

# Sumario

<b>SUMARIO</b>	<b>1</b>
<b>A.1. PREPROCESO</b>	<b>3</b>
A.1.1. Heurísticas creadas pero no finalmente utilizadas	4
A.1.1.1. Heurística 1: procedimiento inicial	4
A.1.1.2. Heurística 2: “H&B”, <i>Helgeson&amp;Bernie</i> (sin entrelazado)	7
A.1.2. Heurística finalmente utilizada	10
A.1.2.1. Heurística 2: “H&B”, <i>Helgeson&amp;Bernie</i> (con entrelazado)	10
A.1.3. Resultados finales de las heurísticas del preproceso	14
<b>A.2. PROCESO</b>	<b>27</b>
A.2.1. Procedimientos exactos	27
A.2.1.1. Modelo jerarquizado global	27
A.2.1.2. Modelo jerarquizado sucesivo	34
A.2.1.3. Resultados para ambos casos	88
A.2.2. Procedimientos heurísticos	93
A.2.2.1. Heurísticas basadas en la limitación de tiempo de modelos exactos	93
A.2.2.2. Heurística independiente de los modelos exactos, adhoc	113





## A.1. Preproceso

A continuación se muestran las diferentes aplicaciones ejecutadas para el preproceso: las heurísticas creadas, se utilicen o no finalmente en la resolución del problema, sus interfases en hojas de cálculo de *excel* y sus respectivos códigos en *visual basic*.

Aunque no todas las heurísticas que se van a comentar a continuación usan la totalidad de campos de la siguiente tabla, ésta representa fielmente la interfase de hoja de cálculo de *excel* que se usa para la ejecución del preproceso (tanto para la entrada de datos como para la salida de resultados). Cabe comentar que, en el posterior proceso, el ILOG lee directamente los datos de las hojas de cálculo en cuestión.

Tarea	Duracion	Precedencias	Primera	Ultima	Alpha	proves	pes1	pes2	e	TC	num	dur	pes
1	7	1	3		####	8	228	7	max	25	1	7	228
2	19	1	25		nbprece 36		207	19	14	26	2	19	207
3	15	2	6		####		207	22	13	28	3	15	207
4	5	2	26		tasques 29		192	27	12	29	4	5	192
5	12	3	4		####		187	39	11	34	5	12	187
6	10	4	5		100		176	29	10	35	6	10	176
7	8	5	8		1		168	8	9	39	7	8	168
8	16	5	13				166	84	8	43	8	16	166
9	2	6	8				136	10	7	49	9	2	136
10	6	7	9				134	16			10	6	134
11	21	7	12				117	105			11	21	117
12	10	7	25				110	18			12	10	110
13	9	8	11				105	48			13	9	105
14	4	8	16				103	20			14	4	103
15	14	9	10				100	40			15	14	100
16	7	10	14				99	111			16	7	99
17	14	10	15				96	128			17	14	96
18	17	11	17				92	128			18	17	92
19	10	12	15				86	50			19	10	86
20	16	13	17				82	144			20	16	82
21	1	14	16				76	51			21	1	76
22	9	15	19				75	172			22	9	75
23	25	16	18				66	257			23	25	66
24	14	17	20				41	271			24	14	41
25	14	18	22				34	29			25	14	34
26	2	19	21				32	21			26	2	32
27	10	20	23				30	31			27	10	30
28	7	21	22				27	278			28	7	27
29	20	22	23				20	324			29	20	20
		23	24										
		24	28										
		25	29										
		25	29										
		26	27										
		27	29										
		28	29										

MATRIU OBTINGUDA AMB LA MACRO

Figura A.1.1. Hoja de cálculo preproceso



Esta muestra está sacada de una hoja del archivo de la heurística final entrelazada, posee la estructura básica (con alguna mínima variación según la heurística en cuestión) de los datos de entrada/salida. Como se puede observar se muestra un listado de las diferentes tareas, con sus respectivas duraciones; las precedencias; datos concretos del ejemplar del problema en cuestión: número de tareas, estaciones, precedencias; se calculan valores máximos de duraciones, también pesos y listas de candidatos para los diferentes pasos de los respectivos procedimientos; finalmente la macro muestra, en la parte inferior de la hoja de cálculo (no mostrado en la imagen) la matriz de precedencias finales globales, con unas filas complementarias a la misma que sirve, según la heurística, para apoyo del procedimiento programado. En la imagen en concreto, también se puede observar los resultados finales para cada ejemplar.

No se cree oportuno graficar la totalidad de hojas ya que las de todas las heurísticas son prácticamente idénticas a excepción de pequeños detalles requeridos para las respectivas programaciones y, claro está, de los datos de entrada/salida de cada problema en concreto.

### A.1.1. Heurísticas creadas pero no finalmente utilizadas

Para llegar al preproceso final requerido, como se explica en la memoria, se ha evolucionado desde diferentes heurísticas, programadas íntegramente en el proyecto.

#### A.1.1.1. Heurística 1: procedimiento inicial

```
Sub preprocés_SiS()
```

```
p = Cells(3, 8).Value  
e = Cells(4, 8).Value  
t = Cells(5, 8).Value
```

```
' PRODUCTE DE LES MATRIUS I ESCRITURA DE LA FINAL '
```

```
f = p + 4  
j = 1  
aux = 1  
aux2 = 1  
k = 1
```

```
'inicialització matriu precedències a 0'
```

```
For i = f + 1 To f + t  
  For j = 1 To t  
    Cells(i, j).Value = 0  
  Next j
```



```

        Next i

    i = 1

    While i <= p
        Cells(f + Cells(1 + i, 3).Value, Cells(1 + i, 4).Value).Value =
1
        i = i + 1
    Wend

    For i = 1 To t
        Cells(f + i, i).Value = 1
    Next i

    Do Until aux = 0
        aux = 0

        For i = 1 To t
            For j = 1 To t
                If Cells(f + i, j).Value = 0 Then
                    For k = 1 To t
                        If Cells(f + i, k).Value = 1 And Cells(f + k,
j).Value = 1 Then
                            Cells(f + i, j).Value = 1
                            aux = 1
                            GoTo Seguir
                        End If
                    Next k
                End If
            Next j
        End If

    Seguir:
        Next j
        Next i
    Loop

    ' SUMA DE LES FILES DE LA MATRIU '

    For columna = 1 To t
        Cells(f + t + 1, columna).Value =
Application.WorksheetFunction.Sum(Range(Cells(f, columna), Cells(f + t,
columna)))
    Next

    ' PREPARACIÓ PER L'APLICACIÓ DE L'ALGORISME (ORDENACIÓ PER
PREFERÈNCIES) '

    jj = 1
    ordre = 2

```



```

For aux = 1 To t
  jj = 1
  While jj <= t
    If Cells(f + t + 1, jj).Value = aux Then
      Cells(ordre, 11).Value = Cells(jj + 1, 2).Value
      ordre = ordre + 1
      jj = jj + 1
    ElseIf Cells(f + t + 1, jj).Value <> aux Then
      jj = jj + 1
    End If
  Wend
Next aux

' TROBAR EL MÀXIM DE LES DURADES PER L'HEURÍSTICA '

Max = Cells(2, 2)

For kk = 2 To t + 1
  If Cells(kk, 2).Value > Max Then
    Max = Cells(kk, 2).Value
  ElseIf Cells(kk, 2).Value <= Max Then
    Max = Max
  End If
Next kk

Cells(2, 13).Value = Max

' HEURÍSTICA PER TROBAR UN PRIMER VALOR DE TC '

tcx = Max
nest = e + 1

While nest > e
  td = tcx
  jjj = 2
  nest = 1
  While jjj <= t + 1
    If Cells(jjj, 11).Value <= td Then
      td = td - Cells(jjj, 11).Value
    ElseIf Cells(jjj, 11).Value > td Then
      nest = nest + 1
      td = tcx - Cells(jjj, 11).Value
    End If
    jjj = jjj + 1
  Wend
  tcx = tcx + 1

```



```
Wend
```

```
TC = tcx - 1
Cells(2, 8).Value = TC
```

```
End Sub
```

### A.1.1.2. Heurística 2: “H&B”, Helgeson&Birnie (sin entrelazado)

```
Sub proves()
```

```
p = Cells(3, 8).Value
e = Cells(4, 8).Value
t = Cells(5, 8).Value
```

```
' PRODUCTE DE LES MATRIUS I ESCRIPTURA DE LA FINAL '
```

```
f = p + 4
j = 1
aux = 1
aux2 = 1
k = 1
```

```
' inicialització matriu precedències a 0'
```

```
For i = f + 1 To f + t
  For j = 1 To t
    Cells(i, j).Value = 0
  Next j
Next i
```

```
i = 1
```

```
While i <= p
  Cells(f + Cells(1 + i, 3).Value, Cells(1 + i, 4).Value).Value =
```

```
1
```

```
  i = i + 1
```

```
Wend
```

```
For i = 1 To t
  Cells(f + i, i).Value = 1
Next i
```

```
Do Until aux = 0
  aux = 0
```

```
For i = 1 To t
```



```

    For j = 1 To t
      If Cells(f + i, j).Value = 0 Then
        For k = 1 To t
          If Cells(f + i, k).Value = 1 And Cells(f + k,
j).Value = 1 Then
            Cells(f + i, j).Value = 1
            aux = 1
            GoTo Seguir
          End If
        Next k
      End If
    Next j
  Seguir:
  Next j
  Next i
  Loop

  ' SUMA DE LES FILES DE LA MATRIU '

  For columna = 1 To t
    Cells(f + t + 1, columna).Value =
Application.WorksheetFunction.Sum(Range(Cells(f, columna), Cells(f + t,
columna)))
    Cells(f + t + 2, columna).Value = Cells(f + t + 1,
columna).Value
  Next

  ' TROBAR EL MÀXIM DE LES DURADES PER L'HEURÍSTICA '

  Max = Cells(2, 2)

  For kk = 2 To t + 1
    If Cells(kk, 2).Value > Max Then
      Max = Cells(kk, 2).Value
    ElseIf Cells(kk, 2).Value <= Max Then
      Max = Max
    End If
  Next kk

  Cells(2, 13).Value = Max

  ' ESCRIPTURA DE PESOS '

  For i = 1 To t
    TiemDesp = 0
    For j = i To t
      TiemDesp = TiemDesp + Cells(f + i, j).Value * Cells(1 + j,
2).Value

```





```

        Next j
        Cells(i + 1, 15).Value = TiemDesp
    Next i
    For j = 1 To t
        TiemAntes = 0
        For i = 1 To j
            TiemAntes = TiemAntes + Cells(f + i, j).Value * Cells(1 +
i, 2).Value
        Next i
        Cells(j + 1, 16).Value = TiemAntes
    Next j

    For j = 1 To t
        Cells(j + 1, 24).Value = j
        Cells(j + 1, 25).Value = Cells(j + 1, 2).Value
        Cells(j + 1, 26).Value = Cells(j + 1, 15).Value
    Next j

    'ordenació de la llista de tarees'
    Range(Cells(2, 24), Cells(t + 1, 26)).Select
    Selection.Sort Key1:=Range("Z2"), Order1:=xlDescending,
Header:=xlGuess, _
        OrderCustom:=1,                               MatchCase:=False,
Orientation:=xlTopToBottom, _
        DataOption1:=xlSortNormal

    tcx = Max
    nest = e + 1

    While nest > e

        nest = 0
        td = tcx
        k = 0

        ' restauració vector de preferències '

        For j = 1 To t
            Cells(f + t + 1, j).Value = Cells(f + t + 2, j).Value
        Next

        While k < t
            For i = 1 To t

                If Cells(f + t + 1, Cells(i + 1, 24).Value).Value =
1 And td >= Cells(i + 1, 25).Value Then
                    td = td - Cells(i + 1, 25).Value
                    x = Cells(i + 1, 24).Value

```



```

                For j = 1 To t
                    Cells(f + t + 1, j).Value = Cells(f + t +
1, j).Value - Cells(f + x, j).Value
                Next j
                k = k + 1
            Else
                End If
        Next i
        nest = nest + 1
        td = tcx
    Wend
    tcx = tcx + 1
Wend

    Cells(2, 8).Value = tcx - 1

End Sub

```

## A.1.2. Heurística finalmente utilizada

Después de haber evolucionado con todas las heurísticas anteriores, se llega a la que finalmente ha servido como preproceso para la posterior ejecución de los modelos con el ILOG, que es la anterior pero entrelazada, tal y como se explica en la memoria:

### A.1.2.1. Heurística 2: “H&B”, Helgeson&Birnie (con entrelazado)

```

Sub preprocés_MIX_ready2simulate_final()

    p = Cells(3, 8).Value
    t = Cells(5, 8).Value

    ' PRODUCTE DE LES MATRIUS I ESCRITURA DE LA FINAL '

    f = p + 4
    j = 1
    aux = 1
    aux2 = 1
    k = 1

    'inicialització matriu precedències a 0'

    For i = f + 1 To f + t
        For j = 1 To t
            Cells(i, j).Value = 0
        Next j
    Next i

```



```

        Next i

    i = 1

    While i <= p
        Cells(f + Cells(1 + i, 3).Value, Cells(1 + i, 4).Value).Value =
1
        i = i + 1
    Wend

    For i = 1 To t
        Cells(f + i, i).Value = 1
    Next i

    Do Until aux = 0
        aux = 0

        For i = 1 To t
            For j = 1 To t
                If Cells(f + i, j).Value = 0 Then
                    For k = 1 To t
                        If Cells(f + i, k).Value = 1 And Cells(f + k,
j).Value = 1 Then
                            Cells(f + i, j).Value = 1
                            aux = 1
                            GoTo Seguir
                        End If
                    Next k
                End If
            Next j
        End If

    Seguir:
        Next j
        Next i
    Loop

    ' SUMA DE LES FILES DE LA MATRIU '

    For columna = 1 To t
        Cells(f + t + 1, columna).Value =
Application.WorksheetFunction.Sum(Range(Cells(f, columna), Cells(f + t,
columna)))
        Cells(f + t + 2, columna).Value = Cells(f + t + 1,
columna).Value
    Next

    ' TROBAR EL MÀXIM DE LES DURADES PER L'HEURÍSTICA '

    Max = Cells(2, 2)

