



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
 DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO

PROCESADORES DE LENGUAJES

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
 ESPECIALIDAD DE COMPUTACIÓN
 TERCER CURSO
 SEGUNDO CUATRIMESTRE

Ingeniería Informática Procesadores de Lenguajes

PROGRAMA

TEMA I.- **INTRODUCCIÓN**
 TEMA II.- ANÁLISIS LEXICOGRÁFICO
 TEMA III.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ANÁLISIS SINTÁCTICO
 TEMA IV.- ANÁLISIS SINTÁCTICO DESCENDENTE
 TEMA V.- ANÁLISIS SINTÁCTICO ASCENDENTE

Universidad de Córdoba Escuela Politécnica Superior ²

Procesadores de Lenguajes Tema I.- **Introducción**

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
- TIPOS DE TRADUCTORES
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

3

Procesadores de Lenguajes Tema I.- **Introducción**

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**
- TIPOS DE TRADUCTORES
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

4

Procesadores de Lenguajes Tema I.- **Introducción**

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

✓ Los **algoritmos** permiten **resolver** los **problemas** de computación



5

Procesadores de Lenguajes Tema I.- **Introducción**

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

✓ Los algoritmos permiten resolver los problemas de computación

✓ **Programa fuente:** algoritmo escrito en un **lenguaje de programación**



6

Procesadores de Lenguajes Tema I.- **Introducción**

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

✓ Los algoritmos permiten resolver los problemas de computación

✓ Programa fuente: algoritmo escrito en un **lenguaje de programación**

✓ Los **programas fuentes no** pueden ser **ejecutados** directamente por los **ordenadores**



7

Procesadores de Lenguajes Tema I.- **Introducción**

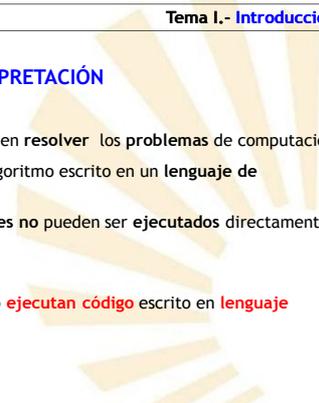
- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

✓ Los algoritmos permiten resolver los problemas de computación

✓ Programa fuente: algoritmo escrito en un **lenguaje de programación**

✓ Los **programas fuentes no** pueden ser **ejecutados** directamente por los **ordenadores**

✓ Los **ordenadores** sólo **ejecutan código** escrito en **lenguaje máquina**



8

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Los algoritmos permiten resolver los problemas de computación
- ✓ Programa fuente: algoritmo escrito en un lenguaje de programación
- ✓ Los programas fuentes no pueden ser ejecutados directamente por los ordenadores
- ✓ Los ordenadores sólo ejecutan código escrito en lenguaje máquina
- ✓ **Problema:** transformar el programa fuente en código ejecutable

9

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Los algoritmos permiten resolver los problemas de computación
- ✓ Programa fuente: algoritmo escrito en un lenguaje de programación
- ✓ Los programas fuentes no pueden ser ejecutados directamente por los ordenadores
- ✓ Los ordenadores sólo ejecutan código escrito en lenguaje máquina
- ✓ Problema: transformar el programa fuente en código ejecutable

Programa fuente → **Transformador** → Código ejecutable

10

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Existen **dos tipos** de transformación:

11

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Existen **dos tipos** de transformación:
 - Traducción
 - Interpretación

12

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**
 - ✓ Existen **dos tipos** de **transformación**:
 - **Traducción**
 - Un **programa fuente** (alto nivel) es **convertido** en **código ejecutable** (bajo nivel) que puede ser **ejecutado independientemente**.

13

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**
 - ✓ **Traducción**

Programa fuente → **Traductor**

14

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**
 - ✓ **Traducción**

Programa fuente → **Traductor**

↓

Errores de traducción

15

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**
 - ✓ **Traducción**

Programa fuente → **Traductor** → **Código ejecutable**

16

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
 - ✓ Traducción

Datos de entrada
↓

Programa fuente → **Traductor** → Código ejecutable

17

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
 - ✓ Traducción

Datos de entrada
↓

Programa fuente → **Traductor** → Código ejecutable

Errores de ejecución ↓
Resultados

18

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
 - ✓ Traducción

Datos de entrada
↓

Programa fuente → **Traductor** → Código ejecutable

↓

Resultados

19

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
 - ✓ Existen **dos tipos** de transformaciones
 - Traducción
 - **Interpretación** o simulación: consta de **tres fases** que se repiten sucesivamente

20

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Existen **dos tipos** de **transformaciones**
 - Traducción
 - **Interpretación** o simulación: consta de **tres fases** que se repiten sucesivamente
 1. **Análisis** del código fuente para determinar la siguiente sentencia a ejecutar.

21

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Existen **dos tipos** de **transformaciones**
 - Traducción
 - **Interpretación** o simulación: consta de **tres fases** que se repiten sucesivamente
 1. **Análisis** del código fuente para determinar la siguiente sentencia a ejecutar.
 2. **Generación** del código que se ha de ejecutar.

22

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ Existen **dos tipos** de **transformaciones**
 - Traducción
 - **Interpretación** o simulación: consta de **tres fases** que se repiten sucesivamente
 1. **Análisis** del código fuente para determinar la siguiente sentencia a ejecutar.
 2. **Generación** del código que se ha de ejecutar.
 3. **Ejecución** del código generado.

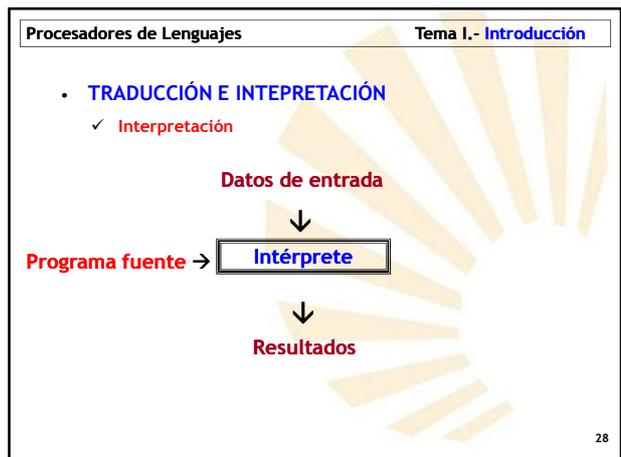
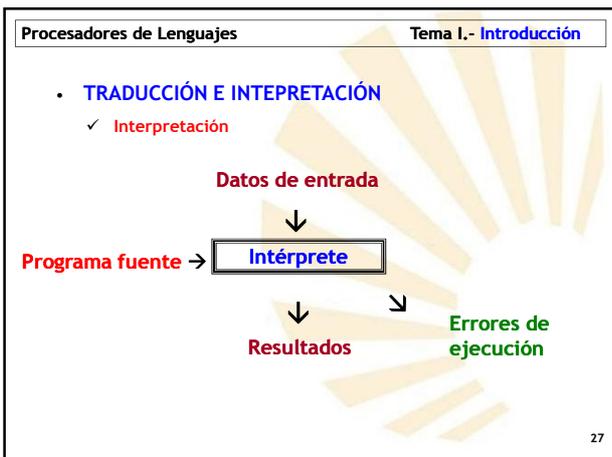
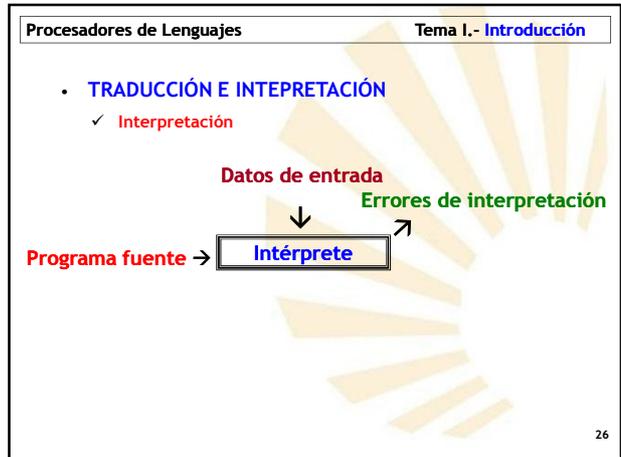
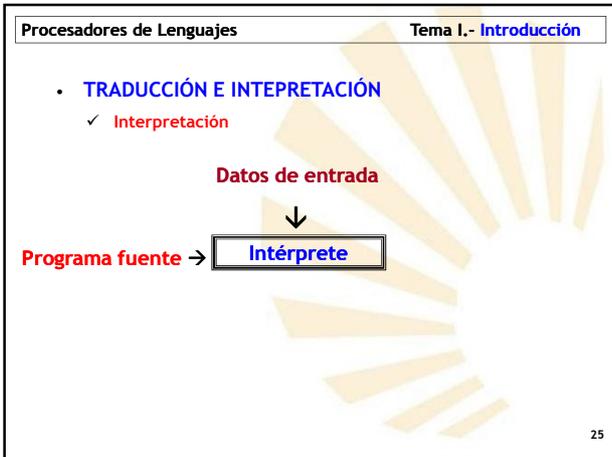
23

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ **Interpretación**

Programa fuente → **Intérprete**

24



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**

29

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**
 - **Traducción**
 - ☐ **Independencia**
 - El código generado se puede ejecutar independientemente del programa fuente y del traductor.
 - Se traduce una vez y se ejecuta muchas veces.
 - **Interpretación**
 - ☐ **Dependencia**
 - El código generado sólo se puede ejecutar con el intérprete y el programa fuente.
 - Se interpreta y ejecuta a la vez.

