

# APLICACIÓN DEL MODELO DE VASICEK PARA EL CÁLCULO DE LA PÉRDIDA ESPERADA Y EL CAPITAL ECONÓMICO

Práctica de Programación - Visual Basic

Sergi Herrera Pujadas  
Curso: 2025-2026

## 1 Introducción y Explicación del Problema

### 1.1 Contexto y Ámbito de Aplicación

El Modelo de Vasicek, desarrollado por Oldřich Vašíček en 2002, es un modelo fundamental en la gestión del riesgo de crédito utilizado por instituciones financieras para evaluar la probabilidad de incumplimiento de carteras de préstamos. Este modelo se basa en la simulación de la capacidad de pago de los acreditados en función del estado de la economía y sus características individuales.

En el contexto regulatorio del **Acuerdo de Basilea II (Pilar I)**, el modelo permite calcular:

- La **Pérdida Esperada (EL)**: Pérdida promedio anticipada durante un ciclo económico
- El **Capital regulatorio**: Recursos que debe mantener la entidad para cubrir pérdidas inesperadas
- El **Value at Risk (VaR)**: Pérdida máxima esperada con un nivel de confianza dado
- El **Expected Shortfall (ES)**: Pérdida promedio en los peores escenarios

### 1.2 Formulación Matemática del Modelo

El modelo se basa en la siguiente especificación:

$$y_{it} = \beta x_t + \sqrt{1 - \beta^2} z_{it}$$

donde:

- $y_{it}$ : Variable latente que representa la capacidad financiera del acreditado  $i$  en el tiempo  $t$
- $x_t \sim N(0, 1)$ : Factor sistemático (estado de la economía)
- $z_{it} \sim N(0, 1)$ : Factor idiosincrático (características individuales)

- $\beta \in (0, 1)$ : Correlación entre activos de diferentes acreditados

La **probabilidad de incumplimiento condicionada** al estado de la economía es:

$$p = \Pr(y_{it}|x_t) = \Phi \left[ \frac{c - \beta x_t}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right]$$

con  $c = \Phi^{-1}(PD)$ , donde  $PD$  es la Probability of Default histórica.

La **Pérdida Esperada** se calcula como:

$$EL = p \times LGD \times EAD$$

donde:

- **LGD**: Loss Given Default (porcentaje de pérdida dado incumplimiento)
- **EAD**: Exposure at Default (exposición en el momento del incumplimiento)

## 2 Pseudocódigo

### 2.1 Estructura Principal del Programa

```

1 PROGRAMA Modelo_Vasicek
2
3 DECLARAR VARIABLES GLOBALES:
4     k: ENTERO LARGO           ' Numero de simulaciones
5     beta: REAL                ' Correlacion del modelo de Vasicek
6     PD: REAL                  ' Probabilidad de incumplimiento
7     EAD: REAL                 ' Exposure at Default
8     LGD: REAL                 ' Loss Given Default
9     p: REAL                   ' Probabilidad condicional de
10    incumplimiento
11    alfa: REAL                ' Percentil para calcular VaR
12    i: ENTERO LARGO           ' Contador de bucles
13    n_alfa: REAL              ' Percentil en formato decimal
14    mediaEL: REAL             ' Media de perdidas esperadas
15    percentileL: REAL         ' VaR (valor en el percentil dado)
16    ES: REAL                  ' Expected Shortfall
17    sumES: REAL               ' Suma acumulada para calcular ES
18    countES: ENTERO LARGO    ' Contador de escenarios para ES
19    xt: REAL                  ' Valor del factor economico simulado
20    z: REAL                   ' Variable intermedia para calcular p
21 FUNCION Controlar_error(dato: REAL, param: TEXTO) DEVUELVE BOOLEANO:
22     SI dato NO es numerico ENTONCES
23         Mostrar error: "El parametro " + param + " debe ser numerico"
24         DEVOLVER FALSO
25     FIN SI
26
27     SI dato < 0 O dato > 1 ENTONCES
28         Mostrar error: "El parametro " + param + " debe estar entre 0
29         y 1"
30         DEVOLVER FALSO
31     FIN SI

```

```

32      DEVOLVER VERDADERO
33 FIN FUNCION
34
35 FUNCION main() DEVUELVE BOOLEANO:
36     DECLARAR c: REAL
37     DECLARAR ai: AddIn
38
39     main = FALSO  ' Por defecto asumimos error
40
41     ' --- LECTURA Y VALIDACION DE DATOS ---
42     k = convertir_a_entero(Valor(Formdatos.n_k))
43
44     SI k < 100 ENTONCES
45         Mostrar error: "El numero de simulaciones debe ser > 100"
46         DEVOLVER FALSO
47     FIN SI
48
49     beta = Valor(Formdatos.n_beta)
50     SI Controlar_error(beta, "beta") = FALSO ENTONCES DEVOLVER FALSO
51
52     PD = Valor(Formdatos.n_PD)
53     SI Controlar_error(PD, "Prob. historica") = FALSO ENTONCES
54     DEVOLVER FALSO
55
56     EAD = Valor(Formdatos.n_EAD)
57     SI EAD <= 0 ENTONCES
58         Mostrar error: "Exposicion cartera debe ser mayor que 0"
59         DEVOLVER FALSO
60     FIN SI
61
62     LGD = Valor(Formdatos.n_LGD)
63     SI Controlar_error(LGD, "Perdida esperada") = FALSO ENTONCES
64     DEVOLVER FALSO
65
66     alfa = Valor(Formdatos.n_alfa)
67     SI alfa <= 0 O alfa >= 100 ENTONCES
68         Mostrar error: "El percentil debe estar entre 0 y 100"
69         DEVOLVER FALSO
70     FIN SI
71
72     ' --- SALIDA DE PARAMETROS ---
73     CON HojaActiva HACER:
74         LIMPIAR rango("A1:B6")
75         ESCRIBIR "N simulaciones" en A1, k en B1
76         ESCRIBIR "Correlacion beta" en A2, beta en B2
77         ESCRIBIR "PD" en A3, PD en B3
78         ESCRIBIR "EAD" en A4, EAD en B4
79         ESCRIBIR "LGD" en A5, LGD en B5
80         ESCRIBIR "Percentil" en A6, alfa en B6
81     FIN CON
82
83     ' --- LIMPIEZA DE CALCULOS ANTERIORES ---
84     CON HojaActiva HACER:
85         LIMPIAR_CONTENIDO rango("A8:D" + fila_maxima)
86     FIN CON
87
88     ' --- ESCENARIOS ---
89     ESCRIBIR "Escenario" en A7

