# Programación II

## Tema 1. Tipos Abstractos de Datos

Iván Cantador y Rosa Mª Carro
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid

# Contenidos



- Tipos Abstractos de Datos (TAD)
- Ejemplos de TAD
  - TAD Cadena de caracteres
  - TAD Número complejo
  - TAD Conjunto
- Implicaciones de los TAD
- Programación Orientada a Objetos (POO)

# Contenidos



- **Tipos Abstractos de Datos (TAD)**
- Ejemplos de TAD
  - TAD Cadena de caracteres
  - TAD Número complejo
  - TAD Conjunto
- Implicaciones de los TAD
- Programación Orientada a Objetos (POO)

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Tipo Abstracto de Datos (TAD)**
  - Conjunto de datos con entidad propia (identidad definida) y funciones primitivas (operaciones básicas) aplicables sobre esos datos
    - Ejemplo de TAD: NumeroComplejo
      - Datos: componente real + componente imaginaria
      - Primitivas: conjugado, módulo, suma, resta, …

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Tipo Abstracto de Datos (TAD)**
  - Conjunto de datos con entidad propia (identidad definida) y funciones primitivas (operaciones básicas) aplicables sobre esos datos
    - Ejemplo de TAD: NumeroComplejo
      - Datos: componente real + componente imaginaria
      - Primitivas: conjugado, módulo, suma, resta, …
  - Importante: funciones adicionales del TAD se construirán sólo a partir de sus primitivas

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Tipo Abstracto de Datos (TAD)**
  - Conjunto de datos con entidad propia (identidad definida) y funciones primitivas (operaciones básicas) aplicables sobre esos datos
    - Ejemplo de TAD: NumeroComplejo
      - Datos: componente real + componente imaginaria
      - Primitivas: conjugado, módulo, suma, resta, …
  - Importante: funciones adicionales del TAD se construirán sólo a partir de sus primitivas
- **Estructura de Datos (EdD)**
  - Tipos de datos concretos con los que representar los datos del TAD y a partir de los que implementar las funciones primitivas
    - Ejemplos de EdD para el TAD NumeroComplejo:

```
float cReal, cImaginaria;      float componentes[2];
```

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)

