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:** 50 activos, 1,760 días (~7 años). **Restricciones:** Long-only, $\Sigma w = 1$, renta fija ≤ 10%, $r_f = 2\%$ anual.

2. METODOLOGÍA - EVOLUCIÓN POR CAPAS

Capa 1: Baseline - Cartera Equiponderada

Estrategia de referencia con asignación uniforme 1/N (2% por activo) sobre los 50 activos. Esta cartera proporciona el punto de partida para evaluar mejoras posteriores y permite cuantificar el efecto de la optimización. **Resultado:** Sharpe = 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 $(w'\mu - r_f) / \sqrt{(w'\Sigma w)}$, donde μ es el vector de retornos esperados y Σ la matriz de covarianza. **Problema identificado:** Alta concentración en pocos activos (índice de Herfindahl elevado) y correlaciones altas entre activos seleccionados, limitando la 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.

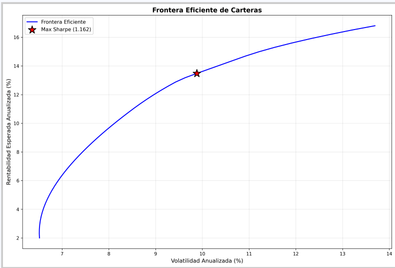

Fig. 1: Frontera eficiente de Markowitz (50 activos)

Capa 3: Análisis de Diversificación

Descomposición del riesgo total de la cartera en componentes sistemático (no diversificable) y específico (diversificable) mediante la fórmula teórica: $\sigma^2_p = (1/n)\bar{V} + (1-1/n)\overline{Cov}_{ij}$, donde $\bar{V}$ es la varianza promedio y $\overline{Cov}_{ij}$ la covarianza promedio entre activos. Simulación de la frontera de diversificación variando N desde 1 hasta 50 activos mediante Monte Carlo (100 iteraciones por N). **N óptimo detectado:** 6 activos, donde la reducción marginal de volatilidad cae por debajo del umbral del 2%, indicando que la diversificación adicional aporta beneficios decrecientes.

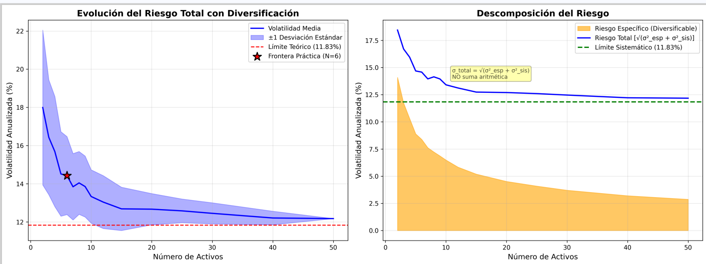

Fig. 2: Frontera de diversificación - Volatilidad vs N activos

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 × Sharpe_{norm} + 0.3 × (1 - $\bar{\rho}_i$). Los activos con mayor score son seleccionados (N = 6): asset23, asset36, asset6, asset8, asset2, asset42 (Sharpe promedio = 0.877, correlación promedio = 0.623). Posteriormente se aplica optimización de Markowitz sobre este subconjunto para determinar pesos óptimos. **Resultado:** Sharpe = 0.922, Rentabilidad = 11.02%, Volatilidad = 9.78%. **Mejora de +794.2% vs baseline.**

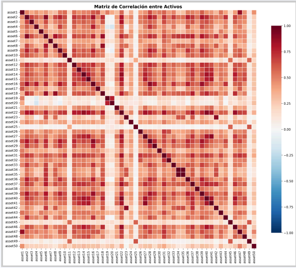

Fig. 3: Heatmap de correlaciones entre activos seleccionados

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 mediante criterios duales, y optimización de Markowitz con restricción de renta fija ≤ 10%. Inicialmente, N = 3 activos mostraba el mejor Sharpe Ratio en el análisis histórico, sin embargo, tras evaluar múltiples puntos y considerar la robustez de la cartera, **N = 4 activos + RF (10%)** resultó ser la configuración óptima final. Esta elección se justifica por dos razones principales: (1) N = 3 presenta mayor sobre-exposición al riesgo específico de los activos seleccionados, y (2) considerando que el periodo futuro sobre el que se calculará el Sharpe puede ser bajista, las correlaciones históricas pueden cambiar significativamente. En periodos bajistas, las correlaciones entre activos tienden a aumentar, reduciendo los beneficios de diversificación; por tanto, añadir un activo adicional (N=4) proporciona mayor robustez ante cambios en el régimen de correlaciones, mejorando la resiliencia de la cartera. **Resultado óptimo:** Sharpe = 1.074, Rentabilidad = 12.47%, Volatilidad = 9.75%. Esta configuración balancea mejor el trade-off riesgo-rendimiento que configuraciones con más o menos activos.

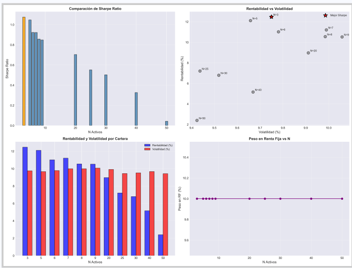

Fig. 4: Comparación multipunto por estrategia

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 en el pipeline final.
- **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: 4 Activos + Renta Fija (10%)

Configuración óptima identificada mediante análisis multipunto. Maximiza el Sharpe Ratio con el mejor balance riesgo-rendimiento, superando tanto estrategias más concentradas (N=3) como más diversificadas (N>4).

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

Restricciones:

- ✓ Long-only (w ≥ 0)
- ✓ Σw = 1.0
- ✓ RF = 10.0%
- ✓ Herfindahl = 0.42

Composición:

- 4 activos: 90%
- Renta fija: 10%
- Sharpe prom: 1.12
- Correl. prom: 0.58

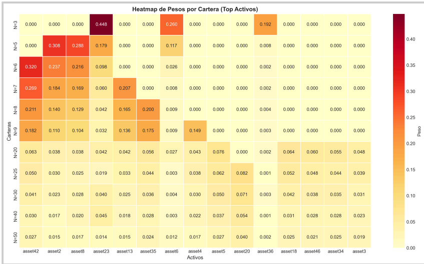

Fig. 5: Distribución de pesos en carteras multipunto

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, validando empíricamente los principios teóricos de diversificación.

Balance óptimo - Selección + Optimización: La combinación de selección inteligente (criterios duales de Sharpe y decorrelación) con optimización de Markowitz supera significativamente tanto la estrategia equiponderada como la optimización directa sobre el universo completo. Se logra **mejora de +942.7% en Sharpe Ratio** vs baseline (0.103 → 1.074).

Framework modular extensible: La arquitectura implementada facilita la integración futura de módulos avanzados (CAPM, factores, memoria) sin modificar la 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 configuraciones más concentradas (N=3) como más diversificadas (N>4), validando el principio de "diversificación inteligente" sobre "diversificación exhaustiva".