tenedores de acciones)
- Kd = costo de la deuda (tasa de rendimiento requerida por los tenedores de deuda)
- T = tasa impositiva marginal

2.3.4. Índice de Altman Z-Score

El índice de Altman Z-Score es una herramienta financiera creada por el profesor Edward Altman en 1968 para predecir la probabilidad de quiebra de una empresa en los próximos dos años. Este índice combina varios datos financieros en una fórmula que da una puntuación, indicando así la estabilidad financiera de la empresa.

El Z-Score se calcula usando cinco ratios financieros clave:

- **X1:** Capital de trabajo / Activos totales - Mide la liquidez de la empresa.
- **X2:** Retención de ganancias / Activos totales - Indica la capacidad de la empresa para reinvertir sus beneficios.
- **X3:** Beneficios antes de intereses e impuestos (EBIT) / Activos totales - Evalúa la eficiencia operativa de la empresa.
- **X4:** Valor de mercado del capital / Valor contable de la deuda total - Refleja la solvencia y la estructura de capital de la empresa.
- **X5:** Ventas / Activos totales - Representa la capacidad de la empresa para generar ingresos con sus activos.

La fórmula del Z-Score es:

$$Z = 1.2 \times X1 + 1.4 \times X2 + 3.3 \times X3 + 0.6 \times X4 + 1.0 \times X5$$



La interpretación del Z-Score es bastante directa:

- $Z > 2.99$: La empresa está en una zona segura, con baja probabilidad de quiebra.
- $1.81 < Z < 2.99$: La empresa está en una zona de alerta, con riesgo moderado de quiebra.
- $Z < 1.81$: La empresa está en una zona de peligro, con alta probabilidad de quiebra.

El índice de Altman Z-Score es muy utilizado por analistas e inversores para evaluar la salud financiera de las empresas y tomar decisiones informadas sobre inversiones y créditos. Al sintetizar varios aspectos financieros en una sola puntuación, se convierte en una herramienta valiosa para la gestión del riesgo y la planificación estratégica.

2.3.5. Índice de Piotroski Z-Score

El índice de Piotroski F-Score es una herramienta que evalúa la salud financiera de una empresa y su potencial de crecimiento, utilizando nueve criterios contables que abarcan tres áreas: rentabilidad, apalancamiento y eficiencia operativa.

1. ROA (Return on Assets) positivo - Indica que la empresa está ganando dinero.
2. CFO (Cash Flow from Operations) positivo - Mide si la empresa está generando efectivo con sus operaciones.
3. Cambio en ROA positivo - Muestra si la rentabilidad de la empresa está mejorando.
4. CFO mayor que ROA - Sugiere que los beneficios de la empresa son de alta calidad.
5. Reducción de la deuda a largo plazo - Indica que la empresa está reduciendo su deuda.
6. Mejora en la liquidez actual - Muestra que la empresa es mejor en cubrir sus deudas a corto plazo.
7. No emisión de acciones nuevas - Significa que la empresa no está emitiendo nuevas acciones, evitando la dilución del valor de las acciones existentes.



8. Mejora en el margen bruto - Indica que la empresa está mejorando su eficiencia operativa.
9. Mejora en la rotación de activos - Muestra que la empresa está utilizando mejor sus activos para generar ingresos.

Cada criterio se evalúa con un 1 (si cumple el criterio) o un 0 (si no lo cumple), y la suma de estos valores da un F-Score entre 0 y 9.

- F-Score de 8-9: La empresa tiene una excelente salud financiera y un alto potencial de crecimiento.
- F-Score de 5-7: La empresa está en buena forma financiera pero tiene áreas que pueden mejorar.
- F-Score de 0-4: La empresa tiene problemas financieros significativos y un alto riesgo de dificultades futuras.

El índice de Piotroski F-Score es una herramienta útil para los inversores porque ayuda a identificar empresas con buenas finanzas y perspectivas de crecimiento, facilitando decisiones de inversión más informadas.

2.4. Objetivos

- Desarrollar un modelo de selección de acciones en el mercado bursátil, validando la precisión mediante el backtesting, con el objetivo de construir un portafolio que ofrezca un rendimiento neto superior al índice S&P 500, minimizando el esfuerzo operativo y los costos asociados.
- Proporcionar recomendaciones de inversión que permitan diversificar el portafolio, reducir el riesgo y aumentar el rendimiento, utilizando un enfoque disciplinado y basado en los principios del Value Investing.
- Integrar indicadores financieros clave, como el índice de Altman y el Piotroski F-Score, para evaluar la solidez financiera y el potencial de crecimiento de las empresas seleccionadas, asegurando así la robustez y estabilidad del portafolio a lo largo del tiempo.



- Implementar una estrategia de inversión basada en la selección anual de las 10 mejores empresas dadas por el modelo de selección, evitando el sobreajuste y manteniendo un enfoque diversificado.
- Evaluar el rendimiento del portafolio a lo largo de diferentes ciclos económicos, incluyendo períodos de recesión y recuperación, para validar la resiliencia del modelo.
- Comparar el desempeño del portafolio simulado con otros índices de referencia, como Nasdaq y Berkshire Hathaway, para establecer un benchmark más amplio.
- Utilizar un escenario simulado para realizar todas las transacciones de compra y venta, asegurando que el modelo sea capaz de ejecutar estrategias de inversión en un entorno realista.



3. Análisis, Descripción y Limpieza de Datos

3.1. Material Empleado

En esta investigación, se utilizó el API de financialmodelingprep.com, la cual proporciona acceso a una amplia información de datos financieros, incluidos los estados financieros históricos de las empresas. Entre los estados financieros que se obtendrán a través de este API se encuentran: Income Statement, Balance Sheet y Cash Flow Statement.

Además del API de financialmodelingprep.com, se emplearon diversas bibliotecas de Python especializadas en análisis financiero y modelado de datos.

El uso de estas herramientas y recursos permitirá llevar a cabo un análisis financiero completo y riguroso de los datos históricos de las empresas del S&P 500, proporcionando una base sólida para la evaluación de oportunidades de inversión y la toma de decisiones estratégicas.

3.2. Estructura de los datos

Luego de haber descargado la información histórica de los estados financieros de las empresas desde el año 1985, se procesó la información de tal manera en la que solo nos quedamos con los rubros necesarios para poder realizar un modelo de descuento de flujo de caja. A continuación detallamos las variables más significativas de los estados financieros (balance sheet, income statement y cash flow statement).

La base de datos históricos del Balance Sheet contiene los siguientes campos relevantes para el análisis DCF:

1. **symbol:** El símbolo de la empresa.
2. **date:** La fecha del informe.
3. **reportedCurrency:** La moneda en la que se reportan los valores.
4. **cashAndCashEquivalents:** El efectivo y equivalentes al efectivo disponibles.
5. **shortTermInvestments:** Las inversiones a corto plazo.
6. **totalAssets:** El total de activos.



7. **totalCurrentLiabilities:** El total de pasivos corrientes.
8. **totalLiabilities:** El total de pasivos.
9. **totalStockholdersEquity:** El total de patrimonio de los accionistas.
10. **totalLiabilitiesAndStockholdersEquity:** El total de pasivos y patrimonio de los accionistas.

La base de datos históricos del Income Statement contiene los siguientes campos relevantes para el análisis DCF:

1. **date:** La fecha del informe.
2. **symbol:** El símbolo de la empresa.
3. **reportedCurrency:** La moneda en la que se reportan los valores.
4. **revenue:** Los ingresos totales generados por la empresa.
5. **costOfRevenue:** El costo total de los bienes vendidos.
6. **grossProfit:** La utilidad bruta, calculada restando el costo de los ingresos del total de los ingresos.
7. **operatingIncome:** La utilidad operativa, que representa los ingresos menos los costos operativos.
8. **netIncome:** La utilidad neta, que representa la ganancia final de la empresa después de todos los gastos.
9. **EPS:** Las ganancias por acción, que es la ganancia neta dividida por el número promedio ponderado de acciones en circulación.