```



```

For kk = 2 To t + 1
  If Cells(kk, 2).Value > Max Then
    Max = Cells(kk, 2).Value
  ElseIf Cells(kk, 2).Value <= Max Then
    Max = Max
  End If
Next kk

Cells(2, 22).Value = Max

' ESCRIPURA DE PESOS '

For i = 1 To t
  TiemDesp = 0
  For j = i To t
    TiemDesp = TiemDesp + Cells(f + i, j).Value * Cells(1 + j,
2).Value
  Next j
  Cells(i + 1, 15).Value = TiemDesp
Next i
For j = 1 To t
  TiemAntes = 0
  For i = 1 To j
    TiemAntes = TiemAntes + Cells(f + i, j).Value * Cells(1 +
i, 2).Value
  Next i
  Cells(j + 1, 16).Value = TiemAntes
Next j

' HELGESON '

For j = 1 To t
  Cells(j + 1, 24).Value = j
  Cells(j + 1, 25).Value = Cells(j + 1, 2).Value
  Cells(j + 1, 26).Value = Cells(j + 1, 15).Value
Next j

'ordenació de la llista de tarees'
Range(Cells(2, 24), Cells(t + 1, 26)).Select
Selection.Sort Key1:=Range("Z2"), Order1:=xlDescending,
Header:=xlGuess, _
OrderCustom:=1, MatchCase:=False,
Orientation:=xlTopToBottom, _
DataOption1:=xlSortNormal

For gg = 2 To Cells(2, 13).Value + 1

```



```
tcx = Cells(gg, 22).Value
nest = Cells(gg + 1, 21).Value + 1

While nest > Cells(gg + 1, 21).Value

    nest = 0
    td = tcx
    k = 0

    ' restauració vector de preferències '

    For j = 1 To t
        Cells(f + t + 1, j).Value = Cells(f + t + 2, j).Value
    Next

    While k < t

        For i = 1 To t

            If Cells(f + t + 1, Cells(i + 1, 24).Value).Value =
1 And td >= Cells(i + 1, 25).Value Then
                td = td - Cells(i + 1, 25).Value
                x = Cells(i + 1, 24).Value
                For j = 1 To t
                    Cells(f + t + 1, j).Value = Cells(f + t +
1, j).Value - Cells(f + x, j).Value
                Next j
                k = k + 1
            Else
            End If

        Next i

        nest = nest + 1
        td = tcx

    Wend

    tcx = tcx + 1

Wend

Cells(gg + 1, 22).Value = tcx - 1

Next gg
```



End Sub

### A.1.3. Resultados finales de las heurísticas del preproceso

Como ya se ha comentado, todo el proceso heurístico efectuado en el preproceso tiene la función principal de encontrar una cota superior del de tiempo de ciclo para cada ejemplar de cada problema.

A continuación se adjunta una tabla donde se pueden observar los resultados de este valor de tiempo de ciclo inicial, que se puede comparar con el óptimo, también reflejado, sacado de la web comentada en la memoria.

<b>Problema</b>	<b>Ejemplar</b>	<b>TC obtenido [s]</b>	<b>TC óptimo [s]</b>
<b>Buxey</b>	14	26	25
<b>Buxey</b>	13	28	27
<b>Buxey</b>	12	29	28
<b>Buxey</b>	11	34	32
<b>Buxey</b>	10	35	34
<b>Buxey</b>	9	39	37
<b>Buxey</b>	8	43	41
<b>Buxey</b>	7	49	47
<b>Sawyer</b>	14	25	25
<b>Sawyer</b>	13	28	26
<b>Sawyer</b>	12	30	28
<b>Sawyer</b>	11	32	31
<b>Sawyer</b>	10	35	34



<b>Sawyer</b>	9	40	37
<b>Sawyer</b>	8	43	41
<b>Sawyer</b>	7	49	47
<b>Lutz1</b>	12	1400	1400
<b>Lutz1</b>	11	1400	1400
<b>Lutz1</b>	10	1574	1526
<b>Lutz1</b>	9	1664	1638
<b>Lutz1</b>	8	1946	1860
<b>Gunther</b>	15	42	40
<b>Gunther</b>	14	44	40
<b>Gunther</b>	13	45	42
<b>Gunther</b>	12	46	44
<b>Gunther</b>	11	50	48
<b>Gunther</b>	10	51	50
<b>Gunther</b>	9	58	54
<b>Gunther</b>	8	65	63
<b>Gunther</b>	7	81	72
<b>Gunther</b>	6	84	84
<b>Killbridge</b>	11	55	55
<b>Killbridge</b>	10	57	56
<b>Killbridge</b>	9	63	62
<b>Killbridge</b>	8	71	69



<b>Killbridge</b>	7	81	79
<b>Killbridge</b>	6	93	92
<b>Killbridge</b>	5	112	111
<b>Killbridge</b>	4	139	138
<b>Killbridge</b>	3	186	184
<b>Hahn</b>	10	1775	1775
<b>Hahn</b>	9	1827	1827
<b>Hahn</b>	8	1918	1907
<b>Hahn</b>	7	2336	2336
<b>Hahn</b>	6	2418	2400
<b>Hahn</b>	5	2830	2823
<b>Hahn</b>	4	3699	3677
<b>Hahn</b>	3	4787	4787
<b>Warnecke</b>	29	60	56
<b>Warnecke</b>	28	64	59
<b>Warnecke</b>	27	65	60
<b>Warnecke</b>	26	67	64
<b>Warnecke</b>	25	69	64
<b>Warnecke</b>	24	71	66
<b>Warnecke</b>	23	74	69
<b>Warnecke</b>	22	77	73
<b>Warnecke</b>	21	78	76





<b>Warnecke</b>	20	81	79
<b>Warnecke</b>	19	86	84
<b>Warnecke</b>	18	95	87
<b>Warnecke</b>	17	97	92
<b>Warnecke</b>	16	102	98
<b>Warnecke</b>	15	109	104
<b>Warnecke</b>	14	117	111
<b>Warnecke</b>	13	124	120
<b>Warnecke</b>	12	134	130
<b>Warnecke</b>	11	146	142
<b>Warnecke</b>	10	161	155
<b>Warnecke</b>	9	179	172
<b>Warnecke</b>	8	199	194
<b>Warnecke</b>	7	225	222
<b>Warnecke</b>	6	263	258
<b>Warnecke</b>	5	315	310
<b>Warnecke</b>	4	389	387
<b>Warnecke</b>	3	526	516
<b>Tonge</b>	25	156	156
<b>Tonge</b>	24	156	156
<b>Tonge</b>	23	160	156
<b>Tonge</b>	22	171	162



<b>Tonge</b>	21	177	170
<b>Tonge</b>	20	183	177
<b>Tonge</b>	19	194	186
<b>Tonge</b>	18	202	196
<b>Tonge</b>	17	222	208
<b>Tonge</b>	16	228	221
<b>Tonge</b>	15	240	235
<b>Tonge</b>	14	261	251
<b>Tonge</b>	13	282	271
<b>Tonge</b>	12	299	294
<b>Tonge</b>	11	327	320
<b>Tonge</b>	10	359	352
<b>Tonge</b>	9	399	391
<b>Tonge</b>	8	447	439
<b>Tonge</b>	7	507	502
<b>Tonge</b>	6	589	585
<b>Tonge</b>	5	711	702
<b>Tonge</b>	4	883	878
<b>Tonge</b>	3	1171	1170
<b>Wee-Mag</b>	30	58	56
<b>Wee-Mag</b>	29	64	63
<b>Wee-Mag</b>	28	65	63-64



<b>Wee-Mag</b>	27	65	63-65
<b>Wee-Mag</b>	26	66	65
<b>Wee-Mag</b>	25	67	66
<b>Wee-Mag</b>	24	69	66
<b>Wee-Mag</b>	23	69	66-67
<b>Wee-Mag</b>	22	71	69
<b>Wee-Mag</b>	21	75	72
<b>Wee-Mag</b>	20	83	77
<b>Wee-Mag</b>	19	86	84-85
<b>Wee-Mag</b>	18	89	84-87
<b>Wee-Mag</b>	17	91	89
<b>Wee-Mag</b>	16	97	94
<b>Wee-Mag</b>	15	108	100
<b>Wee-Mag</b>	14	111	108
<b>Wee-Mag</b>	13	117	116
<b>Wee-Mag</b>	12	128	125
<b>Wee-Mag</b>	11	140	137
<b>Wee-Mag</b>	10	152	150
<b>Wee-Mag</b>	9	169	167
<b>Wee-Mag</b>	8	190	188
<b>Wee-Mag</b>	7	217	215
<b>Wee-Mag</b>	6	251	250



<b>Wee-Mag</b>	5	301	300
<b>Wee-Mag</b>	4	376	375
<b>Wee-Mag</b>	3	500	500
<b>Arcus1</b>	22	3691	3691
<b>Arcus1</b>	21	3691	3691
<b>Arcus1</b>	20	4057	3882
<b>Arcus1</b>	19	4160	4068
<b>Arcus1</b>	18	4486	4317
<b>Arcus1</b>	17	4780	4516
<b>Arcus1</b>	16	5000	4850
<b>Arcus1</b>	15	5331	5104
<b>Arcus1</b>	14	5615	5441
<b>Arcus1</b>	13	6154	5864
<b>Arcus1</b>	12	6665	6412
<b>Arcus1</b>	11	7164	7084
<b>Arcus1</b>	10	7826	7580
<b>Arcus1</b>	9	8578	8499
<b>Arcus1</b>	8	9636	9554
<b>Arcus1</b>	7	10879	10826
<b>Arcus1</b>	6	12707	12620
<b>Arcus1</b>	5	15338	15142
<b>Arcus1</b>	4	19076	18297



<b>Arcus1</b>	3	25377	25236
<b>Lutz2</b>	28	19	18
<b>Lutz2</b>	27	20	19
<b>Lutz2</b>	26	21	19
<b>Lutz2</b>	25	21	20
<b>Lutz2</b>	24	22	21
<b>Lutz2</b>	23	23	22
<b>Lutz2</b>	22	24	23
<b>Lutz2</b>	21	25	24
<b>Lutz2</b>	20	26	25
<b>Lutz2</b>	19	28	26
<b>Lutz2</b>	18	28	28
<b>Lutz2</b>	17	31	29
<b>Lutz2</b>	16	32	31
<b>Lutz2</b>	15	34	33
<b>Lutz2</b>	14	36	35
<b>Lutz2</b>	13	39	38
<b>Lutz2</b>	12	42	41
<b>Lutz2</b>	11	47	45
<b>Lutz2</b>	10	50	49
<b>Lutz2</b>	9	55	54
<b>Lutz3</b>	23	78	74



<b>Lutz3</b>	22	79	76
<b>Lutz3</b>	21	83	80
<b>Lutz3</b>	20	89	85
<b>Lutz3</b>	19	90	89
<b>Lutz3</b>	18	99	93
<b>Lutz3</b>	17	106	98
<b>Lutz3</b>	16	107	105
<b>Lutz3</b>	15	113	110
<b>Lutz3</b>	14	124	118
<b>Lutz3</b>	13	131	128
<b>Lutz3</b>	12	142	138
<b>Lutz3</b>	11	156	151
<b>Lutz3</b>	10	171	165
<b>Lutz3</b>	9	187	184
<b>Lutz3</b>	8	213	207
<b>Lutz3</b>	7	238	236
<b>Lutz3</b>	6	276	275
<b>Lutz3</b>	5	331	329
<b>Lutz3</b>	4	418	411
<b>Lutz3</b>	3	549	548
<b>Mukherje</b>	26	171	171
<b>Mukherje</b>	25	175	172



<b>Mukherje</b>	24	182	179
<b>Mukherje</b>	23	192	189
<b>Mukherje</b>	22	202	200
<b>Mukherje</b>	21	210	208
<b>Mukherje</b>	20	222	220
<b>Mukherje</b>	19	228	226
<b>Mukherje</b>	18	241	239
<b>Mukherje</b>	17	254	251
<b>Mukherje</b>	16	272	268
<b>Mukherje</b>	15	289	288
<b>Mukherje</b>	14	314	311
<b>Mukherje</b>	13	329	325
<b>Mukherje</b>	12	361	358
<b>Mukherje</b>	11	393	391
<b>Mukherje</b>	10	424	424
<b>Mukherje</b>	9	474	471
<b>Mukherje</b>	8	534	532
<b>Mukherje</b>	7	625	621
<b>Mukherje</b>	6	706	704
<b>Mukherje</b>	5	844	844
<b>Mukherje</b>	4	1054	1052
<b>Mukherje</b>	3	1403	1403



<b>Arcus2</b>	27	5733	5689
<b>Arcus2</b>	26	6062	5844-5856
<b>Arcus2</b>	25	6223	6085-6106
<b>Arcus2</b>	24	6417	6272-6289
<b>Arcus2</b>	23	6708	6551-6561
<b>Arcus2</b>	22	6973	6839-6859
<b>Arcus2</b>	21	7350	7181-7188
<b>Arcus2</b>	20	7617	7520-7526
<b>Arcus2</b>	19	8009	7920-7928
<b>Arcus2</b>	18	8490	8376-8377
<b>Arcus2</b>	17	8923	8855
<b>Arcus2</b>	16	9546	9412
<b>Arcus2</b>	15	10159	10035
<b>Arcus2</b>	14	10818	10747
<b>Arcus2</b>	13	11656	11570
<b>Arcus2</b>	12	12593	12534
<b>Arcus2</b>	11	13753	13673
<b>Arcus2</b>	10	15131	15040
<b>Arcus2</b>	9	16745	16711
<b>Arcus2</b>	8	18854	18800
<b>Arcus2</b>	7	21496	21486
<b>Arcus2</b>	6	25081	25067





