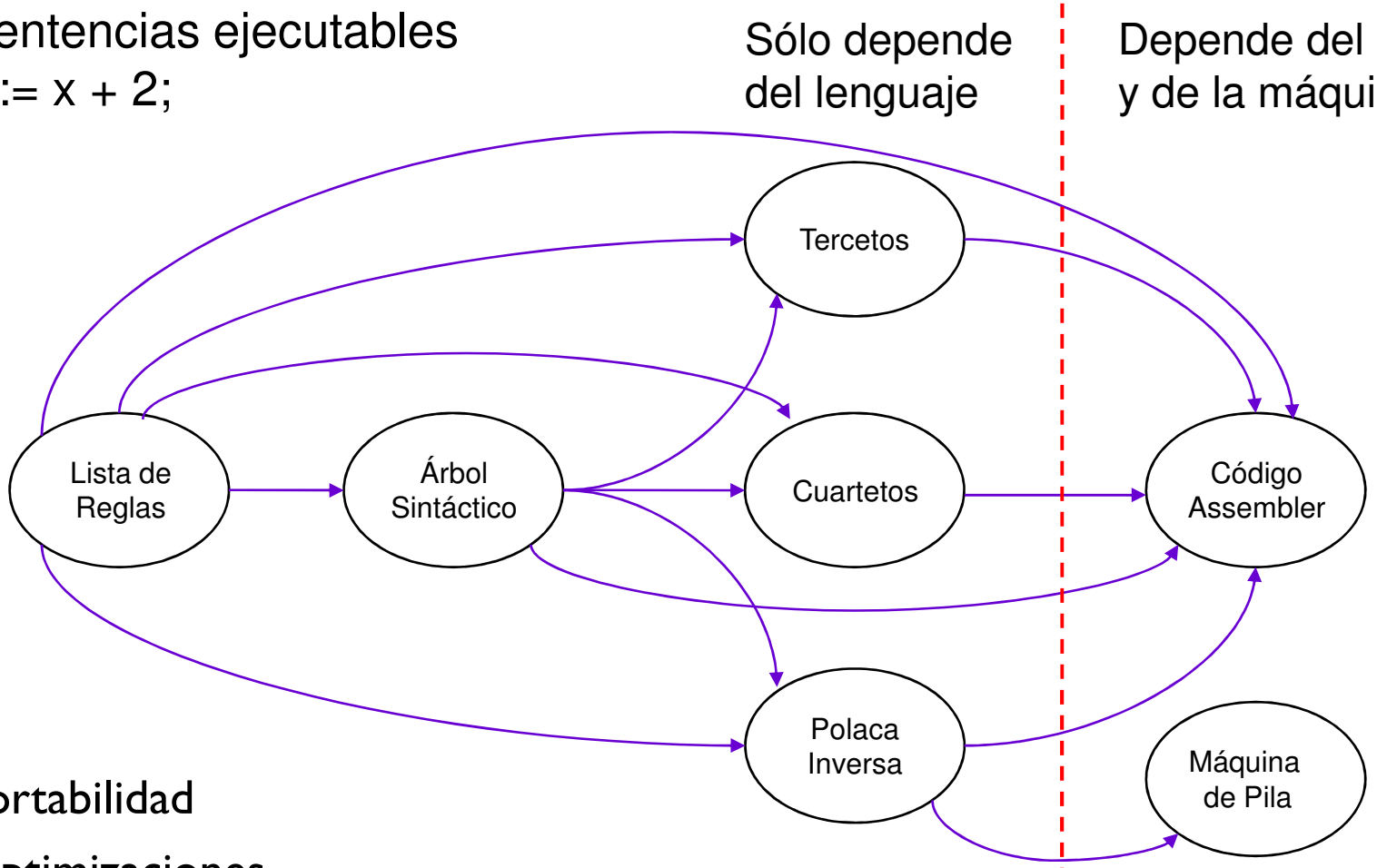
Diseño de Compiladores I

Generación de Código

Generación de Código
Grafo 1

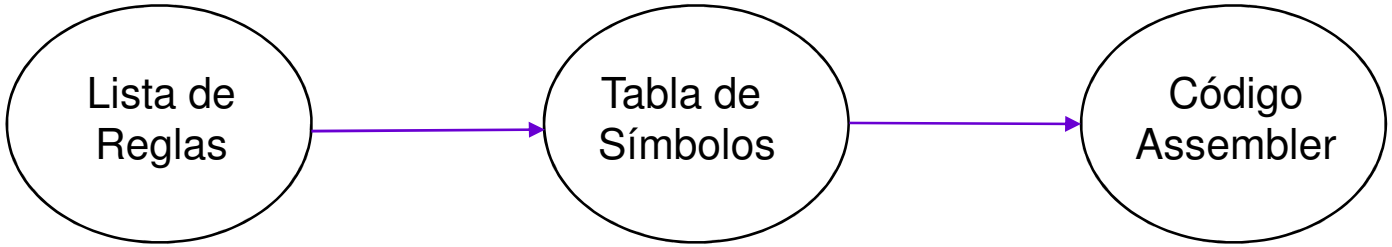
Sentencias ejecutables
x := x + 2;



- Portabilidad
- Optimizaciones

Generación de Código
Grafo 2: Sentencias declarativas

Sentencias declarativas
int x, y;



Expresiones – Asignaciones
(Repaso)

LISTA DE REGLAS → Árbol Sintáctico

LISTA DE REGLAS → Polaca Inversa

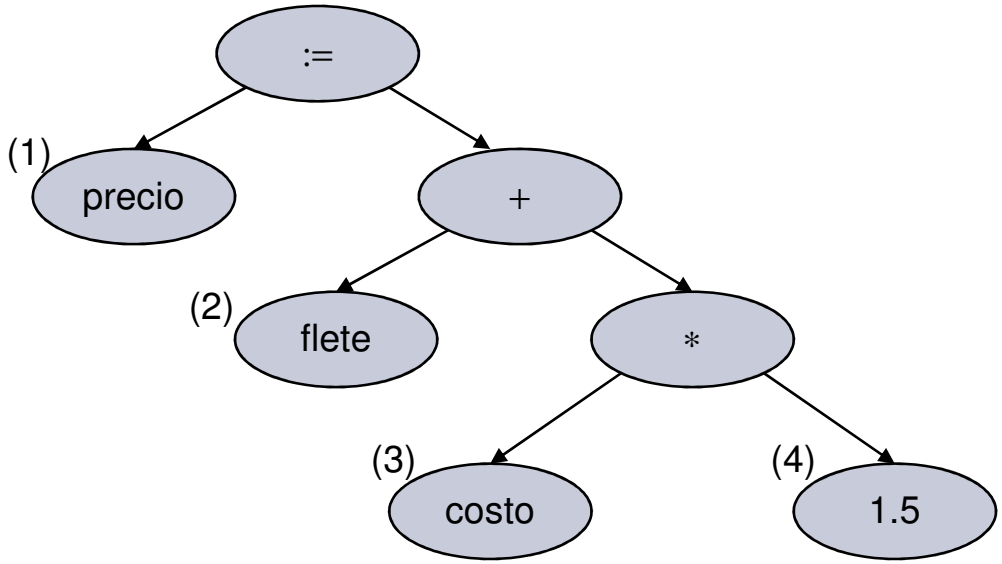
LISTA DE REGLAS → Tercetos

Representaciones:
Gramática

1) $A \rightarrow id := E$
2) $E \rightarrow E + T$
3) $E \rightarrow T$
4) $T \rightarrow T * F$
5) $T \rightarrow F$
6) $F \rightarrow id$
7) $F \rightarrow cte$

Árbol Sintáctico

precio := flete + costo * 1.5



Nota: Los nodos (1) (2) (3) y (4) contienen referencias a la Tabla de Símbolos

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
1. A → id := E	A.ptr = crear_nodo(':=' ; crear_hoja(id.ptr) ; E.ptr) (*)
2. E → E + T	E.ptr = crear_nodo('+' ; E.ptr ; T.ptr)
3. E → T	E.ptr = T.ptr;
4. T → T * F	T.ptr = crear_nodo('*' ; T.ptr ; F.ptr)
5. T → F	T.ptr = F.ptr;
6. F → id	F.ptr = crear_hoja(id.ptr) (*)
7. F → cte	F.ptr = crear_hoja(cte.ptr) (**)

(*) id.ptr = Ref a la entrada del identificador en la Tabla de Símbolos
(**) cte.ptr = Ref a la entrada de la constante en la Tabla de Símbolos

Tercetos

precio := flete + costo * 1.5

```
14.  ...
15.  ( * , costo , 1.5 )
16.  ( + , flete , [15] )
17.  ( := , precio , [16] )
18.  ...
```

Los operandos *costo*, *flete*, *precio* y *1.5* son referencias a la Tabla de Símbolos

Los operandos [15] y [16] son referencias a los correspondientes tercetos

Lista de Reglas → Tercetos

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
1. A → id := E	A.ptr = crear_terceto(':=' ; id.ptr ; E.ptr) (*)
2. E → E + T	E.ptr = crear_terceto('+' ; E.ptr ; T.ptr)
3. E → T	E.ptr = T.ptr;
4. T → T * F	T.ptr = crear_terceto('*' ; T.ptr ; F.ptr)
5. T → F	T.ptr = F.ptr;
6. F → id	F.ptr = id.ptr (*)
7. F → cte	F.ptr = cte.ptr (**)

(*) id.ptr = Ref a la entrada del identificador en la Tabla de Símbolos
(**) cte.ptr = Ref a la entrada de la constante en la Tabla de Símbolos

Polaca Inversa

precio := flete + costo * 1.5

...	flete	costo	1.5	*	+	precio	:=	...
21	22	23	24	25	26	27	28	29

Los operandos *costo*, *flete*, *precio* y *1.5* son referencias a la Tabla de Símbolos

Lista de Reglas → Polaca Inversa

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
1. A → id := E	Agregar(id.ptr); Agregar(':=') (*)
2. E → E + T	Agregar('+')
3. E → T	-
4. T → T * F	Agregar('*')
5. T → F	-
6. F → id	Agregar(id.ptr) (*)
7. F → cte	Agregar(cte.ptr) (**)

(*) id.ptr = Ref a la entrada del identificador en la Tabla de Símbolos
(**) cte.ptr = Ref a la entrada de la constante en la Tabla de Símbolos

Chequeo de tipos - Conversiones
(Repaso)

