

Curso: Compiladores  
Tema 6. Traducción dirigida por Sintaxis  
(Parte I)

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### **Traducción Dirigida por la Sintaxis**

Hemos llegado a las siguientes etapas del proceso de compilación. Cuando hablamos de traducción dirigida por sintaxis, nos referimos a que al mismo tiempo que se hace la revisión sintáctica, se puede realizar ciertas acciones como revisión semántica y traducción a lenguaje intermedio u objetivo.

Recordemos que los Analizadores Léxico y Sintáctico se basan en gramáticas para realizar el reconocimiento del lenguaje que define dicha gramática. Por lo que el Analizador Semántico y el Traductor, también se basarán en una gramática que contenga, además de elementos terminales y no-terminales, otros elementos que indiquen cómo hacer la revisión semántica y la traducción. A estas gramáticas se les denominan *Gramáticas de Traducción*.

#### **Gramáticas de Traducción**

Las gramáticas de traducción son Gramáticas Libres de Contexto que además de su alfabeto (terminales) y no-terminales cuentan con ***símbolos de acción***. Estos últimos los representaremos entre llaves { }, para distinguirlos de los otros elementos de la gramática. Los símbolos de acción pueden representar el realizar una función sencilla o más complicada. Para entender su uso y funcionamiento, haremos un ejercicio.

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### Traducción Dirigida por la Sintaxis

##### Gramáticas de Traducción

###### *Ejercicio 6.1.1*

La siguiente gramática de traducción define la sintaxis de una expresión aritmética que usa solo operadores + y \* y la traduce a notación polaca posfija. Por ejemplo, de la expresión  $a*a+a$ , su traducción es  $aa*a+$ .

$$1: E \rightarrow E+T\{+\}$$

$$2: E \rightarrow T$$

$$3: T \rightarrow T*F\{*\}$$

$$4: T \rightarrow F$$

$$5: F \rightarrow (E)$$

$$6: F \rightarrow a\{a\}$$

Observemos que los símbolos de acción (en rojo) no se encuentran en todas las producciones; su ubicación, es decir, en qué producciones y en qué posición dentro de una producción están, depende del tipo de traducción o revisión semántica que realizará.

En particular, esta gramática ubica a los símbolos de acción al final de las producciones donde se encuentra; esto es porque realizará una traducción posfija. La acción que representa es escribir a la salida el símbolo que encierra. Más adelante haremos más ejercicios para saber dónde y qué símbolos de acción colocar en una gramática para convertirla en una gramática de traducción.

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### Traducción Dirigida por la Sintaxis

#### Gramáticas de Traducción

*Ejercicio 6.1.1 (continuación).*

De la gramática de traducción dada, aplicando derivaciones por la izquierda, obtén la sentencia  $a^*a+a$ . Considera los símbolos de acción en las formas sentenciales, conservando su posición.

$$E \xrightarrow{1} E+T\{+\}$$

$$\xrightarrow{2} T+T\{+\}$$

$$\xrightarrow{3} T^*F\{*\}+T\{+\}$$

$$\xrightarrow{4} F^*F\{*\}+T\{+\}$$

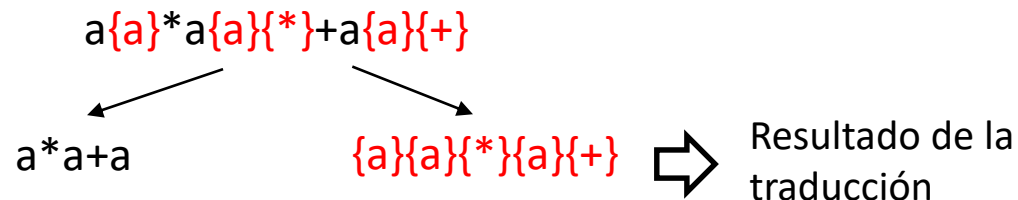
$$\xrightarrow{6} a\{a\}^*F\{*\}+T\{+\}$$

$$\xrightarrow{6} a\{a\}^*a\{a\}\{*\}+T\{+\}$$

$$\xrightarrow{4} a\{a\}^*a\{a\}\{*\}+F\{+\}$$

$$\xrightarrow{6} a\{a\}^*a\{a\}\{*\}+a\{a\}\{+\}$$

Ahora bien, de la sentencia obtenida, separemos los terminales y los símbolos de acción, conservando el orden:



## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### Gramáticas de Traducción

Pasemos ahora a realizar varios ejercicios sobre una misma gramática para adquirir la habilidad de definir los símbolos de acción adecuados y su ubicación dentro de la gramática, obteniendo una gramática de traducción que realice la traducción solicitada.