```

```

88      ESCRIBIR 1 en A8
89      ESCRIBIR 2 en A9
90      AUTO_RELLENAR rango("A8:A" + (k + 7))
91
92      ' --- ACTIVAR TOOLPAK ---
93      PARA CADA ai EN Application.AddIns HACER
94          SI InStr(ai.FullName, "ANALYS32.XLL") > 0 ENTONCES
95              ai.Installed = VERDADERO
96          FIN SI
97
98          SI InStr(ai.FullName, "ATPVBAEN.XLAM") > 0 ENTONCES
99              ai.Installed = VERDADERO
100         FIN SI
101     FIN PARA CADA
102
103     ' --- SIMULACION N(0,1) ---
104     ESCRIBIR "Estado economico" en B7
105     EJECUTAR "ATPVBAEN.XLAM!Random" con parametros:
106         rango_destino: $B$8
107         numero_filas: 1
108         numero_columnas: k
109         distribucion: 2 (normal)
110         media: 0
111         desviacion: 1
112
113     ' --- MODELO DE VASICEK ---
114     c = NormInv(PD, 0, 1)
115     ESCRIBIR "Deuda exigible (c)" en D1
116     ESCRIBIR c en E1
117     ESCRIBIR "p" en C7
118     ESCRIBIR "EL" en D7
119
120     PARA i = 1 HASTA k HACER
121         xt = Valor en celda B(7 + i)
122         z = (c - beta * xt) / sqrt(1 - beta^2)
123         p = NormSDist(z)
124         ESCRIBIR p en celda C(7 + i)
125         ESCRIBIR p * LGD * EAD en celda D(7 + i)
126     FIN PARA
127
128     mediaEL = Promedio(rango("D8:D" + (7 + k)))
129
130     ' --- CALCULO DE VaR Y ES ---
131     n_alfa = alfa / 100
132
133     percentileEL = Percentile(rango("D8:D" + (7 + k)), n_alfa)
134
135     sumES = 0
136     countES = 0
137
138     PARA i = 1 HASTA k HACER
139         SI Valor en celda D(7 + i) >= percentileEL ENTONCES
140             sumES = sumES + Valor en celda D(7 + i)
141             countES = countES + 1
142         FIN SI
143     FIN PARA
144
145     SI countES > 0 ENTONCES

```

```

146     ES = sumES / countES
147     SINO
148         ES = percentileEL
149     FIN SI
150
151     , --- RESULTADOS ---
152     CON HojaActiva HACER:
153         ESCRIBIR "VaR" en H1, percentileEL en H2
154         ESCRIBIR "Expected Shortfall" en H3, ES en H4
155         ESCRIBIR "Capital" en H5, (percentileEL - mediaEL) en H6
156     FIN CON
157
158     main = VERDADERO    , TODO HA IDO BIEN
159
160 FIN FUNCION

```

Listing 1: Pseudocódigo del Programa Vasicek

```

1 SUBRUTINA Generar_Histograma_Perdidas_EL()
2
3     DECLARAR VARIABLES LOCALES:
4         k: ENTERO                      , Numero total de simulaciones
5         fila_inicio: ENTERO           , Fila donde empiezan los datos EL
6         (normalmente 8)
7         fila_fin: ENTERO             , Fila donde terminan los datos EL
8         rango_EL: Rango de Excel      , Rango que contiene los valores EL
9         bins: ARREGLO de REALES       , Limites superiores de cada
10        intervalo
11        histograma: ARREGLO de ENTEROS , Conteo de valores en cada
12        intervalo
13        max_EL: REAL                  , Valor maximo de EL encontrado
14        min_EL: REAL                  , Valor minimo de EL encontrado
15        num_bins: ENTERO              , Numero de intervalos para el
16        histograma
17        i, j: ENTEROS                , Contadores para bucles
18        celda_actual: Celda de Excel
19        hoja_actual: Hoja de Excel
20        objeto_grafico: Objeto de grafico
21        grafico: Grafico
22        entrada_usuario: VARIANTE   , Entrada del usuario para numero
23        de bins
24
25        , Asignar la hoja activa de Excel
26        hoja_actual = Obtener_Hoja_Activa()
27
28        , === PASO 1: OBTENER NUMERO DE SIMULACIONES ===
29        , Leer el valor de la celda B1 que contiene el numero de
30        simulaciones
31        k = Valor de la celda B1 en hoja_actual
32
33        , Verificar que haya datos de simulaciones
34        SI k <= 0 ENTONCES
35            Mostrar mensaje: "No se ha encontrado el numero de
36            simulaciones"
37            Terminar subrutina
38        FIN SI
39
40        , === PASO 2: DEFINIR EL RANGO DE DATOS EL ===