LISTA DE REGLAS → Árbol Sintáctico

LISTA DE REGLAS → Polaca Inversa

LISTA DE REGLAS → Tercetos

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

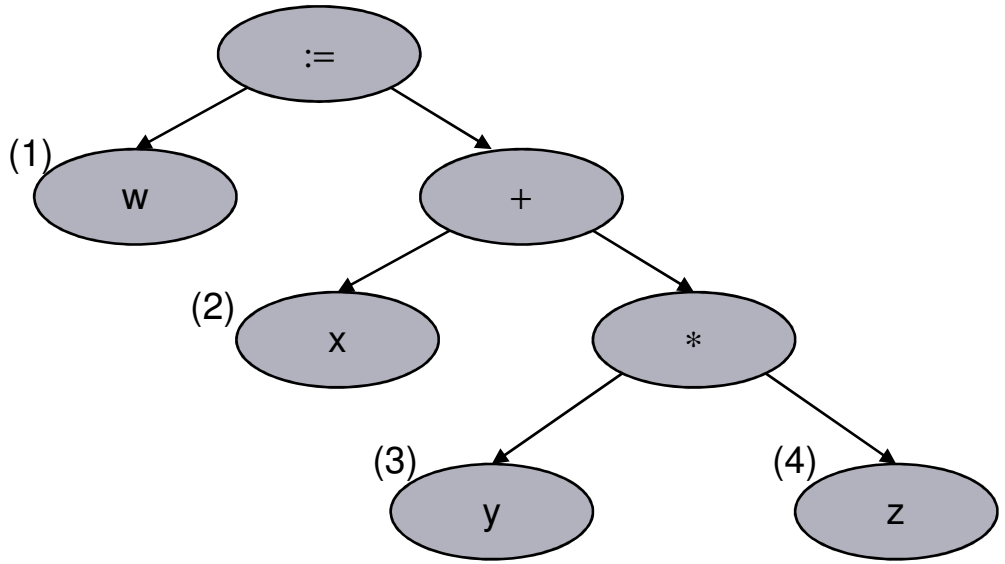
z de tipo long

a) Árbol Sintáctico sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)
b) Árbol Sintáctico con información de tipos
c) Árbol Sintáctico con información de tipos e incorporación de conversiones (implícitas)

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (a)
sin información de tipos ni incorporación de conversiones

w := x + y * z

w de tipo double
x de tipo integer
y de tipo float
z de tipo long

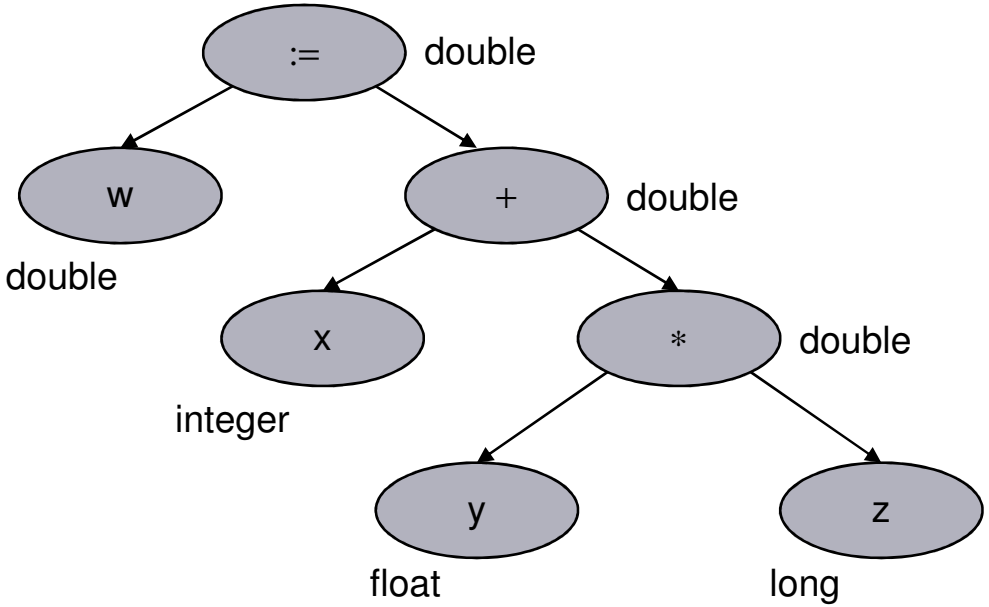


- El chequeo de tipos se posterga a una traducción posterior
- La incorporación de conversiones implícitas se posterga a una traducción posterior.

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (b)
con información de tipos

w := x + y * z

w de tipo double
x de tipo integer
y de tipo float
z de tipo long



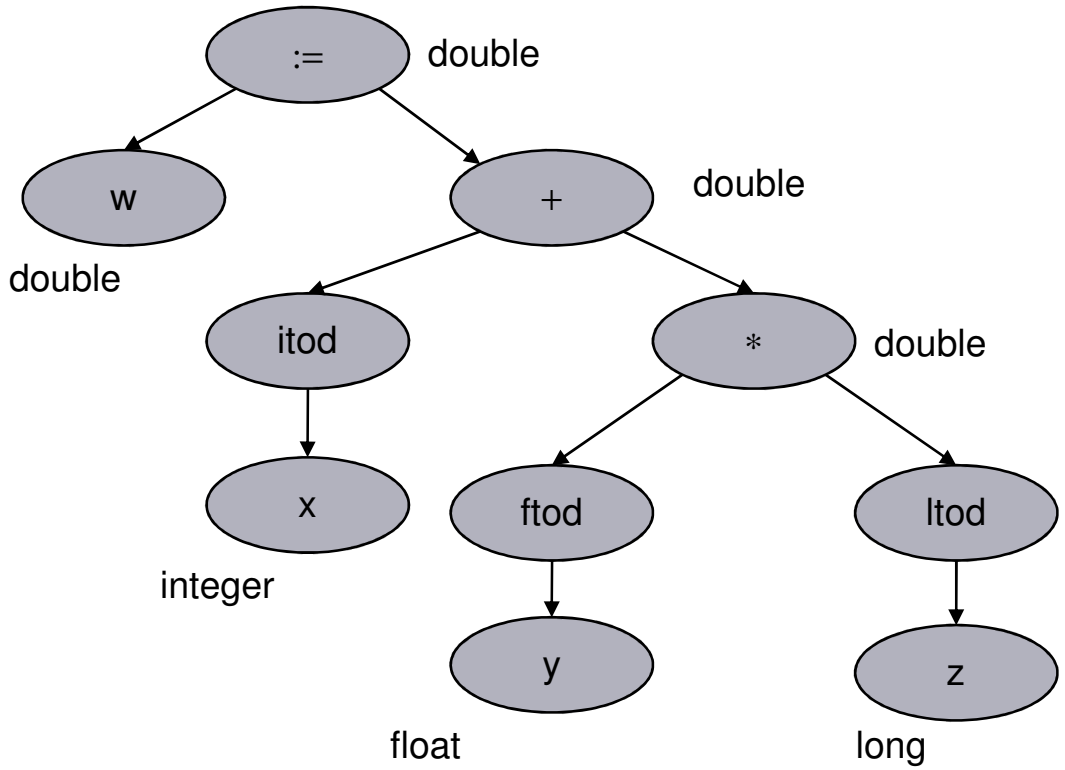
- La incorporación de conversiones implícitas se posterga a una traducción posterior.

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico (c)

con información de tipos e incorporación de conversiones

w := x + y * z

w de tipo double
x de tipo integer
y de tipo float
z de tipo long



Lista de Reglas → Tercetos

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

a) Tercetos sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)
b) Tercetos con información de tipos
c) Tercetos con información de tipos e incorporación de conversiones (implícitas)

Lista de Reglas → Polaca Inversa

w := x + y * z

w de tipo double

x de tipo integer

y de tipo float

z de tipo long

(a) Polaca Inversa sin información de tipos ni incorporación de conversiones (implícitas)

