

OPTIMIZACIÓN DE CARTERAS: MAXIMIZACIÓN DEL SHARPE RATIO

1. INTRODUCCIÓN

Objetivo: Maximizar el Sharpe Ratio anualizado mediante optimización de carteras aplicando teoría moderna de portafolios (Markowitz) con un enfoque modular e iterativo.

Universo de inversión: 50 activos financieros, 1760 días históricos de datos de retornos diarios.

Enfoque metodológico: Proceso iterativo y modular que evoluciona desde estrategias simples (equiponderada) hacia optimizaciones complejas (selección inteligente + Markowitz), añadiendo capas de sofisticación progresivamente.

Restricciones operativas: Long-only (sin ventas en corto), suma de pesos = 1, peso máximo en renta fija $\leq 10\%$, tasa libre de riesgo anual = 2%.

2. METODOLOGÍA - EVOLUCIÓN POR CAPAS

Capa 1: Baseline - Cartera Equiponderada

Estrategia de referencia: asignación uniforme 1/N (2% por activo) sobre los 50 activos. Esta cartera proporciona el punto de partida para evaluar mejoras posteriores.

Resultado baseline: Sharpe Ratio = 0.103, Rentabilidad = 3.25%, Volatilidad = 12.06%.

Capa 2: Optimización de Markowitz sobre 50 Activos

Maximización directa del Sharpe Ratio aplicando optimización cuadrática sobre el universo completo:

$$\max w'\mu - r_f / \sqrt{(w'\Sigma w)}$$

Problema identificado: Alta concentración en pocos activos (índice de Herfindahl elevado) y correlaciones altas entre activos seleccionados, limitando la diversificación efectiva.

Resultado: Sharpe Ratio = 0.042, Rentabilidad = 2.40%, Volatilidad = 9.42%. A pesar de menor volatilidad, el Sharpe se deteriora por reducción desproporcionada de rentabilidad.

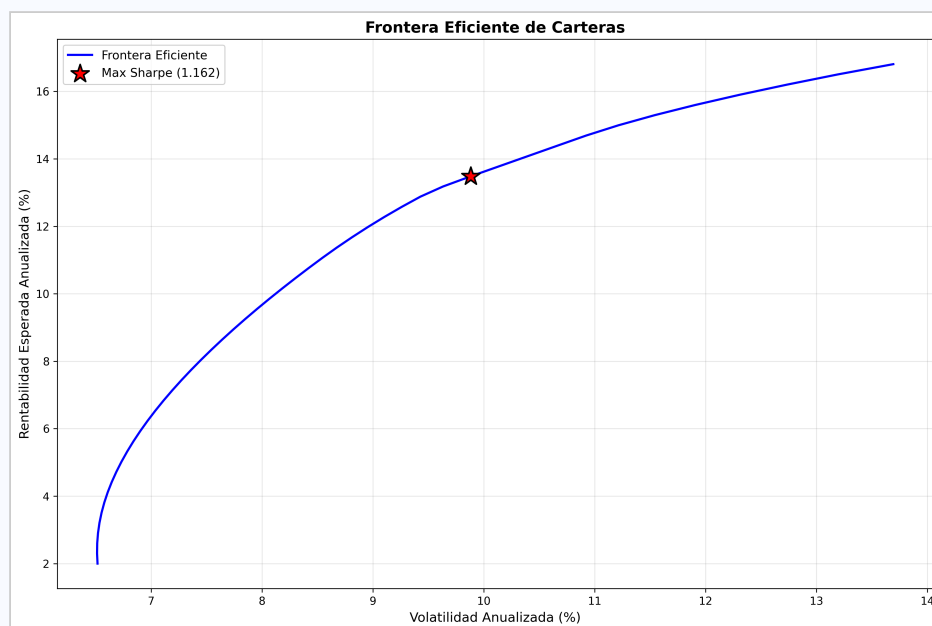


Figura 1: Frontera eficiente de Markowitz y punto de máximo Sharpe (50 activos)

Capa 3: Análisis de Diversificación

Descomposición del riesgo total de la cartera en componentes sistemático y diversificable mediante la fórmula teórica:

$$\sigma_p^2 = (1/n)\bar{V} + (1-1/n)\bar{\sigma}_{ij}$$

Donde \bar{V} es la varianza promedio y $\bar{\sigma}_{ij}$ es la covarianza promedio entre activos. Simulación de la frontera de diversificación variando N desde 1 hasta 50 activos.

