LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Equipo de Profesores:
Jorge Díaz Matte - José Luis Martí Lara – Rodrigo Salas Fuentes

Unidad 3

Tipos de Datos

3.1 Sistemas de Tipos de Datos

3.2 Tipos de Datos Ordinales o Simples

3.3 Arreglos y Strings

3.4 Registros y estructuras relacionadas

3.5 Colecciones

3.6 Tipo Puntero y Referencias

3.1 Sistemas de Tipos

Sistema de Tipos de Datos

DEFINICIÓN: Define la manera en que un lenguaje clasifica en tipos los valores y expresiones, y cómo interactúan estos tipos; además, permite la definición de nuevos tipos y determinar si éstos son correctamente usados (mediante ciertas reglas).

- Ventajas: permite verificar el uso correcto del lenguaje y detectar errores de tipos, tanto en tiempo de compilación o ejecución. Ayuda a modularizar (ej.: bibliotecas y paquetes).
- Desventajas: sistema muy estricto puede rechazar programas correctos. Para mitigar esto, se introducen “lagunas” y conversiones explícitas no verificadas.

Tipos de Datos

DEFINICIÓN: Define conjunto de valores de datos y conjunto de operaciones predefinidas sobre los objetos de datos.

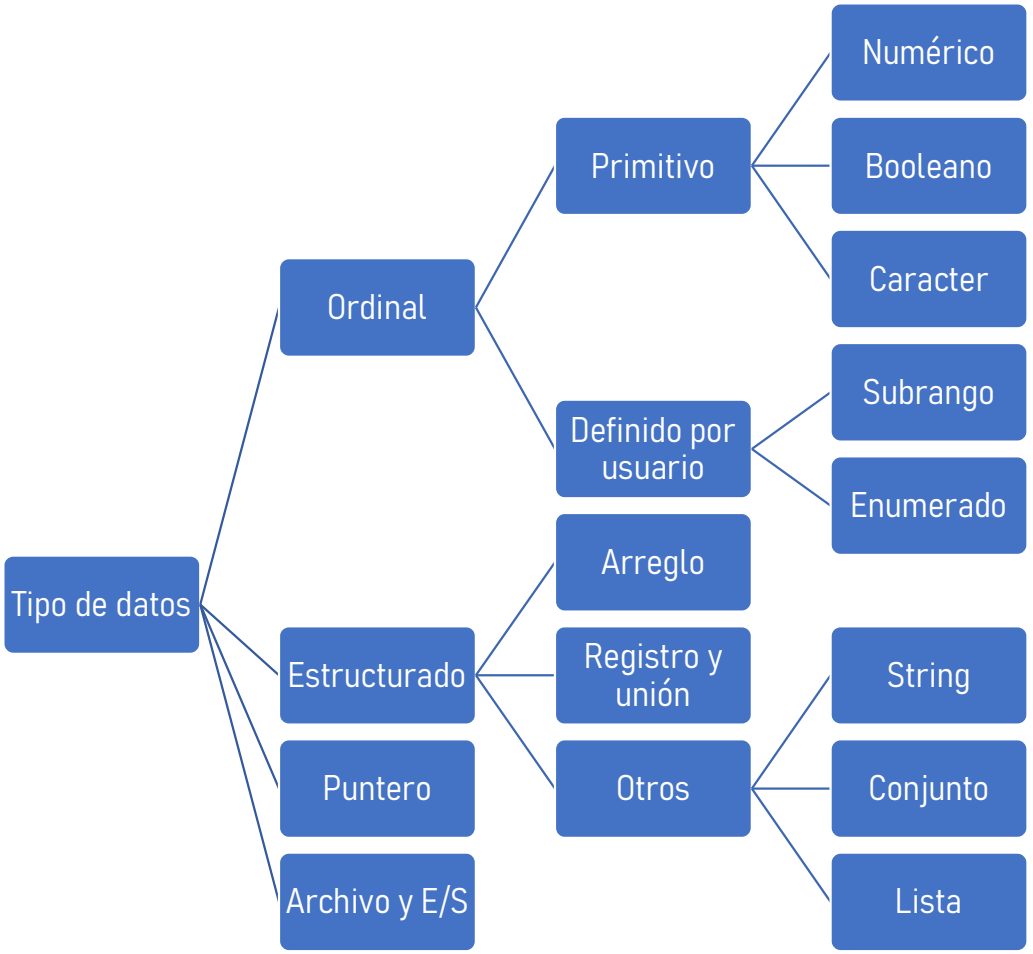
- Disponibilidad de gran número de tipos de datos ayuda a calzar los objetos de datos con un determinado problema.
- Los lenguajes de programación proveen un conjunto de tipos primitivos y mecanismos o constructos que permiten definir nuevos tipos orientados a resolver un problema específico.

Tipos de Datos

Ejemplos:

- Primitivos (ej.: enteros, punto flotante y caracteres)
- Estructuras de datos (ej.: arreglos y registros)
- Tipos definidos por usuario (más legible y seguro)
- Tipos de datos abstractos (modulariza datos y código)

Taxonomía de Tipos de Datos



Conceptos básicos

DEFINICIONES:

- Chequeo o Verificación de tipo: asegurar que los operandos de un operador son de tipos compatibles.
- Tipo compatible: es un tipo legal, o que mediante reglas del lenguaje puede ser convertido en uno legal.
- Conversión de tipos: se denomina coerción a la conversión automática y casting a la conversión definida por el programador.
- Error de tipo: la aplicación de un operador a un tipo inapropiado.

Equivalencia de Tipos

DEFINICIÓN: Se dice que dos tipos son equivalentes, si un operando de un tipo en una expresión puede ser sustituido por otro tipo sin necesidad de coerción.

- Reglas de compatibilidad de tipos del lenguaje determinan los operandos aceptables para cada operador.
- Se dice compatible, porque en tiempo de compilación o ejecución los tipos de los operandos pueden ser implícitamente convertidos (coerción) para ser aceptable por el operador.
- Equivalencia es una forma más estricta de compatibilidad, pues no requiere coerción.
- La compatibilidad en escalares son simples, sin embargo para tipos estructurados las reglas son más complejas.

Compatibilidad de Tipos en Estructuras

Equivalencia de tipo nominal

- Las variables están en la misma declaración o en declaraciones que usan el mismo nombre de tipo.
- Fácil implementación, pero muy restrictivo.

Equivalencia de tipo estructural

- Si los tipos tienen una estructura idéntica, pero pueden tener diferente nombre.
- Más flexible, pero de difícil implementación.