<b>Arcus2</b>	5	30097	30080
<b>Arcus2</b>	4	37615	37600
<b>Arcus2</b>	3	50137	50133
<b>Barthold</b>	15	383	383
<b>Barthold</b>	14	407	403
<b>Barthold</b>	13	437	434
<b>Barthold</b>	12	472	470
<b>Barthold</b>	11	514	513
<b>Barthold</b>	10	565	564
<b>Barthold</b>	9	630	626
<b>Barthold</b>	8	706	705
<b>Barthold</b>	7	808	805
<b>Barthold</b>	6	943	939
<b>Barthold</b>	5	1128	1127
<b>Barthold</b>	4	1409	1409
<b>Barthold</b>	3	1883	1878
<b>Barthold2</b>	51	87	84
<b>Barthold2</b>	50	89	85
<b>Barthold2</b>	49	91	87
<b>Barthold2</b>	48	92	89
<b>Barthold2</b>	47	94	91
<b>Barthold2</b>	46	96	93



<b>Barthold2</b>	45	98	95
<b>Barthold2</b>	44	100	97
<b>Barthold2</b>	43	102	99
<b>Barthold2</b>	42	105	101
<b>Barthold2</b>	41	107	104
<b>Barthold2</b>	40	110	106
<b>Barthold2</b>	39	112	109
<b>Barthold2</b>	38	116	112
<b>Barthold2</b>	37	119	115
<b>Barthold2</b>	36	122	118
<b>Barthold2</b>	35	125	121
<b>Barthold2</b>	34	128	125
<b>Barthold2</b>	33	132	129
<b>Barthold2</b>	32	136	133
<b>Barthold2</b>	31	140	137
<b>Barthold2</b>	30	144	142
<b>Barthold2</b>	29	150	146
<b>Barthold2</b>	28	155	152
<b>Barthold2</b>	27	160	157

Tabla A.1.1. Comparativa resultados heurística inicial con tiempos óptimos



## A.2. Proceso

Dentro de este apartado del proceso se diferencia entre los procedimientos exactos efectuados y las heurísticas posteriores aplicadas. En ambos casos se va a encontrar los diferentes códigos de los archivos que lee el *ILOG*, las hojas de cálculo en las que se apoyan, ya sean de lectura de entrada de datos o de escritura de resultados y los códigos de *visual basic* que sirven para hacer la ejecución de los diferentes modelos.

### A.2.1. Procedimientos exactos

Primero se expone la información referente al modelo jerarquizado global y posteriormente la del jerarquizado sucesivo, acabando con la representación de los resultados obtenidos en esta primera fase.

Se ha creído oportuno plasmar aquí los modelos genéricos que pueden servir para todos los problemas y ejemplares debido a la gran magnitud de datos que hubiera supuesto poner cada uno de ellos, además, teniendo los que se van a adjuntar sólo variarían las cabeceras de los archivos, que se corresponden a las rutas de acceso de los mismos.

En referencia a las hojas de cálculo de *excel*, se plasmará una de entrada como ejemplo así como la totalidad de los resultados en tablas, ya sean de tiempo de ejecución como de valores.

#### A.2.1.1. Modelo jerarquizado global

##### A.2.1.1.1. Modelos de ILOG (extensión mod)

###### A.2.1.1.1.1. Caso para 3 estaciones

```
SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\JERARQUITZAT\nombre_problema\excel_enunciado_ejemplar_prob
lema.xls",1);          /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\JERARQUITZAT\nombre_problema\excel_resultados_ejemplar_pr
oblema.xls",0);          /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];
```



```

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;
int alpha[estacio] from SheetRead(sheetdat,"alpha");

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

int M=min1(TCX-min(i in tasca)duracion[i],TCX-max1(0,duracion_total-
(nbestacio-1)*TCX));

var int x[tepos] in 0..1;          /*Declaració de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    sum (k in carrega)(T[k]*alpha[nbestacio+1-k])

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

forall(j in estacio)
    sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

```



```

forall(i in precedencias)
    sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

forall(j in estacio)
    Z[j]<=T[1];

forall(j in estacio)
    sum(k in carrega)Y[j,k]=1;

forall(k in carrega)
    sum(j in estacio)Y[j,k]=1;

forall(j in estacio)
    forall(k in 2..nbestacio)
        /*Z[j]<=(T[k]+(TCX-(sum(n in tasca)duracion[n]-TCX)/(nbestacio-
1)))*(sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));*/
        /*Z[j]<=(T[k]+(sum(n in tasca)duracion[n])*(sum(p in 1..k-
1)Y[j,p]));*/
        /*Z[j]<=(T[k]+7*(sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));*/
        Z[j]<=(T[k]+M*(sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));
};

display(1 in tepos : x[1] > 0) x[1]; /*opcional: ensenya els valors
d'x diferents de 0*/

SheetWrite (resultats,"B2:B4")(T);
SheetWrite (resultats,"C2:C4")(Z);

```

#### A.2.1.1.1.2. Caso para 4 estaciones

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\JERARQUITZAT\nombre_problema\excel_enunciado_ejemplar_prob
lema.xls",1); /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\JERARQUITZAT\nombre_problema\excel_resultados_ejemplar_pr
oblema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");

```



```

int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;
int alpha[estacio] from SheetRead(sheetdat,"alpha");

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definicio de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

int M=min1(TCX-min(i in tasca)duracion[i],TCX-max1(0,duracion_total-
(nbestacio-1)*TCX));

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    sum (k in carrega)(T[k]*alpha[nbestacio+1-k])

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

```



```

forall(j in estacio)
    Z[j]<=T[1];

forall(j in estacio)
    sum(k in carrega)Y[j,k]=1;

forall(k in carrega)
    sum(j in estacio)Y[j,k]=1;

forall(j in estacio)
    forall(k in 2..nbestacio)
        /*Z[j]<=(T[k]+(TCX-(sum(n in tasca)duracion[n]-TCX)/(nbestacio-
1))*sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));*/
        /*Z[j]<=(T[k]+(sum(n in tasca)duracion[n])*sum(p in 1..k-
1)Y[j,p]));*/
        /*Z[j]<=(T[k]+7*sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));*/
        Z[j]<=(T[k]+M*sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));
};

display(1 in tepos : x[1] > 0) x[1]; /*opcional: ensenya els valors
d'x diferents de 0*/

SheetWrite (resultats,"B2:B5")(T);
SheetWrite (resultats,"C2:C5")(Z);

```

#### A.2.1.1.1.3. Casos para 5 hasta 51 estaciones

Como se puede observar en los dos modelos expuestos (para 3 y 4 estaciones), los modelos del jerarquizado global siguen todos la misma estructura con dos únicas diferencias:

- Las dos primeras líneas, donde cada uno de ellos se tiene que marcar su propia ruta de acceso a los datos de entrada y dónde escribirá sus resultados.
- Las dos últimas líneas, donde se va incrementando el espacio de escritura de las T's y las Z's dependiendo de la magnitud en estaciones del ejemplar en cuestión, quedando:

```

SheetWrite (resultats,"B2:B(n°estaciones+1)") (T);
SheetWrite (resultats,"C2:C(n°estaciones+1)") (Z);

```

Debido a esta monotonía de estructura de los modelos, creemos oportuno no escribir todos los modelos en este anexo, ya que si se quieren consultar también se adjuntan en formato electrónico.



### A.2.1.1.2. Macro de excel con hoja de entrada para la automatización de la resolución con ILOG

Una hoja de entrada de datos estándar para el modelo jerarquizado global es como la que sigue:

Tarea	Duracion	Precedencias	Primera	Ultima	Alpha	proves	pes1	pes2	e	TC	num	dur	pes
1	7	1	3		####	8	228	7	max	25	1	7	228
2	19	1	25		nbprece 36		207	19	14	26	2	19	207
3	15	2	6		####		207	22	13	28	3	15	207
4	5	2	26		tasques 29		192	27	12	29	4	5	192
5	12	3	4		####		187	39	11	34	5	12	187
6	10	4	5		100		176	29	10	35	6	10	176
7	8	5	8		1		168	8	9	39	7	8	168
8	16	5	13				166	84	8	43	8	16	166
9	2	6	8				136	10	7	49	9	2	136
10	6	7	9				134	16			10	6	134
11	21	7	12				117	105			11	21	117
12	10	7	25				110	18			12	10	110
13	9	8	11				105	48			13	9	105
14	4	8	16				103	20			14	4	103
15	14	9	10				100	40			15	14	100
16	7	10	14				99	111			16	7	99
17	14	10	15				96	128			17	14	96
18	17	11	17				92	128			18	17	92
19	10	12	15				86	50			19	10	86
20	16	13	17				82	144			20	16	82
21	1	14	16				76	51			21	1	76
22	9	15	19				75	172			22	9	75
23	25	16	18				66	257			23	25	66
24	14	17	20				41	271			24	14	41
25	14	18	22				34	29			25	14	34
26	2	19	21				32	21			26	2	32
27	10	20	23				30	31			27	10	30
28	7	21	22				27	278			28	7	27
29	20	22	23				20	324			29	20	20
		23	24										
		24	28										
		25	29										
		25	29										
		26	27										
		27	29										
		28	29										

MATRIU OBTINGUDA AMB LA MACRO

Figura A.2.1. Hoja de cálculo entrada datos ILOG

Para la ejecución de los diferentes ejemplares de los modelos en cuestión se ha efectuado una macro de *visual basic* que trabaja en la siguiente hoja de cálculo y que tiene el código que a continuación se adjunta:





**TEMPS DE RESOLUCIÓ: MODEL JERARQUITZAT "BUXEY"**

<b>BUXEY7</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J7.mod	217,5
<b>BUXEY8</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J8.mod	703,797
<b>BUXEY9</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J9.mod	0
<b>BUXEY10</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J10.mod	0
<b>BUXEY11</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J11.mod	0
<b>BUXEY12</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J12.mod	0
<b>BUXEY13</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J13.mod	0
<b>BUXEY14</b>	Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY_J14.mod	0

921,297

Figura A.2.2. Hoja de cálculo salida tiempo

```

Private Sub CommandButton2_Click()

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim ModelFile As String

j = 3

For i = 1 To Cells(2, 13).Value 'S'HA DE MODIFICAR'

    ModelFile =
Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Sheets("Models").Cells(2 + i, j).Value
    Call ILOG2(i, j, ModelFile)
    Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Save
Next i

End Sub

Private Function ILOG2(fila As Integer, columna As Integer, ModelFileName
As String)

Dim ProvaJordi As COPLsolver
Set ProvaJordi = New COPLsolver

Call ProvaJordi.loadInterpretedModelFile(ModelFileName, 0)
ProvaJordi.solve
Sheets("Models").Cells(2 + fila, columna + 1) = ProvaJordi.getTime

```



End Function

Las diferentes hojas de resultados tienen la siguiente apariencia:

	T	Z
TT1	47	47
TT2	47	47
TT3	47	47
TT4	47	47
TT5	46	46
TT6	46	46
TT7	44	44
TT8		
TT9		
TT10		
TT11		
TT12		
TT13		
TT14		

Figura A.2.3. Hoja de cálculo resultados

## A.2.1.2. Modelo jerarquizado sucesivo

### A.2.1.2.1. Modelos de ILOG (extensión mod)

#### A.2.1.2.1.1. Modelo 1

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
;          /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0);          /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

```



```

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaració de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[1]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
        epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(j in estacio)
        Z[j]<=T[1];
};

SheetWrite (resultats,"B2")(T[1]);

```



### A.2.1.2.1.2. Modelo 2

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
int tasc;
int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);

```



```

int M1=TT1-(duracion_total-TT1)/(nbestacio-1);

var int x[tepos] in 0..1;           /*Declaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
  T[2]

subject to {
  forall(i in tasca)
    sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
      sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
      sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    sum(j in estacio)(Y[j,1])=1;

    forall(j in estacio)
      Z[j]<=TT1;

    forall(j in estacio)
      Z[j]<=T[2]+M1*Y[j,1];
};

SheetWrite (resultats,"B3")(T[2]);

```

### A.2.1.2.1.3. Modelo 3

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
;           /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resultados_ejemplar_problema.xls",0);           /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");

```



```

int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]      from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2)/(nbestacio-2);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2)/(nbestacio-2);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaració de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[3]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)

```



```

sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

forall(i in precedencias)
sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

forall(k in 1..2)
sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

forall(j in estacio)
sum(k in 1..2)Y[j,k]<=1;

forall(j in estacio)
Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*(1-Y[j,1]);

forall(j in estacio)
Z[j]<=T[3]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2];
};

SheetWrite (resultats,"B4")(T[3]);

```

#### A.2.1.2.1.4. Modelo 4

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

```



```

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3)/(nbestacio-3);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3)/(nbestacio-3);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3)/(nbestacio-3);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaració de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[4]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..3)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

```





```

forall(j in estacio)
    sum (k in 1..3)Y[j,k]<=1;

forall(j in estacio)
    Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*(1-sum(k in 1..2)Y[j,k]);

forall(j in estacio)
    Z[j]<=T[4]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3];
};

SheetWrite (resultats,"B5")(T[4]);

```

#### A.2.1.2.5. Modelo 5

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

```



```

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4)/(nbestacio-4);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4)/(nbestacio-4);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4)/(nbestacio-4);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4)/(nbestacio-4);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[5]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..4)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..4)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

```



```

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*(1-sum(k in 1..3)Y[j,k]);

forall(j in estacio)
  Z[j]<=T[5]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4];
};

SheetWrite (resultats,"B6")(T[5]);

```

#### A.2.1.2.6. Modelo 6

```

SheetConnection
sheetdat ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
  int tasc;

```



```

    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5)/(nbestacio-5);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5)/(nbestacio-5);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5)/(nbestacio-5);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5)/(nbestacio-5);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5)/(nbestacio-5);

var int x[tepos] in 0..1;           /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[6]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..5)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..5)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