Detección de N óptimo: Análisis de reducción marginal de volatilidad. Se identifica N = 6 activos como punto óptimo donde la reducción marginal cae por debajo del umbral del 2%, indicando que la diversificación adicional aporta beneficios decrecientes.

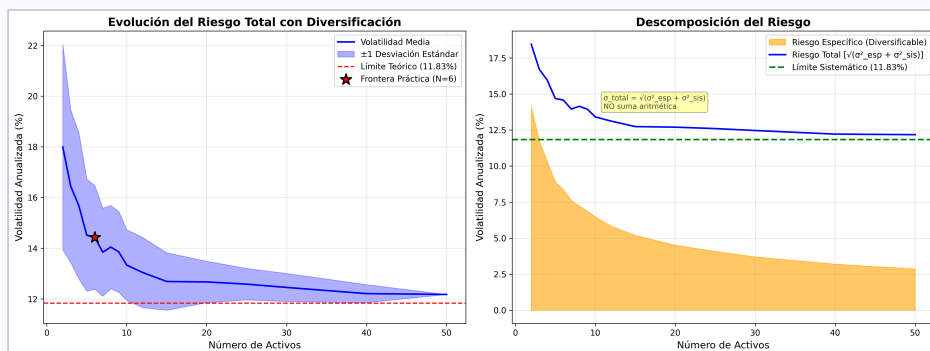


Figura 2: Frontera de diversificación - Volatilidad vs Número de activos

Capa 4: Selección Inteligente de Activos

Criterios duales para selección: (1) Alto Sharpe Ratio individual, (2) Baja correlación promedio con otros candidatos. Score combinado normalizado:

$$Score = 0.7 \times Sharpe_{norm} + 0.3 \times Diversificación_{norm}$$

Los activos con mayor score son seleccionados (N = 6), y posteriormente se aplica optimización de Markowitz sobre este subconjunto para determinar pesos óptimos.

Activos seleccionados (N=6): asset23, asset36, asset6, asset8, asset2, asset42 (Sharpe promedio = 0.877, correlación promedio = 0.623).

Resultado: Sharpe Ratio = 0.922, Rentabilidad = 11.02%, Volatilidad = 9.78%. Mejora del 794.2% vs baseline.