Compatibilidad de Tipos en Estructuras

Ejemplos en Pascal:

```
TYPE
        mes_t = 1..12;
VAR
        indice : mes_t;
        contador: integer;

=======================================================

TYPE
        celsius = real;
        fahrenheit = real;

{otro ejemplo}

TYPE
        tipo1 = ARRAY [1..10] OF integer;
        tipo2 = ARRAY [1..10] OF integer; {tipo1 <> tipo2}
        tipo3 = tipo2; {equivalencia declarativa}
```

Compatibilidad de Tipos en Estructuras

Ejemplo en C:

```
struct s1 {int c1; real c2 };
struct s2 {int c1; real c2 };

s1 x;
s2 y = x;  /* error de compatibilidad */

=====================================================

typedef char* pchar; /* define nombre, no nuevo tipo */
pchar      p1, p2;

char* p3 = p1;
```

Taxonomía de los Tipos de Datos: Tipificación

DEFINICIÓN: se pueden adoptar diferentes decisiones de diseño para el sistema de tipos de un lenguaje, que impactan en la eficiencia de ejecución, la rapidez de programación, la confiabilidad y seguridad, entre otros. La tipificación de los datos se puede clasificar en:

- Estática o dinámica,
- Explícita o implícita,
- Fuerte o débil.

Estos criterios de clasificación no son ortogonales entre sí y normalmente están fuertemente acoplados.

Tipificación Estática vs. Dinámica

DEFINICIÓN: los sistemas de tipos de datos se pueden clasificar según el momento en que se realiza el chequeo de tipos:

- Tipificación estática: se determina el tipo de todas las variables y expresiones antes de la ejecución, y luego permanece fijo. Los tipos pueden ser determinados explícitamente (declarados) o inferidos mediante reglas (ej.: C). Aplica sólo si todos los tipos son ligados estáticamente.
- Tipificación dinámica: se determina el tipo durante la ejecución, y normalmente éste es inferido. Tipos asociados a una misma variable pueden variar según valor asignado. Errores sólo pueden ser detectados durante la ejecución del programa (ej.: Scheme y Python).

Tipificación Explícita vs. Implícita

DEFINICIÓN: dependiendo del grado de exigencia para definir los tipos asociados a todos los objetos de datos, es posible clasificar los sistemas de tipos como:

- Tipificación explícita: todos los tipos de datos asociados a variables y otros elementos del programas deben ser necesariamente declarados y estar bien definidos. Es muy deseable para una tipificación estática.
- Tipificación implícita: tipos de datos no se declaran y se infieren a través de reglas tales como nombre de variables o tipos de datos en expresiones.

Tipificación Fuerte vs. Débil (1)

DEFINICIÓN: sistemas de tipos se pueden clasificar según lo grado de exigencia impuesto en la verificación para detectar potenciales errores de tipos.

- Tipificación fuerte: siempre detecta errores de tipo (estática o dinámicamente). Establece restricciones fuertes sobre cómo operaciones aceptan valores de diferentes tipos de datos, e impiden la ejecución si tipos son erróneos. Promueve tipificación estática y explícita.
- Tipificación débil: se realizan implícitamente conversiones que permiten relajar restricciones, generando más flexibilidad y agilidad, pero podrían generarse errores no detectados.

Tipificación Fuerte vs. Débil (2): la primera con…

Tipificación estática:

- Eficiencia de ejecución: permite al compilador asignar memoria y generar código que manipule los datos eficientemente.
- Seguridad y confiabilidad: permite detectar mayor número de errores, y por lo tanto reducir errores de ejecución. También permite verificar mejor compatibilidad de interfaces en la integración de módulos/componentes de programa.

Tipificación explícita:

- Legibilidad: se mejora, al documentar bien los tipos usados en el programa.
- Ambigüedad: permite eliminar ambigüedades que podrían surgir en el proceso de traducción.

Tipificación Fuerte vs. Débil (3):

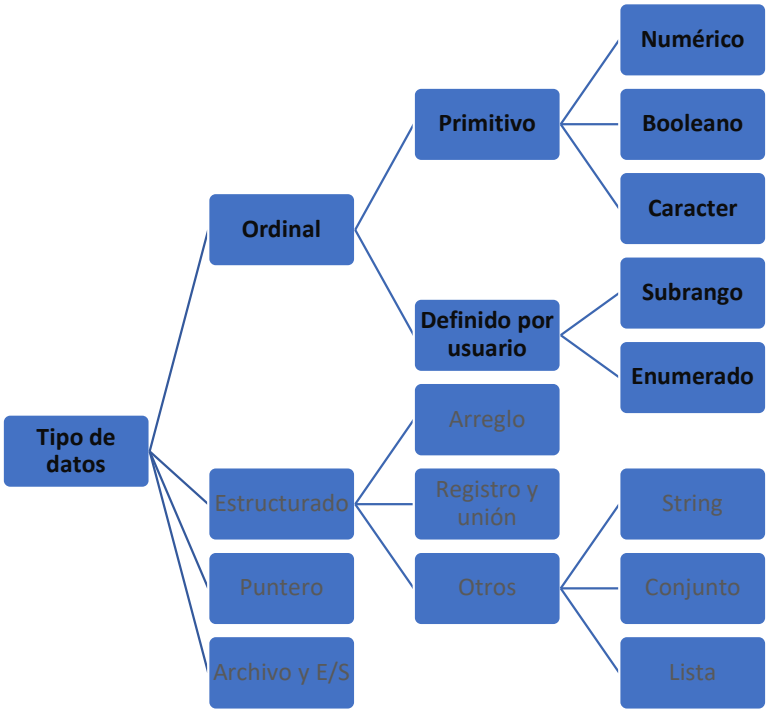
Críticas a la tipificación fuerte:

- Fuerza a los programadores a una disciplina rígida de programación, reduciendo facilidad de escritura de código y diseñar buenos programas.
- Aumenta el esfuerzo de programación al tener que cumplir con las exigencias del lenguaje, entregando mayor información de tipos.
- Hace más difícil el aprendizaje y la legibilidad debido a la mayor complejidad del lenguaje.
- Lenguajes modernos permiten una mayor flexibilidad en la tipificación estática y combinan -en la medida que sea seguro-, algún tipo de tipificación dinámica e implícita.

Resumen

Un sistema de tipos de datos consiste en:

1. Conjunto de tipos primitivos y operadores predefinidos.
2. Mecanismo para definir y construir nuevos tipos y posibles operadores (por el usuario, estructurados o abstractos).
3. Conjunto de reglas para establecer equivalencia, compatibilidad e inferencia de tipos, con un mecanismo de conversión de tipos.
4. Un sistema de chequeo de tipos que puede ser estático o dinámico, o una combinación de ambos.



3.2 Tipos de Datos Ordinales o Simples

Tipo Ordinal o simple

DEFINICIÓN: Un tipo ordinal es aquel que puede ser asociado a un número natural (conjunto ordenado). Incluye tipos primitivos y tipos definidos por el usuario.

- Tipos primitivos: no están basados en otro tipo del lenguaje.
  - Numérico (entero, decimal, punto fijo, punto flotante)
  - Caracter
  - Booleano
- Tipos definidos por el usuario: típicamente basados en tipos primitivos.
  - Enumerado
  - Subrango

Tipos Primitivos (1)

DEFINICIÓN: Corresponden a tipos de datos que no están definidos en términos de otros tipos de datos. Muchos de estos tipos se soportan directamente por el hardware.

