

AIMMS

*Tutorial en una hora
para principiantes*

Noviembre 2007

Universidad Politécnica de Madrid

Miguel Ortega Mier
Alvaro García Sánchez

Copyright © Miguel Ortega Mier y Alvaro García Sánchez
Todos los derechos reservados.

Universidad Politécnica de Madrid
ETSII c/ José Gutiérrez Abascal, 2
28006 Madrid
España
Tel.: +34 913363143
Fax: +34 913363206

Email: miguel.ortega.mier@upm.es y alvaro.garcia@upm.es
WWW: www.iol.etsii.upm.es/aimms.html

ISBN 978-84-612-1155-5

Este texto está basado en el documento original:

AIMMS – a one-hour tutorial for Beginners

Copyright © 1993–2006 Paragon Decision Technology B.V.
Paragon Decision Technology B.V ha expresado su consentimiento para ello.

AIMMS es una marca registrada de Paragon Decision Technology B.V. Otras marcas y respectivos productos son marcas registradas de los respectivos propietarios.

WINDOWS y EXCEL son marcas registradas de Microsoft Corporation. $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, and $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}\text{-}\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ son marcas registradas de la American Mathematical Society. LUCIDA es una marca registrada por Bigelow & Holmes Inc. AROBAT es marca registrada por Adobe Systems Inc.

La información de este documento está sujeta a cambio sin ningún aviso y no representa una obligación por parte de los autores. El software descrito en este documento se proporciona bajo licencia y sólo debe ser usado y copiado de acuerdo a los términos del acuerdo. La documentación no debe, en parte o toda ella, ser copiada, fotocopiada, reproducida, traducida, o transformada a cualquier medio electrónico sin el consentimiento previo, y por escrito, de los autores.

Los autores no garantizan la idoneidad de este documento o de los programas descritos en él para ningún propósito en particular o su idoneidad para obtener ningún resultado en particular. En ningún caso los autores serán responsables de los daños, pérdidas, costes, cargos, reclamaciones, demandas o reclamaciones por perjuicios, honorarios o gastos de ninguna naturaleza, ya sean directos, indirectos, de carácter especial o derivados del uso del manual y los programas descritos.

Además de lo anterior, lo usuarios deben saber que cualquier programa complejo y sus respectiva documentación contienen errores y omisiones. Los autores no tienen el compromiso bajo ninguna circunstancia de proporcionar información o correcciones a los errores y omisiones de este manual y del software descrito en él, tanto si son conocedores de dichos errores y omisiones como si no. Los autores no recomiendan el uso del software descrito en este libro en situaciones donde los errores o las omisiones pueden poner en riesgo vidas humanas o provocar lesiones o pérdidas significativas.

Esta documentación ha sido impresa usando $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ y la familia de fuentes LUCIDA.

Índice general

Índice general	III
1. Introducción	1
2. Qué se puede esperar	3
2.1. Alcance del tutorial de una hora	3
2.2. Descripción del problema y enunciado del modelo	3
2.3. Un vistazo al resultado final	6
3. Construcción del modelo	7
3.1. Empezar un nuevo proyecto	7
3.2. El Model Explorer	8
3.3. Introducción de los conjuntos e índices	9
3.4. Introducción de los parámetros y variables	10
3.5. Introducción de las restricciones y del programa matemático	13
3.6. Otra forma de revisar los identificadores	15
4. Entrada y almacenamiento de los datos	18
4.1. Entrada del conjunto de datos	18
4.2. Entrada de los datos relativos a los parámetros	19
4.3. Almacenamiento de los datos	21
5. Resolución del modelo	24
5.1. Cálculo de la solución	24
6. Construcción de una Página	27
6.1. Creación de una página nueva	27
6.2. Presentación de los datos de entrada	28
6.3. Presentación de los datos de salida	29
6.4. Presentación final de la página	31
7. Análisis <i>what-if</i>	37
7.1. Modificación de los datos de entrada	37

Capítulo 1

Introducción

Existen varias formas mediante las cuales puedes aprender a utilizar AIMMS y llegar a entender de forma básica el entorno de trabajo correspondiente. Las siguientes opciones están disponibles, ya que son parte de la instalación de AIMMS.

Formas de aprender AIMMS ...

- Existen dos *tutoriales* sobre AIMMS que te proporcionan los primeros conocimientos del sistema y de su lenguaje. Existe un tutorial orientado a estudiantes, mientras que también hay otro encaminado a los usuarios profesionales de AIMMS.
- Existe una *librería de modelos* con una gran variedad de ejemplos que ilustran aplicaciones sencillas y avanzadas, junto con aspectos específicos del lenguaje y del interfaz gráfico del usuario.
- Existen tres *libros de referencia* sobre AIMMS, que están disponibles en formato PDF y en papel. Estos libros son *The User's Guide* que te introduce en AIMMS y su entorno de desarrollo, *The Language Reference* que describe el lenguaje de modelado en detalle, y *Optimization Modeling* que te permite familiarizarte con la construcción de modelos.

Como un principiante en lenguajes de modelado de optimización, probablemente no tengas mucho tiempo para aprender otra herramienta para terminar algunos proyectos o deberes. En este caso, concentra tus esfuerzos en este tutorial. Después de finalizar este tutorial, deberías ser capaz de usar AIMMS para construir tus propios modelos sencillos, y de introducir tus propios pequeños conjuntos de datos y poder visualizarlos. El libro *Optimization Modeling* te enseñará algunos trucos interesantes, y te mostrará diferentes ejemplos de modelos de optimización (muchos de ellos no triviales).

... para principiantes

Como profesional en el campo del modelado y la optimización, buscas una herramienta que simplifique tu trabajo así como minimizar el tiempo necesario para construir un modelo y mantenerlo. En esta situación, no puedes evadir el hecho de que inicialmente necesitarás hacer una sustancial inversión en tiempo para poder conocer varias de las características avanzadas que te servirán de herramienta para tu tarea de desarrollador profesional de aplicaciones de optimización. Dependiendo de tus capacidades, experiencia, y hábitos de aprendizaje, deberías hacerte tu propia trayectoria profesional de apren-

... para profesionales

dizaje. A lo largo de este camino te recomendamos hacer el extenso tutorial, diseñado especialmente para profesionales. Este tutorial te proporciona un buen punto de partida, y probablemente despierte tu entusiasmo con respecto a las posibilidades de AIMMS. Los ejemplos individuales que hay en la librería de modelos, junto con algunas secciones de los tres libros, te ofrecerán más pautas sobre cómo usar AIMMS de forma eficaz para construir aplicaciones avanzadas.

El tutorial en una hora para principiantes está diseñado para aprender los mínimos necesarios con los que poder construir modelos simples usando el **Model Explorer** de AIMMS. Los datos se introducen manualmente utilizando las páginas de datos, y el estudiante puede construir una página con objetos para poder visualizar y modificar los datos. El extenso tutorial para profesionales es un minucioso paseo por AIMMS que cubre bastantes características avanzadas de lenguaje más una introducción a todas las herramientas necesarias para construir modelos. Son especialmente interesantes, por ejemplo, el modelado del tiempo empleando conceptos como *horizon* y *calendar*, el uso de cantidades y unidades, la conexión con bases de datos o con DLLs externas, y las funcionalidades avanzadas para crear informes. Aún así, quedan sin atender algunos temas, tales como los relativos a las consideraciones de eficiencia (eficiencia de ejecución, rutinas de manipulación de matrices) o el API de AIMMS.

*Los tutoriales
tienen distinto
alcance*

Capítulo 2

Qué se puede esperar

En este capítulo podrás encontrar un resumen de las tareas que realizarás en este tutorial, un enunciado compacto del modelo base de este tutorial y un vistazo de cómo se mostrarán los datos de salida al final del mismo.

Este capítulo

2.1. Alcance del tutorial de una hora

Una vez que hayas leído la descripción del problema y el enunciado del modelo matemático asociado, se te pedirá que completes una serie de tareas que componen este tutorial en una hora, que son:

Resumen del trabajo

- crear un proyecto nuevo en AIMMS,
- introducir las declaraciones de todos los identificadores necesarios,
- introducir los datos manualmente,
- salvar los datos en un caso,
- construir un procedimiento sencillo,
- construir una página de resultados sencilla con
 - una cabecera,
 - una tabla estándar y dos gráficos de barras con los datos de entrada,
 - una tabla compuesta y un gráfico de barras apiladas con los datos de salida,
 - un botón para ejecutar un procedimiento y
 - un objeto tipo escalar con el valor de la función objetivo,
- hacer un análisis *what-if*.

2.2. Descripción del problema y enunciado del modelo

Desde dos plantas, se envían camiones de cerveza a cinco clientes durante un periodo de tiempo determinado. La capacidad de suministro de cada planta así como la demanda de cada cliente (medido en camiones de cerveza) son conocidas. Los costes de transporte de un camión cargado al desplazarse desde una planta a un cliente también se conocen. El objetivo es encontrar un plan de envíos con el mínimo coste, de acuerdo con el cual desplazar los camiones de

Descripción del modelo

cerveza de tal forma que se satisfaga la demanda y de manera que los envíos no excedan la capacidad de cada planta de cerveza.

En la siguiente tabla se presentan los datos del problema descrito en el párrafo anterior.

Un vistazo a los datos

Clientes Plantas	Coste de transporte unitario					Capacidad
	Madrid	Tarragona	Santander	Albacete	Sevilla	
Caceres	297	831	573	504	264	47
Zamora	248	694	344	499	536	63
Demanda	31	16	22	12	28	

Cuadro 2.1: Datos de entrada del problema de la cerveza

A continuación se enumeran las declaraciones correspondientes a los identificadores necesarios para construir el programa matemático.