30

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**
 - **Traducción**
 - ☐ **Independencia**
 - ☐ **Necesidades de memoria**
 - El código generado se ha de almacenar en memoria.
 - **Interpretación**
 - ☐ **Dependencia**
 - ☐ **Sin necesidad de memoria**
 - El código generado no se almacena en memoria.

31

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**
 - **Traducción**
 - ☐ **Independencia**
 - ☐ **Necesidades de memoria**
 - ☐ **Eficiencia**
 - Una vez generado el código, éste se ejecuta con rapidez.
 - **Interpretación**
 - ☐ **Dependencia**
 - ☐ **Sin necesidad de memoria**
 - ☐ **Menos eficiencia**
 - El código se ha de volver a generar para volver a ser ejecutado.

32

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTELPRETACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traducción <ul style="list-style-type: none"> ☐ Independencia ☐ Necesidades de memoria ☐ Eficiencia ☐ Global <ul style="list-style-type: none"> ▪ Posee una visión completa del programa pudiendo generar mensajes de error más detallados. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interpretación <ul style="list-style-type: none"> ☐ Dependencia ☐ Sin necesidad de memoria ☐ Menos eficiencia ☐ Local <ul style="list-style-type: none"> ▪ Posee una visión parcial del programa, ya que interpreta el código sentencia a sentencia.
--	---

33

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTELPRETACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traducción <ul style="list-style-type: none"> ☐ Independencia ☐ Necesidades de memoria ☐ Eficiencia ☐ Global ☐ No interactividad <ul style="list-style-type: none"> ▪ No permite la interacción con el programa fuente 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interpretación <ul style="list-style-type: none"> ☐ Dependencia ☐ Sin necesidad de memoria ☐ Menos eficiencia ☐ Local ☐ Interactividad <ul style="list-style-type: none"> ▪ Permite una interacción con el programa durante su desarrollo.
--	--

34

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTELPRETACIÓN**
 - ✓ **Diferencias** fundamentales entre **traducción** e **interpretación**

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traducción <ul style="list-style-type: none"> ☐ Independencia ☐ Necesidades de memoria ☐ Eficiencia ☐ Global ☐ No interactividad ☐ No inclusión de código durante la ejecución 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interpretación <ul style="list-style-type: none"> ☐ Dependencia ☐ Sin necesidad de memoria ☐ Menos eficiencia ☐ Local ☐ Interactividad ☐ Inclusión de código durante la ejecución <ul style="list-style-type: none"> ▪ v.g.: intérpretes de Smalltalk, Lisp y Prolog.
---	--

35

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- **TRADUCCIÓN E INTELPRETACIÓN**
 - ✓ **Combinación** de la traducción e interpretación:
 - son procesos complementarios

36

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**

- ✓ **Combinación** de la traducción e interpretación:
 - **Interpretación + traducción**
 - ❑ Se facilita la **depuración del código**:
 - ❖ la interpretación permite la interacción con el programa durante su desarrollo.
 - ❑ El código depurado permite **generar código** ejecutable más eficiente.

37

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**

- ✓ **Combinación** de la traducción e interpretación:
 - **Interpretación + traducción**:
 - ❑ Se facilita la **depuración**:
 - ❖ la interpretación permite la interacción con el programa durante su desarrollo.
 - ❑ El código depurado permite **generar código** ejecutable más eficiente.
 - **Traducción + interpretación**:
 - ❑ El programa fuente se traduce a **código intermedio**.
 - ❑ El **código intermedio** puede ser **interpretado** en diferentes entornos de ejecución.
 - ❑ V.g.: Java, C#, ...

38

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**

- ✓ **Tipos de lenguajes**

39

- **TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN**

- ✓ **Tipos de lenguajes**
 - **Lenguajes interpretados**:
 - ❑ Utilizan un **intérprete** para ejecutar sus programas.
 - ❑ V.g.: APL, Lisp, Scheme, Prolog, Java, Smalltalk, etc.

40

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ **Tipos de lenguajes**
 - Lenguajes interpretados:
 - ❑ Utilizan un intérprete para ejecutar sus programas.
 - Lenguajes **compilados**:
 - ❑ Utilizan un traductor denominado “**compilador**” para generar el programa ejecutable.
 - ❑ V.g.: Fortran, Pascal, Ada, C, C++

41

- **TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN**

- ✓ **Tipos de lenguajes**
 - Lenguajes interpretados:
 - ❑ Utilizan un intérprete para ejecutar sus programas.
 - Lenguajes compilados:
 - ❑ Utilizan un traductor denominado “**compilador**” para generar el programa ejecutable.
 - **No** es una clasificación **excluyente**: existen lenguajes que poseen intérpretes y compiladores:
 - ❑ Intérprete: utilizado para el desarrollo, depuración y puesta a punto.
 - ❑ Compilador: genera el programa ejecutable.
 - ❑ V. g.: Visual Basic, Builder C++, etc.

42

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
- **TIPOS DE TRADUCTORES**
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- COMBINACIÓN DE COMPILADORES: “BOOTSTRAPPING”

43

- **TIPOS DE TRADUCTORES**

- ✓ Preprocesador
- ✓ Compilador
- ✓ Ensamblador
- ✓ Enlazador (“linker”)
- ✓ Cargador (“loader”)

44

- TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ **Preprocesador**
 - Programa inicial escrito en un lenguaje de alto nivel extendido
 - Programa final escrito en un lenguaje de alto nivel estándar
 - V.g.: "cpp" es un preprocesador del lenguaje C que realiza las siguientes acciones:
 - ❑ Expandir macros: #define PI 3.141592
 - ❑ Incluir ficheros: #include <stdio.h>
 - ❑ Eliminar comentarios: /* Menú principal */
 - ❑ Etc.
 - **Nota:** también existen preprocesadores para embellecer el programa fuente.

45

- TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ Preprocesador
- ✓ **Compilador**
 - Programa inicial escrito en un lenguaje de alto nivel
 - Programa final escrito en un lenguaje de bajo nivel (máquina o ensamblador).

46

- TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ Preprocesador
- ✓ **Compilador**
- ✓ **Ensamblador**
 - Programa inicial escrito en lenguaje ensamblador
 - Programa final escrito en código máquina
 - **Nota:** el ensamblador es un caso particular de compilador.

47

- TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ Preprocesador
- ✓ **Compilador**
- ✓ **Ensamblador**
- ✓ **Enlazador ("linker")**
 - Programa inicial escrito en código reubicable (posiciones de memoria relativas)
 - Programa final escrito en código máquina absoluto o ejecutable
 - **Notas:**
 - ❑ Además incluye el código de las funciones de las bibliotecas utilizadas por el programa fuente.
 - ❑ Algunas veces genera código reubicable.

48

• TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ Preprocesador
- ✓ **Compilador**
- ✓ Ensamblador
- ✓ Enlazador
- ✓ **Cargador** ("loader"):
 - Programa inicial escrito en código reubicable
 - Programa final escrito en código máquina ejecutable
 - Nota: no suele ser un programa independiente.

• TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ **Combinación** de los tipos de traductores
- Programa fuente extendido

• TIPOS DE TRADUCTORES

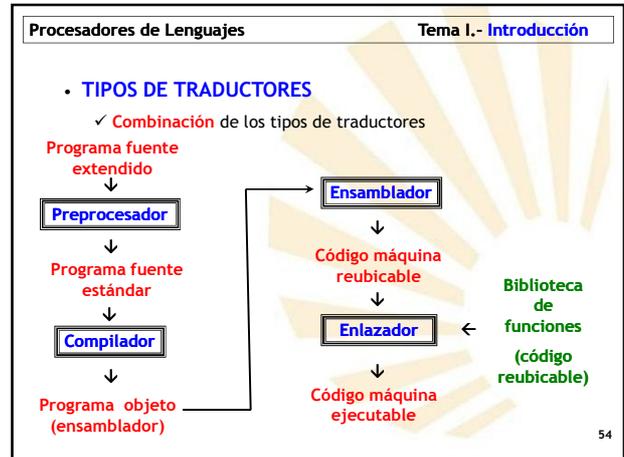
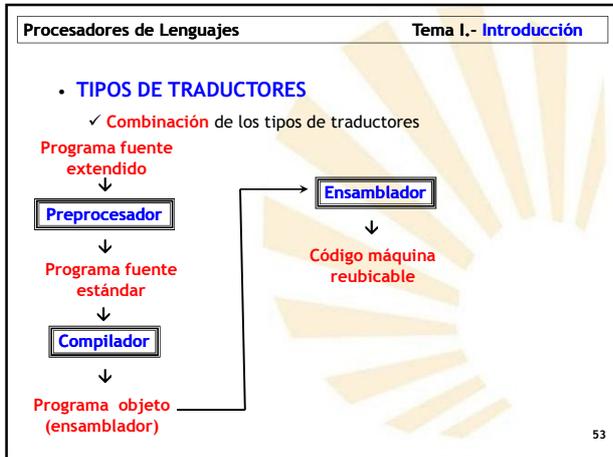
- ✓ **Combinación** de los tipos de traductores



• TIPOS DE TRADUCTORES

- ✓ **Combinación** de los tipos de traductores





Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
- TIPOS DE TRADUCTORES
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

55

- Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
 - ✓ Editor basado en la estructura sintáctica del lenguaje de programación
 - ✓ Depurador
 - ✓ Generador del programa ejecutable
 - ✓ Perfilador
 - ✓ Entorno de desarrollo integrado
- 56

- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN

- ✓ Editor basado en la estructura sintáctica del lenguaje de programación
 - Facilita la edición de los programas al mostrar las estructuras de las sentencias de un lenguaje de programación.
 - Evita la aparición de errores léxicos y, sobre todo, sintácticos.

