

NIVEL AVANZADO

# MANUAL MAESTRO DE TRADING E INGENIERÍA FINANCIERA

De la solvencia y la ejecución a opciones, cuantitativo e infraestructura

CAPÍTULOS 19 - 28 + ANEXOS

PÁGINAS 1 - 78

---

---

---

---

Trabaja opciones, griegas, order flow, estrategias cuantitativas, backtesting e infraestructura institucional.

## CONTENIDO - NIVEL AVANZADO

# Tabla de contenido

---

Esta edición incluye únicamente los capítulos y laboratorios correspondientes a su nivel. La numeración indica la página dentro de este PDF.

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Capítulo 19. Opciones y Black-Scholes-Merton: payoff, valor y supuestos</b>           | <b>4</b>  |
| <b>Capítulo 20. Griegas, unidades y superficie de volatilidad</b>                        | <b>8</b>  |
| <b>Capítulo 21. Spreads, condors, straddles y coberturas: payoff no es edge</b>          | <b>11</b> |
| Laboratorio L10. Bull call spread                                                        | 14        |
| <b>Capítulo 22. Order flow, DOM, footprint y CVD: qué mide realmente el feed</b>         | <b>18</b> |
| <b>Capítulo 23. Delta-neutral, gamma scalping y arbitrajes con fricciones</b>            | <b>21</b> |
| Laboratorio L11. Gamma scalping                                                          | 24        |
| <b>Capítulo 24. Cointegración, pairs trading y proceso Ornstein-Uhlenbeck</b>            | <b>28</b> |
| Laboratorio L12. Pairs trading                                                           | 31        |
| <b>Capítulo 25. Computación cuántica en finanzas: potencial, QUBO y límites actuales</b> | <b>35</b> |
| <b>Capítulo 26. Trading algorítmico, market making y Avellaneda-Stoikov</b>              | <b>38</b> |

---

## CONTENIDO - NIVEL AVANZADO

# Tabla de contenido

---

Esta edición incluye únicamente los capítulos y laboratorios correspondientes a su nivel. La numeración indica la página dentro de este PDF.

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Laboratorio L13. Market making                                                     | 41        |
| <b>Capítulo 27. Backtesting, validación purgada y riesgo extremo</b>               | <b>45</b> |
| Laboratorio L14. Walk-forward                                                      | 48        |
| <b>Capítulo 28. Arquitectura institucional: datos, OMS, FIX/OUCH y risk engine</b> | <b>53</b> |
| Anexo A. Compendio de fórmulas y convenciones                                      | 57        |
| Anexo B. Guía para leer fórmulas, datos y resultados                               | 64        |
| Anexo C. Plantillas y checklists operativos                                        | 67        |
| Anexo D. Glosario operativo                                                        | 72        |
| Anexo E. Referencias completas y enlazadas                                         | 75        |
| Anexo F. Ficha maestra para replicar una estrategia                                | 77        |

---

## NIVEL 4 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 19

## Capítulo 19. Opciones y Black-Scholes-Merton: payoff, valor y supuestos

### EN UNA FRASE

Una opción compra un derecho con un payoff no lineal. Antes de usar modelos, aprende a dibujar cuánto ganas o pierdes al vencimiento. Black-Scholes-Merton es una herramienta de valoración basada en supuestos, no una máquina que predice el precio futuro.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                         |                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Call</b>             | Derecho a comprar al strike.                                      |
| <b>Put</b>              | Derecho a vender al strike.                                       |
| <b>Strike</b>           | Precio contractual de ejercicio.                                  |
| <b>Prima</b>            | Precio pagado o cobrado por la opción.                            |
| <b>Valor intrínseco</b> | Parte del payoff que existiría si venciera ahora.                 |
| <b>Valor temporal</b>   | Parte de la prima asociada al tiempo y la incertidumbre restante. |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: compras una call strike 100 por prima 4. Al vencimiento, si el subyacente vale 110,  $\text{payoff} = 10$  y resultado antes de costes =  $10 - 4 = 6$ . Si termina en 98,  $\text{payoff} = 0$  y pierdes la prima 4.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Dibuja payoff y punto de equilibrio antes de mirar griegas.
- Declara vencimiento, multiplicador y estilo de ejercicio.
- Usa el modelo con sus supuestos y observa sensibilidad a volatilidad y tiempo.

### IDEA CLAVE

Idea clave: precio de opción, payoff y probabilidad de ganar son conceptos distintos.

## NIVEL 4

# Capítulo 19. Opciones y Black-Scholes-Merton: payoff, valor y supuestos

BSM es un modelo de no arbitraje para opciones europeas bajo supuestos concretos. Su mayor utilidad práctica es organizar variables y extraer volatilidad implícita, no predecir el precio del subyacente.

**Fuentes clave:** [R05](#) OCC · [R14](#) Black, F. and Scholes, M. · [R15](#) Merton, R. C. · [R22](#) Federal Reserve Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Separar payoff al vencimiento, valor temporal y P&L antes de vencimiento.
- 2 Calcular call, put, d1, d2 y paridad put-call.
- 3 Reconocer dividendos, ejercicio americano, skew, saltos y costes.

## Marco técnico

### Derecho y obligación

Call da al comprador derecho a comprar K; put, a vender K. El comprador paga prima y su pérdida contractual suele limitarse a ella; el vendedor asume obligación y puede tener pérdida grande o no acotada. Antes de operar opciones estandarizadas se debe leer el ODD de OCC [\[R05\]](#).

### Modelo

Black y Scholes [\[R14\]](#) y Merton [\[R15\]](#) construyen valor por cobertura dinámica y ausencia de arbitraje. Con S, K, T, r, dividend yield q y volatilidad sigma, el modelo europeo produce un precio teórico. La volatilidad implícita es la sigma que iguala precio de mercado y modelo; incorpora convenciones y no es una predicción pura.

### Límites

Volatilidad y tipos no son constantes, hay saltos, spread, discreción de cobertura, dividendos discretos, borrow y ejercicio temprano. Opciones americanas sobre acciones con dividendos pueden requerir árbol o modelo numérico. La crisis de LTCM ilustra leverage, liquidez y contraparte [\[R22\]](#), no un simple fracaso de BSM.

## Métricas y ecuaciones

| Métrica     | Expresión                                                       | Uso y límite                                     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>d1</b>   | $d1 = [\ln(S/K) + (r - q + 0,5 \sigma^2)T] / (\sigma \sqrt{T})$ | T en años y tasas con la convención consistente. |
| <b>d2</b>   | $d2 = d1 - \sigma \sqrt{T}$                                     | N(.) es CDF normal estándar.                     |
| <b>Call</b> | $C = S \exp(-qT) N(d1) - K \exp(-rT) N(d2)$                     | Opción europea con dividend yield continuo.      |
| <b>Put</b>  | $P = K \exp(-rT) N(-d2) - S \exp(-qT) N(-d1)$                   | Mismos supuestos.                                |

| Métrica        | Expresión                           | Uso y límite                                                                           |
|----------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Paridad</b> | $C - P = S \exp(-qT) - K \exp(-rT)$ | Mismo K, T y estilo europeo; costes pueden crear banda, no igualdad ejecutable exacta. |

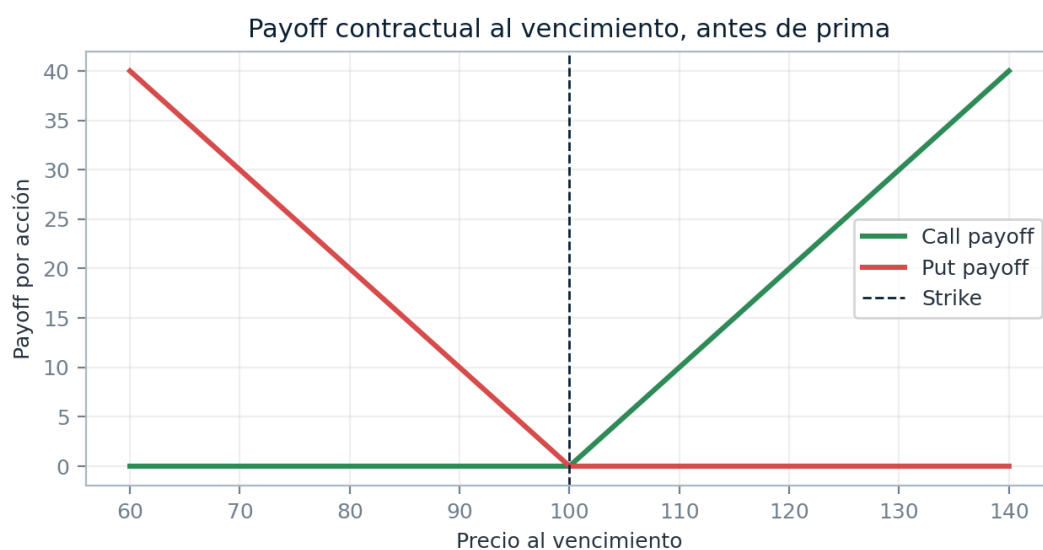


Figura 19.1 ·

Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

## Flujo de trabajo

- 1 Confirmar multiplicador, estilo, settlement, calendario y entregable.
- 2 Dibujar payoff por pata y conjunto al vencimiento.
- 3 Valorar con curvas, dividendos y superficie coherentes.
- 4 Calcular griegas y escenarios de spot, IV, tiempo y spread.
- 5 Revisar ejercicio, asignación, pin, liquidez y margen antes del envío.

## Caso trabajado · Call europea y valor intrínseco

### Planteamiento

$S=100$ ,  $K=105$ ,  $T=0,25$ ,  $r=3\%$ ,  $q=0\%$ ,  $\sigma=25\%$ . BSM da un valor positivo aunque la call este OTM porque existe probabilidad neutral al riesgo de terminar ITM. Al vencimiento su payoff será  $\max(S_T - 105, 0)$ , pero hoy el precio también responde a tiempo y volatilidad.

### Resultado y decisión

No comparar prima solo con valor intrínseco ni tratar IV como probabilidad directa. Verificar unidades y usar bid/ask para una decisión ejecutable.

## Errores frecuentes

- 01 Aplicar BSM europeo sin revisar ejercicio americano o dividendos.
- 02 Confundir valor teórico con precio realizable.
- 03 Decir que IV es la volatilidad que ocurrirá.
- 04 Atribuir LTCM exclusivamente a un modelo de opciones.

## Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                                |                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Reconciliación con paridad y límites de no arbitraje. | <input type="checkbox"/> Curvas y dividendos con fecha y fuente.                        |
| <input type="checkbox"/> Stress de IV, skew, gap, spread y ejercicio temprano. | <input type="checkbox"/> Lectura obligatoria del ODD y aprobación de nivel de opciones. |

| Registro de cierre                 | Evidencia                                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha · versión · responsable      | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Mercado · producto · cuenta        | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Prueba o documento adjunto         | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Resultado                          | <div><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Condicionado <input type="checkbox"/> Rechazado</div> |
| Observaciones y siguiente revisión | <div></div> <div>-</div> <div></div> <div>-</div> <div></div> <div>-</div>                                            |

## NIVEL 4 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 20

## Capítulo 20. Griegas, unidades y superficie de volatilidad

### EN UNA FRASE

Las griegas describen como cambia localmente el valor de una opción cuando cambia una variable. Son sensibilidades, no garantías, y dependen del modelo y de la unidad usada.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                              |                                                                                  |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Delta</b>                 | Cambio aproximado del precio de la opción ante un pequeño cambio del subyacente. |
| <b>Gamma</b>                 | Cambio del delta cuando cambia el subyacente.                                    |
| <b>Theta</b>                 | Cambio asociado al paso del tiempo bajo una convencion.                          |
| <b>Vega</b>                  | Cambio ante variacion de volatilidad implicita.                                  |
| <b>Volatilidad implicita</b> | Volatilidad que hace compatible un modelo con el precio observado de la opción.  |
| <b>Superficie</b>            | Mapa de volatilidad implicita por strike y vencimiento.                          |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: delta 0,50 significa que, para un movimiento pequeño de +1 en el subyacente y manteniendo lo demás constante, el modelo aproxima +0,50 en la opción. Si gamma es alta, ese 0,50 puede cambiar rápidamente.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Anota la unidad exacta de cada griega.
- Recuerda que las sensibilidades cambian con precio, tiempo y volatilidad.
- No sumes exposiciones sin convertirlas a la misma unidad y multiplicador.

### IDEA CLAVE

Idea clave: las griegas son una foto local de sensibilidad, no un resultado final asegurado.



## NIVEL 4

## Capítulo 20. Griegas, unidades y superficie de volatilidad

Las griegas son derivadas locales de un modelo. Cambian con spot, tiempo y volatilidad; no son constantes ni suman todo el riesgo de salto, liquidez o modelo.

**Fuentes clave:** [R05](#) OCC · [R14](#) Black, F. and Scholes, M. · [R15](#) Merton, R. C. Detalles y URL en el Anexo E.

### Objetivos verificables

- 1 Interpretar Delta, Gamma, Vega, Theta y Rho con unidades.
- 2 Ubicar Vanna, Vomma y Charm como sensibilidades de segundo orden.
- 3 Leer skew, term structure, IV rank y restricciones de superficie.

### Marco técnico

#### Primer y segundo orden

Delta aproxima cambio por unidad de spot; Gamma, cambio de Delta; Vega, cambio por punto de volatilidad si así se reporta; Theta, paso del tiempo; Rho, tipo. Proveedores pueden escalar Vega por 1,00 o por 1 punto porcentual y Theta por día o año. Sin unidad, el número es ambiguo.

#### Griegas superiores

Vanna = cambio de Delta con volatilidad; Vomma/Volga = curvatura respecto a volatilidad; Charm = cambio de Delta con tiempo. El signo de Charm puede cambiar según se derive respecto a tiempo de calendario o tiempo restante. Son útiles en libros grandes, pero sensibles al modelo y superficie.

#### Superficie

La IV varía por strike y vencimiento debido a distribución, oferta, demanda y restricciones. Skew compara strikes; term structure, vencimientos. IV Rank ubica IV actual entre mínimo y máximo de una ventana y es sensible a outliers; IV Percentile mide fracción de días inferiores. Ninguna métrica dice por sí sola comprar o vender volatilidad.

### Métricas y ecuaciones

| Métrica                   | Expresión                                                                                         | Uso y límite                                          |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Aproximación local</b> | $\Delta V \approx \Delta S + 0,5 \Gamma \Delta S^2 + \text{Vega} \Delta \sigma + \Theta \Delta t$ | Omite cruces y órdenes superiores; empeora en saltos. |
| <b>Vanna</b>              | $\text{Vanna} = d\Delta / d\sigma = d^2V / (dS d\sigma)$                                          | Convención y escala dependen del modelo.              |
| <b>Vomma</b>              | $\text{Vomma} = d\text{Vega} / d\sigma$                                                           | Captura curvatura de volatilidad local.               |
| <b>IV Rank</b>            | $100 \times (IV_{\text{actual}} - IV_{\text{min}}) / (IV_{\text{max}} - IV_{\text{min}})$         | Defina ventana y maneje denominador cero.             |

Superficie hipotética: skew y term structure

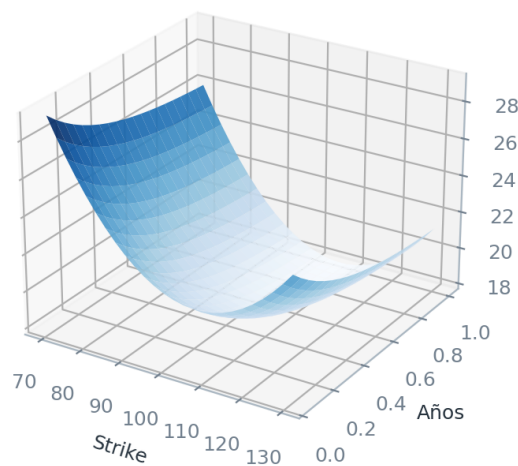


Figura 20.1 ·

Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

Flujo de trabajo

- 1 Confirmar modelo, spot/forward, curva, dividendos y convención de días.
- 2 Normalizar todas las griegas a una unidad comun.
- 3 Agregar por subyacente, vencimiento, strike y escenario.
- 4 Revalorar de forma completa tras shocks, no solo con expansión local.
- 5 Comparar superficie con días anteriores controlando eventos y roll.

Caso trabajado · Vega mal interpretada

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planteamiento        | Una opción muestra Vega 0,12 por punto de IV. Diez contratos con multiplicador 100 tienen Vega monetaria = 0,12 x100 x10 = 120 USD por +1 punto porcentual, localmente. Si el sistema reportara Vega por +100 puntos, la lectura sería cien veces distinta. Además, skew puede moverse de forma no paralela. |
| Resultado y decisión | Guardar unidad y escenario junto a cada exposición; revalorar la superficie por nodos para shocks grandes.                                                                                                                                                                                                   |

Errores frecuentes

- 01

Sumar Delta de activos con monedas o multiplicadores distintos.
- 02

Tratar Vega como cambio por 1% relativo sin verificar convención.
- 03

Usar una sola IV para toda la cadena.
- 04

Considerar Delta como probabilidad exacta de expirar ITM.

Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                                |                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Diccionario de unidades y convenciones por proveedor. | <input type="checkbox"/> Límites por griega y por escenario de superficie.                  |
| <input type="checkbox"/> Full revaluation para estrés y vencimientos cercanos. | <input type="checkbox"/> Alertas por datos stale, crossed markets o dividendos modificados. |

## NIVEL 4 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 21

## Capítulo 21. Spreads, condors, straddles y coberturas: payoff no es edge

### EN UNA FRASE

Combinar opciones cambia la forma del payoff y puede limitar ganancias o pérdidas. Pero una estructura bonita no crea ventaja estadística: aun necesitas precio, probabilidad, costes y una razón para creer que el mercado esta mal valorado.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                         |                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spread</b>           | Combinacion de dos o más opciones relacionadas.                                |
| <b>Bull call spread</b> | Compra de call y venta de otra call con strike superior.                       |
| <b>Straddle</b>         | Call y put del mismo strike/vencimiento; apuesta a movimiento, no a dirección. |
| <b>Condor</b>           | Estructura de varias patas con zona central de beneficio limitada.             |
| <b>Breakeven</b>        | Precio donde el resultado neto es aproximadamente cero al vencimiento.         |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: compras call 100 por 6 y vendes call 110 por 2. Coste neto = 4. Máxima ganancia al vencimiento =  $10 - 4 = 6$ . Máxima pérdida = 4, antes de costes. Eso describe payoff, no si la operación tiene esperanza positiva.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Calcula prima neta, pérdida máxima y ganancia máxima.
- Incluye asignacion, ejercicio anticipado y costes por varias patas.
- Compara la estructura con una alternativa más simple.

### IDEA CLAVE

Idea clave: limitar la pérdida no convierte automaticamente la operación en buena.

