

# **SISTEMA DETECTOR DE GRAMÁTICAS LL (1)**

## **MANUAL DE USUARIO**

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Formato del Código Fuente .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Interfaz de Usuario.....</b>	<b>4</b>
3.1. Ventana Principal .....	4
3.2. Ventana de Tabla Sintáctica .....	10
3.3. Ventana de Búsqueda de Texto .....	11
3.4. Ventana de Reemplazo de Texto .....	11
3.5. Ventana de Impresión.....	12
3.6. Ventana Selección de Fuente.....	13
3.7. Ventana Acerca de.....	14
<b>4. Mensajes de Análisis.....</b>	<b>14</b>
<b>5. Mensajes de Error .....</b>	<b>15</b>
<b>6. Fichero de salida de la tabla sintáctica:.....</b>	<b>18</b>
<b>Apéndice: FIRST, FOLLOW y Condiciones LL(1) .....</b>	<b>20</b>
A.1. Cálculo del Conjunto FIRST .....	20
A.1.1. Definición de FIRST .....	20
A.1.2. Cálculo del Conjunto FIRST(X).....	20
A.2. Cálculo del Conjunto FOLLOW .....	20
A.2.1. Definición de FOLLOW .....	20
A.2.2. Cálculo del Conjunto FOLLOW(A).....	21
A.3. Condiciones LL(1).....	21

## 1. Introducción

Este Sistema Detector de Gramáticas LL(1) (SDGLL(1)) tiene como principal función la de analizar una gramática de contexto libre (tipo 2) y determinar las condiciones LL(1) que permitirían la realización de analizadores descendentes, ya fueran recursivos o tabulares. Además de esta función principal, ofrece un completo editor que permite visualizar y modificar los ficheros de texto con la gramática que se desea analizar. También dispone de un sistema visualizador de la tabla sintáctica que se deriva de la gramática analizada (en el caso de que sea LL(1)), tanto a través de una ventana como a través de un fichero.

El sistema no precisa de una instalación. Simplemente, se debe descomprimir el fichero zip en un directorio cualquiera y ya se puede empezar a usar.

## 2. Formato del Código Fuente

Para introducir al sistema la gramática para que éste lo analice, se utilizarán ficheros de texto plano con una representación de la gramática según un lenguaje específicamente diseñado para este sistema, pero bastante cercano a la representación clásica BNF de una gramática. Por tanto, el analizador no admitirá gramáticas en notación BNF extendida, sino que sólo admitirá la notación BNF.

Para poder definir una gramática se debe especificar cuatro elementos:

- Conjunto de símbolos terminales.
- Conjunto de símbolos no terminales.
- Un axioma o símbolo inicial.
- Un conjunto de producciones.

Estos cuatro elementos deberán aparecer reflejados en el fichero de entrada para que se pueda analizar correctamente la gramática.

Cada conjunto será identificado mediante una palabra específica, que serán *Terminales*, *NoTerminales*, *Axioma* y *Producciones*. Estas palabras no son reservadas y pueden ser utilizadas para representar otros símbolos en el fichero.

Los conjuntos de símbolos terminales, no terminales y el axioma deben aparecer antes que el conjunto de producciones, aunque se pueden ordenar esos tres conjuntos como se desee.

La representación de los diferentes conjuntos será:

- **Conjuntos de símbolos terminales:** Se indicará con la palabra *Terminales*, seguida de un símbolo igual (=) y un símbolo de llave abierta ({), todo ello separado por delimitadores (espacios en blanco o tabuladores). A continuación, deberá aparecer la lista de símbolos terminales, separados por delimitadores (espacios en

blanco, tabuladores o saltos de línea). La finalización del conjunto de símbolos terminales se considerará cuando aparezca un símbolo `}` seguido de un salto de línea. Por tanto, si se va a utilizar el símbolo de llave cerrada (`}`) no se puede utilizar como último símbolo de una línea del conjunto, si éste se va a separar en varias líneas.

- **Conjuntos de símbolos no terminales:** Se indicará mediante la palabra `NoTerminales`, seguida de un símbolo igual (`=`) y un símbolo de llave abierta (`{`), todo ello separado por delimitadores (espacios en blanco o tabuladores). A continuación, deberá aparecer la lista de símbolos no terminales separados por delimitadores (espacios en blanco, tabuladores o saltos de línea). Para finalizar el conjunto se utilizará un símbolo de llave cerrada (`}`). No puede aparecer en este conjunto un símbolo que aparezca en el conjunto de símbolos terminales.
- **Axioma:** Se indicará con la palabra `Axioma`, seguida de un símbolo igual (`=`) y el símbolo no terminal que se utilizará como axioma, todo ello separado por delimitadores (espacios en blanco o tabuladores). Este símbolo debe estar contenido en el conjunto de símbolos no terminales.
- **Producciones:** Se indicará con la palabra `Producciones`, seguida de un símbolo igual (`=`) y un símbolo de llave abierta (`{`), todo ello separado por delimitadores (espacios en blanco o tabuladores). A partir de la siguiente línea, se escribirán las diferentes reglas, una por línea (pudiendo aparecer líneas en blanco). Para finalizar el conjunto de producciones, se pondrá un símbolo de llave cerrada (`}`) como carácter único en una línea nueva.

El formato de los símbolos será:

- **Símbolos no terminales:** Combinación de letras, dígitos y símbolos de guión bajo.
- **Símbolos terminales:** Combinación de letras, dígitos o símbolos, excepto delimitadores. Además, para representar la cadena vacía (símbolo  $\lambda$ ), se utilizará la palabra reservada `lambda`, que, por tanto, no puede ser utilizada como identificador de un símbolo.

Cada regla estará formada por un único antecedente, perteneciente al conjunto de símbolos no terminales, seguida por uno o varios delimitadores (blancos o tabuladores, no saltos de línea). A continuación, aparecerá una flecha (`->`), seguida de uno o varios delimitadores y, después, aparecerá el consecuente de la regla, que estará formado por uno o varios símbolos terminales o no terminales separados por espacios en blanco o tabuladores. Cada regla deberá aparecer en una única línea y en cada línea sólo podrá aparecer una única regla.

El fichero podrá contener comentarios colocados entre los distintos conjuntos en distintas líneas que éstos, nunca dentro de ellos, aunque se podrán escribir comentarios detrás de cada regla del conjunto de producciones, en la misma línea que éstas. Los comentarios se iniciarán con los símbolos `////` y terminarán en el final de la línea. Por tanto, no podrá definirse un símbolo terminal cuyo nombre sea `////`.

Por tanto, la estructura del fichero de gramática sería la siguiente:

```
//// Comentario de inicio de fichero
Terminales = { term1 term2 term3 ... termN }
NoTerminales = { nterm1 nterm2 nterm3 ... ntermM }
//// Comentario entre conjuntos
Axioma = ntermX

Producciones = {
Ant1 -> Cons1A Cons1B ... Cons1I    //// Comentario
Ant2 -> Cons2A Cons2B ... Cons2J    //// Comentario
. . .
AntK -> ConsKA ConsKB ... ConsKL    //// Comentario
}
//// Comentario de final de fichero
```

Es necesario mencionar que el lenguaje es sensible a minúsculas y mayúsculas, por lo que se debe tener la precaución de escribir correctamente los identificadores de los conjuntos y de utilizar los identificadores de los símbolos exactamente como se hayan definido (por ejemplo, no es el mismo el símbolo *Simb* que el símbolo *simb* o que el símbolo *simB*).