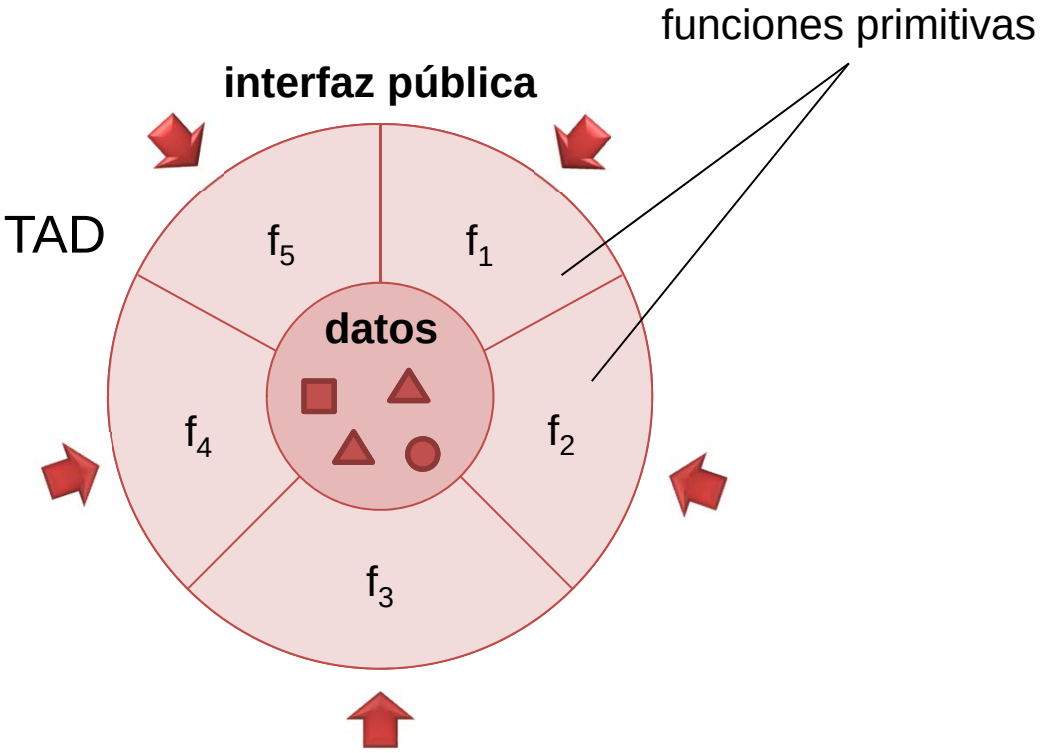


- Todo TAD se definirá como un modelo abstracto de unos elementos (datos) y unas operaciones (primitivas) *sin tener en cuenta sus estructura e implementación particulares*
  - **TAD Número complejo**: módulo, conjugado, suma, resta, producto, cociente, …
  - **TAD Conjunto** : tamaño, complemento, unión, intersección, …
  - **TAD Lista**: inserción de un elemento, búsqueda de un elemento, eliminación de un elemento, visualización, …
  - **TAD Grafo**: creación de un grafo vacío, inserción de un vértice, inserción de una arista, eliminación de un vértice, eliminación de una arista, distancia entre dos vértices, …

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Abstracciones en un TAD**
  - Abstracción de los datos
  - Abstracción de las funcionalidades



# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Abstracciones en un TAD**
  - **Abstracción de los datos**
    - Encapsulamiento de los datos, sin permitir su acceso directo, que se realizará sólo mediante funcionalidades definidas al efecto
    - Ej.:
```
Complejo c = complejo_crear(2.0, -5.0)
real r = complejo_getParteReal(c)
```
  - **Abstracción de las funcionalidades**
    - Ocultación de la implementación de las funcionalidades a través de funciones primitivas, constituyendo la *interfaz* de acceso y manejo de los datos internos
    - Ej.:
```
real m = complejo_modulo(c)
Complejo c = complejo_sumar(c1, c2)
```

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Abstracción de los datos**
  - *Posibilita la definición y posterior **(re)utilización** de nuevos tipos de datos, dando a conocer sus posibles valores y las operaciones que trabajen sobre ellos, y evitando tener que conocer/entender su estructura interna*
    - El acceso a los valores de dichos datos se realiza sólo mediante las operaciones definidas sobre dicho TAD, sin preocuparnos de cómo son representados y tratados internamente

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



- **Abstracción de las funcionalidades**
  - *Permite la realización de determinadas **acciones** sobre los datos sin tener que conocer cómo se hacen, en qué tiempo y con qué recursos; Dichas acciones:*
    - Representan las operaciones más significativas
    - Tienen normalmente una relación casi directa entre las abstracciones funcionales obtenidas en el diseño descendente: subproblemas

# Tipos Abstractos de Datos (TAD)



1. **Especificación del TAD**
   - ¿Qué nombre darle?
   - ¿Qué datos (nombres, tipos, valores restringidos) tiene?
   - ¿Cuáles (nombres, entradas, salidas) son sus funciones primitivas fundamentales, que acceden/modifican sus atributos?
   - ¿Cuáles son funciones derivadas que se pueden implementar a partir de las fundamentales?
2. **Definición de la EdD**
3. **Atendiendo a la EdD elegida, pseudocódigo e implementación de las primitivas fundamentales y derivadas**
4. **Documentación del código (especialmente la *interfaz*)**

# Ejemplos de TAD



- **TAD Cadena de caracteres**
  - Lista ordenada de caracteres
- **TAD Número complejo**
  - Número complejo, con parte real y parte imaginaria
- **TAD Conjunto**
  - Colección de elementos no repetidos

Este tema

- *Algunos otros TAD*
  - TAD Pila
  - TAD Cola
  - TAD Lista enlazada
  - TAD Árbol
  - TAD Grafo