## NIVEL 4

# Capítulo 21. Spreads, condors, straddles y coberturas: payoff no es edge

Una estructura de opciones transforma exposiciones y límites; no crea rentabilidad esperada por su nombre. La prima, superficie, ejecución, asignación y gestión determinan el resultado.

**Fuentes clave:** [R05](#) OCC · [R21](#) SEC Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Calcular máximo beneficio, pérdida y break-even por estrategia.
- 2 Relacionar cada estructura con Delta, Gamma, Vega y Theta.
- 3 Incluir early assignment, pin risk, liquidez y margen.

## Marco técnico

### Verticales

Bull call spread compra call K1 y vende K2>K1. Limita coste y ganancia. Credit spread cobra prima y conserva riesgo de salto hasta la anchura menos crédito. Un ratio spread puede reabrir cola no acotada; no lo trate como vertical ordinaria.

### Straddle y condor

Long straddle compra call y put del mismo K/T: suele ser long Gamma y Vega, short Theta; necesita movimiento y/o IV suficiente frente a prima. Iron condor vende dos spreads: payoff acotado si todas las patas existen, pero su P&L antes de vencimiento depende de skew, tiempo y fills.

### Micro-riesgos

Opciones americanas pueden asignarse antes, especialmente cerca de dividendo. En vencimiento, pin risk deja incertidumbre sobre ejercicio y posición subyacente. Multi-leg puede ejecutar por partes; un precio teórico no garantiza combo fill. OCC detalla riesgos y obligaciones [\[R05\]](#).

## Métricas y ecuaciones

| Métrica                | Expresión                                                                  | Uso y límite                                             |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Bull call debit</b> | $\text{debit} = \text{prima\_call\_K1} - \text{prima\_call\_K2}$           | Max loss = debit; max gain = K2-K1-debit; BE = K1+debit. |
| <b>Credit spread</b>   | $\text{max loss} = \text{ancho\_strikes} - \text{crédito}$                 | Por acción; multiplique contrato y cantidad.             |
| <b>Long straddle</b>   | $\text{BE bajos/altos} = K - \text{prima\_total}; K + \text{prima\_total}$ | Al vencimiento y antes de costes.                        |

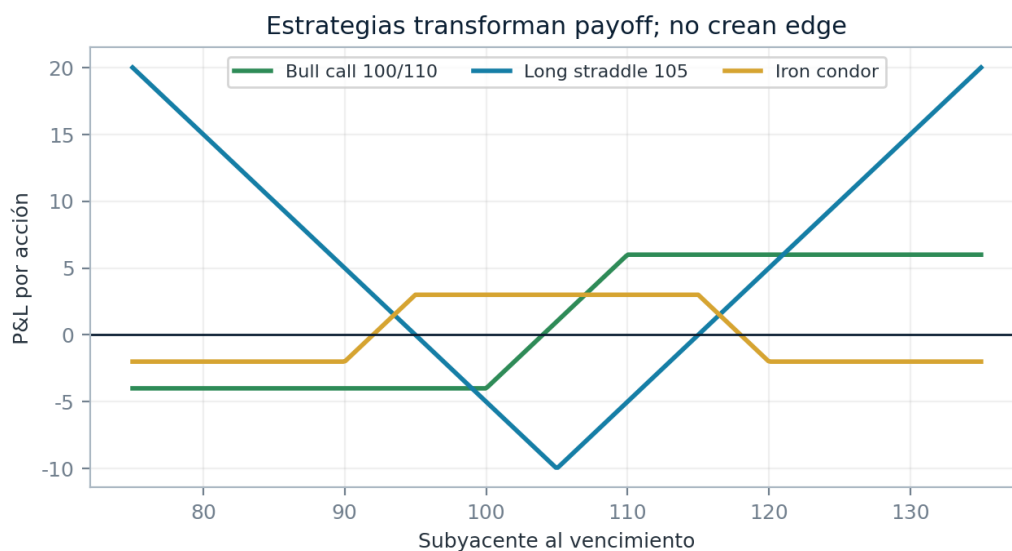


Figura 21.1 ·

Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

## Flujo de trabajo

- 1 Dibujar payoff por pata, agregado y posición tras asignación.
- 2 Calcular débito/crédito con precios ejecutables y multiplicador.
- 3 Revisar griegas, superficie, dividendos y calendario.
- 4 Simular fills parciales, ejercicio y cierre en spread ancho.
- 5 Definir gestión por escenario, no solo por porcentaje de prima.

## Caso trabajado · Bull call 100/110

### Planteamiento

Comprar call 100 por 6 y vender call 110 por 2: débito 4. Pérdida máxima 4; ganancia máxima 6; break-even 104 al vencimiento, por acción. Con multiplicador 100, son 400 USD de riesgo y 600 USD de ganancia máxima antes de comisión. Si una pata no llena, la exposición cambia.

### Resultado y decisión

Verificar combo net debit y cancelar/reconciliar patas. El máximo contractual no incluye error operativo, ejercicio o imposibilidad de cerrar al precio supuesto.

## Laboratorio L10 · Bull call spread: dibujar el payoff antes de enviar dos patas

|                    |                                |                        |                          |
|--------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>CAPÍTULO 21</b> | <b>DIFICULTAD · Intermedio</b> | <b>TIEMPO · 45 min</b> | <b>MODO · SIMULACIÓN</b> |
|--------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------|

### En palabras simples

La estrategia compra una call y vende otra con strike mayor. Reduce el coste inicial, pero también limita el beneficio. Todo se entiende mejor con una tabla de precios al vencimiento.

### Qué aprenderás

Calcular débito, pérdida máxima, beneficio máximo, break-even y payoff a vencimiento de un spread vertical.

## Datos y supuestos del ejemplo

| Entrada             | Valor supuesto    | Función                   |
|---------------------|-------------------|---------------------------|
| Subyacente          | 100,00            | Precio ilustrativo        |
| Call larga          | K 100; prima 6,20 | Derecho comprado          |
| Call corta          | K 110; prima 2,40 | Obligación vendida        |
| Multiplicador       | 100               | Verificar contrato real   |
| Costes ida y vuelta | 6 USD             | Supuesto para estrés neto |

## Reglas exactas, en orden

- 1 Usar mismo subyacente y vencimiento para ambas calls.
- 2 Débito neto = prima larga - prima corta; incluir multiplicador y costes.
- 3 Payoff a vencimiento por unidad =  $\max(S_T - 100, 0) - \max(S_T - 110, 0) - 3,80$ .
- 4 Definir salida previa, riesgo de asignación y tratamiento de dividendos antes de operar.
- 5 Enviar como combo si el mercado lo permite y registrar fill neto, no patas ideales separadas.

## Cálculo guiado, paso a paso

- 01** Débito neto =  $6,20 - 2,40 = 3,80$  por acción; desembolso = 380 USD por spread.
- 02** Pérdida máxima a vencimiento = 380 USD si  $S_T \leq 100$ , antes de costes.
- 03** Anchura =  $110 - 100 = 10$ ; beneficio máximo =  $(10 - 3,80) \times 100 = 620$  USD.
- 04** Break-even a vencimiento =  $100 + 3,80 = 103,80$ .
- 05** Tras 6 USD de costes, extremos netos aproximados: pérdida máxima 386 y beneficio máximo 614 USD.

## Tabla de comprobación

| S_T    | Call K100 | Call K110 corta | Payoff neto | Por spread |
|--------|-----------|-----------------|-------------|------------|
| 90,00  | 0         | 0               | -3,80       | -380 USD   |
| 100,00 | 0         | 0               | -3,80       | -380 USD   |
| 103,80 | 3,80      | 0               | 0,00        | 0 USD      |
| 105,00 | 5,00      | 0               | +1,20       | +120 USD   |
| 110,00 | 10,00     | 0               | +6,20       | +620 USD   |
| 120,00 | 20,00     | -10,00          | +6,20       | +620 USD   |

## Cómo replicarlo en una hoja de cálculo

- 1** Valor call larga =  $\text{MAX}(S_T - K_{\text{largo}}, 0)$ .
- 2** Valor call corta =  $-\text{MAX}(S_T - K_{\text{corto}}, 0)$ .
- 3** P&L por acción = valor\_larga + valor\_corta - débito; P&L contrato = P&L  $\times$  multiplicador - costes.
- 4** Genera S\_T desde 80 hasta 130 y comprueba visualmente pérdida, tramo creciente y techo.

## Qué significa el resultado

### Lectura profesional

A 120, la call larga gana más, pero la corta entrega todo el exceso sobre 110. El techo no es un error: es el precio de haber reducido el débito inicial.

## Cuándo falla o deja de ser comparable

- Sumar primas sin respetar el signo de la pata corta.
- Olvidar multiplicador, comisión por pata o bid-ask del combo.
- Usar el payoff de vencimiento para valorar una salida anticipada.
- Ignorar asignación anticipada, ex-dividendo y pin risk.

### Ahora repítelo tú

Cambia la call corta a K 108 con prima 3,10. Recalcula débito, break-even y máximo beneficio. Explica con una frase qué se gana y qué se cede frente al spread original.

### Límite de seguridad

Opciones pueden perder el 100% de la prima y crear obligaciones. Práctica el combo en simulación y verifica ejercicio, asignación, estilo y multiplicador.

## Control de comprensión

|                                                                           |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Puedo explicar la hipótesis sin usar jerga.      | <input type="checkbox"/> Puedo reconstruir el cálculo sin mirar el resultado. |
| <input type="checkbox"/> Sé qué dato es supuesto y cuál sería observable. | <input type="checkbox"/> Sé qué condición invalida la estrategia.             |
| <input type="checkbox"/> He incluido costes y un escenario adverso.       | <input type="checkbox"/> Puedo emitir una decisión de aprobado o rechazado.   |



## Errores frecuentes

**01** Vender prima porque IV Rank es alto sin estimar distribución y evento.

**02** Calcular break-even sin comisiones ni slippage.

**03** Suponer que cuatro patas siempre limitan riesgo durante ejecución.

**04** Mantener hasta vencimiento sin plan de asignación y pin.

## Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                         |                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Orden combo cuando exista y límite de legging. | <input type="checkbox"/> Calendario de dividendos, ejercicio y expiración. |
| <input type="checkbox"/> Límites de Gamma/Vega y full revaluation.      | <input type="checkbox"/> Reserva de buying power para asignación y hedge.  |

## NIVEL 4 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 22

## Capítulo 22. Order flow, DOM, footprint y CVD: que mide realmente el feed

### EN UNA FRASE

Order flow intenta describir como se ejecutan las órdenes. DOM, footprint y CVD dependen del feed disponible y de reglas para clasificar compras y ventas agresivas; por eso dos proveedores pueden mostrar cifras diferentes.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                  |                                                                                            |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DOM</b>       | Depth of Market: niveles visibles de órdenes limit.                                        |
| <b>Footprint</b> | Representacion del volumen ejecutado por precio y lado según una clasificacion.            |
| <b>CVD</b>       | Cumulative Volume Delta: acumulacion de volumen clasificado como comprador menos vendedor. |
| <b>Agresor</b>   | Orden que cruza el spread y toma liquidez.                                                 |
| <b>Feed</b>      | Fuente y formato de datos que recibes del mercado o proveedor.                             |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: si se ejecutan 1.000 unidades al ask y 700 al bid, una clasificacion simple podría mostrar delta +300. Eso no significa automaticamente que el precio subira ni identifica quien opero.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Documenta fuente, latencia, cobertura y reglas de clasificacion.
- Distingue órdenes visibles de ejecuciones reales.
- Prueba cualquier señal de imbalance fuera de muestra y neta de costes.

### IDEA CLAVE

Idea clave: una visualizacion de flujo es tan fiable como el dato y la convencion que la construyen.

## NIVEL 4

# Capítulo 22. Order flow, DOM, footprint y CVD: qué mide realmente el feed

Order flow observado es el rastro de ejecuciones y cotizaciones disponibles en un feed concreto. No revela toda la demanda, las intenciones canceladas ni la identidad institucional.

**Fuentes clave:** [R18](#) O'Hara, M. · [R19](#) Hasbrouck, J. · [R20](#) SEC and CFTC Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Distinguir quote, trade, aggressor, depth y queue events.
- 2 Calcular delta, CVD e imbalance con una clasificación declarada.
- 3 Reconocer fragmentación, hidden liquidity, spoofing y errores de feed.

## Marco técnico

### Datos

L1 aporta mejor bid/ask; L2 agrega profundidad por precio; L3 puede aportar órdenes individuales y secuencia, sujeto al venue. Time and sales registra trades. Un footprint distribuye volumen ejecutado en bid/ask por precio. En mercados fragmentados, un solo venue ofrece una vista parcial; en FX spot no existe libro central único.

### Clasificación y CVD

Para atribuir agresor puede usarse quote rule, tick rule o flags nativos. Cada método falla en trades dentro del spread, quotes stale o paquetes.  $\Delta = \text{volumen clasificado comprador} - \text{volumen clasificado vendedor}$ ; CVD acumula delta desde un punto arbitrario. Divergencia CVD-precio es una descripción, no una señal causal.

### Absorción e iceberg

Mucho volumen agresivo sin movimiento puede ser compatible con liquidez pasiva, pero también con replenishment distribuido, cruces, datos incompletos o cambio de referencia. Iceberg requiere evidencia de recarga por orden/venue; DOM grande puede cancelarse.

Una cifra concreta de absorción requiere un feed y un evento trazables.

## Métricas y ecuaciones

| Métrica          | Expresión                                                                               | Uso y límite                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Delta</b>     | $\Delta_t = \text{volumen\_agresor\_compra} - \text{volumen\_agresor\_venta}$           | Depende de algoritmo de clasificación.             |
| <b>CVD</b>       | $\text{CVD}_t = \text{CVD}_{\{t-1\}} + \Delta_t$                                        | El anclaje cambia la lectura.                      |
| <b>Imbalance</b> | $\text{imbalance}_p = \text{ask\_traded}_p / \max(\text{bid\_traded}_p, \text{mínimo})$ | Umbral y comparación diagonal deben especificarse. |

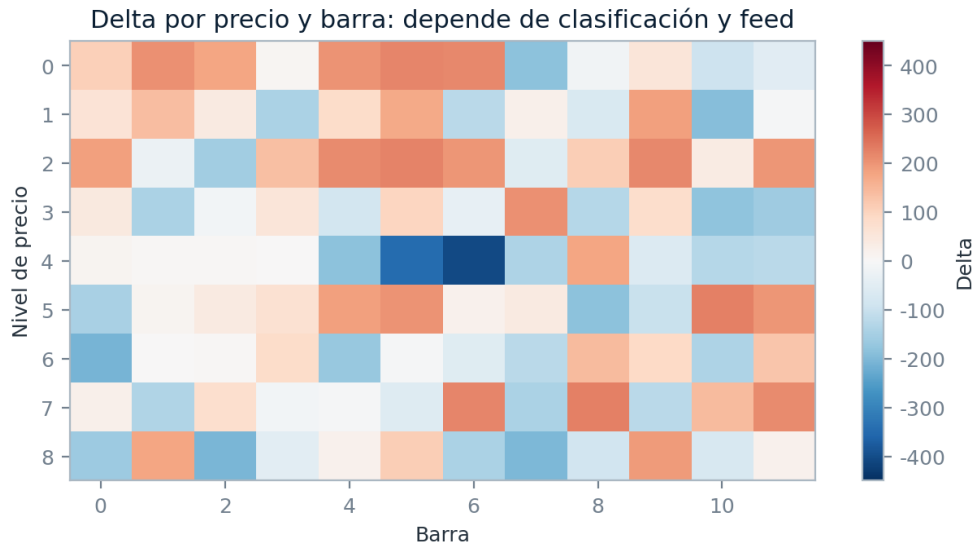


Figura 22.1 · Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

Flujo de trabajo

- 1 Identificar venue, feed, profundidad, flags y timestamps.
- 2 Validar secuencia, duplicados, gaps y sincronización.
- 3 Elegir clasificador de agresor y cuantificar su incertidumbre.
- 4 Definir evento de absorción/imbalance antes de observar resultado.
- 5 Probar capacidad con replay realista y latencia de decisión.

Caso trabajado · Delta negativo con precio estable

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planteamiento        | Se ejecutan 8.000 al bid y 3.000 al ask: Delta=-5.000, mientras el precio cierra plano. Esto es compatible con compras pasivas que absorben ventas, pero no prueba que el comprador siga presente. Si la profundidad desaparece en la siguiente actualización, una entrada basada solo en Delta puede sufrir adverse selection. |
| Resultado y decisión | Exigir persistencia, respuesta posterior y stop basado en precio; registrar también cancelaciones y calidad del feed.                                                                                                                                                                                                           |

Errores frecuentes

- 01 Llamar institucional a cualquier bloque grande.
- 02 Comparar CVD de feeds o anclajes distintos.
- 03 Operar DOM sin contabilizar cancelaciones y posición de cola.
- 04 Inferir dirección de mercado de volumen agresor aislado.

Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                         |                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Checksum, sequence gap y alerta de feed stale. | <input type="checkbox"/> Reglas separadas por venue y contrato.                                          |
| <input type="checkbox"/> Límite de latencia entre evento y orden.       | <input type="checkbox"/> Desactivar señal cuando el porcentaje de trades no clasificables exceda umbral. |

## NIVEL 4 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 23

## Capítulo 23. Delta-neutral, gamma scalping y arbitrajes con fricciones

### EN UNA FRASE

Una posición delta-neutral intenta reducir la exposición inmediata a pequeños movimientos del subyacente. Gamma scalping reajusta esa cobertura mientras cambia el precio. El resultado depende de volatilidad realizada, theta, vega y costes de rehedge.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                       |                                                                       |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Delta-neutral</b>  | Posición cuyo delta neto esta cerca de cero en ese momento.           |
| <b>Rehedge</b>        | Ajuste de la cobertura para volver al delta objetivo.                 |
| <b>Gamma scalping</b> | Rehedges repetidos alrededor de una posición con gamma.               |
| <b>Theta</b>          | Coste/beneficio asociado al paso del tiempo.                          |
| <b>Fricciones</b>     | Comisiones, spread, slippage, financiación, restricciones y latencia. |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: una opción tiene delta +0,50 por 100 unidades equivalentes. Para neutralizar, vendes aproximadamente 50 unidades del subyacente. Si el precio cambia, el delta cambia y debes recalcular; cada ajuste cuesta dinero.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Separa P&L; de opción, hedge, theta, vega y costes.
- Define cuando rehedgear antes de la simulación.
- No llares arbitraje a una operación que depende de volatilidad futura o ejecución incierta.

### IDEA CLAVE

Idea clave: "neutral" describe una sensibilidad local, no ausencia total de riesgo.

# Capítulo 23. Delta-neutral, gamma scalping y arbitrajes con fricciones

Neutralizar Delta elimina solo la sensibilidad local de primer orden. Gamma, Vega, saltos, rebalanceo, basis, financiación y contraparte permanecen.

**Fuentes clave:** [R05](#) OCC · [R06](#) CFTC · [R14](#) Black, F. and Scholes, M. · [R15](#) Merton, R. C. Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Descomponer P&L de una cobertura dinámica.
- 2 Calcular basis en cash-and-carry y ciclo triangular FX.
- 3 Identificar por qué una aparente igualdad no es ejecutable sin riesgo.