- Numérico:
  - Entero (ej.: C y Java permite diferentes tipos de enteros: *signed*, *unsigned*, *short*, *long*)
  - Punto flotante (ej.: C y Java permite *float* y *double*)
  - Decimal (típicamente 4 bits por dígito decimal)
- Booleano:
  - Mejora legibilidad. Típicamente ocupa un byte (ej.: Java)

Tipos Primitivos (2)

- Caracter:
  - Tamaño de un byte; típicamente código ASCII (ej.: ISO 8859)
  - Tamaño variable (UTF-8 hasta 6 Bytes)
  - Unicode con 16b (UTF-16) usado en Java, o 32b (UTF-32)

Tipos Primitivos: Representación de Números (1)

CARACTERÍSTICAS:

- Conjunto finito y una aproximación al concepto matemático.
- Rango de representación y precisión depende del largo del registro.
- Soporte directo del hardware para varios tipos básicos.

Tipos Primitivos: Representación de Números (2)

TIPOS:

- Números enteros (ej.: representación C-2, C-1).
- Números de punto flotante: representa una aproximación a números reales (ej.: estándar IEEE 754).
- Decimal: Típicamente para aplicaciones de negocios (ej.: COBOL usa 4 bits en código BCD). Es más preciso para manipular números en base 10, pero ocupa más memoria.
- Complejo. Algunos lenguajes lo soportan y lo representan como dos números de punto flotante (ej.: Python y Scheme).

Tipos Primitivos: Representación de Números (3)

Estándar IEEE 754: representa un número de punto flotante en precisión simple (32b) y precisión doble (64b).

- Precisión simple: 1b de signo (*s*), 8b de exponente (*e*) y 23b de mantisa (*m*).
  - Representación: $(-1)^{s} \times 1.m \times 2^{e-127}$
  - Rango aproximado de +/- 10^{38} con precisión de 10^{-38}.
- Precisión doble: 1b de signo (*s*), 11b de exponente (*e*) y 52b de mantisa (*m*).
  - Representación: $(-1)^{s} \times 1.m \times 2^{e-1024}$
  - Rango aproximado de +/- 10^{308} con precisión de 10^{-308}.

Tipos Primitivos: Representación del Tipo Caracter

DEFINICIÓN: Usado para facilitar la comunicación de datos. Un sistema de caracteres define un conjunto de caracteres y un sistema de codificación para cada elemento, usando patrones de bits o bytes (códigos).

- Estándares más conocidos:
  - ASCII: 7 bits con subconjunto de control (32) e imprimibles (96).
  - EBCDIC: Códigos de 8 bits definido por IBM.
  - UTF-8: Códigos de largo variable de bytes, compatible con ASCII y puede representar cualquier caracter de Unicode.
  - UTF-16: Largo de 2B o 4B, superconjunto de UCS-2 (2B usada en Python y hasta Java 1.4)
- Lenguajes usan caracteres de escape (ej.: \") para representar caracteres sin afectar la sintaxis del lenguaje.

Tipos Definidos por el Usuario (1): Subrango

DEFINICIÓN: Subsecuencia contigua de un tipo ordinal ya definido (ej.: 1..12).

- Características:
- Introducido por Pascal y usado en Modula-2 y ADA.
- Mejora lectura y fiabilidad.
- Se implementan en base a tipo entero.

- Ejemplo: Pascal

```
TYPE
mayúscula = ´A´..´Z´;
indice = LUNES .. VIERNES;
```

Tipos Definidos por el Usuario (2): Enumerado

DEFINICIÓN: Tipo donde se enumeran (exhaustivamente) todos los posibles valores a través de constantes literales. Enumeración establece una relación de orden.

- Características:
- Existe relación de orden permite definir operadores relacionales, predecesor y sucesor.
- Mejoran facilidad de lectura y fiabilidad.
- Se implementan normalmente mapeando los constantes según su posición a un subrango de enteros.
- Normalmente no se usan en E/S.

Tipos Definidos por el Usuario (3): Enumerado

Ejemplos en C y C++

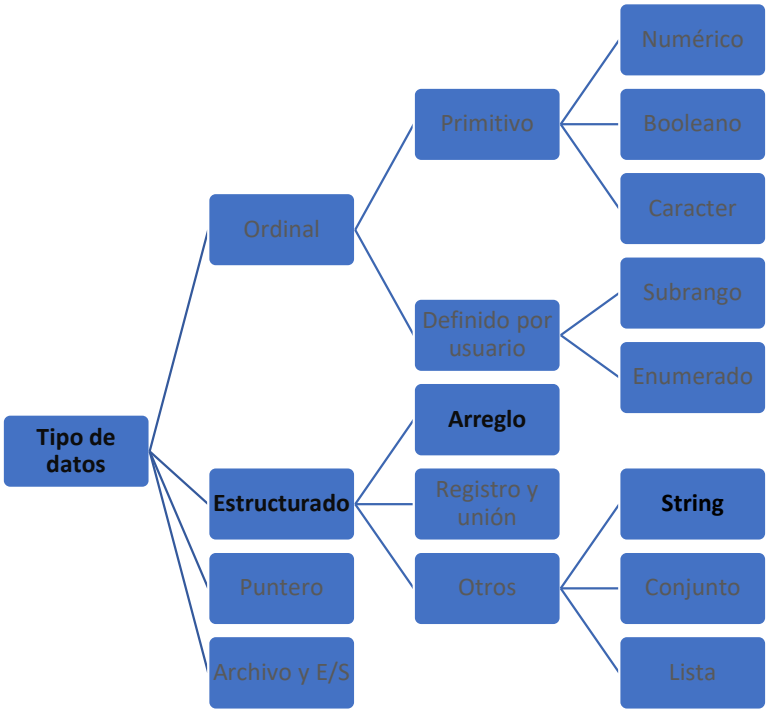
Sintaxis:

<enum-type> ::= **enum** [<identifier>] { <enum-list> }
<enum-list> ::= <enumerador> | <enum-list> , <enumerador>
<enumerador> ::= <identificador> | <identificador> = <constant-exp>

Código:

```
enum color {rojo, amarillo, verde=20, azul};
color col = rojo;
color* cp = &col;

if (*cp == azul) // ...
```



3.3 Arreglos y Strings

Tipo Arreglo

DEFINICIÓN: Es un tipo estructurado consistente en un conjunto homogéneo y ordenado de elementos que se identifican por su posición relativa mediante un índice.

- Existe un tipo asociado a los elementos y otro al índice.

Tipo Arreglo: índices

DEFINICIÓN: Definen un mapeo desde el conjunto de índices al conjunto de elementos del arreglo.

Sintaxis:

- FORTRAN y ADA: usan paréntesis.
- Pascal, C, C++, Modula-2 y Java: usan corchetes.

Tipo Arreglo: índices

Tipo de datos del índice:

- C, C++, Java y Perl: sólo enteros.
- ADA, PASCAL: enteros y enumerados.

Prueba de rango de índice:

- C, C++, Perl: sin prueba de rango.
- Ada, Pascal, Java, C#: con prueba de rango.

Tipo Arreglo: ligado (1)

Arreglo Estático: el rango de índice y la memoria son ligados antes de la ejecución (siendo ésta más eficiente).

- Ejemplo: único tipo en lenguajes antiguos, como Fortran77.