Cuando se solicite el análisis LL(1) de la gramática, previamente se realizará un análisis del contenido del fichero para determinar si se ajusta al formato anteriormente indicado. En el caso de que se encuentre algún error en el formato, se informará al usuario de dicho error y se indicará que no se puede realizar el análisis LL(1) de la gramática, porque, al haberse encontrado errores en el fichero, la gramática identificada no será correcta.

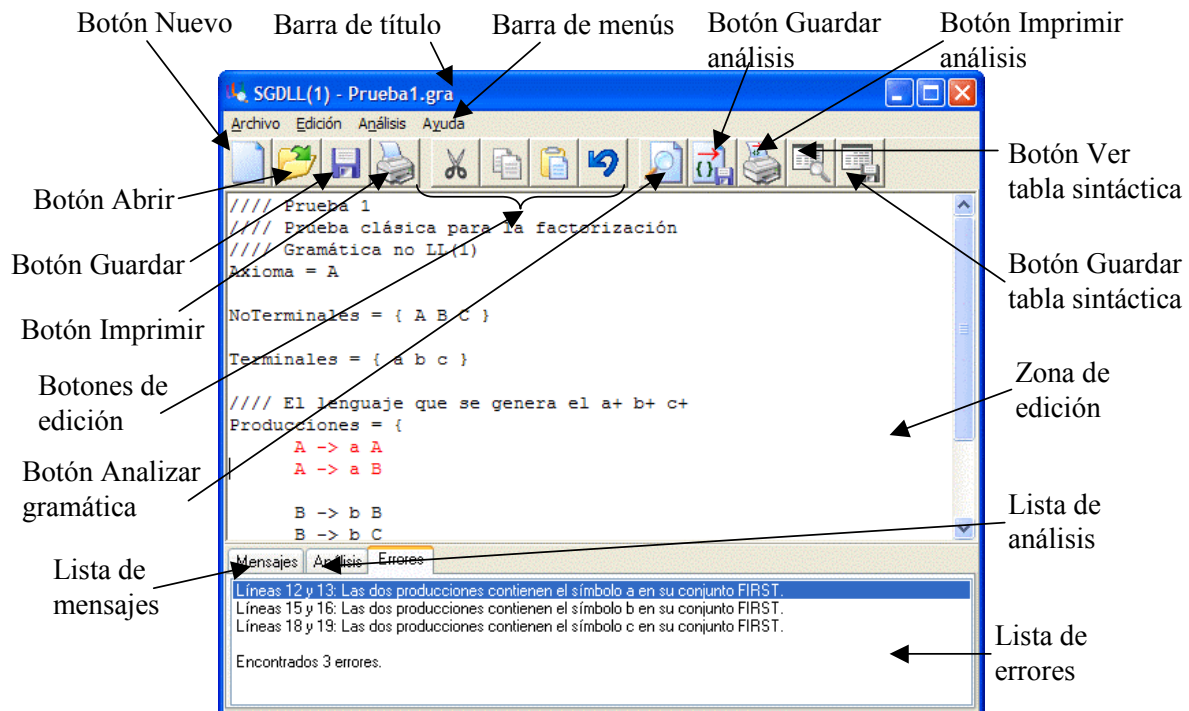
La extensión por omisión de los ficheros de código fuente que contienen una gramática es “.ll1” (con la aplicación se entregan algunos ejemplos), aunque se puede utilizar cualquier otra. Si se desea asociar dicha extensión (o cualquier otra) con la aplicación para que ésta abra los ficheros directamente desde el explorador de Windows, se puede realizar mediante el menú de tipos de archivo localizado en *Panel de control* → *Opciones de carpeta* → *Tipos de archivo*, o mediante el comando *Abrir con...* del menú contextual del explorador de Windows y marcando la opción *Utilizar siempre el programa seleccionado para abrir este tipo de archivos*.

### 3. Interfaz de Usuario

A continuación se muestra una somera descripción de la interfaz de usuario de la aplicación. Mediante dicha interfaz, se puede editar fácilmente el fichero que contiene la gramática, así como acceder a todas las funcionalidades que aporta la aplicación, las cuales pueden ser accedidas utilizando diversos métodos, tales como botones, menús o teclas rápidas.

#### 3.1. Ventana Principal

Es la ventana que se muestra al iniciar la aplicación. En ella se puede visualizar y modificar el contenido del fichero de trabajo y se puede acceder a la mayor parte de la funcionalidad que ofrece la aplicación.



**Controles principales:** Elementos visibles en la ventana principal.

- **Barra de título:** Contiene el nombre de la aplicación y el nombre del fichero que se está utilizando en ese momento.
- **Barra de menús:** Contiene menús que permiten ejecutar las diferentes funciones del sistema. Se detallará su contenido en el apartado *Menú principal*.
- **Botón Nuevo:** Crea un nuevo fichero en blanco para que se pueda editar una gramática partiendo de cero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Archivo* → *Nuevo* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+N*.
- **Botón Abrir:** Muestra un cuadro de diálogo de navegación de archivos que permite abrir un fichero de gramática existente. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Archivo* → *Abrir* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+A*.
- **Botón Guardar:** Guarda los cambios realizados en el fichero en uso en el lugar desde el que se abrió el fichero o desde el último sitio donde se guardó. Si el fichero era de nueva creación, se preguntará al usuario por el lugar donde desea guardar el fichero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Archivo* → *Guardar* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+S*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
- **Botón Imprimir:** Muestra la ventana de impresión que permite seleccionar las opciones necesarias para imprimir el fichero que está actualmente en uso. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Archivo* → *Imprimir* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+I*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
- **Botones de edición:** Permiten realizar las funciones de cortar, copiar, pegar y deshacer sobre el código que se está utilizando. Estas funcionalidades también se encuentran en el menú *Edición*, en el menú contextual de la *Zona de edición* y mediante las combinaciones de teclas habituales de estas operaciones (*Ctrl+X*, *Ctrl+C*, *Ctrl+V* y *Ctrl+Z*). Sólo están habilitados cuando hay un fichero abierto.

- Botón Analizar gramática: Analiza la gramática contenida en el fichero que se tiene abierto, obteniendo los resultados del análisis o los errores (en el caso de que los haya) que se muestran en la parte inferior de la ventana. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Analizar gramática* o mediante la tecla de función *F5*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
- Botón Guardar análisis: Permite guardar en un fichero de texto las líneas de análisis mostradas en la *Lista de análisis*. Para ello muestra un cuadro de navegación de archivos con el que se puede indicar el lugar donde se desea guardar el fichero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Guardar análisis*, el menú contextual de la *Lista de análisis* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+D*. Sólo está habilitado cuando se ha realizado el análisis LL(1) de la gramática, es decir, cuando se ha realizado el análisis del fichero y la estructura del mismo es correcta.
- Botón Imprimir análisis: Permite imprimir las líneas de análisis mostradas en la *Lista de análisis*, mostrándose previamente un cuadro de configuración de impresora que permite ajustar los diferentes parámetros de la impresión. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Imprimir análisis*, el menú contextual de la *Lista de análisis* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+M*. Sólo está habilitado cuando se ha realizado el análisis LL(1) de la gramática, es decir, cuando se ha realizado el análisis del fichero y la estructura del mismo es correcta.
- Botón Ver tabla sintáctica: Muestra la tabla sintáctica derivada de la gramática utilizada en la ventana de *Tabla sintáctica*. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Ver tabla sintáctica* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+T*. Sólo está habilitado cuando se ha analizado la gramática con éxito.
- Botón Guardar tabla sintáctica: Guarda en un fichero HTML (como una página web) la tabla sintáctica LL(1) derivada de la gramática utilizada. Para ello muestra una ventana de navegación de archivos, para que se pueda seleccionar la ubicación donde se desea guardar la tabla. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Guardar tabla sintáctica*, mediante la combinación de teclas *Ctrl+U* o mediante el botón correspondiente en la ventana de *Tabla sintáctica*. Sólo está habilitado cuando se ha analizado la gramática con éxito.
- Lista de Mensajes: Muestra información sobre las operaciones que realiza la aplicación, tales como las direcciones donde se guardan los ficheros o los momentos en los que se analiza la gramática. Su funcionalidad es la de un histórico, por lo que su contenido no se borra hasta que se cierra la aplicación.
- Lista de Análisis: Muestra información sobre las operaciones que se realizan al analizar una gramática. En concreto se muestra los mensajes de Análisis indicados en el apartado 3. Cada vez que se inicia un nuevo análisis se vacía y se rellena con la nueva información de dicho análisis. Además, contiene un menú contextual accesible con el botón secundario del ratón que permite realizar distintas operaciones con el contenido del análisis. El funcionamiento de este menú se detallará en el apartado *Menú contextual de la Lista de Análisis*.
- Lista de Errores: Muestra los errores en el código que se han detectado durante el análisis del fichero, mostrándose su número total detrás de todos ellos. Los tipos de errores que se mostrarán serán los indicados en el apartado 4. Seleccionando un

