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 enfoque modular e iterativo.

Universo de inversión: 50 activos financieros con histórico de 1,760 días de retornos diarios (~7 años).

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

Restricciones: Long-only, $\Sigma w = 1$, renta fija ≤ 10%, tasa libre de riesgo = 2% anual.

2. METODOLOGÍA - EVOLUCIÓN POR CAPAS

Capa 1: Baseline - Cartera Equiponderada

Estrategia de referencia con asignación uniforme 1/N (2% por activo) sobre 50 activos.

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

Capa 2: Optimización de Markowitz sobre 50 Activos

Maximización del Sharpe mediante optimización cuadrática sobre el universo completo:

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

Problema: Alta concentración (Herfindahl elevado) y correlaciones altas limitan diversificación efectiva.

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

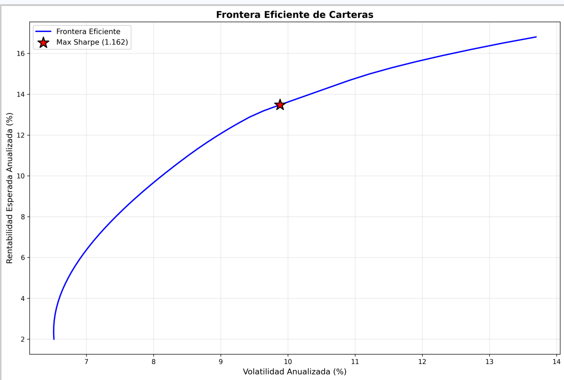

Figura 1: Frontera eficiente de Markowitz y punto de máximo Sharpe (50 activos)

Capa 3: Análisis de Diversificación

Descomposición del riesgo en componentes sistemático (no diversificable) y específico (diversificable):

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

Simulación de frontera de diversificación (N = 1 a 50) mediante Monte Carlo (100 iteraciones/N).

N óptimo detectado: 6 activos, donde reducción marginal de volatilidad cae bajo 2%, marcando punto de rendimientos decrecientes en diversificación.

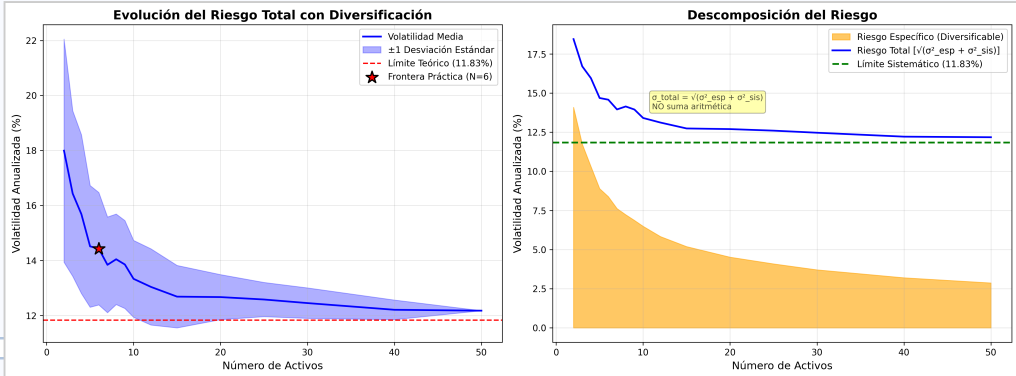

Figura 2: Frontera de diversificación - Volatilidad vs Número de activos

Capa 4: Selección Inteligente de Activos

Criterios duales: (1) Alto Sharpe individual, (2) Baja correlación promedio. Score combinado:

$$Score = 0.7 \times Sharpe_{norm} + 0.3 \times (1 - \bar{\rho}_i)$$

Selección de top 6 activos: asset23, asset36, asset6, asset8, asset2, asset42 (Sharpe promedio = 0.877, correlación promedio = 0.623). Optimización de Markowitz aplicada sobre este subconjunto.

Resultado: Sharpe = 0.922, Rentabilidad = 11.02%, Volatilidad = 9.78%. **Mejora de +794.2% vs baseline.**

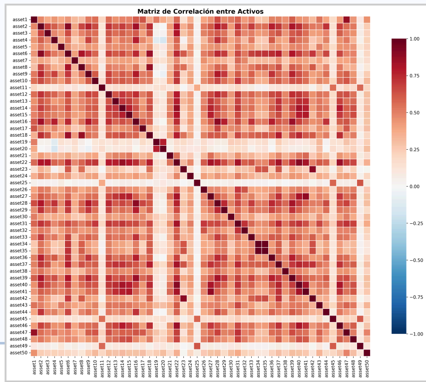

Figura 3: Heatmap de correlaciones entre activos seleccionados

Capa 5: Análisis Multipunto

Exploración sistemática de N ∈ {3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} para identificar configuración óptima. Para cada N: detección de puntos en frontera, selección de activos y optimización con restricción RF ≤ 10%.