Programación II

# Contenidos



- Tipos Abstractos de Datos (TAD)
- **Ejemplos de TAD**
  - **TAD Cadena de caracteres**
  - TAD Número complejo
  - TAD Conjunto
- Implicaciones de los TAD
- Programación Orientada a Objetos (POO)

# TAD Cadena de caracteres



- **EdD**
  - Colección finita de caracteres pertenecientes a un alfabeto $\sum$

    $s = [c_1\ c_2\ \ldots\ c_n]\ c_i \in \sum$

    longitud(s) $\geq 0$ si $S = \emptyset \Rightarrow$ longitud(s) = 0
  - Habrá una longitud máxima de cadena permitida CC_MAX y un carácter especial de fin de cadena

    p.e. con CC_MAX=8 y carácter de fin de cadena @.

    La cadena “PROG2” de longitud 5 sería:

| P | R | O | G | 2 | @ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

- **Funciones primitivas**
  - **cc_crear, cc_liberar**
  - **cc_vacia, cc_llena**
  - **cc_insertarCaracter, cc_extraerCaracter**

# TAD Cadena de caracteres



- **CCCrear**
  - Prototipo: `CC cc_crear()`
  - Descripción: crea y devuelve una cadena de caracteres "vacía", es decir, sólo almacenando en ella el carácter especial de fin de cadena
  - Entrada: ninguna
  - Salida: cadena creada, vacía
    *(habría que especificar qué devolver en caso de error)*
  - Modifica: nada

# TAD Cadena de caracteres



- **CCLiberar**
  - Prototipo: `void` **`cc_liberar`**`(CC s)`
  - Descripción: libera una cadena dejándola “vacía”
  - Entrada: cadena s
  - Salida: ninguna
  - Modifica: cadena s, dejándola vacía

# TAD Cadena de caracteres



- **CCVacia**
  - Prototipo: `boolean` **`cc_vacia`**`(CC s)`
  - Descripción: comprueba si una cadena de caracteres está o no vacía
  - Entrada: cadena s
  - Salida: verdadero si S = Ø, falso en caso contrario
  - Modifica: nada

# TAD Cadena de caracteres



- **CCLlena**
  - Prototipo: `boolean` **`cc_llena`**`(CC s)`
  - Descripción: comprueba si una cadena de caracteres está o no llena, es decir si su longitud es igual o menor a CC_MAX
  - Entrada: cadena s
  - Salida: verdadero si la longitud de s es CC_MAX, falso en caso contrario
  - Modifica: nada

# TAD Cadena de caracteres



- **CCInsertarCaracter**
  - Prototipo: `status` **`cc_insertar`**`(CC s, car c, pos p)`
  - Descripción: inserta un carácter dado en una posición determinada de una cadena (que queda modificada)
  - Entrada: cadena s, carácter c a insertar, posición p en la que insertar c
  - Salida: OK si la inserción se realiza con éxito, error en caso contrario
  - Modifica: si devuelve OK, la cadena s contiene c; si devuelve error, nada.

$$s = [c_1\ c_2 \ldots\ \mathbf{c_p} \ldots c_n] \rightarrow s = [c_1\ c_2 \ldots\ \mathbf{c}\ \mathbf{c_{p+1}} \ldots c_{n+1}]$$

# TAD Cadena de caracteres



- **CCExtraerCaracter**
  - Prototipo: `status` **`cc_extraer`**`(CC s, car c, pos p)`
  - Descripción: extrae el carácter situado en una posición determinada de una cadena (que queda modificada)
  - Entrada: cadena s, variable c donde guardar el carácter extraído, posición p del carácter a extraer
  - Salida: OK si la extracción se realiza con éxito, error en caso contrario
  - Modifica: si devuelve OK, c contiene el carácter extraído y s ya no lo contiene; si devuelve error, nada

$$s = [c_1\ c_2\ \ldots\ c_p\ \ldots\ c_n] \rightarrow s = [c_1\ c_2\ \ldots\ c_{n-1}]$$

