

| Nombre                  | Descripción                                 | Tipo<br>PLB-PCE           | Base       | Informe | Modelo   |
|-------------------------|---|---------------------------|------------|---------|----------|
| Rescate de<br>depósitos | Rescatar depósitos para garantizar liquidez | PL<br>Entera -<br>Binaria | Financiera | NO      | Finanzas |

# 1.1 Enunciado

Nuestra empresa dispone de seis depósitos en distintas entidades financieras con los siguientes importes de rescate a percibir si se mantienen estos en los próximos ejercicios.

| (Liquido a percibir miles de €) |       |       |       |  |  |  |  |
|---------------------------------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
|                                 | Año 1 | Año 2 | Año 3 |  |  |  |  |
| Depósito I                      | 15    | 20    | 24    |  |  |  |  |
| Depósito II                     | 16    | 18    | 21    |  |  |  |  |
| Depósito III                    | 22    | 30    | 36    |  |  |  |  |
| Depósito IV                     | 10    | 20    | 30    |  |  |  |  |
| Depósito V                      | 17    | 19    | 22    |  |  |  |  |
| Depósito VI                     | 19    | 25    | 29    |  |  |  |  |

**RESCATE** (Líquido a percibir miles de €)

Las necesidades de efectivo de caja según previsiones ascienden a 20, 30 y 35 (miles de euros) en los años 1, 2 y 3, respectivamente.

## Se pide:

Determina cómo se pueden maximizar los rescates para dar respuestas a las necesidades financieras previstas.

## 1.2 Planteamiento matemático

Definimos  $x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el Depósito i se rescata durante el año j,} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$   $i = 1, \dots, 6, j = 1, \dots, 3.$ 

Si llamamos  $C_{ij}$  al ingreso derivado del rescate del depósito i durante el año j, entonces la función a maximizar es:

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{i=1}^{6} c_{ij} x_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^{6} c_{ij} x_{ij} \ge b_j, \ j = 1, 2, 3$$

$$\sum_{i=1}^{3} r_{ii} \le 1, \ i = 1, ..., 6$$

Los ingresos mínimos que se han de generar durante el trienio propuesto vienen datos por:

Siendo b = (20, 30, 35).

Finalmente, hay que especificar que ningún depósito puede ser rescatado más de una vez:

Por lo tanto, el modelo es el siguiente:

$$\begin{cases} \text{Max.} & \sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{3} c_{ij} x_{ij} \\ \text{s.a} & \sum_{i=1}^{6} c_{ij} x_{ij} \geq b_i, \quad j = 1, 2, 3, \\ & \sum_{j=1}^{3} x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, 6, \\ & x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, 6. \end{cases}$$

## 1.3 Planteamiento y Resolución en Excel

# 1.3.1 Identificación y definición de las Variables de Decisión o Celdas Cambiantes (Changing Cells).

En este caso definimos y planteamos el problema (programamos las celdas) especificando en primer lugar las Variables de Decisión o Celdas Cambiantes (Changing Cells).

nuestro En caso (ver Ilustración 1) serán los rangos binarios B17:D17 - B20:D20 – B23:D23 – B26:D26 – B29:D29 - B32:D32, es decir los distintos rescates de los depósitos en cada ejercicio. Señalar que estas variables serán del tipo binarias. tomando valor 0-1 en el caso de ser rescatadas o no en un determinado ejercicio.

| 4             | А                        | В         | С        | D   | E   |  |  |  |
|---------------|--------------------------|-----------|----------|-----|-----|--|--|--|
| 13            | Variables de Decisión    | Función ( | Objetivo |     |     |  |  |  |
| 14            | Planteamiento del        | Probler   | na       |     |     |  |  |  |
| 15            | Rescate de los depositos |           |          |     |     |  |  |  |
| 16            |                          | Año 3     | Total    |     |     |  |  |  |
| 17            |                          |           |          |     | 0   |  |  |  |
| 18            | Depósito I               | 15        | 20       | 24  |     |  |  |  |
| 19            |                          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 20            |                          |           |          |     | 0   |  |  |  |
| 21            | Depósito II              | 16        | 18       | 21  |     |  |  |  |
| 22            |                          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 23            |                          |           |          |     | 0   |  |  |  |
| 24            | Depósito III             | 22        | 30       | 36  |     |  |  |  |
| 25            |                          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 26            |                          |           |          |     | 0   |  |  |  |
| 27            | Depósito IV              | 10        | 20       | 30  |     |  |  |  |
| 28            |                          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 29            |                          |           |          |     | 0   |  |  |  |
| 30            | Depósito V               | 17        | 19       | 22  |     |  |  |  |
| 31            |                          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 32            |                          |           |          |     | 0   |  |  |  |
| 33            | Depósito VI              | 19        | 25       | 29  |     |  |  |  |
| 34            |                          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 35            | Total Rescatado          | 0         | 0        | 0   | 0   |  |  |  |
| 36            | Necesidades de Efectivo  | 20        | 30       | 35  | 85  |  |  |  |
| 37            | Diferencial              | -20       | -30      | -35 | -85 |  |  |  |
| Ilustración 1 |                          |           |          |     |     |  |  |  |

