

MANUAL DE USUARIO PARA LA ASIGNACIÓN DE PERSONAL POLIFUNCIONAL PARA
LA REDUCCIÓN DE COSTOS ASOCIADOS A LA FUERZA LABORAL EN EL SECTOR
RETAIL UTILIZANDO MODELO PROPUESTO EN AMPL

Ronaldo Caicedo Scarpetta^{a,c}, Sofía Charry Alvernia^{a,c}, Jennifer Izquierdo
Salazar^{a,c}, Sebastián Orjuela Isaza^{a,c}

Daniel Morillo Torres^{b,c}

^a*Estudiante de Ingeniería Industrial*

^b*Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial*

^c*Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia*



INTRODUCCIÓN

El sector retail se ha caracterizado por la alta participación de la fuerza laboral operativa que requiere. En este contexto, factores como la variabilidad de la demanda representa uno de los grandes desafíos a la hora de llevar a cabo la asignación del personal, debido a los problemas de sub y sobredotación que representa. Lo anterior genera incrementos en los costos asociados al recurso humano, así como el deterioro en el nivel de servicio de las empresas.

A continuación, se detalla el paso a paso para dar uso al modelo de programación lineal propuesto, factores a tener en cuenta, forma de disponer los datos, recomendaciones al realizar los pasos, entre otros.



TABLA DE CONTENIDO

I.	REQUISITOS	5
II.	IMPLEMENTACIÓN	5
A.	IDENTIFICACIÓN DE INSTANCIA	5
B.	APERTURA DE ARCHIVOS DE INSTANCIA	5
C.	ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS.....	6
i.	<i>Turnos por tipo de contrato</i>	6
ii.	<i>Habilidades por departamento.....</i>	7
iii.	<i>Habilidades incompatibles (Wi).....</i>	8
iv.	<i>Habilidades múltiples (Wm).....</i>	8
v.	<i>Habilidades por departamento (W[L])</i>	8
vi.	<i>Secuencias de descanso.....</i>	9
vii.	<i>Secuencias de descanso por tipo de contrato N[C]</i>	10
viii.	<i>Hora de inicio del periodo</i>	10
ix.	<i>Hora de finalización del periodo</i>	11
x.	<i>Hora de inicio de turno</i>	11
xi.	<i>Hora de finalización de turno</i>	12
xii.	<i>Horas semanales por tipo de contrato</i>	12
xiii.	<i>Horas diarias por tipo de contrato.....</i>	12
xiv.	<i>Longitud de turno</i>	13
xv.	<i>Demanda</i>	13
xvi.	<i>Costo de subdotación</i>	14
xvii.	<i>Costo de sobredotación.....</i>	14
xviii.	<i>Costo del salario por hora</i>	14
xix.	<i>Costo de capacitación</i>	14
xx.	<i>Costo de penalización</i>	14
xxi.	<i>Nivel de servicio mínimo</i>	15
A.	CONFIGURACIÓN DEL MODELO	15
B.	PASOS PARA LA EJECUCIÓN DEL MODELO	16
i.	<i>Localización de archivos.....</i>	16
ii.	<i>Apertura de archivos.....</i>	16



iii. Ejecución del modelo	16
iv. Eventos durante la ejecución	17
C. RECOMENDACIONES	17



I. REQUISITOS

Para poder comenzar a preparar la información para la implementación del modelo es necesario contar con lo siguiente:

- AMPL con licencia o utilización del servidor NEOS

Asimismo, se recomienda disponer de un equipo con un procesador de alto rendimiento y una memoria RAM de un tamaño mínimo de 8Gb.

Nota: Para más información sobre la descarga de AMPL revisar el siguiente video <https://www.youtube.com/watch?v=-vzrc6BVYTk>

II. IMPLEMENTACIÓN

A. IDENTIFICACIÓN DE INSTANCIA

Para el modelo se tiene la distinción de diferentes tamaños de empresa, es decir la cantidad de departamentos con los que cuenta la empresa. Para efectos del manual, se dará la explicación de la instancia de 4 departamentos.

B. APERTURA DE ARCHIVOS DE INSTANCIA

Una vez identificada la cantidad de departamentos (4), se deben abrir los archivos que se encuentran en el Anexo No.36 que contiene el modelo y los resultados en formato .rar como se puede observar en la Fig No.1.