# TAD Cadena de caracteres



- Funciones primitivas
  - **CCCrear**: `CC cc_crear()`
  - **CCVacia:** `boolean cc_vacia(CC s)`
  - **CCLlena:** `boolean cc_llena(CC s)`
  - **CCInsertarCaracter:** `status cc_insertar(CC s, car c, pos p)`
  - **CCExtraerCaracter:** `status cc_extraer(CC s, car c, pos p)`
- Funciones adicionales, que se pueden obtener usando las anteriores
  - **CCReemplazarCaracter**: `status cc_reemplazar(CC s, car c, pos p)`
  - **CCLongitud**: `entero cc_longitud(CC s)`

# TAD Cadena de caracteres



```
/* Versión 1: sin control de errores */
status cc_reemplazar(CC s, car c, pos p)
    cc_extraer(s, aux, p)
    cc_insertar(s, c, p)
    devolver OK
```

# TAD Cadena de caracteres



```
/* Versión 2: con control de errores, pero sin recuperación
   de la cadena original en caso de error (al insertar) */
status cc_reemplazar(CC s, car c, pos p)
    si cc_extraer(s, aux, p) = OK:
        si cc_insertar(s, c, p) = OK:
            devolver OK
    devolver ERROR
```

# TAD Cadena de caracteres



```
/* Versión 3: asumir que en el TAD, tras K extracciones de S
   se pueden realizar hasta K inserciones en S sin error */
status cc_reemplazar(CC s, car c, pos p)
    si cc_extraer(s, aux, p) = OK:
        cc_insertar(s, c, p)
        devolver OK
    devolver ERROR
```

# TAD Cadena de caracteres



- Funciones primitivas
  - **CCCrear**: `CC cc_crear()`
  - **CCVacia:** `boolean cc_vacia(CC s)`
  - **CCLlena:** `boolean cc_llena(CC s)`
  - **CCInsertarCaracter:** `status cc_insertar(CC s, car c, pos p)`
  - **CCExtraerCaracter:** `status cc_extraer(CC s, car c, pos p)`
- Funciones adicionales, que se pueden obtener usando las anteriores
  - **CCReemplazarCaracter:** `status cc_reemplazar(CC s, car c, pos p)`
  - **CCLongitud**: `entero cc_longitud(CC s)`

# TAD Cadena de caracteres



```
/* Versión 1: sin control de errores */
entero cc_longitud(CC s)
    longitud = 0
    s2 = cc_crear()

    mientras cc_vacia(s) = FALSO:
        cc_extraer(s, c, 0)
        cc_insertar(s2, c, 0)
        longitud = longitud + 1

    mientras cc_vacia(s2) = FALSO:        /* Restauramos s */
        cc_extraer(s2, c, 0)
        cc_insertar(s, c, 0)

    devolver longitud
```

# TAD Cadena de caracteres



```
/* Versión 2: con control de errores */
entero cc_longitud(CC s)
     longitud = 0
     s2 = cc_crear()
     si s2 = NULL:
          devolver -1

     mientras cc_vacia(s) = FALSO:
          cc_extraer(s, c, 0)
          si cc_insertar(s2, c, 0) = ERROR:    /* Restauramos s si error */
               cc_insertar(s, c, 0)
               mientras cc_vacia(s2) = FALSO:
                    cc_extraer(s2, c, 0)
                    cc_insertar(s, c, 0)
               devolver -1
          longitud = longitud + 1

     mientras cc_vacia(s2) = FALSO:           /* Restauramos s */
          cc_extraer(s2, c, 0)
          cc_insertar(s, c, 0)

     devolver longitud
```

# Contenidos



- Tipos Abstractos de Datos (TAD)
- **Ejemplos de TAD**
  - TAD Cadena de caracteres
  - **TAD Número complejo**
  - TAD Conjunto
- Implicaciones de los TAD
- Programación Orientada a Objetos (POO)

# TAD Número complejo



- Datos
  - Dos números reales ‘re’ e ‘im’ asociados respectivamente a la parte real y a la parte imaginaria del número complejo