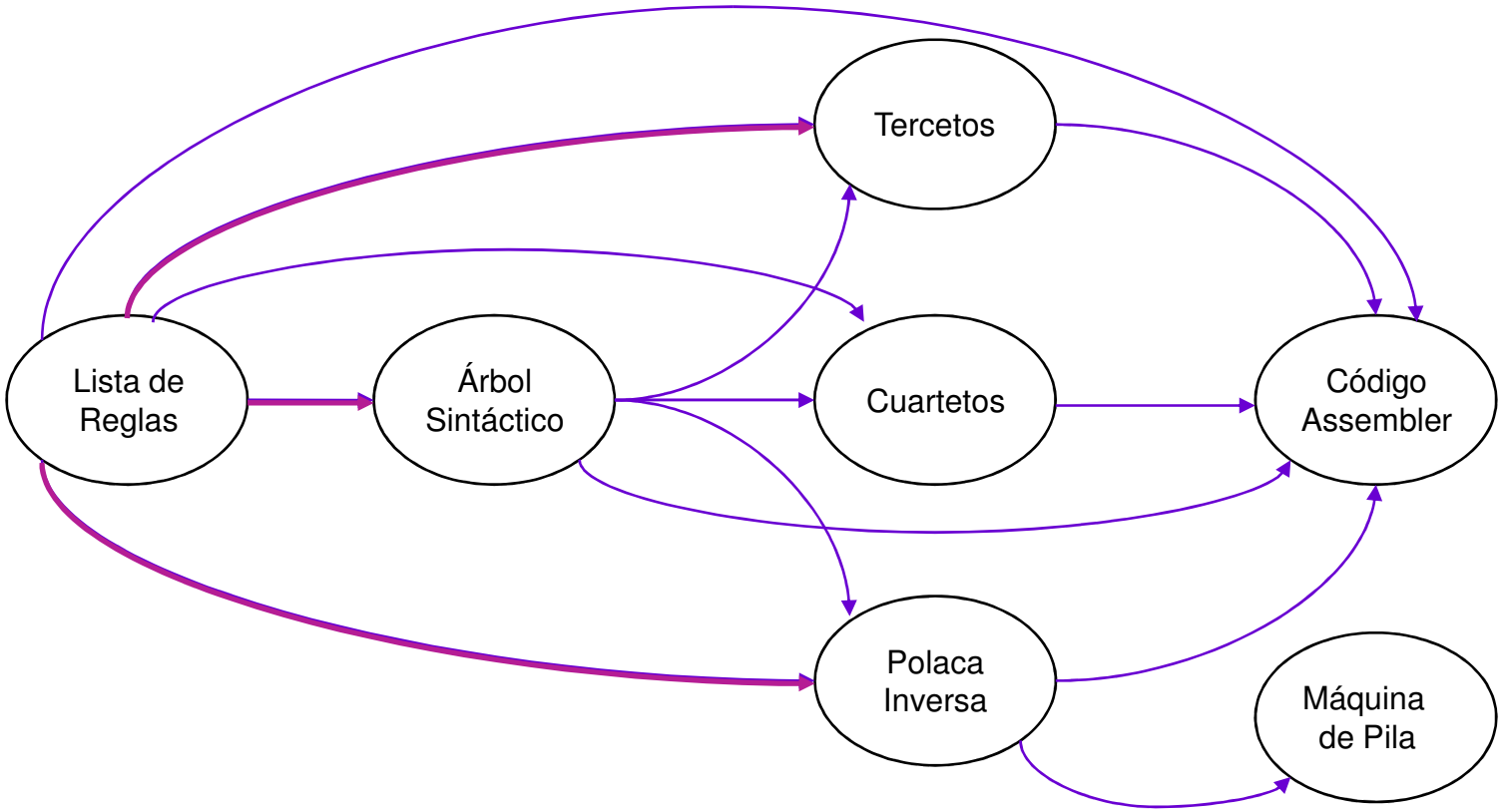
Sentencias de Control

LISTA DE REGLAS → Árbol Sintáctico

LISTA DE REGLAS → Polaca Inversa

LISTA DE REGLAS → Tercetos

Generación de Código Intermedio



Generación de código para sentencias de control

- Lista de Reglas → Árbol Sintáctico
- Lista de Reglas → Polaca Inversa
- Lista de Reglas → Tercetos

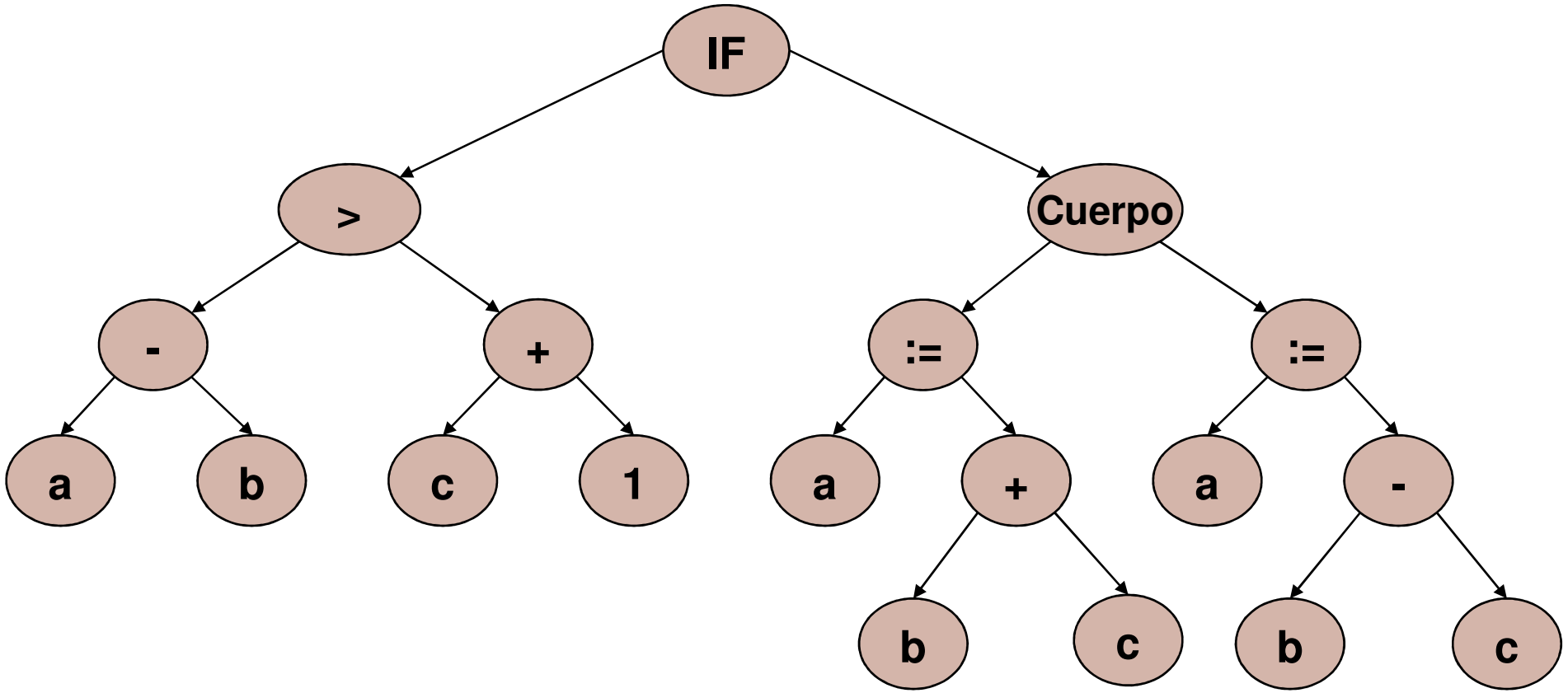
Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

Sentencia IF

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

Ejemplo:

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

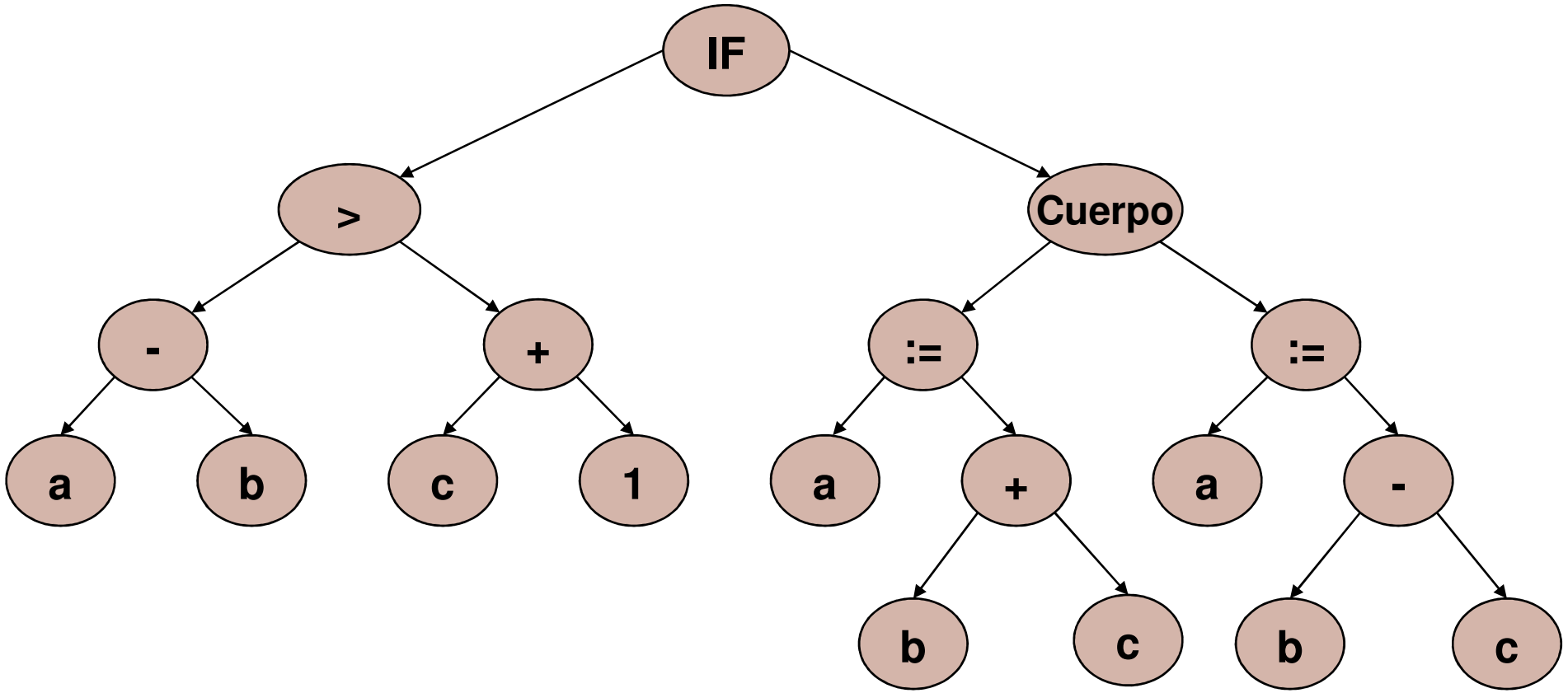
<seleccion> → IF <condicon> THEN <cpo_then> ELSE <cpo_else>

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<sel> → IF <cond> <cpo_if>	IF.ptr = crear_nodo("IF",C.ptr,C_I.ptr);
<cond> → '(' <exp_log> ')'	C.ptr = E_L.ptr;
<cpo_if> → <cpo_then> <cpo_else>	C_I.ptr = crear_nodo("cuerpo", C_T.ptr, C_E.ptr);
<cpo_if> → <cpo_then>	C_I.ptr = crear_nodo("cuerpo", C_T.ptr, null);
<cpo_then> → THEN <lista_sent>	C_T.ptr = L_S.ptr;
<cpo_else> → ELSE <lista_sent>	C_E.ptr = L_S.ptr;
<lista_sent> → …	L_S.ptr = …
<exp_log> → …	E_L.ptr = …