Tipo Arreglo: ligado (2)

Arreglo Dinámico Fijo de Stack: el rango de índice es ligado estáticamente, pero la memoria se asigna dinámicamente (uso más eficiente de la memoria).

- Ejemplo: arreglos definidos dentro de un procedimiento o función en Pascal y C (sin *static*).

Arreglo Dinámico de Stack: el rango de índice y la memoria son ligados dinámicamente, permaneciendo fijos durante tiempo de vida de la variable (más flexible que anterior).

- Ejemplo: ADA y algunas implementaciones de C y C++.

Tipo Arreglo: ligado (3)

Arreglo Fijo de Heap: similar a dinámico de *stack*, donde el tamaño puede variar, pero permanece fijo una vez asignada la memoria (la mayor flexibilidad).

- Ejemplo: C con *malloc()*.

Arreglo Dinámico de Heap: el tamaño puede variar durante su tiempo de vida (la mayor flexibilidad).

- Ejemplo: PERL y Python.

Tipo Arreglo: ligado (4)

- Ejemplo: Arreglo Dinámico de *Stack* en C:

```
void foo(int n) {
        int a[n];

        for (int i=0; i<n; i++) {
                                ...
        }
        ...
}
```

- Ejemplo: Arreglos de *Heap*

C:

```
char *str, *s, *t;
 ...
str = malloc(strlen(s) + strlen(t)+1);
strcat(strcpy(str, s), t);
```

PERL:

```
@a = split (" ", $text);
```

Tipo Arreglo: inicialización

- Fortran

```
INTEGER MES(12);
DATA MES /31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31/
```

- ANSI C y C++

```
char *mensaje = "Hola mundo\n";
char *dias[] = {"lu", "ma", "mi", "ju", "vi", "sa", "do"};
```

- Java

```
int[] unArreglo = {100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000};
String[] nombres = {"Pedro", "Maria", "Jose"};
```

- Pascal y Modula-2 no lo permiten

Tipo Arreglo: multidimensionales

- Fortran IV: primera versión de Fortran que permite declarar hasta 7 dimensiones.

- Pascal: Permite sólo dos dimensiones

```
TYPE
      matriz = ARRAY [subindice, subindice] OF
real;
```

- C y C++:

```
real matriz [DIM1][DIM2];
```

Tipo Arreglo: operadores

- APL: provee varios operadores (soporte de vectores y matrices con operadores).
- ADA: permite la asignación.
- Pascal, C y Java: no tienen soporte especial (sólo selector con subíndice [ ]).
- C++: permite definir una clase arreglo por el usuario y operadores tales como subíndice, asignación, inicialización, etc.
- Python: soporta arreglos mediante listas y provee varios operadores (ej.: pertenencia, concatenación, subrango).

Tipo Arreglo: implementación

- Un arreglo es una abstracción del lenguaje, y debe ser mapeado a la memoria como un arreglo unidimensional de celdas (arreglo de bytes).
- Ejemplo: dirección de lista[k]

```
dir(lista[0]) + (k)*tamaño
dir(lista[bajo]) + (k-bajo)*tamaño
```

- Arreglos bidimensionales se almacenan como fila de columnas, o viceversa.

Tipo String (1)

DEFINICIÓN: corresponde a una secuencia de caracteres usado para procesamiento de texto y para E/S. Típicamente implementado en base a un arreglo de caracteres.

Aspectos de diseño:

- ¿Es un tipo propio del lenguaje o un arreglo de caracteres?
- ¿El largo es estático o dinámico (memoria)?

Tipo String (2)

Operaciones típicas:

- Asignación, copia y concatenación
- Largo y comparación
- Referencia a *substring*
- Reconocimiento de patrón

Tipo String (3)

Ejemplo: C

```
char str[20];

…
if (strcmp(str, "Hola")){
        …
else {
      …
}
```

Ejemplo: Java

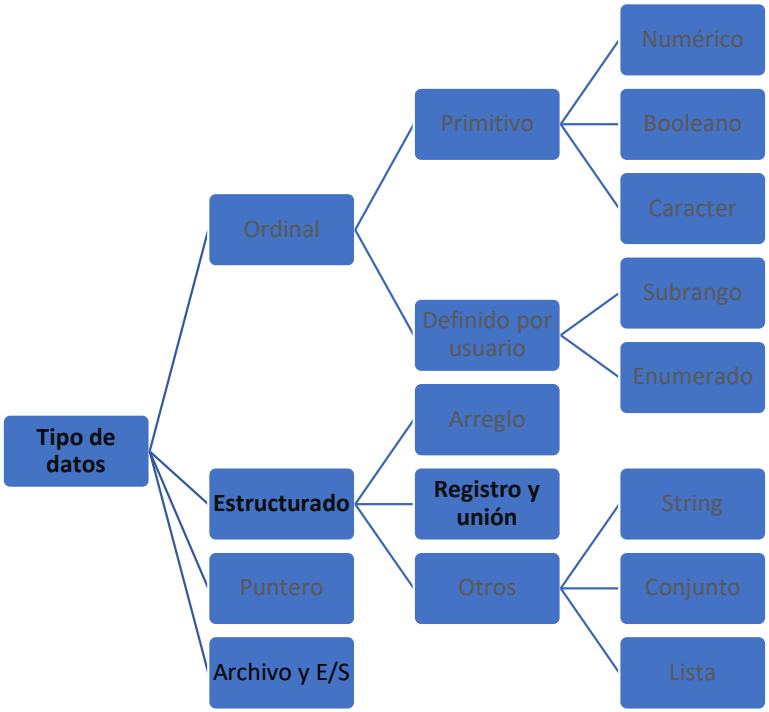
```
"Este es un String"                              // literal
String palindrome = "reconocer";                 // referencia String
char[] ArregloHola = { 'h', 'o', 'l', 'a'};      // arreglo
String StringHola = new String(ArregloHola);
```

Tipo String (4): largo

Diseño de string considera:

- Largo estático: Fortran77, Pascal y Java.
- Largo dinámico limitado: C y C++ (se usa carácter especial de término).
- Largo dinámico: JavaScript, Python y Perl (es el más flexible, pero es más costoso de implementar y ejecutar)

ADA soporta los tres tipos.



3.4 Registros y Estructuras relacionadas

Tipo Registro

DEFINICIÓN: conjunto posiblemente heterogéneo de elementos de datos, donde cada elemento individual (denominado campo o miembro) es identificado con un nombre. Útil para procesamiento de datos en archivos.

Estilos:

- Cobol usa: <campo> OF <nombre_registro>
- Otros (Pascal, Ada, C, Java, ...): var.campo

Operaciones:

- Típicamente sólo asignación.