    Ej.: **2 – 3*i*** tiene 2 como parte real y –3 como parte imaginaria
- **Funciones primitivas**
  - **crear**: `Complejo` **`complejo_crear`**`(float r, float i)`
  - **liberar**: `void` **`complejo_liberar`**`(Complejo c)`
  - **parteReal**: `float` **`complejo_getReal`**`(Complejo c)`
  - **parteImaginaria**: `float` **`complejo_getImaginaria`**`(Complejo c)`
  - **actualizar**:

    `Complejo` **`complejo_actualizar`**`(Complejo c, float r, float i)`

# TAD Número complejo



- Posible implementación en C (sin control de errores)

```
/* En complejo.h */
typedef struct _Complejo Complejo;
```

---

```
/* En complejo.c */
#include complejo.h
struct _Complejo {
   float re, im;
};

Complejo *complejo_crear(float r, float i) {
   Complejo *pc = (Complejo *) malloc(sizeof(Complejo));
   if (!pc) return NULL;
   pc->re = r;
   pc->im = i;
   return pc;
}
void complejo_liberar(Complejo *pc) {
   free(pc);
}
float complejo_getReal(const Complejo *pc) {
   return pc->re;
}
float complejo_getImaginaria(const Complejo *pc) {
   return pc->im;
}
```

# TAD Número complejo



- **Funciones primitivas**
  - `Complejo` **`complejo_crear`**`(float r, float i)`
  - `void` **`complejo_liberar`**`(Complejo c)`
  - `float` **`complejo_getReal`**`(Complejo c)`
  - `float` **`complejo_getImaginaria`**`(Complejo c)`
  - `status` **`complejo_actualizar`**`(Complejo c, float r, float i)`
- **Funciones derivadas a partir de las primitivas**
  - **conjugado**:

    $z = a + bi$
    $\bar{z} = a - bi$

    `status` **`complejo_conjugado`**`(Complejo c, Complejo conj)`
  - **suma**:

    $w = c + di$
    $z + w = (a + c) + (b + d)i$

    `status` **`complejo_sumar`**`(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)`
  - **resta**:

    $z - w = (a - c) + (b - d)i$

    `status` **`complejo_restar`**`(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)`
  - **producto**:

    $z \cdot w = (a + bi) \cdot (c + di)$
    $z \cdot w = (ac - bd) + (ad + bc)i$

    `status` **`complejo_multiplicar`**`(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)`

# TAD Número complejo



```
/* conj es la variable donde guardar el resultado de la función */
status complejo_conjugado(Complejo c, Complejo conj)
    r = complejo_getReal(c)
    i = complejo_getImaginaria(c)

    si r = NAN OR i = NAN:     /* NAN = not a number (valor no válido) */
        devolver ERROR

    si complejo_actualizar(conj, r, -i) = ERR:
        devolver ERROR
    devolver OK
```

$$z = a + bi$$
$$\bar{z} = a - bi$$

# TAD Número complejo



```
/* res es la variable donde guardar el resultado de la función */
status complejo_sumar(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)
     r1 = complejo_getReal(c1)
     i1 = complejo_getImaginaria(c1)
     r2 = complejo_getReal(c2)
     i2 = complejo_getImaginaria(c2)

     si r1 = NAN O i1 = NAN O r2 = NAN O i2 = NAN:
          devolver ERROR

     r = r1 + r2
     i = i1 + i2

     si complejo_actualizar(res, r, i) = ERR:
          devolver ERROR
     devolver OK
```

$$z = a + bi$$
$$w = c + di$$
$$z + w = (a + c) + (b + d)i$$

# TAD Número complejo



```
/* res es la variable donde guardar el resultado de la función */
status complejo_restar(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)
     r1 = complejo_getReal(c1)
     i1 = complejo_getImaginaria(c1)
     r2 = complejo_getReal(c2)
     i2 = complejo_getImaginaria(c2)

     si r1 = NAN O i1 = NAN O r2 = NAN O i2 = NAN:
          devolver ERROR

     r = r1 – r2
     i = i1 – i2

     si complejo_actualizar(res, r, i) = ERR:
          devolver ERROR
     devolver OK
```