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

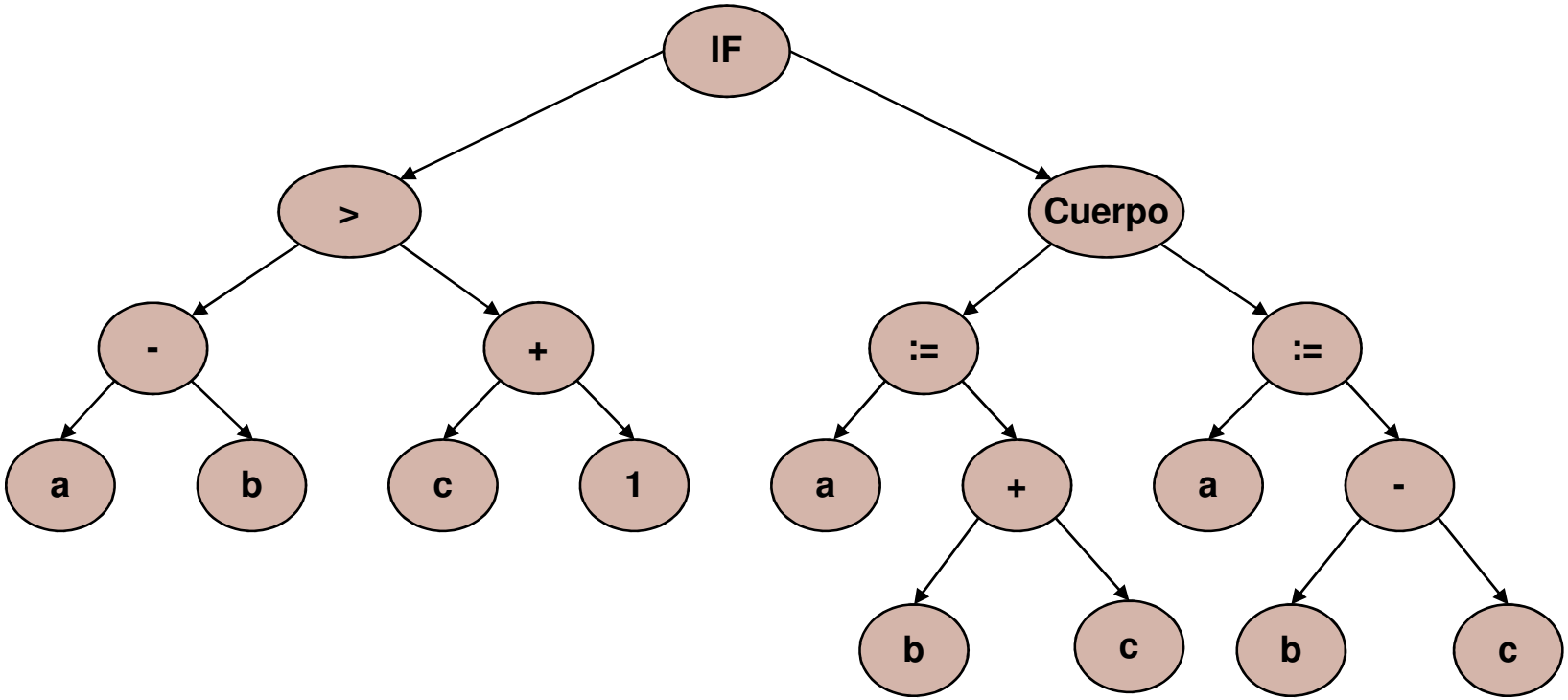
Ejemplo:

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



Árbol Sintáctico → Polaca Inversa

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



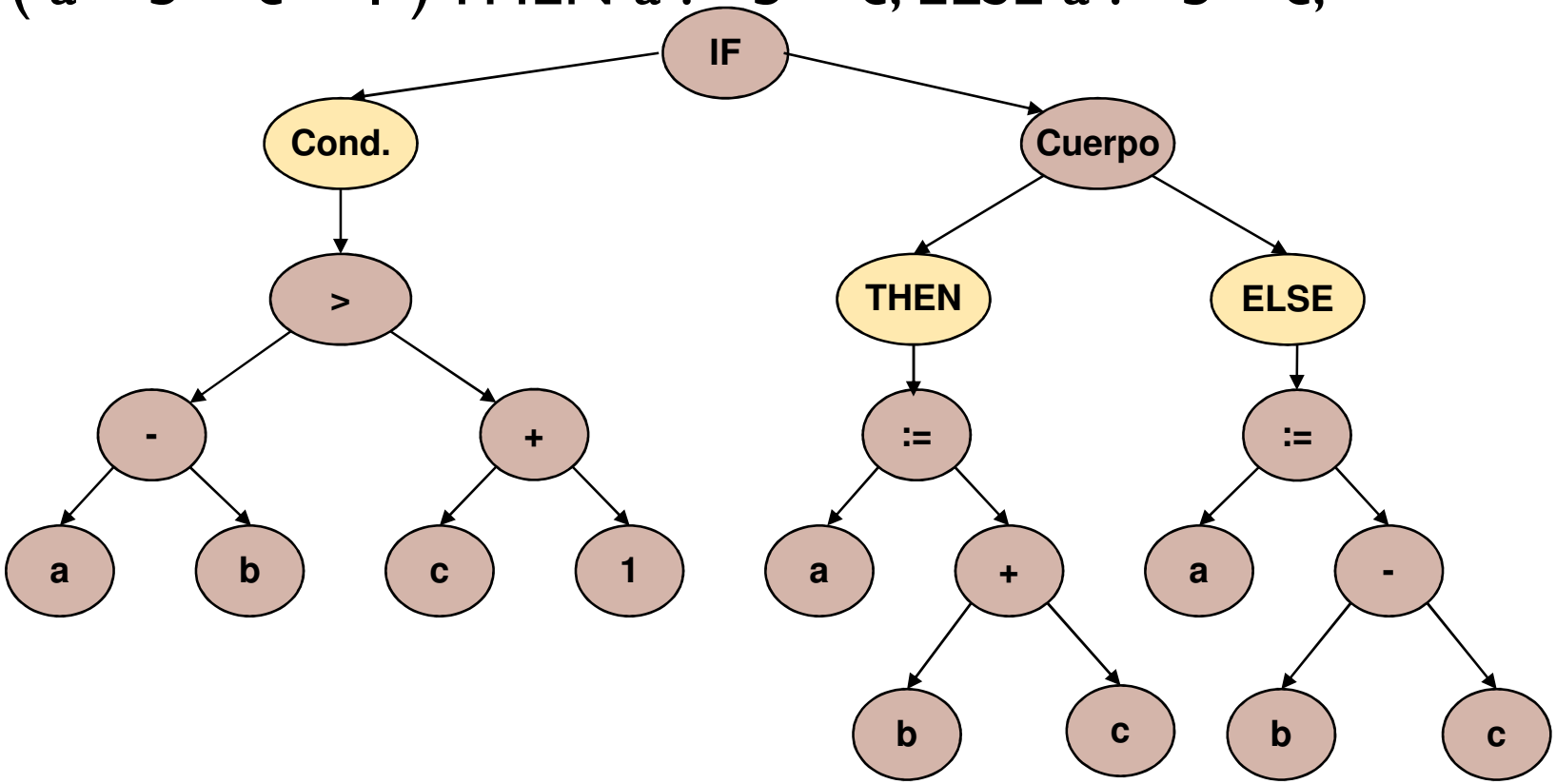
a	b	-	c	1	+	>	a	b	c	+	:=	a	b	c	-	:=	Cpo	IF

¿Problemas?

No es posible generar bifurcaciones en Assembler

Árbol Sintáctico → Polaca Inversa

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



Se agregan nodos de control para el algoritmo de generación de bifurcaciones

a	b	-	c	1	+	>	cond	a	b	c	+	:=	then	a	b	c	-	:=	else	cpo	IF

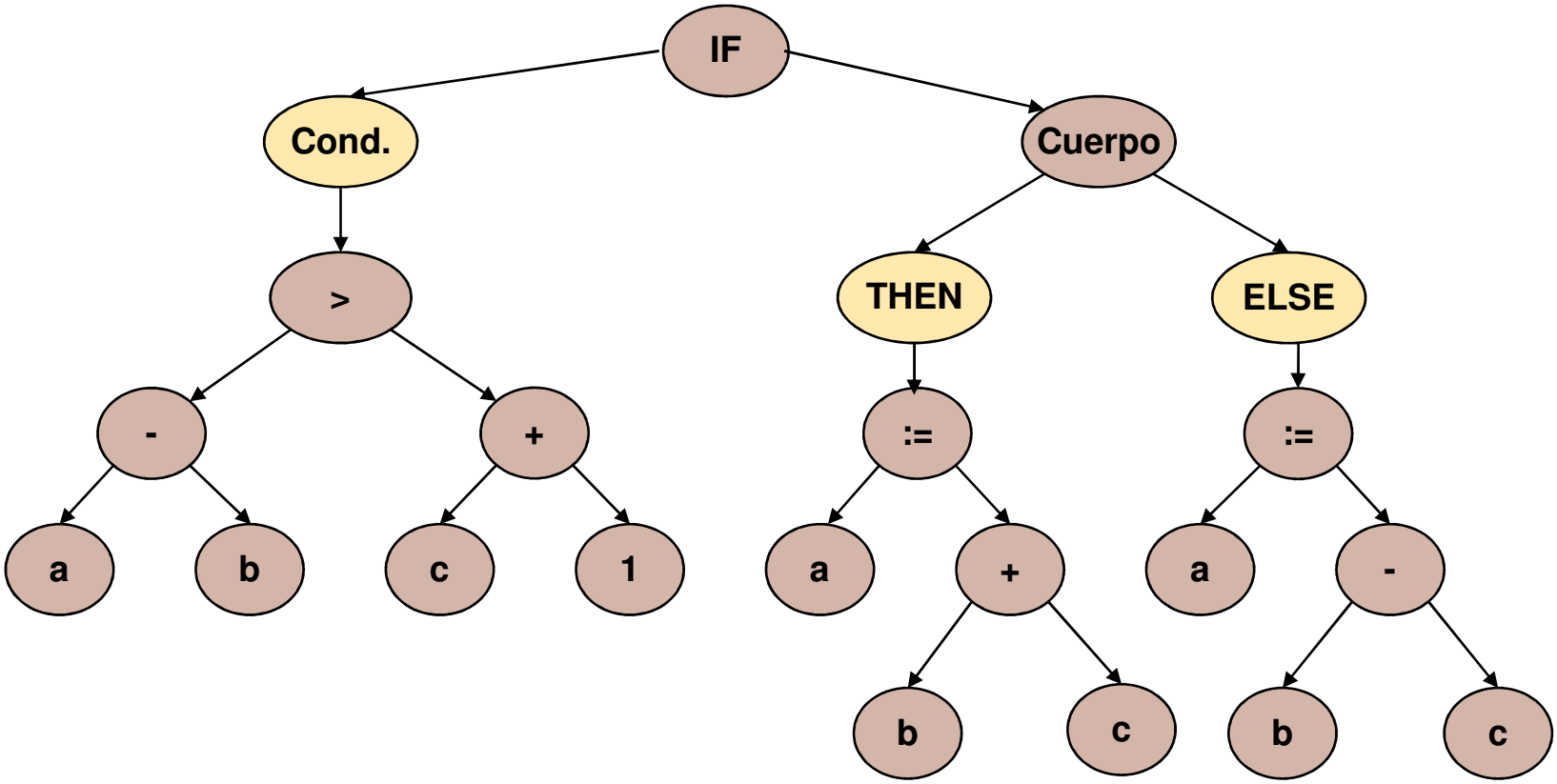
Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