```

```

34      ' Los datos EL empiezan en la fila 8 de la columna D
35      fila_inicio = 8
36      fila_fin = fila_inicio + k - 1
37
38      ' Crear rango desde D8 hasta D(ultima fila)
39      rango_EL = Obtener_Rango(hoja_actual, columna D, fila_inicio hasta
40      fila_fin)
41
42      === PASO 3: LIMPIAR GRAFICOS ANTERIORES ===
43      ' Eliminar cualquier grafico existente en la hoja
44      PARA CADA objeto_grafico EN hoja_actual HACER
45          Eliminar objeto_grafico
46      FIN PARA CADA
47
48      === PASO 4: SOLICITAR NUMERO DE INTERVALOS AL USUARIO ===
49      ' Preguntar al usuario cuantos intervalos (bins) desea
50      Mostrar cuadro de dialogo: "Cuantas cajas (bins) quieres para el
51      histograma?"
52      entrada_usuario = Obtener_Respuesta_Usuario(valor_predeterminado:
53      15)
54
55      === VALIDACION DE LA ENTRADA DEL USUARIO ===
56      ' Verificar que sea un numero
57      SI entrada_usuario NO es numerico ENTONCES
58          Mostrar error: "El numero de bins debe ser un valor numerico"
59          Terminar subrutina
60      FIN SI
61
62      ' Verificar que sea un numero entero (sin decimales)
63      SI entrada_usuario contiene punto decimal 0 coma decimal ENTONCES
64          Mostrar error: "El numero de bins debe ser un numero entero"
65          Terminar subrutina
66      FIN SI
67
68      ' Convertir a numero entero
69      num_bins = Convertir_a_Entero(entrada_usuario)
70
71      ' Verificar que sea positivo
72      SI num_bins <= 0 ENTONCES
73          Mostrar error: "El numero de bins debe ser mayor que 0"
74          Terminar subrutina
75      FIN SI
76
77      ' Verificar que no sea mayor que el numero de datos
78      SI num_bins > k ENTONCES
79          Mostrar error: "El numero de bins no puede ser mayor que el
80          numero de simulaciones"
81          Terminar subrutina
82      FIN SI
83
84      === PASO 5: CALCULAR INTERVALOS DEL HISTOGRAMA ===
85      ' Encontrar los valores minimo y maximo de EL
86      min_EL = Valor_Minimo(rango_EL)
87      max_EL = Valor_Maximo(rango_EL)
88
89      ' Crear arreglos para los limites de los intervalos y los conteos
90      REDIMENSIONAR bins(1 hasta num_bins)
91      REDIMENSIONAR histograma(1 hasta num_bins)

```

```

88      ' Calcular los limites superiores de cada intervalo
89      PARA i = 1 HASTA num_bins HACER
90          bins(i) = min_EL + i * (max_EL - min_EL) / num_bins
91      FIN PARA
92
93
94      ' === PASO 6: CONTAR VALORES EN CADA INTERVALO ===
95      ' Recorrer todas las celdas con datos EL
96      PARA CADA celda_actual EN rango_EL HACER
97          ' Para cada valor, encontrar en que intervalo cae
98          PARA i = 1 HASTA num_bins HACER
99              SI valor de celda_actual <= bins(i) ENTONCES
100                  ' Incrementar el conteo para este intervalo
101                  histograma(i) = histograma(i) + 1
102                  SALIR del bucle interno
103          FIN SI
104      FIN PARA
105  FIN PARA CADA
106
107  ' === PASO 7: CREAR EL GRAFICO DEL HISTOGRAMA ===
108  ' Crear un nuevo objeto de grafico en la hoja
109  objeto_grafico = Agregar_Objeto_Grafico_a_Hoja(
110      posicion_izquierda: 300,
111      posicion_superior: 50,
112      ancho: 450,
113      alto: 320
114  )
115
116  grafico = Obtener_Grafico(objeto_grafico)
117
118  ' Configurar el tipo de grafico como columnas agrupadas
119  Tipo_de_Grafico(grafico) = Columnas_Agrupadas
120
121  ' === PASO 8: AGREGAR LOS DATOS AL GRAFICO ===
122  ' Crear una nueva serie de datos
123  Crear_Nueva_Serie(grafico)
124
125  CON la Primera_Serie(grafico) HACER:
126      ' Asignar los valores del histograma (alturas de las columnas)
127      Valores = histograma
128
129      ' Crear etiquetas para el eje X usando los limites de los
130      intervalos
131      DECLARAR etiquetas_bins: ARREGLO de TEXTO
132      REDIMENSIONAR etiquetas_bins(1 hasta num_bins)
133
134      PARA i = 1 HASTA num_bins HACER
135          ' Formatear los valores con 2 decimales
136          etiquetas_bins(i) = Formatear(bins(i), "0.00")
137      FIN PARA
138
139      ' Asignar las etiquetas al eje X
140      Valores_Eje_X = etiquetas_bins
141  FIN CON
142
143  ' === PASO 9: PERSONALIZAR EL GRAFICO ===
144  ' Agregar titulo al grafico
144  grafico.Tiene_Titulo = VERDADERO