```



```

        Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*(1-sum(k in
1..4)Y[j,k]);

    forall(j in estacio)
        Z[j]<=T[6]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5];
};

SheetWrite (resultats,"B7")(T[6]);

```

#### A.2.1.2.1.7. Modelo 7

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;

```



```

    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6)/(nbestacio-6);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6)/(nbestacio-6);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6)/(nbestacio-6);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6)/(nbestacio-6);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6)/(nbestacio-6);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6)/(nbestacio-6);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[7]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

        forall(j in estacio)
            sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

        forall(i in precedencias)
            sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

        forall(k in 1..6)
            sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

        forall(j in estacio)

```



```

sum (k in 1..6)Y[j,k]<=1;

forall(j in estacio)
    Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*(1-
sum(k in 1..5)Y[j,k]);

forall(j in estacio)

Z[j]<=T[7]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6];
};

SheetWrite (resultats,"B8")(T[7]);

```

#### A.2.1.2.1.8. Modelo 8

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

```



```

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7)/(nbestacio-7);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[8]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

```





```

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..7)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum(k in 1..7)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*(1-sum(k in 1..6)Y[j,k]);

    forall(j in estacio)

Z[j]<=T[8]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*Y
[j,7];
};

SheetWrite (resultats,"B9")(T[8]);

```

#### A.2.1.2.1.9. Modelo 9

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
;
/*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0);
/*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;

```



```

{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definicio de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8)/(nbestacio-8);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

```



```

minimize
    T[9]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..8)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..8)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*(1-sum(k in 1..7)Y[j,k]);

    forall(j in estacio)

Z[j]<=T[9]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*Y
[j,7]+M8*Y[j,8];
};

SheetWrite (resultats,"B10")(T[9]);

```

#### A.2.1.2.1.10. Modelo 10

```

SheetConnection
sheetdat ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

```



```

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);

```



```

int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9)/(nbestacio-
9);

var int x[tepos] in 0..1;           /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[10]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..9)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..9)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

```



```
Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*(1-sum(k in 1..8)Y[j,k]);
```

```
forall(j in estacio)
```

```
Z[j]<=T[10]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9];
};
```

```
SheetWrite (resultats,"B11")(T[10]);
```

#### A.2.1.2.1.11. Modelo 11

```
SheetConnection
```

```
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
```

```
SheetConnection
```

```
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resultados_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/
```

```
{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];
```

```
{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);
```

```
{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);
```

```
{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);
```

```
{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;
```

```
range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;
```

```
int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");
```

```
{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/
```



```
struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
int          M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
int          M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-
TT10)/(nbestacio-10);
```



```

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
  T[11]

subject to {
  forall(i in tasca)
    sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

  forall(j in estacio)
    sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

  forall(i in precedencias)
    sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

  forall(k in 1..10)
    sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

  forall(j in estacio)
    sum (k in 1..10)Y[j,k]<=1;

  forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*(1-sum(k in 1..9)Y[j,k]);

  forall(j in estacio)

Z[j]<=T[11]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10];
};

SheetWrite (resultats,"B12")(T[11]);

```

#### A.2.1.2.1.12. Modelo 12

```

SheetConnection
sheetdat ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
;          /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0);          /*Access a la fulla EXCEL*/

```





```

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int                parejas2[precedencias,lasparejas]                from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");

```



```

int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
int      M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);
int      M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-
TT11)/(nbestacio-11);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
  T[12]

subject to {
  forall(i in tasca)
    sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

  forall(j in estacio)
    sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

```



```

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..11)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..11)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*(1-sum(k in 1..10)Y[j,k]);

    forall(j in estacio)

Z[j]<=T[12]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11];
};

SheetWrite (resultats,"B13")(T[12]);

```

#### A.2.1.2.1.13. Modelo 13

```

SheetConnection
sheetdat ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
;
/*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0);
/*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;

```



```

{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definicio de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]          from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);

```



```

int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12)/(nbestacio-12);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[13]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..12)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..12)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

```



```
Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*(1-sum(k in 1..11)Y[j,k]);
```

```
forall(j in estacio)
```

```
Z[j]<=T[13]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12];
};
```

```
SheetWrite (resultats,"B14")(T[13]);
```

#### A.2.1.2.1.14. Modelo 14

```
SheetConnection
```

```
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
```

```
SheetConnection
```

```
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resultados_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/
```

```
{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];
```

```
{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);
```

```
{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);
```

```
{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);
```

```
{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;
```

```
range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;
```

```
int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");
```

```
{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/
```



```

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
int TT13=first(T13);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);

```



```

int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13)/(nbestacio-13);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Declaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
  T[14]

subject to {
  forall(i in tasca)
    sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

  forall(j in estacio)
    sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

  forall(i in precedencias)
    sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

  forall(k in 1..13)
    sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

  forall(j in estacio)
    sum (k in 1..13)Y[j,k]<=1;

  forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*(
1-sum(k in 1..12)Y[j,k]);

  forall(j in estacio)

```





```
Z[j]<=T[14]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13];
};
```

```
SheetWrite (resultats,"B15")(T[14]);
```

#### A.2.1.2.1.15. Modelo 15

```
SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
int tasc;
int est;
};
```



```
{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
int TT13=first(T13);
{int} T14 from SheetRead(resultats,"TT14");
int TT14=first(T14);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
```



```

int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);
int M14=TT14-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14)/(nbestacio-14);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Declaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[15]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
        epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..14)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..14)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*Y
[j,13]+TT14*(1-sum(k in 1..13)Y[j,k]);

    forall(j in estacio)

Z[j]<=T[15]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*

```



```

Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13]+
M14*Y[j,14];
};

```

```
SheetWrite (resultats,"B16")(T[15]);
```

#### A.2.1.2.1.16. Modelo 16

```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
int tasc;
int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

```



```
{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
int TT13=first(T13);
{int} T14 from SheetRead(resultats,"TT14");
int TT14=first(T14);
{int} T15 from SheetRead(resultats,"TT15");
int TT15=first(T15);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
```



```

int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M14=TT14-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);
int M15=TT15-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15)/(nbestacio-15);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Declaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
  T[16]

subject to {
  forall(i in tasca)
    sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

  forall(j in estacio)
    sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

  forall(i in precedencias)
    sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

  forall(k in 1..15)
    sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

  forall(j in estacio)
    sum (k in 1..15)Y[j,k]<=1;

  forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*Y
[j,13]+TT14*Y[j,14]+TT15*(1-sum(k in 1..14)Y[j,k]);

  forall(j in estacio)

```



```
Z[j]<=T[16]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13]+
M14*Y[j,14]+M15*Y[j,15];
};
```

```
SheetWrite (resultats,"B17")(T[16]);
```

#### A.2.1.2.1.17. Modelo 17

```
SheetConnection
sheetdat ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
int tasc;
int est;
};
```



```
{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
int TT13=first(T13);
{int} T14 from SheetRead(resultats,"TT14");
int TT14=first(T14);
{int} T15 from SheetRead(resultats,"TT15");
int TT15=first(T15);
{int} T16 from SheetRead(resultats,"TT16");
int TT16=first(T16);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
```





```

int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M14=TT14-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M15=TT15-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);
int M16=TT16-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16)/(nbestacio-16);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[17]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
        epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..16)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..16)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

```



```
Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*Y[j,13]+TT14*Y[j,14]+TT15*Y[j,15]+TT16*(1-sum(k in 1..15)Y[j,k]);
```

```
forall(j in estacio)
```

```
Z[j]<=T[17]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13]+M14*Y[j,14]+M15*Y[j,15]+M16*Y[j,16];
};
```

```
SheetWrite (resultats,"B18")(T[17]);
```

#### A.2.1.2.1.18. Modelo 18

```
SheetConnection
```

```
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
```

```
SheetConnection
```

```
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resultados_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/
```

```
{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];
```

```
{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);
```

```
{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);
```

```
{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);
```

```
{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;
```

```
range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;
```

```
int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");
```



```
{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
int TT13=first(T13);
{int} T14 from SheetRead(resultats,"TT14");
int TT14=first(T14);
{int} T15 from SheetRead(resultats,"TT15");
int TT15=first(T15);
{int} T16 from SheetRead(resultats,"TT16");
int TT16=first(T16);
{int} T17 from SheetRead(resultats,"TT17");
int TT17=first(T17);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
```



```

int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M14=TT14-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M15=TT15-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M16=TT16-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);
int M17=TT17-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17)/(nbestacio-17);

```

```

var int x[tepos] in 0..1;           /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

```

```

minimize

```

```

    T[18]

```

```

subject to {

```

```

    forall(i in tasca)

```

```

        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

```

```

    forall(j in estacio)

```

```

        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

```



```

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..17)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

    forall(j in estacio)
        sum (k in 1..17)Y[j,k]<=1;

    forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*Y
[j,13]+TT14*Y[j,14]+TT15*Y[j,15]+TT16*Y[j,16]+TT17*(1-sum(k in
1..16)Y[j,k]);

    forall(j in estacio)

Z[j]<=T[18]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13]+
M14*Y[j,14]+M15*Y[j,15]+M16*Y[j,16]+M17*Y[j,17];
};

SheetWrite (resultats,"B19")(T[18]);

```

#### A.2.1.2.1.19. Modelo 19

```

SheetConnection
sheetdat ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats ("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead (sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

```



```
{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int          parejas2[precedencias,lasparejas]    from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasca]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
```



```
int TT13=first(T13);
{int} T14 from SheetRead(resultats,"TT14");
int TT14=first(T14);
{int} T15 from SheetRead(resultats,"TT15");
int TT15=first(T15);
{int} T16 from SheetRead(resultats,"TT16");
int TT16=first(T16);
{int} T17 from SheetRead(resultats,"TT17");
int TT17=first(T17);
{int} T18 from SheetRead(resultats,"TT18");
int TT18=first(T18);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M14=TT14-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M15=TT15-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M16=TT16-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M17=TT17-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
int M18=TT18-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18)/(nbestacio-18);
```



```

var int x[tepos] in 0..1;           /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
  T[19]

subject to {
  forall(i in tasca)
    sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

  forall(j in estacio)
    sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

  forall(i in precedencias)
    sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]>=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

  forall(k in 1..18)
    sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

  forall(j in estacio)
    sum (k in 1..18)Y[j,k]<=1;

  forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*Y
[j,13]+TT14*Y[j,14]+TT15*Y[j,15]+TT16*Y[j,16]+TT17*Y[j,17]+TT18*(1-sum(k in
1..17)Y[j,k]);

  forall(j in estacio)

Z[j]<=T[19]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13]+
M14*Y[j,14]+M15*Y[j,15]+M16*Y[j,16]+M17*Y[j,17]+M18*Y[j,18];
};

SheetWrite (resultats,"B20")(T[19]);

```

#### A.2.1.2.1.20. Modelo 20





```

SheetConnection
sheetdat("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\excel_enunciado_problema.xls",1)
; /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\SUCCESSIU\nombre_problema\ejemplar_problema\excel_resulta
dos_ejemplar_problema.xls",0); /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias; /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] & es<=ultima[i]};
/*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca i*/

struct parella{
int tasc;
int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

{int} T1 from SheetRead(resultats,"TT1");
int TT1=first(T1);
{int} T2 from SheetRead(resultats,"TT2");
int TT2=first(T2);
{int} T3 from SheetRead(resultats,"TT3");
int TT3=first(T3);

```



```
{int} T4 from SheetRead(resultats,"TT4");
int TT4=first(T4);
{int} T5 from SheetRead(resultats,"TT5");
int TT5=first(T5);
{int} T6 from SheetRead(resultats,"TT6");
int TT6=first(T6);
{int} T7 from SheetRead(resultats,"TT7");
int TT7=first(T7);
{int} T8 from SheetRead(resultats,"TT8");
int TT8=first(T8);
{int} T9 from SheetRead(resultats,"TT9");
int TT9=first(T9);
{int} T10 from SheetRead(resultats,"TT10");
int TT10=first(T10);
{int} T11 from SheetRead(resultats,"TT11");
int TT11=first(T11);
{int} T12 from SheetRead(resultats,"TT12");
int TT12=first(T12);
{int} T13 from SheetRead(resultats,"TT13");
int TT13=first(T13);
{int} T14 from SheetRead(resultats,"TT14");
int TT14=first(T14);
{int} T15 from SheetRead(resultats,"TT15");
int TT15=first(T15);
{int} T16 from SheetRead(resultats,"TT16");
int TT16=first(T16);
{int} T17 from SheetRead(resultats,"TT17");
int TT17=first(T17);
{int} T18 from SheetRead(resultats,"TT18");
int TT18=first(T18);
{int} T19 from SheetRead(resultats,"TT19");
int TT19=first(T19);
int M1=TT1-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M2=TT2-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M3=TT3-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M4=TT4-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M5=TT5-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M6=TT6-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M7=TT7-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
```



```

int M8=TT8-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M9=TT9-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M10=TT10-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M11=TT11-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M12=TT12-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M13=TT13-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M14=TT14-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M15=TT15-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M16=TT16-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M17=TT17-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M18=TT18-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);
int M19=TT19-(duracion_total-TT1-TT2-TT3-TT4-TT5-TT6-TT7-TT8-TT9-TT10-TT11-
TT12-TT13-TT14-TT15-TT16-TT17-TT18-TT19)/(nbestacio-19);

var int x[tepos] in 0..1;          /*Declaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[20]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
        epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(k in 1..19)
        sum(j in estacio)(Y[j,k])=1;

```



```

forall(j in estacio)
  sum (k in 1..19)Y[j,k]<=1;

forall(j in estacio)