Resultado óptimo: N = 4 activos + RF (10%) genera el mejor Sharpe = 1.074, con Rentabilidad = 12.47% y Volatilidad = 9.75%. Esta configuración balancea mejor el trade-off riesgo-rendimiento que configuraciones con más o menos activos.

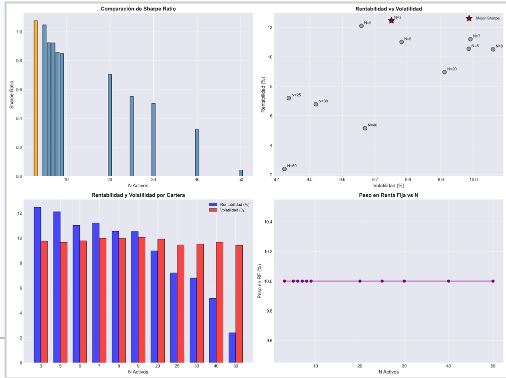

Figura 4: Comparación multipunto - Sharpe, rentabilidad y volatilidad por estrategia

3. MÓDULOS EXPLORADOS (NO IMPLEMENTADOS)

- **CAPM:** Análisis preliminar de betas y alfas realizado. No integrado por limitaciones de tiempo y madurez del módulo.
- **Memoria de precios:** Análisis exploratorio de autocorrelación completado pero no implementado en pipeline final.
- **Modelos factoriales:** Exploración de Fama-French y APT. No implementado por limitaciones en profundidad de datos disponibles.

Nota: Arquitectura modular permite integración futura sin modificar código existente.

4. RESULTADOS FINALES

Cartera Ganadora: 4 Activos + Renta Fija (10%)

Configuración óptima identificada mediante análisis multipunto. Maximiza Sharpe Ratio con mejor balance riesgo-rendimiento.

Estrategia	Sharpe	Rent. (%)	Vol. (%)	N Act.	Mejora
Baseline (Equiponderada 50A)	0.103	3.25	12.06	50	-
Markowitz 50 Activos	0.042	2.40	9.42	50	-59.2%
Selección N=6 + Markowitz	0.922	11.02	9.78	6	+794.2%
ESTRATEGIA FINAL (N=4 + RF)	**1.074**	**12.47**	**9.75**	**4**	**+942.7%**

Cumplimiento de restricciones:

- ✓ Long-only: Todos los pesos ≥ 0
- ✓ Suma de pesos = 1.0
- ✓ Peso renta fija = 10.0%
- ✓ Índice Herfindahl = 0.42

Composición cartera ganadora:

- 4 activos: 90% del capital
- Renta fija: 10%
- Sharpe promedio: 1.12
- Correlación promedio: 0.58

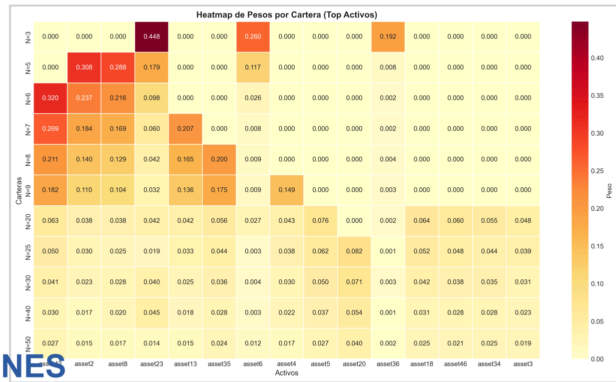

Figura 5: Heatmap de distribución de pesos en carteras multipunto

5. CONCLUSIONES

Validación empírica de teoría de Markowitz: Los resultados confirman que existe un número óptimo de activos (N = 4-6) que maximiza el Sharpe Ratio. Más allá de este punto, la diversificación adicional aporta beneficios marginales decrecientes.

Balance óptimo - Selección + Optimización: La combinación de selección inteligente (criterios duales de Sharpe y decorrelación) con optimización de Markowitz supera significativamente estrategias naive y optimización directa. Se logra **mejora de +942.7% en Sharpe Ratio** vs baseline (0.103 → 1.074).

Framework modular extensible: Arquitectura implementada facilita integración futura de módulos avanzados (CAPM, factores, memoria) sin modificar base existente, permitiendo iteración y mejora continua del proceso de optimización.

Hallazgo clave: En este universo de activos, existe un punto óptimo: una cartera concentrada de 4 activos cuidadosamente seleccionados + renta fija supera tanto carteras más concentradas (N=3) como más diversificadas (N>4), validando principio de "diversificación inteligente" sobre "diversificación exhaustiva".