Declaraciones de los identificadores

Indices:

- p plantas
- c clientes

Parametros:

- O_p oferta o capacidad de cada planta p
- D_c demanda de cada cliente c
- CT_{pc} coste unitario de transporte desde p a c

VARIABLES:

- x_{pc} camiones transportados desde p a c
- z coste total de transporte



Figura 2.1: La península ibérica

El modelo matemático que sigue permitirá obtener el plan de menor coste para transportar cerveza de tal forma que se cubra la demanda y que los envíos no superen la capacidad disponible.

Model summary

Minimize:

$$z \sum_{pc} CT_{pc} x_{pc}$$

Subject to:

$$\sum_c x_{pc} \leq O_p \quad \forall p$$

$$\sum_p x_{pc} \geq D_c \quad \forall c$$

$$x_{pc} \geq 0 \quad \forall p, c$$

Aunque la notación del modelo anterior con símbolos (nombre de variables, parámetros, etc.) con una única letra es típica de modelos de optimización de pequeño tamaño, no es conveniente utilizarla para representar los modelos en AIMMS. Por el contrario, se utilizarán nombres explícitos de tal forma que se evite la traducción innecesaria de los símbolos. Para modelos grandes, el número de símbolos es igualmente grande, y la utilización de nombres claros permite la comprensión de estos modelos con menor esfuerzo.

Uso de nombres explícitos

2.3. Un vistazo al resultado final

En la Figura 2.2 se puede ver una página de resultados que contiene los datos iniciales y finales asociados al problema del transporte de la cerveza. En el Capítulo 6 podrás construir esta página con las facilidades *point-and-click* que ofrece AIMMS.

Un página de resultados sencilla

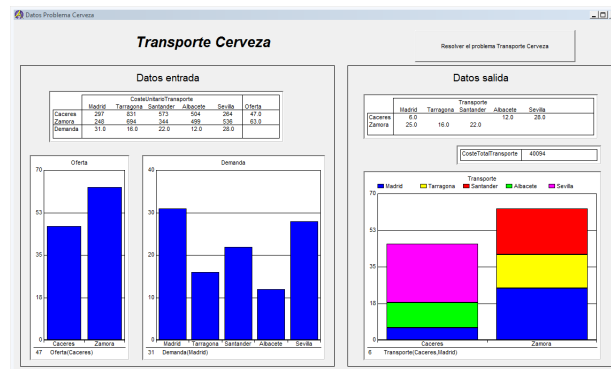


Figura 2.2: An input-output page

Capítulo 3

Construcción del modelo

3.1. Empezar un nuevo proyecto

Utiliza Windows Explorer para crear un directorio para guardar los proyectos de AIMMS. La figura 3.1 te sirve como ilustración.

Crear un directorio

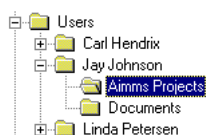


Figura 3.1: Una selección de directorios

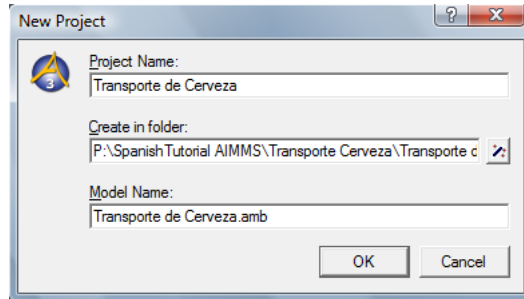
Suponiendo que AIMMS 3 está instalado en tu ordenador, dirígete al directorio que acabas de crear y utiliza los comandos **Nuevo - AIMMS Project File** que aparecen al pinchar con el botón derecho del ratón. De esta manera crearás un proyecto nuevo, que estará vacío.

Crear un nuevo proyecto

Ahora verás la pantalla inicial de AIMMS. Esta pantalla desaparecerá cuando AIMMS haya arrancado y se abrirá la ventana de AIMMS. Normalmente en este punto aparece la ventana de diálogo **Tip of the Day** de AIMMS; ciérrala, porque no es relevante en este momento. La siguiente ventana de diálogo que se muestra en la figura 3.2 aparecerá en la pantalla. Sobre ella tienes que realizar las siguientes acciones:

Dar nombre al proyecto

Escribe 'Transporte de cerveza' como nombre del proyecto, y presiona el botón **OK**.

Figura 3.2: El asistente **New Project**

Después de esto, el **Model Explorer** de AIMMS se abrirá automáticamente.

3.2. El Model Explorer

Cuando se abre por primera vez, el **Model Explorer** de AIMMS se muestra el árbol inicial del modelo, que se muestra en el figura 3.3. En este árbol inicial verás:

Árbol inicial del modelo

- una única *declaration section*, donde podrás guardar las declaraciones que uses en tu modelo,
- el procedimiento predefinido *MainInitialization*, que no es relevante para este tutorial,
- el procedimiento predefinido *MainExecution*, donde tendrás que introducir el código de ejecución necesario para resolver el programa matemático, y
- el procedimiento predefinido *MainTermination*, que de nuevo no es relevante para este tutorial.

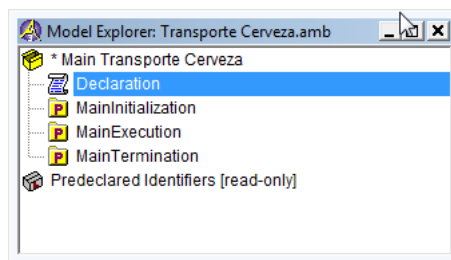




Figura 3.3: Árbol inicial del modelo


3.3. Introducción de los conjuntos e índices

Para declarar los identificadores del modelo, primero tienes que abrir la *declaration section* haciendo doble clic en el icono . Observa que el doble clic hay que hacerlo en el icono y no en el nombre correspondiente, porque si no no obtendrás los resultados esperados. Después de haber abierto la *declaration section*, los botones para insertar identificadores estándar aparecerán activos  en la barra de herramientas.

Abrir la declaration section

Para crear el conjunto de las plantas tienes que seguir las siguientes instrucciones:

Crear el conjunto 'Plantas'

- presiona el botón **Set**  para crear un nuevo identificador de conjunto en el árbol del modelo,
- escribe 'Plantas' como nombre del conjunto, y
- presiona la tecla *Enter* para registrar el nombre.

Ahora, necesitas declarar el índice p como un atributo del conjunto 'Plantas'. Puedes abrir la ventana de características haciendo doble clic en el nodo 'Plantas' en el árbol del modelo. El resultado se parecerá al que se muestra en la figura 3.4.

Abrir su ventana de características

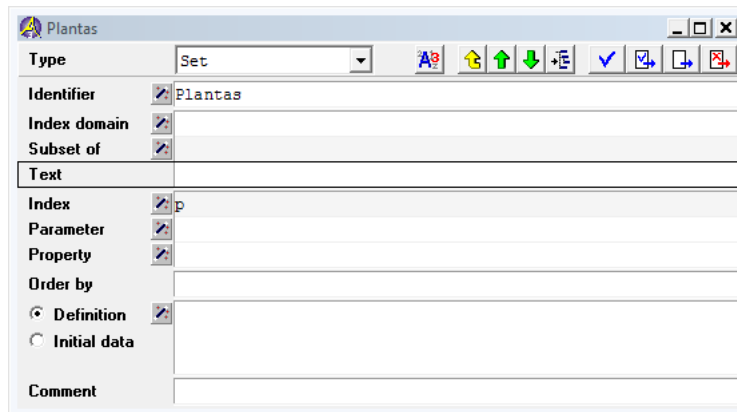



Figura 3.4: La ventana de propiedades del conjunto 'Plantas'

Para declarar el índice p como un atributo del conjunto 'Plantas', sigue las siguientes acciones:

Declaración del índice p

- mueve el cursor al campo 'Index', y haz clic en el campo (vacío) de edición,
- introduce la letra p , y

cierra la ventana de propiedades presionando el botón **Check, Commit and Close** 

Ahora, se crea el conjunto 'Clientes' asociado al índice c de la misma manera que se creó el conjunto 'Plantas' con el índice p . La figura 3.5 muestra el árbol resultante.

Crear el conjunto 'Clientes'

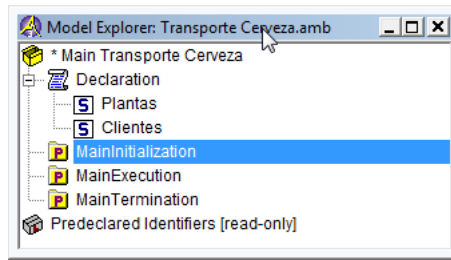



Figura 3.5: Árbol del modelo tras haber introducido los conjuntos

El asterisco que hay a la izquierda del nombre del proyecto indica que los cambios que se han hecho no han sido guardados de momento. Para guardarlos, presiona el botón **Save Project**  en la barra de herramientas.

Guarda los cambios


3.4. Introducción de los parámetros y variables

En esta sección declararás los parámetros y las variables que vas a necesitar en tu modelo. Los conjuntos 'Plantas' y 'Clientes' y sus índices asociados se usarán para especificar el *index domain* de los parámetros y las variables.

Especificación del dominio

La declaración de un parámetro es similar a la declaración de un conjunto. Para introducir el parámetro 'Oferta(p)', debes realizar las siguientes acciones:

Declaración del parámetro 'Oferta'

presiona el botón para introducir un parámetro  en la barra de herramientas y así se creará un parámetro nuevo en el árbol del modelo, Escribe 'Oferta(p)' como nombre del parámetro, y presiona la tecla *Enter* para registrar el nombre.

Fíjate que los paréntesis se usan para añadir el *index domain* p al identificador 'Oferta'.