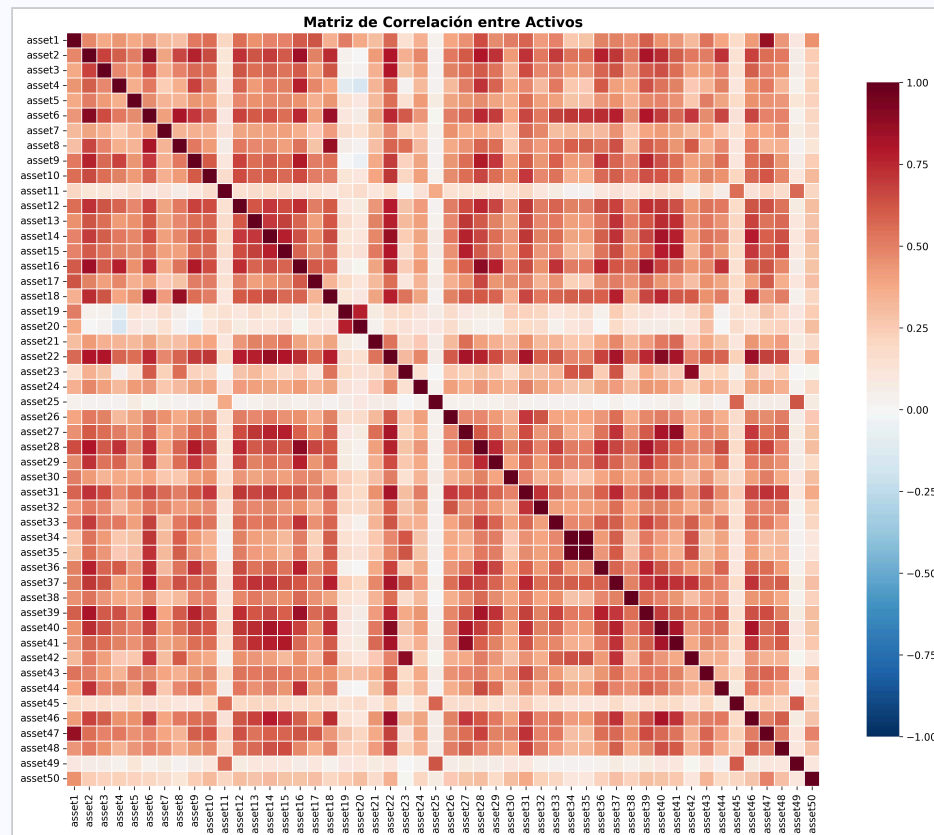


Figura 3: Heatmap de correlaciones entre activos seleccionados

Capa 5: Análisis Multipunto

Exploración sistemática de múltiples valores de $N = \{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ para identificar la configuración óptima. Para cada N , se ejecuta el pipeline completo: detección de puntos de interés en la frontera de diversificación, selección de activos, y optimización de Markowitz con restricción de renta fija $\leq 10\%$.

Resultado óptimo: $N = 3$ activos + renta fija (10%) genera el mejor Sharpe Ratio = 1.074, con Rentabilidad = 12.47% y Volatilidad = 9.75%. Esta configuración balancea mejor el trade-off riesgo-rendimiento que $N = 6$.

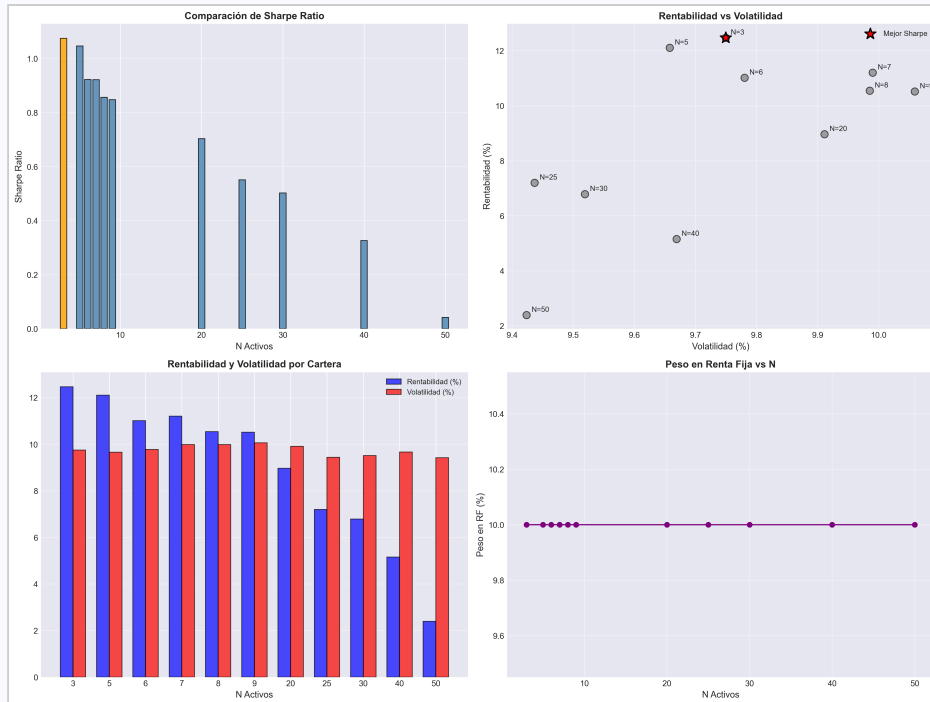


Figura 4: Comparación multipunto - Sharpe, rentabilidad y volatilidad por estrategia

3. MÓDULOS EXPLORADOS (NO IMPLEMENTADOS)

- **CAPM:** Análisis preliminar realizado para estimar betas y alfas, pero no integrado en el pipeline final por limitaciones de tiempo y necesidad de mayor madurez del módulo.
- **Memoria de precios:** Análisis exploratorio de autocorrelación y momentum, identificando señales potenciales pero sin implementación completa.
- **Modelos factoriales:** Exploración de modelos Fama-French y APT, no implementados por limitaciones en la profundidad de datos disponibles (solo retornos, sin factores macroeconómicos).