```

```

145     grafico.Texto_Titulo = "Histograma de la Perdida Esperada (EL)"
146
147     ' Ocultar la leyenda (no es necesaria para un histograma simple)
148     grafico.Tiene_Leyenda = FALSO
149
150     ' Configurar el eje X (horizontal)
151     grafico.Eje_Categoría.Tiene_Titulo = VERDADERO
152     grafico.Eje_Categoría.Texto_Titulo = "EL (Millones de Euros)"
153
154     ' Configurar el eje Y (vertical)
155     grafico.Eje_Valor.Tiene_Titulo = VERDADERO
156     grafico.Eje_Valor.Texto_Titulo = "Frecuencia"
157
158     ' === FIN DE LA SUBRUTINA ===
159     ' El histograma se muestra automaticamente en la hoja de Excel
160
161 FIN SUBRUTINA

```

Listing 2: Macro para Generar Histograma

```

1  ' FORMULARIO: Formdatos.frm
2 SUB Aceptar_Click()
3     ' Llamar a la funcion main() que realiza todos los calculos
4     SI main() = VERDADERO ENTONCES
5         ' Si la ejecucion fue exitosa (sin errores de validacion)
6         ' Cerrar el formulario
7         Unload Formdatos
8     FIN SI
9
10    ' Si main() devuelve FALSO (hubo errores), el formulario permanece
11    ' abierto para que el usuario pueda corregir los parametros
12 END SUB
13
14 SUB Cancelar_Click()
15     ' Cerrar el formulario sin realizar calculos
16     Unload Formdatos
17 END SUB

```

Listing 3: Código del Formulario Formdatos

### 3 Diagrama de Procesos

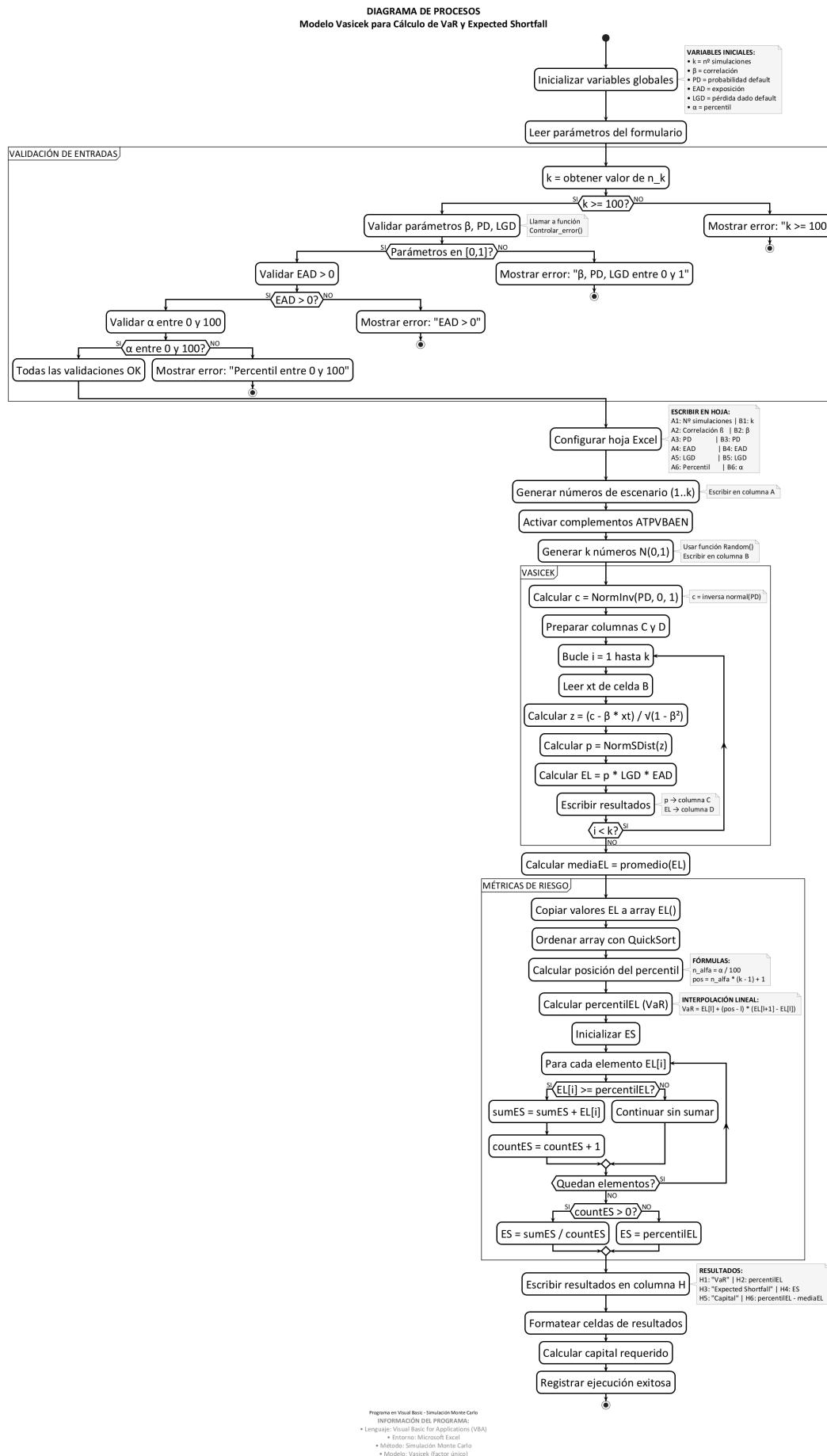


Figura 1: Diagrama de procesos del modelo Vasicek

## 4 Memoria del Programa

### 4.1 Funcionamiento del Programa

El programa implementado en Visual Basic for Applications (VBA) para Excel consta de los siguientes módulos principales:

#### 4.1.1. Módulo 1: Cálculo del Modelo de Vasicek

Módulo1.bas contiene la lógica principal del programa y se estructura en las siguientes funciones:

- **Función Controlar\_error:** Valida que los parámetros de entrada sean numéricos y estén en el rango  $[0,1]$ . Muestra mensajes de error específicos para cada parámetro inválido.
- **Función main:** Función principal que ejecuta todo el proceso:
  1. Lee los parámetros del formulario Formdatos
  2. Valida todas las entradas: número de simulaciones ( $k \geq 100$ ),  $\beta$ , PD, LGD en  $[0,1]$ , EAD  $> 0$ ,  $\alpha \in (0, 100)$
  3. Configura la hoja Excel escribiendo los parámetros en el rango A1:B6
  4. Genera la lista de escenarios (1 a k) en la columna A
  5. Activa los complementos estadísticos necesarios (ATPVBAEN.XLAM)
  6. Simula k números de una distribución normal estándar  $N(0,1)$  en la columna B
  7. Aplica el Modelo de Vasicek para cada escenario:
    - Calcula  $c = \Phi^{-1}(PD)$  usando NormInv
    - Para cada  $x_t$ : calcula  $z = \frac{c-\beta x_t}{\sqrt{1-\beta^2}}$
    - Calcula  $p = \Phi(z)$  usando NormSDist
    - Calcula  $EL = p \times LGD \times EAD$
    - Escribe resultados en columnas C (p) y D (EL)
  8. Calcula estadísticas: media de EL, VaR (percentil  $\alpha$ ), Expected Shortfall
  9. Presenta resultados en la columna H: VaR, Expected Shortfall, Capital

#### 4.1.2. Módulo 2: Generación del Histograma

Módulo2.bas contiene la subrutina para visualizar la distribución de pérdidas:

- **Subrutina DistribucionEL\_Histograma:** Genera un histograma de la distribución de pérdidas esperadas (EL):
  1. Lee el número de simulaciones k de la celda B1
  2. Identifica dinámicamente el rango de datos EL en la columna D
  3. Sigue al usuario el número de bins para el histograma

4. Calcula los límites de cada bin basándose en los valores mínimo y máximo de EL
5. Cuenta la frecuencia de pérdidas en cada intervalo
6. Crea un gráfico de columnas con las frecuencias calculadas
7. Configura el formato del gráfico: título, etiquetas de ejes, leyenda

#### 4.1.3. Formulario de Entrada de Datos

Formdatos.frm es la interfaz de usuario que permite la entrada de parámetros:

- **Campos de entrada:** Contiene controles para introducir todos los parámetros necesarios.
- **Botón Aceptar:** Ejecuta la función `main()` cuando se hace clic. Solo cierra el formulario si la ejecución es exitosa (sin errores de validación).
- **Botón Cancelar:** Cierra el formulario sin realizar cálculos.

## 4.2 Manual de Usuario

### 4.2.1. Requisitos del Sistema

- Microsoft Excel 2010 o superior
- Complemento ATPVBAEN.XLAM activado (herramientas de análisis)
- Macros habilitadas en el libro de Excel
- Habilitar contenido activo al abrir el archivo

### 4.2.2. Instalación del Complemento

1. En Excel, ir a: **Archivo** → **Opciones** → **Complementos**
2. En la parte inferior de la ventana, seleccionar **Complementos de Excel** y hacer clic en **Ir...**
3. Hacer clic en **Examinar**
4. Navegar hasta donde esté guardado el complemento Vasicek.xlam y seleccionarlo
5. En la ventana que aparece, marcar las casillas:
  - **Herramientas para análisis**
  - **Herramientas para análisis - VBA**
  - **ModeloVasicek**
6. Hacer clic en **Aceptar**

#### 4.2.3. Acceso a las Funciones del Programa

Una vez instalado el complemento, aparecerá en la cinta de Excel la pestaña **Complementos** (puede ser necesario reiniciar el libro de trabajo). Dentro aparecerá el menú **Vasicek** que contiene dos opciones principales:

1. **Introducir parámetros:** Abre el formulario de entrada de datos para realizar simulaciones
2. **Histograma:** Genera un histograma de la distribución de pérdidas (solo después de ejecutar una simulación)

#### 4.2.4. Pasos para la Ejecución

1. **Abrir el archivo Excel:** Al abrir el archivo, asegurarse de:
  - Habilitar macros cuando Excel muestre la advertencia de seguridad
  - Si se usa Excel 365, hacer clic en **Habilitar contenido** en la barra amarilla de seguridad
2. **Acceder al formulario:** Hacer clic en la pestaña **Complementos** → Menú **Vasicek** → **Introducir parámetros**
3. **Introducir parámetros** en el formulario:
  - Número de simulaciones ( $k \geq 100$ ): Recomendado entre 1000-10000 para mayor precisión
  - Correlación  $\beta$  (entre 0 y 1): Típicamente entre 0.1 y 0.3 para carteras diversificadas
  - Probability of Default - PD (entre 0 y 1): Ejemplo: 0.02 para 2 %
  - Exposure at Default - EAD (> 0, en millones de euros): Ejemplo: 100 para 100 millones
  - Loss Given Default - LGD (entre 0 y 1): Ejemplo: 0.45 para 45 %
  - Percentil  $\alpha$  (entre 0 y 100): Usualmente 95, 99 o 99.5 para cálculos de riesgo
4. **Ejecutar la simulación:** Hacer clic en el botón **Aceptar**.
5. **Generar histograma (opcional):**
  - Despues de ejecutar la simulación, ir a: **Complementos** → **Vasicek** → **Histograma**
  - Introducir el número de bins (intervalos) deseado
  - El número debe ser entero, positivo y no mayor que el número de simulaciones
  - El programa creará automáticamente un histograma de la distribución de pérdidas