El parámetro 'Demanda(c)' se puede añadir de la misma forma. Si cometes un error al introducir la información, siempre puedes reeditar el campo haciendo un clic en él.

Declaración del parámetro 'Demanda'

El último parámetro del modelo, 'CosteUnitarioTransporte', es un parámetro de dos dimensiones con *index domain* p, c . Después de haber introducido 'CosteUnitarioTransporte(p,c)', el árbol resultante debería ser el mismo que el que se muestra en la figura 3.6.

Declaración del parámetro 'CosteUnitarioTransporte'

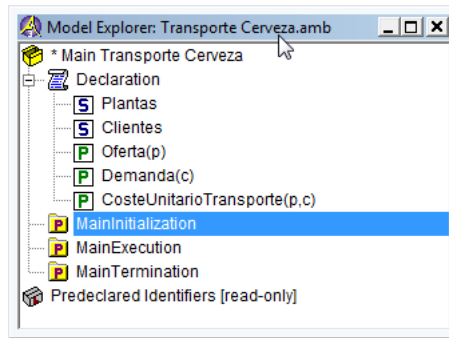




Figura 3.6: Árbol del modelo tras haber introducido los parámetros

La declaración de una variable es similar a la de un parámetro.

Crear la variable 'Transporte'

presiona el botón de variables  en la barra de herramientas y se creará una variable en el árbol del modelo, escribe 'Transporte(p,c)' como nombre de la variable, y presiona la tecla *Enter* para registrar la variable.

Una vez abierta la ventana de características de la variable haciendo doble clic en el nodo 'Transporte' en el árbol, presiona el botón tipo asistente  que está junto al campo 'Range'. La ventana de diálogo resultante te ofrece la oportunidad de especificar el rango de valores que puede tener la variable 'Transporte'. En este caso, selecciona el 'Standard Range' y de los posibles, selecciona 'nonnegative'. Finalmente presiona el botón *OK* (observa la figura 3.7).

Especificar el atributo range

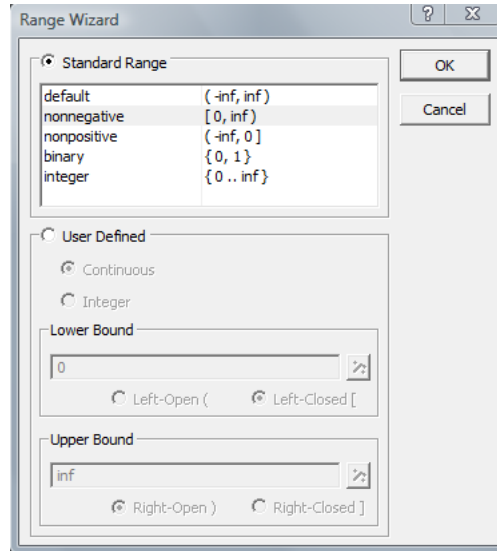


Figura 3.7: El asistente **range wizard** de AIMMS

Probablemente, ya esté claro cómo crear la variable 'CosteTotalTransporte'. Esta variable se utilizará para dar valor a la función objetivo. Después de introducir su nombre, abre la ventana de características de esta variable. No hay necesidad de especificar el rango de esta variable, porque el rango por defecto es suficiente. Ahora tienes que introducir la definición de la variable:


Crear la variable 'CosteTotal-Transporte'

```
sum[ (p,c), UnitTransportCost(p,c) * Transport(p,c) ]
```

Introduce la definición anterior en el campo 'Definition'. Puedes copiar la frase entera sin más, pero puedes dejar hacer a AIMMS que lo escriba por ti. Si consideramos el parámetro 'CosteUnitarioTransporte(p,c)', las siguientes dos características son muy útiles.

Dar valor al atributo 'definition'

- Pulsa la letra *c* or *C*, y pulsa la combinación de teclas *Ctrl-Espacio* para que se autocomplete el nombre.
- Otra opción disponible para ti es arrastrar el nombre 'CosteUnitario-Transporte(p,c)' desde el árbol del modelo al campo en el que está la definición de la variable.

La ventana de características debería tener el mismo contenido que el que se muestra en la figura 3.8. Al presionar el botón **Check, Commit and Close** , puedes verificar si AIMMS acepta la definición que has introducido.

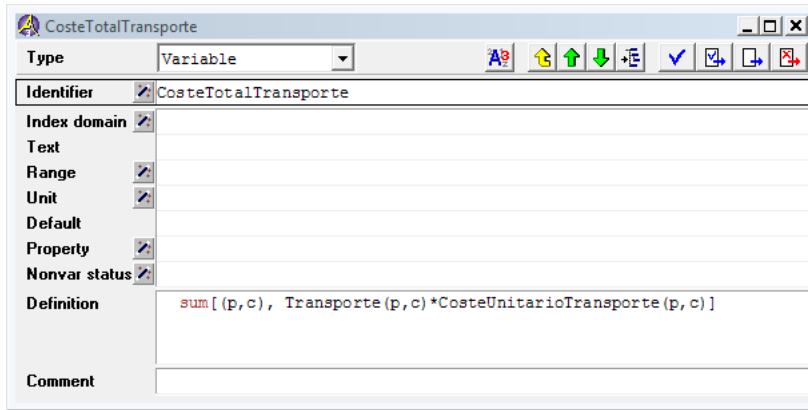




Figura 3.8: Ventana de características completamente rellena para la variable 'TotalTransportCost'

3.5. Introducción de las restricciones y del programa matemático

La creación de las restricciones de oferta y de demanda, cada una con su propia definición, requiere las mismas acciones que la creación de una variable mediante una definición. La única diferencia es que debes usar el botón  en lugar del botón . Las siguientes figuras muestran el resultado esperado.

Las restricciones de oferta y de demanda

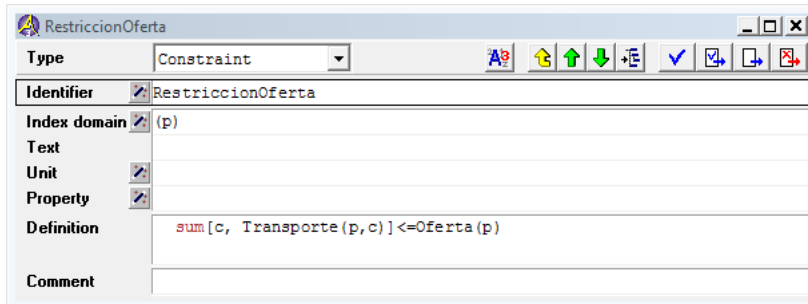


Figura 3.9: Ventana de características completamente rellena para la restricción 'RestriccionOferta'

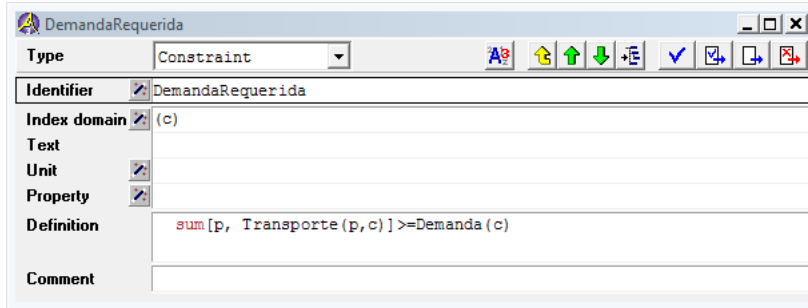





Figura 3.10: Ventana de características completamente rellena para la restricción 'DemandaRequerida'

Los programas matemáticos, a diferencia de los conjuntos, los parámetros, las variables y las restricciones, no tienen un botón específico en la barra de herramientas. Haciendo clic en el botón  puedes acceder a todos los tipos de identificadores de AIMMS. Después de haber pulsado este botón, selecciona la entrada 'Mathematical Program' mediante el icono  presiona el botón OK e introduce 'PlanMinimocosteTransporte' como el nombre del programa matemático.

Crear el programa matemático

Ahora tienes que rellenar la ventana de características del programa matemático como ilustra la figura 3.11. Deberías usar los asistentes  para rellenar los tres campos. Por defecto, se consideran todas las variables y todas las restricciones como parte del programa matemático (luego no hay necesidad de rellenar estos campos). Sólo el asistente para la definición del **Objective** se discute en más detalle dado que los otros dos son muy sencillos.

Especificar sus atributos

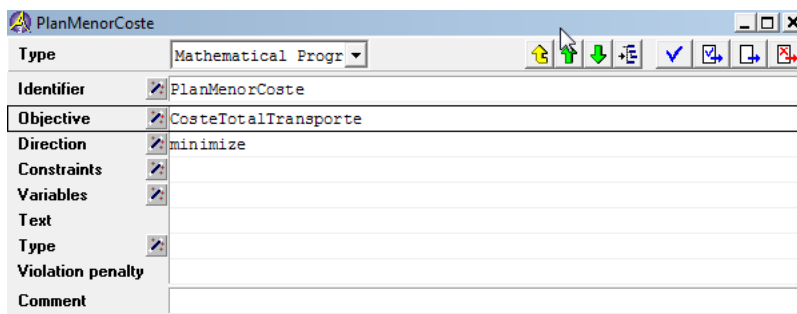


Figura 3.11: La ventana de propiedades del programa matemático

El asistente para la definición del objetivo nos pide seleccionar una variable escalar. En la ventana de selección (observa la figura 3.12), simplemente selecciona la variable escalar 'CosteTotalTransporte', y presiona el botón *Finalizar*.