La base de datos históricos del Cash Flow Statement contiene los siguientes campos relevantes para el análisis DCF:

1. **date:** La fecha del informe.
2. **symbol:** El símbolo de la empresa.
3. **reportedCurrency:** La moneda en la que se reportan los valores.
4. **netIncome:** La utilidad neta de la empresa.
5. **depreciationAndAmortization:** La depreciación y amortización, que afecta los flujos de efectivo pero no implica un desembolso de efectivo.



6. **operatingCashFlow:** El flujo de efectivo generado por las operaciones de la empresa.
7. **capitalExpenditure:** El gasto en inversiones en activos fijos y otros activos de larga duración.
8. **freeCashFlow:** El flujo de efectivo libre, que representa el efectivo generado por la empresa después de descontar el gasto en inversiones.

3.3. Limpieza de Datos

La preparación y limpieza de los datos es una parte importante al momento de la creación de nuestro modelo de selección. Los datos obtenidos desde el API de financialmodelingprep.com proporcionaba todas las empresas (Tickers) desde el año 1986, y para cada una de estas empresas, se pudo extraer todos los estados financieros anuales, tales como el Balance Sheet, el Cash Flow Statement, el Income Statement, y otros análisis útiles para una correcta valoración de la empresa. Tomando en cuenta que el objetivo del proyecto es crear un portafolio de inversión óptimo con el fin de crear un retorno que supere al retorno del índice del S&P 500, tenemos que tomar en cuenta solo aquellas empresas que forman parte del índice.

El primer paso para la preparación y la limpieza de los datos fue el filtrado de las acciones pertenecientes al índice bursátil desde 1986. El API de nos proporcionaba un listado de las acciones del S&P 500 diario desde el año 1996. Con el fin de tener una base de datos más limpia y reducida, se procedió a filtrar todas las filas con el fin de obtener una fila por año. Para esto, se escogió como fecha base el 1 de Mayo de cada año, puesto a que es alrededor de esa fecha cuando las empresas terminan de presentar los resultados del ejercicio anterior.

Para continuar con la limpieza, una vez obtenida la lista de acciones anual desde 1996, y con el objetivo de evaluar aquellas acciones maduras, se realizó un estudio analizando la distribución del valor de mercado de las acciones por año. Mediante una



4. Creación del Modelo de Selección

4.1. Funciones

Antes de empezar a construir nuestro modelo para seleccionar las acciones que formarán parte de nuestro portafolio de inversión óptimo, necesitamos crear algunas funciones básicas que nos ayudarán en el proceso. Estas funciones serán como nuestras herramientas, facilitando el análisis y asegurando que todo esté bien calculado.

Primero, nos dedicamos a desarrollar estas funciones una a una. Imagina que estamos creando recetas para distintos platillos; cada función tiene su propia tarea específica, como calcular el rendimiento esperado de una acción, medir su volatilidad o ver cómo se relaciona con otras acciones. Queremos que cada receta sea perfecta para que, al usarlas, obtengamos resultados precisos y coherentes.

Una vez que tenemos listas nuestras funciones, el siguiente paso es ponerlas a trabajar. Aquí es donde entra en juego un loop, o ciclo, que aplicará estas funciones a todas las acciones de nuestra base de datos limpia. La idea es que, al automatizar este proceso, podamos manejar un gran volumen de datos de manera rápida y eficiente. Esto nos ahorra tiempo y nos permite comparar todas las acciones bajo los mismos criterios.

Al final, lo que buscamos es simplificar el trabajo duro para poder concentrarnos en lo que realmente importa: interpretar los resultados y tomar decisiones informadas. De esta manera, podemos construir un portafolio de inversión óptimo que maximice nuestras oportunidades de ganar y minimice los riesgos.

Se crearon cuatro funciones iniciales, las cuales tienen como objetivo las siguientes:

- `get_intrinsic_value()`: esta función nos ayudará a obtener el valor intrínseco anual desde 1996. Tiene como parámetros aquellas variables necesarias para poder realizar un modelo de descuento de flujo de caja: el flujo de caja, WACC, growth rate, deuda total y el volumen de acciones disponibles en el mercado.
- `calculate_average_growth_rate()`: esta función nos ayudará a calcular el promedio de crecimiento anual de cada una de las empresas.



- `calcular_z_score_altman()`: esta función calculará el índice de Altman para cada una de las empresas por cada año dentro de la base de datos.
- `calcular_piotroski_score()`: esta función calculará el índice de Piotroski para cada una de las empresas por cada año dentro de la base de datos.

4.2. Caso Práctico: Prueba Apple

Una vez que hemos creado las funciones que utilizaremos para analizar cada una de las acciones, es crucial ponerlas a prueba para asegurarnos de que funcionan correctamente. En lugar de aplicarlas de inmediato a todas las observaciones de nuestra base de datos, decidimos empezar con una sola acción como ejemplo. Esta estrategia nos permite verificar la efectividad de nuestras funciones de manera controlada.

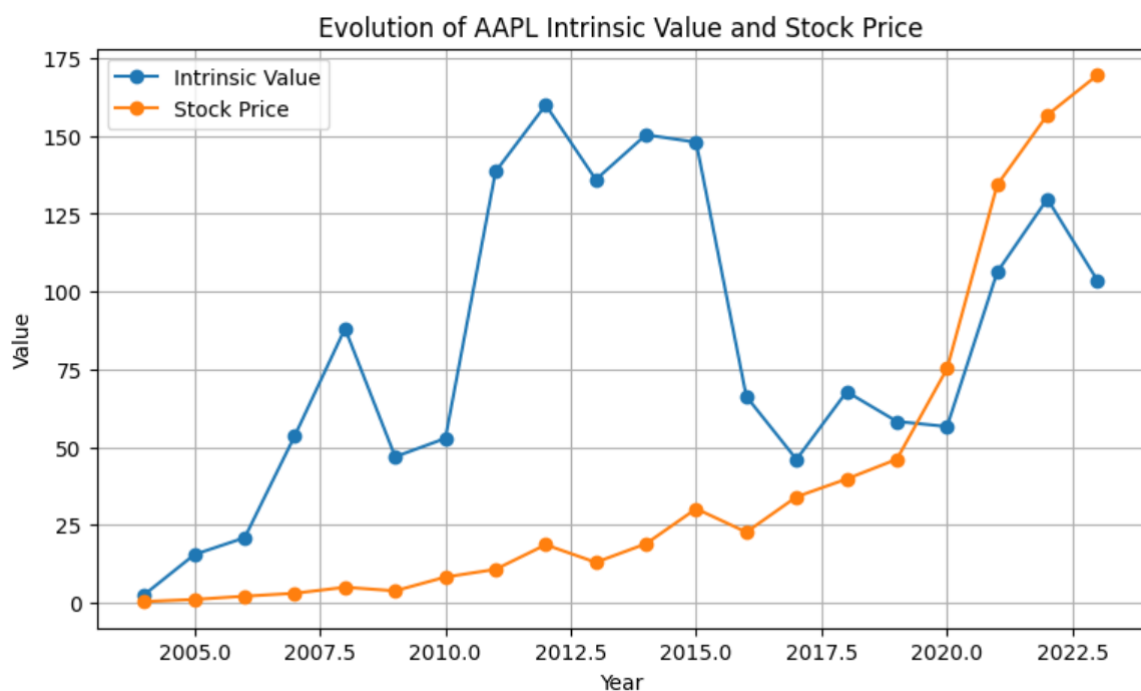
Para este propósito, seleccionamos la acción de Apple (AAPL), una empresa tecnológica bien conocida. Elegimos Apple debido a su madurez en el mercado, siendo una de las empresas más grandes del mundo, con un valor de mercado de 3.4 trillones de dólares americanos en la fecha actual.

