

SISTEMAS DE TRADING.

Una introducción a los Sistemas de Trading que incluye el método científico, un análisis de la diversificación por sistemas y un sistema clásico, rentable y probado: El sistema GUSTAFSON

Onda4.com



ÍNDICE

1. QUÉ ES UN SISTEMA DE TRADING?	3
2. TIPOS DE SISTEMAS	7
3. RATIOS PARA EVALUAR SISTEMAS	9
4. CÓMO ES UN BUEN SISTEMA?	15
5. LA PRUEBA ESTADÍSTICA	17
6. COMBINANDO SISTEMAS	22
7. GESTIÓN DE CAPITAL	27
8. EL SISTEMA GUSTAFSON	30
9. GESTIÓN DE CAPITAL-SISTEMA GUSTAFSON	39
10. BIBLIOGRAFÍA	43

1. QUÉ ES UN SISTEMA DE TRADING?

Qué es un sistema?

Un sistema de trading es un conjunto de reglas que definen de forma inequívoca la forma de operar uno o varios instrumentos financieros con la finalidad de obtener beneficios. Dicen los expertos que un sistema solo existe si está por escrito, de forma que no debe haber ningún tipo de ambigüedad en la metodología de inversión que se pretende aplicar. Las reglas deben ser coherentes entre sí y no pueden contradecirse.



Porqué de los sistemas, ventajas e inconvenientes

Cuando uno se mete de lleno en el mundo de la inversión en bolsa se da cuenta de que hay muchas formas y métodos para operar. Una primera clasificación de estos métodos que se puede hacer es en lo referente a operar con un conjunto de reglas fijas (un sistema) o no, a través de decisiones individuales del trader u operador, que decide cuándo y qué comprar o vender.

Dependiendo de nuestra personalidad puede que nos interese operar un sistema 100% automático tal y como está definido en el apartado anterior. Esto debería traernos los siguientes beneficios:

- No es emocional, nuestros resultados no dependerán de nuestro estado de ánimo o habilidad en el momento de ejecutar la operación
- Es 100% objetivo y no se presta a interpretación. Es imposible engañarse a uno mismo. Una señal de compra es siempre una señal de compra, da igual que sepamos que mañana se va a publicar un dato relevante del mercado (suponiendo que eso no está incluido en la estrategia) o que pensemos que en esta ocasión la señal no va a dar buen resultado
- Tiene pocas reglas. Con un conjunto limitado de reglas (menos de 10 y en ocasiones menos de 5) se puede crear un sistema de trading bastante bueno. El inversor no tiene la sensación de que hay algo que desconoce que le puede influir en las operaciones. Todo está incluido en ese conjunto de reglas. Si con este número limitado de reglas el sistema funciona entonces no hay ninguna necesidad de complicarlo más.
- Es cuantitativo o “medible”, eso quiere decir que por adelantado vamos a tener una idea aproximada de la evolución de nuestros resultados. Esto es una gran ventaja por dos razones. La primera es que nos permite estar preparados psicológicamente para los periodos difíciles. La segunda es que disponemos de unos datos de simulación que nos van a permitir implementar estrategias de gestión de capital para mejorar los resultados.

En todos los puntos anteriores se supone que el inversor opera el sistema sin desviarse de él. Que toma todas y cada una de las señales que le marque el sistema. Eso debe ser siempre así porque si uno no sigue su sistema al pie de la letra, para que lo ha probado en datos históricos?. En ese caso sus resultados nunca se parecerán a lo que ha simulado. Si uno no sigue fielmente un sistema entonces no tiene sistema.

No todo son ventajas cuando uno decide operar un sistema. Algunas desventajas son:

- No se tiene todo en cuenta. Cualquier evento inesperado en los mercados suele aumentar la volatilidad de estos. Un inversor que sigue un sistema debería ignorar esta nueva información porque se supone que no debe desviarse de su sistema y que esto ya debería estar incluido en los datos sobre los que ha simulado. Evidentemente esto no siempre se cumple y con frecuencia cuando el mercado reacciona con fuerza muchos sistemas (especialmente aquellos diseñados para un entorno poco volátil) generan pérdidas.
- Con frecuencia el inversor tiene la sensación de que podría hacerlo mejor sin sistema. Cuando un sistema entra en un periodo de pérdidas o drawdown, el inversor empieza a pensar que no tomaría esta u otras señales, que en su lugar operaría de otra forma. Dependiendo del inversor operar sin sistema podría reportarle más beneficio o no, pero se asume que aquel que ha decidido operar un sistema es porque cree que este sistema le dará mejores resultados que operar sin él.
- Los sistemas no funcionan de por vida. Un buen ejemplo es el sistema de las “tortugas” (sistema basado en comprar y vender nuevos máximos/mínimos en el mercado). Un mercado lateral prolongado hizo que el sistema de las tortugas dejara de funcionar. Quién puede operar un sistema que produce pérdidas durante dos años o más? Quién tomará todas las señales al tercer año? El que opera un sistema y se da cuenta de que ha dejado de funcionar debe seguir investigando. Diseñar sistemas es una tarea que nunca termina.
- Un sistema requiere tomar todas las señales. Para bien y para mal. Supongamos que operamos un sistema seguidor de tendencias con un 35% de aciertos (bastante típico). Eso quiere decir que el 65% de nuestras operaciones resultarán en pérdidas. Una minoría de operaciones generarán suficiente rentabilidad como para compensar la mayoría de las pérdidas. Si nos vamos de vacaciones o no podemos introducir una orden, y resulta ser de las ganadoras entonces habremos arruinado el sistema solamente por fallar en la ejecución de una orden, ya que los resultados quedarán alterados y

hasta que no llegue la nueva operación perteneciente al 35% de ganancias todo serán pérdidas.

En definitiva, operar un sistema no es fácil y no implica el éxito *per se*, sin embargo sus ventajas pueden hacer que sea la opción más aconsejable para conseguir la rentabilidad de forma regular en la gran mayoría de inversores.

Requisitos de los sistemas

Evidentemente el primer requisito es que un sistema sea rentable en datos históricos. Pero eso no garantiza que vaya a ser rentable en el futuro, y aquí tenemos un error común de razonamiento que es el siguiente:

Un sistema rentable debe tener un backtesting positivo (proporcionar ganancias de simulación), pero un backtesting positivo no implica que tengamos un sistema rentable.

El método científico nos ayuda ante este error común de razonamiento que es pensar que con una o varias simulaciones rentables estamos ante un sistema con poder predictivo o ganador. El método científico nos dice que debemos plantear la cuestión al revés y asumir que nuestro sistema no genera beneficios. Si somos capaces de falsificar esta afirmación con un cierto grado de confianza entonces estaremos ante un sistema rentable. Para ello se asume que el sistema tiene una ganancia promedio nula y si las pruebas indican que no es cierto, que a un determinado grado de confianza (comúnmente el 95%) la ganancia promedio es superior a cero entonces podemos afirmar de forma matemática (estadística) que tenemos un sistema ganador.

Este requisito de tener un sistema fiable estadísticamente es muy relevante, ya que un operador que tenga que elegir entre un sistema con ganancia promedio pequeña pero fiable estadísticamente, y un sistema con gran ganancia pero poco fiable elegirá siempre el primero porque solo tiene que aumentar el tamaño de la posición en el mercado para conseguir un sistema con ganancia elevada y muy fiable. Los sistemas que se operen con dinero real deben tener una ganancia promedio mayor que cero al menos con un 95% de confianza.

Por otra parte, y como hemos visto anteriormente otro requisito importante para los sistemas es que se compongan de unas pocas reglas simples y bien definidas. Si no fuera así sería muy complicado poder supervisar su correcto funcionamiento.

2. TIPOS DE SISTEMAS

Los sistemas 100% automáticos (no discrecionales) se pueden clasificar en cuanto a su forma de operar o las particularidades de su estrategia para generar señales. En este caso tendríamos:

- **Sistemas tendenciales.** Buscan explotar una tendencia en el intervalo temporal de elección. Hasta que encuentran la tendencia hacen varios intentos así que suelen tener un porcentaje de aciertos bastante bajo, en los entornos del 40%, no obstante cuando aciertan ganan mucho más de lo que pierden (comúnmente el triple o ratio 3:1).

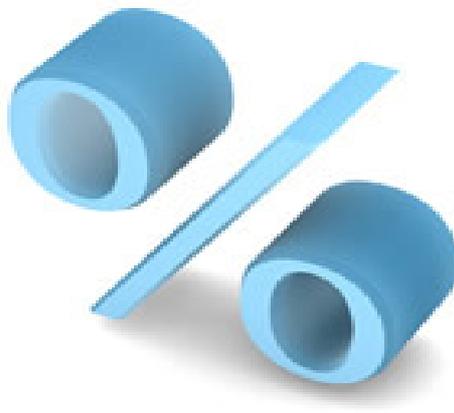


-
- Sistemas antitendencia. Operan de forma contraria a la tendencia, de forma que compran cuando el mercado ha caído y abren posiciones cortas tras subidas. Aciertan bastante, pero a costa de un ratio muy bajo entre las operaciones ganadoras y perdedoras. Un porcentaje de aciertos típico de un sistema antitendencia estaría entre el 60 y el 80%.
 - Sistemas de rotura. En la literatura en inglés serían los Breakout Systems, que compran cuando el mercado supera un determinado nivel. Estos sistemas aciertan poco pero nunca se pierden una tendencia por su forma de operar. Son una alternativa a los sistemas tendenciales con la ventaja de que nos garantizan la entrada en cualquier tendencia prolongada. Hemos visto ya un ejemplo de este tipo de sistemas cuando hablábamos del sistema de las “tortugas”. En algunas publicaciones estos sistemas se pueden encontrar dentro de la categoría tendenciales, sin embargo aquí se ha preferido hacer una distinción.
 - Sistemas de volatilidad. Se basan en la superación intradiaria de un determinado nivel que asegure en la medida de lo posible que acaba de comenzar una tendencia. Estos sistemas operan mucho pero generalmente son muy rentables. Tienen un porcentaje de aciertos que puede estar entre el 50-60%.
 - Sistemas basados en ciclos. Explotan la existencia de ciclos, de forma que la operativa se genera en base a determinadas fechas. Aquí tenemos los sistemas para futuros de agricultura (soja, maíz, algodón, etc) que se ven influenciados por la estacionalidad de las cosechas. También hay sistemas basados en ciclos lunares e incluso ciclos planetarios.
 - Sistemas de Predicción. Utilizan las técnicas más avanzadas para anticipar la evolución del precio. Un buen ejemplo son los sistemas basados en redes neuronales que aprenden y se entrenan con los datos históricos hasta conseguir una predicción lo más fiable posible de la próxima evolución del mercado. También existen técnicas matemáticas de predicción con modelos regresivos que sin utilizar redes neuronales hacen predicciones que van ajustando para minimizar el error, como los modelos de autoregresión con medias móviles (ARIMA).