Selección del objetivo

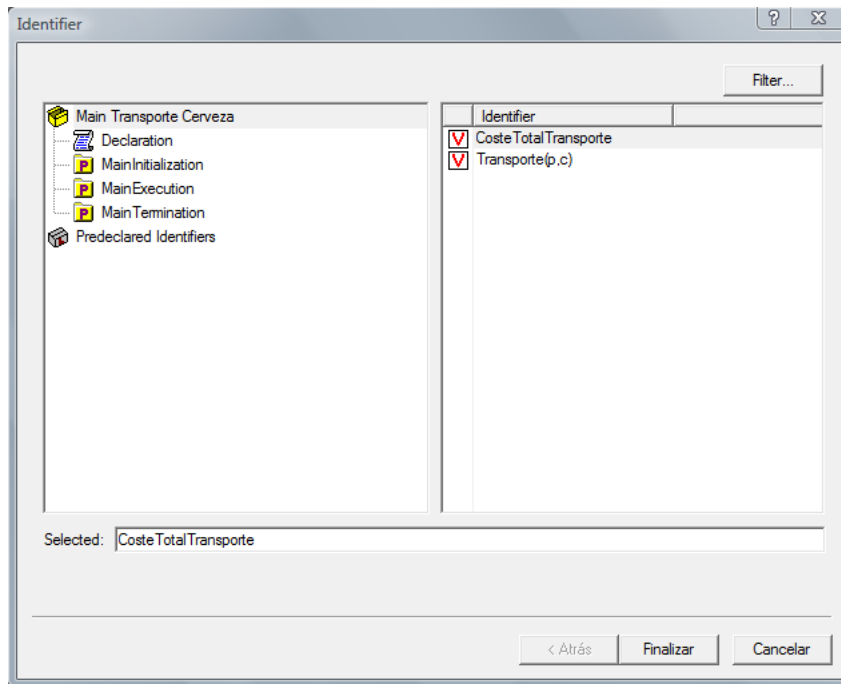



Figura 3.12: El asistente para la selección del identificador

3.6. Otra forma de revisar los identificadores

Ahora ya has introducido y declarado todos los identificadores del modelo. El árbol resultante se muestra en la figura 3.13. Presionando la tecla *F5* puedes instantáneamente verificar la validez de tu modelo. Sólo recibirás un mensaje en el caso de que haya algún error. Una vez que la validez del modelo ha sido verificada, deberías guardar tu trabajo presionando el botón **Save Project** .

Revisión de tu modelo

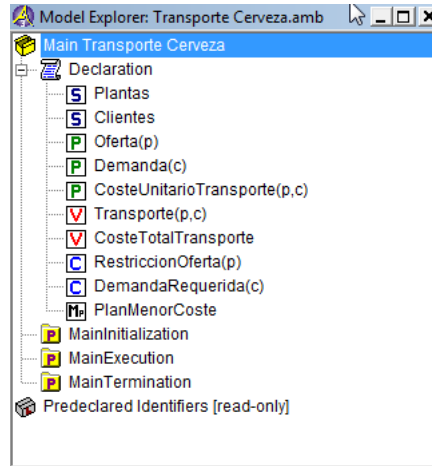


Figura 3.13: Árbol final del modelo

Aunque el Model Explorer es un medio cómodo con el que construir e inspeccionar tu modelo, a veces puede ser que necesites visualizar distintos identificadores a la vez. En este tutorial encontrarás un ejemplo de una vista predefinida, llamada 'all identifiers' con la definición de los mismos (mira la figura 3.14). AIMMS te permite hacer tus propias vistas como tú desees.


Revisión de los identificadores

Identifier	Index domain	Definition
<input checked="" type="checkbox"/> CosteTotalTransporte		$\text{sum}[(p,c), \text{Transporte}(p,c) * \text{CosteUnitarioTransporte}(p,c)]$
<input checked="" type="checkbox"/> RestriccionOferta	(p)	$\text{sum}[c, \text{Transporte}(p,c)] \leq \text{Oferta}(p)$
<input checked="" type="checkbox"/> DemandaRequerida	(c)	$\text{sum}[p, \text{Transporte}(p,c)] = \text{Demanda}(c)$

Figura 3.14: Ventana de vistas con las definiciones de los identificadores

Puedes crear una vista como la anterior siguiendo estos pasos:

Creación de una vista

- presiona el botón **Identifier Selector**  en la barra de herramientas,
- selecciona el nodo 'Identifiers with Definition', y
- usa el botón derecho del ratón para seleccionar el comando **Open With...** desde el menú emergente (observa la figura 3.15).

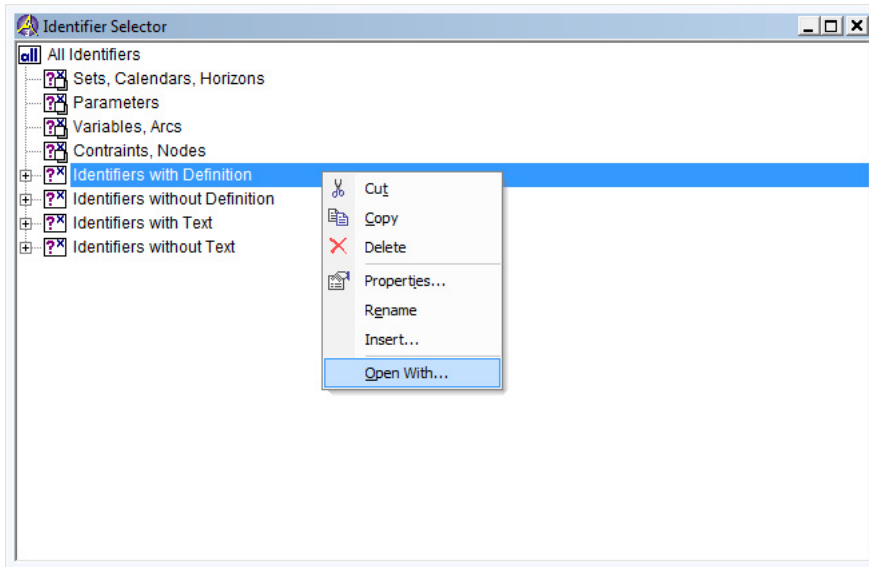


Figura 3.15: Ventana **Identifier Selector**

Para los identificadores seleccionados se pueden construir las vista como sigue:

selecciona la entrada 'Domain - Definition' desde la ventana **View Manager** (mira la figura 3.16), y presiona el botón *Open* para obtener la vista general.

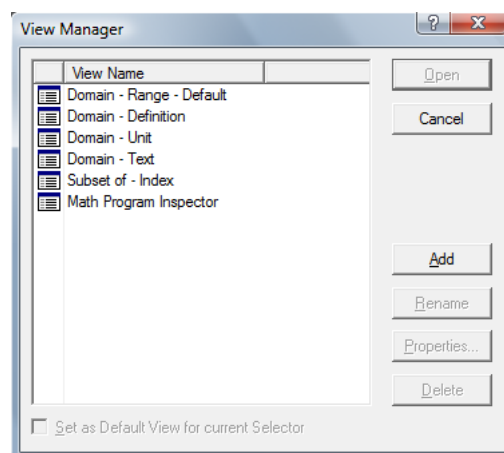


Figura 3.16: Ventana **View Manager**

Capítulo 4

Entrada y almacenamiento de los datos


4.1. Entrada del conjunto de datos

Como en este tutorial hay muy pocos datos se te pedirá que los introduzcas por teclado. En el otro tutorial (para profesionales) los datos se introducen desde una base de datos. En esta sección encontrarás una manera estándar para introducir datos. Cada identificador (conjuntos, parámetros, etc.) tiene asociado una página de datos que tú puedes usar tanto para ver los datos como para introducirlos.

Entrada de datos manual

Para introducir los dos elementos del conjunto 'Plantas', debes seguir los siguientes pasos:

Elementos del conjunto 'Plantas'

abre la ventana de características del conjunto 'Plantas',
presiona el botón **Data** ,
mueve el ratón a la página de datos tal y como se muestra en la figura 4.1,
y haz clic en el campo vacío en la parte superior de la página,
escribe 'Caceres' como primer elemento del conjunto,
presiona la tecla *Enter* para registrar este elemento,
escribe 'Zamora' como segundo elemento del conjunto,
presiona la tecla *Enter* para registrar este elemento, y
cierra la página de datos presionando el botón *Close* (los cambios en los datos se aceptan inmediatamente).

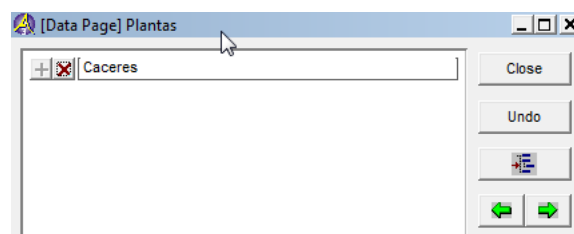


Figura 4.1: Página de datos del conjunto 'Plantas'

Si lo necesitas, puedes modificar un elemento. Selecciónalo, y aparecerá en el campo de edición en la parte superior de la página. Ahora puedes modificar el nombre.

Modificación de un elemento

Los elementos del conjunto 'Clientes' se introducen de la misma manera que como se ha hecho con el conjunto 'Plantas'. Los cinco elementos se pueden observar en la figura 4.2. En este problema no es necesario, pero si lo fuera, se pueden introducir nombres de elementos con espacios en blanco (por ejemplo, Santiago de Compostela).