## 4.3 Miscelánea: Posibles Errores y Soluciones

### 4.3.1. Errores Comunes y su Resolución

Error	Solución
Complemento ATPV-BAEN no disponible	Activar el complemento: Archivo → Opciones → Complementos → Herramientas para análisis
$k$ debe ser $\geq 100$	Introducir un número mayor o igual a 100 en el campo de simulaciones
Parámetro debe estar entre 0 y 1	Verificar que $\beta$ , PD y LGD estén en el rango [0,1] y usar el separador decimal por defecto
EAD debe ser mayor que 0	Introducir un valor positivo para la exposición
El percentil debe estar entre 0 y 100	Asegurarse que $\alpha$ esté en el rango (0,100)
Error de tiempo de ejecución '1004'	Verificar que la hoja de cálculo esté activa y no protegida

Cuadro 1: Errores comunes y sus soluciones

## 5 Análisis de Sensibilidad y Resultados

### 5.1 Metodología del Análisis de Sensibilidad

Para analizar la sensibilidad de los resultados respecto al parámetro  $\beta$ , se realizarán simulaciones con los siguientes valores:

$$\beta = \{0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9\}$$

Manteniendo constantes los demás parámetros:

- $k = 1000$  simulaciones
- $PD = 0,04$
- $EAD = 12000$  millones de €
- $LGD = 0,1$
- $\alpha = 98\%$

## 5.2 Tabla de Resultados

$\beta$	Pérdida Esperada Media (millones €)	VaR (98 %) (millones €)	Expected Shortfall (millones €)	Capital (millones €)
0.1	48.3	73.1	76.7	24.8
0.2	46.9	102.1	114.9	55.2
0.3	48.1	128.8	160.4	80.7
0.4	48.4	187.4	259.4	139.3
0.5	45.0	219.6	298.7	174.6
0.6	48.8	313.5	433.6	264.7
0.7	48.9	418.4	596.3	369.5
0.8	54.8	545.4	787.5	490.6
0.9	55.8	768.2	975.5	712.4

Cuadro 2: Resultados del análisis de sensibilidad respecto a  $\beta$

## 5.3 Interpretación de Resultados

- **Tendencia general:** Se espera que al aumentar  $\beta$ , aumente la correlación entre los activos, lo que incrementa la cola de la distribución de pérdidas y, por tanto, el VaR y el ES.
- **Impacto en el Capital:** El capital requerido debería aumentar con  $\beta$ , reflejando mayor riesgo sistemático.

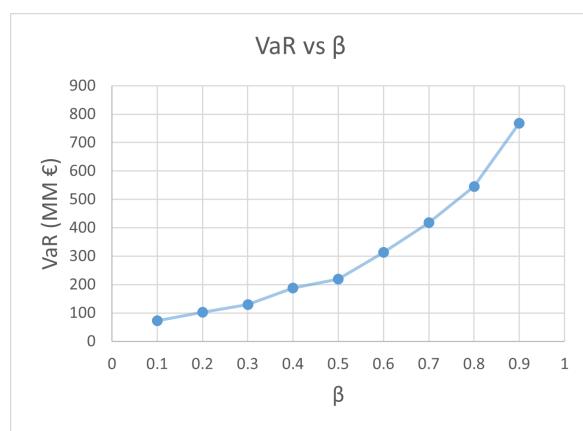


Figura 2: Variación del VaR con  $\beta$

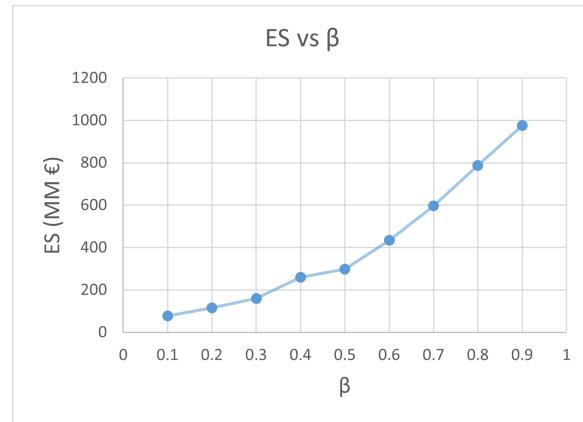


Figura 3: Variación del Expected Shortfall con  $\beta$

## 6 Limitaciones del Modelo y Consideraciones

- **Asunción de normalidad:** El modelo asume distribuciones normales para los factores de riesgo
- **Estaticidad de parámetros:** Los parámetros se consideran constantes durante el ciclo económico

- **Homogeneidad de la cartera:** Se asume que todos los acreditados tienen la misma PD y correlación

