



# Finanzas en R

## Opciones

Sebastián Egaña Santibáñez 

Nicolás Leiva Díaz 

---

### Enlaces del profesor

 <https://sevana.netlify.app>

 <https://github.com/sebaegana>

 <https://www.linkedin.com/in/sebastian-egana-santibanez/>

---

### Opciones

#### Definición

Las opciones según la CMF:

“Los contratos de opciones sobre activos, son instrumentos financieros estandarizados, que mediante el pago de una prima de la opción, otorgan a su poseedor (comprador o tomador) el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender a un precio previamente establecido y durante un plazo prefijado, una cantidad determinada del activo individualizado en el contrato.

Por otro lado, los vendedores de los contratos de Opciones (o “lanzadores”) tienen la obligación de vender o comprar el activo objeto en los mismos términos anteriormente señalados, en el caso que el comprador (o “tomador”) de las opciones manifieste su deseo de ejecutar la opción.”

En base a los anterior, existe dos tipos de opciones:

1. Opciones de Compra (Call Options): Una opción de compra le da al comprador el derecho de comprar un activo a un precio fijo, conocido como precio de ejercicio (strike price). Si el precio del activo subyacente aumenta por encima del precio de ejercicio, el comprador puede ejercer la opción para obtener una ganancia, comprando el activo al precio de ejercicio más bajo y vendiéndolo al precio de mercado actual. Si el precio del activo está por debajo del precio de ejercicio en la fecha de vencimiento, la opción expira sin valor y el comprador solo pierde la prima pagada por la opción.
2. Opciones de Venta (Put Options): Una opción de venta da al comprador el derecho de vender un activo a un precio fijo (precio de ejercicio). Esta opción se utiliza generalmente para protegerse contra la caída del precio del activo subyacente. Si el precio del activo cae por debajo del precio de ejercicio, el comprador puede ejercer la opción vendiendo el activo al precio de ejercicio, que será mayor que el precio de mercado actual. Si el precio del activo es mayor que el precio de ejercicio en la fecha de vencimiento, la opción expira sin valor.

Algunas definiciones:

- Prima: El costo de comprar la opción, que el comprador paga al vendedor.
- Fecha de Vencimiento: La última fecha en la que la opción puede ser ejercida.
- Precio de Ejercicio: El precio al cual el comprador de la opción puede comprar o vender el activo subyacente.
- Americana veruss europea: Las opciones americanas pueden ser ejercidas en cualquier momento del tiempo, mientras que las europeas solo al momento de expirar.

Veamos las aplicaciones gráficas:

1. Contrato de opción de compra: derecho a comprar a un precio determinado

```
# Set parameters
strike_price <- 50
stock_prices <- seq(from = 30, to = 70, by = 1)

# Calculate the payoff
payoff <- pmax(stock_prices - strike_price, 0)

# Create a dataframe
```

```

option_data <- data.frame(StockPrice = stock_prices, Payoff = payoff)

# Plotting the call option payoff
option_plot <- ggplot(option_data, aes(x = StockPrice, y = Payoff)) +
  geom_line(color = "blue", size = 1) +
  labs(title = "Call Option Payoff", x = "Stock Price at Expiration", y = "Payoff") +
  theme_minimal()

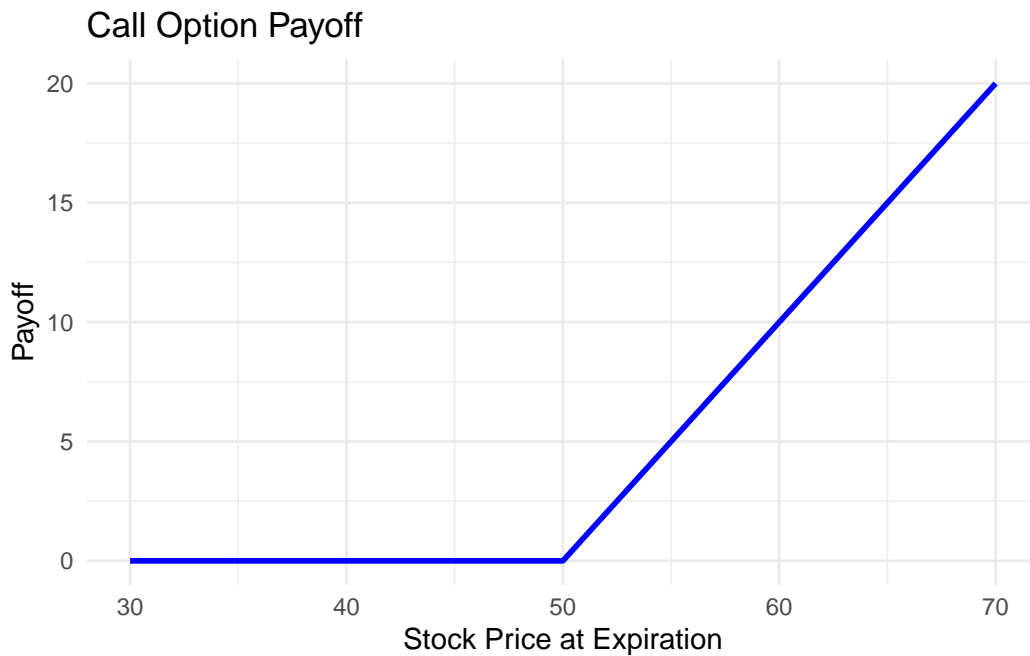
```