## Marco técnico

### Gamma scalping

Una posición long Gamma puede comprar bajo y vender alto al reequilibrar Delta, pero paga Theta y prima de volatilidad. La rentabilidad depende de variación realizada entre hedges frente a IV pagada, costes y saltos. Hedging continuo es un supuesto; en la práctica se usan umbrales y se acepta riesgo residual.

### Cash-and-carry

Long spot y short futuro bloquean parte de la basis si activos, cantidades, fechas y entrega son equivalentes. Quedan financiación, borrow/custodia, margen, roll, haircut, impuesto, default y ejecución. En crypto, retorno del 25% anualizado no es libre de riesgo si depende de exchange o stablecoin.

### Triangular FX

Una inconsistencia entre EUR/USD, USD/JPY y EUR/JPY puede desaparecer antes de completar tres patas. Bid/ask, tamaño, latencia, credit limits y last look convierten igualdad mid en no ejecutable. Un arbitraje profesional incluye orden de patas, rollback y límite de inventario.

## Métricas y ecuaciones

| Métrica          | Expresión                                                                                                                  | Uso y límite                                                        |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| P&L delta-hedged | $P\&L \approx 0,5 \text{ Gamma } (\Delta S)^2 + \text{Theta } \Delta t + \text{Vega } \Delta \sigma - \text{costes}$       | Aproximación local; faltan saltos, cruces y órdenes superiores.     |
| Basis neta       | $\text{retorno\_neto} = \text{futuro} - \text{spot} - \text{financiación} - \text{custodia} - \text{fees} - \text{borrow}$ | Alinee fecha, unidad y entregable.                                  |
| Ciclo FX         | $\text{factor} = \text{bid/ask ejecutables de las tres conversiones}$                                                      | Solo hay oportunidad si factor neto >1 después de todos los costes. |

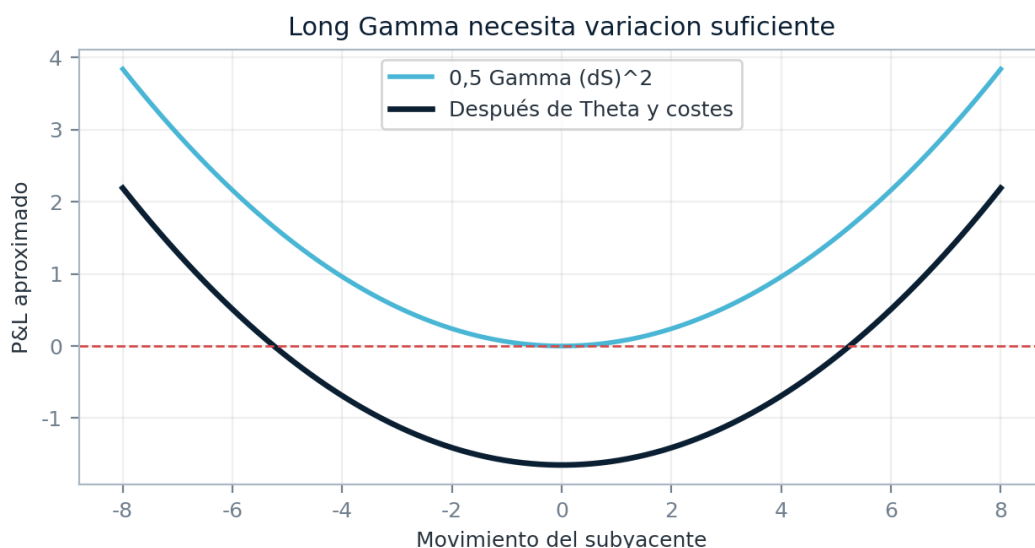


Figura 23.1 ·

Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

## Flujo de trabajo

- 1 Verificar equivalencia legal, entregable, fecha, moneda y tamaño de patas.
- 2 Usar bid/ask y profundidad simultaneos, no closes ni mids asincronos.
- 3 Modelar orden de ejecución, fill parcial y hedge de emergencia.
- 4 Reservar capital para margen y mark-to-market de cada pata.
- 5 Atribuir P&L a carry, Gamma, Vega, basis, costes y error de hedge.

## Caso trabajado · Hedge Delta discreto

### Planteamiento

Diez straddles tienen Delta +180 acciones y se venden 180 para neutralizar. Tras un gap, Delta pasa a +620 antes de poder reequilibrar. La cartera queda expuesta a 440 acciones durante el salto; además cambia IV. El libro era Delta cero en el snapshot, no durante la trayectoria.

### Resultado y decisión

Limitar Gamma y gap por escenario, fijar bandas de hedge y reconocer que neutralidad es local y temporal.

## Laboratorio L11 · Gamma scalping: separar rehedge, opción, theta, vega y costes

|                            |                                                                                                                                                                                                 |                        |                           |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>CAPÍTULO 23</b>         | <b>DIFICULTAD · Avanzado</b>                                                                                                                                                                    | <b>TIEMPO · 75 min</b> | <b>MODOS · SIMULACIÓN</b> |
| <b>En palabras simples</b> | Una posición larga en opciones cambia de Delta cuando se mueve el precio. Reequilibrar puede capturar oscilaciones, pero la prima puede perder valor y los costes pueden absorber esa ganancia. |                        |                           |
| <b>Qué aprenderás</b>      | Seguir la caja de una cobertura Delta dinámica y comprobar por qué comprar bajo y vender alto con el hedge no garantiza beneficio total.                                                        |                        |                           |

### Datos y supuestos del ejemplo

| Entrada             | Valor supuesto              | Función                                 |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Posición            | 10 straddles largos         | Multiplicador 100; 1.000 unidades Delta |
| Prima inicial       | 8,00 por straddle           | Desembolso: 8.000 USD                   |
| Ruta del subyacente | 100 → 102 → 99 → 100        | Mismo final, recorrido distinto         |
| Delta del straddle  | 0,00 → +0,30 → -0,15 → 0,00 | Valores hipotéticos del modelo          |
| Valor final opción  | 7,04                        | Ingreso de cierre: 7.040 USD            |

### Reglas exactas, en orden

- 1 Convertir Delta a acciones equivalentes = Delta × contratos × multiplicador.
- 2 Mantener acciones de hedge = -Delta equivalente según umbral y horario predefinidos.
- 3 Registrar cada fill, fee y financiación; no valorar el hedge a precios teóricos.
- 4 Separar caja del hedge y P&L de opciones para evitar doble conteo.
- 5 Stressar theta, cambio de volatilidad implícita, gaps y frecuencia de rehedge.



## Cálculo guiado, paso a paso

- 01** A 100, Delta = 0: no hay hedge. Al subir a 102, Delta equivalente = +300; se venden 300 acciones a 102.
- 02** Al caer a 99, Delta equivalente = -150; el hedge objetivo es +150. Desde -300 se compran 450 a 99.
- 03** Al volver a 100, Delta = 0; se venden las 150 acciones del hedge a 100.
- 04** Caja del hedge =  $300 \times 102 - 450 \times 99 + 150 \times 100 = +1.050$  USD.
- 05** Opciones:  $7.040 - 8.000 = -960$ . Con 60 de costes, total =  $1.050 - 960 - 60 = +30$  USD.

## Tabla de comprobación

| S      | Delta | Hedge objetivo | Orden                  | Caja    |
|--------|-------|----------------|------------------------|---------|
| 100    | 0,00  | 0              | Ninguna                | 0       |
| 102    | +0,30 | -300           | Vender 300 @ 102       | +30.600 |
| 99     | -0,15 | +150           | Comprar 450 @ 99       | -44.550 |
| 100    | 0,00  | 0              | Vender 150 @ 100       | +15.000 |
| Cierre | -     | 0              | Cerrar opciones @ 7,04 | +7.040  |

## Cómo replicarlo en una hoja de cálculo

- 1** Delta equivalente = Delta\_modelo × contratos × multiplicador; hedge objetivo = -Delta equivalente.
- 2** Orden de hedge = hedge objetivo actual - posición de acciones antes de la orden.
- 3** Caja de venta es positiva y de compra negativa; suma fills reales.
- 4** P&L total = ingreso cierre opciones - prima inicial + caja hedge - fees - financiación.

## Qué significa el resultado

### Lectura profesional

El hedge gana 1.050 USD, pero el total apenas gana 30 porque la opción pierde 960 y hay 60 de costes. Si el valor final fuera 6,50, el mismo recorrido terminaría con una pérdida de 510 USD.

## Cuándo falla o deja de ser comparable

- Llamar beneficio total a la caja positiva del hedge.
- Usar Delta teórica sin bid-ask, discreción ni latencia.
- Rehedgear tras cada tick sin modelar costes.
- Ignorar que vega y theta pueden dominar el resultado.

### Ahora repítelo tú

Mantén la misma ruta y cambia el valor final de la opción a 6,50 y los costes a 120. Luego prueba una política que solo rehedgea si  $|\text{Delta equivalente} - \text{hedge actual}| \geq 200$ .

### Límite de seguridad

Es un ejercicio avanzado de contabilidad de riesgo, no una estrategia sin riesgo. Opciones, cortos y cobertura dinámica requieren permisos, margen y controles operativos.

## Control de comprensión

|                                                                           |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Puedo explicar la hipótesis sin usar jerga.      | <input type="checkbox"/> Puedo reconstruir el cálculo sin mirar el resultado. |
| <input type="checkbox"/> Sé qué dato es supuesto y cuál sería observable. | <input type="checkbox"/> Sé qué condición invalida la estrategia.             |
| <input type="checkbox"/> He incluido costes y un escenario adverso.       | <input type="checkbox"/> Puedo emitir una decisión de aprobado o rechazado.   |

## Errores frecuentes

|    |                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------|
| 01 | Llamar libre de riesgo a una posición con contraparte o basis.             |
| 02 | Medir Delta una vez al día en vencimientos cortos.                         |
| 03 | Valorar tres patas FX con el mismo timestamp lógico pero feeds retrasados. |
| 04 | Ignorar funding, borrow y colateral de cada pata.                          |

## Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                              |                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Límites de inventario residual y tiempo sin hedge.  | <input type="checkbox"/> Precios ejecutables sincronizados y atomicidad cuando exista. |
| <input type="checkbox"/> Stress de gap, IV, basis, depeg y default de venue. | <input type="checkbox"/> Reconciliación de P&L por componente y contraparte.           |

## NIVEL 5 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 24

## Capítulo 24. Cointegración, pairs trading y proceso Ornstein-Uhlenbeck

### EN UNA FRASE

Pairs trading busca una relación relativamente estable entre dos series y opera desviaciones del residual. Correlación alta no basta: la relación puede romperse y el parámetro estimado puede cambiar.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                           |                                                                                |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cointegración</b>      | Relación de largo plazo entre series no estacionarias bajo un modelo concreto. |
| <b>Residual</b>           | Diferencia que queda después de combinar las series según el modelo.           |
| <b>Z-score</b>            | Distancia del residual respecto a su media expresada en desviaciones estándar. |
| <b>Mean reversion</b>     | Tendencia estadística a volver hacia un nivel, no garantía de retorno.         |
| <b>Ornstein-Uhlenbeck</b> | Modelo continuo simple usado para representar reversion a la media.            |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: residual medio 0 y desviación 2. Si residual actual = 4,  $z = 4/2 = +2$ . Una regla podría vender el spread en +2 y cerrar cerca de 0, pero solo si la relación sigue siendo válida y los costes no eliminan la ventaja.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Prueba estacionariedad/cointegración con ventanas temporales coherentes.
- Reserva datos para validar rupturas de régimen.
- Incluye costes de ambas patas y riesgo de short/borrow.

### IDEA CLAVE

Idea clave: un z-score extremo puede ser oportunidad o señal de que la relación dejó de existir.

## NIVEL 5

## Capítulo 24. Cointegración, pairs trading y proceso Ornstein-Uhlenbeck

Correlación de retornos no implica que una combinación de precios sea estacionaria. Cointegración exige una relación estimada, tests con supuestos y estabilidad económica fuera de muestra.

**Fuentes clave:** [R23](#) Dickey, D. and Fuller, W. · [R24](#) Johansen, S. · [R27](#) Bailey, D. et al. · [R43](#) Engle, R. and Granger, C. Detalles y URL en el Anexo E.

### Objetivos verificables

- 1 Distinguir estacionariedad, integración y cointegración.
- 2 Aplicar Engle-Granger/ADF o Johansen sin usar datos futuros.
- 3 Estimar half-life y validar costes, capacidad y breaks.

### Marco técnico

#### Relación, no parecido visual

Dos activos pueden tener alta correlación y spread no estacionario; también puede existir cointegración con retornos poco correlacionados. Engle-Granger estima  $y_t = \alpha + \beta x_t + \text{error}$  y prueba raíz unitaria en el residual [\[R23\]](#)[\[R43\]](#). Johansen trata sistemas multivariantes y rango de cointegración [\[R24\]](#).

#### Hipótesis y sesgos

En ADF la hipótesis nula es raíz unitaria; no rechazar no prueba estacionariedad, y rechazar en una ventana no garantiza futuro. Seleccionar pares por el mismo test altera p-values. Beta, intercepto, tendencia y lags deben estimarse solo con train; splits, dividendos y monedas requieren datos coherentes.

#### OU como aproximación

Si el spread se aproxima por  $dX = \kappa(\mu - X)dt + \sigma dW$ ,  $\kappa > 0$  implica reversión y half-life  $\ln 2 / \kappa$ . Estimar OU no convierte la relación en ley: cambios fundamentales, borrow, límites de posición y colas rompen la dinámica. Use stop de tesis y test de estabilidad.

### Métricas y ecuaciones

| Métrica             | Expresión                                                                             | Uso y límite                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Spread</b>       | $\epsilon_t = y_t - \alpha - \beta x_t$                                               | Beta debe ser hedge ratio económico y estadístico consistente. |
| <b>ADF residual</b> | $\Delta \epsilon_t = \gamma \epsilon_{t-1} + \sum \phi_i \Delta \epsilon_{t-i} + u_t$ | $H_0: \gamma = 0$ ; críticos no son t estándar.                |
| <b>OU</b>           | $dX_t = \kappa(\mu - X_t)dt + \sigma dW_t$                                            | $\kappa > 0$ y parámetros estables son supuestos.              |
| <b>Half-life</b>    | $\text{half\_life} = \ln(2) / \kappa$                                                 | Unidades dependen del intervalo de muestreo.                   |

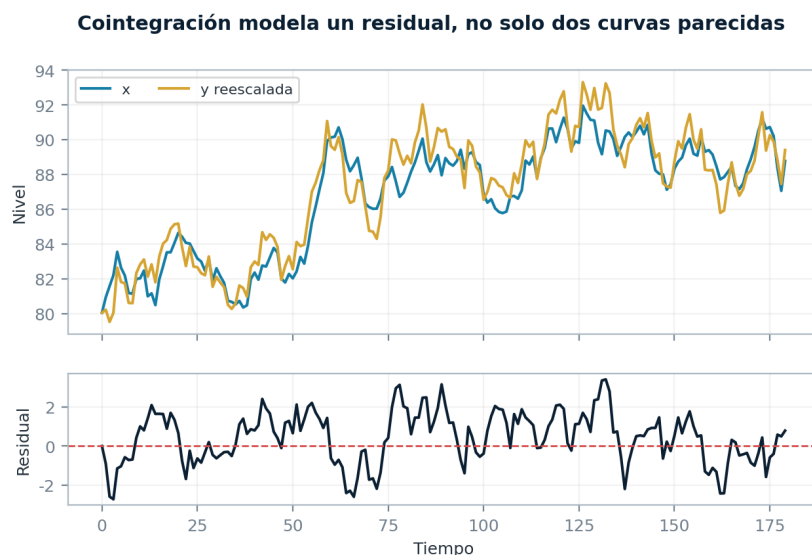


Figura 24.1 ·

Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

## Flujo de trabajo

- 1 Definir universo point-in-time y razón económica del par.
- 2 Separar train, validación y test por tiempo; ajustar beta solo en train.
- 3 Aplicar test con especificación y lags documentados.
- 4 Simular señal, hedge, borrow, slippage y leg risk.
- 5 Monitorear beta, residual, half-life, p-value y ruptura estructural.

## Caso trabajado · Z-score sin cointegración

### Planteamiento

Dos acciones muestran correlación de retornos 0,92. El spread simple oscila en train, pero ADF no rechaza raíz unitaria en validación y beta se desplaza de 1,1 a 1,8. Operar z-score produce averaging down sobre una divergencia fundamental.

### Resultado y decisión

Rechazar el par o modelar break; correlación alta no satisface estacionariedad ni estabilidad del hedge ratio.

## Laboratorio L12 · Pairs trading con residual, z-score y ruptura de régimen

|                    |                              |                        |                           |
|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>CAPÍTULO 24</b> | <b>DIFICULTAD · Avanzado</b> | <b>TIEMPO · 75 min</b> | <b>MODOS · SIMULACIÓN</b> |
|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|

### En palabras simples

Dos precios que suelen moverse juntos pueden separarse temporalmente. La estrategia apuesta por la convergencia del residual, no por qué ambos precios sean parecidos ni por una correlación alta.

### Qué aprenderás

Separar estimación y negociación: ajustar el hedge ratio en train, operar el residual en test y rechazar si se rompe la relación.

## Datos y supuestos del ejemplo

| Entrada        | Valor supuesto                          | Función                                |
|----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| Train          | 252 sesiones                            | Estima alpha, beta, media y desviación |
| Residual       | $\ln(A) - \alpha - \beta \times \ln(B)$ | Relación estimada, no fija             |
| Entrada        | $z \geq +2,00$                          | Corto residual: corto A, largo B       |
| Salida / stop  | $z \leq 0,25 / z \geq 3,50$             | Reglas congeladas                      |
| Beta y precios | 1,25; A 50; B 40                        | Ejemplo de tamaño                      |

## Reglas exactas, en orden

- 1 Seleccionar universo y relación por motivos verificables antes de mirar el test.
- 2 Estimar alpha, beta y escala solo en train; aplicar sin reajustar retrospectivamente al tramo de test.
- 3 Comprobar estacionariedad del residual y estabilidad; correlación sola no basta.
- 4 Al entrar con  $z \geq 2$ , vender A y comprar  $\beta \times$  notional de B; registrar borrow y restricciones.
- 5 Salir por convergencia, stop de z, tiempo máximo o ruptura estructural predefinida.

## Cálculo guiado, paso a paso

- 01** Con  $z = 2,20$ , se abre corto de 10.000 USD en A:  $10.000 / 50 = 200$  acciones.
- 02** Pata B aproximada =  $\text{beta} \times 10.000 = 12.500$  USD; a 40 son 312,5 acciones, antes de redondeo.
- 03** Cuando  $z$  cae a 0,10,  $A = 48$  y  $B = 41$ . P&L de A =  $(50 - 48) \times 200 = 400$  USD.
- 04** P&L de B =  $(41 - 40) \times 312,5 = 312,50$  USD; bruto = 712,50 USD.
- 05** Con borrow 150, fees 25 y slippage 40, neto =  $712,50 - 215 = 497,50$  USD.