##### *Ejercicio 6.1.2.*

La siguiente gramática define el lenguaje de cadenas de 0's y 1's en cualquier combinación, siendo la mínima cadena de longitud uno.

1:  $S \rightarrow 0$

2:  $S \rightarrow 1$

3:  $S \rightarrow 0S$

4:  $S \rightarrow 1S$

- a) Obtén una gramática de traducción que genere el *complemento a uno* de las cadenas del lenguaje.

El complemento a uno es cambiar los 0's por 1's y viceversa. Por lo que cuando haya un 0 poner un símbolo de acción con 1 y viceversa. Como se debe conservar el orden de presentación de los elementos de la cadena, el símbolo de acción debe estar junto al terminal correspondiente (ya sea antes o después).

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### Traducción Dirigida por la Sintaxis

#### Gramáticas de Traducción

##### *Ejercicio 6.1.2 (continuación).*

Por tanto, la gramática de traducción correspondiente es:

$$1: S \rightarrow 0\{1\}$$

$$2: S \rightarrow \{0\}1$$

$$3: S \rightarrow \{1\}0S$$

$$4: S \rightarrow 1\{0\}S$$

Hagamos una prueba generando la sentencia 10010:

$$S \xrightarrow{4} 1\{0\}S$$

3

$$\rightarrow 1\{0\}\{1\}0S$$

3

$$\rightarrow 1\{0\}\{1\}0\{1\}0S$$

$$\xrightarrow{4} 1\{0\}\{1\}0\{1\}01\{0\}S$$

1

$$\rightarrow 1\{0\}\{1\}0\{1\}01\{0\}0\{1\}$$

Separemos la sentencia en terminales y símbolos de acción respetando el orden de presentación.

$$\begin{array}{ccc} & 1\{0\}\{1\}0\{1\}01\{0\}0\{1\} & \\ \swarrow & & \searrow \\ 10010 & \{0\}\{1\}\{1\}\{0\}\{1\} & \Rightarrow \text{Traducción correcta} \end{array}$$

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### Gramáticas de Traducción

##### *Ejercicio 6.1.2 (continuación).*

- b) Obtén una gramática de traducción que entregue como traducción la cadena con todos los 0's al inicio y seguidos de todos los unos. Ejemplos: traducción de 11010 es 00111, la de 001101 es 000111, la de 111 es la misma por no tener ceros, al igual que 0000 por no tener unos. (Antes de ver la solución trata de resolverla en tus notas).

##### *Solución:*

Como los 0's deben estar al inicio, el símbolo de acción {0} debe estar antes del no terminal S en la producción 3, para que cuando se derive por S el {0} se mantenga a la izquierda. En la producción 4, el {1} debe estar después del no terminal S para que cuando se derive por S se mantenga a la derecha. De las producciones 1 y 2 no importa dónde se pongan los símbolos de acción correspondientes porque alguna de ellas será la última en aplicarse.

1:  $S \rightarrow \{0\}0$

2:  $S \rightarrow \{1\}1$

3:  $S \rightarrow 0\{0\}S$

4:  $S \rightarrow 1S\{1\}$

En tus notas realiza algunas pruebas.

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

#### Traducción Dirigida por la Sintaxis en gramáticas LL(1)

Ahora que ya conocemos el uso de los símbolos de acción en las gramáticas de traducción, veamos cómo construir el Parser LL para traducción dirigida por la sintaxis. Para ello, realizaremos un ejercicio con todo el proceso para su obtención.