Primero, procederemos a calcular el valor intrínseco anual de Apple basado en sus estados financieros históricos. Como mencionamos anteriormente, el valor intrínseco de una acción representa el valor presente de los flujos de caja futuros de la empresa, descontados al costo de capital (WACC). Utilizaremos las funciones que hemos desarrollado para verificar su correcto funcionamiento y precisión en este cálculo

Después de realizar estos cálculos, obtuvimos los siguientes resultados para el valor intrínseco de las acciones de Apple a lo largo de los años. A continuación, presentamos un dataframe con los resultados obtenidos desde el año 2004, junto con el precio real de la acción en esas fechas para poder hacer una comparación adecuada. Además, mostramos un gráfico de líneas que nos ayuda a visualizar si la tendencia de nuestro valor estimado sigue el mismo comportamiento que el valor real de la acción.



Ticker	Year	Intrinsic Value	Stock Price
AAPL	2004	2.6400	0.4096
AAPL	2005	15.5200	1.0902
AAPL	2006	20.9200	2.1301
AAPL	2007	53.7400	3.0686
AAPL	2008	88.1500	5.0025
AAPL	2009	46.9300	3.8511
AAPL	2010	52.8400	8.2766
AAPL	2011	138.5400	10.7534
AAPL	2012	159.9600	18.6630
AAPL	2013	136.0000	13.0017
AAPL	2014	150.3900	18.9824
AAPL	2015	147.9900	30.2320
AAPL	2016	66.2900	22.7072
AAPL	2017	46.0900	34.0579
AAPL	2018	67.8300	39.7930
AAPL	2019	58.2800	46.1339
AAPL	2020	56.6400	75.2231
AAPL	2021	106.2500	134.2719
AAPL	2022	129.8000	156.7700
AAPL	2023	103.5200	169.5900





Como podemos observar en el gráfico, durante los primeros años se puede ver cómo el valor intrínseco indicaba que el precio de la acción de Apple estaba infravalorado, señalando una buena oportunidad para invertir. Esta hipótesis se sustenta al observar cómo el precio de la acción comienza a subir constantemente a partir del año 2010, lo que sugiere que efectivamente había una oportunidad de inversión, ya que el valor intrínseco era superior al precio actual.

Sin embargo, en la actualidad, podemos ver que el valor intrínseco de Apple está por debajo del valor actual. Esto podría implicar que el precio de la acción está sobrevalorado en este momento. Basándonos en el método de descuento de flujo de caja, la recomendación sería no comprar la acción, ya que se espera que el precio pueda bajar en el futuro.

Por último, y para terminar la valoración de la empresa, añadimos los índices de Altman y de Piotroski para cada uno de los años a analizar, con el objetivo de tener todas las variables necesarias para crear nuestro modelo. Basándose en estas tres variables (valor intrínseco, Altman score y Piotroski score), calculamos la valoración final de la empresa (final score) asignando ciertos pesos a cada una de nuestras variables. Al final, el dataframe a analizar luciría de esta manera:

Ticker	Year	Intrinsic Value	Stock Price	Altman Z-Score	Piotroski F-Score	Intrinsic Value / Stock Price	Final Score
AAPL	2013	136.000000	13.0017	0.00	0.5714	0.5521	0.5027
AAPL	2014	150.390000	18.9824	0.00	0.4286	0.5521	0.4598
AAPL	2015	147.990000	30.2320	0.00	0.4286	0.5521	0.4598
AAPL	2016	66.290000	22.7072	0.00	0.5714	0.5521	0.5027
AAPL	2017	46.090000	34.0579	0.00	0.4286	0.5521	0.4598
AAPL	2018	67.830000	39.7930	0.00	0.4286	0.5521	0.4598
AAPL	2019	58.280000	46.1339	0.00	0.5714	0.5521	0.5027
AAPL	2020	56.640000	75.2231	0.00	0.5714	0.5521	0.5027
AAPL	2021	106.250000	134.2719	0.00	0.4286	0.5521	0.4598
AAPL	2022	129.800000	156.7700	0.00	0.4286	0.5521	0.4598
AAPL	2023	103.520000	169.5900	0.00	0.5714	0.5521	0.5027

Para que nuestro modelo funcione correctamente, se aplicará esta lógica para cada una de las empresas. Basándonos en el Final Score anual para cada una de las empresas a



analizar, procederemos a hacer nuestra selección de acciones con el fin de crear un portafolio óptimo para mejorar la rentabilidad y reducir los riesgos de inversión.

4.3. Asignación de Pesos

Tomando en cuenta que nuestro modelo de selección tendrá como objetivo valorar una empresa del mercado bursátil en base a tres variables independientes, las cuales serían el ratio entre el valor intrínseco y el valor actual, el Z-Score de Altman y el Z-Score de Piotroski, es necesario asignar a cada una de estas variables un peso con el fin de calcular la variable objetivo “Final Score”, de tal forma que nuestra ecuación final tenga la siguiente forma:

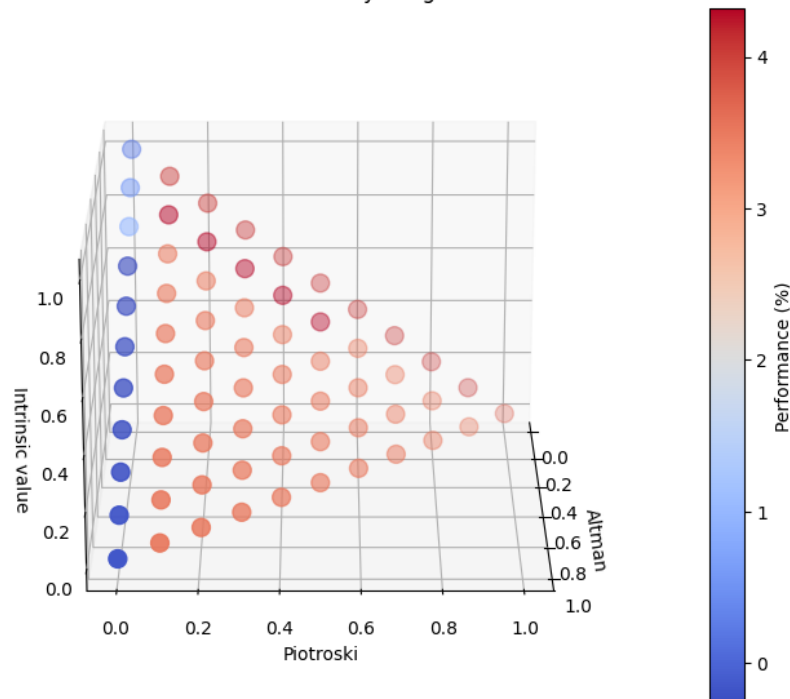
$$\text{Final Score} = w1 * \text{Altman} + w2 * \text{Piotroski} + w3 * (\text{Valor Intrínseco} / \text{Valor Actual})$$

Para poder calcular el peso óptimo de cada una de nuestras variables, primero se procedió a calcular las variables independientes para cada una de las acciones por cada año (tal como se explicó con el ejemplo práctico de Apple). Una vez calculadas todas estas variables, y con el objetivo de hacer un correcto análisis, hemos procedido a normalizar todas las observaciones utilizando la función MinMaxScaler de la librería sklearn.

Luego de haber normalizado todas estas variables, definimos un rango de pesos, el cual está entre 0% y 100%, y creamos una función que itera entre todas las posibles combinaciones de pesos para estas tres métricas, considerando que la mejor combinación de pesos es aquella que maximiza el rendimiento del portafolio en comparación con el índice S&P 500. Una vez encontrados estos valores, procederemos a crear la ecuación para encontrar nuestra variable objetivo “Final Score”, la cual nos ayudará a encontrar históricamente las acciones con mayor oportunidad de inversión para los años seleccionados.



3D Scatter Plot of Performance by Weight Combinations



El gráfico anterior muestra los resultados obtenidos al aplicar la función de búsqueda de pesos. Al observar los resultados, concluimos que la combinación que optimiza el rendimiento de nuestro portafolio es: Altman: 0.1 (10%), Piotroski: 0.3 (30%), Intrinsic Ratio: (60%).

Recordemos que la idea general de comparar el valor intrínseco con el valor actual es identificar si una acción está sobrevalorada o infravalorada. Si el precio estimado por el modelo es mayor al valor actual, esto indica una buena oportunidad de inversión. Dado que nuestro análisis se basa principalmente en el Value Investing, los resultados de los pesos reflejan esta orientación, destacando al Intrinsic Ratio como la variable predominante en la ecuación, con un peso del 60%.