## Tabla de comprobación

| Momento       | z    | A    | B      | Acción                        |
|---------------|------|------|--------|-------------------------------|
| Train cerrado | -    | -    | -      | Congelar alpha, beta y escala |
| Entrada test  | 2,20 | 50   | 40     | Corto 200 A; largo 312,5 B    |
| Seguimiento   | 2,90 | 52   | 40,5   | Mantener; bajo stop 3,50      |
| Salida        | 0,10 | 48   | 41     | Cerrar ambas patas            |
| Neto          | -    | +400 | +312,5 | +497,50 tras costes           |

## Cómo replicarlo en una hoja de cálculo

- 1**  $\text{Residual}_t = \text{LN}(A_t) - \alpha_{\text{train}} - \text{beta}_{\text{train}} \times \text{LN}(B_t)$ .
- 2**  $z_t = (\text{residual}_t - \text{media}_{\text{train}}) / \text{desviación}_{\text{train}}$ ; no recalculas la media con el test si no lo permite el protocolo.
- 3**  $\text{Notional}_B = \text{beta} \times \text{notional}_A$ ; luego documenta redondeo y exposición residual.
- 4**  $\text{P\&L}_{\text{neto}} = \text{P\&L}_A + \text{P\&L}_B - \text{borrow} - \text{fees} - \text{slippage} - \text{dividendos debidos}$ .



## Qué significa el resultado

### Lectura profesional

La operación converge en el ejemplo, pero el beneficio depende del tamaño beta-ajustado y de costes de corto. Una separación puede ser nueva información, no ruido temporal; por eso existen stop, límite temporal y prueba de ruptura.

## Cuándo falla o deja de ser comparable

- Elegir el par por correlación contemporánea sin cointegración.
- Reestimar beta con datos posteriores a la entrada.
- Ignorar borrow, recalls, dividendos y horarios distintos.
- Abrir muchas parejas que comparten la misma pata o factor.

### Ahora repítelo tú

Repite con beta 0,80 y un notional A de 15.000. Crea un caso donde z llega a 3,60 y calcula la salida por stop con costes, aunque después el spread converja.

### Límite de seguridad

La cointegración puede romperse y las ventas en corto tienen riesgo operativo y pérdidas potencialmente grandes. Usa datos point-in-time y simulación.

## Control de comprensión

|                                                                           |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Puedo explicar la hipótesis sin usar jerga.      | <input type="checkbox"/> Puedo reconstruir el cálculo sin mirar el resultado. |
| <input type="checkbox"/> Sé qué dato es supuesto y cuál sería observable. | <input type="checkbox"/> Sé qué condición invalida la estrategia.             |
| <input type="checkbox"/> He incluido costes y un escenario adverso.       | <input type="checkbox"/> Puedo emitir una decisión de aprobado o rechazado.   |

## Errores frecuentes

- 01** Testear cientos de pares y reportar  $p < 0,05$  sin corrección.
- 02** Reestimar beta con toda la muestra antes del backtest.
- 03** Usar precios no ajustados o monedas mezcladas.
- 04** Aumentar posición cuando el spread diverge sin límite de tesis.

## Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                               |                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Universo y número de pruebas registrados.            | <input type="checkbox"/> Purga temporal, walk-forward y costes de borrow.                  |
| <input type="checkbox"/> Límite de z-score, tiempo, pérdida y cambio de beta. | <input type="checkbox"/> Diversificación por factor para evitar muchos pares equivalentes. |

NIVEL 5 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 25

# Capítulo 25. Computación cuántica en finanzas: potencial, QUBO y límites actuales

EN UNA FRASE

La computación cuántica propone nuevas formas de resolver ciertos problemas, pero el hardware actual tiene límites de ruido, escala y acceso. En finanzas, muchas demostraciones son experimentales y no implican ventaja económica en producción.

Palabras nuevas que debes conocer

|                   |                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Qubit             | Unidad de información cuántica.                                                  |
| QUBO              | Problema de optimización cuadrática binaria usado para mapear ciertas tareas.    |
| Annealing         | Método de optimización que busca estados de baja energía.                        |
| Circuito cuántico | Secuencia de operaciones sobre qubits.                                           |
| Ventaja cuántica  | Mejora demostrable frente a métodos clásicos bajo una tarea y métrica definidas. |

Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: una selección de cartera puede formularse con variables binarias "incluido/no incluido" y penalizaciones por riesgo o presupuesto. Convertirla a QUBO no demuestra que una máquina cuántica la resuelva mejor que un optimizador clásico.

**Antes de continuar, comprueba esto**

- Define el problema y el benchmark clásico primero.
- Mide tiempo total, calidad de solución, coste y escalabilidad.
- Separa demostración académica de despliegue financiero real.

IDEA CLAVE

Idea clave: "cuántico" describe una tecnología; la ventaja debe medirse, no asumirse.

# Capítulo 25. Computación cuántica en finanzas: potencial, QUBO y límites actuales

La computación cuántica financiera es investigación experimental. Puede formular problemas de optimización y simulación, pero no existe evidencia general de ventaja práctica para trading ni valoración en microsegundos.

**Fuentes clave:** [R28](#) BIS · [R29](#) Orus, R., Mugel, S. and Lizaso, E. Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Mapear una selección binaria a QUBO sin ocultar restricciones.
- 2 Distinguir annealing, QAOA, Grover y amplitude estimation.
- 3 Comparar contra solvers clásicos, coste de carga y error del hardware.

## Marco técnico

### QUBO

Quadratic Unconstrained Binary Optimization minimiza  $x^T Q x$  con  $x_i$  en  $\{0,1\}$ . Presupuesto, cardinalidad y límites se convierten en penalizaciones; una penalización mal calibrada produce soluciones inviables. Quantum annealing o QAOA pueden explorar la formulación, pero QUBO también se resuelve con métodos clásicos y quantum-inspired.

### Algoritmos

Grover ofrece aceleración cuadrática teórica para búsqueda no estructurada bajo oráculo; amplitude estimation puede reducir complejidad asintótica de Monte Carlo en condiciones ideales. Construir oráculo, cargar distribución, corregir errores y obtener precisión puede dominar el beneficio. QML enfrenta ruido, generalización y data loading.

### Estado de madurez

BIS describe los ordenadores cuánticos como experimentales y habla de oportunidades futuras y riesgos criptográficos [\[R28\]](#). Las revisiones de Orus et al. enumeran aplicaciones potenciales [\[R29\]](#), no una producción universal. No debe afirmarse capacidad de valorar exóticos en microsegundos sin una demostración pública y reproducible.

## Métricas y ecuaciones

| Métrica         | Expresión                                                                                                                 | Uso y límite                                                               |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| QUBO            | $\min_x x^T Q x$ , con $x_i$ en $\{0,1\}$                                                                                 | Las restricciones se incorporan por variables auxiliares o penalizaciones. |
| Cartera binaria | $\text{objetivo} = \text{riesgo} - \lambda \text{retorno} + \text{penalización}(\text{presupuesto})$                      | Escala y estimación de Q suelen dominar el error.                          |
| Benchmark       | $\text{gap} = (\text{objetivo\_quantum} - \text{mejor\_objetivo\_clasico}) / \text{abs}(\text{mejor\_objetivo\_clasico})$ | Mida también tiempo total, energía, factibilidad y varianza.               |

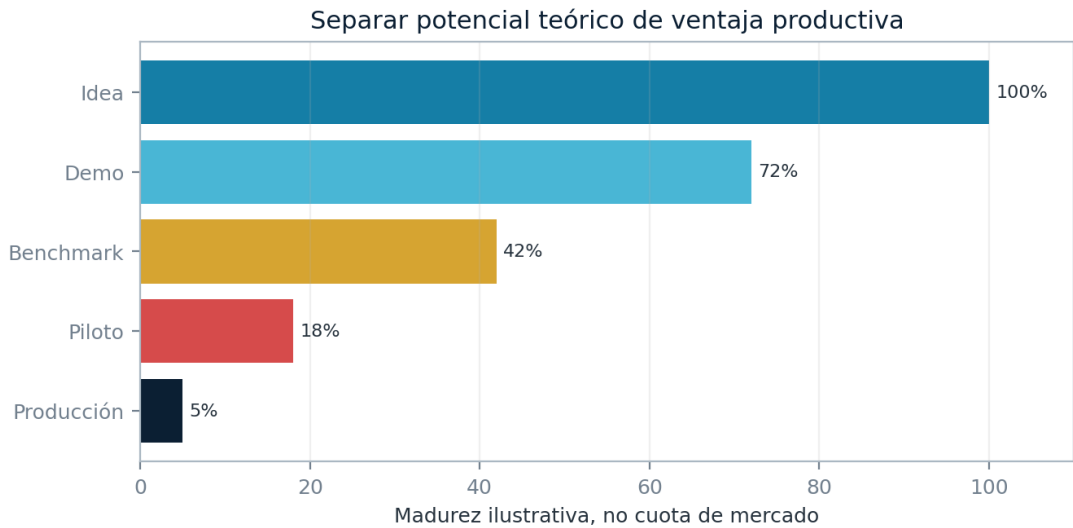


Figura 25.1 · Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

Flujo de trabajo

- 1 Definir problema, tamaño, precisión, restricciones y métrica de negocio.
- 2 Construir baseline clásico fuerte y presupuesto de cómputo comparable.
- 3 Mapear QUBO y verificar factibilidad de cada solución.
- 4 Separar tiempo de pre/postprocesado y acceso al dispositivo.
- 5 Repetir, reportar distribución y evitar afirmar ventaja sin escalado.

Caso trabajado · Selección de 8 activos entre 40

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planteamiento        | El QUBO penaliza no seleccionar exactamente ocho. Si la penalización es baja, el solver devuelve seis activos con mejor objetivo aparente pero viola la restricción; si es enorme, aplana diferencias económicas. Un MILP clásico encuentra solución factible y cota de optimalidad en segundos. El experimento cuántico solo aporta valor si mejora calidad/tiempo total a igual precisión y escala. |
| Resultado y decisión | Publicar baseline, hardware, número de shots, error, factibilidad y coste total. Sin esa comparación, el resultado es una demo, no ventaja.                                                                                                                                                                                                                                                           |

Errores frecuentes

- 01 Usar quantum como sinónimo de estrategia avanzada.
- 02 Excluir carga de datos y postprocesado del tiempo.
- 03 Comparar con heurística clásica débil.
- 04 Presentar ventaja asintótica como velocidad actual garantizada.

Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                                                   |                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Stage gate: demo, benchmark reproducible, piloto y producción separados. | <input type="checkbox"/> Baseline clásico y criterio de parada definidos antes.         |
| <input type="checkbox"/> Validación de restricciones y sensibilidad a ruido.                      | <input type="checkbox"/> Plan de criptografía post-cuántica tratado aparte del trading. |

## NIVEL 5 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 26

## Capítulo 26. Trading algorítmico, market making y Avellaneda-Stoikov

### EN UNA FRASE

Un algoritmo ejecuta reglas sin improvisar. En market making se cotizan precios de compra y venta, pero el spread ganado compite contra inventario, selección adversa, latencia y movimientos bruscos.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                           |                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Market making</b>      | Cotizar bid y ask con intención de capturar spread y gestionar inventario.              |
| <b>Inventario</b>         | Posición neta acumulada por fills.                                                      |
| <b>Selección adversa</b>  | Riesgo de que te ejecuten justo antes de un movimiento desfavorable.                    |
| <b>Latencia</b>           | Retraso entre dato, decisión, envío y confirmación.                                     |
| <b>Avellaneda-Stoikov</b> | Modelo que relaciona cotizaciones con inventario, volatilidad y preferencias de riesgo. |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: compras 100 a 99,99 y vendes 100 a 100,02: ganas 3 USD brutos. Pero si vendes a 100,02 justo antes de que el mercado salte a 100,12, recomprar puede costar 9 USD. Un fill tóxico borra varios spreads.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Marca P&L; con el mid y registra inventario después de cada fill.
- Define límites de inventario y kill conditions de datos/latencia.
- Mide markout posterior al fill para detectar selección adversa.

### IDEA CLAVE

Idea clave: capturar spread es ingreso bruto; el riesgo de inventario decide si el negocio sobrevive.

## NIVEL 5

## Capítulo 26. Trading algorítmico, market making y Avellaneda-Stoikov

Avellaneda-Stoikov ofrece una política de cotización bajo un modelo idealizado. No es un sistema listo para producción: requiere intensidades, cola, adverse selection, fees, inventario y controles del venue.

**Fuentes clave:** [R20](#) SEC and CFTC · [R25](#) Avellaneda, M. and Stoikov, S. · [R32](#) SEC · [R49](#) Easley, D., Lopez de Prado, M. and O'Hara, M. · [R50](#) Andersen, T. and Bondarenko, O. Detalles y URL en el Anexo E.

### Objetivos verificables

- 1 Separar alpha, ejecución, market making y arbitraje.
- 2 Interpretar precio de reserva y spread óptimo del modelo.
- 3 Tratar VPIN como métrica discutida, no alarma universal.

### Marco técnico

#### Tipos de algoritmo

VWAP/TWAP/POV buscan ejecutar una orden; smart order routing elige venues; market making publica dos lados y gestiona inventario; alpha predice retorno. Mezclarlos impide medir objetivo. Latencia importa según horizonte, pero calidad de datos, fill model y control pueden dominar.

#### Avellaneda-Stoikov

Con mid browniano, utilidad exponencial e intensidades de fill decrecientes, el precio de reserva se aleja del mid según inventario  $q$ , aversión  $\gamma$ , varianza y tiempo. El spread incluye riesgo de inventario y elasticidad  $k$  de llegada [\[R25\]](#). En producción,  $\sigma$  e intensidades cambian, la cola importa y los fills no son Poisson independientes.

#### VPIN con controversia

VPIN intenta aproximar toxicidad mediante desequilibrio en volume time [\[R49\]](#). Investigaciones posteriores cuestionaron su poder predictivo y su lectura antes del Flash Crash [\[R50\]](#). Por ello se usa, si acaso, como una variable monitorizada y validada localmente; cualquier umbral extremo debe validarse con datos propios.

### Métricas y ecuaciones

| Métrica                  | Expresión                                                                                               | Uso y límite                                    |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Precio de reserva</b> | $r_t = S_t - q_t \gamma \sigma^2 (T-t)$                                                                 | Para el modelo básico y convenciones del paper. |
| <b>Spread aproximado</b> | $\text{spread} = \gamma \sigma^2 (T-t) + (2/\gamma) \ln(1 + \gamma/k)$                                  | Supone intensidad exponencial simétrica.        |
| <b>PnL maker</b>         | $\text{P\&L} = \text{spread capturado} - \text{adverse selection} - \text{fees} - \text{inventory MTM}$ | Atribuya rebates por separado.                  |

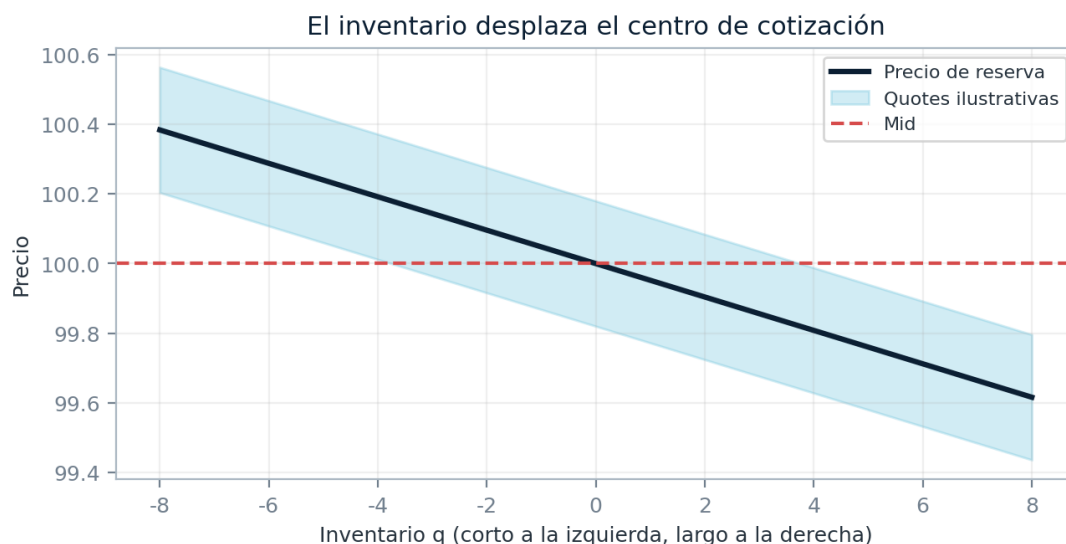


Figura 26.1 ·

Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

## Flujo de trabajo

- 1 Definir objetivo, horizonte, venues y unidad de inventario.
- 2 Estimar fills con queue position y latencia, no toque de precio.
- 3 Calibrar sigma/intensidad en train y validar por régimen.
- 4 Simular cancel/replace, partial fill, toxicity y disconnect.
- 5 Aplicar límites de inventario, pérdida, mensajes y kill switch.

## Caso trabajado · Spread rentable sin adverse selection

### Planteamiento

Backtest asume fill cada vez que el precio toca la limit y obtiene 1,2 ticks por trade. Al modelar cola, solo llena 28%; los fills ocurren sobre todo antes de movimientos adversos de 1,5 ticks. P&L neto pasa de +1,2 a -0,35 ticks. El error no estaba en la fórmula HJB, sino en el simulador de ejecución.

### Resultado y decisión

Validar con mensajes L3 o modelo conservador de cola, latencia y prioridad; comparar paper y live en tamaño mínimo.



## Laboratorio L13 · Market making: spread ganado frente a inventario y selección adversa

|                    |                              |                        |                           |
|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>CAPÍTULO 26</b> | <b>DIFICULTAD · Avanzado</b> | <b>TIEMPO · 60 min</b> | <b>MODOS · SIMULACIÓN</b> |
|--------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|

|                            |                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>En palabras simples</b> | Cotizar bid y ask no imprime dinero. A veces compras justo antes de una caída o vendes justo antes de una subida. El inventario y la velocidad de cancelación importan tanto como el spread. |
| <b>Qué aprenderás</b>      | Llevar un ledger de fills y ver cómo un solo fill tóxico puede borrar varias capturas de spread.                                                                                             |

### Datos y supuestos del ejemplo

| Entrada           | Valor supuesto               | Función                            |
|-------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Mid inicial       | 100,00                       | Quote 99,98 / 100,02               |
| Tamaño            | 100 unidades                 | Por lado                           |
| Límite inventario | ±200                         | Bloquea la pata que aumenta riesgo |
| Skew ilustrativo  | 0,01 por 100 unidades        | Desplaza ambas cotizaciones        |
| Kill condition    | Dato > 250 ms o salto > 0,05 | Cancelar, no cotizar a ciegas      |

### Reglas exactas, en orden

- 1 Registrar mid antes del fill, precio, lado, inventario, caja, fee y mid después.
- 2 Tras vender y quedar corto, desplazar quotes al alza para favorecer recompra; a la inversa si queda largo.
- 3 No superar el límite de inventario y bloquear datos stale o secuencias incompletas.
- 4 Medir markout a 1 s, 10 s y 60 s para detectar selección adversa.
- 5 Evaluar P&L marcado = caja + inventario × mid - fees, no solo spread capturado.