3. RATIOS PARA EVALUAR SISTEMAS

Ratios para evaluar los sistemas.

A continuación vamos a ver los diferentes ratios que se utilizarán posteriormente para evaluar la bondad de un sistema de trading. Aunque sea una obviedad decirlo uno diseña un sistema de trading para ganar dinero, así que comenzaremos los ratios con el Beneficio Neto.



El Beneficio Neto

En un principio ésta debería ser la medida universal del rendimiento o mejor dicho, de la efectividad de un sistema. Cuanto más beneficio neto, mejor. Sin embargo no es tan sencillo y aunque lo que se acaba de decir tiene su lógica también es cierto que el futuro no es como el pasado y deberíamos intentar asegurarnos de que si escogemos el sistema que gane más deberíamos asegurarnos de que esto va a repetirse en el futuro. Me explico, supongamos un sistema que compró en el mínimo del año 2001, en septiembre. El resto de operaciones son pérdidas pero el sistema genera una ganancia elevada debido principalmente a esta operación.

Cuáles son las probabilidades de que podamos ganar dinero con este sistema?

Desafortunadamente pocas, porque este sistema depende solamente de una operación y por tanto de la probabilidad de que esta operación se repita de la misma forma.

Aparte de esto, aunque el sistema tenga ganancias constantes también puede estar sujeto a un drawdown (enseguida hablaremos de este término) muy elevado. Este sistema generará más beneficio que otro, pero si genera una pérdida de capital muy elevada en determinado momento entonces será muy probable que pensemos que ha dejado de funcionar (aunque no sea así) y dejemos de operarle. Por esta razón el beneficio neto es una condición necesaria pero no suficiente. Cuando miremos al beneficio neto también deberíamos echar un vistazo al drawdown que vamos a tener que soportar para conseguir este beneficio y quizás a otros ratios que nos indicarán el confort de operar ese sistema y que veremos más adelante.

El máximo drawdown

El drawdown es la máxima disminución de capital desde un máximo anterior. En realidad lo que mide es cuánto dinero se está perdiendo en un momento determinado respecto de un momento anterior en que el sistema tuvo su máxima ganancia.

El máximo drawdown de un sistema es mirar los drawdowns individuales y coger el peor, el que más dinero consume. Es la mayor distancia de pico a valle en la curva de capital. La medida del máximo drawdown no nos dice cuantos drawdowns vamos a tener, solamente mide el mayor de todos y nos dice su cuantía.

El drawdown es un concepto sumamente importante para el trader porque puede marcar la diferencia entre seguir operando un sistema o no.

Si queremos podemos juntar el beneficio neto y el máximo drawdown en un solo ratio para que nos diga cuanto drawdown tendremos que soportar para tener un determinado beneficio neto. Esto es lo que se denomina Recovery Factor y que vemos a continuación.

El Recovery Factor o factor de recuperación

El recovery factor es simplemente dividir la ganancia neta entre el máximo drawdown del sistema. Es un ratio muy útil. Supongamos que un sistema genera un beneficio neto de 100.000 con un máximo drawdown de 10.000; entonces el recovery factor es de 10:1, lo cual es un valor excelente. Esta estrategia es mucho mejor que otra que genere un beneficio neto de 120.000 con un drawdown de 30.000 (ratio 4:1).

Por qué?

Porque con la primera solo tenemos que aumentar el riesgo para conseguir un beneficio de 300.000 con un drawdown de 30.000, que es el mismo drawdown que el de la segunda estrategia. Es decir, operadas al mismo riesgo la primera estrategia gana 3 veces más. Evidentemente es mejor.

Un buen sistema de trading tiene un recovery factor de 6 o más; es decir, genera 6 veces más beneficio neto que drawdown.

El Recovery Factor va variando con el tiempo porque está basado en el beneficio neto y éste crece de forma exponencial (en un sistema bien diseñado) mientras que el drawdown crece con la raíz cuadrada del tiempo, así que este ratio es una función directa del número de operaciones o del periodo de prueba.

No se deben comparar los Recovery Factor de dos estrategias que están aplicadas sobre dos periodos de tiempo con longitud diferente. Sería comparar “peras con manzanas”.

El Profit Factor o factor de beneficio

El factor de beneficio o Profit Factor es otra medida popular del rendimiento de un sistema. Es algo tan simple como dividir lo que ganan las operaciones con ganancias entre lo que pierden las operaciones con pérdidas.

Operación	Resultado	Ganancias	Pérdidas
1	500	500	
2	-750		-750
3	250	250	
4	1000	1000	
5	-750		-750
Suma	250	1750	-1500
Profit Factor	1.17		

Figura1. Profit Factor de un sistema. La suma de ganancias individuales es de 1750 y la suma de pérdidas individuales es 1500. El cociente entre estos dos números es 1.17 que es el factor de beneficio o Profit Factor.

Si la estrategia es rentable entonces por definición el Profit Factor va a ser mayor que 1. Las estrategias que no son rentables producen factores de beneficio menores que uno. En la Figura 1 vemos un ejemplo con 5 operaciones en las que calculamos el Profit Factor:

Al sumar todas las ganancias obtenemos 1750, y al sumar todas las pérdidas obtenemos -1500. El factor de beneficio es:

- Profit Factor = Beneficio Bruto / Pérdida Bruta
- Profit Factor = $1750 / 1500 = 1.17$

Evidentemente la pérdida neta la ponemos en valor absoluto. Así el Profit Factor siempre será positivo y el umbral de rendimiento estará en 1. Un profit factor muy cercano a 1 hace que no sea rentable operar un sistema de trading, especialmente si este resultado se obtiene sin haber incluido las comisiones en la simulación.

Un buen sistema tiene un profit factor de 2 o más. Lo bueno del Profit Factor es que nos dice lo que vamos a ganar por cada euro que perdemos. Un profit factor de 2.50 nos dice que por cada euro que perdamos operando vamos a ganar 2.50, así de sencillo.



El ratio de Sharpe

Este indicador fue desarrollado por el premio Nobel William Sharpe y se ha convertido en un ratio estándar en la industria del trading. El ratio se calcula en base a dos estadísticos muy comunes, la media y la desviación de los resultados. En el numerador se sitúa la ganancia media del sistema y se le resta la ganancia libre de riesgo (la que nos darían por tener el dinero en el banco sin invertirlo). En el denominador se sitúa la desviación de los resultados, que representa el riesgo de la estrategia. Tanto el numerador como el denominador se ajustan al intervalo de tiempo adecuado (si la estrategia opera con barras diarias las ganancias y desviaciones se anualizan).

Cuando las variaciones de ganancias y pérdidas son muy altas, la desviación es muy elevada y eso conlleva un ratio de Sharpe muy pobre. Si las operaciones están muy cerca de la media (poca desviación) el resultado es un ratio de Sharpe bastante elevado. El ratio de Sharpe se calcula así:

$$\text{Sharpe} = (\text{Retorno sistema} - \text{Retorno sin riesgo}) / \text{Desviación de los retornos}$$

Para anualizar los retornos (en el caso de un sistema diario) se multiplica por la raíz cuadrada del número de días de trading que tiene un año, aproximadamente 252. Este escalado es necesario ya que los retornos del numerador crecen linealmente con el tiempo pero la desviación de los resultados crece proporcionalmente a la raíz cuadrada del tiempo.

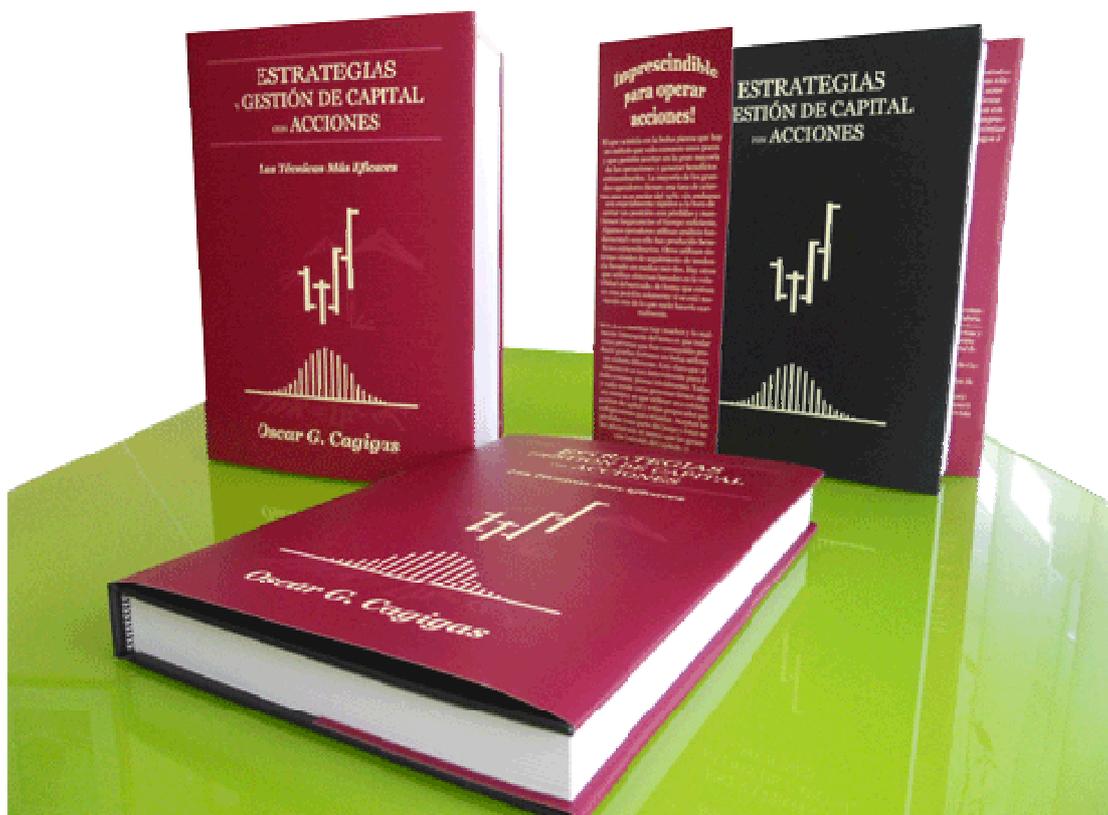
Después de aplicar el escalado tenemos un ratio que es independiente del periodo de tiempo sobre el que se aplica; es decir que nos permite comparar de igual forma dos estrategias aunque una se haya probado sobre 100 días de datos y la otra sobre 20 años.