error concreto se resaltarán en la *Zona de edición* las líneas donde se produce el error. Sólo se pueden seleccionar errores cuando se ha analizado la gramática y se hayan encontrado errores.

- Zona de edición: Muestra el contenido del fichero actualmente en uso y permite modificarlo. Contiene un menú contextual accesible con el botón secundario del ratón que da acceso a varias funciones de edición. Se detallará su contenido en el apartado *Menú contextual de la Zona de edición*.

**Menú principal**: Permite ejecutar las diferentes funciones del sistema.

- Archivo: Permite ejecutar operaciones correspondientes al fichero que se está editando:
  - *Nuevo*: Crea un nuevo fichero en blanco para que se pueda editar una gramática partiendo de cero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Nuevo* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+N*.
  - *Abrir*: Muestra un cuadro de diálogo de navegación de archivos que permite abrir un fichero de código existente. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Abrir* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+A*.
  - *Guardar*: Guarda los cambios realizados en el fichero en uso en la ubicación desde la que se abrió el fichero o desde la última donde se guardó. Si el fichero era de nueva creación, se preguntará al usuario por el lugar donde desea guardar el fichero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Guardar* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+S*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
  - *Guardar como*: Guarda los cambios realizados en el fichero en uso en la ubicación que se indique mediante la ventana de navegación de archivos que se muestra. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la combinación de teclas *Ctrl+G*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
  - *Cerrar*: Cierra el fichero en uso. Si el fichero había sido modificado desde la última vez que se guardó, se preguntará al usuario si desea guardarlo. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la combinación de teclas *Ctrl+F4*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
  - *Imprimir*: Muestra la ventana de impresión que permite seleccionar las opciones necesarias para imprimir el fichero que está actualmente en uso. La misma funcionalidad puede ser accedida con el botón *Imprimir* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+I*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
  - *Salir*: Cierra la aplicación, cerrando anteriormente el fichero el fichero que está abierto. Si el fichero había sido modificado desde la última vez que se guardó, se preguntará al usuario si desea guardarlo. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Cerrar* de la esquina superior izquierda de la ventana o mediante la combinación de teclas *Alt+F4*.
- Edición: Permite realizar operaciones para editar el texto que aparece en la zona de edición. Este menú sólo estará habilitado cuando haya un fichero abierto.



- *Deshacer*: Permite deshacer el último cambio realizado sobre el fichero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Deshacer*, el menú contextual de la *Zona de edición* y la combinación de teclas *Ctrl+Z*.
- *Cortar*: Permite cortar el texto seleccionado en la *Zona de edición* y guardarlo en el portapapeles. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Cortar*, el menú contextual de la *Zona de edición* y la combinación de teclas *Ctrl+X*.
- *Copiar*: Permite copiar el texto seleccionado en la *Zona de edición* en el portapapeles. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Copiar*, el menú contextual de la *Zona de edición* y la combinación de teclas *Ctrl+C*.
- *Pegar*: Permite pegar el texto contenido en el portapapeles en la *Zona de edición*. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Pegar*, el menú contextual de la *Zona de edición* y la combinación de teclas *Ctrl+V*.
- *Seleccionar todo*: Permite seleccionar todo el texto de la *Zona de edición*. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú contextual de la *Zona de edición* y la combinación de teclas *Ctrl+E*.
- *Buscar*: Permite realizar la búsqueda de una determinada cadena de texto dentro del fichero que se muestra en la *Zona de edición*. Para poder introducir la información necesaria para poder realizar la búsqueda, se mostrará la *Ventana de búsqueda de texto*, que permitirá indicar todos los datos necesarios. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la combinación de teclas *Ctrl+B*.
- *Repetir búsqueda*: Repite la última búsqueda realizada, pero desde la posición actual. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la tecla de función *F3*.
- *Reemplazar*: Permite realizar la búsqueda de una determinada cadena de texto dentro del fichero de trabajo y reemplazarla por otra cadena de texto indicada. Para poder introducir los datos necesarios para el reemplazo, se mostrará la *Ventana de reemplazo de texto*, que contiene los campos necesarios para recopilar los parámetros del reemplazo. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la combinación de teclas *Ctrl+R*.
- *Fuente*: Permite seleccionar el tipo de letra con el que se muestra el texto contenido en el área de edición, mostrando para ello un cuadro de selección de fuente. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la combinación de teclas *Ctrl+F*.
- Análisis: Permite realizar operaciones relacionadas con el análisis de la gramática:
  - *Analizar gramática*: Analiza la gramática contenida en el fichero que se está editando, obteniendo los resultados del análisis o los errores (en el caso de que los haya) que se muestran en la parte inferior de la ventana. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Analizar gramática* o mediante la tecla de función *F5*. Sólo está habilitado cuando hay un fichero abierto.
  - *Guardar análisis*: Permite guardar en un fichero de texto las líneas de análisis mostradas en la *Lista de análisis*. Para ello muestra un cuadro de navegación de archivos con el que se puede indicar el sitio donde se desea guardar el fichero.

La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Guardar análisis*, el menú contextual de la *Lista de análisis* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+D*. Sólo está habilitado cuando se ha realizado el análisis LL(1) de la gramática, es decir, cuando se ha analizado el fichero y la estructura del mismo es correcta.

- *Imprimir análisis*: Permite imprimir las líneas de análisis mostradas en la *Lista de análisis*, mostrándose previamente un cuadro de configuración de impresora que permite ajustar los diferentes parámetros de la impresión. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Imprimir análisis*, el menú contextual de la *Lista de análisis* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+M*. Sólo está habilitado cuando se ha realizado el análisis LL(1) de la gramática, es decir, cuando se ha analizado el fichero y la estructura del mismo es correcta.
- *Ver tabla sintáctica*: Muestra la tabla sintáctica derivada de la gramática utilizada en la ventana de *Tabla sintáctica*. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Ver tabla sintáctica* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+T*. Sólo está habilitado cuando se ha analizado la gramática con éxito.
- *Guardar tabla sintáctica*: Guarda en un fichero HTML la tabla sintáctica derivada de la gramática utilizada. Para ello muestra una ventana de navegación de archivos, para que se pueda seleccionar el lugar donde se desea guardar la tabla. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Guardar tabla sintáctica*, mediante la combinación de teclas *Ctrl+U* o mediante el botón correspondiente en la ventana de *Tabla sintáctica*. Sólo está habilitado cuando se ha analizado la gramática con éxito.
- Ayuda: Permite acceder a información útil para el usuario de la aplicación:
  - *Ver manual de usuario*: Muestra este documento, que contiene el manual de la aplicación. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante la combinación de teclas *Ctrl+F1*.
  - *Acerca de*: Muestra la ventana *Acerca de*, que contiene información sobre la versión de la aplicación.