Podemos concluir que aquellas empresas cuyo valor actual está infravalorado en comparación con nuestro estimado son aquellas cuyo ratio sería mayor a 1. Al incluir este ratio en el modelo y asignarle el mayor peso, podemos inferir que el modelo recomendará acciones cuyo valor intrínseco sea significativamente superior al valor actual, alineándose



así con los principios fundamentales del Value Investing. En conclusión, la ecuación final de nuestro modelo sería la siguiente:

$$\text{Final Score} = 0.1 * \text{Altman} + 0.3 * \text{Piotroski} + 0.6 * (\text{Valor Intrínseco} / \text{Valor Actual})$$

4.4. Creación del Portafolio

Ahora nos disponemos a crear nuestro portafolio óptimo mediante un análisis detallado de los estados financieros históricos de las 100 principales empresas por año que forman parte del índice S&P 500. Este ejercicio tiene como finalidad construir un escenario hipotético en el que, basándonos en el Final Score calculado para cada empresa en cada año, se determine una estrategia de inversión en la cual se asigne un monto predeterminado a estas empresas, con el objetivo de generar valor sostenible a lo largo del tiempo.

Comenzaremos con un portafolio sin ninguna acción, dado que nuestra estrategia consiste en construir el portafolio óptimo a partir de un capital inicial. Decidimos no utilizar datos anteriores a 1996 porque no confiábamos plenamente en su calidad y consistencia, y nos intrigaba observar cómo se desempeñaría el portafolio al comenzar en un período con una crisis financiera inminente por delante. Este enfoque nos permitirá simular cómo evolucionaría el portafolio a lo largo del tiempo, aplicando una estrategia disciplinada de inversión.

A partir de 1996, y para cada año siguiente, utilizaremos el modelo previamente explicado para seleccionar las 10 empresas con el mayor Final Score. A cada una de estas empresas se le asignará una inversión de 100 euros, lo que resultará en una inversión total de 1000 euros por año.

Este proceso de selección e inversión se repetirá anualmente, permitiéndonos evaluar cómo las decisiones de inversión, basadas en el análisis cuantitativo de los Final Scores, afectan el crecimiento y el rendimiento del portafolio. A medida que avanzamos,



el objetivo es observar cómo este enfoque estructurado contribuye a la acumulación de valor en el portafolio a lo largo del tiempo, alineándose con una estrategia de inversión fundamentada en criterios financieros sólidos y una disciplina rigurosa.

Para implementar la estrategia de inversión previamente descrita, hemos desarrollado una clase de portafolio que nos permitirá gestionar de manera eficiente las operaciones de compra y venta de acciones, así como evaluar el rendimiento del portafolio a lo largo del tiempo. Este enfoque nos proporciona una herramienta versátil para simular el comportamiento de un portafolio basado en la selección anual de las 10 empresas con mayor Final Score.

La clase se ha diseñado para comenzar con un capital inicial, lo que refleja el enfoque de construir el portafolio desde cero. Este capital se utilizará para adquirir acciones de las empresas seleccionadas, y cada compra será registrada en un historial detallado que permitirá un seguimiento exhaustivo de todas las transacciones realizadas. Este nivel de registro es crucial para analizar cómo cada decisión de inversión impacta en la evolución del portafolio.

Además de facilitar la compra y venta de acciones, la clase también permite calcular el valor total del portafolio en cualquier momento, considerando tanto el efectivo disponible como el valor actual de las acciones en cartera. Este cálculo es esencial para monitorear el crecimiento del portafolio y realizar ajustes estratégicos según sea necesario. También hemos incorporado un método para calcular el rendimiento anual del portafolio, lo que nos permitirá medir el éxito de nuestras decisiones de inversión año tras año.

Al combinar esta clase con el análisis de los Final Scores, podemos ejecutar nuestra estrategia de inversión de manera estructurada, invirtiendo consistentemente 100 euros en las empresas seleccionadas cada año. A medida que realizamos estas inversiones, el portafolio se ajustará automáticamente para reflejar las transacciones, calculando los impuestos sobre las ganancias de capital cuando se venden acciones, lo que añade un nivel adicional de realismo a la simulación.



4.5. Manejo del Portafolio

Para desarrollar nuestra estrategia de inversión basada en Value Investing, comenzamos creando un escenario ficticio en el que nuestro portafolio y los índices de referencia inician con un capital de 10,000 euros. Nuestro portafolio seguirá la selección basada en el modelo de Final Score, mientras los otros seguirán las tendencias históricas del S&P 500, Berkshire Hathaway y Nasdaq. Este enfoque nos permitirá comparar el rendimiento de nuestro modelo de Value Investing.

Cada año, se agrega un monto adicional de 1,000 euros a cada portafolio para simular un flujo constante de capital, el cual se distribuirá entre las acciones seleccionadas. El proceso de selección de acciones se realiza utilizando dos criterios principales: el valor intrínseco y el Piotroski F-Score. Aquellas acciones cuyo precio de mercado supera en un 20% su valor intrínseco o que tienen un Piotroski F-Score de 4 o menos son identificadas para su venta, protegiendo así el portafolio de posibles sobrevaloraciones o de empresas con fundamentos financieros débiles. Esto permite que el portafolio mantenga una composición saludable y alineada con los principios del Value Investing.

Luego de realizar las ventas necesarias, el efectivo disponible en el portafolio se redistribuye equitativamente entre las nuevas acciones seleccionadas para compra, asegurando que el capital se invierta de manera uniforme entre las empresas que mejor se ajustan a nuestra estrategia. Esta distribución equitativa se basa en la idea de evitar el sobreajuste del modelo; no intentamos identificar una única acción ganadora cada año, sino que confiamos en que entre las 10 primeras seleccionadas podría estar una de las mejores oportunidades de inversión.

Al invertir de manera uniforme en estas diez acciones, reducimos el riesgo asociado con intentar predecir una sola acción, y a la vez, mantenemos una estrategia diversificada y robusta. Simultáneamente, se realizan inversiones en los otros portafolios (S&P 500, Berkshire Hathaway y Nasdaq) para mantener la coherencia en la comparación de rendimientos.



Al final de cada año, calculamos el valor de cada portafolio, tomando en cuenta tanto las acciones en cartera como el efectivo disponible. También se calcula el rendimiento anual de cada portafolio, lo que nos permite evaluar cómo ha evolucionado cada estrategia de inversión a lo largo del tiempo. Este proceso continuo de compra, venta y reinversión se repite anualmente, proporcionando un ciclo de retroalimentación que refleja cómo las decisiones de inversión influyen en el crecimiento del capital.