## Cálculo guiado, paso a paso

- 01** Un comprador cruza el ask: se venden 100 a 100,02; inventario = -100 y caja = +10.002.
- 02** Se suben quotes a 99,99 / 100,03. Un vendedor cruza el bid: se compran 100 a 99,99; inventario vuelve a 0. Ganancia bruta del ciclo = 3 USD.
- 03** Antes de cancelar por una noticia, otro comprador toma el ask antiguo 100,02; inventario = -100.
- 04** El mid salta a 100,12 y se recompra para neutralizar a 100,11: pérdida del ciclo tóxico = 9 USD.
- 05** P&L bruto acumulado = 3 - 9 = -6 USD; con 0,80 de fees = -6,80 USD.

## Tabla de comprobación

| Evento         | Fill                 | Inventario | Caja evento | P&L ciclo      |
|----------------|----------------------|------------|-------------|----------------|
| Ask ejecutado  | Vender 100 @ 100,02  | -100       | +10.002     | Abierto        |
| Bid ejecutado  | Comprar 100 @ 99,99  | 0          | -9.999      | +3             |
| Quote stale    | Vender 100 @ 100,02  | -100       | +10.002     | Abierto        |
| Neutralización | Comprar 100 @ 100,11 | 0          | -10.011     | -9             |
| Total          | -                    | 0          | -6          | -6,80 con fees |

## Cómo replicarlo en una hoja de cálculo

- 1**  $\text{Inventario}_t = \text{inventario}_{\text{anterior}} + \text{compras} - \text{ventas}$ .
- 2**  $\text{Caja\_evento} = \text{ventas} \times \text{precio} - \text{compras} \times \text{precio}$ ; P&L marcado = caja acumulada + inventario  $\times$  mid - fees.
- 3** Markout de venta =  $\text{precio\_fill} - \text{mid\_futuro}$ ; markout de compra =  $\text{mid\_futuro} - \text{precio\_fill}$ .
- 4** Añade columnas stale, secuencia, latencia y kill; cualquier fallo invalida el fill para una prueba limpia o activa incidente.

## Qué significa el resultado

### Lectura profesional

La primera ida y vuelta captura 3 USD, pero el segundo ciclo pierde 9 por selección adversa. Un alto porcentaje de fills rentables no basta si las pérdidas tras movimientos informados son mayores.

## Cuándo falla o deja de ser comparable

- Contar cada venta como ingreso sin marcar inventario.
- Aumentar tamaño para recuperar una pérdida de inventario.
- Evaluar solo el spread y omitir markouts.
- Seguir cotizando con feed stale o sin confirmación de cancelación.

### Ahora repítelo tú

Añade diez eventos inventados, calcula inventario y P&L marcado después de cada uno. Repite con un retraso que impide cancelar dos quotes y compara la cola de pérdidas.

### Límite de seguridad

Market making real exige infraestructura, límites, reconciliación y permisos. Este ledger es para simulación; no representa la prioridad de cola ni latencia reales.

## Control de comprensión

|                                                                           |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Puedo explicar la hipótesis sin usar jerga.      | <input type="checkbox"/> Puedo reconstruir el cálculo sin mirar el resultado. |
| <input type="checkbox"/> Sé qué dato es supuesto y cuál sería observable. | <input type="checkbox"/> Sé qué condición invalida la estrategia.             |
| <input type="checkbox"/> He incluido costes y un escenario adverso.       | <input type="checkbox"/> Puedo emitir una decisión de aprobado o rechazado.   |

## Errores frecuentes

- 01** Contar touch como fill.
- 02** Calibrar una intensidad para todos los regímenes.
- 03** Ignorar inventario y correlación entre instrumentos.
- 04** Usar VPIN como predictor universal de crashes.

## Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                                  |                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Max order, position, notional, loss y message rate.     | <input type="checkbox"/> Cancel-on-disconnect y cancelación masiva probada. |
| <input type="checkbox"/> Monitoreo de queue, fill ratio, markout y stale quotes. | <input type="checkbox"/> Shadow mode y canary antes de ampliar capital.     |

## NIVEL 5 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 27

## Capítulo 27. Backtesting, validación purgada y riesgo extremo

### EN UNA FRASE

Backtesting pregunta que habría ocurrido si una regla predefinida se hubiera aplicado con la información disponible en cada momento. El principal enemigo es ajustar demasiadas cosas hasta que el pasado parezca perfecto.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                        |                                                                                         |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Backtest</b>        | Simulación histórica de una regla.                                                      |
| <b>Sobreajuste</b>     | Ajuste excesivo al ruido de la muestra.                                                 |
| <b>Walk-forward</b>    | Reentrenar con pasado y probar en un bloque futuro, repitiendo el proceso.              |
| <b>Purga / embargo</b> | Técnicas para reducir contaminación entre muestras cuando las observaciones se solapan. |
| <b>Riesgo extremo</b>  | Pérdidas de cola que medidas promedio pueden ocultar.                                   |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: pruebas 100 combinaciones y eliges la mejor. Aunque una salga con gran Sharpe, parte del resultado puede ser suerte por haber buscado demasiado. Debes registrar todos los intentos y reservar datos que no influyan en la elección.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Congela reglas y criterios antes del test final.
- Incluye comisiones, slippage, delistings y datos point-in-time cuando correspondan.
- Evalúa estabilidad por períodos, regímenes y escenarios extremos.

### IDEA CLAVE

Idea clave: un backtest bonito es una hipótesis; la validación intenta descubrir por qué podría ser falsa.

# Capítulo 27. Backtesting, validación purgada y riesgo extremo

Un backtest es un experimento con múltiples fuentes de contaminación. La prioridad es reproducir información, ejecución y selección disponibles entonces, y cuantificar cuánto se infla el resultado por pruebas repetidas.

**Fuentes clave:** [R26](#) Bailey, D. and Lopez de Prado, M. · [R27](#) Bailey, D. et al. · [R30](#) Basel Committee · [R31](#) Basel Committee · [R44](#) Basel Committee Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Eliminar look-ahead, survivorship, leakage y costes irreales.
- 2 Distinguir purged CV, embargo, CPCV, CSCV/PBO y DSR.
- 3 Calcular VaR, Expected Shortfall y estrés sin confundirlos con máximo.

## Marco técnico

### Motor y datos

Un backtest event-driven debe ordenar datos, señal, riesgo, orden, ack, fill y cartera. Use universo point-in-time, delistings, corporate actions, calendarios, timezone y datos que realmente habrían estado disponibles. Spread, impacto, borrow, funding, market data y rechazos se modelan por estado.

### Validación temporal

Purged k-fold elimina observaciones train cuyas etiquetas se solapan con test; embargo deja una zona adicional. CPCV combina grupos para obtener varias rutas OOS. CSCV, usado para Probability of Backtest Overfitting, compara configuraciones en particiones [\[R27\]](#). No son sinónimos. Walk-forward imita recalibración fechada.

### Selección y Sharpe

Sharpe debe usar frecuencia, autocorrelación y distribución correctas. DSR ajusta no normalidad y sesgo por múltiples pruebas [\[R26\]](#); no existe un 98% universal de estrategias vendidas que colapsen, por lo que no debe usarse una cifra universal sin fuente y universo del registro. Registre todos los trials, incluidos fallidos.

### Cola

VaR\_alpha es un cuantil, no pérdida máxima. ES promedia la cola más allá del VaR bajo convenciones; Basel usa ES al 97,5% para modelos internos de riesgo de mercado [\[R30\]](#)[\[R44\]](#). Combine histórico, bootstrap por bloques, escenarios hipotéticos, breaks y estrés de liquidez [\[R31\]](#).

## Métricas y ecuaciones

| Métrica | Expresión                                                                                                                        | Uso y límite                                                                       |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Sharpe  | $SR = \frac{\text{media}(\text{retorno\_exceso})}{\text{desviación}(\text{retorno\_exceso}) \times \sqrt{\text{periodos\_año}}}$ | Ajuste por autocorrelación; no anualece observaciones superpuestas sin corrección. |
| VaR     | $\text{VaR\_alpha} = \text{cuantil\_alpha de la distribución de pérdida}$                                                        | Depende de horizonte, método y ventana.                                            |

| Métrica | Expresión                                             | Uso y límite                                                 |
|---------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| ES      | $ES\_alpha = E[pérdida \mid pérdida \geq VaR\_alpha]$ | Definición continua simplificada; documento manejo discreto. |
| MDD     | $MDD = \min_t(equity\_t/peak\_t - 1)$                 | No tiene nivel de confianza ni horizonte fijo.               |

Cada etapa elimina estrategias, no solo añade optimización

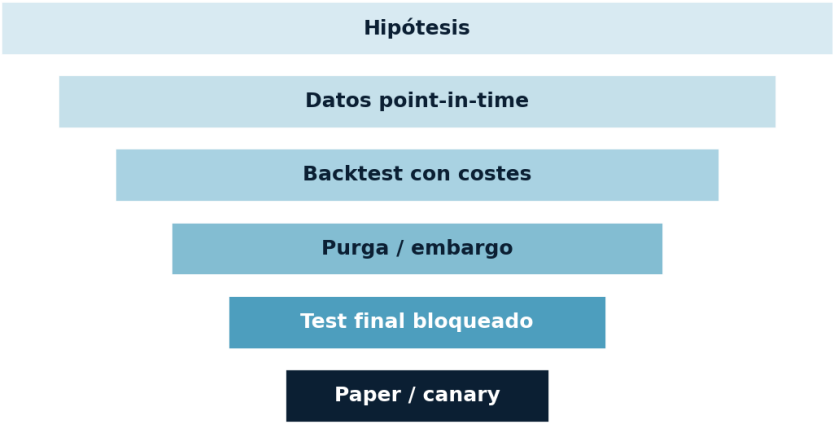


Figura 27.1 · Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

### Flujo de trabajo

- 1 Escribir especificación y congelar dataset final antes de evaluar.
- 2 Construir ledger de datos, señales, órdenes y fills reproducible.
- 3 Aplicar purga/embargo y ruta OOS acorde al horizonte de etiqueta.
- 4 Registrar número de variantes; calcular DSR/PBO cuando corresponda.
- 5 Stress de costes, latencia, gaps, liquidez, parámetros y escenarios históricos.
- 6 Paper/live con capital canario y criterios de retirada previos.

### Caso trabajado · El mejor de 500 backtests

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planteamiento        | Quinientas variantes sin edge pueden producir una con Sharpe alto por azar. Si solo se publica la mejor, su p-value individual no refleja selección. Al registrar trials, aplicar DSR y validar en una ventana bloqueada, el Sharpe cae de 2,4 a 0,5 y el intervalo incluye cero. |
| Resultado y decisión | No reasignar el test final para seguir optimizando. Volver a investigación con datos nuevos o abandonar la hipótesis.                                                                                                                                                             |

## Laboratorio L14 · Walk-forward: una estrategia positiva que aun así no supera el criterio

|                    |                              |                        |                          |
|--------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>CAPÍTULO 27</b> | <b>DIFICULTAD · Avanzado</b> | <b>TIEMPO · 90 min</b> | <b>MODO · SIMULACIÓN</b> |
|--------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------|

### En palabras simples

Un backtest puede acabar en positivo y seguir siendo insuficiente. La pregunta profesional es si funcionó fuera de muestra, después de costes y con estabilidad suficiente para aprobar una regla escrita antes de ver el resultado.

### Qué aprenderás

Construir ciclos temporales, elegir parámetros solo en train/validación y emitir una decisión con criterios congelados.

## Datos y supuestos del ejemplo

| Entrada    | Valor supuesto                | Función                                             |
|------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Parámetros | Ruptura 10, 20 o 40 días      | Solo tres variantes registradas                     |
| Ventana    | 24 meses train + 6 validación | Test siguiente de 6 meses                           |
| Purga      | 20 sesiones                   | Evita solape con la etiqueta                        |
| Costes     | Fee + spread + slippage       | Modelo congelado antes del test                     |
| Criterio   | Sharpe OOS > 0,50             | Además: $\geq 3/4$ ciclos positivos y estrés viable |

## Reglas exactas, en orden

- 1 Ordenar datos por timestamp y preservar universo point-in-time, delistings y revisiones.
- 2 En cada ciclo, seleccionar parámetro con train/validación; nunca mirar el test para elegirlo.
- 3 Aplicar una purga de 20 sesiones y ejecutar el test siguiente sin recalibrar.
- 4 Concatenar todos los tramos de test y calcular métricas netas; registrar también cada ciclo.
- 5 Aplicar criterios predeclarados. Si falla uno crítico, no reinterpretar la prueba como aprobada.



## Cálculo guiado, paso a paso

- 01** Ciclo 1 selecciona 20 días y obtiene +3,2% test; ciclo 2 usa 20 y obtiene -1,1%.
- 02** Ciclo 3 selecciona 40 y obtiene +1,8%; ciclo 4 vuelve a 20 y obtiene +0,6%.
- 03** Retorno test concatenado aproximado =  $(1,032 \times 0,989 \times 1,018 \times 1,006) - 1 = 4,52\%$ .
- 04** Tres de cuatro ciclos son positivos, pero Sharpe OOS = 0,22 y drawdown máximo = 6,8%.
- 05** El criterio exigía Sharpe > 0,50. Decisión: NO APROBADA, aunque el retorno agregado sea positivo.

## Tabla de comprobación

| Ciclo       | Parámetro      | Validación  | Test neto           | Operaciones |
|-------------|----------------|-------------|---------------------|-------------|
| 1           | 20 días        | Sharpe 0,90 | +3,2%               | 38          |
| 2           | 20 días        | Sharpe 0,70 | -1,1%               | 41          |
| 3           | 40 días        | Sharpe 1,10 | +1,8%               | 35          |
| 4           | 20 días        | Sharpe 0,60 | +0,6%               | 44          |
| Concatenado | Regla aplicada | -           | +4,52%; Sharpe 0,22 | 158         |

## Cómo replicarlo en una hoja de cálculo

- 1** Tabla de ciclos: inicio\_train, fin\_train, fin\_validación, inicio\_test, fin\_test, parámetro elegido, trades, retorno, costes, Sharpe y drawdown.
- 2** Retorno concatenado = producto(1 + retorno\_ciclo) - 1; no sumes sin advertir la aproximación.
- 3** Guarda un log de todas las variantes. El test deja de ser final si lo usas para cambiar reglas.
- 4** Añade estrés con costes x2 y fills retrasados; resultado y decisión deben recalcularse automáticamente.

## Qué significa el resultado

### Lectura profesional

El ejemplo enseña una disciplina incómoda: «positivo» no significa «validado». El umbral evita convertir cualquier resultado favorable por azar en autorización para operar.

## Cuándo falla o deja de ser comparable

- Seleccionar el parámetro por el mejor resultado del test.
- Usar hoy el universo de activos para años anteriores.
- No purgar observaciones cuyas etiquetas se solapan.
- Ocultar variantes fallidas o relajar el umbral después de ver 0,22.

### Ahora repítelo tú

Modifica el ciclo 2 a -4,0% y recalcula retorno concatenado y drawdown aproximado. Después duplica costes en los cuatro ciclos y emite la decisión sin cambiar el criterio.

### Límite de seguridad

Un backtest es investigación, no una garantía. Conserva un test bloqueado, revisa capacidad y pasa por simulación operativa antes de cualquier decisión con capital.

## Control de comprensión

|                                                                           |                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Puedo explicar la hipótesis sin usar jerga.      | <input type="checkbox"/> Puedo reconstruir el cálculo sin mirar el resultado. |
| <input type="checkbox"/> Sé qué dato es supuesto y cuál sería observable. | <input type="checkbox"/> Sé qué condición invalida la estrategia.             |
| <input type="checkbox"/> He incluido costes y un escenario adverso.       | <input type="checkbox"/> Puedo emitir una decisión de aprobado o rechazado.   |

## Errores frecuentes

**01** Usar close de la misma barra para señal y fill sin latencia.

**02** Excluir activos quebrados o series sin borrow.

**03** Optimizar en OOS tras cada resultado.

**04** Presentar VaR 99% como límite de pérdida.

Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                                        |                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Dataset inmutable, lineage y versión de código/configuración. | <input type="checkbox"/> Separación de funciones: investigador, revisor y aprobador. |
| <input type="checkbox"/> Registro de trials y decisión log.                            | <input type="checkbox"/> Monitoreo live contra bandas previstas y kill criteria.     |

| Registro de cierre                 | Evidencia                                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha · versión · responsable      | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Mercado · producto · cuenta        | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Prueba o documento adjunto         | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Resultado                          | <div><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Condicionado <input type="checkbox"/> Rechazado</div> |
| Observaciones y siguiente revisión | <div></div> <div>-</div> <div></div> <div>-</div> <div></div> <div>-</div>                                            |

## NIVEL 5 · ANTES DE EMPEZAR EL CAPÍTULO 28

## Capítulo 28. Arquitectura institucional: datos, OMS, FIX/OUCH y risk engine

### EN UNA FRASE

Una estrategia de producción necesita más que señales. Debe recibir datos fiables, controlar órdenes, limitar riesgos, reconciliar posiciones y detenerse de forma segura cuando algo falla.

### Palabras nuevas que debes conocer

|                       |                                                                                                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>OMS</b>            | Order Management System: gestiona ciclo de vida y estado de órdenes.                           |
| <b>FIX / OUCH</b>     | Protocolos usados para intercambiar mensajes de trading; tienen propósitos y campos distintos. |
| <b>Risk engine</b>    | Capa que valida límites antes y después de enviar órdenes.                                     |
| <b>Reconciliación</b> | Comparar registros internos con broker/venue para detectar diferencias.                        |
| <b>Idempotencia</b>   | Evitar que reintentar un mensaje cree una acción duplicada.                                    |
| <b>Kill switch</b>    | Mecanismo para cancelar o bloquear actividad ante una condición crítica.                       |

### Ejemplo mínimo

Ejemplo mínimo: envías una orden, pierdes conexión y no sabes si llegó. Reenviarla a ciegas puede duplicar la posición. Un sistema robusto consulta estado, usa identificadores únicos y reconcilia antes de actuar.

### Antes de continuar, comprueba esto

- Define fuente de verdad para órdenes, posiciones y efectivo.
- Bloquea órdenes que superen límites de notional, pérdida o concentración.
- Prueba fallos de red, datos obsoletos y recuperación después de reinicios.