El ratio de Sharpe no es perfecto y los que lo critican dicen que no tiene en cuenta si la volatilidad es al alza o a la baja. Es decir, que un sistema cuyas ganancias tengan mucha desviación unas de otras resultará en un ratio de Sharpe pobre aunque la estrategia sea mejor que otra más “constante”. Por otra parte tampoco tiene en cuenta el orden en el que ocurren las operaciones.

El ratio de Sharpe tiene sus inconvenientes, como cualquier otra medida de rendimiento, sin embargo es una buena forma de evaluar el compromiso entre rentabilidad y riesgo de un sistema. Es cierto que algunas estrategias (por ejemplo las seguidoras de tendencia) producen un ratio de Sharpe bajo, por eso se recomienda utilizar de la siguiente manera:

Si una estrategia tiene un ratio de Sharpe mayor que 1 es una buena estrategia. Si tiene un ratio de Sharpe mayor que 2, es excelente. Si tiene un ratio de Sharpe menor que 1 entonces no sabemos si es buena o mala, hay que mirar otros parámetros como Máximo Drawdown, Recovery Factor, etc.

Existen otros ratios de evaluación del rendimiento de los sistemas que son muy prácticos (p.e. el ratio K que mide la estabilidad de la curva de capital) o el ratio MEGAN*, diseñado para identificar los sistemas que generen mayor ganancia cuando se operan activamente.



**Parte de la información de este artículo está extraída del libro [“Estrategias y Gestión de Capital con Acciones”](#), de Oscar G. Cagigas.*

4. CÓMO ES UN BUEN SISTEMA?

Pruebas para confirmar la validez de los sistemas

Con los ratios anteriores podemos evaluar la bondad de un sistema de trading. Lo siguiente es lo que yo considero que son las características de un sistema que merece la pena ser operado con dinero real:

- Tiene menos de 4 o 5 parámetros (es sencillo)
- Está evaluado en suficientes datos. Al menos 2 años si es intradiario y al menos 10 años si es diario. Como mínimo buscaremos unas 200 operaciones.
- Genera ganancias año tras año, aunque sean limitadas o Es robusto; variando ligeramente sus parámetros sus resultados varían ligeramente; es decir, no está construido sobre un pico de ganancia.
- Funciona en la mayoría de instrumentos con características similares (otra forma de robustez).
- Ratio de Sharpe ≥ 1 (menor no implica que sea un mal sistema sino que habrá que seguir investigando)
- Recovery Factor ≥ 6
- MSD $< 30\%$
- Profit Factor ≥ 2



En cuanto al porcentaje de aciertos y payoff ratio es una cuestión de preferencias, siempre y cuando entre los dos se consiga una combinación que genere resultados positivos. Más adelante veremos la expectativa y cómo combinar adecuadamente estos datos.

A la hora de diseñar un sistema no es necesario conseguir una rentabilidad anual demasiado elevada sino que se mantenga en el tiempo. Suponga que su sistema genera una rentabilidad del 25% anual. Si consigue mantenerlo así solamente 3 años duplicará su capital, y si opera durante 21 años un sistema así, partiendo de 10.000 euros, al final conseguirá 1 millón de euros. No busque un sistema que le genere un 500% el año próximo, busque uno estable y sencillo, que pueda funcionar en varios mercados diferentes porque si es así probablemente siga funcionando dentro de unos años.

Ahora supongamos que ya tenemos el sistema diseñado. La pregunta es obvia:

-Funciona este sistema? Dará ganancias en mercado real?

Cuando se trata de confirmar que un sistema funciona hay que ser muy cuidadosos para no incurrir en muchos de los errores típicos como “si el backtest es positivo entonces el sistema funciona”. Como hemos visto ya en el apartado “Requisitos de los sistemas” se trata de asumir que nuestro sistema no es rentable (su ganancia media es cero) y que las pruebas confirmen estadísticamente que estamos en un error.

Robustez

Antes de explicar el método científico conviene hablar de la robustez de un sistema. Vamos a definir la robustez como la capacidad de un sistema para funcionar en otros mercados diferentes del que fue diseñado. Cuantos más mercados terminen en ganancias en nuestro sistema, más robusto será éste. En Kaufman “New trading systems and methods” el autor utiliza esta definición de robustez y explica que si un sistema diseñado para el SP500 da pérdidas en el Nasdaq entonces es que no es robusto y por tanto no es fiable. Puede estar sobreoptimizado y adaptado a los datos históricos y por tanto no tendrá poder predictivo. Un buen sistema debe ser robusto y funcionar en mercados equivalentes. Así, un

sistema para Forex (divisas) no tiene porqué funcionar bien con acciones o con índices. Pero un buen sistema aplicado sobre 20 materias primas debería dar ganancias en el mayor número posible de ellas, ya que son instrumentos equivalentes. Si genera beneficios en 17 tendría entonces una robustez del $17/20=85\%$. Los sistemas clásicos y los mejores sistemas suelen tener una robustez entre el 70 y el 100%. En el siguiente documento se explican las pruebas de robustez que se hicieron para diseñar un sistema sobre materias primas:

<http://www.onda4.com/files/XINV.pdf>

El hecho de que un sistema funcione en varios mercados nos ayuda adicionalmente a evitar el error de extraer demasiadas conclusiones de una muestra muy pequeña de datos por probar un sistema solamente en un mercado. Incluso si podemos probar estadísticamente que un sistema es fiable, si no es robusto no lo queremos operar porque podríamos estar ante una sobreoptimización o ante un error de diseño.

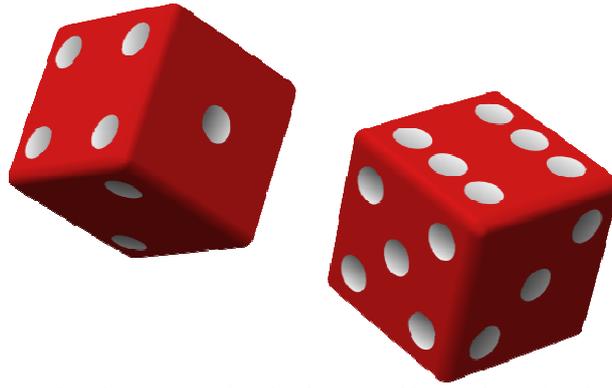
Una vez vista la importancia de tener sistemas robustos vamos a ver qué se necesita para que un sistema sea estadísticamente fiable:

5. LA PRUEBA ESTADÍSTICA

Como se ha explicado ya todo consiste en ser capaces de poder demostrar al menos al 95% de confianza que no es cierto que nuestro sistema tenga una ganancia promedio de cero euros.

Para comparar la media de nuestro sistema con cero utilizamos el estadístico t de student, que se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño de la muestra es pequeño. Esta es la misma prueba que utilizan los laboratorios farmacéuticos para comprobar la efectividad de un medicamento de forma científica.

Desde un punto de vista práctico no hace falta saber toda la teoría detrás de la prueba de student. Todo se reduce a calcular el estadístico t que arroja la ganancia de nuestro sistema y si es mayor que un valor de referencia entonces nuestro sistema será fiable estadísticamente.



El estadístico t se calcula a partir de la media y desviación de las ganancias individuales. Conviene dividir entre el riesgo de cada operación individual para que el resultado sea independiente del tamaño de la posición. Así, si tenemos las siguientes operaciones.

ganancia	riesgo
1000	200
-300	300
1500	500
-200	200
-800	500

Dividimos cada una entre el riesgo que se asumió al abrirla y el resultado será una hilera de ganancias y pérdidas ecualizadas en términos de riesgo. Así en este caso tendríamos.

ganancia	riesgo	Gan/Riesgo
1000	200	5
-300	300	-1
1500	500	3
-200	200	-1
-800	500	-1,6

A la columna Ganancia/Riesgo es a la que aplicamos el cálculo de la media y la desviación estándar:

ganancia	riesgo	Gan/Riesgo
1000	200	5
-300	300	-1
1500	500	3
-200	200	-1
-800	500	-1,6
	Media	0,880
	Desv	2,945

Aquí la ganancia media es de 0.88R (R significa múltiplos del riesgo) y la desviación es de 2.945R. El cociente entre estos dos valores será muy importante ya que nos dirá lo que gana un sistema con respecto al riesgo de operarlo. Este cociente forma parte del estadístico t, de forma que el estadístico t se define así:

$$t = (\text{Media/Desv}) * \text{raíz}(\text{Num operaciones})$$

en este caso sería: $0.88/2.945 * \text{raíz}(5) = 0.668$

ganancia	riesgo	Gan/Riesgo
1000	200	5
-300	300	-1
1500	500	3
-200	200	-1
-800	500	-1,6
	Media	0,880
	Desv	2,945
	cociente	0,299
	estadístico t	0,668

Este valor, $t=0.668$ debe compararse con una tabla de valores significativos de t al grado de confianza que queramos confirmar (normalmente el 95%). Si buscamos el valor de t para 5 datos y 95% de confianza encontramos $t=2.015$. Por consiguiente este sistema no sería estadísticamente fiable al 95% de confianza. Su estadístico t es menor que el $t(5,95\%)$.