Tipo Registro: ejemplos

COBOL: el tipo registro fue introducido por COBOL, que forma parte de la DATA DIVISION del programa; usa números de nivel para definir una jerarquía estructurada del registro.

```
01 EMP-REC.
    02 EMP-NAME.
        05 FIRST PIC X(20).
        05 MID   PIC X(10).
        05 LAST  PIC X(20).
    02 HOURLY-RATE PICTURE IS 99V99.
```

Tipo Registro: ejemplos

ADA: se define anidamiento mediante varias estructuras.

```
type Emp_Name_Type is record
        primer: String (1..20);
        paterno: String (1..10);
        materno: String (1..20);
end record;

type Emp_Rec_Type is record
        nombre: Emp_Name_Type;
        sueldo: Float;
end record;

Emp_Rec: Emp_Rec_Type;
```

Tipo Registro: ejemplos

Pascal:

```
TYPE empleado_t = RECORD
                    nombre : RECORD
                               primer:  PACKED ARRAY [1.10] OF char;
                               paterno: PACKED ARRAY [1.10] OF char;
                               materno: PACKED ARRAY [1.10] OF char;
                             END {nombre};
                    sueldo  : real
                  END;
```

```
VAR empleado1 : empleado_t;
BEGIN
  ...
  empleado1.sueldo := 550000.00;
  ...
END.
```

Tipo Registro: ejemplos

C, C++:

```
typedef struct {
                    struct {
                            char primer[10];
                            char paterno[10];
                            char materno[10];
                    } nombre;
                   float sueldo;
} empleado_t;
```

```
empleado_t  empleado1;
empleado1.sueldo = 550000.00;
strcpy(empleado.nombre.primer, “Juan”);
```

Referencias Elípticas

- Algunos lenguajes sólo permiten referencias de calificación completa (C y C++).
- Otros permiten referencias elípticas, una forma más conveniente de programar (Pascal, Cobol y PL/I).
- Ejemplo: Pascal

```
empleado.nombre.primer  := 'Juan';
empleado.nombre.paterno := 'Perez';
empleado.nombre.materno := 'Machuca';
```

```
WITH empleado.nombre DO
  BEGIN
    primer  := 'Juan';
    paterno := 'Perez';
    materno := 'Machuca';
  END
```

Tipo Union

DEFINICIÓN: tipo que permite almacenar diferentes tipos de datos en diferentes tiempos en una misma variable. Permite ahorrar memoria.

Alternativas de diseño:

- ¿Se debe declarar como parte de un registro?
- ¿Se permite prueba (dinámica) de tipo?
- ¿Requiere uso de un discriminador o marca de tipo?
- ¿Se les puede incrustar en un registro?

Lenguajes que lo soportan:

- Fortran, Ada, C y C++.

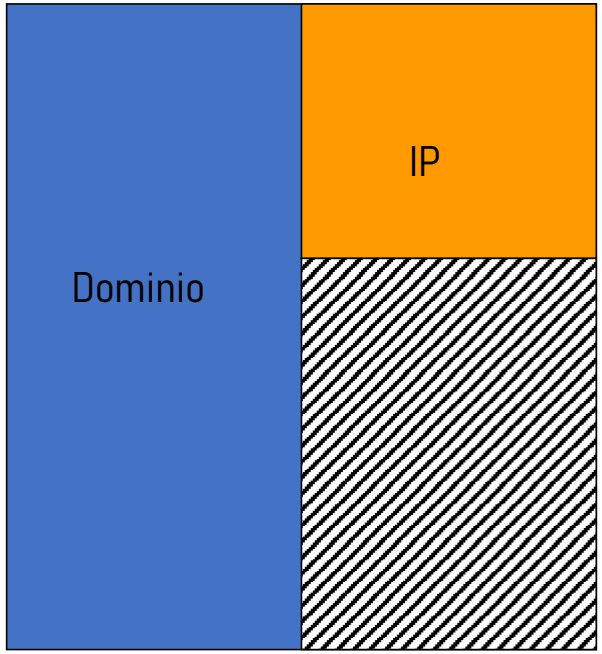
Tipo Union: comentarios

- Reserva espacio de memoria igual al mayor miembro definido.
- Todos los miembros comparten la memoria y comienzan desde la misma dirección.
- Su uso es en general poco seguro, lo que hace que muchos lenguajes no sean de tipificación fuerte.
- Java y C# no provee este tipo de estructura por ser inseguras.

Tipo Union: ejemplos

C y C++:

```
union dirección
{
   char dominio[20];
   int IP[4];
};
```



Tipo Union: ejemplos

```
typedef enum {CARTESIANO, POLAR} coordenada_t;
struct complejo_t {
                coordenada_t  tipo_coord;  // discriminadores
                union {
                        struct{real rad,ang;} p;
                        struct{real x,y;} c;
                } tag;
        } u,v;

#define polar tag.p
#define cartesiano tag.c

if (u.tipo_coord == POLAR) {
            u.tag.p.ang = PI/2;       // más engorroso
            u.polar.rad = 34.7;       // mejor lectura
}
```

Tipo Union: ejemplos

ADA:

```
type Colors is (Red, Green, Blue);

type Figure (Form: Shape) is record
        Filled: Boolean;
        Color: Colors;
        case Form is
                when Circle => Diameter: Float;
                when Triangle =>
                        Leftside, Rightside: Integer;
                        Angle: Float;
                when Rectangle => Side1, Side2: Integer;
        end case;
end record;
```

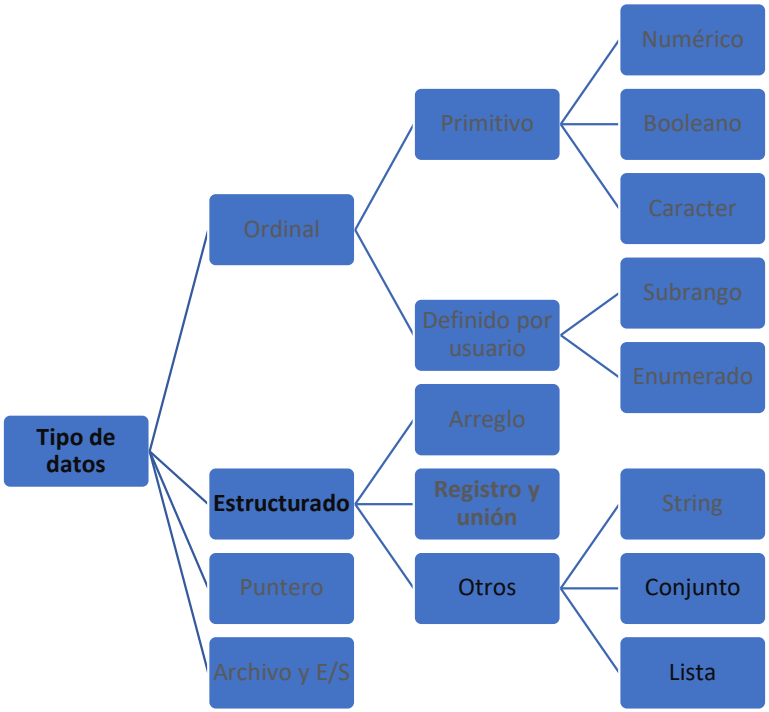
Tipo Archivo

DEFINICIÓN: tipo especial que facilita la comunicación de un programa con el mundo externo (E/S), que es uno de los aspectos más difíciles, pero necesario, en el diseño de los lenguajes. Permite leer datos que existen antes de la ejecución del programa y escribir datos que persisten.

Tipos:

- Persistente vs. Temporal.
- Método de acceso (secuencial, directo, indexado, etc.)
- Estructurado (secuencia de bit o bytes, o reconoce tipos de datos estructurados).