<seleccion> → IF <condicion> THEN <cpo_then> ELSE <cpo_else>

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<sel> → IF <cond> <cpo_if>	IF.ptr = crear_nodo("IF",C.ptr,C_I.ptr);
<cond> → '(' <exp_log> ')'	**// Agregar acciones para:** **// Crear el nodo de control "cond"**
<cpo_if> → <cpo_then> <cpo_else>	C_I.ptr = crear_nodo("cuerpo", C_T.ptr, C_E.ptr);
<cpo_if> → <cpo_then>	C_I.ptr = crear_nodo("cuerpo", C_T.ptr, null);
<cpo_then> → THEN <lista_sent>	**// Agregar acciones para:** **// Crear el nodo de control "then"**
<cpo_else> → ELSE <lista_sent>	**// Agregar acciones para:** **// Crear el nodo de control "else"**
<lista_sent> → …	L_S.ptr = …
<exp_log> → …	E_L.ptr = …

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



El nuevo árbol tiene nodos de control para el algoritmo de generación de bifurcaciones

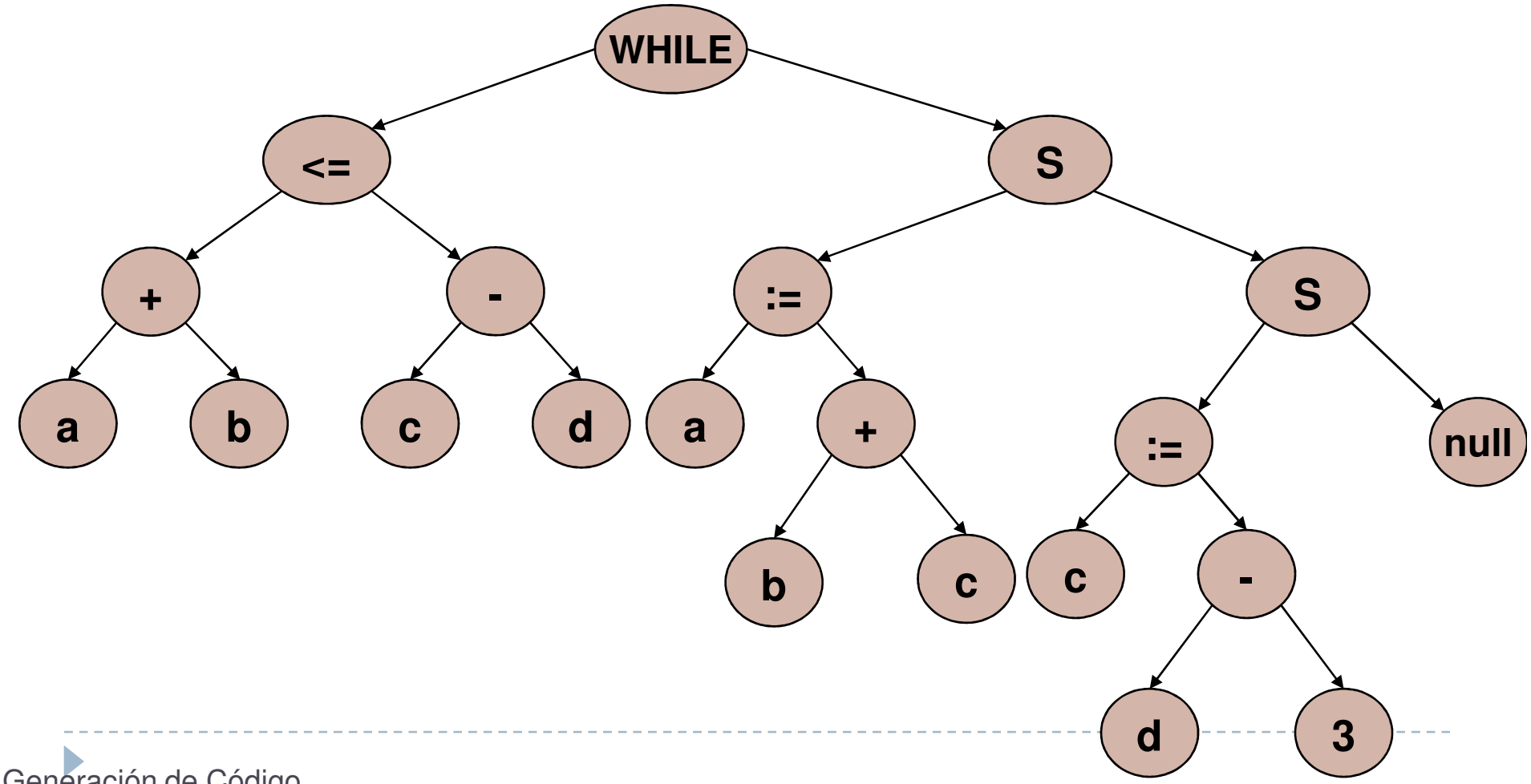
Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

Sentencia WHILE

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;}



Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

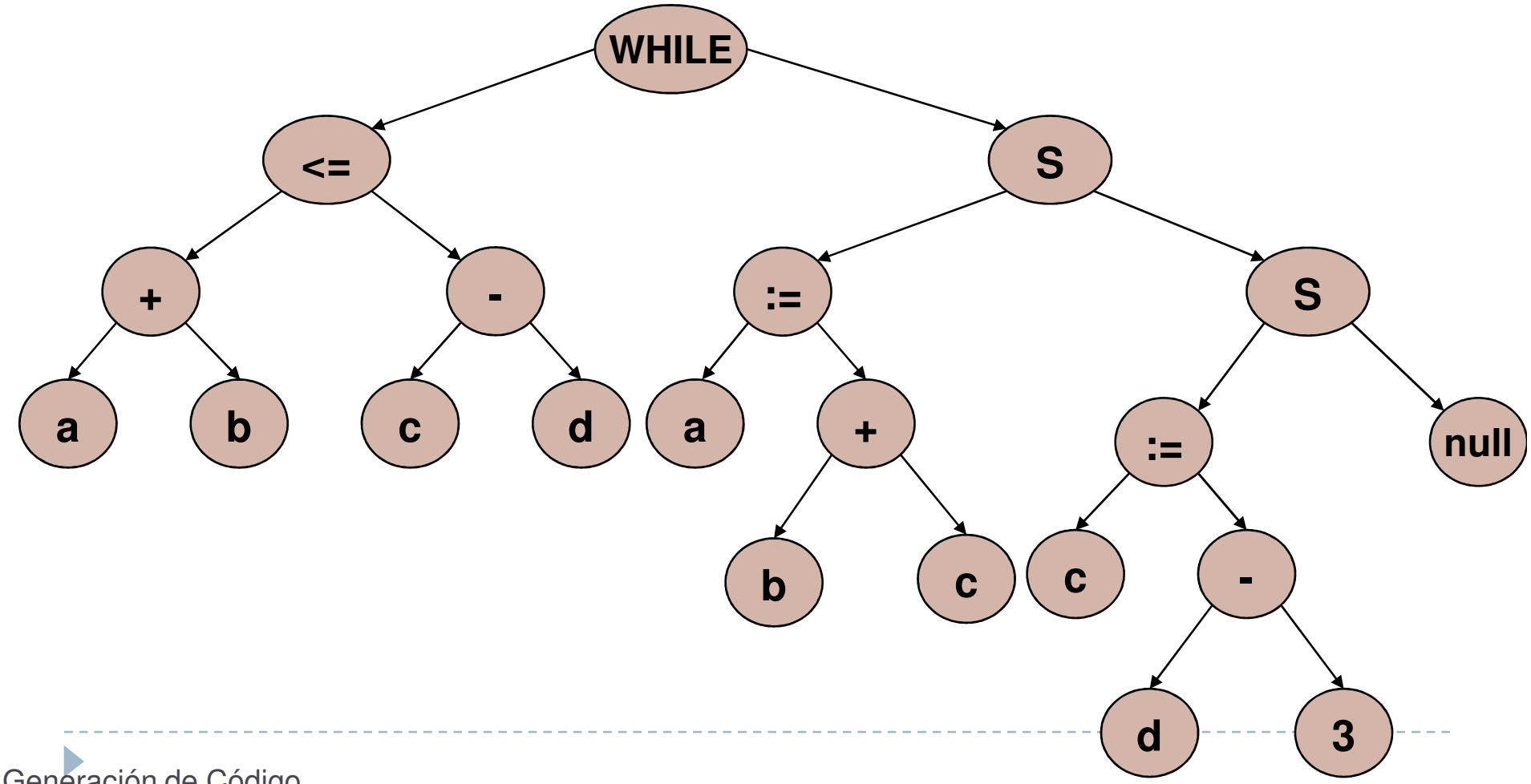
<iteracion> → WHILE <condicion> <cpo_while>

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<iter> → while <cond> <cpo_while>	I.ptr = crear_nodo("WHILE",C.ptr,C_W.ptr);
<cond> → '(' <exp_log> ')'	C.ptr = E_L.ptr;
<cpo_while> → <lista_sent>	C_W.ptr = L_S.ptr;
<lista_sent> → …	L_S.ptr = …
<exp_log> → …	E_L.ptr = …