$$z = a + bi$$
$$w = c + di$$
$$z - w = (a - c) + (b - d)i$$

# TAD Número complejo



```
/* res es la variable donde guardar el resultado de la función */
status complejo_multiplicar(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)
    r1 = complejo_getReal(c1)
    i1 = complejo_getImaginaria(c1)
    r2 = complejo_getReal(c2)
    i2 = complejo_getImaginaria(c2)

    si r1 = NAN O i1 = NAN O r2 = NAN O i2 = NAN:
        devolver ERROR

    r = r1*r2 – i1*i2
    i = r1*i2 + i1*r2

    si complejo_actualizar(res, r, i) = ERR:
        devolver ERROR
    devolver OK
```

$$z = a + bi$$
$$w = c + di$$
$$z \cdot w = (a + bi) \cdot (c + di)$$
$$z \cdot w = (ac - bd) + (ad + bc)i$$

# TAD Número complejo



- **Funciones primitivas**
  - `Complejo` **`complejo_crear`**`(float r, float i)`
  - `void` **`complejo_liberar`**`(Complejo c)`
  - `float` **`complejo_getReal`**`(Complejo c)`
  - `status` **`complejo_actualizar`**`(Complejo c, float r, float i)`
- **Funciones derivadas a partir de las primitivas**
  - `status` **`complejo_conjugado`**`(Complejo c, Complejo res)`
  - `status` **`complejo_sumar`**`(Complejo c1, Complejo c2 , Complejo res)`
  - `status` **`complejo_restar`**`(Complejo c1, Complejo c2 , Complejo res)`
  - `status` **`complejo_multiplicar`**`(Complejo c1, Complejo c2, Complejo res)`
- **Si elegimos una EdD distinta para implementar el TAD:**

```
struct _Complejo {
   float re, im;
};
```

```
struct _Complejo {
   float v[2];
};
```

**¿Qué funciones habría que volver a implementar?**

# Contenidos



- Tipos Abstractos de Datos (TAD)
- **Ejemplos de TAD**
  - TAD Cadena de caracteres
  - TAD Número complejo
  - **TAD Conjunto**
- Implicaciones de los TAD
- Programación Orientada a Objetos (POO)

# TAD Conjunto



- Datos
  - Colección no ordenada y sin repeticiones de objetos de tipo *Elemento* (TAD que se asume existe)
- Funciones primitivas

  - `Conjunto` **`conjunto_crear`**`()`
  - `void` **`conjunto_liberar`**`(Conjunto c)`
  - `entero` **`conjunto_cardinalidad`**`(Conjunto c)`
  - `booleano` **`conjunto_estaVacio`**`(Conjunto c)`
  - `booleano` **`conjunto_estaLleno`**`(Conjunto c)`
  - `Elemento` **`conjunto_obtenerElemento`**`(Conjunto c, posicion p)`
  - `boolean` **`conjunto_pertenece`**`(Conjunto c, Elemento e)`
  - `status` **`conjunto_insertarElemento`**`(Conjunto c, Elemento e)`
  - `void` **`conjunto_visualizar(Conjunto c)`**
  - **`Conjunto conjunto_union(Conjunto a, Conjunto b)`**
  - **`Conjunto conjunto_interseccion(Conjunto a, Conjunto b)`**

# TAD Conjunto



```
boolean conjunto_pertenece(Conjunto c, Elemento e)
   para cada Elemento x de c:
      si x = e:      // Habría una función elemento_comparar(x,e)
         devolver TRUE
   devolver FALSE

status conjunto_insertarElemento(Conjunto c, Elemento e)
   si conjunto_pertenece(c, e) = FALSE:
      c = c U {e}
      devolver OK
   devolver ERROR
```