57

- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN

- ✓ Editor basado en la estructura sintáctica del lenguaje de programación
- ✓ Depurador
 - En realidad es un intérprete que permite ejecutar el programa de forma supervisada.
 - Permite la ejecución paso a paso del programa.
 - Permite comprobar los valores de las variables, establecer puntos de parada, etc.
 - V.g.: algunos depuradores de C son gdb, ddd, dbx, dbxtool.

58

- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN

- ✓ Editor basado en la estructura sintáctica del lenguaje de programación
- ✓ Depurador
- ✓ Generador del programa ejecutable
 - Analiza las dependencias del código las bibliotecas de funciones para crear el código ejecutable.
 - V.g.: Install Shield, Setup Factory, Eclipse, NetBeans, etc.

59

- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN

- ✓ Editor basado en la estructura sintáctica del lenguaje de programación
- ✓ Depurador
- ✓ Generador del programa ejecutable
- ✓ Perfilador
 - Herramienta muy útil para la optimización de los programas.
 - Permite conocer el perfil de ejecución de un programa.
 - Genera estadísticas sobre la ejecución del programa relativas a uso de funciones, accesos a memoria, tiempos de ejecución, etc.
 - Se pueden descubrir “los cuellos de botella”, es decir, dónde se requiere más tiempo de ejecución.

60

- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN

- ✓ Editor basado en la estructura sintáctica del lenguaje de programación
- ✓ Depurador
- ✓ Generador del programa ejecutable
- ✓ Perfilador
- ✓ Entorno de desarrollo integrado: incluye
 - un editor,
 - un compilador,
 - un enlazador,
 - un depurador,
 - etc.

61

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
- TIPOS DE TRADUCTORES
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

62

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Fases
- ✓ Pasos

63

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Fases
 - Análisis: se encarga de comprobar que el programa fuente está bien escrito
 - Síntesis: se ocupa de la generación del código ejecutable
 - Componentes auxiliares:
 - ❑ Administrador de la tabla de símbolos
 - ❑ Gestor de errores

64

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - ❑ Análisis léxico
 - Síntesis



65

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - ❑ Análisis léxico
 - ❑ Análisis sintáctico
 - Síntesis



66

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - ❑ Análisis léxico
 - ❑ Análisis sintáctico
 - ❑ Análisis semántico
 - Síntesis



67

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - ❑ Análisis léxico
 - ❑ Análisis sintáctico
 - ❑ Análisis semántico
 - Síntesis
 - ❑ Generación de código intermedio



68

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - Análisis léxico
 - Análisis sintáctico
 - Análisis semántico
 - Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización de código intermedio

69

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - Análisis léxico
 - Análisis sintáctico
 - Análisis semántico
 - Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización de código intermedio
 - Generación de código

70

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

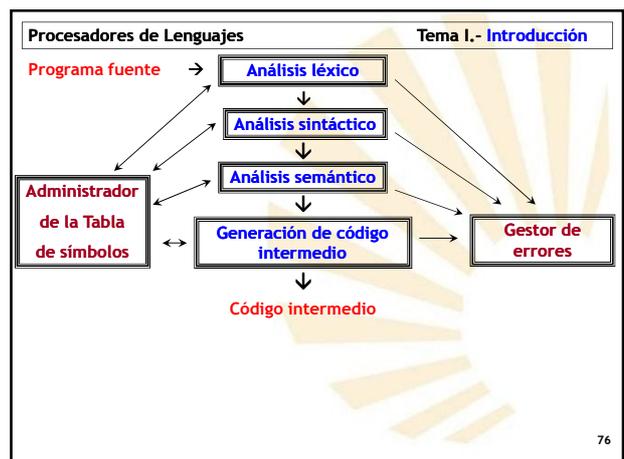
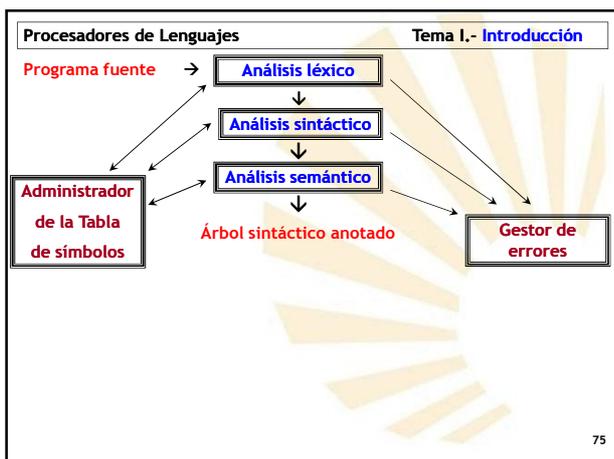
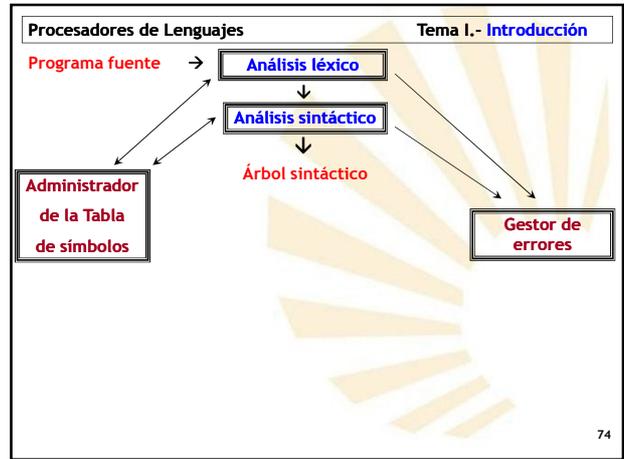
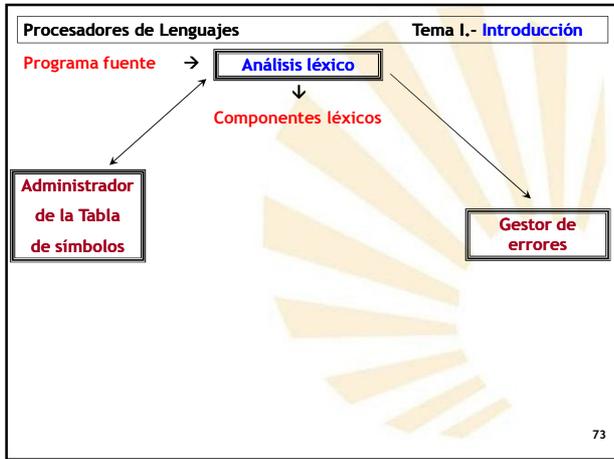
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - Análisis léxico
 - Análisis sintáctico
 - Análisis semántico
 - Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización de código intermedio
 - Generación de código
 - Optimización de código