Warning: Using `size` aesthetic for lines was deprecated in ggplot2 3.4.0.  
 i Please use `linewidth` instead.

```

# Display the plot
print(option_plot)

```



2. Contrato de opción de venta: derecho a vender a un precio determinado

```

# Parameters
strike_price <- 50
stock_prices <- seq(from = 30, to = 70, by = 1)

# Calculate the payoff for a put option

```

```

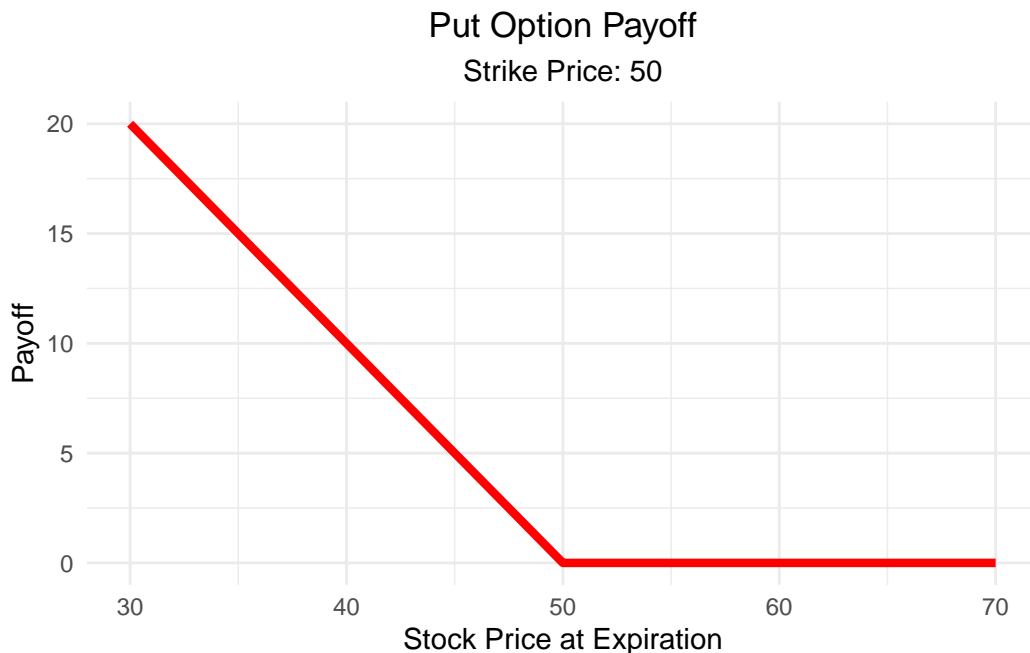
payoff <- pmax(strike_price - stock_prices, 0)

# Create a dataframe
option_data <- data.frame(StockPrice = stock_prices, Payoff = payoff)

# Plotting the put option payoff
option_plot <- ggplot(option_data, aes(x = StockPrice, y = Payoff)) +
  geom_line(color = "red", size = 1.5) + # Red line for visibility
  labs(title = "Put Option Payoff",
       x = "Stock Price at Expiration",
       y = "Payoff",
       subtitle = "Strike Price: 50") +
  theme_minimal() +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), # Centering title
        plot.subtitle = element_text(hjust = 0.5)) # Centering subtitle

# Display the plot
print(option_plot)

```



Para practicar las visualizaciones, veremos la aplicación de esto en el contexto de derivados financieros y construcción de estrategias.

Por otra parte, se deben definir algunos conceptos:

1. Precio Strike ( $k$ ), corresponde al precio negociado en el contrato de opciones.
2. Precio Spot ( $S_0$ ), corresponde al precio del activo en el momento  $t$ .

### Ejemplo: Mineral de Hierro.

Al producir el mineral, de manera natural se obtiene una posición larga (tenencia del activo) en el tiempo, lógicamente en la medida que el precio del activo suba, muy probablemente las ganancias de la empresa también; lo mismo en el caso inverso.