Z[j]<=TT1*Y[j,1]+TT2*Y[j,2]+TT3*Y[j,3]+TT4*Y[j,4]+TT5*Y[j,5]+TT6*Y[j,6]+TT7
*Y[j,7]+TT8*Y[j,8]+TT9*Y[j,9]+TT10*Y[j,10]+TT11*Y[j,11]+TT12*Y[j,12]+TT13*Y
[j,13]+TT14*Y[j,14]+TT15*Y[j,15]+TT16*Y[j,16]+TT17*Y[j,17]+TT18*Y[j,18]+TT1
9*(1-sum(k in 1..18)Y[j,k]);

forall(j in estacio)

Z[j]<=T[20]+M1*Y[j,1]+M2*Y[j,2]+M3*Y[j,3]+M4*Y[j,4]+M5*Y[j,5]+M6*Y[j,6]+M7*
Y[j,7]+M8*Y[j,8]+M9*Y[j,9]+M10*Y[j,10]+M11*Y[j,11]+M12*Y[j,12]+M13*Y[j,13]+
M14*Y[j,14]+M15*Y[j,15]+M16*Y[j,16]+M17*Y[j,17]+M18*Y[j,18]+M19*Y[j,19];
};

SheetWrite (resultats,"B21")(T[20]);

```

#### A.2.1.2.1.21. Modelo 21 hasta modelo 50

Los modelos que van del 21 al 50 están efectuados y se pueden consultar en formato electrónico. No se incluyen en el anexo ya que las resoluciones efectuadas, ya sean exactas como limitadas temporalmente, no han dado ningún resultado con estos modelos.

#### A.2.1.2.1.22. Añadido modelo final de secuencia

```

/* añadido al final del último modelo de cada ejemplar, para el modelo x */

SheetWrite (resultats,"B(x+2)")(min(r in estacio)Z[r]);
SheetWrite (resultats,"C2:C(x+2)")(Z);

```



**A.2.1.2.2. Macro de excel con hoja de entrada para la automatización de la resolución con ILOG**

Una hoja de entrada de datos estándar para el modelo jerarquizado sucesivo es como la que sigue:

Tarea	Duracion	Precedencias	Primera	Ultima	Alpha	proves	pes1	pes2	e	TC	num	dur	pes
1	7	1	3		####	8	228	7	max	25	1	7	228
2	19	1	25		nbprece 36		207	19	14	26	2	19	207
3	15	2	6		####		207	22	13	28	3	15	207
4	5	2	26		tasques 29		192	27	12	29	4	5	192
5	12	3	4		####		187	39	11	34	5	12	187
6	10	4	5		100		176	29	10	35	6	10	176
7	8	5	8		1		168	8	9	39	7	8	168
8	16	5	13				166	84	8	43	8	16	166
9	2	6	8				136	10	7	49	9	2	136
10	6	7	9				134	16			10	6	134
11	21	7	12				117	105			11	21	117
12	10	7	25				110	18			12	10	110
13	9	8	11				105	48			13	9	105
14	4	8	16				103	20			14	4	103
15	14	9	10				100	40			15	14	100
16	7	10	14				99	111			16	7	99
17	14	10	15				96	128			17	14	96
18	17	11	17				92	128			18	17	92
19	10	12	15				86	50			19	10	86
20	16	13	17				82	144			20	16	82
21	1	14	16				76	51			21	1	76
22	9	15	19				75	172			22	9	75
23	25	16	18				66	257			23	25	66
24	14	17	20				41	271			24	14	41
25	14	18	22				34	29			25	14	34
26	2	19	21				32	21			26	2	32
27	10	20	23				30	31			27	10	30
28	7	21	22				27	278			28	7	27
29	20	22	23				20	324			29	20	20
		23	24										
		24	28										
		25	29										
		25	29										
		26	27										
		27	29										
		28	29										

**MATRIU OBTINGUDA AMB LA MACRO**

Figura A.2.4. Hoja de entrada datos

Para la ejecución de los diferentes ejemplares de los modelos en cuestión se ha efectuado una macro de *visual basic* que trabaja en la siguiente hoja de cálculo y que tiene el código que a continuación se adjunta:



<b>TEMPS DE RESOLUCIÓ: MODEL SUCCESSIU "HAHN"</b>									
	<b>HAHN3</b>	<b>HAHN4</b>	<b>HAHN5</b>	<b>HAHN6</b>	<b>HAHN7</b>	<b>HAHN8</b>	<b>HAHN9</b>	<b>HAHN10</b>	
Z:\PFC\SUCCESSIU\HAHN\HAHN3\MODEL1.mod	2,172	Z:\ 2,141	Z:\ 2,188	Z:\ 2,125	Z:\ 2,203	Z:\ 2,157	Z:\ 2,125	Z:\ 2,14	
Z:\PFC\SUCCESSIU\HAHN\HAHN3\MODEL2.mod	2,078	Z:\ 2,11	Z:\ 2,141	Z:\ 2,11	Z:\ 2,14	Z:\ 2,141	Z:\ 2,172	Z:\ 2,218	
	<b>4,25</b>	Z:\ 2,125	Z:\ 2,11	Z:\ 2,125	Z:\ 2,125	Z:\ 2,141	Z:\ 2,172	Z:\ 2,203	
		<b>6,376</b>	Z:\ 2,109	Z:\ 2,125	Z:\ 2,204	Z:\ 2,14	Z:\ 2,203	Z:\ 2,797	
			<b>8,548</b>	Z:\ 2,141	Z:\ 2,156	Z:\ 2,156	Z:\ 2,688	Z:\ 6,547	
				<b>10,626</b>	Z:\ 2,25	Z:\ 2,172	Z:\ 4,859	Z:\ 3,578	
					<b>13,078</b>	Z:\ 2,156	Z:\ 2,797	Z:\ 2,563	
						<b>15,063</b>	Z:\ 13,406	Z:\ 2,843	
							<b>32,422</b>	Z:\ 6,61	
								<b>31,499</b>	
									<b>121,862</b>
									<b>TOTAL</b>

Figura A.2.5. Hoja de cálculo salida tiempo

```

Private Sub CommandButton2_Click()

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim ModelFile As String

j = 0

For ggg = 1 To Cells(2, 13).Value 'S'HA DE MODIFICAR'

    gg = Cells(2, 13).Value + 3 - ggg
    j = j + 2
    Temps = Cells(gg, 22).Value
    Estacions = Cells(gg, 21).Value

    Workbooks.Open ("Z:\PFC\SUCCESSIU\HAHN\MODELHAHN.xls")
    Workbooks("MODELHAHN.xls").Sheets("Hojal").Cells(2, 8).Value = Temps
    Workbooks("MODELHAHN.xls").Sheets("Hojal").Cells(4, 8).Value = Estacions
    Application.Run "'MODELHAHN.xls'!Hojal.CommandButton1_Click"
    Workbooks("MODELHAHN.xls").Save
    Workbooks("MODELHAHN.xls").Close
    Workbooks("MACROMODELHAHN.xls").Activate

    For i = 1 To Estacions - 1
        ModelFile
        Workbooks("MACROMODELHAHN.xls").Sheets("Models").Cells(2 + i, j).Value =
        Call ILOG2(i, j, ModelFile)
        Workbooks("MACROMODELHAHN.xls").Save
    Next i

Next ggg
    
```



```
End Sub
```

```
Private Function ILOG2(fila As Integer, columna As Integer, ModelFileName  
As String)
```

```
    Dim ProvaJordi As COPLsolver  
    Set ProvaJordi = New COPLsolver
```

```
    Call ProvaJordi.loadInterpretedModelFile(ModelFileName, 0)  
    ProvaJordi.solve
```

```
    Sheets("Models").Cells(2 + fila, columna + 1) = ProvaJordi.getTime
```

```
End Function
```

Las diferentes hojas de resultados tienen la siguiente apariencia:

	T	Z
TT1	47	47
TT2	47	47
TT3	47	47
TT4	47	47
TT5	46	46
TT6	46	46
TT7	44	44
TT8		
TT9		
TT10		
TT11		
TT12		
TT13		
TT14		

Figura A.2.6. Hoja de cálculo salida resultados



## A.2.1.3. Resultados para ambos casos

<b>Problema</b>	<b>Ej.</b>	<b>Modelo</b>	<b>TC obtenido [s]</b>	<b>TC óptimo [s]</b>	<b><math>\delta</math></b>
<b>Buxey</b>	7	Jerarquizado Global	47	47	*
<b>Buxey</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	47	47	*
<b>Buxey</b>	8	Jerarquizado Global	41	41	*
<b>Buxey</b>	8	Jerarquizado Sucesivo	41	41	*
<b>Buxey</b>	9	Jerarquizado Global	37	37	*
<b>Buxey</b>	9	Jerarquizado Sucesivo	37	37	*
<b>Buxey</b>	10	Jerarquizado Sucesivo	34	34	*
<b>Buxey</b>	11	Jerarquizado Sucesivo	32	32	*
<b>Buxey</b>	12	Jerarquizado Sucesivo	28	28	*
<b>Buxey</b>	13	Jerarquizado Sucesivo	27	27	*
<b>Sawyer</b>	7	Jerarquizado Global	47	47	*
<b>Sawyer</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	47	47	*
<b>Sawyer</b>	8	Jerarquizado Sucesivo	41	41	*
<b>Sawyer</b>	9	Jerarquizado Sucesivo	37	37	*
<b>Sawyer</b>	10	Jerarquizado Sucesivo	34	34	*
<b>Sawyer</b>	12	Jerarquizado Sucesivo	28	28	*
<b>Sawyer</b>	13	Jerarquizado Sucesivo	26	26	*
<b>Lutz1</b>	8	Jerarquizado Global	1860	1860	*





<b>Lutz1</b>	8	Jerarquizado Sucesivo	1860	1860	*
<b>Lutz1</b>	9	Jerarquizado Sucesivo	1638	1638	*
<b>Lutz1</b>	10	Jerarquizado Sucesivo	1526	1526	*
<b>Lutz1</b>	11	Jerarquizado Sucesivo	1400	1400	*
<b>Lutz1</b>	12	Jerarquizado Sucesivo	1400	1400	*
<b>Gunther</b>	6	Jerarquizado Global	84	84	*
<b>Gunther</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	84	84	*
<b>Gunther</b>	7	Jerarquizado Global	72	72	*
<b>Gunther</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	72	72	*
<b>Gunther</b>	8	Jerarquizado Global	63	63	*
<b>Gunther</b>	8	Jerarquizado Sucesivo	63	63	*
<b>Gunther</b>	9	Jerarquizado Global	54	54	*
<b>Gunther</b>	9	Jerarquizado Sucesivo	54	54	*
<b>Gunther</b>	10	Jerarquizado Sucesivo	50	50	*
<b>Gunther</b>	11	Jerarquizado Sucesivo	48	48	*
<b>Gunther</b>	12	Jerarquizado Sucesivo	44	44	*
<b>Killbridge</b>	3	Jerarquizado Global	184	184	*
<b>Killbridge</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	184	184	*
<b>Killbridge</b>	4	Jerarquizado Global	138	138	*
<b>Killbridge</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	138	138	*
<b>Killbridge</b>	5	Jerarquizado Global	111	111	*
<b>Killbridge</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	111	111	*



<b>Killbridge</b>	6	Jerarquizado Global	92	92	*
<b>Killbridge</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	92	92	*
<b>Killbridge</b>	7	Jerarquizado Global	79	79	*
<b>Killbridge</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	79	79	*
<b>Hahn</b>	3	Jerarquizado Global	4787	4787	*
<b>Hahn</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	4787	4787	*
<b>Hahn</b>	4	Jerarquizado Global	3677	3677	*
<b>Hahn</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	3677	3677	*
<b>Hahn</b>	5	Jerarquizado Global	2823	2823	*
<b>Hahn</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	2823	2823	*
<b>Hahn</b>	6	Jerarquizado Global	2400	2400	*
<b>Hahn</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	2400	2400	*
<b>Hahn</b>	7	Jerarquizado Global	2336	2336	3,39E-05
<b>Hahn</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	2336	2336	*
<b>Hahn</b>	8	Jerarquizado Global	1907	1907	*
<b>Hahn</b>	8	Jerarquizado Sucesivo	1907	1907	*
<b>Hahn</b>	9	Jerarquizado Global	1827	1827	3,19E-08
<b>Hahn</b>	9	Jerarquizado Sucesivo	1827	1827	*
<b>Hahn</b>	10	Jerarquizado Global	1775	1775	1,25E-06
<b>Hahn</b>	10	Jerarquizado Sucesivo	1775	1775	*
<b>Warnecke</b>	3	Jerarquizado Global	516	516	*
<b>Warnecke</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	516	516	*



<b>Warnecke</b>	4	Jerarquizado Global	387	387	*
<b>Warnecke</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	387	387	*
<b>Warnecke</b>	5	Jerarquizado Global	310	310	3,19E-07
<b>Warnecke</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	310	310	*
<b>Warnecke</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	258	258	*
<b>Tonge</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	1170	1170	*
<b>Tonge</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	878	878	*
<b>Tonge</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	702	702	*
<b>Wee-Mag</b>	3	Jerarquizado Global	500	500	*
<b>Wee-Mag</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	500	500	*
<b>Wee-Mag</b>	4	Jerarquizado Global	375	375	*
<b>Wee-Mag</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	375	375	*
<b>Wee-Mag</b>	5	Jerarquizado Global	300	300	*
<b>Wee-Mag</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	300	300	*
<b>Wee-Mag</b>	6	Jerarquizado Global	250	250	*
<b>Wee-Mag</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	250	250	*
<b>Wee-Mag</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	215	215	*
<b>Lutz2</b>	9	Jerarquizado Global	54	54	*
<b>Lutz2</b>	9	Jerarquizado Sucesivo	54	54	*
<b>Lutz3</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	548	548	*
<b>Lutz3</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	411	411	*
<b>Lutz3</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	329	329	*



<b>Lutz3</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	275	275	*
<b>Lutz3</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	236	236	*
<b>Mukherje</b>	3	Jerarquizado Global	1403	1403	*
<b>Mukherje</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	1403	1403	*
<b>Mukherje</b>	4	Jerarquizado Global	1052	1052	*
<b>Mukherje</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	1052	1052	*
<b>Mukherje</b>	5	Jerarquizado Global	844	844	*
<b>Mukherje</b>	5	Jerarquizado Sucesivo	844	844	*
<b>Mukherje</b>	6	Jerarquizado Global	704	704	*
<b>Mukherje</b>	6	Jerarquizado Sucesivo	704	704	*
<b>Mukherje</b>	7	Jerarquizado Global	621	621	1,59E-09
<b>Mukherje</b>	7	Jerarquizado Sucesivo	621	621	*
<b>Mukherje</b>	9	Jerarquizado Global	471	471	*
<b>Mukherje</b>	10	Jerarquizado Global	424	424	*
<b>Barthold</b>	3	Jerarquizado Global	1878	1878	*
<b>Barthold</b>	3	Jerarquizado Sucesivo	1878	1878	*
<b>Barthold</b>	4	Jerarquizado Global	1409	1409	7,03E-06
<b>Barthold</b>	4	Jerarquizado Sucesivo	1409	1409	*
<b>Barthold</b>	5	Jerarquizado Global	1127	1127	*
<b>Barthold</b>	6	Jerarquizado Global	939	939	*
<b>Barthold</b>	7	Jerarquizado Global	805	805	*

Tabla A.2.1. Resultados resoluciones exactas



## A.2.2. Procedimientos heurísticos

Como ya se ha comentado en la memoria, las heurísticas que se han realizado se pueden dividir en dos grupos: las que se basan en la limitación temporal de la ejecución y las que son totalmente independientes a la resolución exacta (ad hoc). A continuación se va a plasmar una muestra de cada uno de los modelos donde se pueda ver la variación del código llevada a cabo respecto a los adjuntados en el apartado anterior, tanto de los archivos de extensión *mod* como de los códigos de las macros.

Las hojas excel de entrada de datos son las mismas que en el punto anterior y los resultados, tanto temporales como de valores se van a encontrar a continuación.

### A.2.2.1. Heurísticas basadas en la limitación de tiempo de modelos exactos

#### A.2.2.1.1. Modelo jerarquizado global

Para el modelo jerarquizado global, un ejemplo de su nuevo código, limitando el tiempo de ejecución, se adjunta a continuación:

```
SheetConnection sheetdat("Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\BUXEY14.xls",1);
    /*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\PFC\JERARQUITZAT\BUXEY\RESULTATS_BUXEY_J14.xls",0);
    /*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;
float+ alpha[estacio] from SheetRead(sheetdat,"alpha");

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definició de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");
```



```

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] &
es<=ultima[i]}; /*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca
i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

int M=min1(TCX-min(i in tasca)duracion[i],TCX-max1(0,duracion_total-
(nbestacio-1)*TCX));

setting tiLim=18000;

var int x[tepos] in 0..1; /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    sum (k in carrega)(T[k]*alpha[nbestacio+1-k])

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(j in estacio)
        Z[j]<=T[1];

    forall(j in estacio)
        sum(k in carrega)Y[j,k]=1;

    forall(k in carrega)
        sum(j in estacio)Y[j,k]=1;

    forall(j in estacio)
        forall(k in 2..nbestacio)
            /*Z[j]<=(T[k]+(TCX-(sum(n in tasca)duracion[n]-TCX)/(nbestacio-
1))*(sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));*/
            /*Z[j]<=(T[k]+(sum(n in tasca)duracion[n])*(sum(p in 1..k-
1)Y[j,p]));*/
            /*Z[j]<=(T[k]+7*(sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));*/
            Z[j]<=(T[k]+M*(sum(p in 1..k-1)Y[j,p]));
};

display(1 in tepos : x[1] > 0) x[1]; /*opcional: ensenya els valors
d'x diferents de 0*/

SheetWrite (resultats,"B2:B15")(T);
SheetWrite (resultats,"C2:C15")(Z);

```



En referencia a la macro de *visual basic* que ejecuta los modelos, queda de la siguiente manera:

```
Private Sub CommandButton2_Click()

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim ModelFile As String

j = 3

    For i = 1 To Cells(2, 13).Value 'S'HA DE MODIFICAR'

        ModelFile =
Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Sheets("Models").Cells(2 + i, j).Value
        Call ILOG2(i, j, ModelFile)
        Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Save
    Next i

End Sub

Private Function ILOG2(fila As Integer, columna As Integer, ModelFileName
As String)

Dim ProvaJordi As COPLsolver
Set ProvaJordi = New COPLsolver
On Error Resume Next
ProvaJordi.setDefaultErrorReporterSilent (1)
Call ProvaJordi.loadInterpretedModelFile(ModelFileName, 0)
ProvaJordi.solve

    Sheets("Models").Cells(2 + fila, columna + 1) = ProvaJordi.getTime

End Function
```

#### A.2.2.1.2. Modelo jerarquizado sucesivo

Para el modelo jerarquizado sucesivo, un ejemplo de su nuevo código, limitando el tiempo de ejecución, se adjunta a continuación:

```
SheetConnection sheetdat("Z:\F1\WARNECKE\WARNECKE8\MODELWARNECKE.xls",1);
/*Access a la fulla EXCEL*/
SheetConnection
resultats("Z:\F1\WARNECKE\WARNECKE8\RESULTATS_WARNECKE_S8.xls",0);
/*Access a la fulla EXCEL*/

{int} tasca from SheetRead(sheetdat,"Tarea");
int primera[tasca] from SheetRead(sheetdat,"primera");
```



```

int ultima[tasca] from SheetRead(sheetdat,"ultima");
int duracion[tasca] from SheetRead(sheetdat,"Duracion");
int duracion_total=sum(i in tasca)duracion[i];

{int} nbprec from SheetRead(sheetdat,"nbprecedencias");
int nbprecedencias=first(nbprec);

{int} tcc from SheetRead(sheetdat,"TCX");
int TCX=first(tcc);

{int} nbest from SheetRead(sheetdat,"nbestacio");
int nbestacio=first(nbest);

{int} estacio=1..nbestacio;
{int} carrega=1..nbestacio;

range precedencias 1..nbprecedencias;          /*Definicio de conjunts*/
range lasparejas 1..2;

int parejas2[precedencias,lasparejas] from
SheetRead(sheetdat,"Precedencias");

{int} epos[i in tasca]={es|es in estacio: es>=primera[i] &
es<=ultima[i]}; /*interval d'estacions al k es pot assignar la tasca
i*/

struct parella{
    int tasc;
    int est;
};

{parella} tepos={<tasc,est>|tasc in tasca & est in epos[tasc]};

setting tiLim=18000;

var int x[tepos] in 0..1;          /*Delaracio de variables*/
var int T[carrega] in 0..TCX;
var int Y[estacio,carrega] in 0..1;
var int Z[estacio] in 0..TCX;

minimize
    T[1]

subject to {
    forall(i in tasca)
        sum(j in epos[i])x[<i,j>]=1;

    forall(j in estacio)
        sum(i in tasca: j in epos[i])(x[<i,j>])*duracion[i]<=Z[j];

    forall(i in precedencias)
        sum(j in epos[parejas2[i,2]])j*x[<parejas2[i,2],j>]=sum(j in
epos[parejas2[i,1]])j*x[<parejas2[i,1],j>];

    forall(j in estacio)
        Z[j]<=T[1];
};

SheetWrite (resultats,"B2")(T[1]);
SheetWrite (resultats,"C2:C9")(Z);

```





En referencia a la macro de *visual basic* que ejecuta los modelos, queda de la siguiente manera:

```
Private Sub CommandButton2_Click()

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim ModelFile As String

j = 0

For ggg = 1 To Cells(2, 13).Value 'S'HA DE MODIFICAR'

    gg = Cells(2, 13).Value + 3 - ggg
    j = j + 2
    Temps = Cells(gg, 22).Value
    Estacions = Cells(gg, 21).Value

Workbooks.Open ("Z:\PFC\SUCCESSIU\BUXEY\MODELBUXEY.xls")
Workbooks("MODELBUXEY.xls").Sheets("Hojal").Cells(2, 8).Value = Temps
Workbooks("MODELBUXEY.xls").Sheets("Hojal").Cells(4, 8).Value = Estacions
Application.Run "'MODELBUXEY.xls'!Hojal.CommandButton1_Click"
Workbooks("MODELBUXEY.xls").Save
Workbooks("MODELBUXEY.xls").Close
Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Activate

    For i = 1 To Estacions - 1
        ModelFile =
Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Sheets("Models").Cells(2 + i, j).Value
        Call ILOG2(i, j, ModelFile)
        Workbooks("MACROMODELBUXEY.xls").Save
    Next i

Next ggg

End Sub

Private Function ILOG2(fila As Integer, columna As Integer, ModelFileName
As String)

Dim ProvaJordi As COPLsolver
Set ProvaJordi = New COPLsolver
On Error Resume Next
ProvaJordi.setDefaultErrorReporterSilent (1)
Call ProvaJordi.loadInterpretedModelFile(ModelFileName, 0)
ProvaJordi.solve
```