Un caso especial: C en realidad no tiene E/S como parte del lenguaje, sino bibliotecas con funciones que lo realizan.



3.5 Colecciones

Colecciones

DEFINICIÓN: lenguajes modernos incluyen tipos de datos que agrupan conjunto de elementos (que pueden ser de diferentes tipos), con operadores para construirlos y acceder a sus elementos.

Tipos de colecciones:

- Ordenadas: los elementos tienen definida una relación de orden (lineal) en base a la posición:
  - Arreglos, vectores, listas y tuplas.
  - Stacks y colas.
- No Ordenadas: no existe un ordenamiento de los elementos.
  - Conjuntos.
  - Arreglos asociativos, tablas de *hash* o diccionarios.

Colecciones: comentarios

- Lenguajes de scripting modernos (ej.: Python) proveen tipos de colecciones más flexibles, tales como:
  - Secuencias (string, tupla, listas, etc.)
  - Conjuntos
  - Diccionarios

- En estos casos, el lenguaje de programación es flexible en el uso de tipos de datos para los elementos de datos que conforman las estructuras (además, éstos pueden ser de diferentes tipos).

Tipo Conjunto

DEFINICIÓN: permite almacenar un conjunto no ordenado de elementos de datos.

- Caso Pascal y Modula-2: define un tipo base (el tamaño es dependiente de la implementación y ésta se realiza mediante arreglo de bits); no permite manejar eficientemente conjuntos grandes.
- Caso Python: corresponde a una implementación más flexible, que no requiere definir tipo base pero que ocupa más memoria. Los elementos pueden ser de diferentes tipos.

Tipo Conjunto: ejemplos (1)

Operadores:
[…], +, *, -, [ ] (conjuntos)
>=, <= (relacionales)
IN (inclusión)

Pascal:

```
TYPE     caracter = SET OF char;
VAR      vocal, letras, no_vocal: caracter;
         c : char;
BEGIN
  vocal := ['A', 'E', 'I', 'O', 'U'] + ['a', 'e', 'i', 'o', 'u'];
  letras := ['A'..'Z'] + ['a'..'z'];
  no_vocal := letras – vocal;
  IF (c IN vocal) THEN
  …
```

Tipo Conjunto: ejemplos (2)

Python:

```
>>> A = {1, 2, 3, 4, 5}
>>> B = { 4, 5, 6, 7, 8, 9}
>>> 0 in A
False
>>> 4 in A
True
>>> A | B
{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
```

```
>>> A & B
{4, 5}
>>> A - B
{1, 2, 3}
>>> A ^ B
{1, 2, 3, 6, 7, 8, 9}
```

Operadores:
in (∈)
| (∪)
& (∩)
-
^ (exclusión mutua)

Tipo Conjunto: ejemplos (3)

Scheme: es un derivado de LISP, un lenguaje funcional basado fundamentalmente en listas.

- En principio, todo es una lista, y las funciones son listas (con notación polaca prefija).
- Ejemplos:

```
'(a ((a b) c) d (e f))
(car (quote (a b c d)))
(eqv? ((1 2) (cons 1 (2)))
```

Tipo Conjunto: ejemplos (4)

Java: ejemplo de implementación de una cola

```
import java.util.LinkedList

Queue queue1 = new LinkedList();

queue1.add("elemento 1");
queue1.add("elemento 2");
queue1.add("elemento 3");

Object firstElement = queue1.element();
Object firstElement = queue1.remove();
```

Tipo Arreglo Asociativo

DEFINICIÓN: conjunto no ordenado de elementos de datos que son indexados por un igual número de valores llamadas “claves”.

Aspectos de diseño:

- ¿Cómo se referencian los elementos?.
- ¿Es el tamaño estático o dinámico?.

Lenguajes que lo soportan:

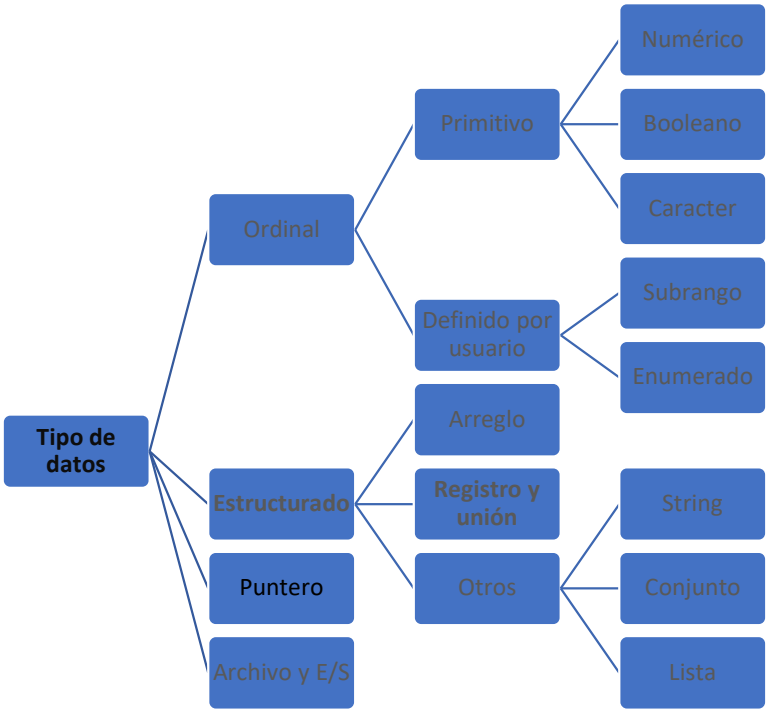
- Perl, Python y Ruby.
- Java no lo tiene como tipo del lenguaje, pero sí lo soporta mediante bibliotecas (*package*).

Tipo Arreglo Asociativo

Ejemplo: Python

```
>>> tel = {'Pedro':123453, 'Maria':234534, 'Juan':453345, 'Ana':645342}
>>> tel
{'Juan': 453345, 'Pedro': 123453, 'Ana': 645342, 'Maria': 234534}
>>> tel['Juan']
453345
>>> list(tel.keys())
['Juan', 'Pedro', 'Ana', 'Maria']
>>> sorted(tel.keys())
['Ana', 'Juan', 'Maria', 'Pedro']
```

```
>>> 'Pedro' in tel
True
>>> 'Catalina' in tel
False
>>> del tel['Maria']
>>> tel
{'Juan': 453345, 'Pedro': 123453, 'Ana': 645342}
```



3.6 Punteros y Referencias

Tipo Puntero

DEFINICIÓN: su valor corresponde a una dirección de memoria, habiendo un valor especial nulo que no apunta a nada.

- Estrictamente *no* corresponde a un tipo estructurado, aun cuando se definen en base a un operador de tipo.

Aplicaciones:

- Método de gestión dinámica de memoria: permite mediante variable el acceso a la memoria dinámica de *heap*.
- Método de direccionamiento indirecto: útil para diseñar estructuras (ej.: Listas, árboles o grafos).