## 7 Código Fuente del Programa

### 7.1 Código Principal en VBA

```

1 Option Explicit
2
3 ' =====
4 ' VARIABLES GLOBALES
5 ' =====
6 Dim k As Long           ' Numero de simulaciones
7 Dim beta As Double      ' Correlacion beta del modelo de Vasicek
8 Dim PD As Double        ' Probabilidad de incumplimiento (Probability
                           ' of Default)
9 Dim EAD As Double       ' Exposure at Default (exposicion al
                           ' incumplimiento)
10 Dim LGD As Double      ' Loss Given Default (perdida dada el
                           ' incumplimiento)
11 Dim p As Double         ' Probabilidad condicional de incumplimiento
                           ' en cada escenario
12 Dim alfa As Double     ' Percentil para calcular VaR (porcentaje)
13 Dim i As Long           ' Contador de bucles
14 Dim n_alfa As Double    ' Percentil en formato decimal (alfa/100)
15 Dim mediaEL As Double   ' Media de perdidas esperadas (Expected Loss)
16 Dim percentileL As Double ' VaR (valor en el percentil dado)
17 Dim ES As Double         ' Expected Shortfall (promedio de perdidas por
                           ' encima del VaR)
18 Dim sumES As Double     ' Suma acumulada para calcular ES
19 Dim countES As Long      ' Contador de escenarios para calcular ES
20 Dim xt As Double         ' Valor del factor economico simulado en cada
                           ' escenario
21 Dim z As Double          ' Variable intermedia para calcular p con el
                           ' modelo de Vasicek
22
23 ' =====
24 ' CONTROL DE ERRORES PARA PARAMETROS EN [0,1]
25 ' =====
26 Function Controlar_error(ByVal dato As Double, param As String) As
   Boolean
27   If Not IsNumeric(dato) Then
28     MsgBox "El parametro " & param & " debe ser numerico.", vbCritical
29     Controlar_error = False
30     Exit Function
31   End If
32
33   If dato < 0 Or dato > 1 Then
34     MsgBox "El parametro " & param & " debe estar entre 0 y 1.", vbCritical
35     Controlar_error = False
36     Exit Function
37   End If
38
39   Controlar_error = True

```

```

40 End Function
41
42 ' =====
43 ' FUNCION PRINCIPAL
44 ' =====
45 Function main() As Boolean
46     Dim c As Double
47     Dim ai As AddIn
48
49     main = False      ' por defecto asumimos error
50
51     ' -----
52     ' LECTURA Y VALIDACION DE DATOS
53     ' -----
54     k = CLng(Formdatos.n_k.Value)
55     If k < 100 Then
56         MsgBox "El numero de simulaciones debe ser = 100.", vbCritical
57         Exit Function
58     End If
59
60     beta = Formdatos.n_beta.Value
61     If Not Controlar_error(beta, "beta") Then Exit Function
62
63     PD = Formdatos.n_PD.Value
64     If Not Controlar_error(PD, "Prob. historica") Then Exit Function
65
66     EAD = Formdatos.n_EAD.Value
67     If EAD <= 0 Then
68         MsgBox "Exposicion cartera debe ser mayor que 0.", vbCritical
69         Exit Function
70     End If
71
72     LGD = Formdatos.n_LGD.Value
73     If Not Controlar_error(LGD, "Perdida esperada") Then Exit Function
74
75     alfa = Formdatos.n_alfa.Value
76     If alfa <= 0 Or alfa >= 100 Then
77         MsgBox "El percentil debe estar entre 0 y 100.", vbCritical
78         Exit Function
79     End If
80
81     ' -----
82     ' SALIDA DE PARAMETROS
83     ' -----
84     With ActiveSheet
85         .Range("A1:B6").Clear
86         .Range("A1").Value = "N simulaciones": .Range("B1").Value = k
87         .Range("A2").Value = "Correlacion beta": .Range("B2").Value =
88         beta
89         .Range("A3").Value = "PD": .Range("B3").Value =
90         PD
91         .Range("A4").Value = "EAD": .Range("B4").Value =
92         EAD
93         .Range("A5").Value = "LGD": .Range("B5").Value =
94         LGD
95         .Range("A6").Value = "Percentil": .Range("B6").Value =
96         alfa
97     End With

```

```

93
94      ' -----
95      ' LIMPIEZA DE CALCULOS ANTERIORES
96      ' -----
97      With ActiveSheet
98          .Range("A8:D" & .Rows.Count).ClearContents
99      End With
100
101     ' -----
102     ' ESCENARIOS
103     ' -----
104     ActiveSheet.Range("A7").Value = "Escenario"
105     ActiveSheet.Range("A8").Value = 1
106     ActiveSheet.Range("A9").Value = 2
107     Range("A8:A9").AutoFill Destination:=Range("A8:A" & k + 7)
108
109     ' -----
110     ' ACTIVAR TOOLPAK
111     ' -----
112     For Each ai In Application.AddIns
113         If InStr(ai.FullName, "ANALYS32.XLL") > 0 Then ai.Installed =
114             True
115             If InStr(ai.FullName, "ATPVBAEN.XLAM") > 0 Then ai.Installed =
116                 True
117                 Next ai
118
119     ' -----
120     ' SIMULACION N(0,1)
121     ' -----
122     ActiveSheet.Range("B7").Value = "Estado economico"
123     Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random",
124         ActiveSheet.Range("$B$8"), 1, k, 2, , 0, 1
125
126     ' -----
127     ' MODELO DE VASICEK
128     ' -----
129     c = WorksheetFunction.NormInv(PD, 0, 1)
130     ActiveSheet.Range("D1").Value = "Deuda exigible (c)"
131     ActiveSheet.Range("E1").Value = c
132     Range("C7").Value = "p"
133     Range("D7").Value = "EL"
134
135     For i = 1 To k
136         xt = Range("B7").Offset(i).Value
137         z = (c - beta * xt) / Sqr(1 - beta ^ 2)
138         p = WorksheetFunction.NormSDist(z)
139         Range("C7").Offset(i).Value = p
140         Range("D7").Offset(i).Value = p * LGD * EAD
141     Next i
142
143     mediaEL = WorksheetFunction.Average(Range("D8:D" & 7 + k))
144
145     ' -----
146     ' VaR Y ES
147     ' -----
148     n_alfa = alfa / 100
149
150     percentileEL = WorksheetFunction.Percentile( _