**Menú contextual de la zona de edición:** Menú accesible al pulsar el botón secundario del ratón sobre la *Zona de edición* que permite un acceso rápido a ciertas opciones de edición del texto:

- Deshacer: Permite deshacer el último cambio realizado sobre el fichero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Deshacer*, el menú *Edición* → *Deshacer* y la combinación de teclas *Ctrl+Z*.
- Cortar: Permite cortar el texto seleccionado en la *Zona de edición* y guardarlo en el portapapeles. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Cortar*, el menú *Edición* → *Cortar* y la combinación de teclas *Ctrl+X*.
- Copiar: Permite copiar el texto seleccionado en la *Zona de edición* en el portapapeles. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Copiar*, el menú *Edición* → *Copiar* y la combinación de teclas *Ctrl+C*.

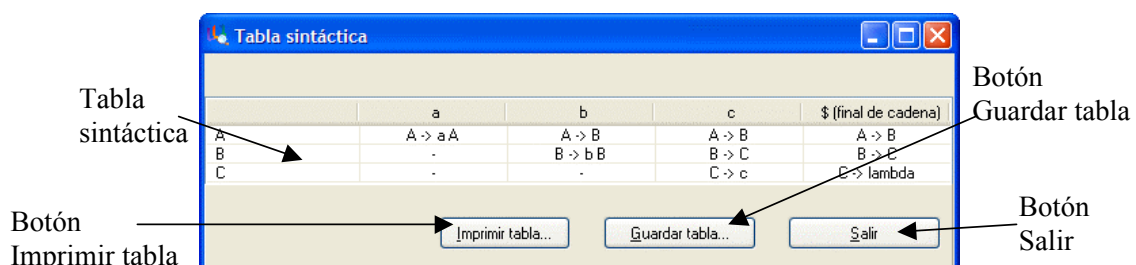
- **Pegar:** Permite pegar el texto contenido en el portapapeles en la *Zona de edición*. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el botón *Pegar*, el menú *Edición* → *Pegar* y la combinación de teclas *Ctrl+V*.
- **Seleccionar todo:** Permite seleccionar todo el texto de la *Zona de edición*. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Edición* → *Seleccionar todo* y la combinación de teclas *Ctrl+E*.

**Menú contextual de la lista de análisis:** Menú accesible al pulsar el botón secundario del ratón sobre la *Lista de análisis*, y que proporciona acceso a las diferentes operaciones que se pueden realizar con los mensajes de análisis obtenidos al analizar el fichero. Sólo está disponible cuando se ha realizado el análisis LL(1) de la gramática:

- **Copiar líneas seleccionadas:** Copia al portapapeles el texto contenido en las líneas seleccionadas de la *Lista de análisis*. Sólo está disponible cuando hay líneas seleccionadas en dicha lista.
- **Guardar análisis:** Permite guardar en un fichero de texto las líneas de análisis mostradas en la *Lista de análisis*. Para ello muestra un cuadro de navegación de archivos con el que se puede indicar la dirección donde se desea guardar el fichero. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Guardar análisis*, el menú contextual de la *Lista de análisis* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+D*. Sólo está habilitado cuando se ha realizado el análisis LL(1) de la gramática, es decir, cuando se ha analizado el fichero y la estructura del mismo es correcta.
- **Imprimir análisis:** Permite imprimir las líneas de análisis mostradas en la *Lista de análisis*, mostrándose previamente un cuadro de configuración de impresora que permite ajustar los diferentes parámetros de la impresión. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Imprimir análisis*, el menú contextual de la *Lista de análisis* o mediante la combinación de teclas *Ctrl+M*. Sólo está habilitado cuando se ha realizado el análisis LL1 de la gramática, es decir, cuando se ha analizado el fichero y la estructura del mismo es correcta.

### 3.2. Ventana de Tabla Sintáctica

Muestra la tabla sintáctica correspondiente a la gramática contenida en el fichero que se está editando.



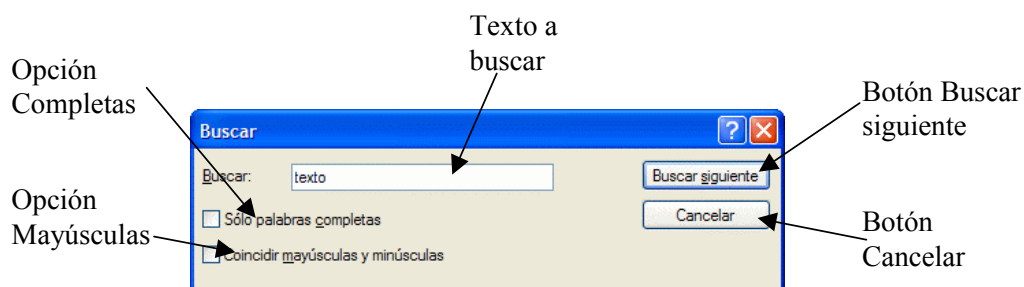
- **Tabla sintáctica:** Muestra el contenido de la tabla sintáctica correspondiente a la gramática. Cada una de las filas de la tabla se corresponde con un símbolo no terminal, mientras que las columnas corresponden a símbolos terminales. Las casillas de la tabla muestran la producción que se debe utilizar si en la cabeza de la

pila se tiene el símbolo no terminal correspondiente a la fila y de la entrada se lee el símbolo terminal de la columna. En el caso de que en la entrada aparezca un símbolo no terminal no permitido, en esta posición aparecerá el símbolo –.

- **Botón Imprimir tabla:** Imprime el contenido de la tabla sintáctica, permitiendo al usuario indicar sus preferencias de impresión mediante una *Ventana de impresión*. Independientemente de las preferencias que se indiquen, la impresión se realizará con las hojas en posición apaisada y mostrando en ellas fragmentos de la tabla, en los que aparecerán todos los símbolos no terminales y los símbolos terminales que, por su tamaño, puedan introducirse en dicha página.
- **Botón Guardar tabla:** Guarda en un fichero HTML una página web que contiene la tabla sintáctica derivada de la gramática utilizada. Para ello muestra una ventana de navegación de archivos, para que se pueda seleccionar la ubicación donde se desea guardar la tabla. La misma funcionalidad puede ser accedida mediante el menú *Análisis* → *Guardar tabla sintáctica*, mediante la combinación de teclas *Ctrl+U* o mediante el botón *Guardar tabla sintáctica* de la ventana principal.
- **Botón Salir:** Cierra esta ventana y muestra la ventana principal.

### 3.3. Ventana de Búsqueda de Texto

Permite introducir los datos necesarios para realizar una búsqueda de texto en la *Zona de edición*.