## 1.3.2 Definición y programación de la celda objetivo

Debemos también de identificar la celda objetivo, en nuestro caso será E35, es decir la que cantidad de efectivo máximo a obtener en los periodos derivados de la liquidación o rescate temporal de los depósitos, por tanto se trata de maximizar dicha celda.

| Una vaz programa las     |    | А                            |    |
|--------------------------|----|------------------------------|----|
| oldas minsingles saí     | 39 | Restricciones                |    |
| celuas principales asi   | 40 | Todas las variables de deci. | si |
| como identificada la     | 41 | Limitaciones                 |    |
| celda objetivo es        | 42 |                              |    |
| conveniente especificar  | 43 | Restricciones                | c  |
| las <b>Restricciones</b> | 44 | Depósito I rescatado 1 vez   |    |
| (Constraints Cells).     | 45 | Depósito II rescatado 1 vez  |    |
| Las restricciones deben  | 46 | Depósito III rescatado 1 vez |    |
| caer dentro de ciertos   | 47 | Depósito IV rescatado 1 vez  |    |
| límites o satisfacer los | 48 | Depósito V rescatado 1 vez   |    |
| valores objetivos. Se    | 49 | Depósito VI rescatado 1 vez  |    |
| nueden especificar       | 50 | Rescate Ejercicio 1          |    |
| hasta 500 restriacionas  | 51 | Rescate Ejercicio 2          |    |
| liasta 500 restricciones | 52 | Rescate Ejercicio 3          |    |
| -dos par cada una de     |    |                              |    |
| las variables de         |    |                              |    |
| decisión.                |    |                              |    |

| 1.3.3 | Definición y programación de las restricciones, RHS (Right Hand Side) |
|-------|---|
|-------|---|

|    | 0                            | , 0     |             |            |          |         |  |  |  |  |  |
|----|------------------------------|---------|-------------|------------|----------|---------|--|--|--|--|--|
|    | А                            | В       | С           | D          | E        | F       |  |  |  |  |  |
| 39 | Restricciones                |         |             |            |          |         |  |  |  |  |  |
| 40 | Todas las variables de deci  |         |             |            |          |         |  |  |  |  |  |
| 41 | Limitaciones                 |         |             |            |          |         |  |  |  |  |  |
| 42 | Production and               | Uso     | Disponibil  | idad de Re | cursos y | Holgura |  |  |  |  |  |
| 43 | Restricciones                | Consumo | Restriccion | Side)      | ght Hand | (Slack) |  |  |  |  |  |
| 44 | Depósito I rescatado 1 vez   | 0 veces | =           | 1 veces    | E17      | 1 veces |  |  |  |  |  |
| 45 | Depósito II rescatado 1 vez  | 0 veces | =           | 1 veces    | E20      | 1 veces |  |  |  |  |  |
| 46 | Depósito III rescatado 1 vez | 0 veces | =           | 1 veces    | E23      | 1 veces |  |  |  |  |  |
| 47 | Depósito IV rescatado 1 vez  | 0 veces | =           | 1 veces    | E26      | 1 veces |  |  |  |  |  |
| 48 | Depósito V rescatado 1 vez   | 0 veces | =           | 1 veces    | E29      | 1 veces |  |  |  |  |  |
| 49 | Depósito VI rescatado 1 vez  | 0 veces | =           | 1 veces    | E32      | 1 veces |  |  |  |  |  |
| 50 | Rescate Ejercicio 1          | 0       | >=          | 20         | B35      | 20      |  |  |  |  |  |
| 51 | Rescate Ejercicio 2          | 0       | >=          | 30         | C35      | 30      |  |  |  |  |  |
| 52 | Rescate Ejercicio 3          | 0       | >=          | 35         | D35      | 35      |  |  |  |  |  |
|    | Ilustración 2                |         |             |            |          |         |  |  |  |  |  |

En la Ilustración 2 exponemos las limitaciones, condicionantes o restricciones impuestas.