En esta prueba con solo 5 operaciones es bastante lógico haber encontrado que el sistema no es diferente de cero o que no es rentable, o mejor dicho, que no podemos negar que su ganancia media sea nula. En general se pide que cualquier muestra de datos contenga al menos 30. Esto es debido a que el error de muestreo es proporcional a $1/\text{raíz}(N)$, siendo N el número de operaciones, y por eso a partir de 30 este error empieza a ser aceptable (con 30 es del 18%). Por otra parte, cuando estimamos la desviación de la población a partir de la desviación de la muestra tenemos que ajustar por $\text{raíz}(N/(N-1))$ y este término tiende a 1 cuantas más muestras tengamos.

El estadístico t de referencia (el de las tablas) es mayor cuantas menos muestras tengamos. Podemos decir que para pocas operaciones “el listón está muy alto” y por eso en este caso tenemos un valor de 2.015 para 5 operaciones y 95% de confianza.

Si en el ejemplo anterior convertimos en ganancias de 1000 euros las dos últimas operaciones, que eran pérdidas, entonces el resultado sería:

ganancia	riesgo	Gan/Riesgo
1000	200	5
-300	300	-1
1500	500	3
1000	200	5
1000	500	2
	Media	2,800
	Desv	2,490
	cociente	1,125
	estadístico t	2,514

Éste sí que sería un sistema estadísticamente fiable ya que:

$$t(\text{sistema}) > t(5,95\%)$$

Siempre vamos a procurar tener al menos 100 operaciones antes de sacar conclusiones sobre un sistema, y en ese caso, con mínimo de 100 operaciones y 95% de confianza el estadístico t de referencia es:

$$t(\text{más de 100 operaciones, 95\%}) = 1.7$$

Distribución t de Student

Grados de libertad	Probabilidades				
	0.75	0.9	0.95	0.975	0.99
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821
2	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365

Figura 2. Tabla de la distribución t de student. Se resalta el estadístico t para 95% de confianza y 5 operaciones o grados de libertad.

Así que si nuestro sistema arroja un t mayor de 1.7 entonces tendremos un sistema estadísticamente fiable al 95% de confianza. Así de sencillo.

Afortunadamente hay paquetes de software que lo calculan todo automáticamente y nos dicen si se superan los test estadísticos. Uno de ellos es MSA o Market System Analyser, que es un software muy bueno para evaluar sistemas. Más adelante veremos todo esto sobre un sistema real.

LA DISTRIBUCION t

Si X tiene ν grados de libertad, entonces $Pr.(X \leq x) = P$.

ν	P=0.90	P=0.95	0.975	0.990	0.995	0.999	0.9995
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.302	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.941
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.894	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.405
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.611	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261	3.496
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.391
200	1.286	1.653	1.972	2.345	2.601	3.131	3.340
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291

6. COMBINANDO SISTEMAS

Una vez se ha diseñado un sistema de trading rentable se tienen las bases para una operativa regular que genere beneficios. Sin embargo no es tan sencillo ya que todos los sistemas pasan por periodos de drawdown que en algunos casos pueden durar incluso años. Diversificar por mercados no es la solución ya que el mismo sistema dará las señales de forma simultánea en los instrumentos a operar, con lo cual la correlación entre elementos será tan alta que dará lo mismo tener mucho riesgo en una posición que poco en muchas posiciones. El drawdown será el mismo. Para evitar esto lo mejor es combinar sistemas de forma que cuando unos vayan mal otros vayan bien y la curva de capital resultante nos evite pasar mucho tiempo en pérdidas.



Lo bueno de combinar sistemas es que si tienen una lógica diferente (si no fuera el caso no hablaríamos de sistemas diferentes) entonces sus señales de entrada y salida vendrán en momentos diferentes de forma que la ganancia total al final será una suma algebraica de beneficios pero

el drawdown no será una suma de drawdowns individuales porque cuando un sistema puede estar en drawdown el otro puede estar en ganancias, produciendo un drawdown conjunto pequeño o nulo. Se entiende mejor si imaginamos dos curvas de capital diferentes y las sumamos. La ganancia total al final de la curva será la suma, pero por el camino ambas curvas se combinan y normalmente generan menos drawdown que de forma individual. En el peor de los casos los drawdown vendrían a la vez, pero esto es poco frecuente. De forma práctica podemos decir que cuando se combinan sistemas la ganancia es la suma y el drawdown es un valor intermedio entre los sistemas.

Para demostrar todas estas afirmaciones veamos un ejemplo. A continuación tenemos las estadísticas del sistema para el Nasdaq100 que está funcionando en el servicio de recomendaciones www.onda4.com para dar señales de entrada y salida. Esta simulación se hace en el periodo 2002-2012 con un futuro grande (100 dólares por punto). Las estadísticas de estos 10 años son:

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
38.184	-37	0,47	1,36	1,36	0,2
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,03	16	2387	90,31	50	0,06

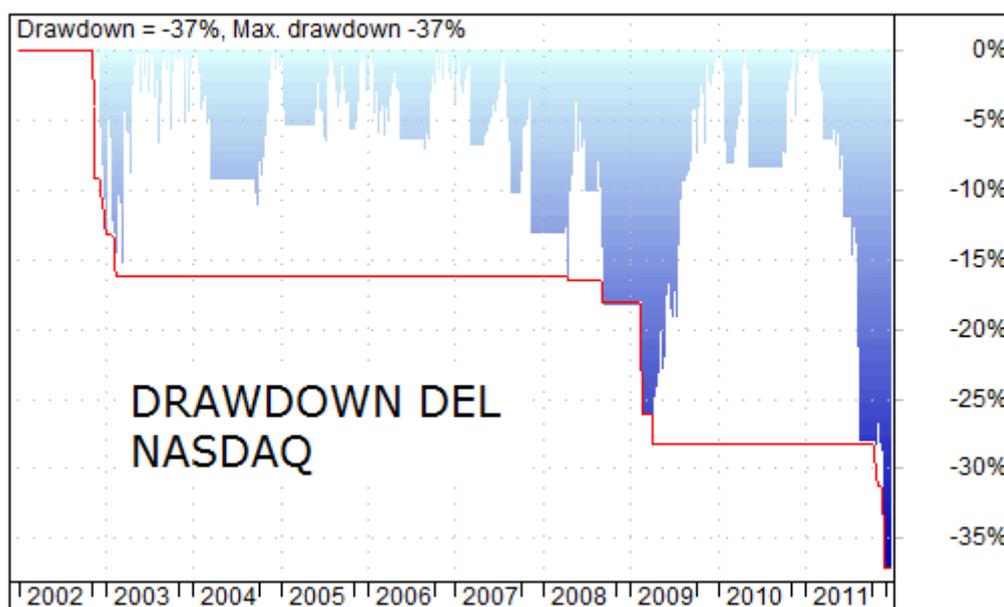


Figura 3. Drawdown individual del sistema sobre el Nasdaq100. El mayor valor ocurre al final del periodo de simulación y es de un 37%.

Como vemos tras 17 operaciones la ganancia es de 38.000 dólares con un drawdown del 37%, que empieza a ser excesivo. Como vimos en el apartado anterior se busca que el drawdown no supere el 30%.

Este sistema opera solo en el lado largo, aprovechando el sesgo alcista del mercado a largo plazo. Vamos a ver qué pasaría si lo combinamos con el sistema del DAX, un sistema que opera tanto el lado largo como el lado corto del mercado.

A continuación se muestra una tabla con las estadísticas del sistema sobre el DAX en el periodo 2002-2012 operando un futuro (25 euros por punto). El resultado es:

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
127.571	-17	2,79	1,68	2,82	0,5
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,05	75	1701	30,49	37	0,02

Este sistema tiene una ganancia mucho mayor, de 127.000 euros y con un drawdown bastante menor, de solo el 17%. Tal y como hemos explicado antes podemos esperar que al juntar los dos sistemas en uno solo tener una ganancia que sea la suma y un drawdown intermedio, entre el 37% del Nasdaq y el 17% del DAX. Debajo mostramos la curva de drawdown del DAX y vemos que a pesar de nuestros intentos de hacer sistemas diferentes el drawdown aparece también en el 2009 y a finales de 2011, que es cuando en ambos sistemas es mayor.

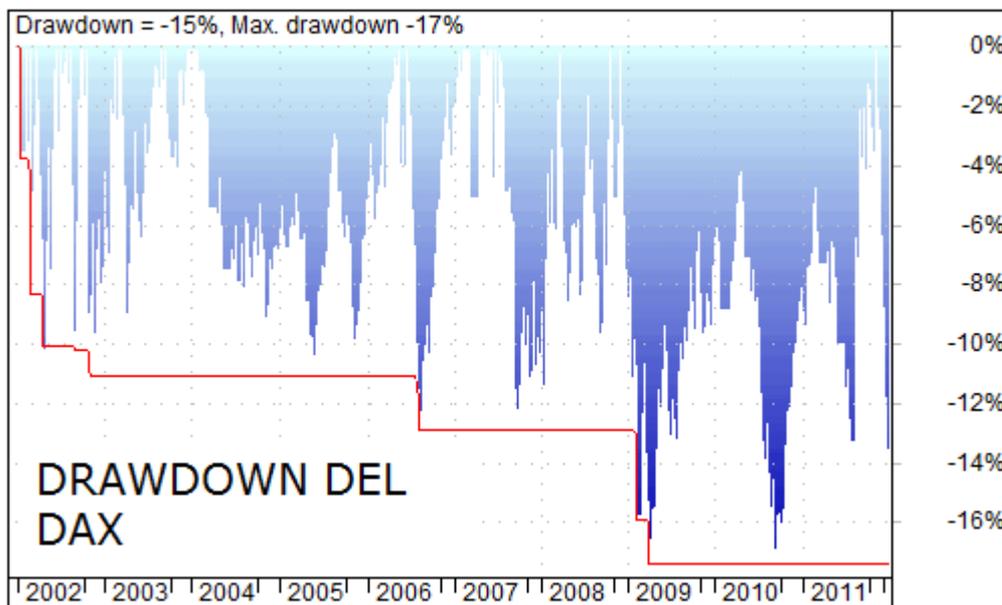


Figura 4. Drawdown individual del sistema sobre el DAX. El mayor valor es del 17%.

Combinando sistemas

Pues bien, ha llegado el momento de combinar los dos sistemas en uno solo. Esto se puede hacer fácilmente en Amibroker con un poco de código. Este software es extremadamente potente y nos permitirá hacer todo tipo de pruebas que se nos ocurran.