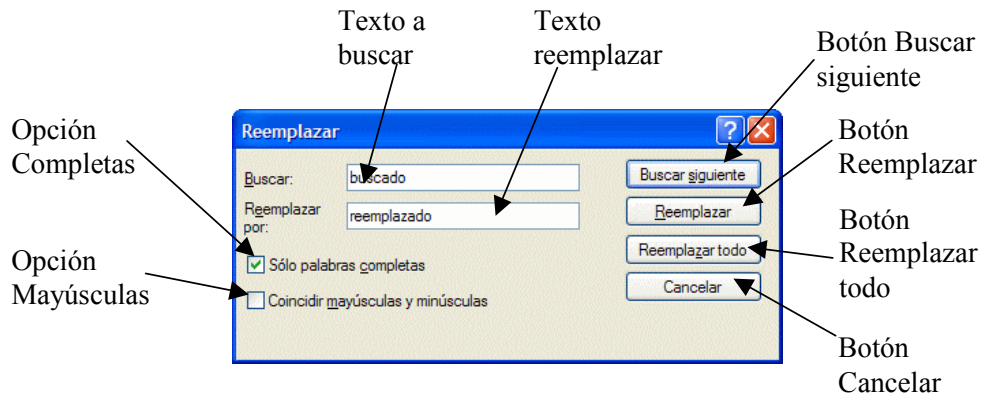


- **Texto a buscar:** Permite introducir el texto que se desea buscar.
- **Opción Completas:** Permite indicar que se busque únicamente el texto como una palabra completa, no como parte de una palabra más larga.
- **Opción Mayúsculas:** Permite indicar que se busque el texto haciendo coincidir las mayúsculas y minúsculas tal y como se han escrito en el *Texto a buscar*.
- **Botón Buscar siguiente:** Busca la siguiente aparición del texto indicado en la *Zona de edición*.
- **Botón Cancelar:** Cierra la ventana sin realizar ninguna búsqueda.

### 3.4. Ventana de Reemplazo de Texto

Permite introducir los datos necesarios para realizar la búsqueda y posterior reemplazo de texto en la *Zona de edición*.

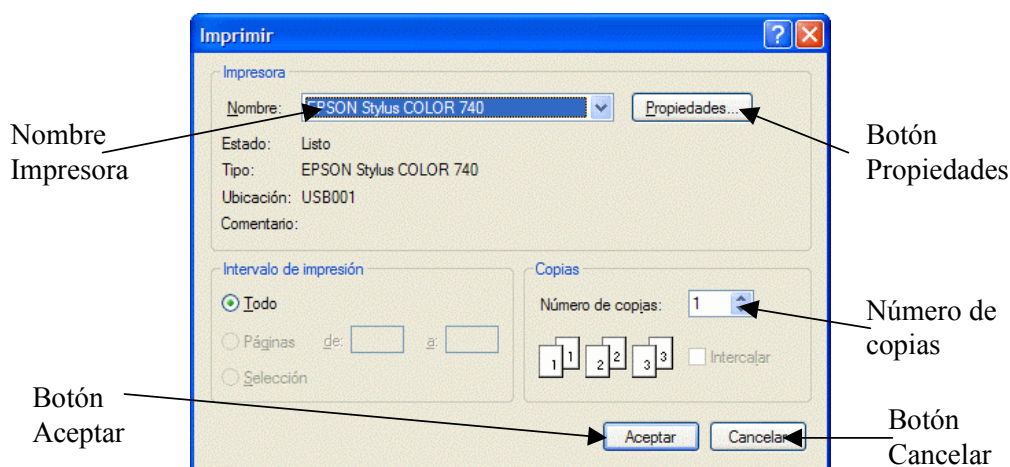
- **Texto a buscar:** Permite introducir el texto que se desea buscar.



- Texto reemplazar: Permite introducir el texto con el que se desea reemplazar el texto buscado.
- Opción Completas: Permite indicar que se busque únicamente el texto como una palabra completa, no como parte de una palabra más larga.
- Opción Mayúsculas: Permite indicar que se busque el texto haciendo coincidir las mayúsculas y minúsculas tal y como se han escrito en el *Texto a buscar*.
- Botón Buscar siguiente: Busca la siguiente aparición del texto indicado en la Zona de edición.
- Reemplazar: Busca la siguiente aparición del texto a buscar y lo reemplaza por el texto indicado.
- Reemplazar todo: Reemplaza todas las apariciones en la Zona de edición del texto a buscar por el texto para reemplazar.
- Botón Cancelar: Cierra la ventana sin realizar ninguna búsqueda.

### 3.5. Ventana de Impresión

Permite introducir los datos necesarios para realizar una impresión del texto que se desee (se puede imprimir el contenido del fichero con el que se está trabajando, la lista de mensajes de análisis o el contenido de la tabla sintáctica).

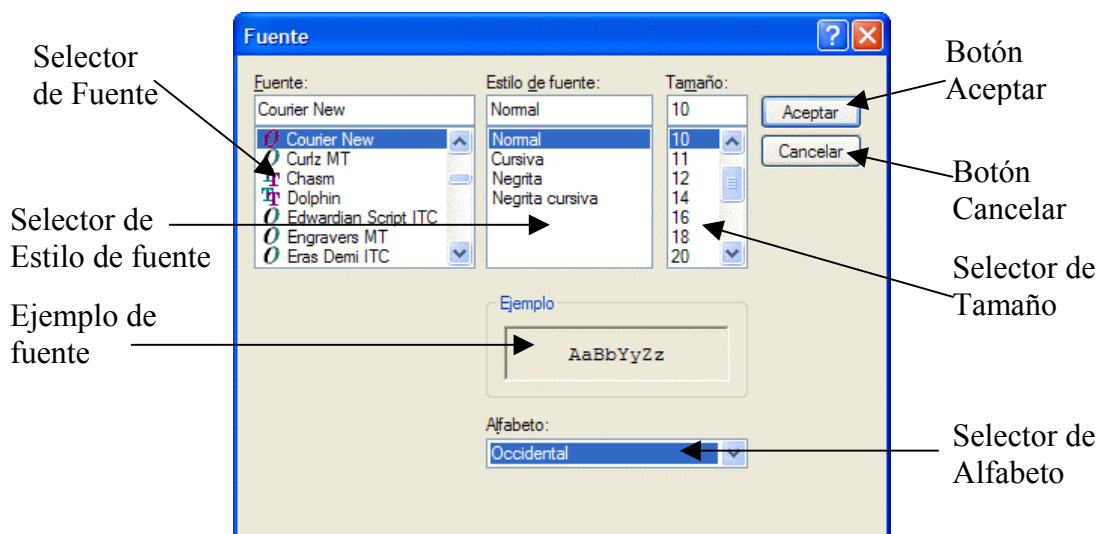


- Nombre Impresora: Permite indicar la impresora en la que se desea que se imprima el texto de entre las que están disponibles en el sistema.

- Botón Propiedades: Da acceso a la ventana de propiedades de la impresora, que permite la configuración de la misma. La ventana que se abrirá varía dependiendo de la impresora que se esté utilizando.
- Número de copias: Permite indicar el número de reproducciones del texto que se desea realizar.
- Botón Aceptar: Imprime el texto con las características indicadas.
- Botón Cancelar: Cierra la ventana sin realizar ninguna acción.

### 3.6. Ventana Selección de Fuente

Permite elegir el tipo de letra con el que se desea visualizar el contenido del fichero de trabajo en la *Zona de edición*.