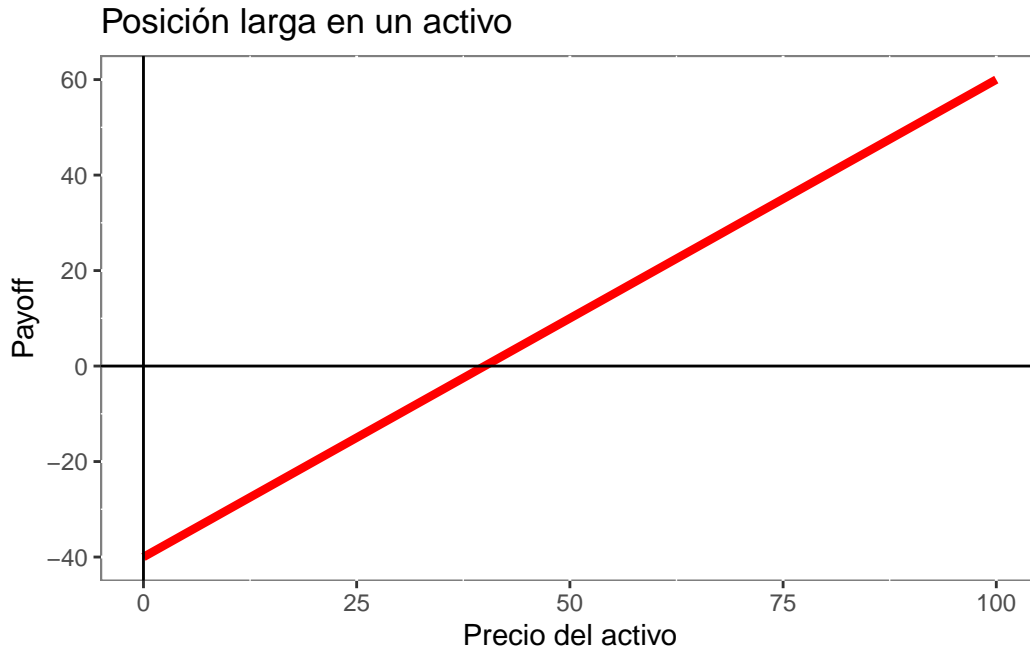
Veamos esto gráficamente:

```
p2 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.2 <- function(x) x - 40

p2 <- p2 + stat_function(fun = fun.2, colour = "red", linewidth = 1.5)

p2 <- p2 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
  geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
  ggtitle("Posición larga en un activo")

p2
```



Existe incertidumbre respecto a la dinámica futura del precio del activo, por esto, la empresa puede buscar disminuir el riesgo de precios a través de la utilización de coberturas.

Estrategias de coberturas, para el mineral de hierro.

1. Coberturas futuros o forwards.

La diferencia entre un futuro y forward es que el primero se negocia en la bolsa, y el segundo es un OTC (over the counter) o sea, un contrato privado entre dos partes. La estrategia sería la siguiente:

- Empresa fija un precio de venta o referencia (strike), el cual al menos cubre toda la operación.

```
p3 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.3 <- function(x) x - 40

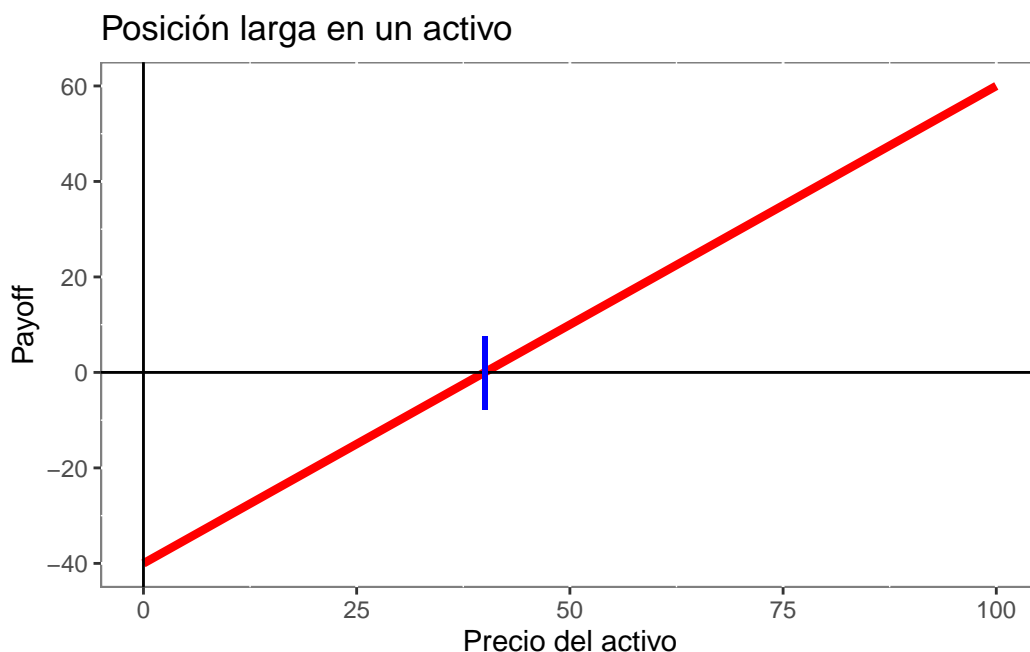
p3 <- p3 + stat_function(fun = fun.3, colour = "red", size=1.5)

p3 <- p3 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
  geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
  ggtitle("Posición larga en un activo") +
```

```
geom_point(aes(x=40, y=0), colour="blue", shape="|", size=10)
```

p3

Warning in geom\_point(aes(x = 40, y = 0), colour = "blue", shape = "|", : All aesthetics have been used already. Please consider using `annotate()` or provide this layer with data containing a single row.