#### 1.3.4 Programación de los paramentos del cuadro de dialogo Solver

Tomando en consideración la formulación algebraica del problema así como el diseño de la hoja de cálculo y programación de las celdas, pasamos a continuación a programar los parámetros del Solver y que nos permitirá alcanzar nuestro objetivo.

| Es <u>t</u> ablecer objetivo:   | SES35  |   | 1   |
|---|--|---|---|
| Para: 💿 <u>M</u> áx (   | ◯ Mín  | 0   |   |
| Combinedo los soldos do un  |  |   |   |
| Campiando las ceidas de va  | inables:   | 10100-10100-10100-                              | (D)(22  |
| 3D317:3D317;3B320:3D320;  | \$D\$25;\$D\$25;\$D\$26;\$D\$26;                           | 20253:2D253;2B232;                              | 30352   |
| Sujeto a las restricciones:   |  |   |   |
| \$B\$17:\$D\$17 = binario<br>\$B\$20:\$D\$20 = binario<br>\$B\$23:\$D\$27 = binario               |  | *   | Agregar   |
| \$B\$29:\$D\$29 = binario<br>\$B\$29:\$D\$29 = binario  |  |   | <u>C</u> ambiar                                 |
| \$B\$32:\$D\$32 = binario<br>\$B\$44:\$B\$49 = \$D\$44:\$D\$4<br>\$B\$50:\$B\$52 > = \$D\$50:\$D! | 9<br>\$52  |   | <u>E</u> liminar                                |
|   |  |   | Restablecer todo                                |
|   |  | ~   | <u>C</u> argar/Guardar                          |
| Convertir variables sin r   | estricciones en no negativa                                | s   |   |
| Método d <u>e</u> resolución:   | GRG Nonlinear  | •   | O <u>p</u> ciones                               |
| Método de resolución  |  |   |   |
| Seleccione el motor GRG I<br>el motor LP Simplex para p   | Nonlinear para problemas d<br>problemas de Solver lineale: | le Solver no lineales<br>5, y seleccione el mot | suavizados. Seleccione<br>tor Evolutionary para |

Ilustración 3

## 1.3.5 Resolución propuesta

Pulsando el botón Resolver del formulario anterior (Ilustración 3) accedemos a la resolución del problema y en este caso se nos informa que se encontró una solución y se nos ofrece además la posibilidad de disponer de los informes correspondientes asociados al problema.

|    | Resultados o   | le Solver   |  |  |  | X  |
|----|--|---|--|--|--|--|
|    | Solver en<br>toleranci   | contró una<br>a. Se cumpl   | solución d<br>en todas la                              | e enteros der<br>as restriccion                | ntro de la<br>es.                        | Informes   |
|    | ⊙ Cons<br>O <u>R</u> est                                       | ervar solució<br>aurar valores  | Responder  |  |  |  |
|    | U Volv <u>e</u><br>Solve                                       | r al cuadro<br>r  | ☐ Informes de esq <u>u</u> ema                         |  |  |  |
|    | Acept  | ar  | <u>C</u> ancelar                                       |  |  | Gua <u>r</u> dar escenario   |
|    | Solver er<br>las restri<br>Es posibl<br>Solver en<br>cuadro de | icontró una<br>icciones.<br>le que exista<br>iccuentra la n<br>e diálogo de | solución de<br>an mejores<br>nejor soluc<br>e opciones | e enteros der<br>soluciones c<br>ión, establez | itro de la f<br>le enteros<br>ca en 0% l | tolerancia. Se cumplen todas<br>. Para asegurarse de que<br>la tolerancia de enteros en el |
|    | _  |   |  | lustrac  | 10n 4                                    |  |
| _  | С  | D   | E  | F  |  |  |
|    | Function (   | Objetivo  |  |  |  |  |
| en | na   |   |  |  |  |  |
|    |  |   |  |  |  |  |
|    | Año 2  | Año 3   | Total  |  |  |  |
| 0  | 0  | 1   | 1  |  |  |  |
|    | 20   | 24  |  |  |  |  |
|    | 0  | 24  | 24   |  |  |  |
| 1  | 0  | 0   | 1  |  |  |  |
|    | 18   | 21  |  |  |  |  |