##### *Ejercicio 6.2.1.*

A la siguiente bien conocida gramática que define expresiones aritméticas, tratada en el tema 4, se le incluyeron los símbolos de acción para la traducción de las expresiones a notación polaca posfija.

$$1: E \rightarrow T E' \quad \text{c.s.}(1) = \{ ( a \}$$

$$2: E' \rightarrow + T\{+\} E' \quad \text{c.s.}(2) = \{ + \}$$

$$3: E' \rightarrow \xi \quad \text{c.s.}(3) = \{ \} \}$$

$$4: T \rightarrow F T' \quad \text{c.s.}(4) = \{ ( a \}$$

$$5: T' \rightarrow * F\{*\} T' \quad \text{c.s.}(5) = \{ * \}$$

$$6: T' \rightarrow \xi \quad \text{c.s.}(6) = \{ + \} \}$$

$$7: F \rightarrow ( E ) \quad \text{c.s.}(7) = \{ ( \}$$

$$8: F \rightarrow a\{a\} \quad \text{c.s.}(8) = \{ a \}$$

a) Obtener la sentencia  $(a+a)*a$

$$\begin{array}{llll}
 E \xrightarrow{1} T E' & \xrightarrow{4} (F T' E') T' E' & \xrightarrow{4} (a\{a\} + F T' \{+\} E') T' E' & \xrightarrow{5} (a\{a\} + a\{a\} \{+\}) * F \{*\} T' E' \\
 \xrightarrow{4} F T' E' & \xrightarrow{8} (a\{a\} T' E') T' E' & \xrightarrow{8} (a\{a\} + a\{a\} T' \{+\} E') T' E' & \xrightarrow{8} (a\{a\} + a\{a\} \{+\}) * a\{a\} \{*\} T' E' \\
 \xrightarrow{7} (E) T' E' & \xrightarrow{6} (a\{a\} E') T' E' & \xrightarrow{6} (a\{a\} + a\{a\} \{+\} E') T' E' & \xrightarrow{6} (a\{a\} + a\{a\} \{+\}) * a\{a\} \{*\} E' \\
 \xrightarrow{1} (T E') T' E' & \xrightarrow{2} (a\{a\} + T \{+\} E') T' E' & \xrightarrow{3} (a\{a\} + a\{a\} \{+\}) T' E' & \xrightarrow{3} \underline{(a\{a\} + a\{a\} \{+\}) * a\{a\} \{*\}}
 \end{array}$$



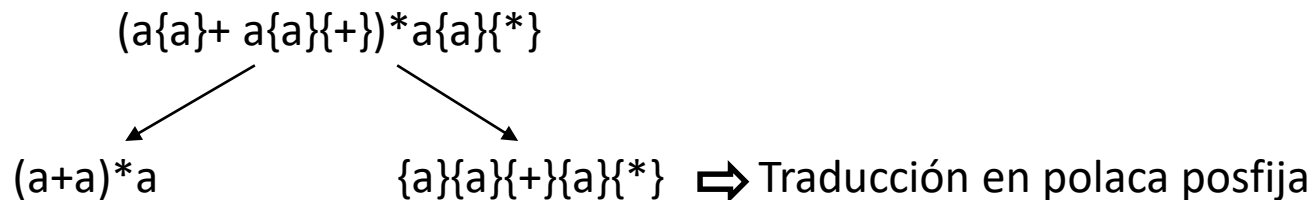
## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

#### Traducción Dirigida por la Sintaxis en gramáticas LL(1)

##### Ejercicio 6.2.1 (continuación).

Separemos la sentencia en terminales y símbolos de acción respetando el orden de presentación.



b) Construcción de la Tabla de Parser LL(1) de análisis sintáctico y traducción.

Se mantienen las columnas con los elementos terminales de la gramática, más el indicador de fin de cadena  $\dagger$ . Para los renglones (elementos que entran en la pila), puede darse la situación de que además de los que entran en el Parser LL(1), entren algunos símbolos de acción (porque se encuentran en  $\alpha$ ).

Las operaciones que se hacen en las celdas, mostradas en la siguiente tabla, consideran 4 nuevos tipos de producciones que incluyen a los símbolos de acción. En las producciones,  $A$  y  $B \in N$ ;  $b \in \Sigma_G$ ;  $\{x\}$ ,  $\{y\}$  son símbolos de acción que se pueden presentar los dos o sólo uno;  $\alpha \in (N \cup \Sigma_G \cup \{x\})^+$ .