Elementos del conjunto 'Clientes'

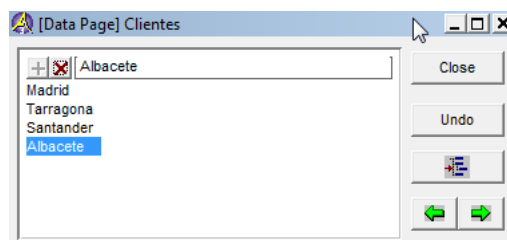


Figura 4.2: Página de datos del conjunto 'Clientes'


4.2. Entrada de los datos relativos a los parámetros

La página de datos de cada parámetro con subíndices se rellena automáticamente con los elementos de los conjuntos correspondientes. Lo que te queda por hacer es introducir los datos cuyos valores sean distintos cero.

Tablas vacías

Para introducir los datos del parámetro 'Oferta', deberías seguir los siguientes pasos (que son similares a los descritos en la sección anterior):

Datos de oferta

- abre la ventana de características del parámetro 'Oferta',
- presiona el botón **Data** ,
- mueve el ratón a la primera celda y haz clic,
- escribe el número 47,
- presiona la tecla *Enter* para registrar el primer valor,
- escribe el número 63,
- presiona la tecla *Enter* para registrar el segundo valor, y
- cierra la página de datos presionando el botón *Close*.

La figura 4.3 muestra la página de datos completa del parámetro 'Oferta'.

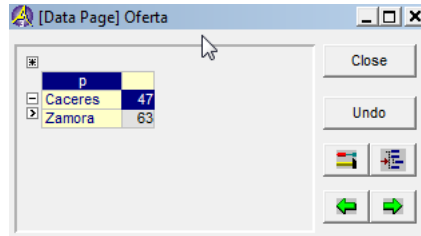


Figura 4.3: Página de datos del parámetro 'Oferta'

Los valores de los datos del parámetro 'Demanda' se introducen de igual forma que como se ha hecho con el parámetro 'Oferta'. En la figura 4.4 se ofrece una lista con los cinco valores.

Datos de demanda

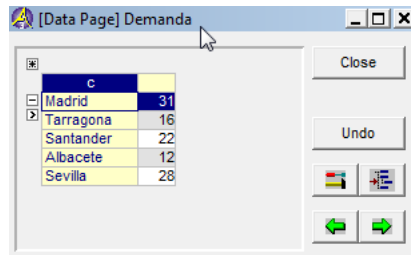


Figura 4.4: Página de datos del parámetro 'Demanda'

El parámetro 'CosteUnitarioTransporte' es bi-dimensional, y requiere que rellenes una tabla. La página de datos rellena para este parámetro se muestra en la figura 4.5.

Datos de coste

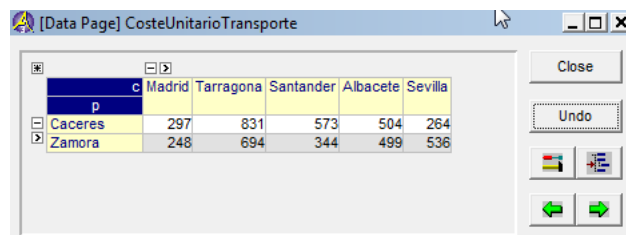


Figura 4.5: Página de datos del parámetro 'CosteUnitarioTransporte'

4.3. Almacenamiento de los datos

AIMMS tiene la opción de almacenar los valores de datos de todos los identificadores, en lo que llama un 'caso'. Se pueden hacer las dos cosas: almacenar casos y cargar casos.

Gestión de casos

Para guardar un caso titulado 'Datos Cerveza', tienes que seguir los siguientes pasos:

Guardar un caso

ve al menú **Data** y ejecuta el comando **Save Case**, en la ventana de diálogo **Save Case** (observa la figura 4.6) introduce el nombre 'Datos iniciales Transporte Cerveza' en el campo 'Name' sin comillas, y presiona el botón **Save** para guardar los datos.

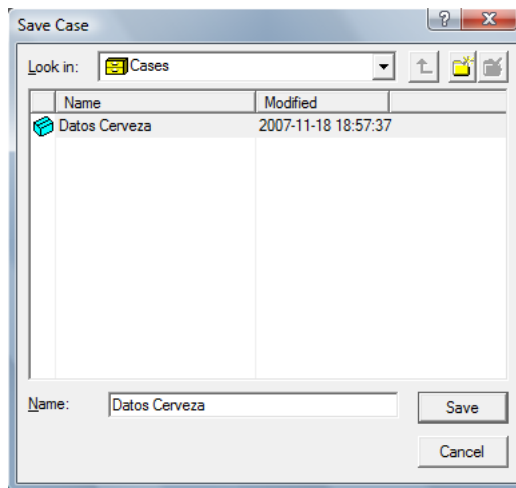


Figura 4.6: Ventana de diálogo para guardar un caso

Si un proyecto en AIMMS se cierra y después se vuelve a abrir, tienes que volver a cargar los datos correspondientes. Pero puedes hacer que AIMMS cargue un caso específico de forma automática cada vez que abres un proyecto. Se puede hacer (sin tener que escribir código) usando la ventana de diálogo **Options** de AIMMS como se ilustra en la figura 4.7.

Caso como caso de inicio

ve al menú **Settings** y ejecuta el comando **Project Options**, selecciona la carpeta **Project - Startup & Authorization** en el árbol de opciones, haz clic en la Opción **Startup Case** en la ventana de la derecha, presiona el botón del asistente correspondiente,

selecciona el caso 'Datos Cerveza',
 presiona el botón *OK* en la ventana de diálogo **Select Case**,
 presiona el botón *Apply* en la ventana de diálogo **Options** de AIMMS, y
 finaliza presionando el botón *OK*.

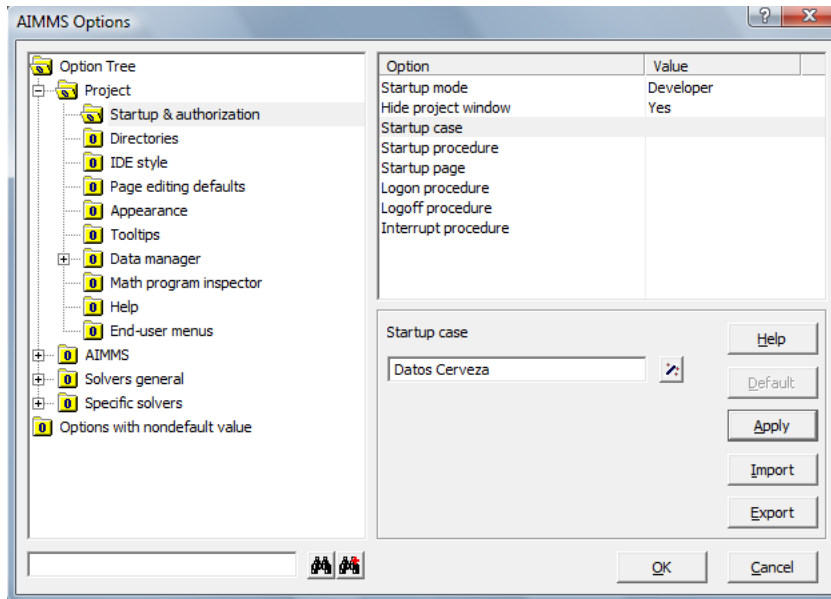



Figura 4.7: Ventana de diálogo **Options** de AIMMS

Es un buen hábito guardar tu trabajo regularmente. Las opciones que se acaban de cambiar (por ejemplo, elegir un caso como caso de inicio) también se guardan cuando se guarda el proyecto. Puedes guardar el proyecto presionando el botón **Save Project** button . Date cuenta de que guardar un proyecto no significa que se guarden los datos, AIMMS trata de manera diferenciada el modelo y los datos. Para guardar los datos tienes que guardar un caso.

Guarda el proyecto

Durante una sesión en AIMMS puedes cargar un caso en cualquier momento, para ello sigue estos pasos:

Carga manual de un caso

ve al menú **Data**, selecciona el submenú **Load Case** y ejecuta el comando **As Active...**,
selecciona el nombre del caso deseado en la ventana de diálogo **Load Case** (figura 4.8), y
presiona el botón *Load*.

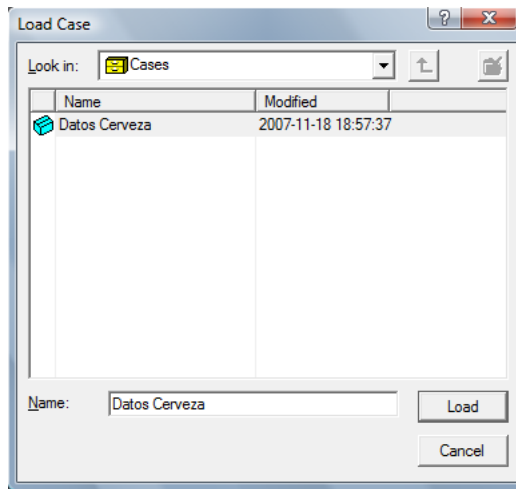


Figura 4.8: Ventana de diálogo **Load case**

Capítulo 5

Resolución del modelo

5.1. Cálculo de la solución

Hasta ahora has introducido todos los identificadores, sus características y sus datos correspondientes. Ahora necesitarás construir un procedimiento para ordenar a AIMMS que ejecute ciertas acciones. En este tutorial, introducirás dos líneas de código dentro del cuerpo del procedimiento *MainExecution* que existe por defecto (y que está vacío). Estas dos frases son: una para resolver el programa matemático, y la otra para poner valor cero el valor de la solución cuando el programa matemático no sea óptimo.