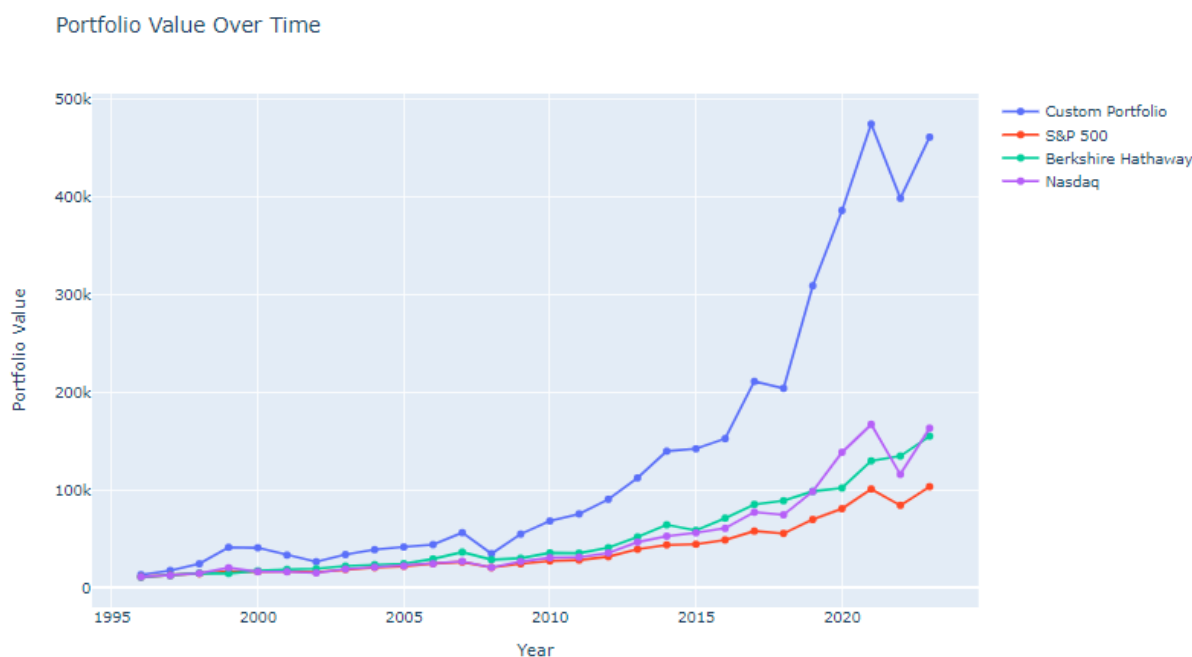
Una vez finalizada la simulación, obtenemos una visión clara del valor final de cada portafolio y de cómo las decisiones estratégicas adoptadas en nuestro modelo influyeron en el desempeño del portafolio en comparación con las inversiones en índices y otras acciones de referencia. Este análisis nos ofrece una base sólida para evaluar la efectividad de la estrategia implementada y para considerar posibles ajustes en futuros escenarios de inversión.



5. Resultados del Modelo

Para evaluar la efectividad y consistencia de nuestro modelo de selección, crearemos un escenario simulado en el que se realizarán todas las transacciones anuales de compra y venta de las acciones recomendadas por el modelo. Esto nos permitirá observar cómo evoluciona el portafolio a lo largo del tiempo. Luego, analizaremos nuestro portafolio de inversión con respecto a los índices de referencia, como el S&P 500, Berkshire Hathaway (BRK-B) y Nasdaq, para determinar si nuestro modelo ofrece una ventaja competitiva en el mercado.

5.1. Simulación del Portafolio



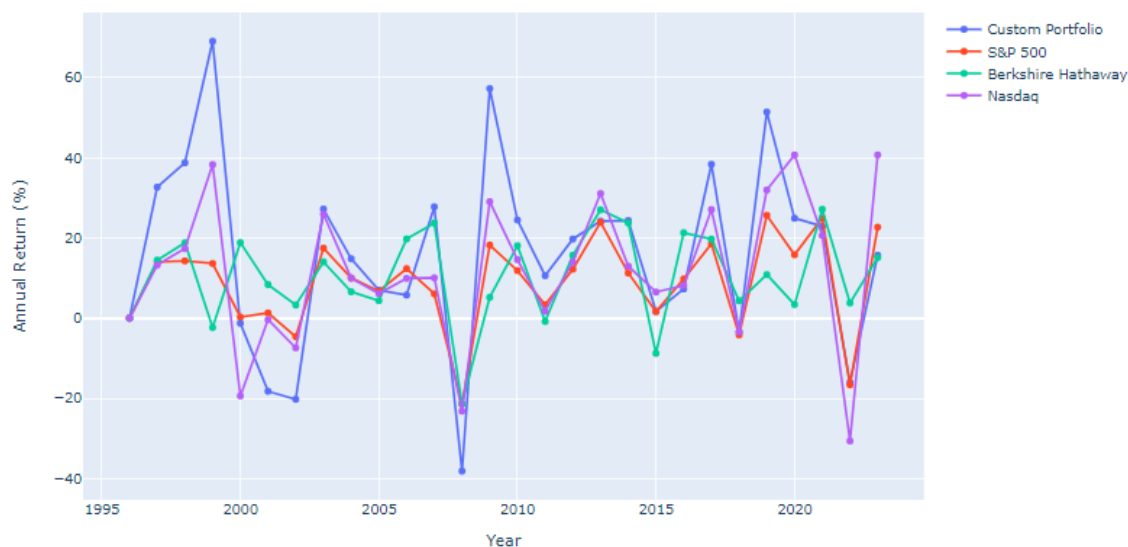
Al analizar el portafolio utilizando una estrategia basada en la selección anual de las 10 mejores empresas según su Final Score, observamos un rendimiento sólido y consistente a lo largo del tiempo. Desde el inicio en 1996, el portafolio superó de manera regular a los índices de referencia como el S&P 500, Berkshire Hathaway (BRK-B) y el Nasdaq. Por ejemplo, al finalizar 1996, el portafolio alcanzó un valor de 13,279 euros, superando los 11,131 euros del S&P 500, 10,958 euros de BRK-B, y 11,076 euros del



Nasdaq. Esta tendencia de rendimiento superior se mantuvo a lo largo de los años, demostrando la efectividad de la estrategia utilizada en este modelo.

El portafolio también mostró una fuerte resistencia durante los períodos de crisis, como la recesión del año 2000 y la crisis financiera global de 2008. En el año 2000, mientras los mercados enfrentaban caídas importantes, el portafolio sólo disminuyó ligeramente a 40,833 euros, manteniéndose muy por encima del S&P 500 y de BRK-B. Del mismo modo, en 2008, aunque el valor del portafolio cayó a 34,848 euros, continuó superando a los índices de referencia. Esto subraya la capacidad del portafolio para no solo resistir las recesiones, sino también recuperarse rápidamente y aprovechar las oportunidades de mercado cuando otras acciones no lo lograban.

Annual Returns Over Time



Después de la crisis de 2008, el portafolio experimentó una recuperación rápida y significativa. En 2009, el valor del portafolio subió a 54,810 euros y continuó creciendo hasta alcanzar 474,294 euros en 2021. Este crecimiento fue notablemente mayor que el de los índices de referencia, donde el S&P 500 llegó a 100,991 euros, BRK-B a 129,718 euros, y el Nasdaq a 167,109 euros. Estos resultados sugieren que la estrategia basada en el Final



Score no solo es resistente, sino que también permite capturar un crecimiento significativo durante los períodos de recuperación económica.

Al final de 2023, el portafolio alcanzó un valor de 460,801 euros, una cifra que supera ampliamente a los índices de referencia: el S&P 500 con 103,353 euros, BRK-B con 155,006 euros, y el Nasdaq con 163,173 euros. Estos resultados finales muestran que la estrategia de inversión fue efectiva y que mantener una cartera diversificada y bien equilibrada ayudó a superar los principales índices del mercado durante un largo período.

5.2. Métricas y gráficas

Métricas Principales

Para poder evaluar y comparar el rendimiento de nuestro portafolio óptimo con respecto a las referencias, hemos procedido a calcular ciertas métricas que nos ayudarán a determinar la efectividad del modelo. Estas métricas no solo nos permitirán medir el rendimiento absoluto del portafolio, sino que también nos ofrecerán una visión clara del nivel de riesgo asumido en comparación con índices de referencia como el S&P 500, Berkshire Hathaway y Nasdaq.

Metrics	Custom Portfolio	S&P 500	Berkshire Hathaway	Nasdaq
Total Return	3370.13%	828.47%	1314.47%	1373.20%
Average Annual Return	16.04%	8.92%	10.53%	11.65%
Standard Deviation	23.57%	11.35%	11.22%	18.01%
Sharpe Ratio	0.60	0.61	0.76	0.54
Sortino Ratio	1.15	0.92	1.05	0.87
Max Drawdown	-38.13%	-21.42%	-21.35%	-30.62%
Beta	1.64	1.00	0.62	1.43

El rendimiento total del portafolio es destacadamente superior al de los índices de referencia, con un retorno del 3370.13%, superando ampliamente al S&P 500 (828.47%), Berkshire Hathaway (1314.47%) y Nasdaq (1373.20%). Este resultado sugiere que la



estrategia implementada ha sido altamente efectiva para maximizar los rendimientos a largo plazo, logrando un crecimiento de capital significativo.