Las estadísticas del sistema conjunto (Nasdaq100+DAX) en el periodo 2002-2012 y operando cada uno con su multiplicador son:

(NOTA: Por simplicidad estamos obviando el hecho de que el Nasdaq se opera en dólares y el DAX en euros)

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
165.755	-28	1,60	1,57	2,39	0,4
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,06	91	1821	41,74	40	0,06

Como vemos la ganancia es la suma algebraica de las ganancias individuales de los dos sistemas. Y el drawdown es un valor intermedio. Mejor que el del Nasdaq solo y peor que el del DAX solo. Es un 28% que entra dentro de lo aceptable. Es decir, al combinar los dos sistemas ahora tenemos un sistema que gana lo mismo que los dos juntos pero con un drawdown intermedio. Es una combinación beneficiosa!

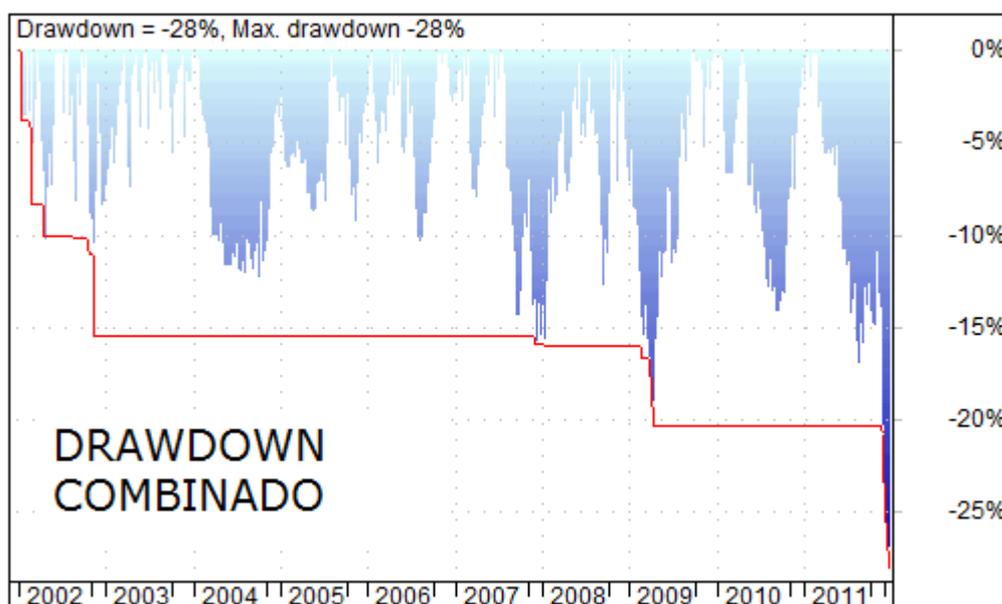


Figura 5. Conjunto de los sistemas sobre el Nasdaq100 y el DAX. Su valor es intermedio entre los dos valores que lo componen.

Fíjese que el resto de métricas también toma un valor intermedio, como sería el caso del Recovery Factor, Profit Factor, y por supuesto el porcentaje de aciertos, que al combinarse nos da un valor medio del 40%, siendo el del Nasdaq del 50 y el del DAX del 37%.

Algo muy interesante es lo que sucede con el ratio K. El ratio nos dice lo buena que es la curva de capital. Lo suave que es. Se calcula dividiendo la pendiente de subida de la curva entre su desviación estadística. Es un ratio aceptado en la industria del trading como buen indicador de la “operabilidad” de un sistema.

Pues bien, el sistema combinado tiene un ratio K de 0.06 que es mayor que cualquiera de los ratios K de los sistemas individuales.

-Qué quiere decir esto?

Que el sistema conjunto tiene una curva de capital mejor que los sistemas individuales. Tiene una curva mejor que el mejor de los sistemas, que es el sistema del DAX, que gana más y con menos drawdown.

En conclusión, vemos que interesa combinar sistemas. Esta afirmación es tan categórica que hasta se pueden encontrar ejemplos en los que al añadir un sistema perdedor a una cartera de sistemas la ganancia total y el drawdown total mejoran. Este sistema perdedor solo tiene que operar “ayudando” a los otros sistemas en los periodos en los que vayan peor.

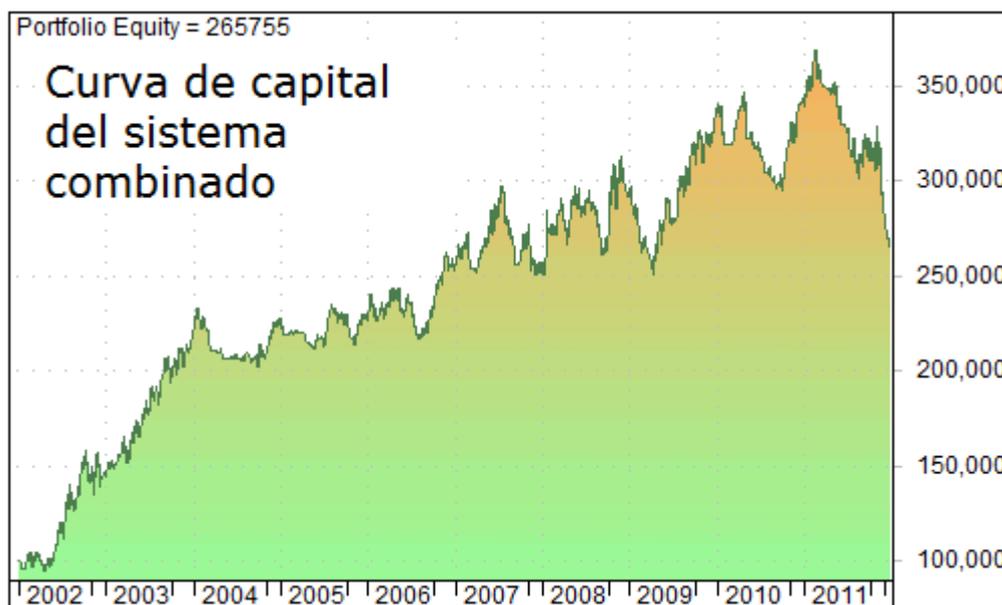


Figura 6. Curva de capital combinada de los sistemas para el Nasdaq100 y DAX.

7. GESTIÓN DE CAPITAL

Hasta ahora hemos visto que conviene tener un sistema de trading para generar señales de entrada y salida y tener así una operativa regular con las ventajas que tiene el uso de sistemas automáticos. Hemos visto cómo podemos saber si tenemos un sistema rentable y también que interesa combinar sistemas para poder reducir el drawdown mientras que se acumulan los beneficios de los sistemas individuales.

Pero nada de esto tiene sentido sin un control estricto del riesgo. Esto es lo que hace la gestión de capital o Money Management. Se ocupa de decir cuánto hay que arriesgar en la próxima operación. Es una pieza tan importante de una buena operativa que incluso uno puede arruinarse con un buen sistema (estadísticamente fiable) si se excede con el riesgo. Podríamos definir Gestión de Capital como el cálculo de cuánto es lo idóneo a arriesgar en la próxima operación.

Evidentemente al operar un sistema es primordial calcular y aplicar la cantidad óptima que debemos arriesgar en cada operación para maximizar el beneficio neto total.



Si pudiéramos saber a priori el resultado de la siguiente operación entonces la cantidad óptima sería cero si la siguiente operación es una pérdida y sería el 100% de nuestro capital si la operación siguiente es una ganancia. Desafortunadamente nuestro intermediario no nos permite operar en el centro del gráfico sino a la derecha del todo, donde la siguiente barra está por venir y no hay forma de saber si será alcista o bajista.

Supongamos que disponemos de un sistema que nos permite acertar la mitad de las veces. Cuando acertamos, en promedio somos capaces de ganar un 20% y cuando fallamos, en promedio somos capaces de cortar las pérdidas al 3%. Cuál es nuestra rentabilidad promedio?

$$\text{Rentabilidad} = 0.5 * 20 - 0.5 * 3 = 8.5\%$$

Bajo las condiciones de este problema tendremos una rentabilidad positiva del 8.5%. El cálculo es simplemente multiplicar cada ocurrencia por su probabilidad. El resultado final es la ganancia media en tanto por ciento, o expectativa del sistema.

Expectativa

La expectativa matemática es la cantidad que se espera ganar o perder en promedio en cada operación. Un operador no debería operar en el mercado a no ser que sepa con certeza que el sistema que va a utilizar tiene expectativas positivas.

Lo bueno de la expectativa es que junta en un solo estadístico el porcentaje de aciertos con la tasa ganancia/pérdida proporcionando así un dato que nos dice si nuestro sistema genera dinero o no, en promedio. Así de simple y efectivo. La expectativa se calcula multiplicando la cantidad ganada o perdida por su probabilidad asociada.

Supongamos un sistema que tiene las siguientes estadísticas:

- Porcentaje de aciertos: 90%
- Ganancia promedio: 275 euros
- Perdida promedio: 2700 euros

Muchos especuladores querrían tener un sistema como este,

con un 90% de aciertos. Veamos cuales son las expectativas o resultado medio de este sistema:

$$0.90*275-0.10*2700=-22.5$$

Las expectativas son negativas. Este es un sistema con el que se acierta el 90% del tiempo y aun así se pierde dinero operando con él. En promedio se perderán 22.5 euros por operación.

Para calcular la expectativa de un sistema a partir de su porcentaje de aciertos y del ratio ganancia/pérdida se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Expectativa} = (1+B)*P-1$$

Donde B es el ratio ganancia/pérdida promedio (o Payoff Ratio) y P es el porcentaje de aciertos.

Veamos un ejemplo sencillo:

Un sistema de trading tiene un porcentaje de aciertos del 40% y un ratio ganancia/pérdida de 1.4. Es rentable?

$$\text{Expectativa} = (1+1.4)*0.4-1=-0.04$$

Pues no, tiene una expectativa de 4 céntimos de euros en pérdidas por cada euro arriesgado. No hay ningún método de gestión de capital que consiga que este sistema gane dinero. Si no se pueden cumplir estos dos requisitos es mejor no operar.