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

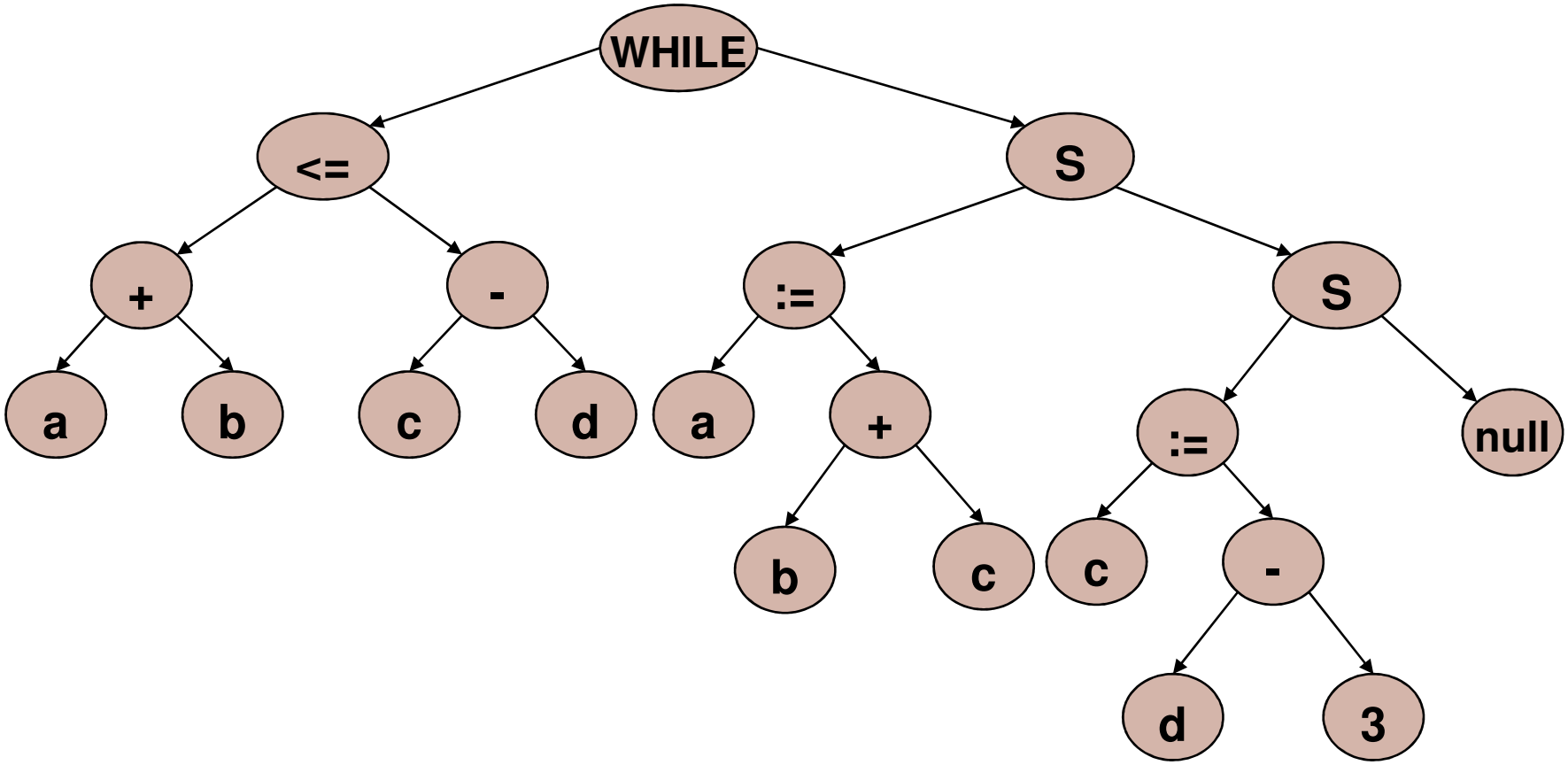
Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;}



Árbol Sintáctico → Polaca Inversa

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;}

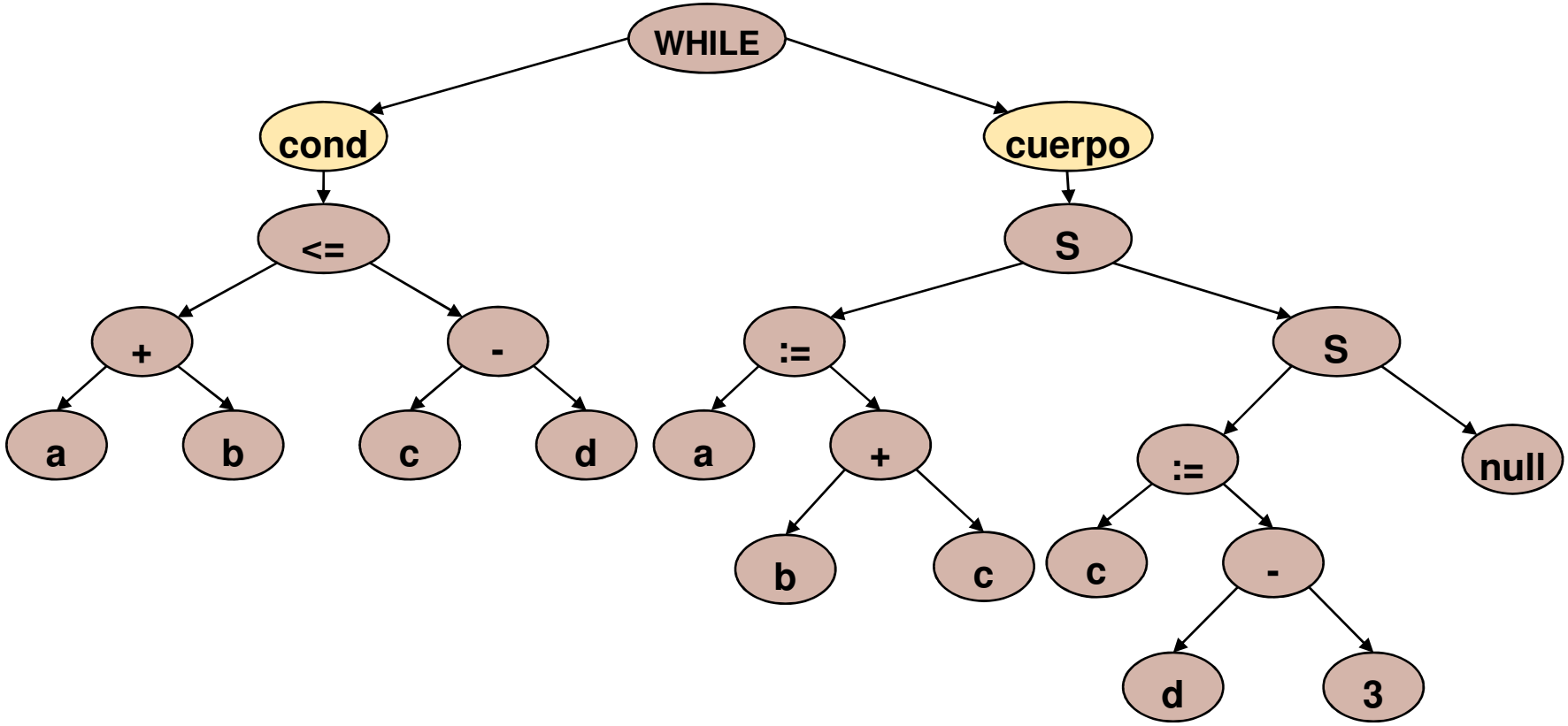


a	b	+	c	d	-	<=	a	b	c	+	:=	c	d	3	-	:=

No es posible detectar los puntos de inserción para generar bifurcaciones

Árbol Sintáctico → Polaca Inversa

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3; }



Se agregan nodos de control para el algoritmo de generación de bifurcaciones

a	b	+	c	d	-	<=	cond	a	b	c	+	:=	c	d	3	-	:=	cpo

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

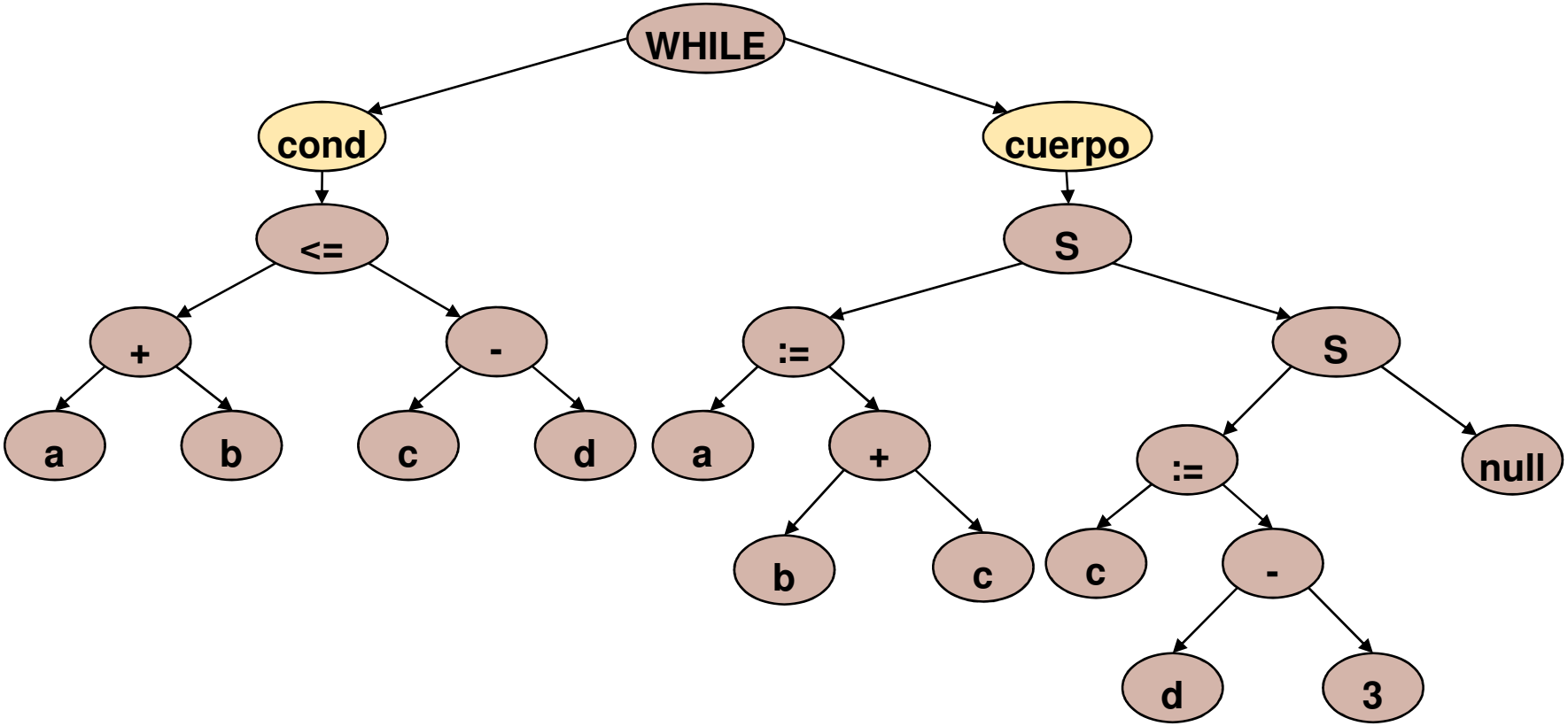
<iteracion> → WHILE <condicion> <cpo_while>