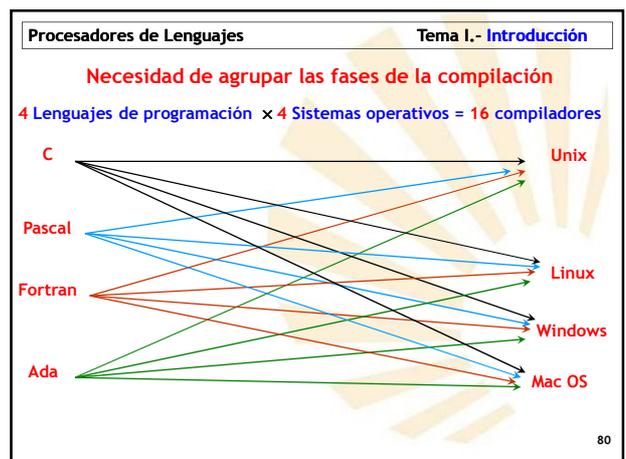
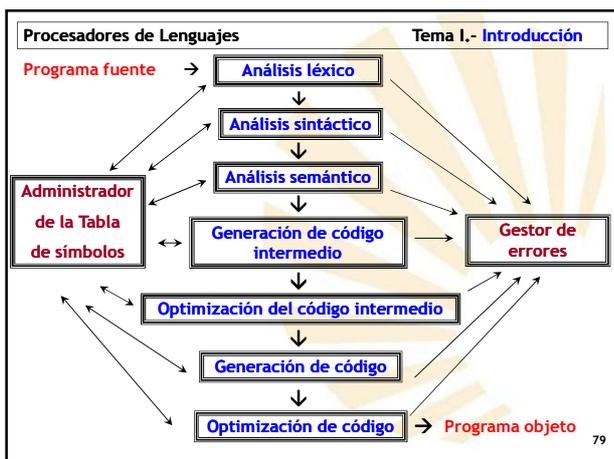
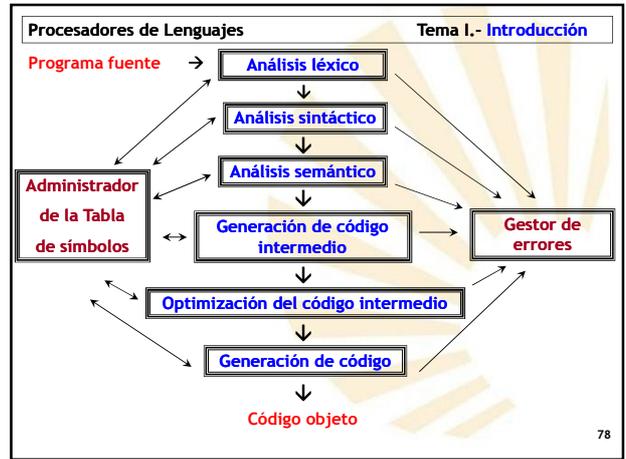
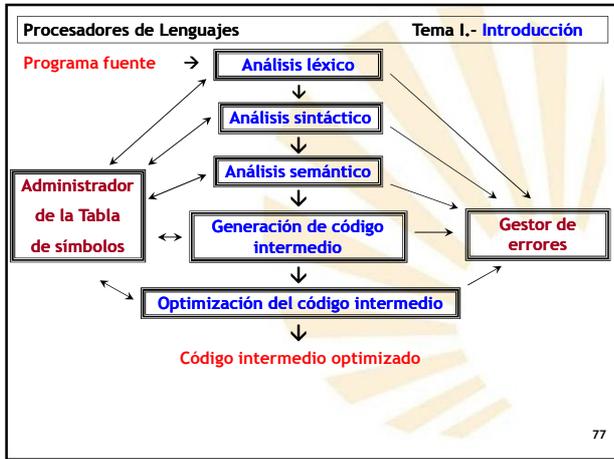
71

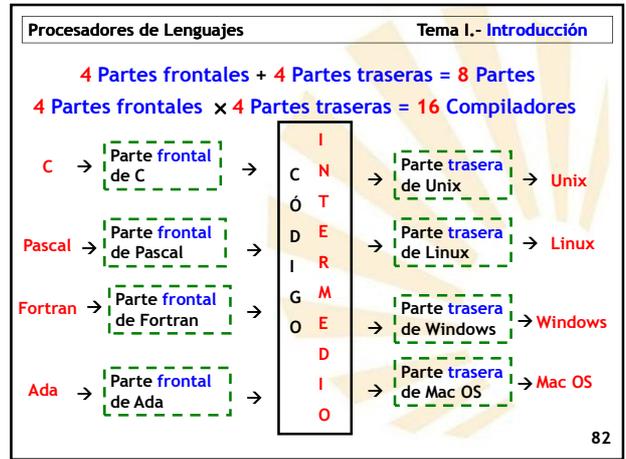
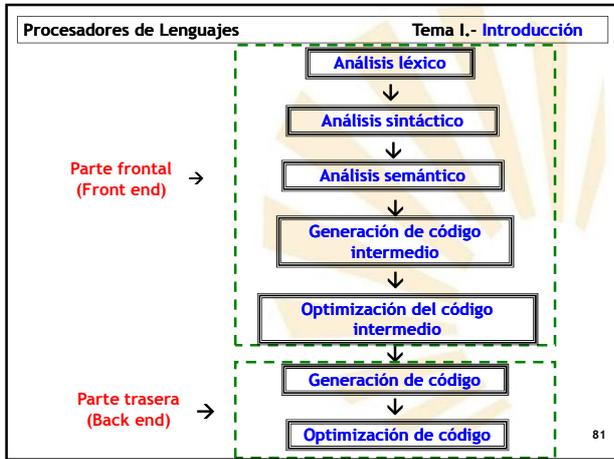
Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - Gestor de errores

72







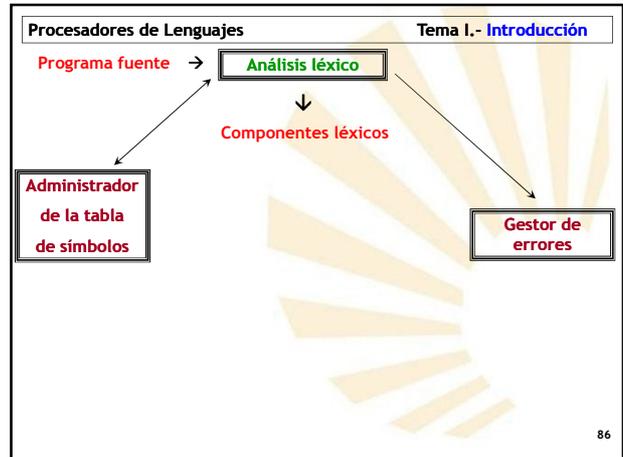
- Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - ❑ Se encarga de comprobar que el programa fuente está bien escrito.
- 83

- Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Análisis
 - ❑ Análisis léxico
 - ❑ Análisis sintáctico
 - ❑ Análisis semántico
- 84

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - Análisis sintáctico
 - Análisis semántico

85



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - También denominado análisis lexicográfico, análisis lineal, explorador o "scanner".

87

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - También denominado análisis lexicográfico, análisis lineal, explorador o "scanner".
 - Única fase que tiene contacto con el código del programa fuente: favorece la modularidad y la interactividad.

88

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - ❑ También denominado análisis lexicográfico, análisis lineal, explorador o “scanner”.
 - ❑ Única fase que tiene contacto con el código del programa fuente: favorece la modularidad y la interactividad.
 - ❑ Objetivo:
 - Leer el programa fuente carácter a carácter y obtener los componentes léxicos o “tokens”

89

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - ❑ También denominado análisis lexicográfico, análisis lineal, explorador o “scanner”.
 - ❑ Única fase que tiene contacto con el código del programa fuente: favorece la modularidad y la interactividad.
 - ❑ Objetivo:
 - Leer el programa fuente carácter a carácter y obtener los componentes léxicos o “tokens”

Programa fuente → Analizador léxico → Componentes léxicos

90

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - ❑ Componente léxico o “token”: agrupación de caracteres con significado propio.
 - Palabras reservadas: if, else, while, ...
 - Identificadores: dato, mayor, bandera, ...
 - Operadores aritméticos: +, -, *, /, div, mod, ...
 - Operadores relacionales: <, <=, >, >=, ...
 - Signos de puntuación: {, }, (,), ;, ...
 - Etc.

91

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - ❑ if (divisor != 0.0) dividendo = divisor * cociente + resto ;
 - ❑ Componentes léxicos enviados al análisis sintáctico:

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Palabra clave IF: if ▪ Los espacios en blanco son suprimidos ▪ Paréntesis izquierdo: (▪ Identificador: divisor ▪ Operador relacional DISTINTO: != ▪ Número: 0.0 ▪ Paréntesis derecho:) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificador: dividendo ▪ Símbolo de asignación: = ▪ Identificador: divisor ▪ Operador aritmético de multiplicación: * ▪ Identificador: cociente ▪ Operador aritmético de adición: + ▪ Identificador: resto ▪ Delimitador de fin de sentencia: ;
--	--

92

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Tabla de símbolos

Nombre	Atributo 1	Atributo 2	...
cociente
dividendo
divisor
resto
...

93

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - Componentes léxicos eliminados
 - Los espacios en blanco, tabuladores y saltos de línea.
 - Los comentarios.
 - Estos componentes léxicos
 - Favorecen la lectura y comprensión de los programas.
 - Pero no son necesarios para generar el código ejecutable.
 - Generalmente, el análisis léxico es una subrutina o procedimiento auxiliar del análisis sintáctico.

94

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - Se utilizan las expresiones regulares para definir las características de los componentes léxicos.
 - A partir de las expresiones regulares, se genera el analizador léxico que simula el funcionamiento de un autómata finito determinista.
 - Nota
 - Véase el tema nº 2

95

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - Ejemplo:
 - Expresión regular que denota los identificadores del lenguaje C
 $(\text{letra} + \text{subrayado}) (\text{letra} + \text{subrayado} + \text{dígito})^*$
 - Autómata finito determinista

```

graph LR
  start(( )) --> q0((q0))
  q0 -- letra --> q1(((q1)))
  q0 -- subrayado --> q1
  q1 -- letra --> q1
  q1 -- subrayado --> q1
  q1 -- dígito --> q1
  
```

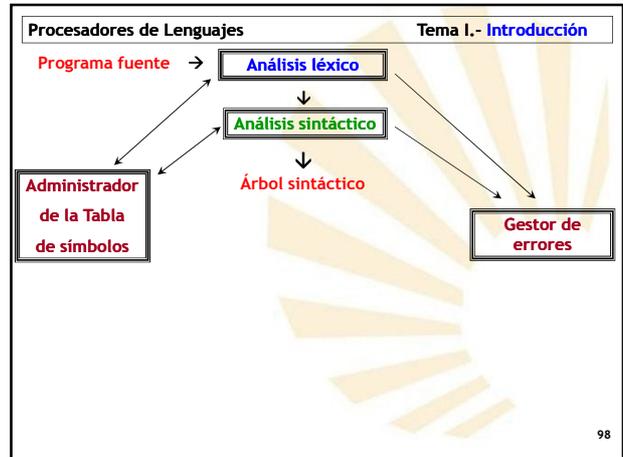
96

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - Análisis sintáctico
 - Análisis semántico

97



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis sintáctico
 - También denominado análisis jerárquico o gramatical o “parser”.
 - Objetivos:
 - Comprobar la sintaxis del código fuente: utiliza las reglas gramaticales del lenguaje fuente y los componentes léxicos.
 - Generar una representación jerárquica (figurada): árbol sintáctico.