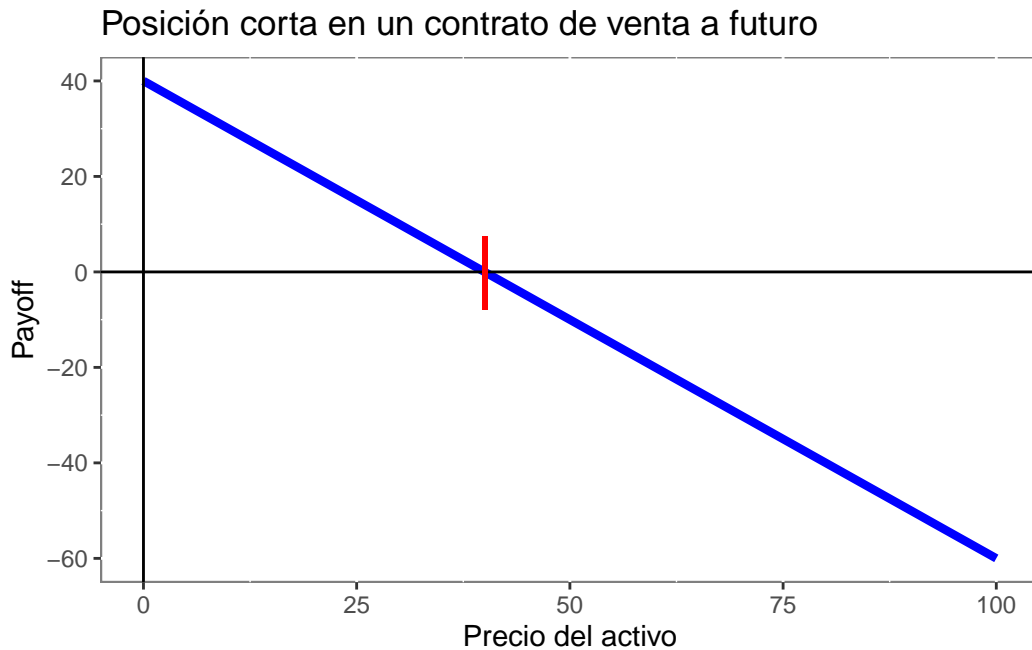
- Genera y vende contrato de compra futura, estableciendo el precio strike de venta.

```
p4 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.4 <- function(x) -x + 40
```

```
p4 <- p4 + stat_function(fun = fun.4, colour = "blue", size=1.5)
```

```
p4 <- p4 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
  geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
  ggtitle("Posición corta en un contrato de venta a futuro") +
  geom_point(aes(x=40, y=0), colour="red", shape="|", size=10)
```

Warning in `geom_point(aes(x = 40, y = 0), colour = "red", shape = "|", size = 10)`: All aesthetics except `size` will be ignored.  
 i Please consider using ``annotate()`` or provide this layer with data containing a single row.