# TAD Conjunto



```
Conjunto conjunto_union(Conjunto a, Conjunto b)
   Conjunto c = conjunto_crear()
   Para cada elemento e de a:
      si conjunto_insertar(c, e) = ERROR:
         conjunto_liberar(c)
         devolver NULL
   Para cada elemento e de b:
      si conjunto_pertenece(a, e) != -1:
         si conjunto_insertar(c, e) = ERROR:
            conjunto_liberar(c)
            devolver NULL
   devolver c
```

# TAD Conjunto



```
Conjunto conjunto_interseccion(Conjunto a, Conjunto b)
   Conjunto c = conjunto_crear()
   Para cada elemento e de a:
      si conjunto_pertenece(b, e) = TRUE:
         si conjunto_insertar(c, e) = ERROR:
            conjunto_liberar(c)
            devolver NULL
   devolver c
```

# Contenidos



- Tipos Abstractos de Datos (TAD)
- Ejemplos de TAD
  - TAD Cadena de caracteres
  - TAD Número complejo
  - TAD Conjunto
- **Implicaciones de los TAD**
- Programación Orientada a Objetos (POO)

# Implicaciones de los TAD



- **Objetivos de los TAD**
  - Encapsulamiento (aislamiento) de los datos internos, permitiendo su acceso y manejo sólo a través de sus primitivas
  - Ocultación de la implementación interna de las funcionalidades, y uso de ellas a través de las primitivas

# Implicaciones de los TAD



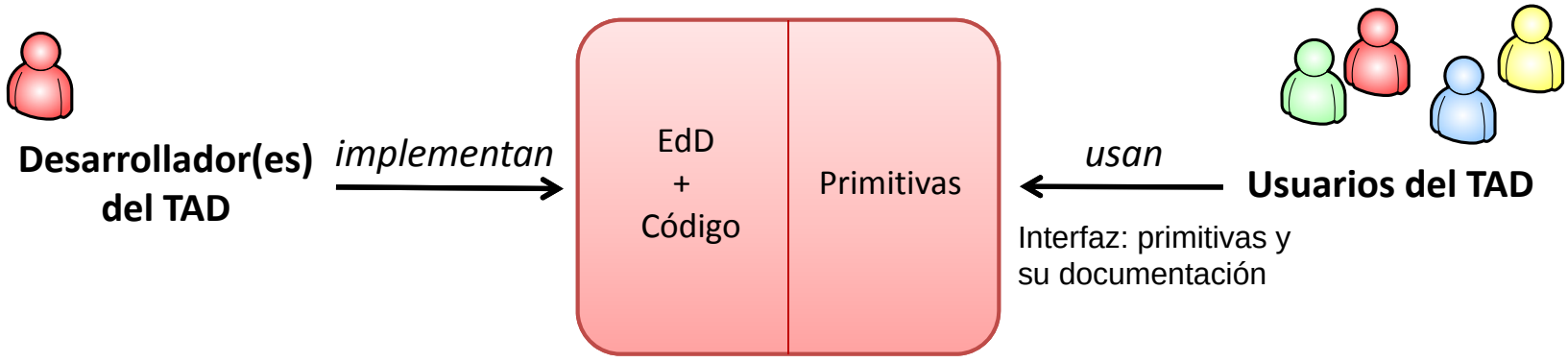
- **Consideraciones sobre los TAD**
  - Desde el punto de vista del **desarrollador** del TAD:

    **¿cómo implementar el TAD?**

    - Definir la EdD
    - Codificar las funciones primitivas
  - Desde el punto de vista del **usuario** del TAD:

    **¿cómo usar el TAD?**

    - Trabajar sobre los prototipos y documentación de las primitivas



# Implicaciones de los TAD



- **Implementación de un TAD en C**
  - Compuesta de un .c y un .h
  - En el .h
    - Definición (`#define`) de constantes
    - Declaración de la EdD (**`typedef struct`**) definida en el .c
    - Declaración de las primitivas públicas
  - En el .c
    - Inclusión (`#include`) del .h
    - Definición de la EdD (**`struct`**)
    - Implementación de las primitivas públicas y funciones privadas
  - En otros .c
    - Inclusión del .h
    - Uso del TAD sólo a través de las primitivas