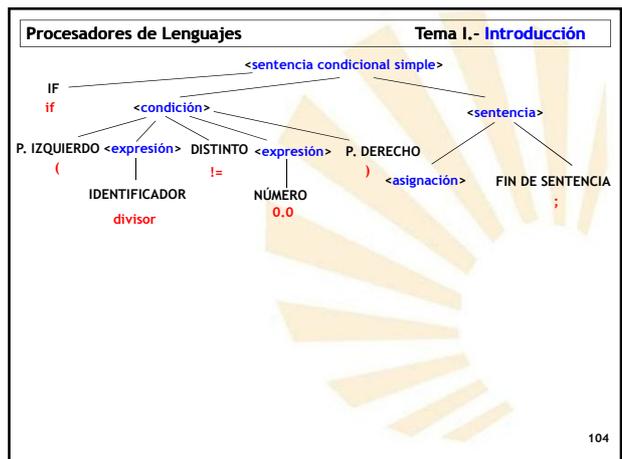
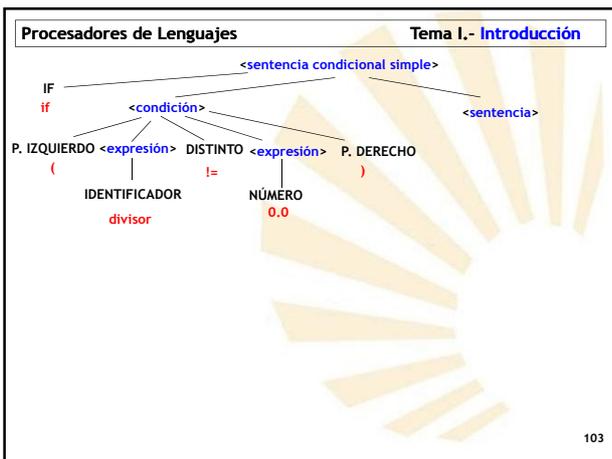
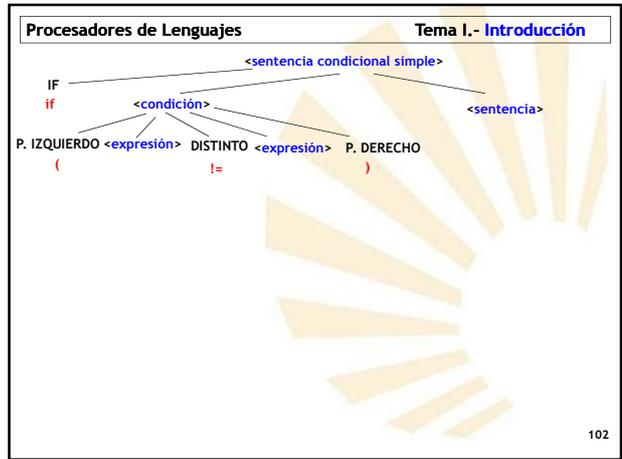
99

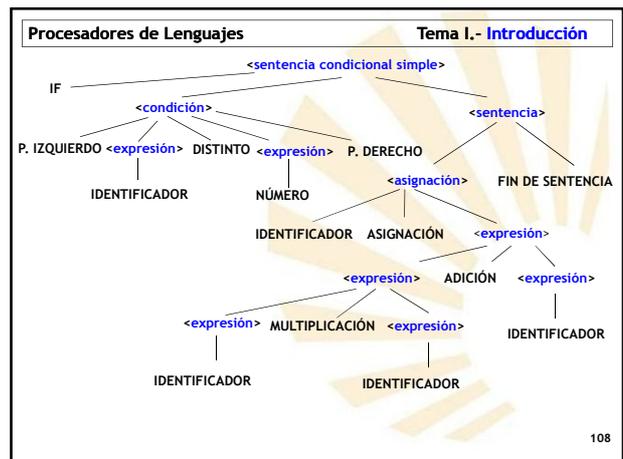
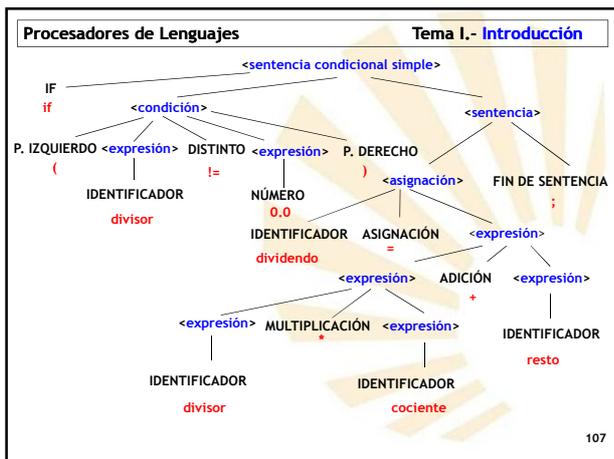
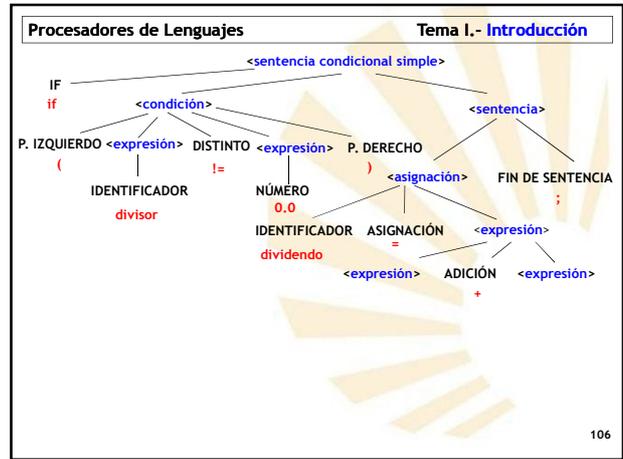
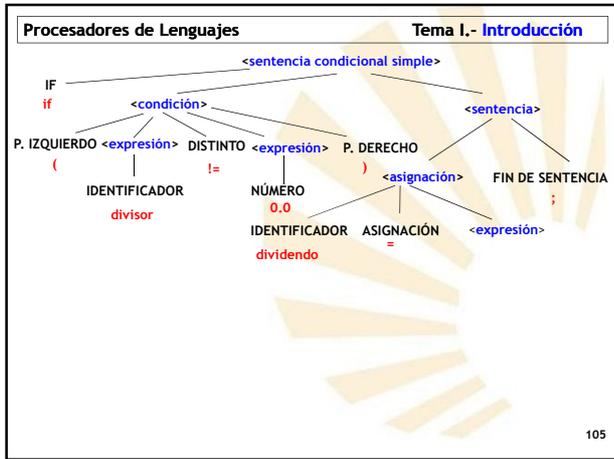
Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis sintáctico
 - Se utilizan gramáticas de contexto libre para definir la sintaxis de las sentencias de los lenguajes de programación.
 - A partir de la gramática de contexto libre, se genera el analizador sintáctico que simula el funcionamiento de un autómata con pila.
 - Nota
 - Véanse los temas nº 3, 4 y 5.

100



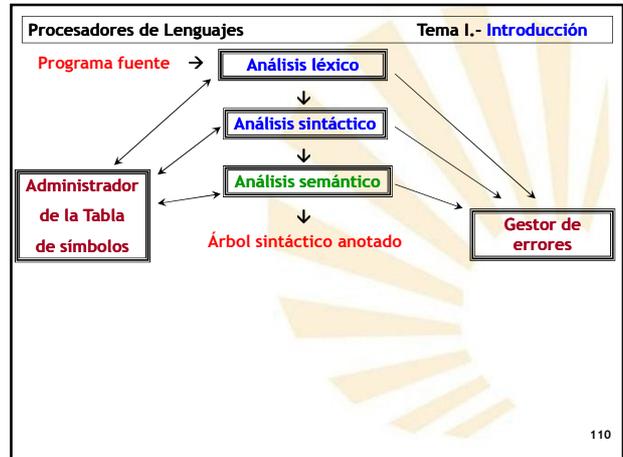


Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis léxico
 - Análisis sintáctico
 - Análisis semántico

109



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Análisis
 - Análisis semántico
 - ❑ Comprueba si el significado de las sentencias es correcto.
 - ❑ Utiliza el árbol sintáctico y la tabla de símbolos.
 - ❑ Algunos de los errores semánticos que pueden detectar:
 - Operandos y operadores incompatibles.
 - Diferencia de tipos entre los argumentos reales y los argumentos formales.
 - Etc.
 - ❑ El análisis semántico suele estar integrado en el análisis sintáctico.