- Payoff: Precio spot del activo al momento de vencer el contrato es mayor que el precio strike, la empresa gana por la posición larga en el activo. Sin embargo, pierde por el acuerdo de vender a precio strike.

```
p5 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.5 <- function(x) x - 40
fun.6 <- function(x) -x + 40

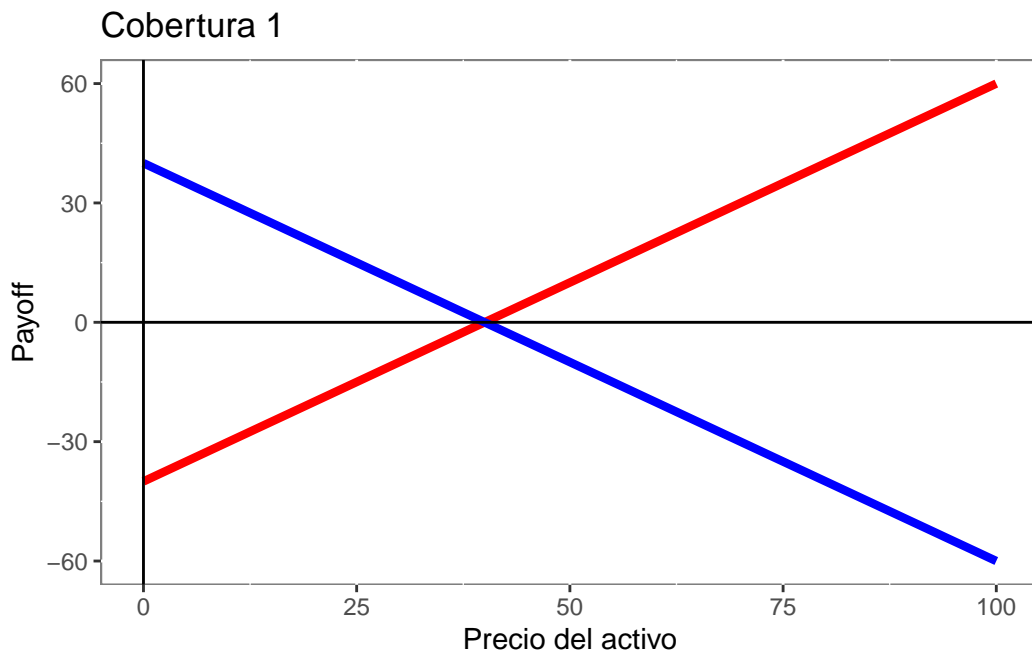
p5 <- p5 + stat_function(fun = fun.5, colour = "red", size=1.5) +
  stat_function(fun = fun.6, colour = "blue", size=1.5)

p5 <- p5 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
  geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
```



```
ggtitle("Cobertura 1")
```

```
p5
```



Esta estrategia, explica el caso base en que se encuentra una empresa interesada en fijar el precio de venta de su producto.

## 2. Coberturas con Opciones.

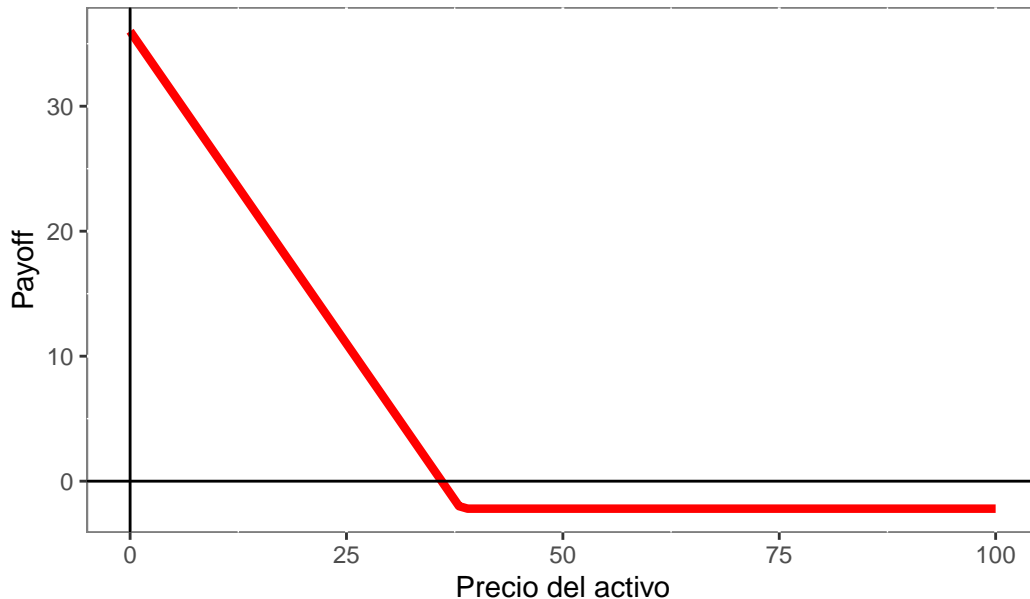
Considerando el mismo precio strike, la empresa puede comprar una opción de venta sobre el subyacente.

```
p6 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.7 <- function(x) pmax(40*0.9 - x, -2.2)

p6 <- p6 + stat_function(fun = fun.7, colour = "red", size=1.5)

p6 <- p6 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
  geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
  ggtitle("Posición larga en una opción de venta")
```

### Posición larga en una opción de venta



💡 Explicación: estoy obligado a vender cuando el precio del activo es menor al strike, y debo no ejecutar la opción cuando el precio spot es mayor al strike.

Cuando el precio strike es próximo al spot, el precio de la opción aumenta, lo que se conoce premio por el contrato, que en el fondo es un costo de la estrategia. El premio va a depender de la volatilidad implícita en los contratos, la volatilidad aumenta cuando la diferencia entre el spot y el strike es mayor; por lo tanto, el precio de la opción es menor.

La opción tiene la ventaja de poder aprovechar las rachas alcistas del precio del activo y limitar las pérdidas asociadas a una racha bajista, funcionando como un seguro. La desventaja es el costo asociado a tomar la opción.