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<iter> → while <cond> <cpo_while>	I.ptr = crear_nodo("WHILE",C.ptr,C_W.ptr);
<cond> → '(' <exp_log> ')'	**// Agregar acciones para:** **// Crear el nodo de control "cond"**
<cpo_while> → <lista_sent>	**// Agregar acciones para:** **// Crear el nodo de control "cuerpo"**
<lista_sent> → …	L_S.ptr = …
<exp_log> → …	E_L.ptr = …

Lista de Reglas → Árbol Sintáctico

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;}



El nuevo árbol tiene nodos de control para el algoritmo de generación de bifurcaciones

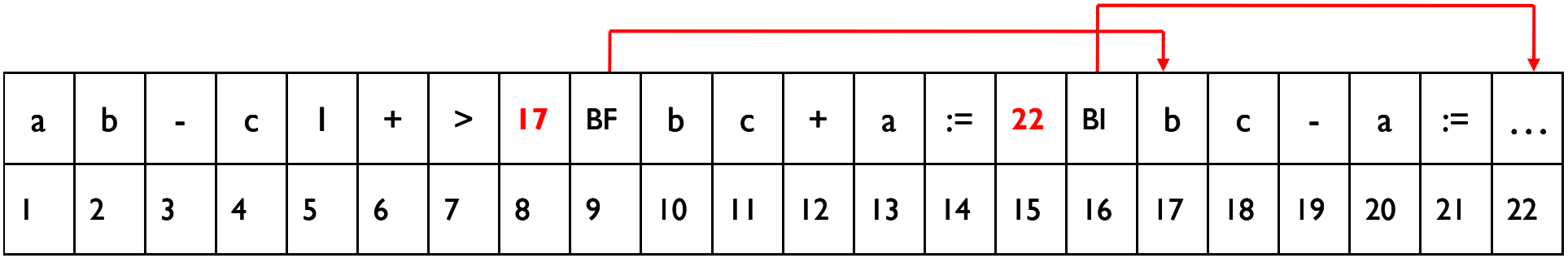
Lista de Reglas → Polaca Inversa

Sentencia IF

Lista de Reglas → Polaca Inversa

Ejemplo:

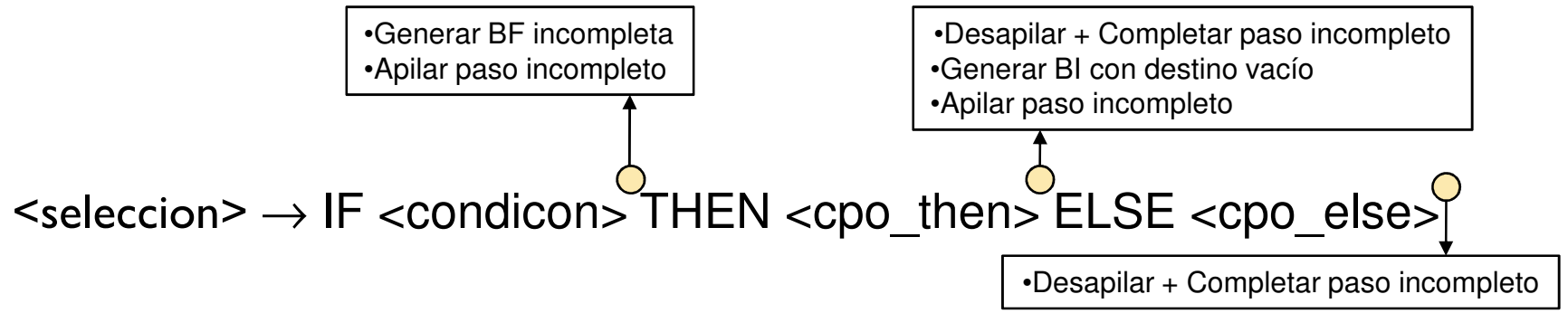
IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



Backpatching

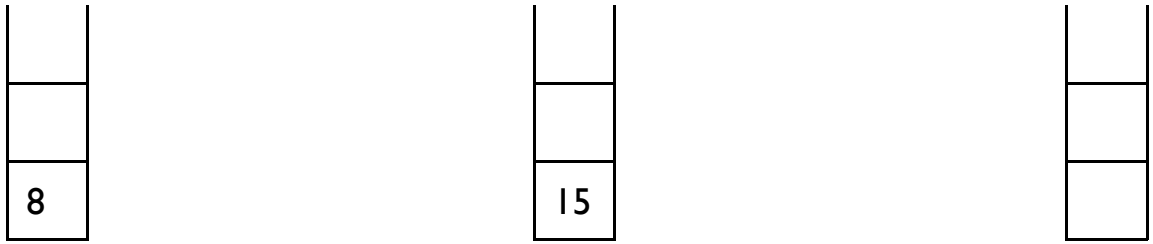
Lista de Reglas → Polaca Inversa

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



Puntos de control para el algoritmo de generación de bifurcaciones

a	b	-	c	1	+	>	17	BF	b	c	+	a	:=	22	BI	b	c	-	a	:=	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22



Lista de Reglas → Polaca Inversa

<seleccion> → IF <condicon> THEN <cpo_then> ELSE <cpo_else>

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<sel> → IF <cond> <cpo_if>	**// Agregar acciones para:** **// Desapilar** **// Completar el paso incompleto con el destino de la BI**
<cond> → '(' <exp_log> ')'	**// Agregar acciones para:** **// Generar los pasos de la BF incompleta** **// Apilar el número del paso incompleto**
<cpo_if> → THEN <cpo_then> ELSE <cpo_else>	-
<cpo_if> → <cpo_then>	-
<cpo_then> → <lista_sent>	**// Agregar acciones para:** **// Desapilar** **// Completar el paso incompleto con el destino de la BF** **// Generar los pasos de la BI incompleta** **// Apilar el número del paso incompleto**
<cpo_else> → <lista_sent>	-
<lista_sent> → …	… *// Se crean los pasos para las sentencias de la lista*
<exp_log> → …	E_L.ptr = … *// Se crean los pasos de la expresión*

Lista de Reglas → Polaca Inversa

Ejemplo:

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;

a	b	-	c	1	+	>	17	BF	b	c	+	a	:=	22	BI	b	c	-	a	:=	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

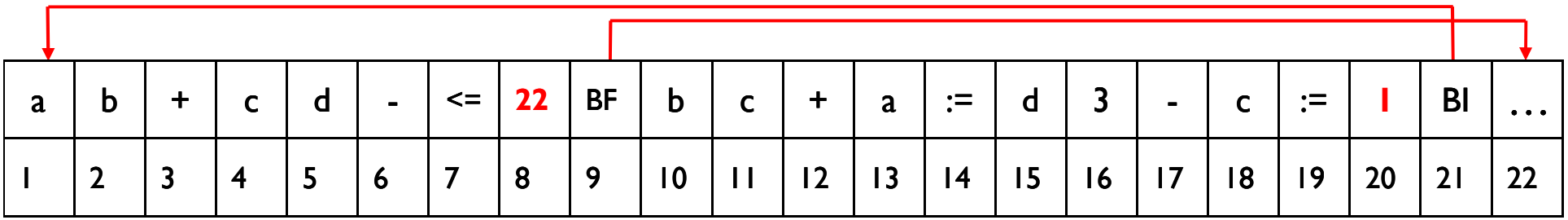
Lista de Reglas → Polaca Inversa

Sentencia WHILE

Lista de Reglas → Polaca Inversa

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;};

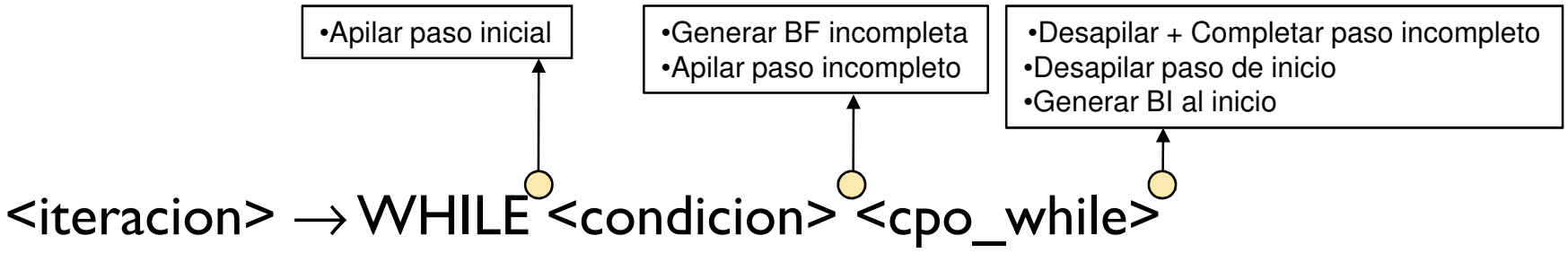


a	b	+	c	d	-	<=	22	BF	b	c	+	a	:=	d	3	-	c	:=	1	BI	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Backpatching

Lista de Reglas → Polaca Inversa

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;}



Puntos de control para el algoritmo de generación de bifurcaciones

a	b	+	c	d	-	<=	22	BF	b	c	+	a	:=	d	3	-	c	:=	1	BI	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Lista de Reglas → Polaca Inversa

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<iter> → <inicio_while> <cond> <cpo_while>	**// Agregar acciones para:** **// Desapilar** **// Completar el paso incompleto con el destino de la BF** **// Desapilar paso de inicio** **// Generar los pasos de la BI**
<inicio_while> → WHILE	**// Agregar acciones para:** **// Apilar el número del paso donde comienza la condición**
<cond> → '(' <exp_log> ')'	**// Agregar acciones para:** **// Generar los pasos de la BF incompleta** **// Apilar el número del paso incompleto**
<cpo_while> → <lista_sent>	-
<lista_sent> → …	… ***// Se crean los pasos para las sentencias de la lista***
<exp_log> → …	E_L.ptr = … ***// Se crean los pasos de la expresión***