### IDEA CLAVE

Idea clave: en producción, un error operativo puede ser más rápido y costoso que un error de estrategia.

# Capítulo 28. Arquitectura institucional: datos, OMS, FIX/OUCH y risk engine

La arquitectura profesional prioriza estado correcto, controles y recuperación antes que nanosegundos. Una orden rápida pero duplicada, stale o fuera de límite es un fallo, no una ventaja.

**Fuentes clave:** [R32](#) SEC · [R33](#) FIX Trading Community · [R34](#) Nasdaq · [R51](#) SEC Detalles y URL en el Anexo E.

## Objetivos verificables

- 1 Trazar el ciclo desde market data hasta ledger y reconciliación.
- 2 Distinguir FIX, OUCH, kernel bypass y FPGA por función.
- 3 Diseñar controles pre-trade, kill switch, recovery y auditoría.

## Marco técnico

### Flujo de estado

Feed handler normaliza datos y secuencias; strategy produce intención; risk engine valida; OMS conserva ciclo de orden; gateway traduce protocolo; venue devuelve ack/fill/reject; drop copy y ledger reconcilian. Cada mensaje necesita id único, versión, timestamp y estado idempotente. Replay debe reconstruir la posición.

### Protocolos

FIX es una familia abierta de mensajería pre-trade, trade y post-trade [\[R33\]](#). OUCH es un protocolo de entrada de órdenes de Nasdaq orientado a baja latencia y funciones del venue [\[R34\]](#). No son intercambiables ni garantizan ejecución. Kernel bypass reduce pasos del sistema operativo; FPGA implementa rutas deterministas. Solo se justifican si el presupuesto de latencia y negocio supera complejidad, coste y riesgo.

### Risk engine

Controles pre-trade: precio, cantidad, notional, posición, crédito, mensaje, instrumento, horario, self-trade y duplicado. La SEC Market Access Rule exige controles para limitar exposición y órdenes erróneas en entidades aplicables [\[R32\]](#). Post-trade: P&L, margen, exposición, reconciliación y vigilancia. Kill switch debe probarse bajo carga.

### Tiempo y resiliencia

Sin sincronización no se ordenan eventos ni se mide latencia; SEC Rule 613 requiere sincronizar relojes para eventos reportables [\[R51\]](#). Diseñe active/standby, secuencia, recovery point, recovery time, degradación segura y runbooks. El usuario minorista aplica la misma lógica a menor escala: 2FA, API sin retirada, límites, exportación y broker alternativo.

## Métricas y ecuaciones

| Métrica        | Expresión                                                                   | Uso y límite                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Latencia       | $latencia\_total = decisión + risk + serialización + red + venue + retorno$ | Reporte percentiles p50/p95/p99.9, no solo mínimo.           |
| Disponibilidad | $availability = MTBF / (MTBF + MTTR)$                                       | No captura corrupción silenciosa; añada exactitud de estado. |

| Métrica              | Expresión                                                                                          | Uso y límite                                   |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Exposición pre-trade | $\text{exposicion\_proyectada} = \text{posición} + \text{ordenes\_abiertas} + \text{nueva\_orden}$ | Incluya fills en vuelo y conversión de unidad. |

Estado, controles y retorno de ejecuciones

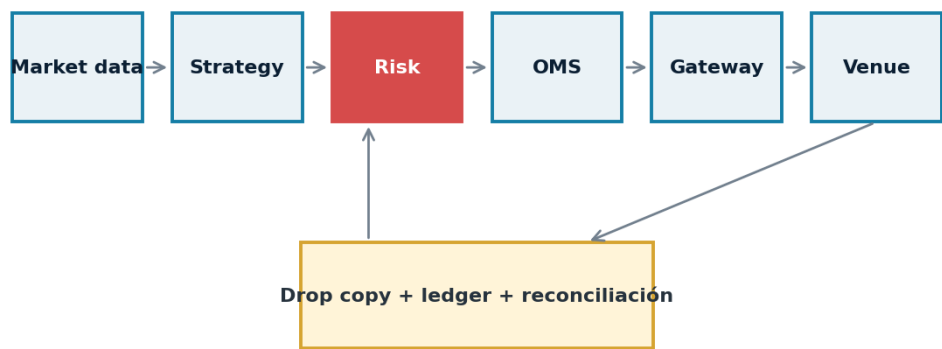


Figura 28.1 · Valores ilustrativos; la convención y los supuestos se explican en el capítulo.

Flujo de trabajo

- 1 Definir source of truth de orden, posición, cash y límites.
- 2 Modelar máquina de estados, ids e idempotencia.
- 3 Aplicar controles antes de serializar al gateway.
- 4 Ingerir drop copy y reconciliar en tiempo casi real.
- 5 Probar disconnect, gap de secuencia, duplicado, failover y kill bajo carga.
- 6 Certificar cambios, desplegar canary y conservar rollback.

Caso trabajado · Timeout no significa rechazo

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Planteamiento        | El gateway envía orden y no recibe ack antes del timeout. Reenviar con un nuevo id puede duplicar exposición si la primera llegó. El OMS debe marcar estado desconocido, consultar/drop copy o cancelar por id original según protocolo. Solo después reconcilia y decide. Velocidad sin idempotencia convierte una pérdida de red en doble posición. |
| Resultado y decisión | Toda contingencia especifica estado, autoridad y acción segura. La ausencia de respuesta nunca se interpreta automáticamente como ausencia de orden.                                                                                                                                                                                                  |

Errores frecuentes

- 01 Optimizar nanosegundos antes de garantizar estado y riesgo.
- 02 Usar hora local no sincronizada en varios servicios.
- 03 Calcular posición sin órdenes abiertas o fills en vuelo.
- 04 Tener kill switch no probado o dependiente del mismo componente caído.

## Controles mínimos antes de arriesgar capital

|                                                                         |                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Límites hard fuera del proceso de estrategia.  | <input type="checkbox"/> Doble canal de cancelación y credenciales de mínimo privilegio. |
| <input type="checkbox"/> Audit log inmutable, alertas y reconciliación. | <input type="checkbox"/> Pruebas de caos, capacity y disaster recovery programadas.      |

| Registro de cierre                 | Evidencia                                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha · versión · responsable      | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Mercado · producto · cuenta        | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Prueba o documento adjunto         | <div></div> <div>-</div>                                                                                              |
| Resultado                          | <div><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Condicionado <input type="checkbox"/> Rechazado</div> |
| Observaciones y siguiente revisión | <div></div> <div>-</div> <div></div> <div>-</div> <div></div> <div>-</div>                                            |



# Anexo A. Compendio de fórmulas y convenciones

Una fórmula no es una instrucción de trading. Debe acompañarse de unidad, horizonte, signo, timestamp, moneda, fuente de datos y tratamiento de costes. Este compendio reúne las expresiones del manual para revisión rápida.

## A.1 · Capítulo 1: Deuda útil, deuda frágil y coste real del capital

| Métrica                | Expresión                                                             | Uso y límite                                                                                |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LTV</b>             | $LTV = \text{deuda pendiente} / \text{valor prudente del activo}$     | Use un valor de liquidación, no solo la última tasación.                                    |
| <b>DSCR</b>            | $DSCR = \text{flujo operativo neto} / \text{servicio anual de deuda}$ | Un DSCR apenas superior a 1 deja poco margen para vacantes, averías o caídas de ingreso.    |
| <b>VAN incremental</b> | $VAN = -C_0 + \sum (\Delta CF_t / (1 + k)^t)$                         | k debe reflejar el riesgo del flujo; no use el tipo del préstamo como descuento automático. |

## A.2 · Capítulo 2: Vivienda, hipoteca y cartera: modelo coherente de doble balance

| Métrica                         | Expresión                                                                                                                          | Uso y límite                                                                                 |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fuentes = usos</b>           | $\text{ahorro} + \text{deuda} = \text{entrada} + \text{costes} + \text{efectivo residual}$                                         | Si no cuadra, el escenario contiene capital imaginario.                                      |
| <b>Coste de ocupación</b>       | $\text{coste anual} = \text{interés} + \text{gastos} + \text{mantenimiento} + \text{impuestos} - \text{amortización de principal}$ | La amortización transfiere caja a patrimonio; no es gasto económico, aunque reduce liquidez. |
| <b>Rendimiento sobre equity</b> | $ROE \text{ inmueble} = (\text{cambio de valor} + \text{principal amortizado} - \text{costes}) / \text{equity medio}$              | El apalancamiento amplifica ganancias y pérdidas.                                            |

## A.3 · Capítulo 3: Préstamos con valores, fiscalidad y la idea de Buy, Borrow, Die

| Métrica                | Expresión                                                                                   | Uso y límite                                                             |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cobertura</b>       | $\text{cobertura} = \text{valor elegible} \times (1 - \text{haircut}) / \text{deuda}$       | Debe mantenerse por encima del umbral contractual más un buffer interno. |
| <b>Burn rate</b>       | $\text{años de liquidez} = \text{activos líquidos no pignorados} / \text{gasto neto anual}$ | El colateral pignorado no es equivalente a caja libre.                   |
| <b>Coste acumulado</b> | $\text{saldo}_t = \text{saldo}_0 \times (1 + \text{tipo})^t + \text{nuevas disposiciones}$  | Capitalizar intereses acelera el apalancamiento.                         |

## A.4 · Capítulo 4: Mapa de activos, vehículos, centros de negociación y custodia

| Métrica         | Expresión                                                                            | Uso y límite                                                |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Notional</b> | $\text{notional} = \text{precio} \times \text{multiplicador} \times \text{cantidad}$ | No equivale al capital desembolsado ni a la pérdida máxima. |

| Métrica                      | Expresión                                                                                                                       | Uso y límite                                                                                |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coste de ida y vuelta</b> | $\text{coste} = \text{comisiones} + \text{tasas} + \text{spread} + \text{impacto} + \text{financiación} + \text{conversión FX}$ | Normalice por notional y por horizonte.                                                     |
| <b>Base</b>                  | $\text{base} = \text{precio derivado} - \text{precio spot comparable}$                                                          | Puede reflejar carry, dividendos, almacenamiento, tipos, conveniencia y demanda de balance. |

## A.5 · Capítulo 5: Brokers y plataformas: coste total, ejecución y seguridad operacional

| Métrica               | Expresión                                                                                                                              | Uso y límite                                              |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Coste efectivo</b> | $\text{bps efectivos} = 10.000 \times (\text{precio ejecución} - \text{mid decisión}) / \text{mid decisión}$                           | Use signo según compra o venta y agregue tasas.           |
| <b>TCO anual</b>      | $\text{TCO} = \text{trading} + \text{datos} + \text{financiación} + \text{FX} + \text{custodia} + \text{retiros} + \text{incidencias}$ | Modele el patrón real de órdenes, no una operación ideal. |
| <b>Fill rate</b>      | $\text{fill rate} = \text{cantidad ejecutada} / \text{cantidad enviada}$                                                               | Debe medirse por tipo de orden, tamaño, hora y activo.    |

## A.6 · Capítulo 6: Copy trading y proveedores: due diligence contra sesgo y riesgo de cola

| Métrica                      | Expresión                                                                       | Uso y límite                                                      |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Retorno time-weighted</b> | $\text{TWR} = \text{producto}(1 + r_{\text{subperiodo}}) - 1$                   | Elimina el efecto de depósitos y retiradas para comparar gestión. |
| <b>Max drawdown</b>          | $\text{MDD} = \min_t(\text{valor}_t / \max_{\{s \leq t\}}(\text{valor}_s) - 1)$ | Use equity con posiciones abiertas, no solo balance cerrado.      |
| <b>Factor de beneficio</b>   | $\text{PF} = \text{ganancias brutas} / \text{abs}(\text{pérdidas brutas})$      | No informa por sí solo de dependencia serial o cola.              |

## A.7 · Capítulo 7: Subasta continua, libro de órdenes y coste de inmediatez

| Métrica           | Expresión                                                                                                                       | Uso y límite                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Mid</b>        | $\text{mid} = (\text{best bid} + \text{best ask}) / 2$                                                                          | Referencia para medir coste, no cotización ejecutable.       |
| <b>Spread</b>     | $\text{spread} = \text{best ask} - \text{best bid}$                                                                             | Expresa también en bps y ticks.                              |
| <b>Microprice</b> | $\text{microprice} = (\text{ask} \times Q_{\text{bid}} + \text{bid} \times Q_{\text{ask}}) / (Q_{\text{bid}} + Q_{\text{ask}})$ | Aproximación de muy corto plazo; depende de calidad de feed. |

## A.8 · Capítulo 8: Órdenes y enrutamiento: controlar precio, tiempo y ejecución

| Métrica                        | Expresión                                    | Uso y límite                                 |
|--------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Precio límite de compra</b> | $\text{precio ejecución} \leq \text{límite}$ | No significa que la orden vaya a ejecutarse. |
| <b>Precio límite de venta</b>  | $\text{precio ejecución} \geq \text{límite}$ | La prioridad depende del libro y del tiempo. |

| Métrica                 | Expresión                                                      | Uso y límite                                                             |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Slippage de stop</b> | $\text{slippage} = \text{precio fill} - \text{precio trigger}$ | Use signo coherente y distribución por evento; los gaps dominan la cola. |

## A.9 · Capítulo 9: Velas, sesiones y zonas de precio sin narrativas retrospectivas

| Métrica                      | Expresión                                                                                                  | Uso y límite                                            |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Rango verdadero</b>       | $\text{TR} = \max(\text{H-L}, \text{abs}(\text{H-C}_{\text{prev}}), \text{abs}(\text{L-C}_{\text{prev}}))$ | Incluye gaps respecto al cierre previo.                 |
| <b>Cuerpo relativo</b>       | $\text{abs}(\text{C-O}) / \max(\text{H-L}, \text{tick})$                                                   | Normaliza la forma; no es señal sin regla y contexto.   |
| <b>Distancia normalizada</b> | $\text{distancia} / \text{ATR}_n$                                                                          | Permite comparar niveles entre volatilidades distintas. |

## A.10 · Capítulo 10: Riesgo de posición, esperanza y drawdown: más allá de la regla del 1%

| Métrica             | Expresión                                                                                        | Uso y límite                                                |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Esperanza</b>    | $E = p \times \text{ganancia\_media} - (1-p) \times \text{perdida\_media} - \text{coste\_medio}$ | Todas las magnitudes en la misma unidad, idealmente R neta. |
| <b>Unidades</b>     | $\text{unidades} = \text{presupuesto\_perdida} / \text{perdida\_plausible\_por\_unidad}$         | Aplique también tope de notional, liquidez y margen.        |
| <b>Recuperación</b> | $\text{retorno requerido} = \text{drawdown} / (1 - \text{drawdown})$                             | Con drawdown expresado como decimal positivo.               |

## A.11 · Capítulo 11: Estructura, rupturas y volumen relativo con prueba estadística

| Métrica                    | Expresión                                                                                                              | Uso y límite                                      |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>RVOL por franja</b>     | $\text{RVOL}_t = \text{volumen}_t / \text{mediana}(\text{volumen\_misma\_franja}, \text{últimas } N \text{ sesiones})$ | La mediana reduce influencia de eventos extremos. |
| <b>Buffer de ruptura</b>   | $\text{buffer} = \max(k \times \text{ATR}, n_{\text{ticks}} \times \text{tick})$                                       | k y n se fijan antes de la validación.            |
| <b>False breakout rate</b> | $\text{FBR} = \text{rupturas que reingresan} / \text{rupturas totales}$                                                | Defina ventana y profundidad de reingreso.        |

## A.12 · Capítulo 12: RSI, MACD, Bollinger y ATR: cálculo, unidades y redundancia

| Métrica       | Expresión                                                                                                                  | Uso y límite                                                   |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>RSI</b>    | $\text{RS} = \text{media\_suavizada\_ganancias} / \text{media\_suavizada\_perdidas}; \text{RSI} = 100 - 100/(1+\text{RS})$ | Defina período, inicialización y manejo de pérdida media cero. |
| <b>MACD</b>   | $\text{MACD} = \text{EMA\_rapida} - \text{EMA\_lenta}; \text{hist} = \text{MACD} - \text{EMA\_senal}(\text{MACD})$         | Períodos usuales son convenciones, no óptimos universales.     |
| <b>Bandas</b> | $\text{upper/lower} = \text{media}_n \pm k \times \text{desviacion}_n$                                                     | Especifique poblacional o muestral y base de precio.           |

| Métrica    | Expresión                         | Uso y límite                               |
|------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>ATR</b> | $ATR_n = \text{suavizado}(TR, n)$ | La fórmula de TR aparece en el capítulo 9. |

### A.13 · Capítulo 13: Kelly fraccional, incertidumbre de parámetros y riesgo de ruina práctica

| Métrica                      | Expresión                                                      | Uso y límite                                                                  |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kelly binario</b>         | $f^* = (b p - q) / b$ , con $q = 1 - p$                        | b es ganancia neta por unidad pérdida; si $f^* \leq 0$ no hay apuesta.        |
| <b>Aproximación continua</b> | $f^* \approx (\text{media\_exceso}) / \text{varianza}$         | Requiere retornos pequeños, estacionarios y una unidad de tiempo consistente. |
| <b>Fraccional</b>            | $f_{\text{aplicada}} = \lambda \times f^*$ , $0 < \lambda < 1$ | $\lambda$ refleja incertidumbre y tolerancia, no se elige por marketing.      |

### A.14 · Capítulo 14: Conducta, fatiga y protocolo operativo basado en evidencia

| Métrica                        | Expresión                                                                           | Uso y límite                                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Adherencia</b>              | $\text{adherencia} = \text{reglas cumplidas} / \text{reglas aplicables}$            | Pondere reglas críticas por severidad.                           |
| <b>Turnover conductual</b>     | $\text{exceso} = \text{operaciones reales} - \text{operaciones que cumplían setup}$ | El objetivo es reducir actividad no prevista, no toda actividad. |
| <b>P&amp;L de desviaciones</b> | suma del P&L de operaciones fuera de plan                                           | Una ganancia fuera de plan no valida la conducta.                |

### A.15 · Capítulo 15: SMC e ICT como taxonomía: convertir etiquetas en hipótesis

| Métrica                  | Expresión                                                                                  | Uso y límite                                             |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Sweep codificado</b>  | $\text{high}_t > \text{nivel} + b$ y $\text{close}_t < \text{nivel}$ , dentro de ventana w | Fije b y w en ticks o ATR antes del test.                |
| <b>FVG alcista</b>       | $\text{low}_{\{t+1\}} > \text{high}_{\{t-1\}}$                                             | Convención frecuente; documente si usa mechas o cuerpos. |
| <b>Fill rate de zona</b> | $\text{zonas revisitadas} / \text{zonas creadas}$                                          | No confundir visita con rentabilidad operable.           |