# Implicaciones de los TAD



- **Implementación de un TAD en C**

```
// complejo.h (a falta de cabeceras y comentarios)
#ifndef COMPLEJO_H
#define COMPLEJO_H

#include "tipos.h"

typedef struct _Complejo Complejo;

Complejo *complejo_crear(float r, float i);
void complejo_liberar(Complejo *pc);
status complejo_actualizar(Complejo *pc, float r, float i);
float complejo_getReal(const Complejo *pc);
float complejo_geImaginaria(const Complejo *pc);
status complejo_conjugado(const Complejo *pc, Complejo *pcConj);
status complejo_sumar(const Complejo *pc1, const Complejo *pc2, Complejo *pcRes);
status complejo_restar(const Complejo *pc1, const Complejo *pc2, Complejo *pcRes);
#endif
```

---

```
// Comienzo de complejo.c (a falta de cabeceras y comentarios)
#include "complejo.h"
#include "tipos.h"

struct _Complejo {
    float re;
    float im;
};
```

# Implicaciones de los TAD



- **Ventajas de usar TAD**
  - **Facilidad de implementación**, permitiendo el desarrollo paralelo de las diferentes componentes de una aplicación
  - **Facilidad de depuración de errores**, pues se pueden aislar las pruebas de componentes concretas de una aplicación
  - **Facilidad de cambios**, debido a que hay menos dependencias fuertes entre las componentes de una aplicación
  - **Facilidad de reutilización**, ya que componentes de una aplicación proporcionan funcionalidades independientes
- **Inconveniente de usar TAD**
  - **Esfuerzo adicional en la etapa de diseño**, en la que el proceso de abstracción del TAD puede ser complicado

# Implicaciones de los TAD



- **Consecuencia de usar TAD**
  - Facilidad de reutilización y extensión del código al poseer mayor
    - modularidad (primitivas = “ladrillos”)
    - portabilidad

      → Abstracción de los datos y de las funcionalidades

      → Programación Orientada a Objetos (POO)

# Contenidos



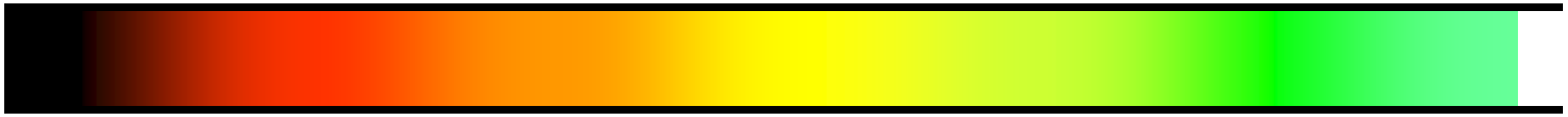
- Tipos Abstractos de Datos (TAD)
- Ejemplos de TAD
  - TAD Cadena de caracteres
  - TAD Número complejo
  - TAD Conjunto
- Implicaciones de los TAD
- **Programación Orientada a Objetos (POO)**

# Programación Orientada a Objetos (POO)



- La evolución de los lenguajes de programación tiende a introducir más abstracciones

| **Lenguajes de bajo nivel** | **Lenguajes procedurales** | **Lenguajes orientados a objetos** |
|---|---|---|



| (Lenguajes máquina, ensamblador) | (Fortran, COBOL, Pascal, C, …) | (Smalltalk, C++, Java, …) |
|---|---|---|

# Programación Orientada a Objetos (POO)



- La evolución de los lenguajes de programación tiende a introducir más abstracciones
  - Soporte para uso de TAD
    - **Lenguajes procedurales:** tipos de datos abstractos han de ser definidos explícitamente y las funciones asociadas han de hacerse públicas y privadas
    - **Lenguajes orientados a objetos:** *clases, atributos* y *métodos* (operaciones) constituyen entidades que instanciados representan “objetos”