*Procedimientos
que ejecutan
acciones*

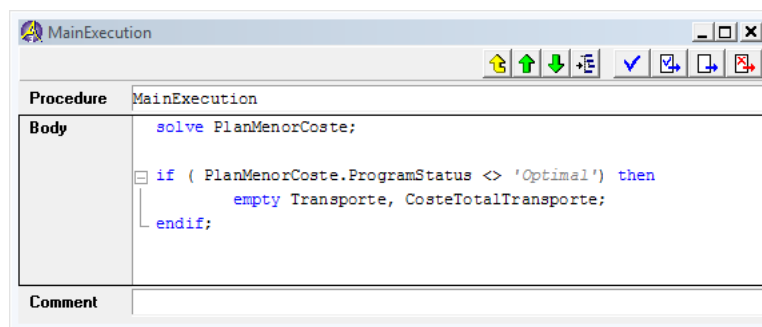



Figura 5.1: La ventana de características del procedimiento *MainExecution*

El procedimiento *MainExecution* se puede rellenar como sigue:

si no tienes abierto el **Model Explorer**, presiona la tecla *F8* para abrirlo, selecciona el procedimiento *MainExecution* y ábrelo haciendo doble-clic, escribe las dos líneas de código en el campo **Body** como se ilustra en la figura 5.1, y presiona el botón **Check, Commit and Close**  para guardar los cambios.

*Construcción de
un
procedimiento*

Si AIMMS indica que hay errores, simplemente revisa lo que has escrito y haz las correcciones necesarias.

Para obtener información sobre palabras clave específicas de AIMMS, puedes usar el botón de la derecha del ratón, que abrirá un menú emergente desde el cuál puedes, con un simple clic, abrir la página apropiada de los documentos de ayuda de AIMMS. Por ejemplo, puedes obtener ayuda sobre la palabra clave 'ProgramStatus' de la siguiente forma:

Botón de la derecha del ratón para conseguir ayuda

posiciona el ratón encima de la palabra 'ProgramStatus', haz clic con el botón de la derecha del ratón y selecciona la entrada 'ProgramStatus' en el submenú 'Help' (observa la figura 5.2).

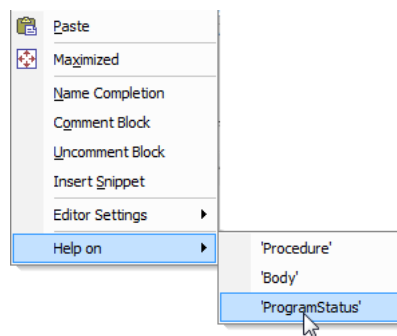


Figura 5.2: Un menú emergente con el botón de la derecha del ratón

Como es de esperar, el procedimiento *MainExecution* es especial y tiene una tecla asignada, *F6*, para ejecutarlo. Para ejecutar otros procedimientos puedes usar el botón derecho del ratón y seleccionar después el comando **Run Procedure**.

Ejecutar el procedimiento

Presionando simultáneamente las teclas *Ctrl* y *p*, AIMMS muestra la ventana de progreso con información correspondiente al progreso que se ha realizado (o se está realizando) durante la fase de ejecución del procedimiento *MainExecution*. La figura 5.3 muestra la ventana de progreso similar a la que tú deberías ver.

Seguimiento del proceso de la ejecución

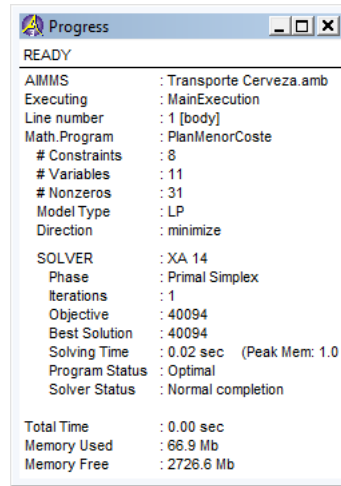


Figura 5.3: La ventana de progreso de AIMMS

Ya conoces las páginas de datos porque las has utilizado para introducir los elementos de los conjuntos y los datos numéricos relativos a los parámetros. Una vez que AIMMS ha calculado los valores de la variable 'Transporte', sus valores están disponibles en la página de datos correspondiente (recuerda que antes estaba vacía). Haz clic en la variable *MainExecution* en el árbol del modelo. Utiliza el botón derecho del ratón para que aparezca un menú emergente y selecciona el comando *Data...* para abrir la página de datos. Se abrirá un tabla con los datos de la variable *MainExecution* y sus correspondientes sufijos. Al cerrar la página de datos selecciona *Yes* y se guardarán los cambios que acabas de hacer.

Los resultados están en las páginas de datos

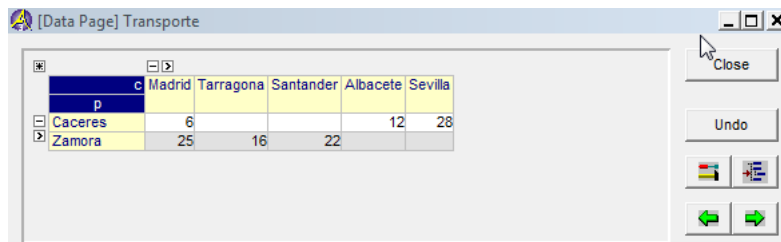


Figura 5.4: Página de datos mostrando la solución de la variable 'Transporte'

Capítulo 6



Construcción de una Página

Aunque AIMMS ofrece páginas estándar para cada identificador, puede ser que esas páginas no estén configuradas para mostrar grupos de identificadores relacionados entre sí. Esto es porque quienes construyen los modelos o los usuarios finales prefieren normalmente interactuar con la aplicación a través de páginas hechas a medida.

Construcción de páginas a medida

6.1. Creación de una página nueva

Para crear una página nueva vacía haz los pasos siguientes:

presiona el botón **Page Manager**  en la barra de herramientas, presiona el botón  en la barra de herramientas para crear una página nueva, escribe 'Datos de entrada y salida - Transporte Cerveza' como nombre de esta nueva página, y presiona la tecla *Enter* para registrar la página.

Uso del Page Manager

El **Page Manager**, con la nueva página, se muestran en la figura 6.1.

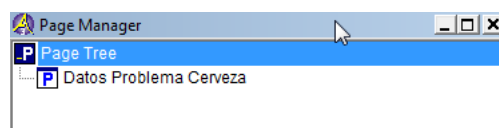


Figura 6.1: El **Page Manager** con una página

Date cuenta de que los cambios hechos en el capítulo anterior sobre la estructura de la tabla de datos de la variable 'Transporte' también se graban en el **Page Manager**.


6.2. Presentación de los datos de entrada

Una página puede estar en modo de edición (*Edit mode*) o en modo de uso (*User mode*). El modo de edición se usa para crear y modificar los objetos que hay en una página. El modo de uso se utiliza para ver y editar los datos que se ven en los objetos de la página.

Hay dos modos de página


Para abrir la página nueva en modo de edición:

Abrir la página

haz doble click en el nombre de la página en el **Page Manager** y presiona el botón  en la barra de herramientas para abrir la página seleccionada en modo de edición (*Edit mode*).

Para crear una nueva tabla, sigue estas indicaciones:

Dibujar una nueva tabla ...

presiona el botón 'Table'  en la barra de herramientas, coloca el cursor del ratón allí donde quieras que esté la esquina superior izquierda de la tabla, pulsa el botón izquierdo del ratón y arrastra el cursor hasta donde quieras que esté la esquina inferior derecha de la tabla, y suelta el botón izquierdo del ratón.

Ahora puedes completar la selección del identificador en la ventana de diálogo como se indica a continuación:

... y selección de los identificadores

selecciona el parámetro 'CosteUnitarioTransporte(p,c)' en el asistente para la selección, como se muestra en la figura 6.2, presiona el botón *Next*, presiona el botón *Finish* y, si lo necesitas, ajusta la posición y el tamaño de la tabla para que toda la información se pueda leer perfectamente.

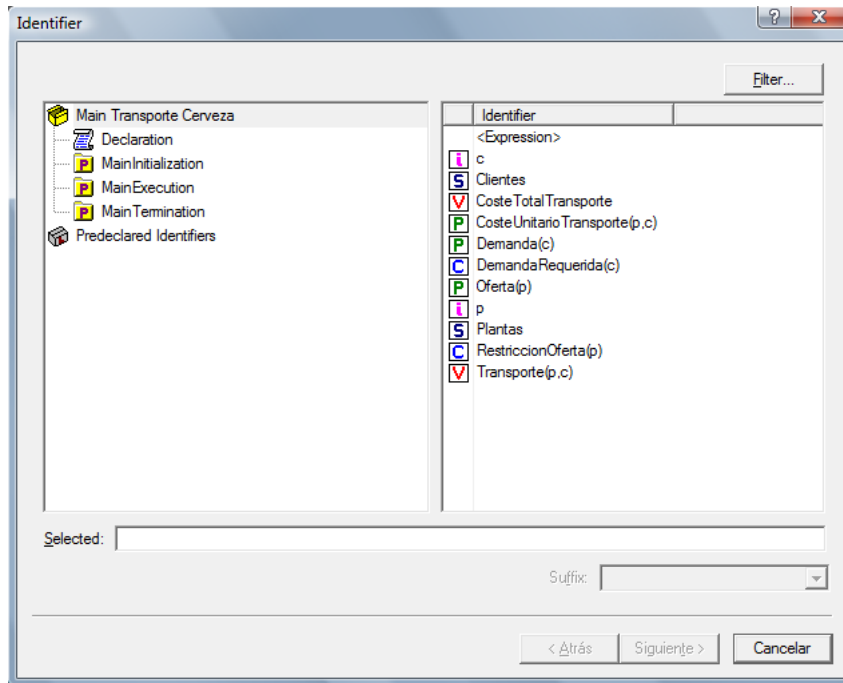



Figura 6.2: Asistente para la selección de un identificador

Para añadir otro identificador a la tabla de 'CosteUnitarioTransporte', ejecuta las siguientes acciones en el modo de edición:

Añadir datos de oferta a la tabla existente

- selecciona la tabla y haz click en ella,
- presiona el botón  en la barra de herramientas (o alternativamente usa el botón derecho del ratón) para acceder a la ventana de diálogo con sus propiedades,
- selecciona la pestaña '*contents*' (observa la figura 6.3),
- presiona el botón *Add*,
- selecciona el identificador 'Oferta(p)', presiona el botón *Next*, y después presiona el botón *Finish*, y
- al volver a la pestaña '*contents*', presiona el botón *OK*.