### A.16 · Capítulo 16: Auction Market Theory, TPO y perfil de volumen

| Métrica                | Expresión                                                                                           | Uso y límite                               |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>POC</b>             | $POC = \text{argmax}_p \text{volumen}(p)$                                                           | Desempate y agrupación deben documentarse. |
| <b>Value área</b>      | menor conjunto contiguo alrededor de POC con $\text{suma} \geq \alpha \times \text{volumen\_total}$ | $\alpha$ suele ser 0,70 por convención.    |
| <b>Initial balance</b> | $IB = \text{high\_primera\_hora} - \text{low\_primera\_hora}$                                       | La ventana puede variar por mercado.       |

### A.17 · Capítulo 17: Futuros: contrato, margen, liquidación, vencimiento y base

| Métrica                      | Expresión                                                                                 | Uso y límite                                             |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Notional</b>              | $\text{notional} = \text{precio} \times \text{multiplicador} \times \text{contratos}$     | Use valor absoluto para leverage y signo para dirección. |
| <b>P&amp;L</b>               | $\text{P\&L} = \text{cambio\_puntos} \times \text{multiplicador} \times \text{contratos}$ | Incluya comisión y FX.                                   |
| <b>Leverage</b>              | $\text{leverage} = \text{notional\_total} / \text{equity}$                                | El margen publicado no limita la pérdida.                |
| <b>Cost of carry teórico</b> | $F \sim S \times \exp((r + \text{costes} - \text{beneficios})T)$                          | La base real incorpora oferta, demanda y restricciones.  |

## A.18 · Capítulo 18: Derivados cripto: perpetuos, funding, liquidación y riesgo de plataforma

| Métrica                  | Expresión                                                                  | Uso y límite                                                                       |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Funding</b>           | $\text{pago} = \text{notional\_posicion} \times \text{funding\_rate}$      | El signo depende de largo/corto y convención del venue.                            |
| <b>Basis anualizada</b>  | $\text{basis\_ann} = (F/S - 1) \times 365/\text{días}$                     | No es rendimiento libre de riesgo; reste funding, fees, borrow y riesgo de salida. |
| <b>Leverage efectivo</b> | $\text{leverage} = \text{abs}(\text{notional}) / \text{equity disponible}$ | Use equity consolidado y haircuts de colateral.                                    |

## A.19 · Capítulo 19: Opciones y Black-Scholes-Merton: payoff, valor y supuestos

| Métrica        | Expresión                                                       | Uso y límite                                                                           |
|----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>d1</b>      | $d1 = [\ln(S/K) + (r - q + 0,5 \sigma^2)T] / (\sigma \sqrt{T})$ | T en años y tasas con la convención consistente.                                       |
| <b>d2</b>      | $d2 = d1 - \sigma \sqrt{T}$                                     | N(.) es CDF normal estándar.                                                           |
| <b>Call</b>    | $C = S \exp(-qT) N(d1) - K \exp(-rT) N(d2)$                     | Opción europea con dividend yield continuo.                                            |
| <b>Put</b>     | $P = K \exp(-rT) N(-d2) - S \exp(-qT) N(-d1)$                   | Mismos supuestos.                                                                      |
| <b>Paridad</b> | $C - P = S \exp(-qT) - K \exp(-rT)$                             | Mismo K, T y estilo europeo; costes pueden crear banda, no igualdad ejecutable exacta. |

## A.20 · Capítulo 20: Griegas, unidades y superficie de volatilidad

| Métrica                   | Expresión                                                                                 | Uso y límite                                          |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Aproximación local</b> | $\Delta V \sim \Delta dS + 0,5 \Gamma dS^2 + \text{Vega } d\sigma + \Theta dt$            | Omite cruces y órdenes superiores; empeora en saltos. |
| <b>Vanna</b>              | $\text{Vanna} = d\Delta/d\sigma = d^2V/(dS d\sigma)$                                      | Convención y escala dependen del modelo.              |
| <b>Vomma</b>              | $\text{Vomma} = d\text{Vega}/d\sigma$                                                     | Captura curvatura de volatilidad local.               |
| <b>IV Rank</b>            | $100 \times (IV_{\text{actual}} - IV_{\text{min}}) / (IV_{\text{max}} - IV_{\text{min}})$ | Defina ventana y maneje denominador cero.             |

## A.21 · Capítulo 21: Spreads, condors, straddles y coberturas: payoff no es edge

| Métrica                | Expresión                                                              | Uso y límite                                                                       |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bull call debit</b> | $\text{debit} = \text{prima\_call\_K1} - \text{prima\_call\_K2}$       | Max loss = debit; max gain = $K2 - K1 - \text{debit}$ ; BE = $K1 + \text{debit}$ . |
| <b>Credit spread</b>   | $\text{max loss} = \text{ancho\_strikes} - \text{crédito}$             | Por acción; multiplique contrato y cantidad.                                       |
| <b>Long straddle</b>   | BE bajos/altos = $K - \text{prima\_total}$ ; $K + \text{prima\_total}$ | Al vencimiento y antes de costes.                                                  |

## A.22 · Capítulo 22: Order flow, DOM, footprint y CVD: qué mide realmente el feed

| Métrica          | Expresión                                                                               | Uso y límite                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Delta</b>     | $\text{Delta}_t = \text{volumen\_agresor\_compra} - \text{volumen\_agresor\_venta}$     | Depende de algoritmo de clasificación.             |
| <b>CVD</b>       | $\text{CVD}_t = \text{CVD}_{\{t-1\}} + \text{Delta}_t$                                  | El anclaje cambia la lectura.                      |
| <b>Imbalance</b> | $\text{imbalance}_p = \text{ask\_traded}_p / \max(\text{bid\_traded}_p, \text{mínimo})$ | Umbral y comparación diagonal deben especificarse. |

## A.23 · Capítulo 23: Delta-neutral, gamma scalping y arbitrajes con fricciones

| Métrica                     | Expresión                                                                                                                   | Uso y límite                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>P&amp;L delta-hedged</b> | $\text{P\&L} \approx 0,5 \text{ Gamma } (\Delta S)^2 + \text{Theta } \Delta t + \text{Vega } \Delta \sigma - \text{costes}$ | Aproximación local; faltan saltos, cruces y órdenes superiores.        |
| <b>Basis neta</b>           | $\text{retorno\_neto} = \text{futuro} - \text{spot} - \text{financiación} - \text{custodia} - \text{fees} - \text{borrow}$  | Alinee fecha, unidad y entregable.                                     |
| <b>Ciclo FX</b>             | $\text{factor} = \text{bid/ask ejecutables de las tres conversiones}$                                                       | Solo hay oportunidad si factor neto $> 1$ después de todos los costes. |

## A.24 · Capítulo 24: Cointegración, pairs trading y proceso Ornstein-Uhlenbeck

| Métrica             | Expresión                                                                                                       | Uso y límite                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Spread</b>       | $\text{epsilon}_t = y_t - \alpha - \beta x_t$                                                                   | Beta debe ser hedge ratio económico y estadístico consistente. |
| <b>ADF residual</b> | $\Delta \text{epsilon}_t = \gamma \text{epsilon}_{\{t-1\}} + \sum \phi_i \Delta \text{epsilon}_{\{t-i\}} + u_t$ | $H_0: \gamma = 0$ ; críticos no son t estándar.                |
| <b>OU</b>           | $dX_t = \kappa(\mu - X_t)dt + \sigma dW_t$                                                                      | $\kappa > 0$ y parámetros estables son supuestos.              |
| <b>Half-life</b>    | $\text{half\_life} = \ln(2)/\kappa$                                                                             | Unidades dependen del intervalo de muestreo.                   |

## A.25 · Capítulo 25: Computación cuántica en finanzas: potencial, QUBO y límites actuales

| Métrica     | Expresión                                 | Uso y límite                                                               |
|-------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>QUBO</b> | $\min_x x^T Q x$ , con $x_i$ en $\{0,1\}$ | Las restricciones se incorporan por variables auxiliares o penalizaciones. |

| Métrica                | Expresión                                                                                                                 | Uso y límite                                                 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Cartera binaria</b> | $\text{objetivo} = \text{riesgo} - \lambda \text{retorno} + \text{penalización}(\text{presupuesto})$                      | Escala y estimación de Q suelen dominar el error.            |
| <b>Benchmark</b>       | $\text{gap} = (\text{objetivo\_quantum} - \text{mejor\_objetivo\_clasico}) / \text{abs}(\text{mejor\_objetivo\_clasico})$ | Mida también tiempo total, energía, factibilidad y varianza. |

## A.26 · Capítulo 26: Trading algorítmico, market making y Avellaneda-Stoikov

| Métrica                  | Expresión                                                                                               | Uso y límite                                    |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Precio de reserva</b> | $r_t = S_t - q_t \gamma \sigma^2 (T-t)$                                                                 | Para el modelo básico y convenciones del paper. |
| <b>Spread aproximado</b> | $\text{spread} = \gamma \sigma^2 (T-t) + (2/\gamma) \ln(1 + \gamma/k)$                                  | Supone intensidad exponencial simétrica.        |
| <b>PnL maker</b>         | $\text{P\&L} = \text{spread capturado} - \text{adverse selection} - \text{fees} - \text{inventory MTM}$ | Atribuya rebates por separado.                  |

## A.27 · Capítulo 27: Backtesting, validación purgada y riesgo extremo

| Métrica       | Expresión                                                                                                                         | Uso y límite                                                                       |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sharpe</b> | $\text{SR} = \text{media}(\text{retorno\_exceso}) / \text{desviación}(\text{retorno\_exceso}) \times \sqrt{\text{periodos\_año}}$ | Ajuste por autocorrelación; no anualice observaciones superpuestas sin corrección. |
| <b>VaR</b>    | $\text{VaR}_{\alpha} = \text{cuantil}_{\alpha} \text{ de la distribución de pérdida}$                                             | Depende de horizonte, método y ventana.                                            |
| <b>ES</b>     | $\text{ES}_{\alpha} = E[\text{pérdida} \mid \text{pérdida} \geq \text{VaR}_{\alpha}]$                                             | Definición continua simplificada; documente manejo discreto.                       |
| <b>MDD</b>    | $\text{MDD} = \min_t(\text{equity}_t / \text{peak}_t - 1)$                                                                        | No tiene nivel de confianza ni horizonte fijo.                                     |

## A.28 · Capítulo 28: Arquitectura institucional: datos, OMS, FIX/OUCH y risk engine

| Métrica                     | Expresión                                                                                                                    | Uso y límite                                                 |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Latencia</b>             | $\text{latencia\_total} = \text{decisión} + \text{risk} + \text{serialización} + \text{red} + \text{venue} + \text{retorno}$ | Reporte percentiles p50/p95/p99.9, no solo mínimo.           |
| <b>Disponibilidad</b>       | $\text{availability} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$                                                            | No captura corrupción silenciosa; añada exactitud de estado. |
| <b>Exposición pre-trade</b> | $\text{exposicion\_proyectada} = \text{posición} + \text{ordenes\_abiertas} + \text{nueva\_orden}$                           | Incluya fills en vuelo y conversión de unidad.               |

## ANEXO B

## Guía para leer fórmulas, datos y resultados

Este anexo sirve como puente entre la explicación verbal y la parte matemática. Antes de usar una fórmula, identifica entradas, unidad y condición de validez.

### B.1 · Cómo desmontar una fórmula

#### EJEMPLO

Notional = precio x multiplicador x contratos. Si un futuro cotiza a 4.300, el multiplicador es 50 USD por punto y tienes 2 contratos: notional =  $4.300 \times 50 \times 2 = 430.000$  USD. El resultado está en USD porque el multiplicador convierte puntos de precio en dinero.

### Metodo de cinco pasos

- Escribe la fórmula sin números.
- Define cada símbolo con una frase.
- Anota la unidad de cada entrada.
- Sustituye un dato cada vez y conserva las unidades.
- Interpreta el resultado: qué decisión cambia si el número sube o baja.

### Errores básicos que invalidan un cálculo

- Mezclar porcentajes con decimales:  $5\% = 0,05$ , no 5.
- Usar margen como si fuera notional o pérdida máxima.
- Sumar cantidades en monedas distintas sin convertirlas.
- Dividir por una medida que usa otra ventana temporal o un universo diferente.
- Redondear demasiado pronto y acumular error.

#### REGLA DE ORO

Si el resultado no tiene una unidad coherente o no puedes explicar qué representa en una frase, revisa el cálculo antes de usarlo.



ANEXO B

## Datos: observado, supuesto y derivado

Muchos errores no nacen de la fórmula, sino de mezclar datos reales con supuestos sin marcarlos. Usa tres etiquetas y mantenlas visibles en tus hojas.

| OBSERVADO | Dato recibido o medido en una fuente identificada.      | Fill 100,03 a las 10:35:02.           |
|-----------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| SUPUESTO  | Valor elegido para construir un escenario o simulación. | Slippage supuesto de 0,02 por unidad. |
| DERIVADO  | Resultado calculado a partir de otros datos.            | VWAP, z-score, delta neta o drawdown. |

### Que guardar junto a cada dato

- Fuente o documento de donde procede.
- Timestamp y zona horaria.
- Moneda y unidad.
- Ajustes aplicados: splits, dividendos, roll, normalización, filtros.
- Versión del cálculo o código si el dato es derivado.

#### EJEMPLO DE TRAZABILIDAD

"ATR(14) = 1,60" no es suficiente. Mejor: "ATR de 14 sesiones, calculado al cierre del 17-08-2026 con precios diarios ajustados del proveedor X; unidad: USD por acción". Cuánto más avanzada sea la estrategia, más importante es esta precisión.

## ANEXO B

## Cómo interpretar un resultado sin engañarte

Un número positivo no basta. Debe compararse con riesgo, costes, número de intentos y estabilidad temporal.

### Preguntas mínimas

- ¿El resultado es bruto o neto de comisiones, spread, slippage y financiación?
- ¿La muestra incluye períodos malos o solo un tramo favorable?
- ¿Cuántos parámetros se probaron antes de elegir la versión final?
- ¿El resultado se mantiene al cambiar ligeramente costes o parámetros?
- ¿Existe una pérdida máxima plausible mayor que la observada en el histórico?

### Ejemplo sencillo

#### BACKTEST A

Beneficio histórico: +18%. Costes no incluidos. Se probaron 60 configuraciones y se eligió la mejor. Drawdown observado: -6%. Este resultado todavía no está listo para una conclusión porque faltan costes, control por múltiples pruebas y un escenario de pérdida extrema.

### Diferencia entre describir y demostrar

- Describir: "la estrategia gana en esta muestra".
- Demostrar mejor: "con estas reglas, datos, costes y período, el resultado fue X; en la muestra reservada fue Y; si el coste aumenta Z, deja de superar el criterio".
- Nunca convertir un resultado histórico en una promesa de rendimiento futuro.

#### CRITERIO DE SALIDA

Antes de arriesgar capital, debes poder explicar la peor pérdida plausible, el dato que invalida la hipótesis y la acción exacta que tomarías si ocurre.

# Anexo C. Plantillas y checklists operativos

Estas hojas convierten conceptos en evidencia auditable. Deben conservarse con timestamp, versión, autor de la decisión y anexos de soporte.

## C.1 · Due diligence de broker, exchange o proveedor

| C.1 · Due diligence de broker, exchange o proveedor | Registro / evidencia |
|-----------------------------------------------------|----------------------|
| Entidad legal, regulador y jurisdicción             | _____<br>–           |
| Titularidad y segregación de activos                | _____<br>–           |
| Protección por insolvencia y exclusiones            | _____<br>–           |
| Mercados, productos y restricciones                 | _____<br>–           |
| Comisión, spread, slippage, financiación y datos    | _____<br>–           |
| Routing, internalización y calidad de ejecución     | _____<br>–           |
| Margen, liquidación y facultades contractuales      | _____<br>–           |
| Custodia, retiro, whitelists y autenticación        | _____<br>–           |
| API, límites, incidentes y soporte                  | _____<br>–           |
| Fecha de verificación y documentos primarios        | _____<br>–           |

### Criterio de cierre

No aprobar con una marca comercial. Debe identificarse la entidad contractual, el régimen aplicable y el coste total para el patrón de uso real.

## C.2 · Ticket pre-trade

| C.2 · Ticket pre-trade                     | Registro / evidencia |
|--------------------------------------------|----------------------|
| Instrumento, venue, contrato y moneda      | _____                |
| Timestamp y fuente de precio               | _____                |
| Hipótesis falsable y horizonte             | _____                |
| Entrada y tipo de orden                    | _____                |
| Invalidación y mecanismo de salida         | _____                |
| Cantidad, notional, Delta y riesgo máximo  | _____                |
| Gap/slippage/volatilidad usados            | _____                |
| Correlación y heat de cartera              | _____                |
| Eventos, vencimiento, funding o dividendos | _____                |
| Criterio de no-trade y aprobador           | _____                |

### Criterio de cierre

La orden no se envía si no puede reconstruirse el riesgo máximo plausible, si el feed está degradado o si falta una salida operativa.

### C.3 · Presupuesto de riesgo y drawdown

| C.3 · Presupuesto de riesgo y drawdown   | Registro / evidencia |
|------------------------------------------|----------------------|
| Equity líquido y capital no arriesgable  | _____                |
|                                          | –                    |
| Límite diario, semanal y mensual         | _____                |
|                                          | –                    |
| Límite por posición y por factor         | _____                |
|                                          | –                    |
| Máximo gross/net exposure                | _____                |
|                                          | –                    |
| Concentración por emisor, venue y divisa | _____                |
|                                          | –                    |
| Escenario de gap y correlación de crisis | _____                |
|                                          | –                    |
| Umbral de reducción de tamaño            | _____                |
|                                          | –                    |
| Umbral de stop de estrategia             | _____                |
|                                          | –                    |
| Plan de recuperación y autorizaciones    | _____                |
|                                          | –                    |
| Fecha de recalibración                   | _____                |
|                                          | –                    |

#### Criterio de cierre

Un límite es operativo solo si tiene fuente de equity, regla de medición, acción automática o responsable y procedimiento de excepción.

### C.4 · Model card de backtest

| C.4 · Model card de backtest             | Registro / evidencia     |
|------------------------------------------|--------------------------|
| Hipótesis y benchmark congelados         | <div></div> <div>-</div> |
| Universo y sesgos de selección           | <div></div> <div>-</div> |
| Datos point-in-time y revisiones         | <div></div> <div>-</div> |
| Features, labels y horizontes            | <div></div> <div>-</div> |
| Costes, fills, capacidad y latencia      | <div></div> <div>-</div> |
| Splits, purga, embargo y walk-forward    | <div></div> <div>-</div> |
| Número de variantes probadas             | <div></div> <div>-</div> |
| Métricas, DSR y PBO                      | <div></div> <div>-</div> |
| Stress por régimen y parámetros          | <div></div> <div>-</div> |
| Test final, decisión y versión de código | <div></div> <div>-</div> |

Criterio de cierre

El test final se abre una vez. Si se usa para modificar la estrategia, deja de ser test y la investigación debe registrarse como nueva versión.