|    |                              |             | J                | lustrad | ció                |            |                   |         |   |
|----|------------------------------|-------------|------------------|---------|--------------------|------------|-------------------|---------|---|
|    | Α                            | В           | C D              |         |                    | Е          | F                 |         |   |
| 13 | Variables de Decisión        |             | Función Objetivo |         |                    |            |                   |         |   |
| 14 | Planteamiento del            | na          |                  |         |                    |            |                   |         |   |
| 15 | Rescate de los depositos     |             |                  |         |                    |            |                   |         |   |
| 16 |                              | Año 1       | Año 2            | 2       | Año                | 3          | Total             |         |   |
| 17 |                              | 0           |                  | 0       |                    | 1          | 1                 |         |   |
| 18 | Depósito I                   | 15          | 20               |         | 24                 |            |                   |         |   |
| 19 |                              | 0           | 0                |         | 24                 |            | 24                |         |   |
| 20 |                              | 1           |                  | 0       |                    | 0          | 1                 |         |   |
| 21 | Depósito II                  | 16          | 18               |         | 21                 |            |                   |         |   |
| 22 |                              | 16          | 0                |         | 0                  |            | 16                |         |   |
| 23 |                              | 0           |                  | 1       |                    | 0          | 1                 |         |   |
| 24 | Depósito III                 | 22          | 30               |         | 36                 |            |                   |         |   |
| 25 |                              | 0           | 30               |         | 0                  |            | 30                |         |   |
| 26 |                              | 0           |                  | 0       |                    | 1          | 1                 |         |   |
| 27 | Depósito IV                  | 10          | 20               |         | 30                 |            |                   |         |   |
| 28 |                              | 0           | 0                |         | 30                 |            | 30                |         |   |
| 29 |                              | 1           |                  | 0       |                    | 0          | 1                 |         |   |
| 30 | Depósito V                   | 17          | 19               |         | 22                 |            |                   |         |   |
| 31 |                              | 17          | 0                |         | 0                  |            | 17                |         |   |
| 32 |                              | 0           |                  | 0       |                    | 1          | 1                 |         |   |
| 33 | Depósito VI                  | 19          | 25               |         | 29                 |            |                   |         |   |
| 34 |                              | 0           | 0                |         | 29                 |            | 29                |         |   |
| 35 | Total Rescatado              | 33          | 30               |         | 83                 |            | 146               |         |   |
| 36 | Necesidades de Efectivo      | 20          | 30               |         | 35                 |            | 85                |         |   |
| 37 | Diferencial                  | 13          | 0                |         | 48                 |            | 61                |         |   |
| 38 |                              |             |                  |         |                    |            |                   |         |   |
| 39 | Restricciones                |             |                  |         |                    |            |                   |         |   |
| 40 | Todas las variables de decis | ión deben s | er binar         | ias     |                    |            |                   |         |   |
| 41 | Limitaciones                 |             |                  |         |                    | _          |                   |         |   |
| 42 | Restricciones                | Uso         | Dispon           | icci    | idad de<br>ones Ri | Ke<br>HS I | Cursos y<br>Bight | Holgura |   |
| 43 |                              | Consumo     |                  | Н       | and Si             | del        |                   | (Slack) |   |
| 44 | Depósito l rescatado 1 vez   | 1 veces     | =                |         | 1 vec              | es         | E17               | 0 veces |   |
| 45 | Depósito II rescatado 1 vez  | 1 veces     | =                | _       | 1 vec              | es         | E20               | 0 veces |   |
| 46 | Depósito III rescatado 1 vez | 1 veces     | =                |         | 1 vec              | es         | E23               | 0 veces |   |
| 47 | Depósito IV rescatado 1 vez  | 1 veces     | =                | _       | 1 vec              | es         | E26               | 0 veces | 1 |
| 48 | Depósito V rescatado 1 vez   | 1 veces     | =                |         | 1 vec              | es         | E29               | 0 veces | 2 |
| 49 | Depósito VI rescatado 1 vez  | 1 veces     | =                |         | 1 vec              | es         | E32               | 0 veces | 1 |
| 50 | Rescate Ejercicio 1          | 33          | >=               |         | 20                 |            | B35               | -13     |   |
| 51 | Rescate Ejercicio 2          | 30          | >=               |         | 30                 |            | C35               | 0       |   |
| 52 | Rescate Ejercicio 3          | 83          | >=               |         | 35                 |            | D35               | -48     |   |

#### Ilustración 5

La solución óptima, con un beneficio de 146.000 €, es la siguiente distribución en el rescate de depósitos:

- Primer año: Depósitos 2 y 5.
- Segundo año: Depósitos 3.
- Tercer año: Depósitos 1, 4 y 6.