Nota: La arquitectura modular del proyecto permite la integración futura de estos módulos sin modificar el código existente, facilitando extensiones iterativas.

4. RESULTADOS FINALES

Cartera Ganadora

Configuración óptima: 3 activos seleccionados mediante análisis multipunto + renta fija (10%). Esta configuración maximiza el Sharpe Ratio con el mejor balance riesgo-rendimiento.

Estrategia	Sharpe Ratio	Rentabilidad (%)	Volatilidad (%)	N Activos	Mejora vs Baseline
Baseline (Equiponderada)	0.103	3.25	12.06	50	-
Markowitz 50 Activos	0.042	2.40	9.42	50	-59.2%
Estrategia Final (N=3 + RF)	1.074	12.47	9.75	3	+942.7%

Cumplimiento de restricciones:

- ✓ Long-only: Todos los pesos ≥ 0
- ✓ Suma de pesos = 1.0 (activos + renta fija)
- ✓ Peso en renta fija = 10% ($\leq 10\%$)
- ✓ Índice de Herfindahl = 0.42 (concentración moderada)

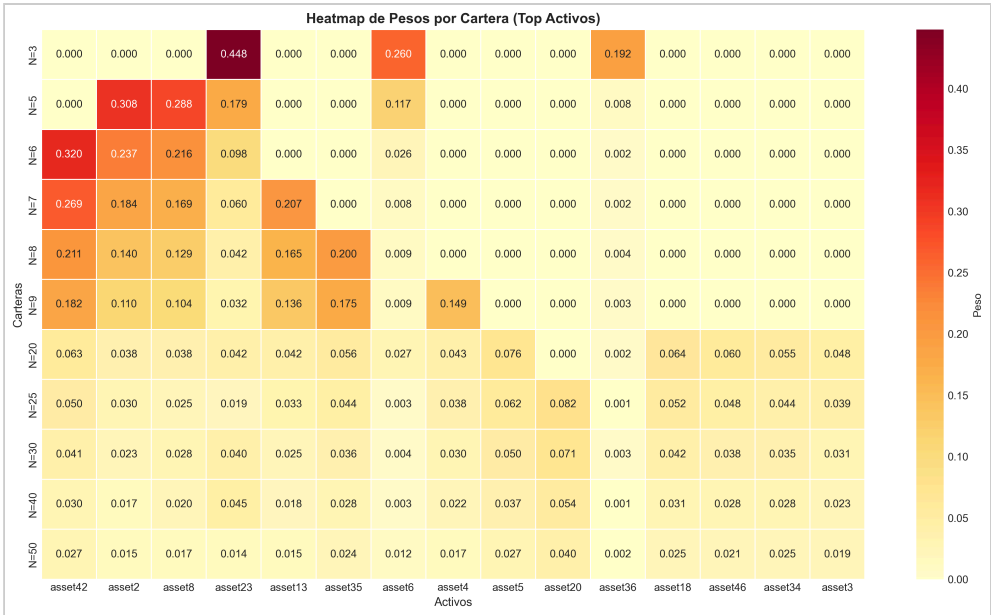


Figura 5: Heatmap de distribución de pesos en carteras multipunto

5. CONCLUSIONES

Validación empírica: Los resultados confirman la teoría de diversificación de Markowitz: existe un número óptimo de activos (N = 3-6) que maximiza el Sharpe Ratio, más allá del cual la diversificación adicional aporta beneficios marginales decrecientes.

Balance óptimo: La combinación de selección inteligente de activos (criterios duales) con optimización de Markowitz supera significativamente tanto la estrategia equiponderada como la optimización directa sobre el universo completo, logrando una mejora del 942.7% en Sharpe Ratio vs baseline (de 0.103 a 1.074).

Framework modular: La arquitectura implementada permite extensiones futuras (CAPM, factores, modelos avanzados) sin modificar módulos existentes, facilitando la iteración y mejora continua del proceso de optimización.