No obstante, este alto rendimiento también implica un mayor nivel de riesgo. La desviación estándar del portafolio es del 23.57%, casi el doble que la del S&P 500 y notablemente superior a la de Berkshire Hathaway y Nasdaq. Esto indica que el portafolio está sujeto a una mayor volatilidad, lo que podría resultar en fluctuaciones más pronunciadas en su valor, un aspecto crucial para inversores con menor tolerancia al riesgo.

El Sharpe Ratio del portafolio es de 0.60, un poco inferior al del S&P 500 (0.61) y significativamente menor que el de Berkshire Hathaway (0.76). Este ratio, que mide el rendimiento ajustado por riesgo, sugiere que, aunque los rendimientos son altos, la recompensa por unidad de riesgo no es tan eficiente en comparación con algunos de los índices de referencia. Esto es un factor importante a considerar, especialmente cuando se trata de evaluar si los altos rendimientos justifican el nivel de riesgo asumido.

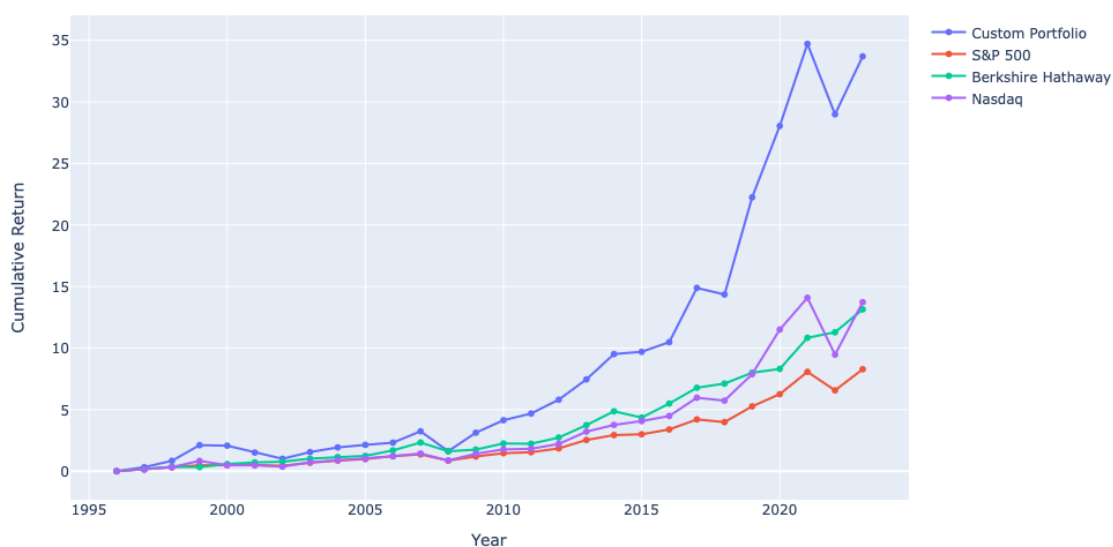
Además, con un Beta de 1.64, el portafolio muestra una mayor sensibilidad a las fluctuaciones del mercado, reforzando la naturaleza de alto riesgo y alta recompensa de la estrategia. Estos factores son clave para entender el balance entre riesgo y rendimiento en el contexto de esta estrategia de inversión.

Retorno Acumulado

El gráfico de retornos acumulados muestra claramente que el portafolio personalizado ha logrado un rendimiento sobresaliente en comparación con los índices de referencia. A partir de 2015, la línea que representa este portafolio se eleva de manera significativa, superando ampliamente al S&P 500, Berkshire Hathaway y el Nasdaq. Este comportamiento sugiere que la estrategia implementada en el portafolio ha sido altamente efectiva, permitiendo un crecimiento mucho más acelerado que el de los índices tradicionales.



Cumulative Returns Over Time



Comparando con el S&P 500, el portafolio personalizado ha demostrado un rendimiento muy superior durante casi todo el periodo. Mientras que el S&P 500 mantiene un crecimiento constante y estable, la línea del portafolio personalizado muestra un ascenso más pronunciado, lo que indica que la selección de acciones ha sido más efectiva en la generación de valor.

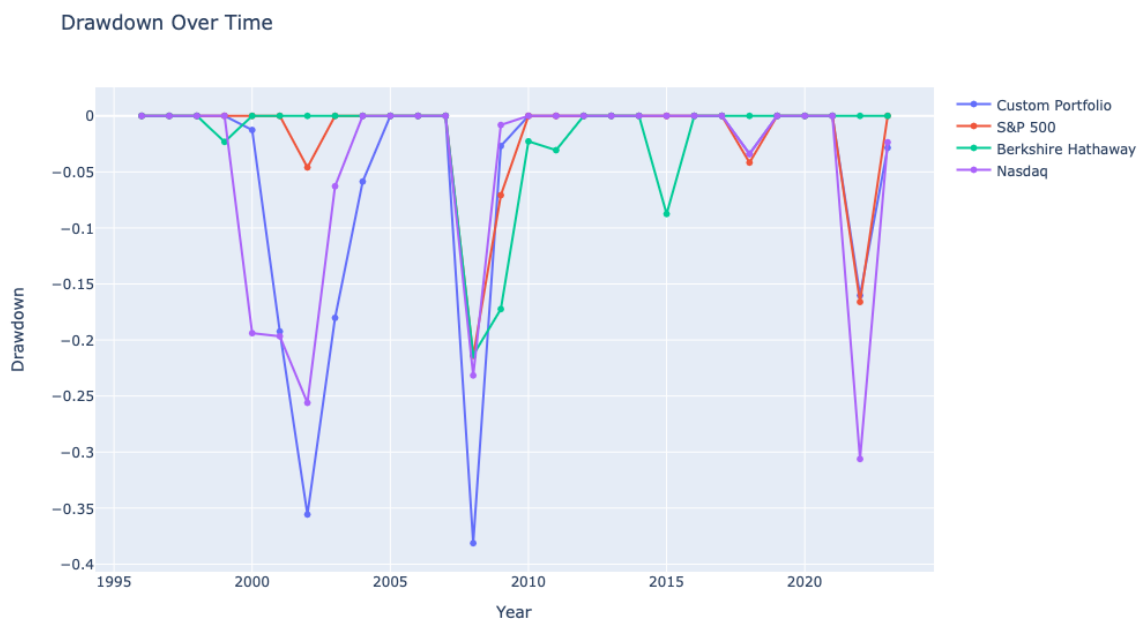
En relación con Berkshire Hathaway, aunque esta compañía es reconocida por su enfoque en Value Investing y ha mostrado un rendimiento sólido, no alcanza los niveles de crecimiento observados en el portafolio personalizado. Esto indica que, aunque Berkshire ofrece una estrategia de inversión confiable y menos volátil, el enfoque del portafolio personalizado ha logrado un rendimiento más agresivo y rentable, especialmente en los últimos años.

Por último, aunque el Nasdaq es conocido por su enfoque en tecnología y crecimiento, el portafolio personalizado ha conseguido superarlo en términos de rendimiento acumulado. Esto demuestra que la estrategia del portafolio no solo ha aprovechado el auge tecnológico, sino que también ha capitalizado otras oportunidades en



el mercado, logrando así un rendimiento superior en comparación con los índices de referencia.

Drawdown Over Time



El gráfico de drawdown nos muestra las caídas máximas que ha experimentado nuestro portafolio y los índices de referencia. En el caso del portafolio, observamos caídas significativas durante las crisis de 2000, 2008 y 2020, lo que indica una exposición considerable a la volatilidad del mercado. Aunque este portafolio ha sido muy rentable, también ha enfrentado mayores riesgos, reflejados en estos drawdowns profundos.