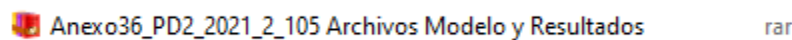


Fig No. 1 Anexo 36

Al dar apertura a este anexo se observarán las siguientes carpetas:

41	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
42	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
43	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
51	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
52	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
53	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
61	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
62	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
63	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
variante 1	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
variante 2	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
variante 3	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos

Fig No. 2 Archivos del Anexo 36



Las carpetas nombradas con números hacen referencia a las instancias generadas, siendo “41” la instancia que hace referencia a cantidad de departamentos igual a 4 y una variación en la demanda del 10%, siendo “42” la instancia que hace referencia a cantidad de departamentos igual a 4 y variación en la demanda del 20%, siendo “53” la instancia que hace referencia a cantidad de departamentos igual a 5 y variación en la demanda del 30%.

Es importante mencionar, que para la implementación del modelo la variación de la demanda no es relevante, puesto que la empresa ya contará con una demanda conocida, por ende, se puede utilizar cualquiera de los 3 archivos que respeten la cantidad de departamentos. En este caso, para la instancia de 4 departamentos los archivos elegibles son los que se pueden visualizar en la Fig No.3.




 41	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
 42	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos
 43	12/01/2022 8:58 p. m.	Carpeta de archivos

Fig No. 3 Archivos de la instancia de 4 departamentos

C. ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS

Para ubicar los parámetros, dentro de la carpeta que se abrió en la sección anterior, se debe dar apertura al archivo .dat (véase Fig No.4), en este se modifican los valores de acuerdo con la realidad de cada empresa.

 Data41.dat	22/11/2021 5:14 p. m.	Archivo DAT
--	-----------------------	-------------

Fig No. 4 Parámetros de la instancia de 4 departamentos

Para la modificación de este archivo se debe dar apertura de la siguiente forma: Clic derecho sobre el archivo/abrir con/bloc de notas (Véase Fig No.5)

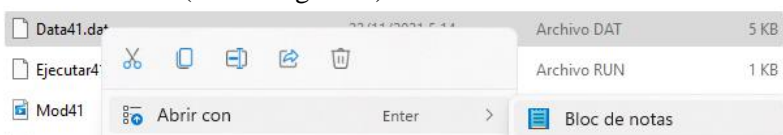


Fig No. 5 Ruta de modificación archivo .dat

i. Turnos por tipo de contrato

El primer dato por introducir serán los turnos por cada tipo de contrato que poseen la nomenclatura de T (Turno) y C (Contrato). Para esto es necesario crear una fila diferente (T) por cada tipo de contrato. En la Fig No.6 se puede observar que existen 8 tipos de contrato, por lo que hay 8 filas. Asimismo, para cada T[C] (Turno por tipo de contrato) se encuentran asignados diferentes números que indican que dicho turno pertenece a ese contrato.



```

set T[1] := 1 5 9 13 17 21 25 28 31 33 35 36;
set T[2] := 1 5 9 13 17 21 25 28 31 33 35 36;
set T[3] := 2 6 10 14 18 22 26 29 32 34;
set T[4] := 2 6 10 14 18 22 26 29 32 34;
set T[5] := 3 7 11 15 19 23 27 30;
set T[6] := 3 7 11 15 19 23 27 30;
set T[7] := 4 8 12 16 20 24;
set T[8] := 4 8 12 16 20 24;

```

Fig No. 6 Turnos por tipo de contrato

Para mayor claridad, en el caso de que la empresa maneje solamente 3 tipos de contrato deberá disponer la información de la siguiente manera:

```

set T[1] := 1 2 3 4 5 ;
set T[2] := 6 7 8;
set T[3] := 2 7 8 1;

```

Fig No. 7 Ejemplo de 3 tipos de contrato en .dat

Asimismo, la Fig No.7 indica que para el tipo de contrato No.1 los turnos asociados son los 1,2,3,4,5 que la empresa deberá tener claridad sobre los horarios a los que se refiere cada tipo de turno (Turno No.1 es aquel que comprende el horario entre las 6:00-10:00am y así para cada turno). El tipo de contrato No.2 en la Fig No.7 indica que los turnos 6,7 y 8 se emplean bajo ese tipo de contratación.