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

#### *Ejercicio 6.2.1 (continuación).*

Operaciones en las celdas de la tabla de Parser LL(1) para traducción

Caso	Tipo producción	Celda de la TP	Operaciones
1	$i : A \rightarrow b$	TP[A, b]	Pop, avanza
2	$i : A \rightarrow \{x\}b\{y\}$	TP[A, b]	Pop, realiza(x) y/o realiza(y), avanza
3	$i : A \rightarrow b\alpha$	TP[A, b]	Reemplaza por $\alpha$ al revés, avanza
4	$i : A \rightarrow \{x\}b\{y\}\alpha$	TP[A, b]	Reemplaza por $\alpha$ al revés, realiza(x) y/o realiza(y), avanza
5	$i : A \rightarrow \xi$	TP[A, x] para toda $x \in \text{c.s.}(i)$	Pop, retén
6	$i : A \rightarrow \{y\}$	TP[A, x] para toda $x \in \text{c.s.}(i)$	Pop, realiza(y), retén
7	$i : A \rightarrow B\alpha$	TP[A, x] para toda $x \in \text{c.s.}(i)$	Reemplaza por $B\alpha$ al revés, retén
8	$i : A \rightarrow \{y\}B\alpha$	TP[A, x] para toda $x \in \text{c.s.}(i)$	Reemplaza por $B\alpha$ al revés, realiza(y), retén

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

#### Ejercicio 6.2.1 (continuación).

Operaciones en las celdas de la tabla de Parser LL(1) para traducción (continuación)

Caso	Situación	Celda de la TP	Operaciones
9	para toda <b>b</b> que entra a la pila.	TP[b, b] para el mismo terminal	Pop, avanza
10	para todo {x} que entra en la pila	TP[{x}, *]; *Todas las columnas	Pop, realiza(x), retén
11	para cuando la pila está vacía	TP[Λ, †]	Acepta

Elaboremos la Tabla de Parser de traducción para la gramática dada.

Es importante que, antes de elaborar la Tabla de Parser de una gramática de traducción, ya se hayan calculado los conjuntos de selección.

- i. Primeramente definiremos la estructura de la Tabla de Parser, es decir, qué columnas y renglones la componen.

Columnas:  $\Sigma_p = \Sigma_G \cup \{\dagger\} = \{ a + * ( ) \dagger \}$

Renglones:  $\Gamma = N \cup \{\Lambda\} \cup \{ \{x\} \mid \{x\} \text{ está en } \alpha \} \cup \{ a \in \Sigma_G \mid a \text{ no esté nada más al inicio del lado derecho de las producciones} \} = \{ E \ E' \ T \ T' \ F \ ) \wedge \{+\} \{*\}$

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

#### *Ejercicio 6.2.1 (continuación).*

- ii. Elaborar la Tabla de Parser LL(1) de traducción, incluyendo las operaciones que deberá realizar el Parser en cada caso. Revisemos cada producción:

Caso	Tipo producción	Celda de la TP	Operaciones
2	$i : A \rightarrow \{x\}b\{y\}$ De la gramática: 8: $F \rightarrow a\{a\}$	TP[A, b] En nuestra tabla: TP[F,a]	Pop, realiza(x) y/o realiza(y), avanza  Pop, escribe(a), avanza
3	$i : A \rightarrow b\alpha$ De la gramática: 2: $E' \rightarrow + T\{+\} E'$ 5: $T' \rightarrow *F\{*\} T'$ 7: $F \rightarrow ( E )$	TP[A, b] En nuestra tabla: TP[E',+] TP[T',*] TP[F, (]	Reemplaza por $\alpha$ al revés, avanza  $\alpha = T\{+\}E'$ ; Reemp( $T\{+\}E'$ ) <sup>r</sup> , avanza $\alpha = F\{*\}T'$ ; Reemp( $F\{*\}T'$ ) <sup>r</sup> , avanza $\alpha = E$ ; Reemp( $E$ ) <sup>r</sup> , avanza
5	$i : A \rightarrow \xi$ De la gramática: 3: $E' \rightarrow \xi$ c.s.(3)={ $\uparrow$ } 6: $T' \rightarrow \xi$ c.s.(6)={ $+ ) \uparrow$ }	TP[A, x] para toda $x \in \text{c.s.}(i)$ TP[E', $\uparrow$ ], TP[E',)] TP[T',+], TP[T',)], TP[T', $\uparrow$ ]	Pop, retén  Pop, retén Pop, retén Pop, retén