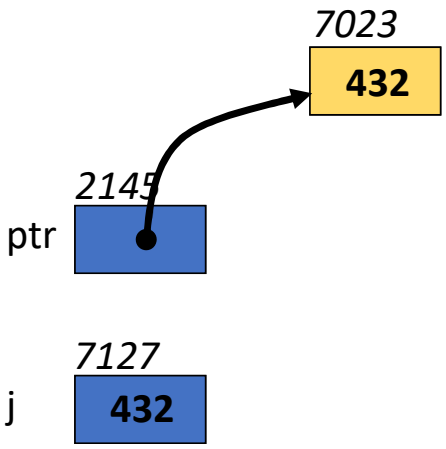
Tipo Puntero: Operaciones

CLASES DE OPERADORES:

- Asignación: asigna como valor a una variable la dirección a algún objeto de memoria del programa.
- Desreferenciación: entrega el valor almacenado en el objeto apuntado. Puede ser explícito o implícito.

Ejemplo en C:

```
int *ptr, j;
ptr = (int*) malloc(sizeof(int));
*ptr = 432;
j = *ptr;
```



Tipo Puntero: C y C++

CARACTERÍSTICAS: extremadamente flexibles, a ser usados con cuidado.

- Son usados para la gestión dinámica de la memoria (*heap*) y para direccionamiento.
- Son un reflejo de la programación de sistemas en el origen de C.
- Se usa desreferenciación explícita (*) y un operador para obtener dirección de una variable (&).
- Definen un tipo de datos al que apunta un puntero.
  - void* puede apuntar a cualquier tipo!
- Soporta una aritmética de punteros basada en el tipo de datos del puntero.

Tipo Puntero: C y C++

```
struct nodo_t {
   tipodato      info;
   struct nodo_t *siguiente;
};
typedef nodo_t* enlace_t;

enlace_t nodo;
```

```
#ifndef C++
nodo = (enlace_t) malloc(sizeof(nodo_t));
#elif
nodo = new nodo_t;   /* caso C++ */
#endif
(*nodo).info = dato;

/* forma más conveniente de referirse es */
nodo->siguiente = NULL;
```

Tipo Puntero: C y C++

- En C y C++ un arreglo es, en realidad, una constante de tipo puntero, que direcciona a la base del arreglo y que permite el uso de la aritmética de punteros. Ejemplo:

```
int a[10];
int *pa;

pa = &a[0];
pa = a;                          /* hace lo mismo que la línea anterior */

for (int i=0; i<10; i++)         /* los tres for hacen lo mismo */
    printf(a[i]);

for (int i=0; i<10; i++)         /* los tres for hacen lo mismo */
    printf(*(pa+i));

for (int i=0; i<10; i++)         /* los tres for hacen lo mismo */
    printf(*(a+i));}
```

Tipo Puntero: C

Administrador de memoria simple,
que maneja un stack en memoria estática

- Aritmética de Punteros. Ejemplo:

```
#define ALLOCSIZE 1000                  /* tamaño del buffer*/
static char allocbuf[ALLOCSIZE];        /*... el buffer*/
static char* allocp = allocbuf;         /* primera posición libre*/

char *alloc(int n) {                    /* retorna puntero a "n" caracteres*/
  if (allocbuf + ALLOCSIZE – allocp >= n) {   /*si cabe*/
      allocp += n;
      return allocp – n;                /* antigua direccion*/
  } else return 0;
}

void afree (char *p) {
  if (p >= allocbuf && p < allocbuf + ALLOCSIZE)
     allocp = p;
}
```

Tipo Referencia

DEFINICIÓN: es un tipo de variable que realiza desreferenciación implícita en la asignación, haciéndola más segura en su uso.

Ejemplos de Referencias:

- C++: después de su inicialización, las referencias permanecen constantes. Son útiles para usar parámetros pasados por referencia en funciones.
- Java: extiende el concepto de C++, haciendo que referencias se hagan sobre objetos, en vez de ser direcciones, eliminando los punteros.
- C#: permite el uso de referencias al estilo Java y punteros como C++.

Tipo Referencia: C++

Características:

- Variable de referencia se inicializa con una dirección en el momento de declararla o definirla.
- Referencia permanece constante, actuando como un alias.
- Cuando se realiza una asignación, no se requiere desreferenciar la variable.
- Ejemplo:

```
int valor = 3;
int &ref_valor = valor;          /* inicializa */

ref_valor = 100;
```

Tipo Referencia: C++ y Parámetros en Funciones

- Su uso en parámetros de funciones permite paso por referencia (comunicación bidireccional), y mejora la legibilidad.
- Inicialización se produce en el momento de la invocación.

```
/* Ejemplo en C */

void swap(int *a, int *b)
{
        int tmp = *a;
        *a = *b;
        *b = tmp;
}
...
int a, b;
swap(&a,&b);
...
```

```
/* Ejemplo en C++ */

void swap(int &a, int &b)
{
        int tmp = a;
        a = b;
        b = tmp;
}
...
int a, b;
swap(a,b);
...
```

Tipo Referencia: Java

Comentarios:

- En Java las referencias son variables que apuntan a objetos, y no permiten otro uso (sólo tipos primitivos de datos usan semántica de valor para las variables).
- No existe operador de desreferenciación.
- Una asignación provoca que apunte a nuevo objeto.

Ejemplo:

```
Punto a;
a = new Punto(3, 4);
Punto b = a;
Punto c = new Punto(7, 5);
a = c;
```

Gestión del *Heap*

- En general, para el manejo de objetos de memoria dinámicos, punteros y referencias son implementados en el *heap*.
- Su implementación debiera atacar los problemas de *basura y dangling*, que estrechamente se relaciona con el manejo del *heap*.
- También se debe abordar cómo organizar y administrar eficientemente la memoria.

Gestión del *Heap*

Tamaño único: el caso más simple es administrar objetos (celdas) de memoria de un tamaño único:

- Celdas libres se pueden enlazar con punteros en una lista.
- La asignación es simplemente tomar suficientes celdas (contiguas) de la lista anterior
- La liberación es un proceso más complicado (se debiera evitar *dangling* y basura).

Tamaño variable: es lo normalmente requerido por los lenguajes, pero es complejo de administrar e implementar.

Gestión del *Heap*

El Administrador de la memoria *heap* marca cada celda de memoria que administra como libre o ocupada, según si la celda está disponible o asignada, de acuerdo a su propio conocimiento. No obstante, una celda puede tener cuatro estados reales:

- Libre: no tiene referencias y está marcada correctamente como libre por el administrador de memoria.
- Basura: no tiene referencia y no está marcada como libre; por ende, el administrador no la puede reasignar.
- Ocupada: tiene al menos una referencia y está asignada, es decir marcada correctamente por el administrador como ocupada.
- *Dangling* ("quedar colgado"): tiene alguna referencia y está marcada como libre; luego, el administrador la podría reasignar.

Gestión del *Heap* : Basura

Basura

- Pérdida de acceso a un objeto de memoria asignado en el *heap*, por no existir variables que apunten a él. Sucede porque se asigna una nueva dirección a la variable puntero que permitía el acceso.
- Produce pérdida o fuga de memoria, que puede causar inestabilidad en la ejecución del programa.