ii. Habilidades por departamento

La figura No.8 hace una numeración de las diferentes habilidades, especificando los departamentos en los cuales se puede desempeñar cada empleado. Se debe tener en cuenta que L hace referencia a los departamentos.

```

set L[1]:= 1;
set L[2]:= 1,2;
set L[3]:= 1,3;
set L[4]:= 1,4;
set L[5]:= 2,1;
set L[6]:= 2;
set L[7]:= 2,3;
set L[8]:= 2,4;
set L[9]:= 3,1;
set L[10]:= 3,2;
set L[11]:= 3;
set L[12]:= 3,4;
set L[13]:= 4,1;
set L[14]:= 4,2;
set L[15]:= 4,3;
set L[16]:= 4;

```

Fig No. 8 Habilidades por departamento en instancia 4

A modo de ejemplificación, L[2] significa que cuando el trabajador posee la habilidad No.2 las personas del departamento 1 pueden ser enviadas al departamento 2; L[8] significa que la habilidad No.8 le permite al departamento No.2 enviar trabajadores al departamento No.4, este tipo de habilidades, más adelante las llamaremos habilidades múltiples (permiten polifuncionalidad).



Mientras que, habilidades como la No.1, No.6, No.11 y No.16 solo permiten que este pueda laborar en un único departamento.

En el caso de desear añadir otra habilidad se debe crear una nueva fila “set L[W]:= “, donde W sería el número de la habilidad y seguido del signo “=” se dispondrían los departamentos en los que puede trabajar.

iii. Habilidades incompatibles (W_i)

Las habilidades incompatibles son aquellos departamentos donde no es posible realizar polifuncionalidad, debido a que las actividades que se desarrollan en él son muy específicas y requieren de un entrenamiento especializado. Estas se establecen en el parámetro W_i (Véase Fig No.9).

```
set Wi := 5 9 13;
```

Fig No. 9 Parámetro W_i en instancia 4

Esto significa que la habilidad No.5 ($L[5]:= 2,1$) no permite que el departamento No.2 le envíe trabajadores al departamento No.1 y así para las habilidades No.9 y No.13. En este caso, se puede observar que dichas incompatibilidades vienen dadas porque el departamento No.1 no puede recibir trabajadores de los otros departamentos, por lo que se debe evitar que se realicen asignaciones provenientes de los otros departamentos haciendo uso de este parámetro.

iv. Habilidades múltiples (W_m)

Las habilidades múltiples son aquellas donde el trabajador puede desempeñarse en dos departamentos, estas fueron mencionadas en el apartado II. Su principal característica es que permiten polifuncionalidad y como se puede observar en la Fig No.10 no incluyen las habilidades incompatibles ni las que permiten solo trabajar en un único departamento.

```
set Wm:= 2 3 4 7 8 10 12 14 15;
```

Fig No. 10 Parámetro de habilidades múltiples en instancia 4

Por lo anterior, en este parámetro se deben de escribir aquellos departamentos en los que los empleados están en capacidad de ser polifuncionales.

v. Habilidades por departamento ($W[L]$)

En este parámetro se escribe una W por cada departamento, por lo que en este caso se cuenta con 4 filas. $W[1]$ se refiere a aquellas habilidades con las que puede contar el departamento No.1, $W[2]$ se refiere a las habilidades compatibles con el departamento No.2 y así para cada $W[L]$.




```

set    W[1]    :=    1      2      3      4;
set    W[2]    :=    2      6      7      8      10      14;
set    W[3]    :=    3      7      10      11      12      15;
set    W[4]    :=    4      8      12      14      15      16;

```

Fig No. 11 Parámetro de habilidades por departamento en instancia 4

Nota: Véase a través de la anterior figura que no se incluyen las habilidades No. 5,9 y 13 puesto que estas son incompatibles.

vi. Secuencias de descanso

Ubicar en el archivo el parámetro param BD, este parámetro hace referencia a los días laborales y de descanso durante el transcurso de la semana, donde 1 indica el día de trabajo y 0 el día de descanso. En este parámetro se deben de escribir todas las posibles opciones de descanso que pueden tener los trabajadores.