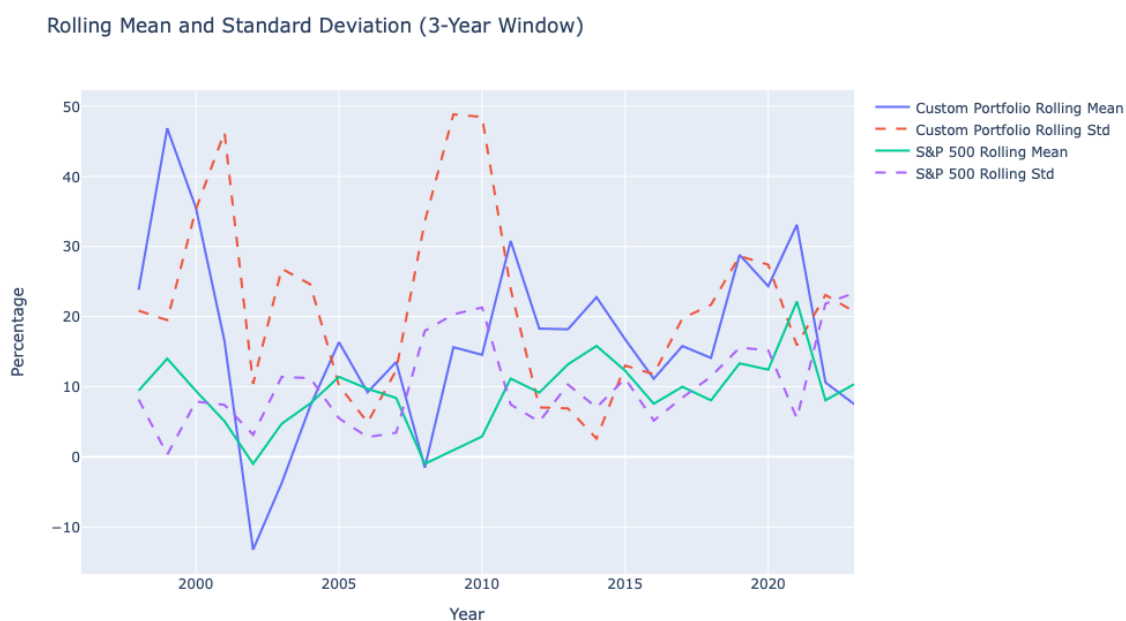
Comparado con el S&P 500, el portafolio personalizado muestra mayores fluctuaciones. Mientras que el S&P 500 también sufrió caídas durante los mismos periodos, estas no fueron tan pronunciadas, lo que sugiere que la estrategia personalizada, a pesar de ser más rentable, también ha sido más volátil y, por lo tanto, más riesgosa en ciertos momentos. Berkshire Hathaway y el Nasdaq también muestran drawdowns, pero de nuevo, el portafolio personalizado presenta caídas más acentuadas. Esto refuerza la idea de que,



aunque ha capturado más valor, lo ha hecho asumiendo un mayor riesgo, especialmente en tiempos de crisis.

En resumen, el gráfico de drawdown deja claro que, aunque el portafolio personalizado ha logrado maximizar los rendimientos, esto no ha sido sin asumir un riesgo considerable. Las caídas más pronunciadas en comparación con los índices de referencia muestran que, a pesar de ser rentable, el portafolio ha sido más vulnerable en momentos de crisis. Este punto es clave para evaluar la sostenibilidad y el perfil de riesgo de la estrategia a largo plazo, especialmente cuando se compara con opciones más conservadoras como Berkshire Hathaway.

Media Móvil y Desviación Estándar



En este gráfico podemos comparar la media móvil y la desviación estándar del portafolio personalizado contra el S&P 500, utilizando una ventana de 3 años. La media móvil nos ofrece una visión del rendimiento promedio a lo largo del tiempo, mientras que la desviación estándar nos indica el nivel de volatilidad o riesgo asociado con esos rendimientos.



A lo largo del periodo analizado, el portafolio personalizado ha mostrado una media móvil más volátil en comparación con el S&P 500, especialmente en los primeros años. El gráfico sugiere que nuestro portafolio ha experimentado fluctuaciones más grandes en su rendimiento promedio, posiblemente debido a una estrategia más agresiva. Por otro lado, la media móvil del S&P 500 ha sido más estable, lo que refleja un enfoque más conservador y consistente.

En cuanto al riesgo, la desviación estándar del portafolio personalizado es notablemente mayor en ciertos periodos, lo que indica una mayor volatilidad. Aunque esta volatilidad puede haber impulsado mayores rendimientos en algunos momentos, también implica un riesgo más alto. Por lo contrario, la desviación estándar del S&P 500 ha sido más moderada, lo que refuerza su perfil de riesgo más bajo. Este análisis es crucial para entender cómo la estrategia del portafolio personalizado, aunque potencialmente más rentable, también ha estado acompañada de un mayor nivel de riesgo en comparación con la estabilidad del S&P 500.

Matriz de Correlación

Correlation Matrix

	Custom Portfolio	S&P 500	Berkshire Hathaway	Nasdaq
Nasdaq	0.81	0.9	0.35	1.0
Berkshire Hathaway	0.38	0.63	1.0	0.35
S&P 500	0.79	1.0	0.63	0.9
Custom Portfolio	1.0	0.79	0.38	0.81

La matriz de correlación nos da una idea clara de cómo se relaciona nuestro portafolio personalizado con los índices de referencia, en particular con el S&P 500. Aquí



vemos que la correlación entre nuestro portafolio y el S&P 500 es de 0.79, lo que indica una relación positiva fuerte. Esto significa que, aunque nuestro portafolio sigue su propia estrategia, sus movimientos de rendimiento tienden a alinearse con los del S&P 500. Esto es claramente a que todas las acciones que tenemos pertenecen al S&P 500

Por otro lado, la correlación de nuestro portafolio con Berkshire Hathaway es mucho más baja, apenas 0.38. Esto nos dice que nuestra estrategia de inversión tiene un enfoque diferente al de Berkshire Hathaway, que es conocido por su enfoque en Value Investing. En cuanto al Nasdaq, la correlación es un poco más alta que con el S&P 500, alcanzando 0.81, lo que sugiere que nuestro portafolio también está capturando parte del crecimiento en el sector tecnológico, similar al Nasdaq.

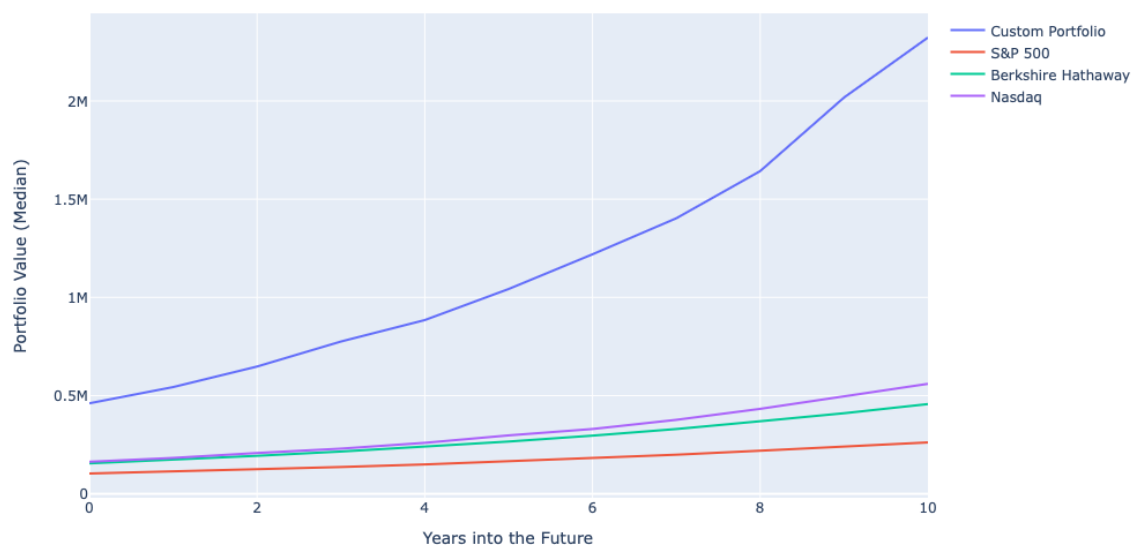
Esta matriz de correlación muestra que, aunque nuestro portafolio tiene una relación fuerte con el S&P 500, lo que sugiere que comparte algunas tendencias del mercado general, también tiene su propio enfoque, especialmente cuando lo comparamos con estrategias como la de Berkshire Hathaway. Esto refuerza la idea de que, aunque estamos en línea con el mercado en general, nuestro portafolio mantiene un perfil único en términos de riesgo y selección de activos.