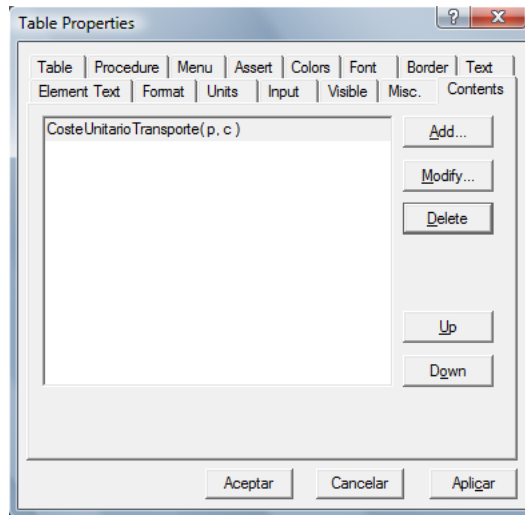


Figura 6.3: Tabla de la pestaña 'Contents'

Puedes añadir los datos de la demanda de la misma manera que has añadido los datos de la oferta. La tabla resultante se muestra en la figura 6.4.


Añadir los datos de demanda

	CosteUnitarioTransporte					
	Madrid	Tarragona	Santander	Albacete	Sevilla	Oferta
Caceres	297	831	573	504	264	47.0
Zamora	248	694	344	499	536	63.0
Demanda	31.0	16.0	22.0	12.0	28.0	

Figura 6.4: Tabla mostrando los datos de entrada

Para crear un gráfico de barras se sigue el mismo proceso que para crear una tabla. Los siguientes pasos resumen el proceso necesario para el parámetro 'Oferta':

Crear dos gráficos barras

- presiona el botón de gráfico de barras  en la barra de herramientas,
- coloca el cursor del ratón y arrastra hasta conseguir la forma del nuevo gráfico de barras,
- selecciona el parámetro 'Oferta(p)' en el asistente para seleccionar el identificador,
- presiona el botón *Next*, y después el botón *Finish*.

Puedes crear un gráfico de barras para los datos de la demanda de la misma manera que has creado el gráfico de barras para los datos de oferta. La página (a medio hacer) debería parecerse al gráfico que hay en la figura 6.5.

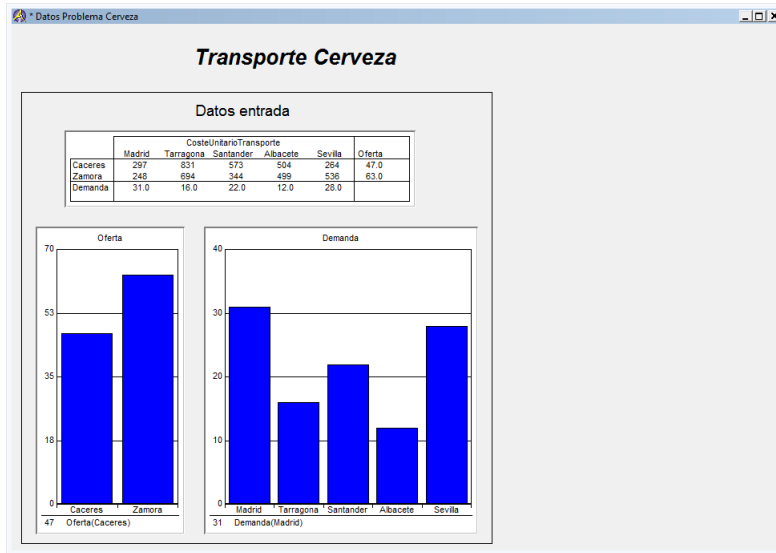



Figura 6.5: Página de datos iniciales y finales a medias

6.3. Presentación de los datos de salida

Una tabla compuesta en AIMMS se parece a la tabla de una base de datos relacional: las primeras columnas contienen índices, y el resto de las columnas contienen los identificadores definidos sobre esos índices. La creación de una tabla compuesta que contenga sólo la solución óptima es muy similar a la creación de una tabla estándar o un gráfico de barras, y requiere los siguientes pasos:

Crear una tabla compuesta

- presiona el botón  en la barra de herramientas para crear una tabla compuesta,
- dibuja la tabla usando el ratón,
- selecciona la variable 'Transporte(p,c)' en el asistente para seleccionar el identificador para que sean sus valores sean mostrados,
- presiona el botón *Next*, y el botón *Finish*.

Existe otra forma de presentar la solución, mediante un gráfico de barras apiladas:

Crear un gráfico de barras apiladas

- crea un gráfico de barras estándar en el que se muestre la variable 'Transporte(p,c)',
- selecciona la pestaña 'bar chart' en la ventana de diálogo de las propiedades del gráfico como se muestra en la figura 6.6),
- en lugar de la opción por defecto 'Overlapping', selecciona la opción 'Stacked Bar', y

presiona el botón *OK*.

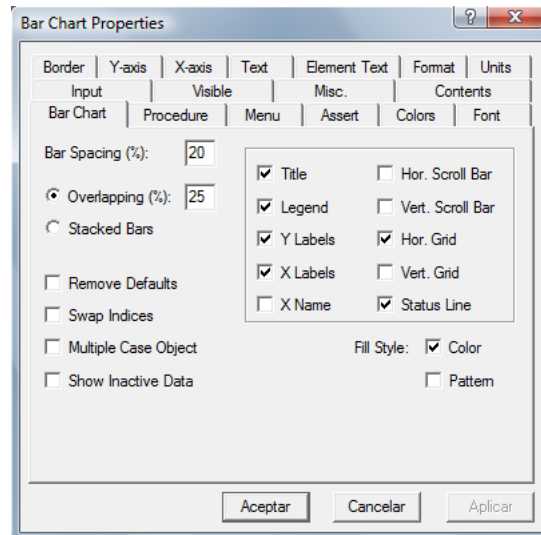



Figura 6.6: Ventana de diálogo con las propiedades del gráfico de barras

Los objetos escalares se diseñan para presentar valores escalares. Para mostrar la función objetivo de la solución óptima tienes que hacer los siguientes pasos:

Crear un objeto escalar

presiona el botón  en la barra de herramientas para crear un objeto escalar,
 dibuja el objeto escalar usando el ratón,
 selecciona la variable escalar 'CosteTotalTransporte' en el asistente para seleccionar el identificador, y
 presiona el botón *Finish*.


6.4. Presentación final de la página

El diseño de una interfaz gráfica para el usuario final no es una tarea trivial, y está más allá del alcance de este tutorial. Pero vamos a emplear un poco de tiempo construyendo una página agradable como la que se muestra en la figura 6.11 al final de esta sección.

Construcción de una página bien organizada


Un objeto importante de esta página es el botón que se ha diseñado para buscar la solución del programa matemático 'PlanMenorCoste'. Para crear un botón sigue las instrucciones correspondientes:


Crear de un botón

presiona el botón  que está en la barra de herramientas para crear un botón, y dibuja el botón usando el ratón,

introduce el texto entrecomillado “Resolver el problema Transporte Cer-veza” como el título del botón, y selecciona la pestaña ‘actions’.

La acción que tenemos que indicar es que AIMMS ejecute un procedimiento. En este ejemplo, el procedimiento es ‘MainExecution’. Continúa ahora con los siguientes pasos:

selecciona ‘Run’ como la acción que vas a añadir al botón,
presiona el botón *Add*,
selecciona la opción ‘Procedure’,
presiona el botón del asistente (que ahora puedes ver) ,
selecciona el procedimiento ‘MainExecution’,
presiona el botón *Finish*, y acepta presionando el botón *OK*.

La etiqueta **Actions** de la ventana de diálogo **Button Properties**, ya rellena, se muestra en la figura 6.7. Fíjate que sólo puedes usar el botón para resolver el modelo cuando la página está en modo usuario (*User mode*), para ello presiona el botón **User Mode** .

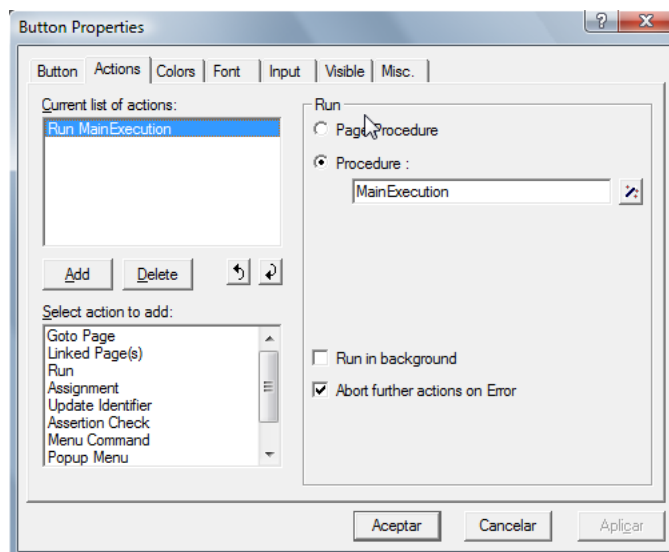


Figura 6.7: La etiqueta **Actions** de la ventana de diálogo **Button Properties**

La página final con los datos de entrada y de salida (figura 6.11) contiene tres objetos de texto. El texto del título ‘Transporte cerveza’ se puede crear de la siguiente forma:

Creación un objeto de texto

selecciona el comando **Text** del menú **Object** (figura 6.8), y dibuja el rectángulo con el ratón,
 escribe ‘Transporte cerveza’ como texto estático en la etiqueta **text** de la ventana de diálogo **Text Properties**,
 selecciona ‘Center’ de las opciones que aparecen en la persiana desplegable ‘Alignment’ (figura 6.9),
 selecciona la etiqueta **Font** de la ventana de diálogo **Text Properties**, y presiona el botón **Add**.