```
Sheets("Models").Cells(2 + fila, column + 1) = ProvaJordi.getTime
```

```
End Function
```

En referencia a las funciones 1 y 2 comentadas en la memoria, consiste en variar la manera de limitar el tiempo según las características concretas de cada una de las funciones, llegando así a plantear dos diferenciadas distribuciones de los 18000 segundos máximos de tiempo de ejecución.

### A.2.2.1.3. Tabla comparativa de resultados (temporales y de valores)

En la siguiente tabla se dan los resultados encontrados con las diferentes resoluciones; se plasman los de los ejemplares que, como mínimo, se han resuelto con el modelo jerarquizado global y con una de las dos funciones que representan al jerarquizado sucesivo.

Las diferentes columnas de la tabla corresponden, respectivamente, al problema, ejemplar, modelo de resolución, función utilizada, tiempo de resolución, tiempo ciclo óptimo, la secuencia de cargas ordenadas obtenidas por nuestra solución y el valor del parámetro  $\delta$ .

Como se podrá observar, no se escriben todas las cargas al detalle, se ha creído conveniente poner sólo en la tabla aquéllas necesarias para poder ver cuál de las alternativas de resolución planteadas da mejor resultado en cada caso concreto.

Cuando sólo se ponga el valor de tiempo de ciclo, querrá decir que el resultado es el mismo para todas las metodologías de resolución tratadas en la tabla.

<i>Prob.</i>	<i>Ej.</i>	<i>Modelo</i>	<i>F</i>	<i>T.res.</i> [s]	<i>T* [s]</i>	<i>Cargas [s]</i>	$\delta$
<b>Buxey</b>	7	J.Global	np	217	47	47	3,57E-08
<b>Buxey</b>	7	J.Sucesivo	1	141	47	47	*
<b>Buxey</b>	7	J.Sucesivo	2	141	47	47	*
<b>Buxey</b>	8	J.Global	np	699	41	41	*
<b>Buxey</b>	8	J.Sucesivo	1	15	41	41	*
<b>Buxey</b>	8	J.Sucesivo	2	15	41	41	*



<b>Buxey</b>	9	J.Global	np	13303	37	37	*
<b>Buxey</b>	9	J.Sucesivo	1	18002	37	37	*
<b>Buxey</b>	9	J.Sucesivo	2	4956	37	37	*
<b>Buxey</b>	10	J.Global	np	18003	34	34-34	0,03
<b>Buxey</b>	10	J.Sucesivo	1	4673	34	34-33	*
<b>Buxey</b>	10	J.Sucesivo	2	4673	34	34-33	*
<b>Buxey</b>	11	J.Global	np	18002	32	32-31	0,03
<b>Buxey</b>	11	J.Sucesivo	1	1294	32	32-30	*
<b>Buxey</b>	11	J.Sucesivo	2	1294	32	32-30	*
<b>Buxey</b>	12	J.Global	np	18002	28	28-28-28-28-28	3,57E-08
<b>Buxey</b>	12	J.Sucesivo	1	1565	28	28-28-28-28-27	*
<b>Buxey</b>	12	J.Sucesivo	2	1565	28	28-28-28-28-27	*
<b>Buxey</b>	13	J.Global	np	18002	27	27-26-26	3,74E-04
<b>Buxey</b>	13	J.Sucesivo	1	1846	27	27-26-25	*
<b>Buxey</b>	13	J.Sucesivo	2	1846	27	27-26-25	*
<b>Buxey</b>	14	J.Global	np	18002	25	25-25	0,04
<b>Buxey</b>	14	J.Sucesivo	1	18000	25	25-24	*
<b>Buxey</b>	14	J.Sucesivo	2	10633	25	25-24	*
<b>Sawyer</b>	7	J.Global	np	3634	47	47	*
<b>Sawyer</b>	7	J.Sucesivo	1	406	47	47	*
<b>Sawyer</b>	7	J.Sucesivo	2	406	47	47	*
<b>Sawyer</b>	8	J.Global	np	18005	41	41	*



<b>Sawyer</b>	8	J.Sucesivo	1	16	41	41	*
<b>Sawyer</b>	8	J.Sucesivo	2	16	41	41	*
<b>Sawyer</b>	9	J.Global	np	18005	37	37-37-36-36-36-36-36-36	2,68E-14
<b>Sawyer</b>	9	J.Sucesivo	1	1596	37	37-37-36-36-36-36-36-35	*
<b>Sawyer</b>	9	J.Sucesivo	2	1596	37	37-37-36-36-36-36-36-35	*
<b>Sawyer</b>	10	J.Global	np	18005	34	34-33-33-33-33	2,97E-08
<b>Sawyer</b>	10	J.Sucesivo	1	5300	34	34-33-33-33-32	*
<b>Sawyer</b>	10	J.Sucesivo	2	5300	34	34-33-33-33-32	*
<b>Sawyer</b>	11	J.Global	np	18002	31	31	*
<b>Sawyer</b>	11	J.Sucesivo	1	18002	31	31	*
<b>Sawyer</b>	11	J.Sucesivo	2	16230	31	31	*
<b>Sawyer</b>	12	J.Global	np	18003	28	28-28-28-28	3,57E-06
<b>Sawyer</b>	12	J.Sucesivo	1	18003	28	28-28-28-27	*
<b>Sawyer</b>	12	J.Sucesivo	2	13904	28	28-28-28-27	*
<b>Sawyer</b>	13	J.Global	np	18003	26	26-26-26	3,88E-04
<b>Sawyer</b>	13	J.Sucesivo	1	5677	26	26-26-25	*
<b>Sawyer</b>	13	J.Sucesivo	2	5677	26	26-26-25	*
<b>Lutz1</b>	8	J.Global	np	145	1860	1860	*
<b>Lutz1</b>	8	J.Sucesivo	1	44	1860	1860	*
<b>Lutz1</b>	8	J.Sucesivo	2	44	1860	1860	*
<b>Lutz1</b>	10	J.Global	np	18001	1526	1526	*
<b>Lutz1</b>	10	J.Sucesivo	1	701	1526	1526	*



<b>Lutz1</b>	10	J.Sucesivo	2	701	1526	1526	*
<b>Lutz1</b>	11	J.Global	np	18002	1400	1400-1400	0,05
<b>Lutz1</b>	11	J.Sucesivo	1	1994	1400	1400-1332	*
<b>Lutz1</b>	11	J.Sucesivo	2	1994	1400	1400-1332	*
<b>Lutz1</b>	12	J.Global	np	18002	1400	1400-1276	0,02
<b>Lutz1</b>	12	J.Sucesivo	1	18002	1400	1400-1254	*
<b>Lutz1</b>	12	J.Sucesivo	2	18000	1400	1400-1254	*
<b>Gunther</b>	6	J.Global	np	2	84	84	*
<b>Gunther</b>	6	J.Sucesivo	1	12	84	84	*
<b>Gunther</b>	6	J.Sucesivo	2	12	84	84	*
<b>Gunther</b>	7	J.Global	np	2765	72	72	*
<b>Gunther</b>	7	J.Sucesivo	1	511	72	72	*
<b>Gunther</b>	7	J.Sucesivo	2	511	72	72	*
<b>Gunther</b>	8	J.Global	np	16890	63	63	*
<b>Gunther</b>	8	J.Sucesivo	1	188	63	63	*
<b>Gunther</b>	8	J.Sucesivo	2	188	63	63	*
<b>Gunther</b>	9	J.Global	np	1674	54	54	*
<b>Gunther</b>	9	J.Sucesivo	1	17	54	54	*
<b>Gunther</b>	9	J.Sucesivo	2	17	54	54	*
<b>Gunther</b>	10	J.Global	np	18002	50	50-49-49-49-49	2E-08
<b>Gunther</b>	10	J.Sucesivo	1	1252	50	50-49-49-49-48	*
<b>Gunther</b>	10	J.Sucesivo	2	1252	50	50-49-49-49-48	*



<b>Gunther</b>	11	J.Global	np	18002	48	48-45-44-44-44-44-44	2,08E-12
<b>Gunther</b>	11	J.Sucesivo	1	3544	48	48-45-44-44-44-44-43	*
<b>Gunther</b>	11	J.Sucesivo	2	3544	48	48-45-44-44-44-44-43	*
<b>Gunther</b>	12	J.Global	np	18003	44	44-42-42-41-41-41	2,27E-10
<b>Gunther</b>	12	J.Sucesivo	1	18000	44	44-42-42-41-41-40-40-39	*
<b>Gunther</b>	12	J.Sucesivo	2	16774	44	44-42-42-41-41-40-40-40	2,3E-14
<b>Gunther</b>	13	J.Global	np	18001	42	42-42-40	4,81E-04
<b>Gunther</b>	13	J.Sucesivo	1	18001	42	42-42-38-38-38-38-38	4,76E-10
<b>Gunther</b>	13	J.Sucesivo	2	17064	42	42-42-38-38-38-38-36	*
<b>Gunther</b>	14	J.Global	np	18001	40	42	5,05
<b>Gunther</b>	14	J.Sucesivo	1	18004	40	40-40-38-38-38-38-38-36	2,5E-14
<b>Gunther</b>	14	J.Sucesivo	2	15878	40	40-40-38-38-38-38-38-37	*
<b>Gunther</b>	15	J.Global	np	18004	40	40-40-39	2,6E-04
<b>Gunther</b>	15	J.Sucesivo	1	18004	40	40-40-38	*
<b>Gunther</b>	15	J.Sucesivo	2	15753	40	40-40-38	*
<b>Killbridge</b>	3	J.Global	np	2	184	184	*
<b>Killbridge</b>	3	J.Sucesivo	1	4	184	184	*
<b>Killbridge</b>	3	J.Sucesivo	2	4	184	184	*
<b>Killbridge</b>	4	J.Global	np	2	138	138	*
<b>Killbridge</b>	4	J.Sucesivo	1	6	138	138	*
<b>Killbridge</b>	4	J.Sucesivo	2	6	138	138	*
<b>Killbridge</b>	5	J.Global	np	3	111	111	*



<b>Killbridge</b>	5	J.Sucesivo	1	8	111	111	*
<b>Killbridge</b>	5	J.Sucesivo	2	8	111	111	*
<b>Killbridge</b>	6	J.Global	np	31	92	92	*
<b>Killbridge</b>	6	J.Sucesivo	1	12	92	92	*
<b>Killbridge</b>	6	J.Sucesivo	2	12	92	92	*
<b>Killbridge</b>	7	J.Global	np	5	79	79	*
<b>Killbridge</b>	7	J.Sucesivo	1	19	79	79	*
<b>Killbridge</b>	7	J.Sucesivo	2	19	79	79	*
<b>Killbridge</b>	8	J.Global	np	18004	69	69	*
<b>Killbridge</b>	8	J.Sucesivo	1	18000	69	69	*
<b>Killbridge</b>	9	J.Global	np	18006	62	62	*
<b>Killbridge</b>	9	J.Sucesivo	1	525	62	62	*
<b>Killbridge</b>	9	J.Sucesivo	2	525	62	62	*
<b>Killbridge</b>	10	J.Global	np	18007	56	56-56-55	*
<b>Killbridge</b>	10	J.Sucesivo	1	18002	56	56-56-56	1,8E-04
<b>Killbridge</b>	10	J.Sucesivo	2	2328	56	56-56-56	1,8E-04
<b>Killbridge</b>	11	J.Global	np	18004	55	55-51-51-51-51-50	1,8E-04
<b>Killbridge</b>	11	J.Sucesivo	1	18002	55	55-51-51-51-51-51	1,8E-04
<b>Killbridge</b>	11	J.Sucesivo	2	13681	55	55-51-50	*
<b>Hahn</b>	3	J.Global	np	2	4787	4787	*
<b>Hahn</b>	3	J.Sucesivo	1	4	4787	4787	*
<b>Hahn</b>	3	J.Sucesivo	2	4	4787	4787	*



<b>Hahn</b>	4	J.Global	np	2	3677	3677	*
<b>Hahn</b>	4	J.Sucesivo	1	6	3677	3677	*
<b>Hahn</b>	4	J.Sucesivo	2	6	3677	3677	*
<b>Hahn</b>	5	J.Global	np	2	2823	2823	*
<b>Hahn</b>	5	J.Sucesivo	1	8	2823	2823	*
<b>Hahn</b>	5	J.Sucesivo	2	8	2823	2823	*
<b>Hahn</b>	6	J.Global	np	2	2400	2400	*
<b>Hahn</b>	6	J.Sucesivo	1	10	2400	2400	*
<b>Hahn</b>	6	J.Sucesivo	2	10	2400	2400	*
<b>Hahn</b>	7	J.Global	np	4	2336	2336-2320-2141	3,39E-05
<b>Hahn</b>	7	J.Sucesivo	1	13	2336	2336-2320-2133	*
<b>Hahn</b>	7	J.Sucesivo	2	13	2336	2336-2320-2133	*
<b>Hahn</b>	8	J.Global	np	77	1907	1907	*
<b>Hahn</b>	8	J.Sucesivo	1	15	1907	1907	*
<b>Hahn</b>	8	J.Sucesivo	2	15	1907	1907	*
<b>Hahn</b>	9	J.Global	np	3	1827	1827-1775-1629-1616-1591	3,19E-08
<b>Hahn</b>	9	J.Sucesivo	1	32	1827	1827-1775-1629-1616-1533	*
<b>Hahn</b>	9	J.Sucesivo	2	32	1827	1827-1775-1629-1616-1533	*
<b>Hahn</b>	10	J.Global	np	6	1775	1775-1629-1616-1555	1,25E-06
<b>Hahn</b>	10	J.Sucesivo	1	31	1775	1775-1629-1616-1533	*





<b>Hahn</b>	10	J.Sucesivo	2	31	1775	1775-1629-1616-1533	*
<b>Warnecke</b>	3	J.Global	np	2	516	516	*
<b>Warnecke</b>	3	J.Sucesivo	1	4	516	516	*
<b>Warnecke</b>	3	J.Sucesivo	2	4	516	516	*
<b>Warnecke</b>	4	J.Global	np	3	387	387	*
<b>Warnecke</b>	4	J.Sucesivo	1	7	387	387	*
<b>Warnecke</b>	4	J.Sucesivo	2	7	387	387	*
<b>Warnecke</b>	5	J.Global	np	3	310	310-310-310-310	*
<b>Warnecke</b>	5	J.Sucesivo	1	12	310	310-310-310-309	*
<b>Warnecke</b>	5	J.Sucesivo	2	12	310	310-310-310-309	*
<b>Warnecke</b>	6	J.Global	np	18002	258	258	*
<b>Warnecke</b>	6	J.Sucesivo	1	2762	258	258	*
<b>Warnecke</b>	6	J.Sucesivo	2	2762	258	258	*
<b>Warnecke</b>	7	J.Global	np	18005	222	222-222	4,5E-03
<b>Warnecke</b>	7	J.Sucesivo	1	18000	222	222-221	*
<b>Warnecke</b>	8	J.Global	np	18005	194	195	0,52
<b>Warnecke</b>	8	J.Sucesivo	1	4345	194	194	*
<b>Warnecke</b>	8	J.Sucesivo	2	4345	194	194	*
<b>Warnecke</b>	9	J.Global	np	18005	172	173-173-173-173-173- 173-172	*
<b>Warnecke</b>	9	J.Sucesivo	1	18003	172	173-173-173-173-173- 173-173	5,78E-13
<b>Warnecke</b>	9	J.Sucesivo	2	13500	172	173-173-173-173-173-	5,78E-13



						173-173	
<b>Warnecke</b>	10	J.Global	np	18004	155	158	1,30
<b>Warnecke</b>	10	J.Sucesivo	1	18002	155	156-156-156-156-156-156	6,41E-11
<b>Warnecke</b>	10	J.Sucesivo	2	15750	155	156-156-156-156-156-155	*
<b>Warnecke</b>	11	J.Global	np	18002	142	145	0,72
<b>Warnecke</b>	11	J.Sucesivo	1	18006	142	144-144	1,44E-02
<b>Warnecke</b>	11	J.Sucesivo	2	15750	142	144-142	*
<b>Warnecke</b>	12	J.Global	np	18002	130	132	1,54