```

```

149     Range("D8:D" & 7 + k), n_alfa)
150
151     sumES = 0
152     countES = 0
153
154     For i = 1 To k
155         If Range("D7").Offset(i).Value >= percentileEL Then
156             sumES = sumES + Range("D7").Offset(i).Value
157             countES = countES + 1
158         End If
159     Next i
160
161     If countES > 0 Then
162         ES = sumES / countES
163     Else
164         ES = percentileEL
165     End If
166
167     '
168     ' RESULTADOS
169     '
170     With ActiveSheet
171         .Range("H1").Value = "VaR"
172         .Range("H2").Value = percentileEL
173         .Range("H3").Value = "Expected Shortfall"
174         .Range("H4").Value = ES
175         .Range("H5").Value = "Capital"
176         .Range("H6").Value = percentileEL - mediaEL
177     End With
178
179     main = True      ' TODO HA IDO BIEN
180 End Function

```

Listing 4: Código principal del programa

```

1 Sub DistribucionEL_Histograma()
2
3     Dim k As Long
4     Dim filaInicio As Long, filaFin As Long
5     Dim rngEL As Range
6     Dim bins() As Double
7     Dim hist() As Long
8     Dim maxEL As Double, minEL As Double
9     Dim numBins As Long
10    Dim i As Long, j As Long
11    Dim cel As Range
12    Dim ws As Worksheet
13    Dim chtObj As ChartObject
14    Dim cht As Chart
15    Dim inputBins As Variant
16
17    Set ws = ActiveSheet
18
19    '== 1. Número de simulaciones ==
20    k = ws.Range("B1").Value
21    If k <= 0 Then
22        MsgBox "No se ha encontrado el numero de simulaciones.", vbCritical

```

```

23         Exit Sub
24     End If
25
26     '==> 2. Rango dinamico de EL ===
27     filaInicio = 8
28     filaFin = filaInicio + k - 1
29     Set rngEL = ws.Range("D" & filaInicio & ":"D" & filaFin)
30
31     '==> 3. Borrar graficos anteriores ===
32     For Each chtObj In ws.ChartObjects
33         chtObj.Delete
34     Next chtObj
35
36     '==> 4. Definir bins ===
37     inputBins = InputBox("Cuantas cajas (bins) quieres para el
38     histograma", "Numero de bins", 15)
39
40     ' Validacion del numero de bins
41     If Not IsNumeric(inputBins) Then
42         MsgBox "El numero de bins debe ser un valor numerico.", ,
43         vbCritical
44         Exit Sub
45     End If
46
47     ' Verificar que sea un numero entero (sin decimales)
48     If InStr(1, CStr(inputBins), ".") > 0 Or InStr(1, CStr(inputBins), ,
49     ",") > 0 Then
50         MsgBox "El numero de bins debe ser un numero entero (sin
51         decimales).", vbCritical
52         Exit Sub
53     End If
54
55     numBins = CLng(inputBins)
56
57     If numBins <= 0 Then
58         MsgBox "El numero de bins debe ser mayor que 0.", vbCritical
59         Exit Sub
60     End If
61
62     If numBins > k Then
63         MsgBox "El numero de bins no puede ser mayor que el numero de
64         simulaciones (" & k & ").", vbCritical
65         Exit Sub
66     End If
67
68     minEL = Application.WorksheetFunction.Min(rngEL)
69     maxEL = Application.WorksheetFunction.Max(rngEL)
70     ReDim bins(1 To numBins)
71     ReDim hist(1 To numBins)
72
73     For i = 1 To numBins
74         bins(i) = minEL + i * (maxEL - minEL) / numBins
75     Next i
76
77     '==> 5. Contar valores en cada bin ===
78     For Each cel In rngEL
79         For i = 1 To numBins
80             If cel.Value <= bins(i) Then

```

```

76             hist(i) = hist(i) + 1
77         Exit For
78     End If
79     Next i
80 Next cel
81
82 '==> 6. Crear grafico manualmente con las frecuencias ==
83 Set chtObj = ws.ChartObjects.Add(Left:=300, Top:=50, Width:=450,
84 Height:=320)
85 Set cht = chtObj.Chart
86 cht.ChartType = xlColumnClustered
87
88 ' Crear series
89 cht.SeriesCollection.NewSeries
90 With cht.SeriesCollection(1)
91     .Values = hist
92     ' Etiquetas del eje X como los bins
93     Dim binLabels() As String
94     ReDim binLabels(1 To numBins)
95     For i = 1 To numBins
96         binLabels(i) = Format(bins(i), "0.00")
97     Next i
98     .XValues = binLabels
99 End With
100
101 '==> 7. Configuracion del grafico ==
102 cht.HasTitle = True
103 cht.ChartTitle.Text = "Histograma de la Perdida Esperada (EL)"
104 cht.HasLegend = False
105 cht.Axes(xlCategory).HasTitle = True
106 cht.Axes(xlCategory).AxisTitle.Text = "EL (MM eur)"
107 cht.Axes(xlValue).HasTitle = True
108 cht.Axes(xlValue).AxisTitle.Text = "Frecuencia"
109 End Sub

```

Listing 5: Código de la macro del histograma

## 8 Conclusiones

### 8.1 Logros de la Implementación

- Se ha desarrollado una aplicación funcional en VBA/Excel que implementa el Modelo de Vasicek
- El programa incluye validación robusta de entradas y manejo de errores
- Se calculan todas las métricas de riesgo requeridas (EL, VaR, ES, Capital)
- La interfaz es accesible para usuarios sin conocimientos avanzados de programación
- El código está documentado y estructurado para facilitar su mantenimiento