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

#### Ejercicio 6.2.1 (continuación).

Caso	Tipo producción	Celda de la TP	Operaciones
7	$i : A \rightarrow B\alpha$ De la gramática: 1: $E \rightarrow T E'$ c.s.(1)={ ( a } 4: $T \rightarrow F T'$ c.s.(4)={ ( a }	TP[A, x] para toda $x \in \text{c.s.}(i)$ TP[E, (], TP[E, a] ----- TP[T, (], TP[T, a]	Reemplaza por $B\alpha$ al revés, retén  $B=T, \alpha= E'$ ; Reemp( $TE'$ ) <sup>r</sup> , retén $B=F, \alpha= T'$ ; Reemp( $FT'$ ) <sup>r</sup> , retén
5	para toda <b>b</b> que entra a la pila. De la gramática: Sólo entra “)”	TP[b, b] para el mismo terminal  TP[),)]	Pop, avanza  Pop, avanza
10	para todo {x} que entra en la pila De la gramática: Entran {+} y {*}	TP[{x}, *]; *Todas las columnas TP[{+}, *] TP[{*}, *]	Pop, realiza(x), retén  Pop, escribe(+), retén Pop, escribe(*), retén
6	para cuando la pila está vacía	TP[Λ, ↓]	Acepta

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

*Ejercicio 6.2.1 (continuación).* Finalmente la Tabla de Parser LL(1) de traducción es:

	a	(	)	+	*	⊥
E	Reemp(TE') <sup>r</sup> retén	Reemp(TE') <sup>r</sup> retén				
E'			Pop retén	Reemp(T{+}E') <sup>r</sup> avanza		Pop retén
T	Reemp(FT') <sup>r</sup> retén	Reemp(FT') <sup>r</sup> retén				
T'			Pop retén	Pop retén	Reemp(F{*}T') <sup>r</sup> avanza	Pop retén
F	Pop, escribe(a) avanza	Reemp(E)) <sup>r</sup> avanza				
)			Pop, avanza			
{+}	Pop, escribe(+), retén					
{*}	Pop, escribe(*), retén					
Λ						Acepta

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.2 Parser LL(1) para traducción dirigida por la sintaxis.

*Ejercicio 6.2.1 (continuación):*

c) Reconocimiento y traducción de la cadena  $(a+a)^*a\downarrow$

Cadena	Pila	escribe
$(a+a)^*a\downarrow$	$E \wedge$	
$(a+a)^*a\downarrow$	$TE' \wedge$	
$(a+a)^*a\downarrow$	$FT'E' \wedge$	
$a+a)^*a\downarrow$	$E)T'E' \wedge$	
$a+a)^*a\downarrow$	$TE')T'E' \wedge$	
$a+a)^*a\downarrow$	$FT'E')T'E' \wedge$	a
$+a)^*a\downarrow$	$T'E')T'E' \wedge$	
$+a)^*a\downarrow$	$E')T'E' \wedge$	
$a)^*a\downarrow$	$T\{+\}E')T'E' \wedge$	
$a)^*a\downarrow$	$FT'\{+\}E')T'E' \wedge$	a
$)^*a\downarrow$	$T'\{+\}E')T'E' \wedge$	

Cadena	Pila	escribe
$)^*a\downarrow$	$\{+\}E')T'E' \wedge$	+
$)^*a\downarrow$	$E')T'E' \wedge$	
$)^*a\downarrow$	$)T'E' \wedge$	
$*a\downarrow$	$T'E' \wedge$	
$a\downarrow$	$F\{*\}T'E' \wedge$	a
$\downarrow$	$\{*\}T'E' \wedge$	*
$\downarrow$	$T'E' \wedge$	
$\downarrow$	$E' \wedge$	
$\downarrow$	$\wedge$	
	Acepta	

Salida (traducción):  
 $aa+a^*$

## 6. Traducción Dirigida por Sintaxis

### 6.1 Gramáticas de traducción.

#### *Actividad 6.1.1*

La siguiente gramática define a las cadenas de la forma  $a^n b^m c^m$  donde  $n \geq 0, m > 0$ .

1:  $S \rightarrow aS$

2:  $S \rightarrow bAc$

3:  $A \rightarrow bAc$

4:  $A \rightarrow \varepsilon$

- a) Incluye los símbolos de acción para que obtenga como traducción cadenas de la forma  $c^{2m} a^n$
- b) Construye la tabla de parser LL(1) para la gramática de traducción que definiste en el inciso a).
- c) Realiza el análisis y traducción de la cadena `abbbccc`