param BD:	1	2	3	4	5	6	7:=	Día de la semana
1	0	0	1	1	1	1	1	
2	0	1	0	1	1	1	1	
3	0	1	1	0	1	1	1	
4	0	1	1	1	0	1	1	
5	0	1	1	1	1	0	1	
6	0	1	1	1	1	1	0	
7	1	0	0	1	1	1	1	
8	1	0	1	0	1	1	1	
9	1	0	1	1	0	1	1	
10	1	0	1	1	1	0	1	
11	1	0	1	1	1	1	0	
12	1	1	0	0	1	1	1	
13	1	1	0	1	0	1	1	
14	1	1	0	1	1	0	1	
15	1	1	0	1	1	1	0	
16	1	1	1	0	0	1	1	
17	1	1	1	0	1	0	1	
18	1	1	1	0	1	1	0	
19	1	1	1	1	0	0	1	
20	1	1	1	1	0	1	0	
21	1	1	1	1	1	0	0	
22	1	1	1	1	1	1	0	
23	1	1	1	1	1	0	1	
24	1	1	1	1	0	1	1	
25	1	1	1	0	1	1	1	
26	1	1	0	1	1	1	1	
27	1	0	1	1	1	1	1	
28	0	1	1	1	1	1	1	

Fig No. 12 Parámetro de secuencias de descanso en instancia 4

La primera columna de la Fig No.12 indica la numeración de la secuencia. La secuencia No.2 indica que el trabajador descansa el lunes y miércoles, debido a que tiene un 0 en el día de la semana 1 y 3. Por otra parte, la secuencia No.19 señala el día de descanso el viernes y sábado (5 y 6).

Por lo anterior, si se desea añadir una secuencia donde el trabajador descansa solamente el domingo, se debe eliminar el punto y coma de la última fila y se debe agregar una nueva fila escrita de la siguiente manera:

```

29      1      1      1      1      1      1      1      1;

```



Nota: Se debe conservar el “:=” que se encuentra al lado de los días, dado que de esta forma el programa identifica que corresponden a los días. Asimismo, al finalizar todas las secuencias, se debe culminar todo con “;” para que el programa identifique ese como el último dato del parámetro.

vii. Secuencias de descanso por tipo de contrato N[C]

En el siguiente parámetro se escriben cuales secuencias de descanso aplican para cada tipo de contrato. En este caso, el número que se encuentra en el corchete se refiere al número del tipo de contrato, por lo que la cantidad de filas en este parámetro será igual a la cantidad de tipos de contrato.

```
set N[1] := 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21;
set N[2] := 22 23 24 25 26 27 28;
set N[3] := 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21;
set N[4] := 22 23 24 25 26 27 28;
set N[5] := 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21;
set N[6] := 22 23 24 25 26 27 28;
set N[7] := 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21;
set N[8] := 22 23 24 25 26 27 28;
```

Fig No. 13 Parámetro de secuencias por tipo de contrato en instancia 4

N[1] significa que se pueden asignar las secuencias entre el 1 y el 21 para el tipo de contrato No.1.

N[2] significa que se pueden asignar las secuencias entre el 22 y el 28 para el tipo de contrato No.2

viii. Hora de inicio del periodo

El parámetro de hora de inicio hace referencia a la división del día laboral en horas. La primera columna indica el número del periodo y la segunda su hora de inicio. Como se observa en la figura No.14 el periodo 1 inicia a las 6 am, para este caso se cuenta con 15 periodos iniciando el ultimo a las 20 pm, este parámetro ayuda a reconocer las horas en las que se puede intercambiar personal entre departamentos.

```
param HIP :=
1 6
2 7
3 8
4 9
5 10
6 11
7 12
8 13
9 14
10 15
11 16
12 17
13 18
14 19
15 20;
```

Fig No. 14 Parámetro de hora de inicio del periodo en instancia 4



ix. Hora de finalización del periodo

La hora de finalización del periodo va ligada a la hora de inicio, de esta manera se contabiliza desde la segunda hora del día laboral hasta la hora de cierre, teniendo como en el anterior parámetro 15 periodos, este parámetro como se observa inicia a las 7 am y termina a las 21 pm, estos datos ayudan a reconocer los finales de turno.

```
param HFP :=
1 7
2 8
3 9
4 10
5 11
6 12
7 13
8 14
9 15
10 16
11 17
12 18
13 19
14 20
15 21;
```