111

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Fases
 - Análisis
 - Síntesis
 - ❑ Se encarga de transformar la representación obtenida durante el análisis en el código objeto o ejecutable

112

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

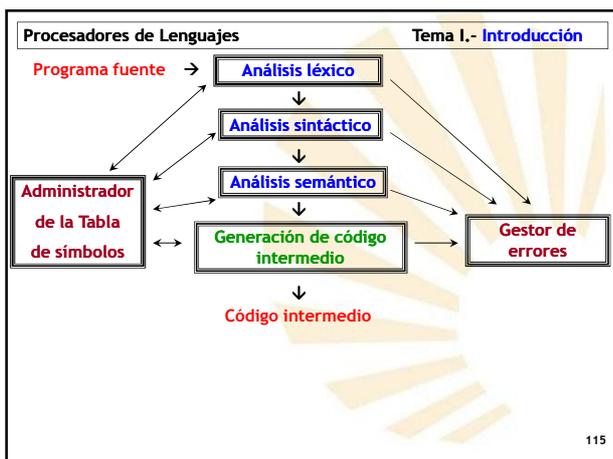
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización del código intermedio
 - Generación de código
 - Optimización del código

113

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización del código intermedio
 - Generación de código
 - Optimización del código

114



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Genera una representación intermedia del código fuente que ha de tener las siguientes características
 - Ha de ser fácil de generar a partir del código fuente.
 - Ha de ser fácil de traducir al código objeto o ejecutable

Código fuente → Código intermedio → Código objeto o ejecutable

116

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - ❑ Genera un representación intermedia del código fuente
 - ❑ Es una fase opcional, pero muy recomendable.
 - “Redestinación” :
 - ❖ Al integrarse en la “parte frontal” del compilador, favorece la generación de código objeto para distintos entornos de ejecución.
 - Optimización independiente del entorno de ejecución

117

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - ❑ Se utilizan definiciones dirigidas por la sintaxis o esquemas de traducción que se incorporan al análisis sintáctico.
 - ❑ Tipos de representaciones intermedias:
 - Notación postfija
 - Árboles sintácticos
 - Grafos dirigidos acíclicos
 - Código de tres direcciones:
 - ❖ Cuádruplas, triples y triples indirectos.

118

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - ❑ `if (divisor != 0.0) dividendo = divisor * cociente + resto ;`
 - ❑ Representación intermedia en código de tres direcciones:

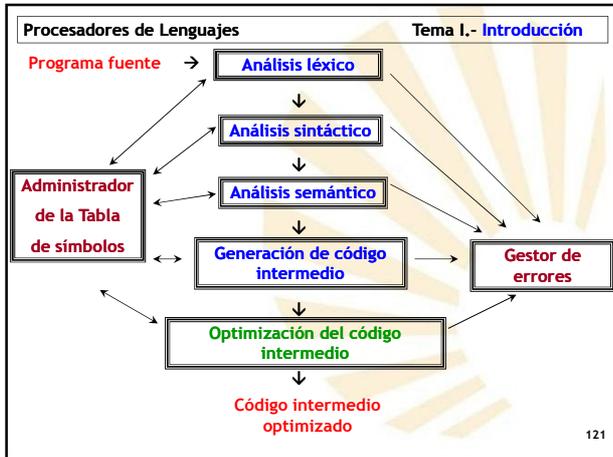
```
100. if divisor = 0 goto 104
101. t1 := divisor * cociente
102. t2 := t1 + resto
103. dividendo := t2
104. ...
```

119

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

- ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización del código intermedio
 - Generación de código
 - Optimización del código

120



- Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Optimización del código intermedio
 - ❑ Esta fase es opcional, pero también es recomendable
 - ❑ Objetivo:
 - Realizar una optimización del código intermedio que sea independiente de la máquina en la que se ejecute el código objeto.
 - ❑ La optimización es un problema NP-Completo
- 122

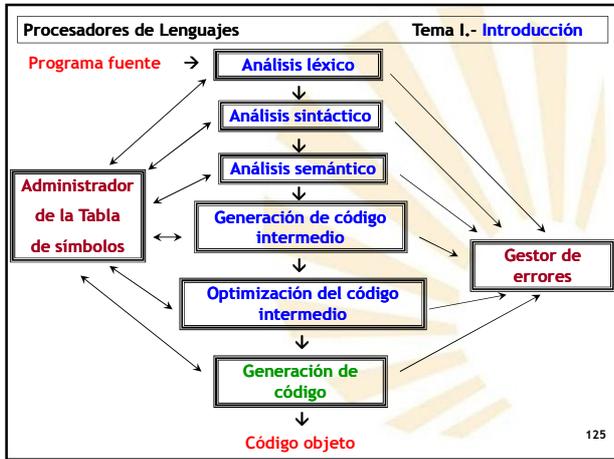
Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Optimización del código intermedio
 - ❑ `if (divisor != 0.0) dividendo = divisor * cociente + resto ;`
 - ❑ Optimización de la representación intermedia en código de tres direcciones:

<pre> 100. if divisor = 0 goto 104 101. t1 := divisor * cociente 102. t2 := t1 + resto 103. dividendo := t2 104. ... </pre>	➔	<pre> 100. if divisor = 0 goto 103 101. t1 := divisor * cociente 102. dividendo := t1 + resto 103. ... </pre>
---	---	---

123

- Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización del código intermedio
 - Generación de código
 - Optimización del código
- 124



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código
 - Objetivo
 - Traducir la representación intermedia a código objeto o ejecutable (código máquina).
 - Ejemplo:
 - Se va a generar código objeto en ensamblador
 - Las operaciones aritmético - lógicas se han de realizar sobre registros de máquina: R1, R2, ...
 - Las proposiciones condicionales son generadas mediante comparaciones (CMP) y saltos condicionales (JE, JLE, ...).

126

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código

```

    if (divisor != 0.0)
      dividendo = divisor * cociente + resto ;
  
```

100. if divisor = 0 goto 103
 101. t1 := divisor * cociente
 102. dividendo := t1 + resto
 103. ...

➔

```

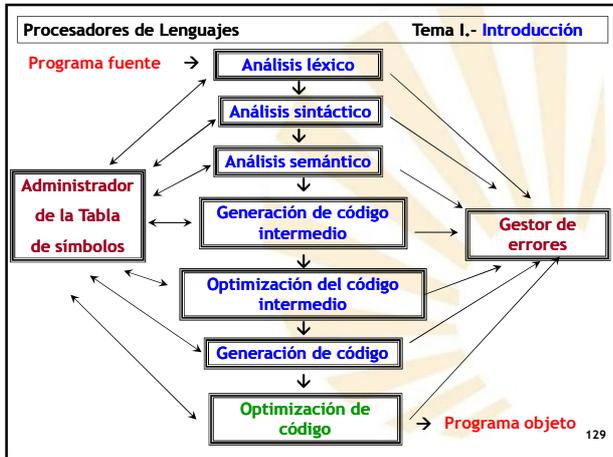
    100. MOV divisor, R1
    101. CMP #0, R1
    102. JE 110
    103. MOV cociente, R2
    104. MUL R2, R1
    105. MOV R1, t1
    106. MOV t1, R3
    107. MOV resto, R4
    108. SUM R3, R4
    109. MOV R4, dividendo
    110. ...
  
```

127

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Generación de código intermedio
 - Optimización del código intermedio
 - Generación de código
 - Optimización del código

128



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Optimización del código
 - Generar un código más eficiente:
 - Ejecución más rápida
 - Ocupar menos espacio de memoria.
 - La optimización es un problema NP-Completo
 - Optimizar las necesidades de tiempo y memoria de forma conjunta suele ser difícil
 - Tiempo y memoria son dos factores contrapuestos.
 - La optimización absoluta no siempre se puede alcanzar: sólo se producen mejoras, pero no se tiene garantía de que sean óptimas.

130

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Optimización del código
 - Las mejores transformaciones son las que obtienen el mayor beneficio con el menor esfuerzo
 - Criterios:
 - Se ha de preservar el significado del programa
 - Debe acelerar los programas de forma apreciable
 - Tiene que merecer la pena

131

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Optimización del código
 - Posibles mejoras del código:
 - No evaluación repetida de expresiones comunes
 - Evitar la propagación de copias
 - Supresión de código inactivo o “muerto”: análisis de control de flujo.
 - Optimización de bucles: no evaluación de expresiones constantes dentro de los bucles
 - Reutilización de registros de máquina.
 - Etc.

132

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Síntesis
 - Optimización del código

100. MOV divisor, R1	100. MOV divisor, R1
101. CMP #0, R1	101. CMP #0, R1
102. JE 110	102. JE 108
103. MOV cociente, R2	103. MOV cociente, R2
104. MUL R2, R1	104. MUL R2, R1
105. MOV R1, t1	105. MOV resto, R2
106. MOV t1, R3	106. SUM R1, R2
107. MOV resto, R4	107. MOV R2, dividendo
108. SUM R3, R4	108. ...
109. MOV R4, dividendo	
110. ...	