La expectativa nos dice lo que se espera ganar por cada euro arriesgado. Un buen sistema tiene más de 50 céntimos de expectativa. Es decir que esperamos ganar medio euro por cada euro que arriesgamos. Un sistema con un porcentaje de aciertos del 40% y un ratio ganancia/pérdida de 3 es el típico caso de un sistema seguidor de tendencias, que acierta poco pero consigue una buena ganancia. Este sistema tiene una expectativa de 60 céntimos por cada euro arriesgado.

Hay una variable más involucrada en la evaluación de una metodología de trading que es tan importante como la expectativa. Es la oportunidad. Con cuanta frecuencia podemos conseguir las operaciones?

Si un sistema tiene una expectativa de 60 céntimos por cada euro arriesgado pero solo genera 2 operaciones al año entonces no es una buena opción. Seguramente nos interese más un sistema ligeramente inferior (expectativa menor) pero que genere muchas más operaciones. Al final de un año la ganancia en euros del segundo sistema será mayor. Aquel cuyo producto de expectativa por oportunidad (número de operaciones) sea mayor será el que más dinero genere.

El lector puede notar que la expectativa es una “condición necesaria pero no suficiente”. Lo primero que debemos comprobar es que tenemos una expectativa positiva pero eso no nos garantiza ganar dinero. No nos garantiza la rentabilidad.

La gestión de capital comienza con un sistema con expectativa positiva, pero como se acaba de explicar eso es solo uno de los muchos requisitos necesarios para la rentabilidad. El propósito de este artículo no es entrar al detalle sobre la gestión de capital, que es un tema complejo con abundante contenido matemático. Para una información más detallada se remite al libro Cagigas “[Trading con Gestión de Capital](#)” que contiene mucha información que no es posible incluir aquí.

8. EL SISTEMA GUSTAFSON

A continuación se va a diseñar y optimizar un sistema de trading con el objeto de mostrar las técnicas que hemos visto hasta ahora y poder comprobar así su validez estadística.



El sistema que vamos a implementar está basado en el sistema Gustafson que viene explicado en el libro Kaufman “New Trading Systems and Methods”. Gustafson afirma que el SP500 es un índice tan eficiente que normalmente no hace tendencias largas, así que tras varios días de subidas o de caídas el giro es muy probable. Así, se definen las siguientes reglas para crear un sistema de trading:

- Si el SP500 cae durante 4 días seguidos compramos
- Si el SP500 sube durante 4 días seguidos vendemos
- Una vez comprados nos salimos a los 8 días en cualquier caso

Estas son unas reglas bien simples que se basan en la poca direccionalidad que tiene el índice SP500 a la hora de hacer tendencias. Solo se opera en el lado largo (no hay posiciones cortas) y así se aprovecha el sesgo alcista que tienen los índices a largo plazo.

Cuando implementamos estas 3 sencillas reglas en un software de simulación (Amibroker) el resultado es el siguiente. La simulación se hace desde el año 2000 hasta el 2008, con un futuro grande del SP500 (250 dólares por punto).

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
89.593	-29	2,23	1,81	1,06	1,3
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,07	38	2358	8,5	63	0,50

Donde Net es la ganancia neta de 89.000 dólares. MSD es el máximo drawdown en porcentaje, que es del 29%, un valor aceptable. RF es el Recovery Factor. PF es el Profit Factor, que toma un valor bastante bueno de 1.81.

Aquí podemos ver lo que comentábamos con anterioridad respecto al ratio de Sharpe. Este sistema tiene un Sharpe=1.3 así que estamos ante un buen sistema, independientemente de lo que digan los otros ratios. No obstante los demás ratios son bastante buenos. Por ejemplo, una ganancia promedio de 2.358 dólares por operación es algo muy beneficioso que compensa de sobra las comisiones y el deslizamiento (slippage) al introducir las órdenes en el mercado.



Figura 7. El sistema Gustafson en funcionamiento.

El porcentaje de aciertos del 63% es una característica muy deseable porque todos los sistemas que aciertan más de lo que fallan son psicológicamente más fáciles de operar y además nos permiten detener el sistema o ausentarnos de los mercados con la certeza de que cuando volvamos cada nueva operación seguirá teniendo una probabilidad mayor de salir bien que de salir mal. Los sistemas que aciertan poco pueden generar la operación ganadora que compensa las anteriores durante nuestras vacaciones, y por consiguiente arruinar la operativa de todo un año por esta circunstancia.

El ratio MEGAN de 0.5 es un buen valor. En realidad es la tasa de crecimiento del capital con este sistema. De forma que la exponencial de 0.5: $\exp(0,5)=1.65$ es lo mismo que decir que operado activamente este sistema debería generar un 65% de ganancia anualizada. El detalle de este cálculo queda fuera del propósito de este artículo y para más información remitimos al lector al artículo original sobre el ratio de MEGAN, en inglés:

http://www.traders.com/Documentation/FEEDbk_docs/2009/01/cagigas.html

En esta simulación la única nota negativa es que tenemos un número pequeño de operaciones, 38. Con este número tan pequeño, aunque cumple el mínimo de 30 no es posible extraer conclusiones concluyentes

sobre un sistema de trading. Más adelante probaremos diferentes parámetros y conseguiremos un número más adecuado de operaciones.

El sistema Gustafson tiene muchas características deseables pero quizás la mejor sea su simplicidad. Con solo 3 sencillas reglas hemos creado un sistema de trading bueno, con ratio de Sharpe superior a 1.

Optimización del sistema Gustafson

Es posible que desde que Gustafson diseñó este sistema el número de días de caída y de subida (los parámetros) hayan variado. A continuación vamos a optimizar estos parámetros para intentar mejorar en la medida de lo posible las buenas estadísticas que tenemos ya.

Una optimización exhaustiva, mirando todas las combinaciones de parámetros nos arroja los siguientes valores como óptimos:

- Número de días de caída: 3
- Número de días de subida: 2
- Número de días en las operaciones: 3

Cuando operamos con estos parámetros el resultado es:

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
114.213	-26	2,81	1,61	1,14	1,6
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,04	113	1011	3,67	58	0,46

Que como vemos es mucho mejor que el anterior. El ratio de Sharpe ahora es de 1.6, la ganancia es mucho mejor (114.000 dólares). Quizás a costa de ser un poco más rápido (lo que se ha traducido en una pequeña disminución en el Profit factor) pero al operar más nos genera 113 operaciones que es un número del cuál sí que podemos extraer conclusiones estadísticamente fiables.

A esta muestra de 113 operaciones le podemos hacer la prueba estadística y ver si el sistema tiene una ganancia promedio mayor que cero. Pero antes hay que darse cuenta de que el sistema, si fuera implementado en real no tendría límite en cuanto a lo que se pudiera perder en una operación. No hay stop loss. Si una compra va mal

entonces si los siguientes 8 días fueran un desplome del mercado el sistema podría quebrar una cuenta por no tener límite en las pérdidas.

Vamos a añadir un stop loss.

Control del riesgo

El stop loss va a ser una distancia desde el punto de compra que sea un múltiplo del rango de variación diaria (ATR o Average True Range). Cuando probamos diferentes múltiplos del ATR encontramos que el mejor está a una distancia de 4 ATRs, de forma que no influye mucho (está lejos) y a la vez limita la máxima pérdida posible a 4 ATRs. Al hacer esto las estadísticas varían ligeramente pero ahora tenemos la confianza de que podemos operar este sistema con dinero real porque la máxima pérdida de una operación estará bajo control. Las nuevas estadísticas son:

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
115.707	-26	2,84	1,62	1,15	1,7
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,04	113	1024	3,66	58	0,47

Que como vemos no son muy diferentes de las anteriores. Probablemente la diferencia se deba a una o dos operaciones que tuvieron una pérdida mayor de 4 ATRs y que ahora están bajo control.

Prueba estadística del sistema Gustafson

Ahora vamos a hacerle dos pruebas. La primera va a ser comprobar la validez estadística de este sistema. La segunda (si pasamos la primera) será probarlo en datos que el sistema no ha visto nunca. Esto es lo que se llama la prueba fuera de muestra (Out of Sample) y que es imprescindible porque es equivalente a poner a funcionar un sistema con dinero real, ante unas operaciones futuras que no se sabe cómo van a ser.

Si ahora exportamos las operaciones y las pasamos a un software de gestión de capital como MSA (Market System Analyser) obtenemos las mismas estadísticas que acabamos de presentar (confirmando que la exportación se hizo correctamente) además de visualizar su curva de capital. Este programa nos va a permitir probar estadísticamente el sistema.

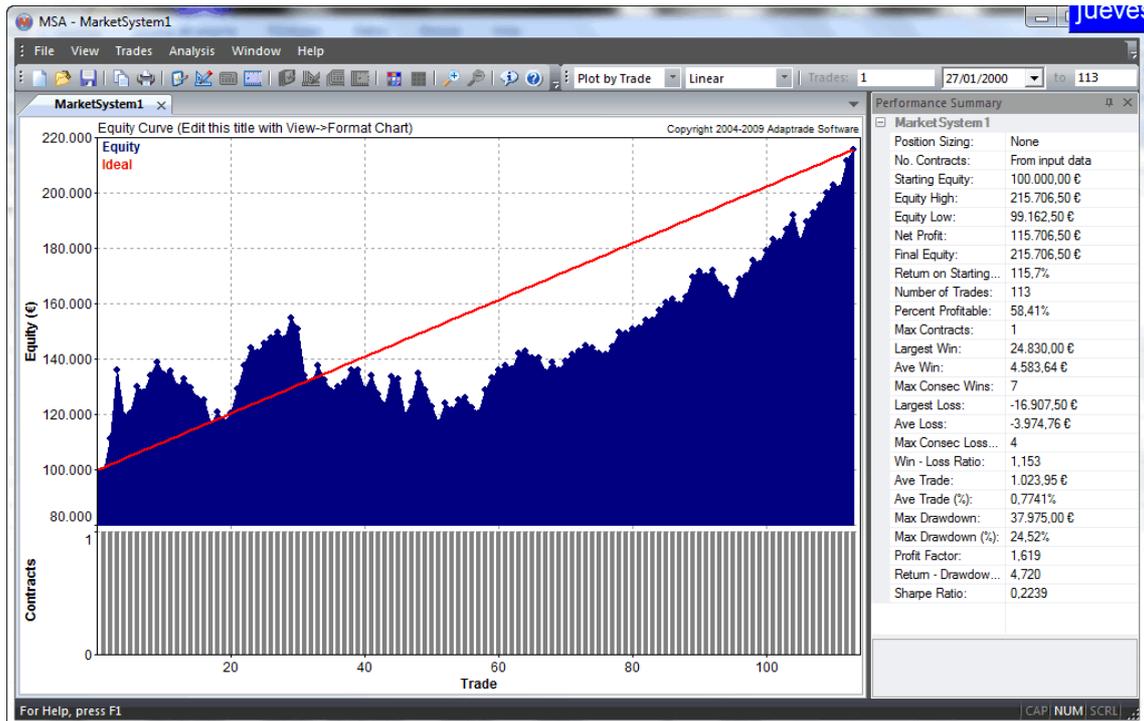


Figura 8. Curva de capital y estadísticas del sistema Gustafson de 1 de enero de 2000 a 1 de enero de 2008.