Fig No. 15 Parámetro de hora de finalización del periodo en instancia 4

x. Hora de inicio de turno

Este parámetro define el inicio de las combinaciones en las que un contrato puede tomar un turno dependiendo de las horas laborales diarias que tenga cada contrato, como se observa en la figura No.16 existen diferentes turnos que inician a la misma hora y esto se debe a la diferencia de contratos y sus duraciones. En este caso, la primera columna indica el turno y la segunda su hora de inicio (horario militar).

```
param HIT :=
1 6
2 6
3 6
4 6
5 7
6 7
7 7
8 7
9 8
10 8
11 8
12 8
13 9
14 9
15 9
16 9
```

Fig No. 16 Parámetro hora de inicio de turno en instancia 4



xi. Hora de finalización de turno

Este parámetro define la finalización de cada turno, este parámetro depende de las diferentes combinaciones del parámetro anterior pues a pesar de que algunos turnos tienen la misma hora de inicio puede que terminen a diferentes horas.

```
param HFT :=
1  10
2  12
3  14
4  16
5  11
6  13
7  15
8  17
9  12
10 14
11 16
12 18
13 13
14 15
15 17
16 19
17 14
--  --
```

Fig No. 17 Parámetro de finalización de turno en instancia 4

xii. Horas semanales por tipo de contrato

Cada contrato tiene una cantidad de horas laborales semanales distintas, por ende, es necesario el parámetro, el cual define la cota superior de horas laborales a modo de semana por tipo de contrato. La primera columna indica el tipo de contrato y la segunda la cantidad de horas semanales para dicho contrato.

```
param HSC :=
1  20
2  24
3  30
4  36
5  40
6  48
7  50
8  60;
```

Fig No. 18 Parámetro de horas semanales por tipo de contrato

xiii. Horas diarias por tipo de contrato

Como el anterior parámetro cada contrato tiene un número de horas máxima, por lo que la primera columna indica el tipo de contrato y en la segunda columna su equivalente en horas máximas a laborar durante el día.



```

param HDC :=
1  4
2  4
3  6
4  6
5  8
6  8
7  10
8  10;

```

Fig No. 19 Parámetro horas diarias por tipo de contrato en instancia 4

xiv. Longitud de turno

Este parámetro define la duración en horas que posee cada turno. En ejemplo, se observa que a cada turno (primera columna) se le asigna un valor (segunda columna) que corresponde a la cantidad de horas relacionadas a determinado turno.

```

param LT :=
1  4
2  6
3  8
4  10
5  4
6  6
7  8
8  10
9  4
10 6
11 8
12 10
13 4
14 6
15 8
16 10

```

Fig No. 20 Parámetro de longitud de turno en instancia 4

xv. Demanda

La primera fila indica los periodos de la empresa, que en el ejemplo son 15, mientras que la primera columna hace referencia a los días de la semana. Por lo que, si la demanda de personal en el primer periodo y en el día 1 de la semana es de 5, el primer valor de la matriz deberá ser este y así para cada uno de los componentes de la matriz.

```

param DEM:=
[*,*,1]:
  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 :=
1  ② 4 4 6 8 6 6 5 6 6 7 8 9 7 5
2  4 3 7 4 6 5 6 6 6 5 7 7 7 9 4
3  4 4 4 5 6 5 7 6 7 8 5 5 8 9 4
4  4 4 6 7 6 6 5 6 7 6 9 8 9 8 4
5  2 4 7 6 6 6 6 6 6 6 8 9 8 3
6  5 3 6 7 8 8 7 9 9 10 11 11 8 10 5
7  2 5 4 5 11 13 11 8 12 9 12 11 8 9 2

```

Fig No. 21 Parámetro de demanda en instancia 4



xvi. Costo de subdotación

La Fig No.22 muestra el parámetro relacionado con el costo por la existencia de faltantes. Por lo que aquí se debe escribir el valor que implica no contar con el personal suficiente.

```
#COSTO FALTANTE
param CF := 1.20;
```

Fig No. 22 Parámetro de costo de subdotación en instancia 4

xvii. Costo de sobredotación

Este costo hace referencia a los periodos de tiempo donde hay personal en exceso, se presenta en un menor valor que el de faltantes. Por lo que la empresa deberá escribir el valor de contar con personal en exceso.

```
#COSTO EXCESO
param CE := 0.30;
```