133

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

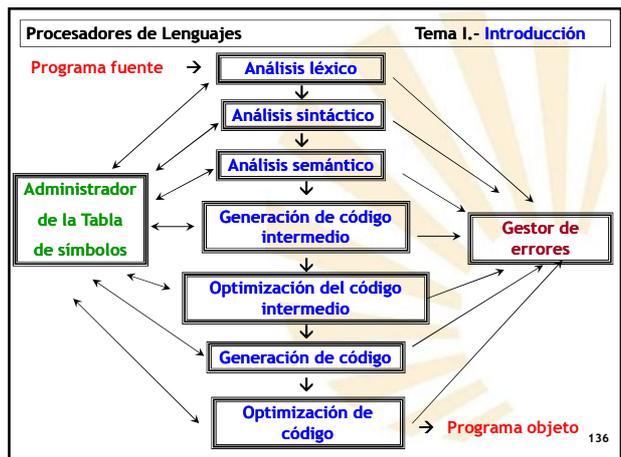
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Fases
 - Componentes auxiliares
 - ❑ Administrador de la tabla de símbolos
 - ❑ Gestor de errores

134

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - Gestor de errores

135



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - La tabla de símbolos contiene toda la información relacionada con los identificadores del programa fuente:
 - Variables y constantes
 - Funciones y procedimientos
 - Parámetros
 - Tipos de datos definidos
 - Etiquetas
 - Etc.

137

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - Se crea durante el análisis léxico
 - Es completada y utilizada durante todas las fases del proceso de compilación
 - Se puede utilizar más de una tabla de símbolos para controlar las reglas de ámbito del lenguaje de programación.
 - Los depuradores pueden mostrar los valores de las variables al consultar la tabla de símbolos.

138

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - V.g.: dato = 3;

Nombre	Tipo	Valor	...
dato	entero	3	...

139

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - La información de las funciones o procedimientos es más completa:
 - Número parámetros
 - Tipo y forma de paso de cada parámetro
 - Tipo de resultados (en las funciones)
 - Etc.

140

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

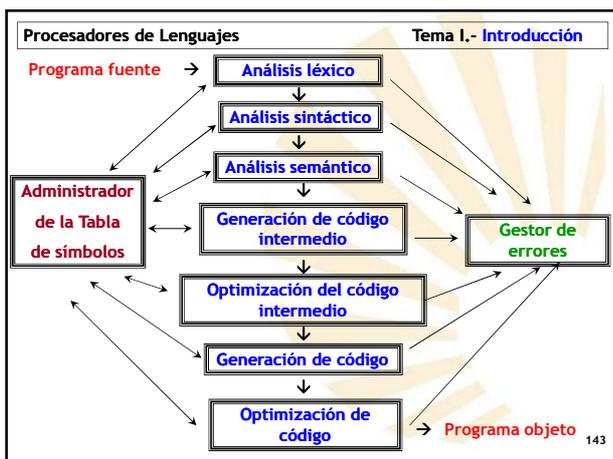
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - ☐ Las operaciones sobre la tabla de símbolos son:
 - Inserción
 - Consulta
 - Modificación
 - ☐ Se puede mejorar la eficiencia en el uso de la tabla de símbolos mediante:
 - Una buena organización de la tabla (v.g.: árbol binario de búsqueda)
 - La codificación de las funciones de acceso en lenguajes de bajo nivel (v.g.: ensamblador).

141

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Administrador de la tabla de símbolos
 - Gestor de errores

142



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Gestor de errores
 - ☐ La gestión de errores es un proceso fundamental
 - ☐ Hay errores en todas las fases del proceso de traducción
 - ☐ Errores más frecuentes en las etapas de análisis:
 - Errores léxicos: identificador con un carácter no permitido
 - Errores sintácticos: sentencia de control mal escrita
 - Errores semánticos: uso de una variable en un contexto inadecuado
 - ☐ La gestión de errores debe:
 - Informar sobre el error,
 - y permitir, si es posible, que continúe la traducción para detectar más errores (recuperación del error).

144

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Gestor de errores
 - Las características de un buen gestor de errores:
 1. Capacidad de **detección** de errores.
 2. **Tratamiento** de los errores.
 3. **Recuperación** del error.
 4. **Evitar la cascada de errores.**
 5. **Información de los errores.**

145

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Gestor de errores
 - Las características de un buen gestor de errores:
 1. Capacidad de **detección** de errores.
 - ❖ Debe ser capaz de reconocer errores de todo tipo: léxico, sintáctico, semántico, etc.
 2. **Tratamiento** de los errores.
 3. **Recuperación** del error.
 4. **Evitar la cascada de errores.**
 5. **Información de los errores**

146

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Gestor de errores
 - Las características de un buen gestor de errores:
 1. Capacidad de **detección** de errores
 2. **Tratamiento** de los errores:
 - ❖ Al encontrar un error, intentará subsanarlo si es posible.
 - ❖ Siempre **informará** de los cambios realizados, para que la **persona** que programe tome la **decisión final**.
 3. **Recuperación** del error.
 4. **Evitar la cascada de errores.**
 5. **Información de los errores**

147

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
 - ✓ Componentes auxiliares
 - Gestor de errores
 - Las características de un buen gestor de errores:
 1. Capacidad de **detección** de errores
 2. **Tratamiento** de los errores.
 3. **Recuperación** del error:
 - ❖ Debe permitir que la **traducción continúe**, sobre todo si no se desarrolla en un proceso interactivo.
 4. **Evitar la cascada de errores.**
 5. **Información de los errores.**

148

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

✓ Componentes auxiliares

➤ Gestor de errores

☐ Las características de un buen gestor de errores:

1. Capacidad de **detección** de errores
2. **Tratamiento** de los errores.
3. **Recuperación** del error.
4. **Evitar la cascada de errores**
 - ❖ Debe **informar** de un error **solamente una vez**, aunque aparezca varias veces, y no generar otros errores.
5. **Información de los errores.**

149

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

✓ Componentes auxiliares

➤ Gestor de errores

☐ Las características de un buen gestor de errores :

5. **Información de los errores:** el mensaje de error debe tener las siguientes características:

❖ **Localización:** se debe indicar la línea del código fuente en la que aparece el error.

❖ **Pertinencia:** debe referirse al código del programa y no a detalles internos de la traducción

❖ **Comprensión:** debe ser claro y sencillo

150

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

✓ Fases

✓ Pasos

151

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

✓ Pasos

➤ Número de veces que se **procesa** una representación del **programa fuente**.

➤ Cada paso requiere:

☐ Lectura del código fuente

☐ Procesamiento

☐ Almacenamiento de la información generada

➤ El número de pasos debe ser **mínimo**.

152

• ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS

✓ Pasos

- Las pasadas se suelen agrupar. Ejemplo:
 - ❑ Primera pasada: análisis léxico, sintáctico, semántico y generación y optimización de código intermedio
 - ❑ Segunda pasada: generación y optimización de código.
- Algunas veces es imprescindible realizar dos o más pasos:
 - ❑ Algol 68 y PL/I permiten utilizar las variables antes de ser declaradas.
 - ❑ Si el lenguaje permite saltos incondicionales (v.g.: instrucción "goto")
 - La técnica de "backpatching" o "relleno de retroceso" permite combinar dos pasadas en una sola. Se requiere una tabla de "saltos".

153

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- TRADUCCIÓN E INEPTERACIÓN
- TIPOS DE TRADUCTORES
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

154

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Se pueden generar automáticamente algunas partes del proceso de traducción
- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - Generadores automáticos de código
 - Máquinas de optimización de código

155

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - Generadores automáticos de código
 - Máquinas de optimización de código

156

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - ❑ Las expresiones regulares pueden denotar a los componentes básicos de los lenguajes de programación:
 - Identificadores
 - Números
 - Operadores aritméticos, lógicos y relacionales
 - Símbolos de puntuación
 - Comentarios
 - Etc.

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - ❑ Las expresiones regulares pueden denotar a los componentes básicos de los lenguajes de programación.
 - ❑ Existen herramientas automáticas para generar analizadores léxicos a partir de las expresiones regulares:
 - Lex, Flex, PCLex
 - ANTLR
 - Etc.

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - ❑ V.g.: Lex

nombre.l
→

Lex

→
lex.yy.c

Fichero con expresiones regulares
Analizador léxico escrito en lenguaje C
 - ❑ lex.yy.c: contiene una función denominada “yylex()” que realiza las funciones del analizador léxico.
 - ❑ yylex(): simula el funcionamiento de un autómata finito determinista (AFD).

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - Generadores automáticos de código
 - Máquinas de optimización de código

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - ❑ Las gramáticas de contexto libre permiten generar “casi” todas las estructuras sintácticas de los lenguajes de programación.
 - ❑ Generadores:
 - YACC o Bison
 - LLGEN
 - CUP
 - ANTLR
 - Etc.

161

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - ❑ V.g.: YACC, Yet Another Compiler Compiler
- nombre.y → YACC → y.tab.c
- Fichero con una gramática de contexto libre
Analizador sintáctico escrito en lenguaje C
- ❑ y.tab.c: contiene una función denominada “yyparse()” que realiza las funciones de analizador sintáctico.
 - ❑ yyparse(): simula el funcionamiento de un autómata con pila.