Veamos la estrategia:

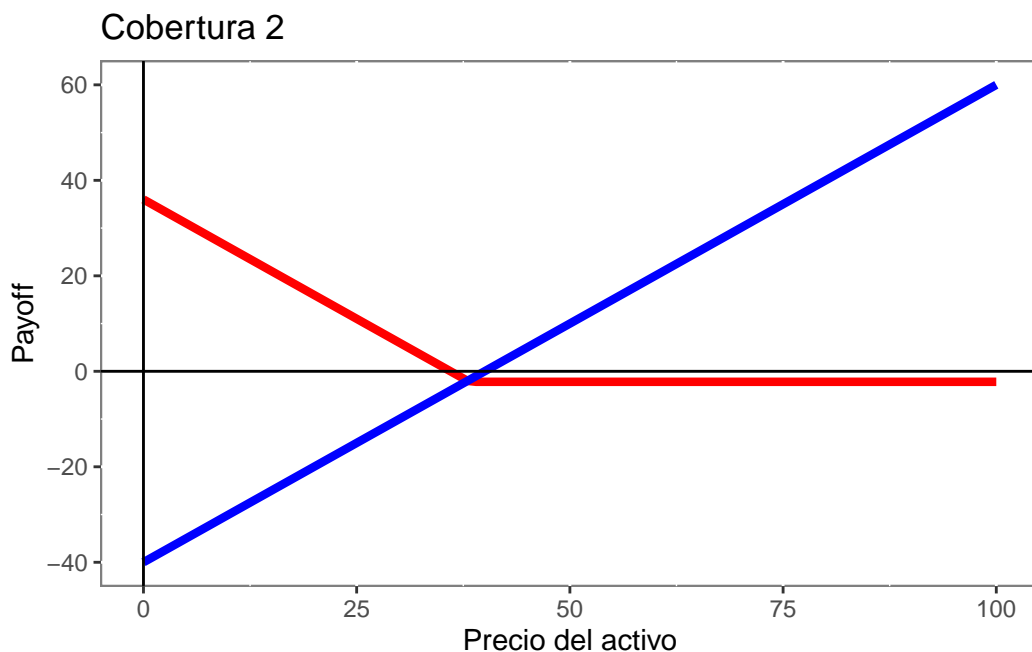
```
p7 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))

p7 <- p7 + stat_function(fun = fun.7, colour = "red", size=1.5) +
  stat_function(fun = fun.5, colour = "blue", size=1.5)

p7 <- p7 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
```

```
geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
ggtitle("Cobertura 2")
```

p7



- Precio del activo mayor que el spot, no se ejerce la opción de venta, y se gana por la parte del activo. A pesar de esto, se debe considerar que la opción tuvo un valor.
- Precio del activo menor que el spot, se ejerce la opción, y se pierde porque hay que salir a vender el activo.

Esto implica el siguiente payoff:

```
p8 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.8 <- function(x) pmax(-6.2, x - 42.2)

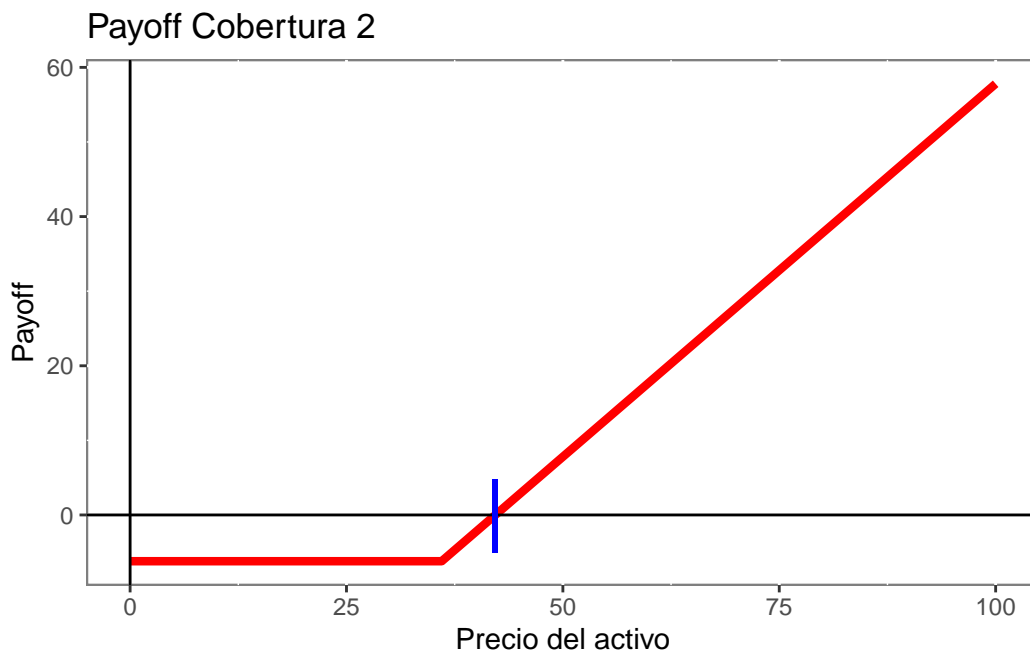
p8 <- p8 + stat_function(fun = fun.8, colour = "red", size=1.5)

p8 <- p8 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
```

```
ggtitle("Payoff Cobertura 2") +
geom_point(aes(x=42.2, y=0), colour="blue", shape="|", size=10)
```