El riesgo de cada operación es exactamente de 4 rangos o ATRs. El software nos calcula la ganancia promedio en múltiplos del riesgo y la desviación. Los valores que arroja son:

Average R-Multiple (Expectancy)	0,0623
R-Multiple Standard Deviation	0,3110

Con estos datos podemos calcular el estadístico t, que es:

$$t = (0.0623 / 0.311) * \text{raíz}(113) = 2.13$$

Como es mayor que 1.7 podemos concluir que:

El sistema Gustafson es estadísticamente rentable a un 95% de confianza.

El mismo software nos hace la prueba estadística y la presenta así:

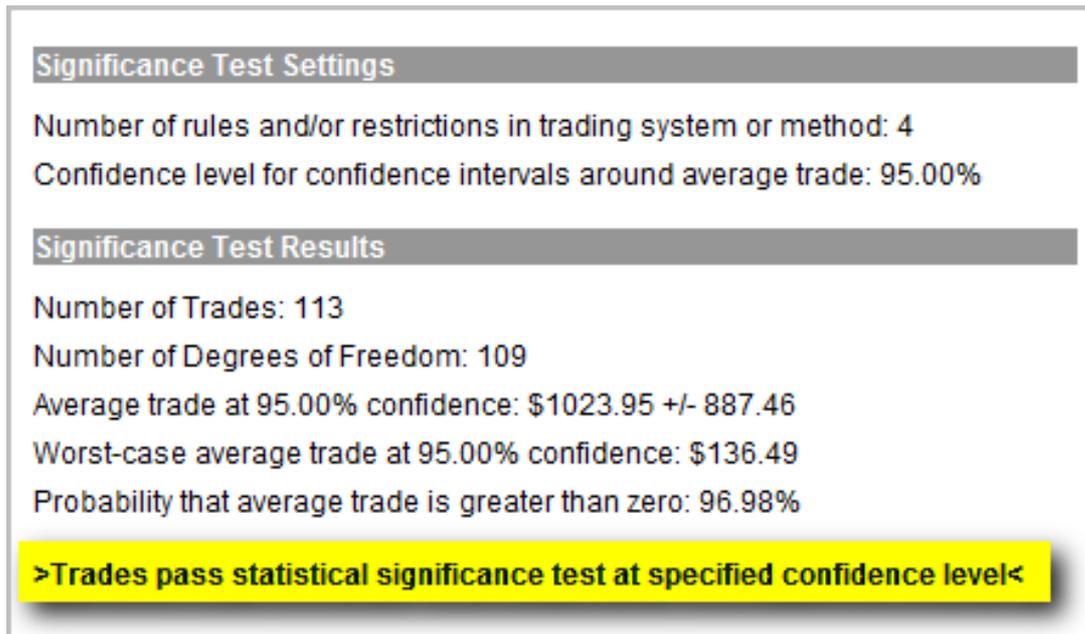


Figura 9. El sistema Gustafson es estadísticamente fiable.

Donde vemos que la ganancia promedio de 1.023 dólares tiene una desviación de 887, así que en el peor de los casos tendremos una ganancia de 136 dólares. La probabilidad de que la ganancia promedio sea mayor que cero es del 96.98% así que supera el 95% de confianza que habíamos escogido como umbral de fiabilidad estadística.

Pues bien, ya tenemos un sistema que de forma científica demuestra que no es cierta la hipótesis nula de que su ganancia promedio sea cero. Esta es la forma correcta de hacer las cosas. Ahora bien, todo esto sale de una muestra limitada de operaciones, una secuencia fija que siempre se va a comportar de la misma manera. Si las operaciones tuvieran la misma distribución de ganancias y pérdidas, pero vinieran en otro orden entonces tendríamos diferentes curvas de capital. La simulación de Montecarlo nos ayudará a ver qué sucede cuando se juntan muchas pérdidas juntas, así podremos saber la probabilidad de que una de las curvas se vaya a cero.

Simulación de Montecarlo

Cada una de estas curvas representa una posible evolución del capital cuando operamos nuestro sistema. Hay que tener en cuenta que nunca podremos anticipar las operaciones futuras, así que conviene utilizar una aproximación estadística al trading.

Si hacemos un análisis de Montecarlo al sistema Gustafson obtenemos los siguientes resultados:

Monte Carlo Results at 95,00% Confidence	
Total Net Profit: 115.706,50 €	Max Number of Contracts: 1
Final Account Equity: 215.706,50 €	Minimum Number of Contracts: 1
Return on Starting Equity: 115,7%	Average Number of Contracts: 1
Profit Factor: 1,619	
Largest Winning Trade: 24.830,00 €	Largest Losing Trade: -16.907,50 €
Largest Winning Trade (%): 12,36%	Largest Losing Trade (%): -18,18%
Average Winning Trade: 4.583,64 €	Average Losing Trade: -3.974,76 €
Average Winning Trade (%): 2,728%	Average Losing Trade (%): -3,471%
Average Trade: 1.023,95 €	Win/Loss Ratio: 1,153
Average Trade (%): 0,7345%	Win/Loss Ratio (%/%): 1,110
Trade Standard Deviation: 5.681,71 €	Max Consecutive Wins: 5
Trade Standard Deviation (%): 5,062%	Max Consecutive Losses: 7
Worst Case Drawdown: -53.522,50 €	Return/Drawdown Ratio: 3,010
Worst Case Drawdown (%): 38,43%	Modified Sharpe Ratio: 0,1603
Average Drawdown: -12.335,32 €	
Average Drawdown (%): 8,591%	
Optional Analyses	
Probability that account equity will be 50,00% lower after 30 trades: 0,000%	
Probability that account equity will be 50,00% higher after 30 trades: 24,80%	

Figura 10. Resultados de la simulación de Montecarlo

El software calcula 500 curvas de capital y de estas curvas el peor drawdown alcanzado es del 38%. Un valor muy bueno. El valor medio del drawdown de todas las curvas es del 8.59%, un valor excelente.

Como vemos podemos esperar unas 7 pérdidas seguidas. Y después de 30 operaciones la probabilidad de que perdamos la mitad del capital (50%) es nula. Sin embargo hay un 24.8% de probabilidades de que tengamos una ganancia del 50%.

El análisis de Montecarlo nos dice qué es lo que podemos esperar del sistema en el futuro, cuando lo operemos en real.



Simulación fuera de muestra

Ahora vamos a probar el sistema en datos que no ha visto nunca. Para ello habíamos reservado los últimos 4 años, del 2008 al 2012. Siempre se debería escoger como datos fuera de muestra el periodo más reciente porque un sistema que se deteriore en los últimos años podría estar indicando que ya no funciona, que estaba basado en una ineficiencia del mercado que ya se ha corregido. Pues bien, cuando probamos el sistema Gustafson (3,2,3) en el periodo 2008-2012 el resultado es:

Net	MSD%	RF	PF	Payoff	Sharpe
95.468	-20	3,06	1,85	1,01	2,1
K	Trades	AvgPL	AvgBar	%W	MEG
0,09	54	1768	3,7	65	0,84

Que es un resultado impresionante para ser fuera de muestra. Con una ganancia de 95.000 dólares y un máximo drawdown del 20% estamos ante un sistema excelente, como demuestra su ratio de Sharpe de 2.1.

Y llegamos al final de esta serie de artículos. Ahora que tenemos un sistema que funciona y que hemos demostrado que efectivamente es así. Vamos a aplicarle Gestión de Capital para optimizar sus ganancias.

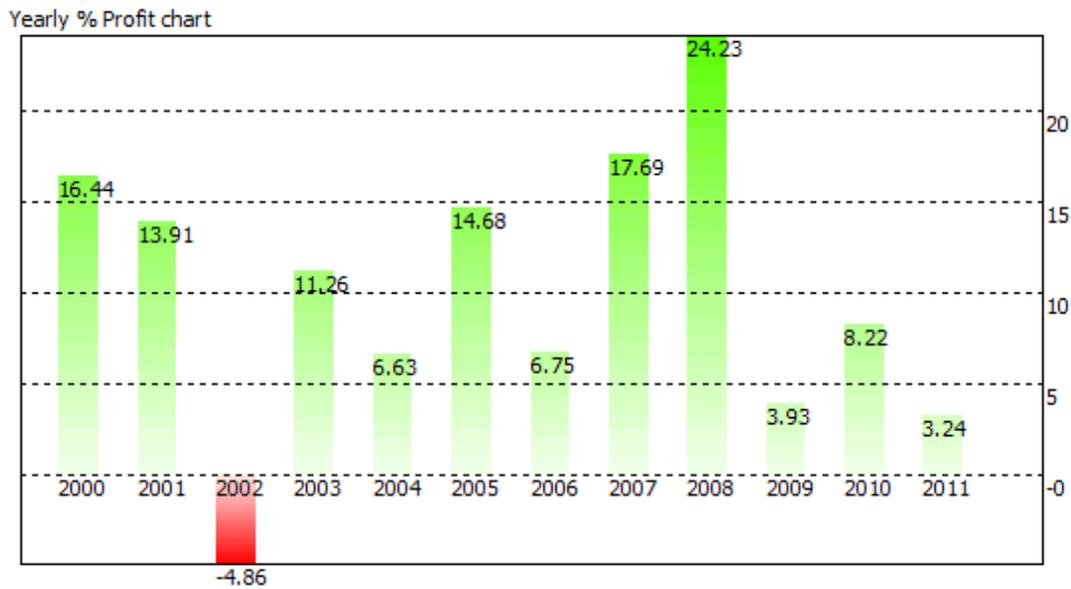


Figura 11. Ganancia por años del sistema Gustafson (3,2,3). Con la excepción del 2002 todos los años reporta ganancias.