Análisis de Monte Carlo

La simulación de Monte Carlo es una técnica utilizada para modelar la probabilidad de diferentes resultados en un proceso que no puede ser fácilmente predicho debido a la intervención de variables aleatorias. Con relación a la inversiones y al Value Investing, se utiliza para proyectar el valor futuro de un portafolio, tomando en cuenta la incertidumbre y la variabilidad de los rendimientos. Al realizar algunas simulaciones con diferentes escenarios posibles, se obtiene una idea más clara de la distribución de resultados potenciales, lo que ayuda a tomar decisiones más informadas sobre la inversión.



Monte Carlo Simulation - Median Outcomes



En este gráfico se presentan los resultados medianos de las simulaciones para nuestro portafolio y los índices de referencia, proyectados a lo largo de los próximos 10 años. Lo primero que salta a la vista es nuestro portafolio basado en Value Investing, que muestra un crecimiento mucho más pronunciado en comparación con los otros índices. Esto sugiere que, según las simulaciones, nuestro portafolio tiene el potencial de generar un valor significativamente mayor a largo plazo, superando ampliamente a los demás índices de referencia.

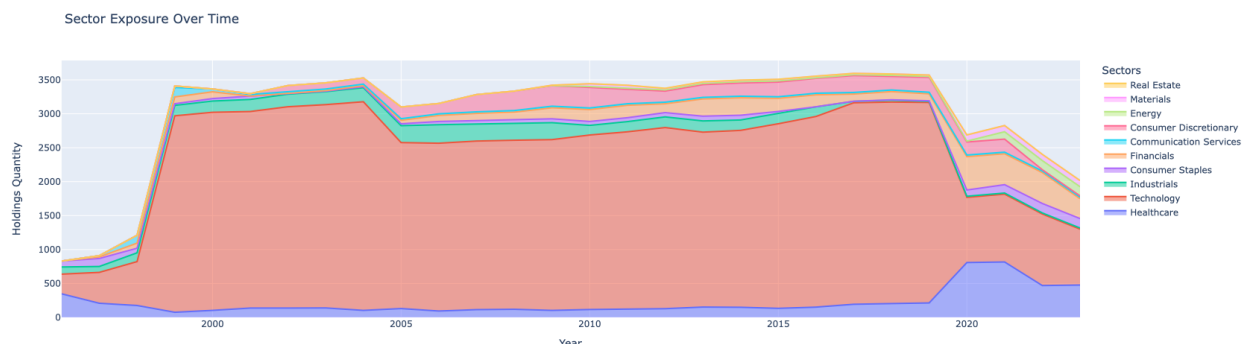
El S&P 500 muestra un crecimiento constante pero mucho más moderado en comparación con nuestro portafolio. Lo mismo ocurre con Berkshire Hathaway y el Nasdaq, que, aunque proyectan un crecimiento, lo hacen a un ritmo mucho más lento. Este contraste refuerza la idea de que nuestra estrategia de inversión personalizada, si bien es más arriesgada, también ofrece un mayor potencial de rendimiento en el largo plazo.

En conclusión, este gráfico de Monte Carlo nos da una proyección del rendimiento futuro de nuestro portafolio, sugiriendo que podría superar de manera significativa a los índices de referencia en términos de valor acumulado a lo largo del tiempo. Sin embargo, es importante recordar que estas son proyecciones basadas en simulaciones y que, aunque



son útiles para entender el rango de posibles resultados, no garantizan el rendimiento futuro.

Exposición a sectores



En este gráfico se ve la evolución del portafolio por sectores, el crecimiento del sector Tecnología puede estar relacionado con la expansión económica global de finales del siglo XX y principios del XXI, tenemos todo el comienzo de la famosa “dotcom bubble” así como con la incorporación de nuevas tecnologías y sectores emergentes en el portafolio, que han crecido rápidamente y a bajos precios.

El sector financiero (Financials), representado por el área roja en el gráfico, domina la composición del portafolio durante gran parte del período analizado. Sin embargo, se observa una reducción abrupta en la cantidad de participaciones después del año 2020, afectando no solo al sector financiero sino también a otros como el tecnológico (Technology). Esta disminución está relacionada con eventos recientes, como la pandemia de COVID-19, que generaron volatilidad en los mercados financieros y llevaron a una reevaluación de la exposición en ciertos sectores.

A pesar de la dominancia de algunos sectores, el gráfico también muestra un portafolio relativamente diversificado, con una presencia constante de sectores como Salud (Healthcare), Real Estate (Technology) entre otros.



6. Conclusiones

En este proyecto hemos podido observar como se puede emplear la ciencia de datos aplicado a las finanzas para poder contrastar hipótesis, sacar conclusiones y obtener resultados. El modelo de selección creado para poder determinar el valor de una acción dentro del mercado bursátil dio resultados favorables al objetivo inicial del proyecto, el cual era crear un portafolio de inversión basado en Value Investing con el propósito de superar las ganancias de los índices de referencia, tales como el S&P 500, Berkshire Hathaway y Nasdaq.

A lo largo del proyecto, observamos cómo nuestro portafolio, basado en el modelo de selección, no solo superó el rendimiento de los índices de referencia, sino que también mostró una capacidad de recuperación notable durante periodos de crisis económica. Este comportamiento es particularmente relevante, ya que pone de relieve la solidez estructural del modelo y su capacidad para resistir las fluctuaciones del mercado que, en otros casos, podrían haber provocado pérdidas significativas.

Sin embargo, el análisis también reveló que este alto rendimiento viene acompañado de un mayor nivel de riesgo y volatilidad. La desviación estándar y los drawdowns observados durante las crisis de mercado indican que, aunque la estrategia es rentable, también está expuesta a fluctuaciones más pronunciadas que los índices de referencia. Este hallazgo es crucial para los inversores, ya que pone de manifiesto la importancia de considerar el perfil de riesgo antes de implementar una estrategia de inversión similar.

En resumen, este proyecto ha proporcionado una visión de cómo una estrategia de Value Investing, basada en un análisis cuantitativo, puede ofrecer rendimientos superiores a largo plazo. No obstante, la relación entre riesgo y retorno es evidente, y aunque el portafolio personalizado ha demostrado ser efectivo, es fundamental que los inversores sean conscientes de los riesgos asociados y estén preparados para gestionarlos adecuadamente en sus decisiones de inversión futuras.



7. Bibliografía

- Graham, B., & Dodd, D. (1934). *Security Analysis*. McGraw-Hill.
- Buffett, W. (1996). *The Essays of Warren Buffett: Lessons for Corporate America*. Lawrence A. Cunningham (Ed.). Lawrence A. Cunningham.
- Fisher, P. (1958). *Common Stocks and Uncommon Profits*. Harper & Brothers.
- Klarman, S. (1991). *Margin of Safety: Risk-Averse Value Investing Strategies for the Thoughtful Investor*. HarperBusiness.
- Munger, C. (1994). *Poor Charlie's Almanack: The Wit and Wisdom of Charles T. Munger*. Donning Company Publishers.
- Graham, B. (1949). *The Intelligent Investor*. Harper & Brothers.
- Buffett, W. (2008). *Berkshire Hathaway Shareholder Letter*.
- Templeton, J. (1993). *The Templeton Touch: The Art of Long-Term Investing*. John Wiley & Sons.
- Lynch, P. (1989). *One Up On Wall Street: How to Use What You Already Know to Make Money in the Market*. Simon & Schuster.
- Pabrai, M. (2007). *The Dhandho Investor: The Low-Risk Value Method to High Returns*. John Wiley & Sons.
- Greenblatt, J. (2006). *The Little Book That Beats the Market*. John Wiley & Sons.
- Marks, H. (2011). *The Most Important Thing: Uncommon Sense for the Thoughtful Investor*. Columbia University Press.