p8

Warning in geom\_point(aes(x = 42.2, y = 0), colour = "blue", shape = "|", : All aesthetics have been used already. Please consider using `annotate()` or provide this layer with data containing a single row.



💡 Recordar que la opción solo se ejerce cuando conviene. Esto obviamente depende de la posición y la opción que se posea.

La estrategia puede ser autofinanciada agregando a lo anterior la venta de una opción de compra. En términos gráficos:

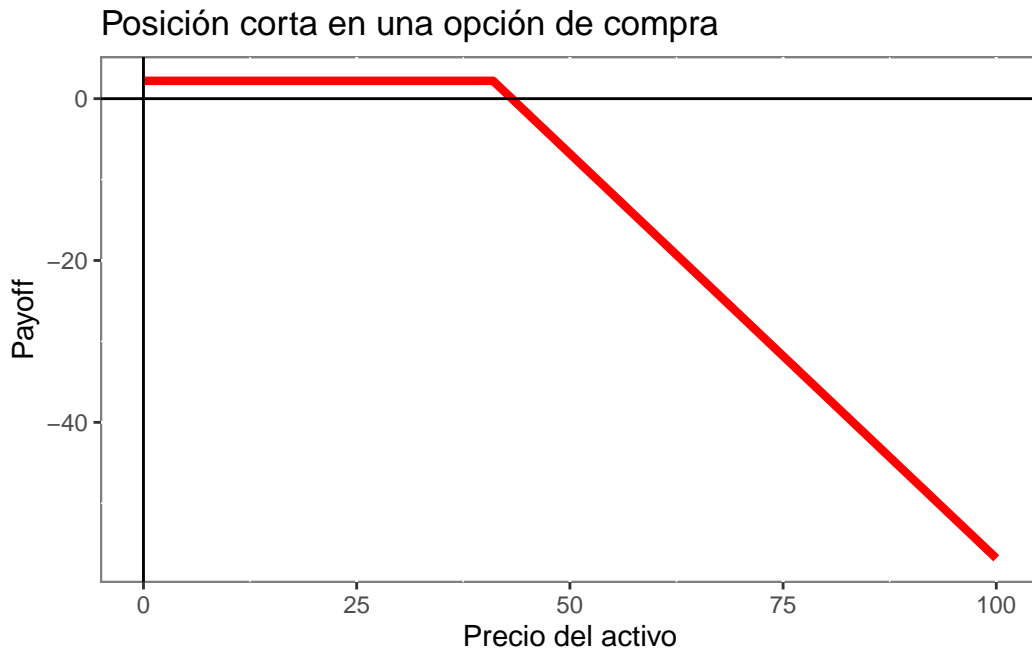
```
p9 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))
fun.9 <- function(x) pmin(43.2 - x, 2.2)

p9 <- p9 + stat_function(fun = fun.9, colour = "red", size=1.5)

p9 <- p9 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
```

```
geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
ggtitle("Posición corta en una opción de compra")
```

p9



💡 Una posición corta en una opción de compra, implica que yo le doy el derecho a un tercero de que me compre un activo. Por esto, cuando el precio spot sea menor que el strike, el tercero no ejercerá la opción de compra y comprará en el mercado. Por el contrario, en el caso de que el precio spot sea mayor que el precio strike, me generará una pérdida debido a que estaré obligado a venderle a un precio inferior al de mercado.

Esto implica la siguiente estrategia:

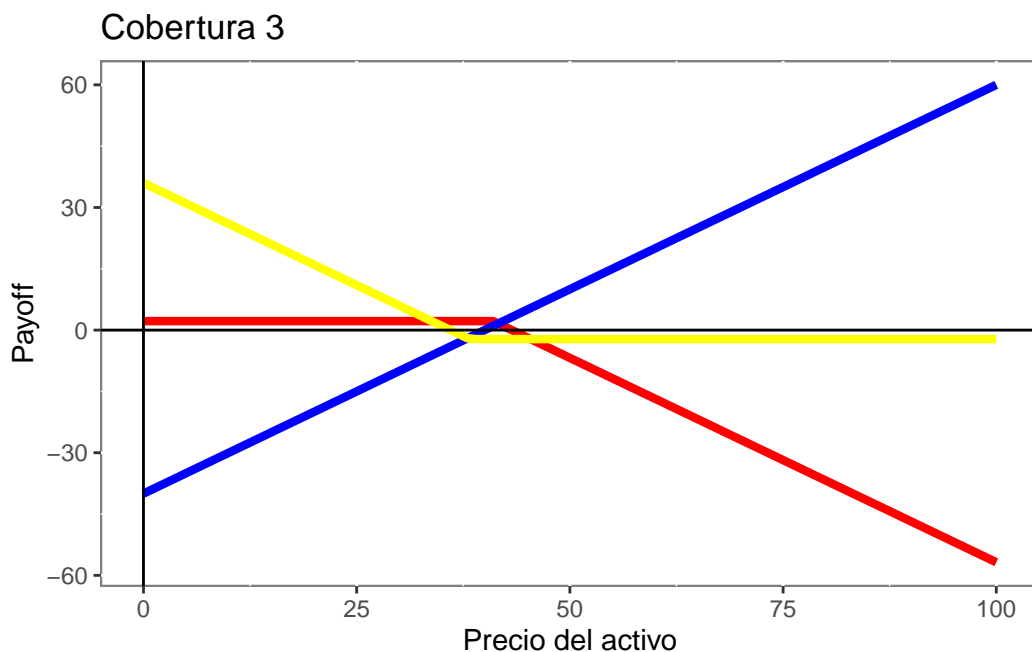
```
p10 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 100)), aes(x = x))

p10 <- p10 + stat_function(fun = fun.9, colour = "red", size=1.5) +
  stat_function(fun = fun.5, colour = "blue", size=1.5) +
  stat_function(fun = fun.7, colour = "yellow", size=1.5)

p10 <- p10 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
```

```
geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
ggtitle("Cobertura 3")
```

p10



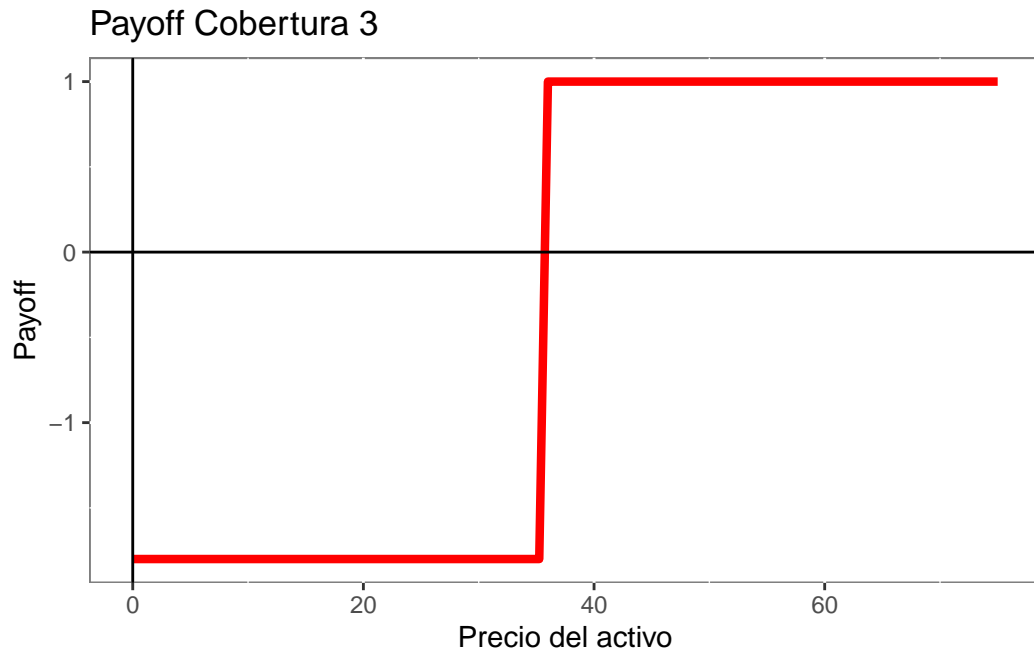
En relación al payoff:

```
p11 <- ggplot(data.frame(x = c(0, 75)), aes(x = x))
fun.10 <- function(x) ifelse( x<36, -1.8,
                             ifelse( x>36 & x<43.2, pmax(x - 43.2, 1), 1))

p11 <- p11 + stat_function(fun = fun.10, colour = "red", size=1.5)

p11 <- p11 + scale_x_continuous("Precio del activo") + scale_y_continuous("Payoff") +
  geom_hline(yintercept = 0, colour = "black") +
  geom_vline(xintercept = 0, colour = "black") +
  theme(panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50")) +
  ggtitle("Payoff Cobertura 3")
```

p11



## 💡 Preguntas

¿Qué problemas ve en las estrategias antes mencionadas?