162

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - Generadores automáticos de código
 - Máquinas de optimización de código

163

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - ❑ Suelen estar integrados en los analizadores sintácticos
 - ❑ Hay dos versiones que incorporan acciones semánticas de generación de código intermedio:
 - Definiciones basadas en la sintaxis
 - Esquemas de traducción
 - ❑ Al crear el árbol sintáctico, se ejecutan las acciones semánticas de generación de código intermedio

164

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - **Generadores automáticos de código**
 - Máquinas de optimización de código

165

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - **Generadores automáticos de código**
 - Se utilizan transformaciones basadas en reglas que tienen en cuenta:
 - Las características de las sentencias y operaciones del código intermedio
 - Las características de la máquina donde se va a ejecutar el código objeto: acceso a datos, operaciones básicas
 - Las reglas utilizan plantillas de conversión.

166

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - Generadores automáticos de analizadores léxicos
 - Generadores automáticos de analizadores sintácticos
 - Generadores automáticos de código intermedio
 - Generadores automáticos de código
 - **Máquinas de optimización de código**

167

• HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES

- ✓ Tipos de herramientas de generación automática:
 - **Máquinas de optimización de código**
 - Se utilizan dispositivos para el análisis del flujo de datos.
 - Se recoge información sobre la forma en que los valores se transmiten de una parte a otra del programa
 - Ejemplos:
 - Análisis de “uso siguiente” o de “vida”: se comprueba en qué lugares se usa una variable y, especialmente, cuándo no se va a utilizar más.
 - Si una variable es utilizada frecuentemente entonces es preferible almacenarla en un registro de máquina.
 - Etc.

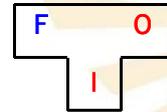
168

TEMA I.- INTRODUCCIÓN

- TRADUCCIÓN E INTEPRETACIÓN
- TIPOS DE TRADUCTORES
- PROGRAMAS RELACIONADOS CON LA TRADUCCIÓN
- ESTRUCTURA DE UN COMPILADOR: FASES Y PASOS
- HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COMPILADORES
- **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**

• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

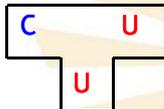
- ✓ La técnica de "bootstrapping" permite combinar compiladores ya creados para construir nuevos compiladores
- ✓ Los lenguajes que aparecen en el proceso de compilación son:
 - Lenguaje fuente (F)
 - Lenguaje de implementación (I): lenguaje en el que está escrito el compilador
 - Lenguaje objeto (O)
- ✓ El compilador se puede representar en forma de T



✓Nota: si el lenguaje es ejecutable, se indicará con color rojo 170

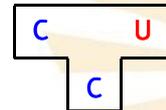
• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

- ✓ Ejemplo: compilador gcc
 - Lenguaje fuente: lenguaje C
 - Lenguaje de implementación: lenguaje máquina de Unix (U)
 - Lenguaje objeto: lenguaje máquina de Unix (U)



• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

- ✓ Si F = I entonces el compilador se denomina "autocompilador"
- ✓ Ejemplo:
 - Lenguaje fuente: Lenguaje C
 - Lenguaje de implementación: Lenguaje C
 - Lenguaje objeto: Lenguaje máquina de Unix (U)



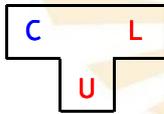
➢ Nota: habría que "compilar" este compilador para que se pueda ejecutar, porque el lenguaje de implementación no es ejecutable. 172

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: “BOOTSTRAPPING”**

✓ Si $I \neq O$ entonces el compilador se denomina “**compilador cruzado**”, porque se genera código para una máquina diferente a la que se ha compilado

✓ Ejemplo:

- Lenguaje fuente: Lenguaje C
- Lenguaje de implementación: Lenguaje máquina de Unix (U)
- Lenguaje objeto: Lenguaje máquina de Linux (L)

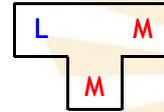


• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: “BOOTSTRAPPING”**

✓ Aplicación de la técnica de “bootstrapping”:

➢ Ejemplo 1: se pretende construir el siguiente compilador

- ❑ Lenguaje fuente: Lenguaje L de alto nivel
- ❑ Lenguaje de implementación: Lenguaje máquina (M)
- ❑ Lenguaje objeto: Lenguaje máquina (M)



➢ **Dificultad:** es muy difícil escribir un programa (compilador) directamente en código máquina

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: “BOOTSTRAPPING”**

✓ Aplicación de la técnica de “bootstrapping”:

➢ Ejemplo 1

- ❑ Paso 1: se construyen dos compiladores auxiliares

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: “BOOTSTRAPPING”**

✓ Aplicación de la técnica de “bootstrapping”:

➢ Ejemplo 1

- ❑ Paso 1: se construyen dos compiladores auxiliares

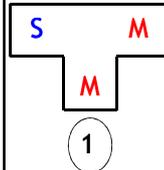
▪ Primer compilador

Lenguaje fuente: Lenguaje S, que es más simple que el lenguaje L de alto nivel (V.g: un subconjunto de L o ensamblador).

Lenguaje de implementación: Lenguaje máquina (M)

Lenguaje objeto: Lenguaje máquina (M)

Observación: este compilador se puede construir con más facilidad porque S es más simple que L.



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➤ Ejemplo 1

□ Paso 1: se construyen dos compiladores auxiliares

▪ Segundo compilador

Lenguaje fuente: Lenguaje L de alto nivel
 Lenguaje de implementación: Lenguaje S (que es más simple que el lenguaje L de alto nivel)
 Lenguaje objeto: lenguaje máquina (M)

177

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➤ Ejemplo 1

□ Paso 2: se compila el compilador 2 con el compilador 1, creándose el compilador final

178

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➤ Forma general: $A_1 B + I_M N = A_N B$

179

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**

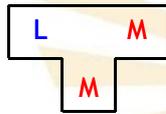
✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➤ Forma general: $A_1 B + I_M N = A_N B$

180

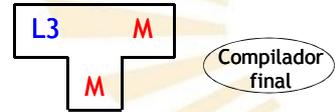
• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

- ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - Si se desea construir un compilador escrito en un lenguaje máquina *M* para un lenguaje de alto nivel *L*, entonces se utilizan subconjuntos del lenguaje inicial.



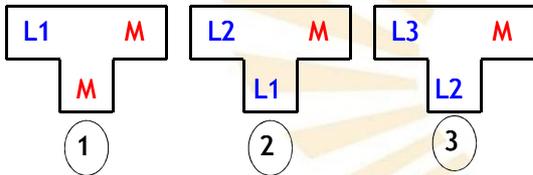
• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

- ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - Ejemplo 2
 - Sean tres lenguajes de programación: $L1 \subseteq L2 \subseteq L3$
 - Se pretende construir el siguiente compilador
 - Lenguaje fuente: Lenguaje *L3* de alto nivel
 - Lenguaje de implementación: Lenguaje máquina (*M*)
 - Lenguaje objeto: Lenguaje máquina (*M*)



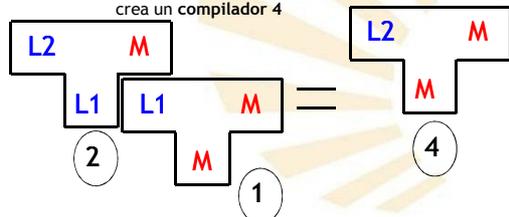
• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

- ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - Ejemplo 2:
 - Paso 1:
 - Se construyen los siguientes tres compiladores



• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

- ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - Ejemplo 2:
 - Paso 2:
 - Se compila el compilador 2 con el compilador 1: se crea un compilador 4



Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➢ Ejemplo 2

□ Paso 3:

- Se compila el compilador 3 con el compilador 4: se crea el compilador final

185

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➢ Ejemplo 3:

- Dado un compilador de un lenguaje L para una máquina M, se quiere construir otro compilador para otra máquina N
- Compilador original: $L_M M$
- Objetivo: $L_N N$

186

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➢ Ejemplo 3

□ Paso 1:

- Se construye el auto compilador $L_L N$
- Este compilador es más fácil de construir que el compilador $L_N N$

187

Procesadores de Lenguajes Tema I.- Introducción

• COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"

✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":

➢ Ejemplo 3

□ Paso 2:

- Se compila el compilador obtenido en el paso 1 con el compilador original: se genera el compilador cruzado $L_M N$

188

Procesadores de Lenguajes Tema I.-
Introducción

- **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**
 - ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - > Ejemplo 3
 - Paso 3:
 - Se compila el compilador obtenido en el paso 1 con el compilador obtenido en el paso 2, creándose el compilador final

189

Procesadores de Lenguajes Tema I.-
Introducción

- **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**
 - ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - > Resumen del ejemplo 3:
 - El compilador original y el compilador 1 se construyen directamente
 - El compilador 2 se construye a partir del original y el compilador 1
 - El compilador final se construye a partir de los compiladores 1 y 2

190

Procesadores de Lenguajes Tema I.-
Introducción

- **COMBINACIÓN DE COMPILADORES: "BOOTSTRAPPING"**
 - ✓ Aplicación de la técnica de "bootstrapping":
 - > Resumen del ejemplo 3:
 - El compilador original y el compilador 1 se construyen directamente
 - El compilador 2 se construye a partir del original y el compilador 1
 - El compilador final se construye a partir de los compiladores 1 y 2

191

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ANÁLISIS NUMÉRICO

PROCESADORES DE LENGUAJES
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
ESPECIALIDAD DE COMPUTACIÓN
TERCER CURSO
SEGUNDO CUATRIMESTRE