Gestión del *Heap* : Basura

Basura

- Ejemplo en C:

```
tipo* p;

p = (tipo *) malloc(sizeof(tipo));
...
p = (tipo *) malloc(sizeof(tipo));          /* se pierde la variable asignada anteriormente */
```

- Para evitar este problema, muchos lenguajes modernos introducen mecanismos para resolverlo (ej.: recolector de basura).

Gestión del *Heap* : Recolección de Basura

Contadores de referencia: enfoque impaciente

- Se mantiene un contador de referencia por cada celda.
- Dicho contador se incrementa con una nueva referencia y se decrementa cuando ésta se pierde.
- Una celda se libera tan pronto el contador llega a cero, es decir, se convierte en basura.

Marcar y barrer: enfoque perezoso

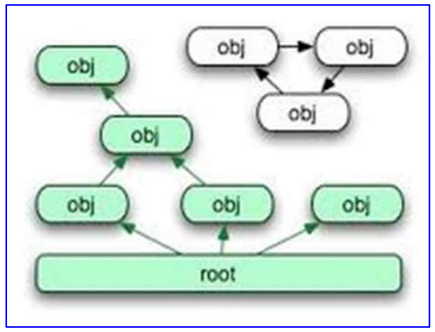
- Se acumula basura hasta que se agota la memoria.
- Al ocurrir lo anterior, se identifican las celdas de basura y se pasan a la lista de celdas libres.

Gestión del *Heap* : Recolección de Basura

Marcar y barrer:

```
void* allocate (int n)
{
  if (!hay_espacio) { /* aplicar mark&sweep */
     1) marcar todos los objetos del heap como basura;
     2) for (todo puntero p) { /* barrer */
           if (p alcanza objeto o en el heap)
                 marcar o como NO basura;
        } /* for */
     3) liberar todos los objetos marcados como basura
  }

  if (hay_espacio) {
      asignar espacio;
      return puntero al objeto;
  } else return NULL;
}
```



Gestión del *Heap* : Recolección de Basura

Contadores de referencia:

- Requiere bastante memoria para mantener contadores.
- Asignaciones a punteros requieren de más tiempo de ejecución para mantener contadores.
- Produce una liberación gradual de la memoria, tan pronto se deja de usarla.

Marcar y barrer:

- Basta un bit por celda para marcar basura, siendo económico.
- Puede producir tiempos muertos significativos que afectan al funcionamiento del programa.
- Mal desempeño cuando queda poca memoria.
- Desventaja se mitiga si aumenta frecuencia de llamado.

Gestión del *Heap* : *Dangling*

Dangling

- Un puntero apunta a una localización de memoria del *heap* que ha sido liberada (e incluso nuevamente asignada).
- Se pueden producir efectos indeseados y peligrosos para el correcto funcionamiento del programa.

Gestión del *Heap* : *Dangling*

```
typedef tipo* ptipo;
tipo     x;
ptipo    p, q;

        p = (ptipo) malloc(sizeof(tipo));
        ...
        q = p;
        ...
        free(p);                        /* q aun mantiene referencia al heap */
        ...
        *q = x;                         /* puede que variable de heap sea reasignada */
                ...
```

Gestión del *Heap* : *Dangling*

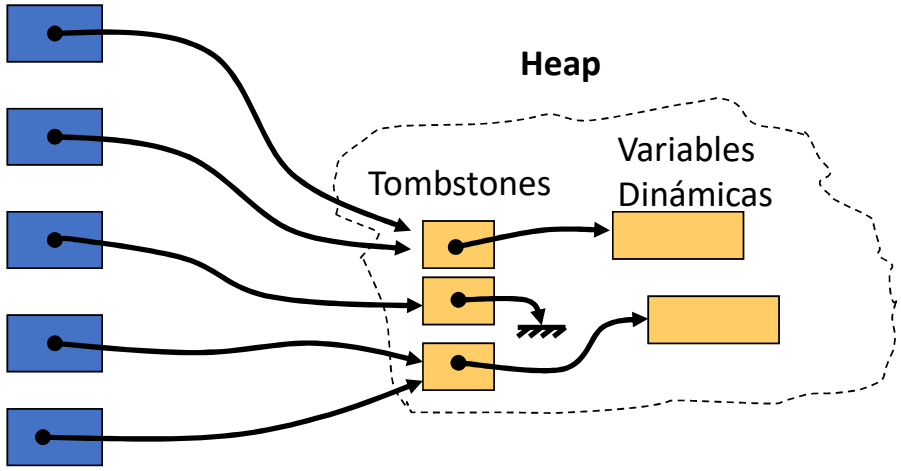
Métodos de Resolución:

- No permitir liberar memoria explícitamente.
- Lápida sepulcral (*tombstone*).
- Cerradura y Llave (*lock & key*).

Gestión del *Heap* : *Dangling*

Lápida sepulcral:

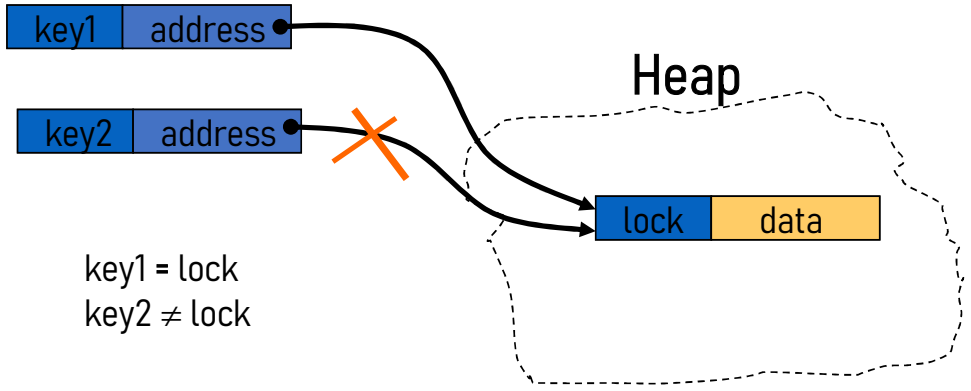
- Acceso se realiza indirectamente a través de una lápida.
- Si un objeto es liberado, la lápida permanece.
- Son costosos en tiempo y memoria.



Gestión del *Heap* : *Dangling*

Cerradura y Llave:

- Puntero es un par <clave, dirección>.
- Cada objeto de memoria en el *heap* mantiene una cabecera (cerradura) que almacena un valor.
- El acceso sólo es permitido si la clave del puntero o referencia coincide con el valor de la cerradura.



Gestión del *Heap* : ideas finales

- Mayor parte de los lenguajes requieren variables de tamaño variable.
- Mantención de celdas asignadas y libres se hace más difícil y costosa.
- Se requiere más memoria para mantener información sobre tamaño, estado, etc.
- Se produce fragmentación de la memoria.

Unidad 3

Tipos de Datos

FIN

3.1 Sistemas de Tipos

3.2 Tipos de Datos Ordinales o Simples

3.3 Arreglos y Strings

3.4 Registros y estructuras relacionadas

3.5 Colecciones

3.6 Tipo Puntero y Referencias