<b>Warnecke</b>	12	J.Sucesivo	1	18004	130	130	*
<b>Warnecke</b>	12	J.Sucesivo	2	13500	130	130	*
<b>Warnecke</b>	13	J.Global	np	18002	120	124	2,51
<b>Warnecke</b>	13	J.Sucesivo	1	18002	120	121-121	0,83
<b>Warnecke</b>	13	J.Sucesivo	2	15750	120	121-120	*
<b>Warnecke</b>	14	J.Global	np	18002	111	115	1,77
<b>Warnecke</b>	14	J.Sucesivo	1	18008	111	113	*
<b>Warnecke</b>	14	J.Sucesivo	2	15750	111	113	*
<b>Warnecke</b>	15	J.Global	np	18002	104	107	0,94
<b>Warnecke</b>	15	J.Sucesivo	1	18009	104	106	*
<b>Warnecke</b>	15	J.Sucesivo	2	15750	104	106	*
<b>Warnecke</b>	16	J.Global	np	18002	98	102	3,03
<b>Warnecke</b>	16	J.Sucesivo	1	18006	98	99	*
<b>Warnecke</b>	16	J.Sucesivo	2	15750	98	99	*



<b>Warnecke</b>	17	J.Global	np	18002	92	95	*
<b>Warnecke</b>	17	J.Sucesivo	1	18003	92	96	1,05
<b>Warnecke</b>	17	J.Sucesivo	2	15750	92	96	1,05
<b>Warnecke</b>	18	J.Global	np	18002	87	90	*
<b>Warnecke</b>	18	J.Sucesivo	1	18007	87	91	1,11
<b>Warnecke</b>	18	J.Sucesivo	2	15750	87	91	1,11
<b>Wee-Mag</b>	3	J.Global	np	2	500	500	*
<b>Wee-Mag</b>	3	J.Sucesivo	1	5	500	500	*
<b>Wee-Mag</b>	3	J.Sucesivo	2	5	500	500	*
<b>Wee-Mag</b>	4	J.Global	np	4	375	375	*
<b>Wee-Mag</b>	4	J.Sucesivo	1	7	375	375	*
<b>Wee-Mag</b>	4	J.Sucesivo	2	7	375	375	*
<b>Wee-Mag</b>	5	J.Global	np	4	300	300	*
<b>Wee-Mag</b>	5	J.Sucesivo	1	687	300	300	*
<b>Wee-Mag</b>	5	J.Sucesivo	2	687	300	300	*
<b>Wee-Mag</b>	6	J.Global	np	3	250	250	*
<b>Wee-Mag</b>	6	J.Sucesivo	1	27	250	250	*
<b>Wee-Mag</b>	6	J.Sucesivo	2	27	250	250	*
<b>Wee-Mag</b>	7	J.Global	np	18001	215	215-215	4,70E-03
<b>Wee-Mag</b>	7	J.Sucesivo	1	7465	215	215-214	*
<b>Wee-Mag</b>	7	J.Sucesivo	2	7465	215	215-214	*
<b>Wee-Mag</b>	8	J.Global	np	18005	188	188	*



<b>Wee-Mag</b>	8	J.Sucesivo	1	18000	188	188	*
<b>Wee-Mag</b>	9	J.Global	np	18008	167	167-167-167-167-167	*
<b>Wee-Mag</b>	9	J.Sucesivo	1	18000	167	167-167-167-167	5,99E-11
<b>Wee-Mag</b>	11	J.Global	np	18003	137	140	2,20
<b>Wee-Mag</b>	11	J.Sucesivo	1	18004	137	137	*
<b>Wee-Mag</b>	11	J.Sucesivo	2	14213	137	137	*
<b>Wee-Mag</b>	12	J.Global	np	18003	125	128	1,61
<b>Wee-Mag</b>	12	J.Sucesivo	1	18002	125	126-126	7,94E-03
<b>Wee-Mag</b>	12	J.Sucesivo	2	14825	125	126-125	*
<b>Arcus1</b>	3	J.Global	np	3	25236	25238-25235	*
<b>Arcus1</b>	3	J.Sucesivo	1	14	25236	25238-25237	7,85-05
<b>Arcus1</b>	4	J.Global	np	1740	18297	18298	*
<b>Arcus1</b>	4	J.Sucesivo	1	18000	18297	18298	*
<b>Arcus1</b>	5	J.Global	np	18002	15142	15152	0,03
<b>Arcus1</b>	5	J.Sucesivo	1	18003	15142	15147	*
<b>Arcus1</b>	6	J.Global	np	18003	12620	12620	*
<b>Arcus1</b>	6	J.Sucesivo	1	18004	12620	12624	0,03
<b>Arcus1</b>	7	J.Global	np	18005	10826	10851	0,13
<b>Arcus1</b>	7	J.Sucesivo	1	18004	10826	10837	*
<b>Arcus1</b>	8	J.Global	np	18004	9554	9573	0,15
<b>Arcus1</b>	8	J.Sucesivo	1	18004	9554	9559	*
<b>Arcus1</b>	9	J.Global	np	18002	8499	8528-8433	*



<b>Arcus1</b>	9	J.Sucesivo	1	18004	8499	8528-8528	0,01
<b>Arcus1</b>	10	J.Global	np	18002	7580	7683	0,20
<b>Arcus1</b>	10	J.Sucesivo	1	18003	7580	7668	*
<b>Arcus1</b>	11	J.Global	np	18003	7084	7100	0,13
<b>Arcus1</b>	11	J.Sucesivo	1	18003	7084	7091	*
<b>Arcus1</b>	12	J.Global	np	18002	6412	6576	1,20
<b>Arcus1</b>	12	J.Sucesivo	1	18005	6412	6498	*
<b>Arcus1</b>	13	J.Global	np	18002	5864	6094	2,80
<b>Arcus1</b>	13	J.Sucesivo	1	18007	5864	5928	*
<b>Arcus1</b>	16	J.Global	np	18008	4850	4928	0,49
<b>Arcus1</b>	16	J.Sucesivo	1	18005	4850	4904	*
<b>Arcus1</b>	17	J.Global	np	17994	4516	4690	0,99
<b>Arcus1</b>	17	J.Sucesivo	1	18005	4516	4644	*
<b>Lutz2</b>	9	J.Global	np	292	54	54	*
<b>Lutz2</b>	9	J.Sucesivo	1	163	54	54	*
<b>Lutz2</b>	9	J.Sucesivo	2	163	54	54	*
<b>Lutz2</b>	10	J.Global	np	18007	49	49-49-49-49	*
<b>Lutz2</b>	10	J.Sucesivo	1	18000	49	49-49-49	2,04E-10
<b>Lutz2</b>	11	J.Global	np	18006	45	45-45-44	*
<b>Lutz2</b>	11	J.Sucesivo	1	18003	45	45-45-45	2,24E-04
<b>Lutz2</b>	11	J.Sucesivo	2	9062	45	45-45-44	*
<b>Lutz2</b>	12	J.Global	np	18005	41	41-41-41-41-41-41	2,44E-10



<b>Lutz2</b>	12	J.Sucesivo	1	13310	41	41-41-41-41-41-40	*
<b>Lutz2</b>	12	J.Sucesivo	2	13310	41	41-41-41-41-41-40	*
<b>Lutz2</b>	13	J.Global	np	18004	38	38-38-38-38-38	2,66E-08
<b>Lutz2</b>	13	J.Sucesivo	1	9148	38	38-38-38-38-37	*
<b>Lutz2</b>	13	J.Sucesivo	2	9148	38	38-38-38-38-37	*
<b>Lutz2</b>	14	J.Global	np	18003	35	35-35-35-35-35-35-35-35-35-35-35	2,89E-18
<b>Lutz2</b>	14	J.Sucesivo	1	18001	35	35-35-35-35-35-35-35-35-35-35-34	*
<b>Lutz2</b>	14	J.Sucesivo	2	9005	35	35-35-35-35-35-35-35-35-35-35-34	*
<b>Lutz2</b>	15	J.Global	np	18003	33	34	3,06
<b>Lutz2</b>	15	J.Sucesivo	1	18003	33	33	*
<b>Lutz2</b>	15	J.Sucesivo	2	9021	33	33	*
<b>Lutz2</b>	16	J.Global	np	18003	31	31	*
<b>Lutz2</b>	16	J.Sucesivo	1	18003	31	31	*
<b>Lutz2</b>	16	J.Sucesivo	2	9007	31	31	*
<b>Lutz2</b>	17	J.Global	np	18003	29	30-30-30-30-29	*
<b>Lutz2</b>	17	J.Sucesivo	1	18003	29	30-30-30-30-30	3,33E-08
<b>Lutz2</b>	17	J.Sucesivo	2	15752	29	30-30-30-30-30	3,33E-08
<b>Lutz2</b>	18	J.Global	np	18003	28	28-28-28-28-28-27	*
<b>Lutz2</b>	18	J.Sucesivo	1	18003	28	28-28-28-28-28-28	3,61E-10
<b>Lutz2</b>	18	J.Sucesivo	2	16882	28	28-28-28-28-28-28	3,61E-10



<b>Mukherje</b>	3	J.Global	np	3	1403	1403	*
<b>Mukherje</b>	3	J.Sucesivo	1	6	1403	1403	*
<b>Mukherje</b>	4	J.Global	np	4	1052	1052	*
<b>Mukherje</b>	4	J.Sucesivo	1	8	1052	1052	*
<b>Mukherje</b>	5	J.Global	np	4	844	844	*
<b>Mukherje</b>	5	J.Sucesivo	1	11	844	844	*
<b>Mukherje</b>	6	J.Global	np	23	704	704	*
<b>Mukherje</b>	6	J.Sucesivo	1	17	704	704	*
<b>Mukherje</b>	7	J.Global	np	17	621	621-621-621-621-621	1,59E-09
<b>Mukherje</b>	7	J.Sucesivo	1	77	621	621-621-621-621-620	*
<b>Mukherje</b>	9	J.Global	np	728	471	471	*
<b>Mukherje</b>	9	J.Sucesivo	1	18002	471	471	*
<b>Mukherje</b>	10	J.Global	np	158	424	424-421-421-421-421-421	2,36E-11
<b>Mukherje</b>	10	J.Sucesivo	1	18000	424	424-421-421-421-421-420	*
<b>Mukherje</b>	11	J.Global	np	18003	391	392	0,26
<b>Mukherje</b>	11	J.Sucesivo	1	18003	391	391	*
<b>Mukherje</b>	12	J.Global	np	18003	358	361	0,84
<b>Mukherje</b>	12	J.Sucesivo	1	18003	358	358	*
<b>Mukherje</b>	13	J.Global	np	18003	325	329	0,92
<b>Mukherje</b>	13	J.Sucesivo	1	18003	325	326	*
<b>Mukherje</b>	14	J.Global	np	18004	311	314	0,64
<b>Mukherje</b>	14	J.Sucesivo	1	18003	311	312	*



<b>Mukherje</b>	16	J.Global	np	18005	268	271	0,74
<b>Mukherje</b>	16	J.Sucesivo	1	18003	268	269	*
<b>Mukherje</b>	17	J.Global	np	18000	251	252	0,40
<b>Mukherje</b>	17	J.Sucesivo	1	18003	251	251	*
<b>Arcus2</b>	3	J.Global	np	3	50133	50137	6,02E-03
<b>Arcus2</b>	3	J.Sucesivo	1	6	50133	50134	*
<b>Arcus2</b>	4	J.Global	np	4	37600	37603	5,32E-03
<b>Arcus2</b>	4	J.Sucesivo	1	15	37600	37601	*
<b>Arcus2</b>	5	J.Global	np	217	30080	30083	6,72E-03
<b>Arcus2</b>	5	J.Sucesivo	1	102	30080	30081	*
<b>Arcus2</b>	6	J.Global	np	1536	25067	25069-25067	*
<b>Arcus2</b>	6	J.Sucesivo	1	18000	25067	25069	7,98E-05
<b>Arcus2</b>	7	J.Global	np	18003	21486	21489	9,40E-03
<b>Arcus2</b>	7	J.Sucesivo	1	18000	21486	21487	*
<b>Arcus2</b>	8	J.Global	np	18003	18800	18801	*
<b>Arcus2</b>	8	J.Sucesivo	1	18000	18800	18807	0,03
<b>Arcus2</b>	9	J.Global	np	18003	16711	16719	0,03
<b>Arcus2</b>	9	J.Sucesivo	1	18003	16711	16714	*
<b>Arcus2</b>	10	J.Global	np	18003	15040	15086	0,29
<b>Arcus2</b>	10	J.Sucesivo	1	18004	15040	15043	*
<b>Barthold</b>	3	J.Global	np	4	1878	1878	*
<b>Barthold</b>	3	J.Sucesivo	1	7	1878	1878	*





<b>Barthold</b>	3	J.Sucesivo	2	7	1878	1878	*
<b>Barthold</b>	4	J.Global	np	4	1409	1409-1409-1409	7,03E-06
<b>Barthold</b>	4	J.Sucesivo	1	11	1409	1409-1409-1408	*
<b>Barthold</b>	4	J.Sucesivo	2	11	1409	1409-1409-1408	*
<b>Barthold</b>	5	J.Global	np	33	1127	1127	*
<b>Barthold</b>	5	J.Sucesivo	1	18005	1127	1128	0,09
<b>Barthold</b>	5	J.Sucesivo	2	18000	1127	1128	0,09
<b>Barthold</b>	6	J.Global	np	304	939	939	*
<b>Barthold</b>	6	J.Sucesivo	1	18000	939	939	*
<b>Barthold</b>	6	J.Sucesivo	2	9032	939	939	*
<b>Barthold</b>	7	J.Global	np	292	805	805	*
<b>Barthold</b>	7	J.Sucesivo	1	18000	805	805	*
<b>Barthold</b>	7	J.Sucesivo	2	9052	805	805	*
<b>Barthold</b>	9	J.Global	np	18004	626	628	0,16
<b>Barthold</b>	9	J.Sucesivo	1	18010	626	627	*
<b>Barthold</b>	9	J.Sucesivo	2	13394	626	627	*

Tabla A.2.2. Resultados resoluciones con heurísticas de limitación de tiempo

#### A.2.2.2. Heurística independiente de los modelos exactos, adhoc

En la siguiente tabla se dan los resultados encontrados.

Las diferentes columnas de la tabla corresponden, respectivamente, al problema, ejemplar, cargas iniciales obtenidas con heurística inicial de preproceso, cargas finales obtenidas con la heurística desarrollada *Multi-Min-Max* y, finalmente, los valores del parámetro  $\delta$  para la solución inicial y final.



<b>Prob.</b>	<b>Ej.</b>	<b>Cargas iniciales [s]</b>	<b>Cargas finales [s]</b>	<b><math>\delta</math> inicial – <math>\delta</math> final</b>
<b>Buxey</b>	7	49-49-48-48-46-43-41	49-49-48-48-46-43-41	4,2981 – 4,2981
<b>Buxey</b>	10	35-35-34-34-34-34-31- 30-30-27	35-35-34-34-34-34-31- 30-30-27	3,0003 – 3,0003
<b>Sawyer</b>	10	35-35-34-34-34-34-31- 30-30-27	35-35-34-34-34-34-31- 30-30-27	3,0003 – 3,0003
<b>Sawyer</b>	13	28-28-28-28-28-28-27- 26-25-25-23-21-9	28-28-28-28-28-28-27- 26-25-25-23-21-9	7,7704 – 7,7704
<b>Lutz 1</b>	8	1946-1860-1834-1816- 1802-1664-1620-1598	1946-1858-1802-1790- 1780-1702-1664-1598	4,6464 – 4,6451
<b>Lutz1</b>	11	1400-1380-1330-1324- 1310-1290-1282-1246- 1214-1192-1172	1400-1380-1330-1324- 1310-1290-1282-1246- 1214-1192-1172	0,0343 – 0,0343
<b>Gunther</b>	8	65-65-64-64-63-61-59- 42	65-64-63-63-63-62-59- 44	3,2386 – 3,2225
<b>Gunther</b>	11	50-50-49-49-48-48-48- 42-38-32-29	50-50-48-46-46-46-44- 43-43-38-29	4,2719 – 4,2717
<b>Killbridge</b>	6	93-92-92-92-90	93-92-92-92-90	1,0978 – 1,0978
<b>Killbridge</b>	7	81-81-81-81-81-80-67	81-80-79-79-78-78-77	0,0256 – 0,0254

Tabla A.2.3. Resultados resoluciones con heurística adhoc