Lista de Reglas → Polaca Inversa

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;};

a	b	+	c	d	-	<=	22	BF	b	c	+	a	:=	d	3	-	c	:=	I	BI	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

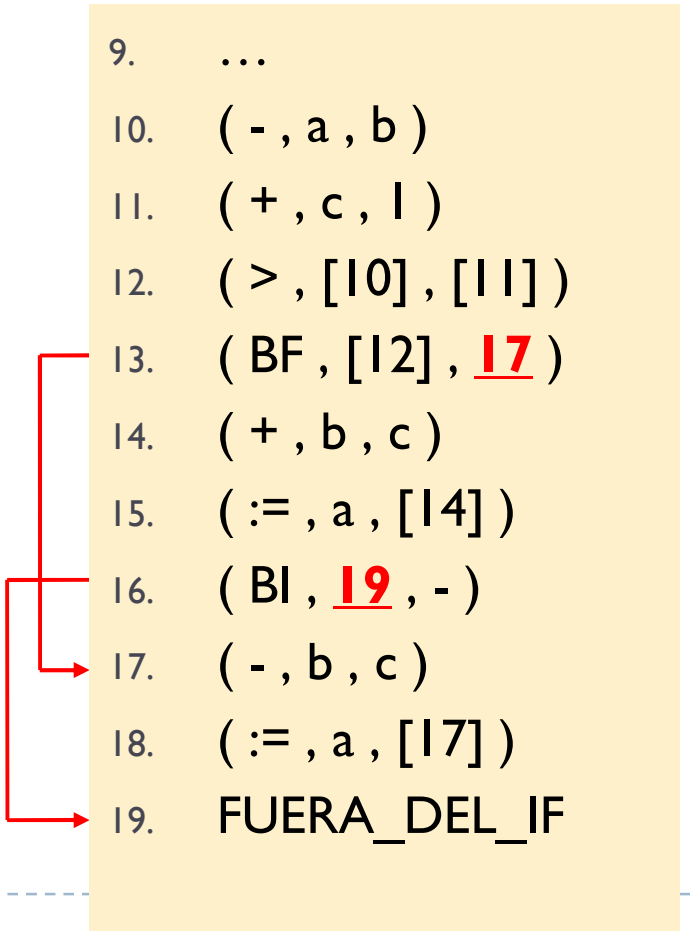
Lista de Reglas → Tercetos

Sentencia IF

Lista de Reglas → Tercetos

Ejemplo:

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;



Backpatching

Lista de Reglas → Tercetos

Ejemplo:

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;

9. ...
10. (- , a , b)
11. (+ , c , 1)
12. (> , [10] , [11])
13. (BF , [12] , **17**)
14. (+ , b , c)
15. (:= , a , [14])
16. (BI , **19** , -)
17. (- , b , c)
18. (:= , a , [17])
19. FUERA_DEL_IF

- Generar BF incompleta
- Apilar terceto incompleto

- Desapilar + Completar terceto incompleto
- Generar BI con destino vacío
- Apilar terceto incompleto

- Desapilar + Completar terceto incompleto

Lista de Reglas → Tercetos

<seleccion> → IF <condicon> THEN <cpo_then> ELSE <cpo_else>

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<sel> → IF <cond> <cpo_if>	**// Agregar acciones para:** **// Desapilar** **// Completar el terceto incompleto con el destino de la BI**
<cond> → '(' <exp_log> ')'	**// Agregar acciones para:** **// Crear terceto incompleto para la BF** **// Apilar el número del terceto incompleto**
<cpo_if> → <cpo_then> ELSE <cpo_else>	-
<cpo_if> → <cpo_then>	-
<cpo_then> → <lista_sent>	**// Agregar acciones para:** **// Desapilar** **// Completar el terceto incompleto con el destino de la BF** **// Crear terceto incompleto para la BI** **// Apilar el número del terceto incompleto**
<cpo_else> → <lista_sent>	-
<lista_sent> → …	… *// Se crean los tercetos para las sentencias de la lista*
<exp_log> → …	E_L.ptr = … *// Se crean los tercetos de la expresión*

Lista de Reglas → Tercetos

Ejemplo:

IF (a – b > c + 1) THEN a := b + c; ELSE a := b – c;

```
9.   ...
10.  ( - , a , b )
11.  ( + , c , 1 )
12.  ( > , [10] , [11] )
13.  ( BF , [12] , 17 )
14.  ( + , b , c )
15.  ( := , a , [14] )
16.  ( BI , 19 , - )
17.  ( - , b , c )
18.  ( := , a , [17] )
19.  FUERA_DEL_IF
```

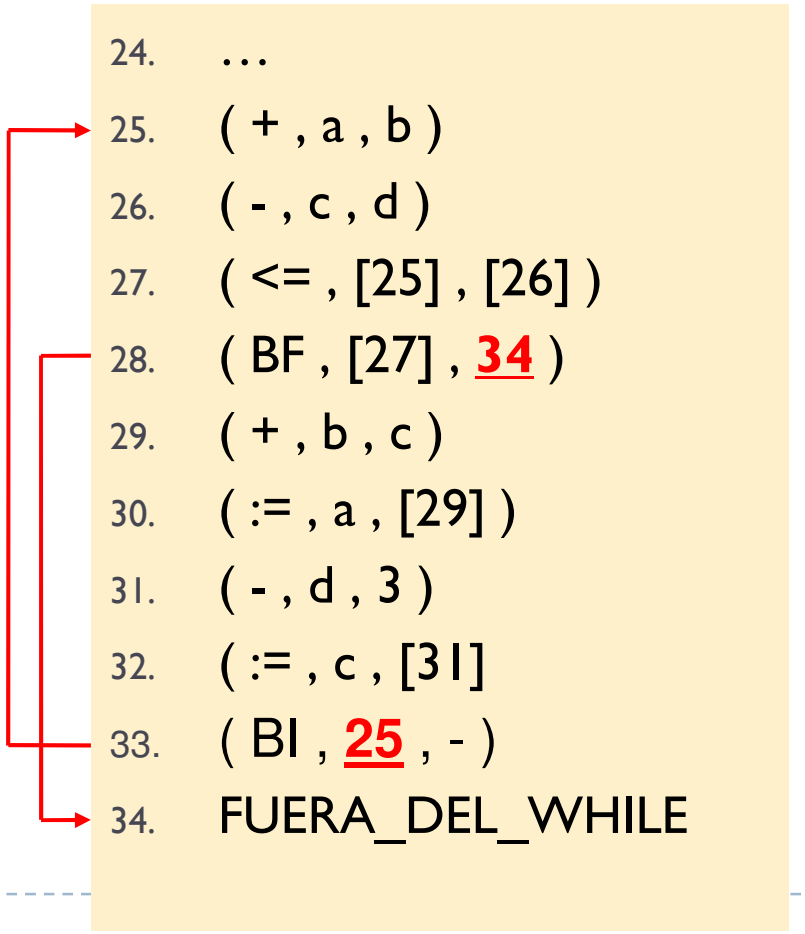
Lista de Reglas → Tercetos

Sentencia WHILE

Lista de Reglas → Tercetos

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;};



Backpatching

Lista de Reglas → Tercetos

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;};

```
24.  ...
25.  ( + , a , b )
26.  ( - , c , d )
27.  ( <= , [25] , [26] )
28.  ( BF , [27] , 34 )
29.  ( + , b , c )
30.  ( := , a , [29] )
31.  ( - , d , 3 )
32.  ( := , c , [31]
33.  ( BI , 25 , - )
34.  FUERA_DEL_WHILE
```

- Apilar terceto inicial
- Generar BF incompleta
- Apilar terceto incompleto
- Desapilar + Completar terceto incompleto
- Desapilar dir. terceto de inicio
- Generar BI al inicio

Lista de Reglas → Tercetos

Reglas de la Gramática	Acciones Semánticas
<iter> → <inicio_while> <cond> <cpo_while>	**// Agregar acciones para:** **// Desapilar** **// Completar el terceto incompleto con el destino de la BF** **// Desapilar número de terceto de inicio** **// Crear el terceto para la BI**
<inicio_while> → WHILE	**// Agregar acciones para:** **// Apilar el número del terceto donde comienza la condición**
<cond> → '(' <exp_log> ')'	**// Agregar acciones para:** **// Crear terceto incompleto para la BF** **// Apilar el número del terceto incompleto**
<cpo_while> → <lista_sent>	-
<lista_sent> → …	… ***// Se crean los tercetos para las sentencias de la lista***
<exp_log> → …	E_L.ptr = … ***// Se crean los tercetos de la expresión***

Lista de Reglas → Tercetos

Ejemplo:

WHILE (a + b <= c - d) { a := b + c; c := d – 3;};

```
24.  ...
25.  ( + , a , b )
26.  ( - , c , d )
27.  ( <= , [25] , [26] )
28.  ( BF , [27] , 34 )
29.  ( + , b , c )
30.  ( := , a , [29] )
31.  ( - , d , 3 )
32.  ( := , c , [31]
33.  ( BI , 25 , - )
34.  FUERA_DEL_WHILE
```

Ejercicios

- Para un lenguaje que permite la sentencia DO UNTIL
- Considerando el camino Lista de Reglas → Polaca Inversa

1. ¿Cuál sería la representación intermedia para la siguiente sentencia?

```
DO
BEGIN
    a := a * 2;
    x := a;
END
UNTIL ( x > 10)
```

2. ¿Cuáles serían las acciones semánticas para poder generar esta representación?

Ejercicios

- Para un lenguaje que permite la sentencia FOR
- Considerando el camino Lista de Reglas → Tercetos

1. ¿Cuál sería la representación intermedia para la siguiente sentencia?

```
FOR (i := 0; i < 10; i++)
BEGIN
    a := a * 2;
    x := a;
END
```

2. ¿Cuáles serían las acciones semánticas para poder generar esta representación?

Ejercicio

- Dada la siguiente gramática de expresiones:

```
A → id = E
E → E + T
E → T
T → T * F
T → F
F → id | cte
```

  Para un lenguaje que admite datos de tipo int, y de tipo float, y conversiones implícitas.

- Si el camino de generación de código es:

  Lista de Reglas → Polaca Inversa → Assembler

¿Cómo incorpora las conversiones el compilador?