- Selector de Fuente: Permite seleccionar el tipo de letra que se desea utilizar para representar la gramática.
- Selector de Estilo de fuente: Permite indicar si se desea visualizar la fuente con estilo negrita o cursiva.
- Selector de Tamaño: Permite indicar el tamaño de fuente (en puntos) que se desea utilizar.
- Ejemplo de fuente: Muestra una representación del texto con las características indicadas.
- Selector de Alfabeto: Permite seleccionar el alfabeto que se desea utilizar. Se recomienda utilizar el alfabeto occidental.
- Botón Aceptar: Aplica al texto de la *Zona de edición* las características de fuente seleccionadas.
- Botón Cancelar: Cierra la ventana de selección de fuente sin que se aplique ningún cambio.

### 3.7. Ventana Acerca de

Ventana que muestra información sobre la versión de la aplicación.



- Botón Aceptar: Cierra la ventan *Acerca de* y vuelve a la ventana principal.

## 4. Mensajes de Análisis

Durante el análisis de la gramática se mostrarán una serie de mensajes para informar qué operaciones se están realizando en cada momento. Estos mensajes pueden ser de gran utilidad en el caso de que se utilice la aplicación como método de estudio de temas relacionados con las condiciones LL(1)<sup>1</sup>.

Los tipos de mensajes que se muestran son los siguientes:

- *Iniciando análisis*: Mensaje inicial que debe aparecer cada vez que se solicita analizar el fichero.
- *Lectura de fichero realizado con éxito. Iniciando análisis LL1 de la gramática*: Indica que se ha leído el fichero y su formato se ajustaba al anteriormente indicado, por lo que se procederá a realizar el análisis LL(1) de la gramática que contenía.
- *Se han encontrado errores en el fichero. No se puede realizar el análisis LL1 de la gramática*: Indica que se ha leído el fichero, pero que se han encontrado partes de él que no se ajustaban al formato indicado en el apartado anterior, por lo que no se puede realizar el análisis LL(1).
- *Analizando símbolo X*: Indica que se procederá a realizar el análisis LL(1) del símbolo no terminal  $X$ . Es mensaje puede anidarse con otros similares, ya que para obtener los conjuntos FIRST y FOLLOW del símbolo  $X$  puede ser necesario analizar otros símbolos.
- *Analizando producción  $X \rightarrow y... z$* : Indica que se procederá a realizar el análisis LL(1) de la producción  $X \rightarrow y... z$ . Este tipo de mensajes aparece siempre después del mensaje *Analizando símbolo X*, ya que, para realizar el análisis LL(1) del símbolo  $X$  hay que analizar todas sus producciones. Al igual que sucedía con el mensaje anterior, este puede anidarse con otros similares.
- *FIRST de  $X = \{ a... b \}$* : Indica que se ha terminado de analizar el símbolo  $X$ , y que los símbolos no terminales que forman su conjunto FIRST son  $a... b$ . Este mensaje aparece siempre después del mensaje *Analizando símbolo X*.

<sup>1</sup> Para más información sobre las condiciones LL(1) y los cálculos de los conjuntos FIRST y FOLLOW, véase el apéndice de este documento.



- *El símbolo  $X$  no tiene producciones*: Indica que no se han definido producciones de las que el símbolo  $X$  sea el antecedente, por lo que no se puede calcular el conjunto FIRST. Este mensaje aparece siempre después del mensaje *Analizando símbolo  $X$* , en lugar del mensaje *FIRST de  $X = \{ a... b \}$* .
- *Símbolo  $X$  recursivo por la izquierda*: Indica que el símbolo  $X$  contiene una producción recursiva por la izquierda, situación que no puede ocurrir para que la gramática sea LL(1). Este mensaje aparece siempre después del mensaje *Analizando símbolo  $X$* , en lugar del mensaje *FIRST de  $X = \{ a... b \}$* .
- *Símbolo  $X$  afectado por la recursividad de otro símbolo*: Indica que una producción del símbolo  $X$  contiene a otro símbolo no terminal que es recursivo por la izquierda y que afecta al cálculo del FIRST de  $X$ . Este mensaje aparece siempre después del mensaje *Analizando símbolo  $X$* , en lugar del mensaje *FIRST de  $X = \{ a... b \}$* .
- *FIRST de  $X \rightarrow y... z = \{ a... b \}$* : Indica que ya se ha terminado de analizar la regla  $X \rightarrow y... z$ , y que los símbolos que forman su conjunto FIRST son  $a... b$ . Este mensaje aparece siempre después del mensaje *Analizando producción  $X \rightarrow y... z$* .
- *Calculando FOLLOW de  $X$* : Indica que se procederá a calcular el FOLLOW del símbolo no terminal  $X$ , que puede ser necesario para realizar el análisis LL(1) de un símbolo. Este mensaje aparece, por tanto, siempre después del mensaje *Analizando símbolo  $X$* .
- *FOLLOW de  $X = \{ a... b \}$* : Indica que se ha terminado de calcular el conjunto FOLLOW del símbolo  $X$  y que los símbolos que lo forman son  $a... b$ .<sup>2</sup>
- *Análisis concluido satisfactoriamente*: Indica que se ha realizado el análisis LL(1) completo y no se ha encontrado ningún error. Se podrá visualizar la tabla sintáctica si se desea.
- *Análisis concluido con errores detectados*: Indica que se han encontrado errores, bien al realizar la lectura del fichero, bien al realizar el análisis LL(1) de la gramática. Los errores se mostrarán en la correspondiente lista de errores, para que puedan visualizarse y corregirse. Por tanto, la gramática no es LL(1) y no podrá visualizarse la tabla.

## 5. Mensajes de Error

Al realizar el análisis pueden encontrarse ciertos errores, tanto al realizar la lectura del fichero como al proceder al propio análisis LL(1) de la gramática que éste contiene. Si se encontraran errores de formato al analizar el fichero, no se procedería a realizar el análisis LL(1) y, si se encontraran errores en la gramática, no se podría trabajar con la tabla sintáctica (no se podría visualizar ni guardar).

Por cada error que se encuentre se informará al usuario, indicándole la línea o líneas donde se ha detectado, una descripción del error y el símbolo que lo genera, si procede.

Los errores que pueden producirse son los siguientes:

---

<sup>2</sup> En este conjunto puede aparecer el símbolo  $\$$  (*final de cadena*), que el usuario no ha definido. Este símbolo existe siempre en la gramática y se corresponde al delimitador de fin de cadena que aparece al final de cada cadena que se ajusta al formato de la gramática.