9. GESTIÓN DE CAPITAL- SISTEMA GUSTAFSON

El modelo de gestión de capital que utilizaremos va a ser tan sencillo como arriesgar un porcentaje fijo del capital en cada operación. Puesto que el riesgo actual de cada operación es de 4 ATRs calcularemos el número de futuros a operar de la siguiente manera:

$$N = \text{capital} * \text{riesgo} / (4 * \text{ATR})$$

De esta forma, al dividir el riesgo monetario entre el riesgo en puntos el resultado será el número de contratos a operar para que si la operación sale mal se pierda el porcentaje planificado de capital. Esta es una estrategia bien simple pero a la vez muy potente que permite un crecimiento geométrico del capital, ya que cuando tengamos ganancias acumuladas nos hará incrementar el tamaño de la posición.

Para saber cuál es el riesgo óptimo podemos pedirle al software que pruebe diferentes valores. Esto lo vemos en la figura 12. Hay un riesgo a partir del cual no se gana más por arriesgar más sino todo lo contrario. A partir del 50% de riesgo la ganancia cae hasta la total destrucción de la cuenta.

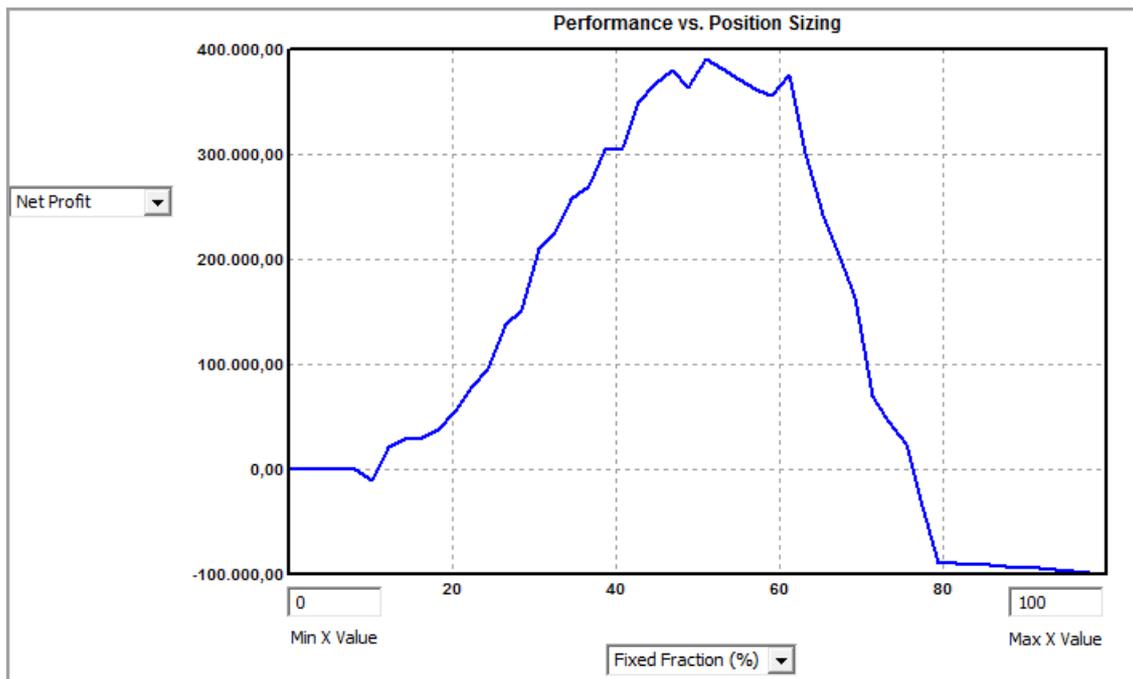


Figura 12. Ganancia como una función del riesgo en el sistema Gustafson. El riesgo óptimo está en los entornos del 50%.

Es conveniente explicar aquí que no estamos considerando el drawdown. Evidentemente un riesgo tan excesivo como el 50% produce un drawdown del 72%. No hay diferencia entre que un sistema no funcione o que arroje un drawdown del 72% porque cuando uno está en una situación así no sabe si va a salir de ella.

El lector debe notar que la curva de beneficio/riesgo de la figura 12 se parece a la curva de campana de la teoría de f óptima (ver Vince “Portfolio Management Formulas”) pero se acelera a partir del riesgo óptimo. Esto es debido a que la aproximación de riesgo óptimo de Vince es determinista mientras que los resultados de un sistema de trading son aleatorios (dentro de unos parámetros estadísticos). Es decir, si calculamos suficientes curvas de capital entonces la que mayor ganancia dará será siempre aquella que está justo antes del colapso, porque será aquella en que se juntaron más ganancias y con el máximo riesgo. Es como inflar un globo. El globo más grande siempre es el que hay justo antes de explotar.

Vamos a calcular ahora un riesgo óptimo en el sentido de que nos permita extraer el máximo beneficio de este sistema pero con un drawdown aceptable del 30% o menor. Cuando simulamos en MSA con esas características obtenemos un valor de riesgo de:

22%

Si operamos el sistema Gustafson (3,2,3) durante el periodo de muestra 2000-2008, al 22% de riesgo por operación obtenemos los siguientes resultados:

Gustafson	Largest Win: 38.377,50 €
Position Sizing: Fixed Risk	Ave Win: 9.809,05 €
Fixed Fraction (%): 22,54 (Optimal)	Max Consec Wins: 7
No skipped trades	Largest Loss: -76.788,00 €
Starting Equity: 100.000,00 €	Ave Loss: -7.216,13 €
Equity High: 408.239,50 €	Max Consec Losses: 4
Equity Low: 99.162,50 €	Win - Loss Ratio: 1,359
Net Profit: 308.239,50 €	Ave Trade: 2.727,78 €
Final Equity: 408.239,50 €	Ave Trade (%): 1,433%
Return on Starting Equity: 308,2%	Max Drawdown: 76.788,00 €
Number of Trades: 113	Max Drawdown (%): 27,04%
Percent Profitable: 58,41%	Profit Factor: 1,909
Max Contracts: 8	Return - Drawdown Ratio: 11,40
	Sharpe Ratio: 0,3123

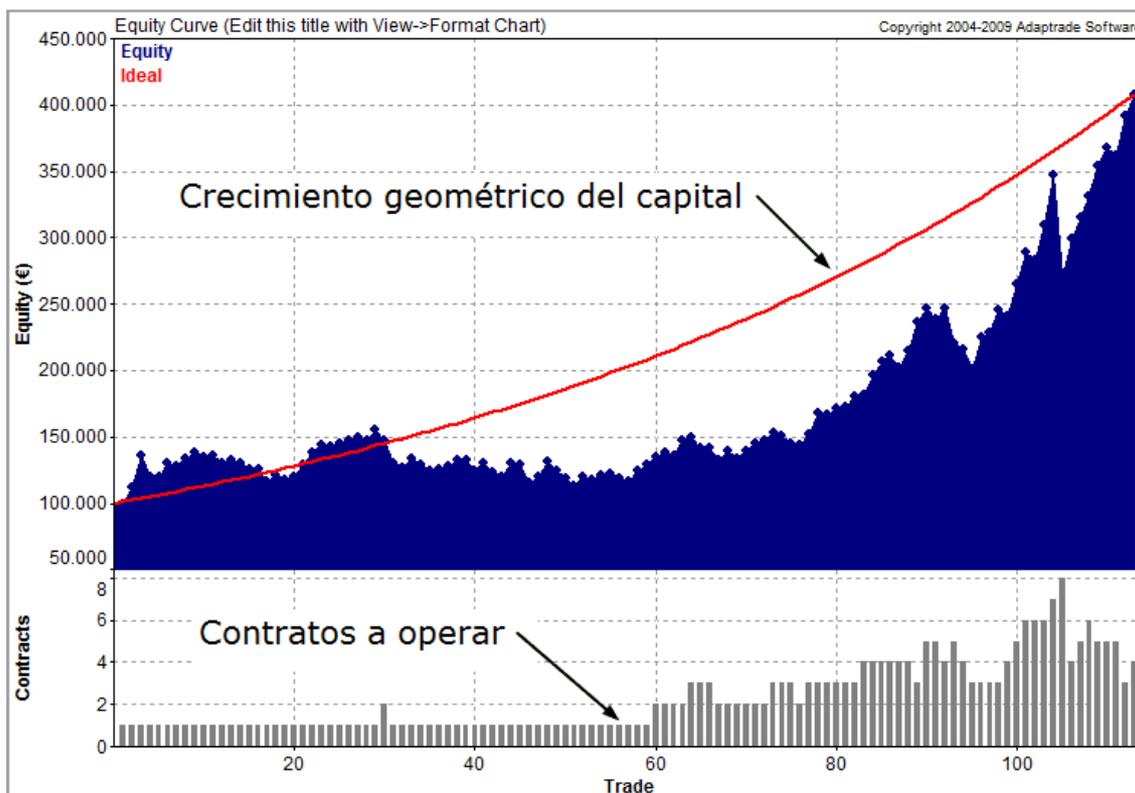


Figura 13. La gestión de capital nos dice cuántos contratos hay que operar para maximizar el beneficio. Se opera un máximo de 8 contratos y se obtiene una ganancia final de 300.000 dólares con un drawdown de solo el 27%.

Una ganancia de más de 300.000 dólares con un drawdown del 27%.
Este es un resultado excelente que viene determinado por una gestión de capital adecuada.

La gestión de capital es lo que determina el resultado final de nuestras operaciones.



10. BIBIOGRAFÍA

- Aronson, David** - *"Evidence Based Technical Analysis"*
Cagigas, Oscar G. - *"Trading con Gestión de Capital"*
Cagigas, Oscar G. - *"Trading con Sistemas Automáticos"*
Cagigas, Oscar G. - *"Estrategias y Gestión de Capital con Acciones"*
Kaufman, Perry J. - *"New Trading Systems and Methods"*
Kestner, Lars - *"Quantitative Trading Strategies"*
Vince, Ralph - *"Portfolio Management Formulas"*