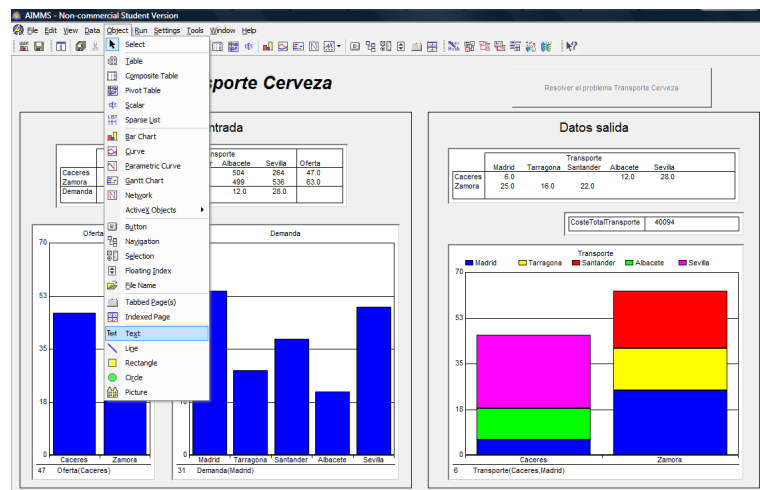


Figura 6.8: El menú **Object** de una página en modo edición

Ahora puedes especificar y nombrar la fuente apropiada, y después terminar el objeto de texto.

selecciona ‘**Bold**’ como *Font Style*, y ‘20’ como ‘*Font Size*’,
 presiona el botón **OK**,
 escribe ‘Titulo’ como el nombre de la nueva fuente,
 presiona el botón **OK** para volver a la pestaña **Text Properties**,
 de nuevo, presiona el botón **OK** para salir de la ventana de diálogo **Text properties**

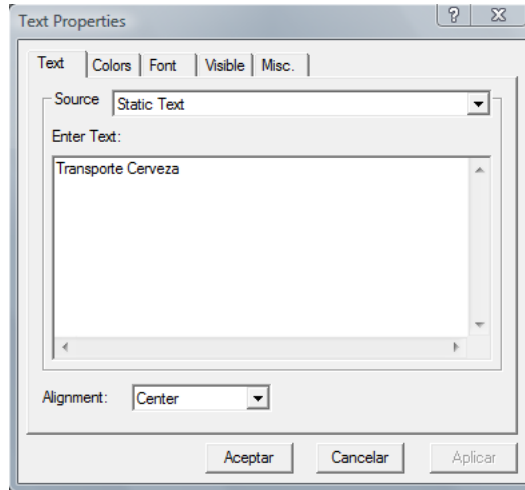


Figura 6.9: La pestaña **Text** de la ventana de diálogo **text properties**

Hay otros dos objetos de texto los cuales muestran el texto 'Datos entrada' y 'Datos salida'; ambos se crean de la misma manera. En lugar de usar la fuente que acabas de construir 'Title', podrías crear una segunda fuente titulada 'Cabecera' de tamaño '14'. La pestaña 'font' de la ventana de diálogo **Text Properties** se muestra en la figura 6.10.

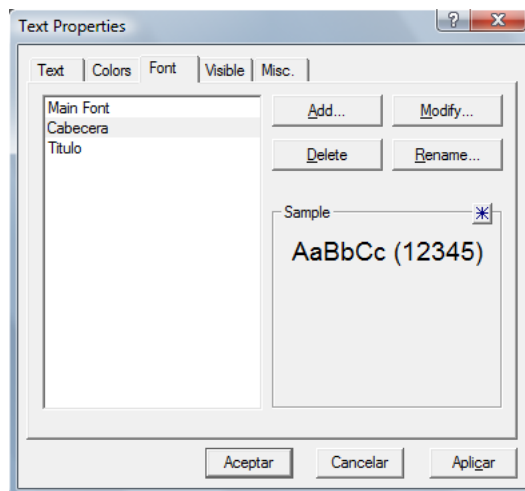


Figura 6.10: La pestaña **Font** de la ventana de diálogo **Text Properties**

La página se completa añadiendo dos rectángulos para resaltar que hay dos tipos de grupos de grupos de datos, unos relativos a los datos de entrada y, otros relativos a los datos de salida. Admitiendo que has organizado y mo-

Crear dos rectángulos

dificado el tamaño de los objetos para que queden bien dispuestos, puedes dibujar los rectángulos de la siguiente forma:

selecciona el comando **Rectangle** que está en el menú **Object** y, dibuja el rectángulo utilizando el ratón.

Tu página debería parecerse a la que se muestra en la figura 6.11.

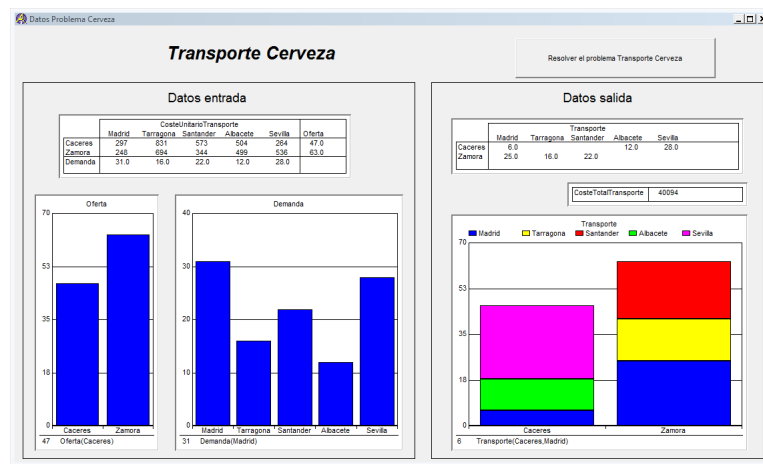



Figura 6.11: Página con los datos de entrada y salida

Capítulo 7

Análisis *what-if*

7.1. Modificación de los datos de entrada

Una vez hecha la página de datos de entrada y salida, ahora estás preparado para *usar* la página. Para ello tienes que poner la página en modo usuario presionando el botón **User Mode** 

Página en modo de usuario

La página de datos de entrada y de salida te permite ver los efectos que tienen los cambios en la demanda, en la oferta, o en los costes del modelo de transporte. Una vez que has cambiado los datos, puedes resolver el modelo nuevamente y ver los nuevos datos de salida.

Análisis what-if

Por ejemplo, para cambiar la oferta disponible en 'Zamora' siguiendo estos pasos:

Arrastre de las barras del gráfico de barras

en el gráfico de barras que representa la 'Oferta', selecciona la barra correspondiente a 'Zamora', coloca el cursor del ratón en la parte superior de la barra, y simplemente arrastra el ratón hacia arriba hasta que el valor de la oferta se incremente desde 63 a 75 (figura 7.1).

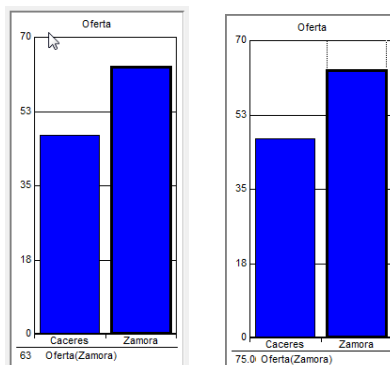


Figura 7.1: El proceso de arrastre del ratón para cambiar los datos de oferta

Alternativamente puedes hacer click en la barra correspondiente, e introducir el nuevo valor (70) en el campo de texto que está situado en la parte inferior izquierda del gráfico de barras.

Ahora puedes resolver el modelo de nuevo. Para hacerlo, simplemente presiona el botón **Resolver el problema Transporte Cerveza** en la parte de la superior de la página. Verás que la función objetivo decrece y pasa de 40094 a 39770.

Resolución de nuevo del modelo

Fíjate que la reducción del valor de la función objetivo se podría haber esperado porque toda la capacidad de Zamora está siendo usada. Al aumentar la capacidad en Zamora, Madrid no necesita ya cervezas de Cáceres (segundo proveedor) de manera que se suministra ahora toda la cerveza desde Zamora (figura 7.2).

Explicación de la mejora

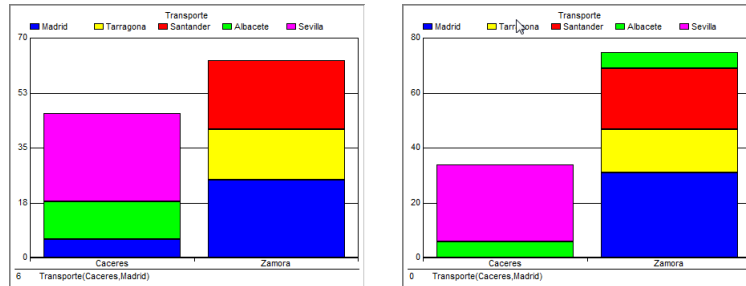


Figura 7.2: Los efectos de hacer un cambio en los datos de oferta