- **Error 1:** *Se esperaba un identificador de conjuntos. Encontrado símbolo X.*  
Se produce cuando se encuentra un símbolo fuera de un conjunto, es decir, cuando se esperaba un identificador de conjunto para iniciar la definición del mismo.
- **Error 2:** *Fin de fichero inesperado.*  
Se produce cuando se encuentra el final de fichero sin que se haya realizado la definición completa de los cuatro conjuntos que forman la gramática.
- **Error 3:** *Conjunto de símbolos terminales ya definido.*  
Se produce al intentar volver a definir el conjunto de símbolos terminales cuando ya se ha definido anteriormente.
- **Error 4:** *Conjunto de símbolos no terminales ya definido.*  
Se produce al intentar volver a definir el conjunto de símbolos terminales cuando ya se ha definido anteriormente.
- **Error 5:** *Axioma ya definido.*  
Se produce al intentar volver a definir el axioma de la gramática cuando ya se ha definido anteriormente.
- **Error 6:** *Conjunto de producciones ya definido.*  
Se produce cuando se intenta volver a definir el conjunto de producciones cuando ya se ha definido anteriormente.
- **Error 7:** *Todos los conjuntos están definidos. No se espera ningún símbolo más.*  
Se produce cuando aparece cualquier tipo de símbolo una vez que se han definido los cuatro conjuntos.
- **Error 8:** *Se han de definir los conjuntos de símbolos no terminales, símbolos terminales y el axioma antes de indicar el conjunto de producciones.*  
Se produce cuando se intenta definir el conjunto de producciones antes de definir alguno de los otros tres conjuntos, que deben precederle.
- **Error 9:** *El conjunto debe contener al menos un símbolo.*  
Se produce al definir el conjunto de símbolos terminales o el de no terminales si no se indica ningún conjunto en su interior.
- **Error 10:** *Comentario incorrectamente colocado.*  
Se produce cuando se encuentra algún comentario situado en algún lugar distinto a los permitidos. Hay que recordar que los comentarios sólo pueden aparecer fuera de los conjuntos, en líneas diferentes a éstos, o detrás de las producciones, en la misma línea que ellas.
- **Error 11:** *No se puede definir un identificador con la palabra reservada lambda.*  
Error producido por intentar definir un símbolo con el nombre `lambda`. Hay que recordar que `lambda` es una palabra reservada que representa a la cadena vacía  $\lambda$ .
- **Error 12:** *El símbolo X no es un símbolo no terminal correcto.*  
Se ha intentado definir un símbolo en el conjunto de símbolos no terminales con una estructura incorrecta. Hay que recordar que un símbolo no terminal debe ser una combinación de letras, dígitos y símbolos de guión bajo (`_`), sin poder contener ningún otro tipo de símbolo.
- **Error 13:** *Se esperaba el identificador Producciones. Encontrado símbolo X.*

Este error es generado al encontrarse un símbolo distinto a la palabra especial *Producciones* una vez que se han definido los conjuntos de símbolos terminales y no terminales y el axioma.

- **Error 14:** *El antecedente de una regla debe ser un símbolo no terminal.*  
Error producido al encontrar como antecedente de una regla un símbolo cuya estructura no se ajusta a la de los símbolos no terminales. Hay que recordar que un símbolo no terminal debe ser una combinación de letras, dígitos y símbolos de guión bajo (\_), sin poder contener ningún otro tipo de símbolo.
- **Error 15:** *Final de línea inesperado.*  
Error producido cuando se encuentra un salto de línea en mitad de una producción. Hay que recordar que las producciones deben aparecer en una única línea.
- **Error 16:** *El símbolo lambda sólo puede aparecer como consecuente único de una producción.*  
Error producido cuando se encuentra el símbolo `lambda` junto con otros símbolos como consecuente de una producción. El símbolo `lambda` sólo puede aparecer como único símbolo consecuente de una producción anulable.
- **Error 17:** *Se esperaba el símbolo =. Encontrado símbolo X.*  
Error producido cuando, en una definición de conjunto, después del identificador correspondiente, se encuentra un símbolo que no es el símbolo `=`.
- **Error 18:** *Se esperaba el símbolo {. Encontrado símbolo X.*  
Error que aparece cuando, en una definición de conjunto, después del símbolo `=` aparece otro símbolo que no es el símbolo `{`.
- **Error 19:** *Se esperaba el símbolo }. Encontrado símbolo X.*  
Error que aparece cuando, al finalizar la definición de conjunto aparece otro símbolo que no es el símbolo `}`.
- **Error 20:** *Se esperaba un salto de línea.*  
Error que aparece cuando, al definir el conjunto de *Producciones*, se comienza a definir una producción después del símbolo `{`. Hay que recordar que las producciones deben aparecer solas en una única línea, o junto con un comentario.
- **Error 21:** *Se esperaba el símbolo ->. Encontrado símbolo X.*  
Aparece cuando, al definir una producción, después del símbolo antecedente aparece otro símbolo que no son los símbolos `->`.
- **Error 22:** *Identificador X redefinido.*  
Se produce al intentar definir un identificador que ya estaba definido anteriormente en el mismo o en distinto conjunto de símbolos.
- **Error 23:** *El axioma X no está definido como símbolo no terminal.*  
Se produce al intentar establecer como axioma un símbolo que no está definido en el conjunto de símbolos no terminales.
- **Error 24:** *El antecedente X no está definido como símbolo no terminal.*  
Error producido al intentar utilizar como antecedente de una regla un símbolo que no está definido en el conjunto de símbolos no terminales.
- **Error 25:** *El símbolo X no está definido.*  
Error producido al intentar utilizar como consecuente de una regla un símbolo que no está definido ni en el conjunto de símbolo terminales ni en el de no terminales.

- **Error 26:** *No se han definido producciones para el símbolo no terminal  $X$ .*  
Error producido por no definir ninguna producción para el símbolo no terminal  $X$ . Todos los símbolos terminales deben ser antecedentes de, al menos, una producción.
- **Error 27:** *La producción genera recursividad por la izquierda del símbolo  $X$ .*  
El símbolo  $X$  es recursivo por la izquierda, situación que no puede existir para que la gramática pueda ser LL(1).
- **Error 28:** *Producción afectada por la recursividad de otro símbolo.*  
La producción indicada se ve afectada por la recursividad por la izquierda de otro símbolo que puede derivarse de dicha producción.
- **Error 29:** *Las dos producciones contienen el símbolo  $X$  en su conjunto FIRST.*  
Las dos producciones indicadas, que tienen el mismo antecedente, tienen en sus respectivos conjuntos FIRST el símbolo  $X$ , situación que no puede existir para que la gramática pueda ser LL(1).
- **Error 30:** *El símbolo  $X$  tiene dos producciones anulables*  
El símbolo  $X$  es antecedente de dos producciones anulables, situación que no puede existir para que la gramática pueda ser LL(1).
- **Error 31:** *El símbolo  $X$  se encuentra en el FIRST y el FOLLOW del antecedente.*  
El antecedente de las reglas es anulable y contiene el símbolo  $X$  tanto en el conjunto FIRST de una de ellas como en su propio conjunto FOLLOW, situación que no puede existir para que la gramática pueda ser LL(1).

## 6. Fichero de salida de la tabla sintáctica:

Cuando se solicita al sistema que guarde en un fichero la tabla sintáctica obtenida, ésta se guardará en un fichero con formato HTML, que podrá ser visualizado en cualquier navegador web convencional.

Un ejemplo de fichero de salida sería el siguiente:

Tabla sintáctica para “gramatica.ll1”				
	a	b	c	\$ (final de cadena)
A	$A \rightarrow a A$	$A \rightarrow B$	$A \rightarrow B$	$A \rightarrow B$
B	--	$B \rightarrow b B$	$B \rightarrow C$	$B \rightarrow C$
C	--	--	$C \rightarrow c C$	$C \rightarrow \text{lambda}$

En dicha imagen, se muestra el nombre del fichero de trabajo que contenía la gramática que genera la tabla que se muestra. A continuación, se presenta la tabla sintáctica, que, al igual que la que se muestra a través de la ventana de la aplicación, contiene en cada una de las filas de la tabla un símbolo no terminal y en cada una de sus columnas un símbolo terminal. Las casillas de la tabla muestran la producción que se debe utilizar si

en la cabeza de la pila se tiene el símbolo no terminal correspondiente a la fila y de la entrada se lee el símbolo terminal de la columna. En el caso de que en la tabla aparezca el símbolo --, quiere decir que en la entrada no puede aparecer el símbolo terminal de la columna.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el formato en el que se guarda la tabla es HTML, en concreto, en HTML 4.01<sup>3</sup>, en su versión estricta, es decir, que cumple por completo el último estándar de HTML. Al utilizarse el formato HTML, su contenido es totalmente abierto y puede ser modificado o utilizado en otras páginas según el usuario lo desee, por lo que a continuación se muestra la estructura genérica del fichero de salida:

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<HTML>
<HEAD>
  <META http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1252">
  <TITLE>Tabla sintáctica para fichero.ll1</TITLE>
  <STYLE type="text/css">
    DIV.tabla { text-align: center; font-size: 12pt; font-family: Arial }
    H2.titulo { text-align: center; font-family: Arial }
    TABLE { text-align: center; }
    TH { background: silver; }
  </STYLE>
</HEAD>

<BODY style="font-family: Arial">

  <P><BR></P>
  <H2 class=titulo>Tabla sintáctica para fichero.ll1</H2>
  <P><BR></P>

  <DIV class = tabla>
    <TABLE border="1" cellpadding="5" width="90%">
      <TR>
        <TD>
          <TH>term1</TH>
          <TH>term2</TH>

          . . .