Fig No. 23 Parámetro de costo de sobredotación en instancia 4

xviii. Costo del salario por hora

El costo de salario por hora dependiendo el contrato se debe redactar en dólares, esto con el fin de evitar grandes valores al manejar la moneda colombiana, dado que esto puede causar inconvenientes en la resolución del problema al momento de implementar restricciones incluidas en el modelo, por ende, este parámetro depende de la caracterización de cada tipo de contrato y la divisa del dólar. Como en parámetros anteriores, cada fila corresponde al costo del salario por hora de cada tipo de contrato.

```
param CSH :=
1  1.11
2  1.11
3  1.11
4  1.11
5  1.11
6  1.51
7  2.12
8  1.83;
```

Fig No. 24 Parámetro de costo de salario por hora en instancia 4

xix. Costo de capacitación

En este caso, se debe redactar el valor del costo de capacitación convertido en dólares.

```
param CCap=0.02;
```

Fig No. 25 Parámetro de costo de capacitación en instancia 4

xx. Costo de penalización

Costo de penalización se redacta en dólares y es el encargado de penalizar el porcentaje de personal faltante de manera global, esto ayuda a que el modelo tenga un mejor nivel de servicio que el esperado. Este valor lo determina la empresa con el fin de penalizar la existencia de faltantes.



```
param PENALIZACION := 127.75;
```

Fig No. 26 Parámetro de costo de penalización en instancia 4

xxi. Nivel de servicio mínimo

Nivel de servicio mínimo esperado, esta es la cota inferior, la dificultad del problema también depende del nivel de servicio que se quiera manejar, en este caso se espera un nivel de servicio igual o superior al 92%. Sin embargo, su valor se puede adaptar al nivel de servicio que la empresa desee.

```
param Min_NS=0.92;
```

Fig No. 27 Parámetro de nivel de servicio mínimo en instancia 4

A. CONFIGURACIÓN DEL MODELO

Se deben repetir los pasos de la sección B, con el fin de dar apertura al archivo .mod y abrirlo con el bloc de notas siguiendo la misma ruta de acceso que se indicó al inicio de la sección C (Clic derecho sobre el archivo/abrir con/bloc de notas) como se ilustra a continuación:

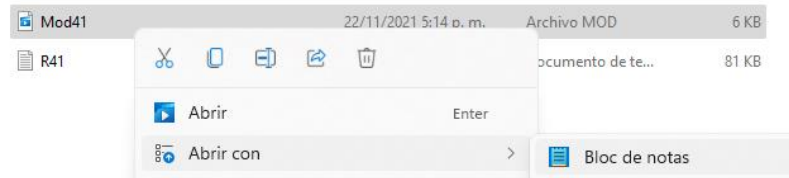


Fig No. 28 Ruta de modificación de archivo .mod

i. Establecimiento de conjuntos

En este caso es necesario modificar únicamente los conjuntos referentes a los tipos de contrato (C), periodos de la empresa (P) y habilidades (H).

```
#CONJUNTOS
set D := {1,2,3,4,5,6,7};
set C := {1..8};
set P := {1..15};
set L1 := {1..4};
set Wg := {1..16};
```

Para realizar el ajuste, se deben modificar los límites. Es decir, si la empresa cuenta con 5 tipos de contrato el parámetro debe quedar de la siguiente manera:

```
Set C := {1..5};
```

Si la cantidad de periodos son 10, entonces el parámetro se debe redactar como se muestra a continuación:

```
Set P := {1..10};
```

Y se debe seguir el mismo esquema para la cantidad de habilidades.



B. PASOS PARA LA EJECUCIÓN DEL MODELO

i. Localización de archivos

Se debe dar apertura a la aplicación de AMPL. Posteriormente se debe ubicar en la zona izquierda los 3 archivos del modelo que se pueden observar tras abrir la carpeta de la Figura No.3 de la instancia como se observa en la siguiente figura:

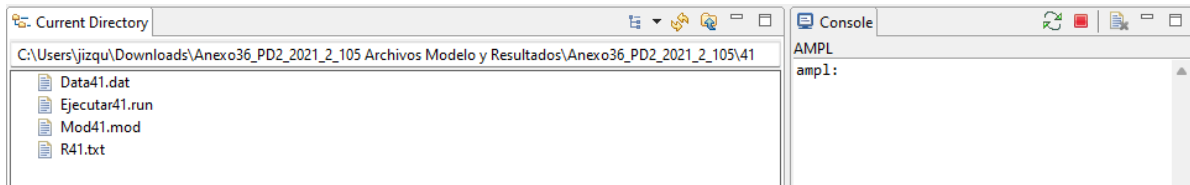


Fig No. 29 Localización de archivos en AMPL

ii. Apertura de archivos

Seguidamente, se debe realizar la apertura de los 3 archivos del modelo, haciendo clic sobre ellos y estos quedarán ubicados en la zona derecha así:

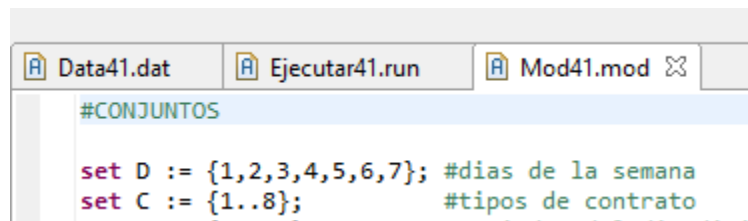


Fig No. 30 Archivos abiertos en AMPL

iii. Ejecución del modelo

Posteriormente, se ubica el cursor sobre el archivo de ejecución llamado “Ejecutar41.run” y se verifica que el nombre de los archivos sea el mismo (Véase figura No.31)

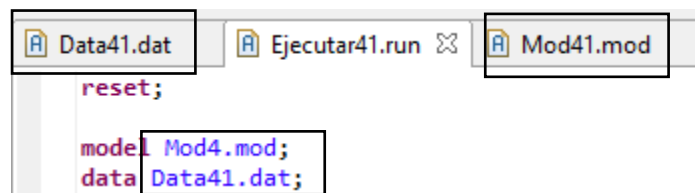


Fig No. 31 Verificación de archivos en AMPL para ejecución

Como se puede observar, en la Figura el nombre del archivo .mod, es diferente, por lo que se hace la modificación para que queden de la misma manera y se guardan los cambios presionando Ctrl+s.

Asimismo, se debe configurar el tiempo de ejecución que va a tener el modelo como se muestra en la Fig No.32.




```

option solver cplex;
option cplex_options 'timelimit=10800 outlev=1 mipdisplay=2';
solve;
display COSTOS, NVS, O, X, PE, PF, PO, R;
display Faltantes, sobrantes, salario, servicio, capacitacion;

```

Finalmente, en la consola se escribe el siguiente comando para comenzar la ejecución:
 “include Ejecutar41.run”

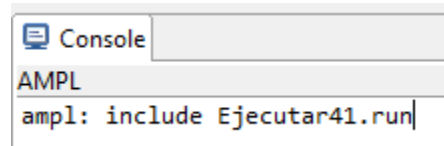


Fig No. 32 Ejecución del programa

iv. Eventos durante la ejecución

```

m method: dynamic search.
mode: deterministic, using up to 8 threads.
xation solution time = 3.66 sec. (1662.11 ticks)

```

Nodes Left	Objective	IIInf	Best Integer	Cuts/ Best Bound	ItCnt	Gap
0	3041.7113	570		3041.7113	32	
0			7114328.8947	3041.7113		99.96%
0			7114264.7513	3041.7113		99.96%
0	3041.7127	721	7114264.7513	Cuts: 76	2023	99.96%

Durante el transcurso de la ejecución, se irán desplegando diferentes filas como muestra la figura anterior. El Gap indica que tan lejos se encuentra de encontrar una mejor solución. Al incrementar el tiempo de cómputo, este valor irá disminuyendo.

C. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener un conocimiento básico en algún lenguaje de programación
- Tener en cuenta que la explicación e interpretación de resultados se encuentra de manera clara y concisa en el documento principal en su respectiva sección.
- Todos los costos deben ser redactados en dólares o en una divisa que no utilice números con muchas cifras, como es el caso colombiano, dado que afectan la ejecución del modelo.
- Un cambio en los parámetros de departamentos implica cambios en los parámetros de habilidades y compatibilidades.
- Si se requiere ejecutar el modelo con diferentes contratos, esto implica generar cambios en las secuencias de días de descanso y turnos durante el día.