## C.5 · Incidente y reconciliación

| C.5 · Incidente y reconciliación             | Registro / evidencia |
|----------------------------------------------|----------------------|
| <b>ID, inicio, detección y cierre</b>        | _____<br>–           |
| <b>Sistemas, cuentas y órdenes afectadas</b> | _____<br>–           |
| <b>Estado esperado vs. observado</b>         | _____<br>–           |
| <b>Posición y P&amp;L potencial/real</b>     | _____<br>–           |
| <b>Acción de contención</b>                  | _____<br>–           |
| <b>Cancelación, hedge o kill switch</b>      | _____<br>–           |
| <b>Reconciliación con broker/venue</b>       | _____<br>–           |
| <b>Causa raíz y factores contribuyentes</b>  | _____<br>–           |
| <b>Corrección, propietario y fecha</b>       | _____<br>–           |
| <b>Prueba de no regresión y aprobación</b>   | _____<br>–           |

### Criterio de cierre

Cerrar solo cuando órdenes, fills, posiciones, caja y ledger concilien, la causa raíz esté documentada y la corrección haya sido probada.

## Anexo D. Glosario operativo

Las definiciones son deliberadamente operativas: indican qué significa el término y, cuando procede, qué no permite concluir.

| Término              | Definición de trabajo                                                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ADF</b>           | Prueba Dickey-Fuller aumentada para contrastar raíz unitaria en una serie o residual.                                              |
| <b>ADL</b>           | Auto-deleveraging: mecanismo de algunos derivados cripto que reduce posiciones de contrapartes cuando el fondo de seguro no basta. |
| <b>Ask</b>           | Mejor precio visible al que un participante ofrece vender.                                                                         |
| <b>Basis</b>         | Diferencia entre el precio de un derivado y su referencia spot, con convención y vencimiento explícitos.                           |
| <b>Benchmark</b>     | Alternativa simple y predefinida contra la que se evalúa una estrategia.                                                           |
| <b>Bid</b>           | Mejor precio visible al que un participante ofrece comprar.                                                                        |
| <b>BOS</b>           | Break of structure; etiqueta chartista que requiere una regla previa de pivote y cierre.                                           |
| <b>BSM</b>           | Modelo Black-Scholes-Merton para valoración bajo supuestos idealizados.                                                            |
| <b>CAGR</b>          | Tasa de crecimiento anual compuesta; no describe la trayectoria ni el drawdown.                                                    |
| <b>Calmar</b>        | CAGR dividido por drawdown máximo, con horizonte y convención declarados.                                                          |
| <b>Carry</b>         | Resultado asociado al paso del tiempo, financiación, cupones, dividendos, roll o funding.                                          |
| <b>CCP</b>           | Cámara de contrapartida central que se interpone entre compradores y vendedores elegibles.                                         |
| <b>Cointegración</b> | Relación estadística por la que una combinación de series no estacionarias puede ser estacionaria.                                 |
| <b>Convexidad</b>    | Curvatura de un payoff o precio respecto de un factor; en opciones se relaciona con Gamma.                                         |
| <b>CPCV</b>          | Combinatorial Purged Cross-Validation; esquema de validación temporal con purga y múltiples caminos.                               |
| <b>CVD</b>           | Cumulative volume delta; acumulación de volumen clasificado como agresor comprador menos vendedor.                                 |
| <b>Delta</b>         | Sensibilidad local del precio de una opción ante un cambio unitario del subyacente.                                                |
| <b>Drawdown</b>      | Caída desde un máximo previo de equity hasta un mínimo posterior.                                                                  |
| <b>DSCR</b>          | Flujo operativo neto dividido por servicio de deuda.                                                                               |
| <b>DSR</b>           | Deflated Sharpe Ratio; ajusta evidencia por no normalidad y selección entre múltiples pruebas.                                     |
| <b>Edge</b>          | Ventaja esperada neta de costes y condicionada al régimen; debe estimarse fuera de muestra.                                        |
| <b>Embargo</b>       | Separación temporal que reduce contaminación entre train y test tras una observación etiquetada.                                   |
| <b>ES</b>            | Expected Shortfall: pérdida media más allá de un cuantil VaR especificado.                                                         |
| <b>ETF</b>           | Fondo cotizado; su liquidez, réplica, fiscalidad y contraparte dependen de estructura y mercado.                                   |
| <b>FOK</b>           | Fill-or-kill: orden que debe ejecutarse por completo de inmediato o cancelarse.                                                    |
| <b>Footprint</b>     | Visualización del volumen clasificado por lado y precio; depende del feed y del algoritmo de clasificación.                        |
| <b>FVG</b>           | Fair value gap; etiqueta de desequilibrio de velas, no prueba de valor justo ni intención institucional.                           |
| <b>Funding</b>       | Pago periódico entre largos y cortos en ciertos perpetuos; fórmula y techo dependen del venue.                                     |



| Término               | Definición de trabajo                                                                                        |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Gamma</b>          | Cambio local de Delta ante un cambio del subyacente.                                                         |
| <b>Haircut</b>        | Descuento aplicado al valor de un activo para determinar su valor elegible como colateral.                   |
| <b>Half-life</b>      | Tiempo característico estimado de reversión de un proceso; inestable si cambian parámetros.                  |
| <b>IOC</b>            | Immediate-or-cancel: ejecuta de inmediato lo disponible y cancela el resto.                                  |
| <b>IV</b>             | Volatilidad implícita que iguala precio observado y modelo bajo una convención.                              |
| <b>Johansen</b>       | Procedimiento multivariado para estimar rango y vectores de cointegración.                                   |
| <b>Kelly</b>          | Fracción que maximiza log-crecimiento bajo probabilidades y payoffs conocidos; es muy sensible al error.     |
| <b>Kill switch</b>    | Control que bloquea nuevas órdenes y, según diseño, cancela órdenes vivas o reduce riesgo.                   |
| <b>Latency</b>        | Tiempo entre eventos definidos; debe precisarse reloj, percentil y punto de medición.                        |
| <b>Limit order</b>    | Orden con precio límite; controla el peor precio, no garantiza ejecución.                                    |
| <b>LOB</b>            | Limit order book: conjunto priorizado de órdenes limit visibles conforme a reglas del mercado.               |
| <b>LTV</b>            | Deuda dividida por valor prudente del activo dado en garantía.                                               |
| <b>Margin</b>         | Garantía exigida; no equivale a pérdida máxima ni a pago parcial del notional.                               |
| <b>Mark price</b>     | Referencia usada por algunos venues para P&L o liquidación, distinta del último trade.                       |
| <b>Market order</b>   | Orden que prioriza ejecución y acepta el precio disponible, sujeto a protecciones del venue.                 |
| <b>Microprice</b>     | Estimador del precio corto plazo que pondera bid/ask por desequilibrio de tamaño visible.                    |
| <b>MSS</b>            | Market structure shift; etiqueta que necesita pivotes, horizonte y condición de confirmación.                |
| <b>Notional</b>       | Exposición contractual: precio por multiplicador por número de contratos o unidades.                         |
| <b>OCO</b>            | One-cancels-the-other: vínculo lógico; su atomicidad y comportamiento dependen del intermediario.            |
| <b>Open interest</b>  | Número de contratos abiertos; no es volumen y puede publicarse con retraso.                                  |
| <b>Order Block</b>    | Etiqueta SMC de zona; no identifica por sí sola una orden institucional real.                                |
| <b>Order routing</b>  | Selección de mercado, broker, internalizador o algoritmo al enviar una orden.                                |
| <b>O-U</b>            | Proceso Ornstein-Uhlenbeck de reversión a la media en tiempo continuo.                                       |
| <b>P&amp;L</b>        | Profit and loss; debe distinguir realizado, no realizado, bruto, neto y moneda base.                         |
| <b>PBO</b>            | Probability of Backtest Overfitting estimada mediante comparaciones combinatorias de selección.              |
| <b>POC</b>            | Price level con mayor actividad bajo el algoritmo de perfil definido.                                        |
| <b>Purga</b>          | Eliminación de observaciones solapadas entre conjuntos de entrenamiento y prueba.                            |
| <b>QUBO</b>           | Quadratic Unconstrained Binary Optimization; formulación binaria que requiere codificación y penalizaciones. |
| <b>Queue position</b> | Prioridad aproximada de una orden dentro de un nivel de precio.                                              |
| <b>R:R</b>            | Cociente entre magnitudes de riesgo y beneficio planificados; no contiene probabilidad ni costes.            |
| <b>RVOL</b>           | Volumen relativo frente a un baseline compatible de hora, sesión y activo.                                   |
| <b>Sharpe</b>         | Media del exceso de retorno dividida por su desviación; depende de frecuencia y supuestos.                   |
| <b>Slippage</b>       | Diferencia entre precio de decisión o referencia y precio ejecutado, con signo y benchmark definidos.        |
| <b>Spread</b>         | Diferencia entre ask y bid, o entre dos instrumentos; siempre debe declararse la convención.                 |
| <b>Stop-limit</b>     | Tras el trigger envía una orden limitada; puede no ejecutar si el precio atraviesa el límite.                |

| Término             | Definición de trabajo                                                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Stop-market</b>  | Tras el trigger prioriza salida; el precio final puede diferir mucho durante gaps o poca liquidez.        |
| <b>Theta</b>        | Sensibilidad local al paso del tiempo manteniendo otros factores bajo convención.                         |
| <b>Tick</b>         | Incremento mínimo de precio definido por contrato o mercado.                                              |
| <b>Toxicidad</b>    | Riesgo de cotizar frente a flujo con información o selección adversa; no es identidad del operador.       |
| <b>VaR</b>          | Cuantil de pérdida para horizonte y nivel dados; no informa por sí mismo del tamaño más allá del cuantil. |
| <b>Vega</b>         | Sensibilidad local ante un cambio de volatilidad implícita, con unidad declarada.                         |
| <b>Venue</b>        | Mercado, plataforma o centro de ejecución con reglas, protección y datos propios.                         |
| <b>VPIN</b>         | Métrica propuesta de toxicidad por buckets de volumen; su interpretación empírica es debatida.            |
| <b>Walk-forward</b> | Evaluación temporal que recalibra solo con información disponible antes de cada tramo de prueba.          |

# Anexo E. Referencias completas y enlazadas

Fecha de consulta: 17 de agosto de 2026. Se priorizan supervisores, mercados, estándares técnicos y artículos originales. Las páginas comerciales se usan solo para condiciones del proveedor y deben volver a verificarse antes de decidir.

| ID  | Referencia                                                                                                       | Acceso                |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| R01 | SEC. Investor Bulletin: Understanding Margin Accounts.                                                           | <a href="#">URL ↗</a> |
| R02 | FINRA. Order Types.                                                                                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| R03 | FINRA. Stop Orders: Factors to Consider During Volatile Markets.                                                 | <a href="#">URL ↗</a> |
| R04 | SEC. Disclosure of Order Execution and Routing Practices.                                                        | <a href="#">URL ↗</a> |
| R05 | OCC. Characteristics and Risks of Standardized Options.                                                          | <a href="#">URL ↗</a> |
| R06 | CFTC. Understand the Risks of Virtual Currency Trading.                                                          | <a href="#">URL ↗</a> |
| R07 | IOSCO. Investor Education on Crypto-Assets, FR06/2024.                                                           | <a href="#">URL ↗</a> |
| R08 | ESMA. Product intervention measures for CFDs and binary options.                                                 | <a href="#">URL ↗</a> |
| R09 | SEC. Social Media and Stock Tip Scams - Investor Alert.                                                          | <a href="#">URL ↗</a> |
| R10 | CME Group. Tick Movements: Understanding How They Work.                                                          | <a href="#">URL ↗</a> |
| R11 | CME Group. WTI Product Overview.                                                                                 | <a href="#">URL ↗</a> |
| R12 | CME Group. Advisory on zero or negative energy futures prices, Chadv20-160.                                      | <a href="#">URL ↗</a> |
| R13 | Kelly, J. L.. A New Interpretation of Information Rate, 1956.                                                    | <a href="#">URL ↗</a> |
| R14 | Black, F. and Scholes, M.. The Pricing of Options and Corporate Liabilities, 1973.                               | <a href="#">URL ↗</a> |
| R15 | Merton, R. C.. Theory of Rational Option Pricing, 1973.                                                          | <a href="#">URL ↗</a> |
| R16 | Kahneman, D. and Tversky, A.. Prospect Theory: An Analysis of Decisión under Risk, 1979.                         | <a href="#">URL ↗</a> |
| R17 | Barber, B. and Odean, T.. Trading Is Hazardous to Your Wealth, 2000.                                             | <a href="#">URL ↗</a> |
| R18 | O'Hara, M.. Market Microstructure Theory, 1995.                                                                  | <a href="#">URL ↗</a> |
| R19 | Hasbrouck, J.. Empirical Market Microstructure, 2007.                                                            | <a href="#">URL ↗</a> |
| R20 | SEC and CFTC. Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010.                                               | <a href="#">URL ↗</a> |
| R21 | SEC. Staff Report on Equity and Options Market Structure Conditions in Early 2021.                               | <a href="#">URL ↗</a> |
| R22 | Federal Reserve. Testimony on the private-sector refinancing of LTCM, 1998.                                      | <a href="#">URL ↗</a> |
| R23 | Dickey, D. and Fuller, W.. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root, 1979. | <a href="#">URL ↗</a> |
| R24 | Johansen, S.. Statistical Analysis of Cointegration Vectors, 1988.                                               | <a href="#">URL ↗</a> |
| R25 | Avellaneda, M. and Stoikov, S.. High-Frequency Trading in a Limit Order Book, 2008.                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| R26 | Bailey, D. and Lopez de Prado, M.. The Deflated Sharpe Ratio, 2014.                                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| R27 | Bailey, D. et al.. The Probability of Backtest Overfitting.                                                      | <a href="#">URL ↗</a> |
| R28 | BIS. Quantum Computing and the Financial System: Opportunities and Risks, 2024.                                  | <a href="#">URL ↗</a> |

| ID         | Referencia                                                                                            | Acceso                |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>R29</b> | Orus, R., Mugel, S. and Lizaso, E.. Quantum Computing for Finance: Overview and Prospects.            | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R30</b> | Basel Committee. MAR33 - Calculation of Expected Shortfall.                                           | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R31</b> | Basel Committee. Stress Testing Principles, 2018.                                                     | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R32</b> | SEC. Risk Management Controls for Brokers or Dealers with Market Access.                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R33</b> | FIX Trading Community. FIX Technical Standards.                                                       | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R34</b> | Nasdaq. OUCH 5.0 Protocol Specification.                                                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R35</b> | Interactive Brokers. Commissions and Fees.                                                            | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R36</b> | Charles Schwab. Trading Fees and Commissions.                                                         | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R37</b> | Binance. Spot Trading Fee Rate.                                                                       | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R38</b> | Bybit. Trading Fee Structure.                                                                         | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R39</b> | TradingView. Subscriptions: Pricing and Features.                                                     | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R40</b> | Investor.gov. Copy Trading.                                                                           | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R41</b> | CFTC. Key Topics for World Investor Week: Leverage and Day Trading Risk.                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R42</b> | SEC. Investor Bulletin: Trading in Cash Accounts.                                                     | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R43</b> | Engle, R. and Granger, C.. Co-integration and Error Correction, 1987.                                 | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R44</b> | Basel Committee. Minimum Capital Requirements for Market Risk, 2019.                                  | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R45</b> | CME Group. Micro E-mini S&P 500 Futures.                                                              | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R46</b> | CME Group. E-mini Nasdaq-100 Futures Contract Specifications.                                         | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R47</b> | CME Group. Gold Product Overview.                                                                     | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R48</b> | SEC. Responses to FAQs on Rule 606.                                                                   | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R49</b> | Easley, D., Lopez de Prado, M. and O'Hara, M.. Flow Toxicity and Liquidity in a High-Frequency World. | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R50</b> | Andersen, T. and Bondarenko, O.. VPIN and the Flash Crash.                                            | <a href="#">URL ↗</a> |
| <b>R51</b> | SEC. Rule 613 - Consolidated Audit Trail.                                                             | <a href="#">URL ↗</a> |

## Anexo F. Ficha maestra para replicar una estrategia

Esta ficha en blanco convierte cualquier idea en un protocolo auditable. Si un campo esencial no puede completarse antes de ver el resultado, la estrategia todavía no está definida. Imprime o duplica la ficha para cada versión; no sobrescribas intentos fallidos.

| F.1 · Hipótesis, datos y reglas              | Registro / evidencia |
|----------------------------------------------|----------------------|
| <b>ID, versión, fecha y responsable</b>      | _____<br>-           |
| <b>Hipótesis en una frase falsable</b>       | _____<br>-           |
| <b>Universo, mercado, sesión y moneda</b>    | _____<br>-           |
| <b>Fuente, timestamp y calidad de datos</b>  | _____<br>-           |
| <b>Benchmark y alternativa simple</b>        | _____<br>-           |
| <b>Condición de régimen</b>                  | _____<br>-           |
| <b>Regla de entrada ejecutable</b>           | _____<br>-           |
| <b>Invalidación y salida</b>                 | _____<br>-           |
| <b>Parámetros congelados y justificación</b> | _____<br>-           |
| <b>Información conocida en cada decisión</b> | _____<br>-           |

**Criterio de cierre**

Cierre: otra persona puede reconstruir la señal con los mismos datos sin preguntarte qué quisiste decir.

## F.2 · Ejecución, riesgo y validación

| F.2 · Ejecución, riesgo y validación           | Registro / evidencia |
|------------------------------------------------|----------------------|
| Tipo de orden, trigger, límite y vigencia      | _____                |
| Modelo de fill, spread, slippage y latencia    | _____                |
| Comisiones, financiación, borrow y fiscalidad  | _____                |
| Riesgo por unidad y cantidad redondeada        | _____                |
| Heat, correlación y escenario de gap           | _____                |
| Train, validación, test, purga y embargo       | _____                |
| Variantes probadas y test final bloqueado      | _____                |
| Métricas netas y estrés de costes x2           | _____                |
| Criterios previos de aprobación y rechazo      | _____                |
| Plan de simulación, incidente y reconciliación | _____                |

### Criterio de cierre

Cierre: el resultado puede reproducirse neto de costes y existe una acción clara ante gap, datos stale, orden huérfana o ruptura de régimen.

## F.3 · Puerta de decisión

| Condición                                                | Evidencia | Estado                                                  |
|----------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------|
| La hipótesis y el benchmark se fijaron antes del test    | _____     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| No hay look-ahead, leakage ni universo retrospectivo     | _____     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| Costes y fills son plausibles para tamaño y liquidez     | _____     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| El estrés y el drawdown caben en los límites             | _____     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| El criterio fuera de muestra se cumple sin reinterpretar | _____     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| La simulación operativa reconcilia órdenes, fills y caja | _____     | <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |

### Veredicto

☐ APROBADA PARA MÁS SIMULACIÓN ☐ REQUIERE MÁS EVIDENCIA ☐ RECHAZADA. Una aprobación educativa no constituye autorización ni recomendación para usar capital real.

FIN DEL MANUAL · Comprender, calcular, simular y recién después decidir.