          <TH>termN</TH>
          <TH> $ (final de cadena)</TH>
        </TR>
        <TR>
          <TH>nterm1</TH>
          <TD>nterm1 &rarr; cons1A ... cons1I</TD>
          <TD>nterm1 &rarr; cons4A ... cons4J</TD>

          . . .

          <TD>nterm1 &rarr; cons7A ... cons7K</TD>
        </TR>
        <TR>
          <TH>nterm2</TH>
          <TD>nterm2 &rarr; cons2A ... cons2L</TD>
          <TD>nterm2 &rarr; cons5A ... cons5O </TD>

          . . .

          <TD>nterm2 &rarr; cons8A ... cons8P</TD>
```

<sup>3</sup> Para más información sobre HTML 4.01, véase <http://www.w3.org/TR/html401>

```

</TR>

. . .

<TR>
  <TH>ntermM</TH>
  <TD>ntermM &rarr; cons3A ... cons3Q</TD>
  <TD>ntermM &rarr; cons6A ... cons6R</TD>

. . .

  <TD>ntermM &rarr; cons9A ... cons9S</TD>
</TR>
</TABLE>
</DIV>
</BODY>
</HTML>

```

## Apéndice: FIRST, FOLLOW y Condiciones LL(1)

A continuación se explica, a modo de apéndice, las bases de las condiciones LL(1) y de los conjuntos FIRST y FOLLOW.

### A.1. Cálculo del Conjunto FIRST

#### A.1.1. Definición de FIRST

Se define  $\text{FIRST}(\alpha)$ , siendo  $\alpha$  una cadena de símbolos gramaticales, como el conjunto de terminales que inician las cadenas derivadas de  $\alpha$ . Si  $\alpha$  deriva en  $\lambda$  en uno o más pasos ( $\alpha \Rightarrow^* \lambda$ ), entonces  $\lambda$  también estará en  $\text{FIRST}(\alpha)$ .

#### A.1.2. Cálculo del Conjunto FIRST(X)

Para calcular  $\text{FIRST}(X)$  para algún símbolo gramatical  $X$ , se aplican las siguientes reglas hasta que no pueda añadirse nada nuevo al conjunto FIRST:

1. Si  $X$  es terminal, entonces  $\text{FIRST}(X)$  es  $\{X\}$ .
2. Si  $X$  es no terminal y  $X \rightarrow \lambda$  es una producción, entonces añádase  $\lambda$  a  $\text{FIRST}(X)$ .
3. Si  $X$  es no terminal y  $X \rightarrow \beta_1 \beta_2 \dots \beta_k$  es una producción, entonces póngase  $a$  en  $\text{FIRST}(X)$  si para alguna  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ),  $a$  está en  $\text{FIRST}(\beta_i)$  y  $\lambda$  están en  $\text{FIRST}(\beta_1) \dots \text{FIRST}(\beta_{i-1})$ . Si  $\lambda$  está en todos los  $\text{FIRST}(\beta_j)$ , entonces se añade  $\lambda$  a  $\text{FIRST}(X)$ .

### A.2. Cálculo del Conjunto FOLLOW

#### A.2.1. Definición de FOLLOW

Se define  $\text{FOLLOW}(A)$ , siendo  $A$  un símbolo no terminal, como el conjunto de terminales  $a$  que pueden aparecer inmediatamente a la derecha de  $A$  en alguna forma sentencial (es decir, todos los  $a$  tales que  $S \Rightarrow^* \alpha A a \beta$ , para cualquier  $\alpha$  y  $\beta$ ). Si  $A$  es el símbolo más a la derecha en la frase, entonces  $\$$  (final de frase) pertenece a  $\text{FOLLOW}(A)$ .

### A.2.2. Cálculo del Conjunto FOLLOW(A)

Para calcular el FOLLOW(A) para los símbolos no terminales  $A$ , se aplican las siguientes reglas hasta que no se pueda añadir nada a ningún conjunto FOLLOW:

1. Póngase  $\$$  en FOLLOW( $S$ ), donde  $S$  es el axioma y  $\$$  el delimitador derecho de la entrada.
2. Si hay una producción  $B \rightarrow \alpha A \beta$ , entonces todo lo que esté en FIRST( $\beta$ ), excepto  $\lambda$ , se pone en FOLLOW( $A$ ).
3. Si hay una producción  $A \rightarrow \alpha B$  o una producción  $A \rightarrow \alpha B \beta$ , donde FIRST( $\beta$ ) contenga  $\lambda$  ( $\beta \Rightarrow^* \lambda$ ), entonces todo lo que esté en FOLLOW( $A$ ) se pone en FOLLOW( $B$ ).

### A.3. Condiciones LL(1)

Una gramática es una gramática LL(1) si cumple las siguientes propiedades:

1. No es ambigua.
2. No es recursiva por la izquierda, es decir, no pueden existir producciones de la forma:  $A \rightarrow A b$ .
3. Si y sólo si cuando  $A \rightarrow \alpha \mid \beta$  son dos producciones distintas de la gramática que cumplen lo siguiente:
  - a)  $\alpha$  y  $\beta$  no pueden derivar a la vez cadenas que comiencen por el mismo símbolo terminal.
  - b) Sólo  $\alpha$  o  $\beta$  pueden derivar en  $\lambda$ , nunca ambas.
  - c) Si  $\alpha \Rightarrow^* \lambda$ , entonces  $\beta$  no puede derivar ninguna cadena que comience con un terminal del conjunto FOLLOW( $A$ ).

Todas estas propiedades se resumen en la “**condición LL(1)**”. Hay dos formas de enunciarla:

- **1ª Forma:** Para una gramática sin  $\lambda$  deben ser disjuntos entre sí los conjuntos FIRST de todas las alternativas de los símbolos no terminales que tengan más de una parte derecha. Es decir, la gramática es LL(1) si se cumple:

$$[\cap \text{FIRST}(\alpha_i)]_{i=1 \dots n} = \emptyset, \forall A \rightarrow \alpha_1 \mid \alpha_2 \mid \dots \mid \alpha_n$$

- **2ª Forma:** Una gramática (con o sin  $\lambda$ ) es LL(1) si, para cada dos alternativas distintas del mismo símbolo no terminal ( $A \rightarrow \alpha$  y  $A \rightarrow \beta$ ), se verifica que:

$$(\text{FIRST}(\alpha) \parallel \text{FOLLOW}(A)) \cap (\text{FIRST}(\beta) \parallel \text{FOLLOW}(A)) = \emptyset$$

(el símbolo “ $\parallel$ ” significa concatenación)