

# Programación 1

## Tema 7

---

### Desarrollo modular y descendente de programas



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



# Índice

---

- ❑ Programas dirigidos por menú
- ❑ Diseño modular
- ❑ Módulos de biblioteca en C++



# Programa dirigido por menú

MENÚ DE OPERACIONES

=====

- 0 - Finalizar
- 1 - Calcular el número de cifras de un entero
- 2 - Sumar las cifras de un entero
- 3 - Extraer una cifra de un entero
- 4 - Calcular la imagen especular de un entero
- 5 - Comprobar si un entero es primo

Seleccione una operación [0-5]: 4

Escriba un número entero: 8802361

El número imagen especular del 8802361 es el 1632088

...

# Programa dirigido por menú

```
...  
MENÚ DE OPERACIONES  
=====  
0 - Finalizar  
1 - Calcular el número de cifras de un entero  
2 - Sumar las cifras de un entero  
3 - Extraer una cifra de un entero  
4 - Calcular la imagen especular de un entero  
5 - Comprobar si un entero es primo  
  
Seleccione una operación [0-5]: 5  
Escriba un número entero: 103  
El número 103 es primo  
...
```

# Programa dirigido por menú

```
...  
MENÚ DE OPERACIONES  
=====
```

- 0 - Finalizar
- 1 - Calcular el número de cifras de un entero
- 2 - Sumar las cifras de un entero
- 3 - Extraer una cifra de un entero
- 4 - Calcular la imagen especular de un entero
- 5 - Comprobar si un entero es primo

```
Seleccione una operación [0-5]: 7  
Opción desconocida  
...
```

# Programa dirigido por menú

...

MENÚ DE OPERACIONES

=====

0 - Finalizar

1 - Calcular el número de cifras de un entero

2 - Sumar las cifras de un entero

3 - Extraer una cifra de un entero

4 - Calcular la imagen especular de un entero

5 - Comprobar si un entero es primo

Seleccione una operación [0-5]: 0

# Estructura modular

---

- **Programas grandes**
  - Descomposición en **módulos**
    - Permiten desarrollo independiente  
(no necesariamente por un único programador)
- **Módulo de programa**
  - Contiene el código de la función principal del programa
- **Módulos de biblioteca**
  - Módulos adicionales en los que se puede dividir un programa y con los que puede contar

# Estructura modular en C++

---

- **Módulo principal** obligatorio
  - Se define en él, al menos, la función `main`
  - Se almacena en un fichero con sufijo `.cc` o `.cpp`
- **Módulos de biblioteca**
  - Definen recursos puestos a disposición de otros módulos
    - Tipos de datos
    - Datos constantes [y variables]
    - Funciones



# Estructura modular en C++

---

## □ Módulos de biblioteca

### ■ Constan de dos ficheros:

#### □ Interfaz del módulo

- Declaraciones y especificaciones de los recursos visibles fuera del módulo
- Se almacena en un **fichero de cabecera**, un fichero con sufijo `.hh` o `.hpp`

#### □ Implementación del módulo

- Código de las funciones declaradas en la interfaz
- Elementos auxiliares
- Se almacena en un fichero con sufijo `.cc` o `.cpp`

# Programa del ejemplo

---

- Diseño con una estructura modular aplicando una metodología descendente:
  - Módulo principal
    - Fichero `calculadora-main.cpp`
    - Gestiona la interacción con el usuario con un comportamiento iterativo:
      - Plantea el menú de opciones (operaciones disponibles).
      - Lee la opción seleccionada por el usuario.
      - Ejecuta la orden correspondiente a la opción elegida por el usuario.
  - Módulo de biblioteca `calculos`
    - Define siete funciones que realizan cálculos y análisis de propiedades de enteros.

# Programa del ejemplo

---

- Módulo de biblioteca `calculos`
  - Define siete funciones que realizan cálculos y análisis de propiedades de enteros:
    - `unsigned numCifras(int n)`
    - `unsigned sumaCifras(int n)`
    - `unsigned cifra(int n, unsigned i)`
    - `int imagen(int n)`
    - `unsigned factorial(unsigned n)`
    - `bool esPrimo(unsigned n)`
    - `unsigned mcd(int a, int b)`
  - Compuesto por dos ficheros
    - Interfaz del módulo: fichero de cabecera `calculos.hpp`
    - Implementación del módulo: fichero `calculos.cpp`

# Diseño descendente.

## Módulo principal. Primer nivel

```
/* Programa que solicita al usuario las coordenadas reales... */  
int main() {  
    unsigned operacion;  
    pedirOrden(operacion);  
  
    // Itera hasta que el valor de «operacion» sea igual a 0.  
    while (operacion != 0) {  
        ejecutarOrden(operacion);  
        pedirOrden(operacion);  
    }  
  
    return 0;  
}
```

# Diseño descendente.

## Módulo principal. Segundo nivel

```
/*  
 *   Pre: ---  
 *   Post: Ha presentado en la pantalla el menú de  
 *           opciones, disponibles ha solicitado al usuario  
 *           que escriba el código de una de ellas y ha  
 *           asignado a «operacion» la nueva respuesta del  
 *           usuario.  
 */  
void pedirOrden(unsigned& operacion) {  
    presentarMenu();  
    cout << "Seleccione una operacion [0-5]: ";  
    cin >> operacion;  
}
```

# Diseño descendente.

## Módulo principal. Tercer nivel

```
/*  
 * Pre: ---  
 * Post: Presenta el menú de opciones disponibles  
 */  
void presentarMenu() {  
    cout << endl;  
    cout << "MENU DE OPERACIONES" << endl;  
    cout << "=====  
    cout << "0 - Finalizar" << endl;  
    cout << "1 - Calcular el numero de cifras de un entero" << endl;  
    cout << "2 - Sumar las cifras de un entero" << endl;  
    cout << "3 - Extraer una cifra de un entero" << endl;  
    cout << "4 - Calcular la imagen especular de un entero" << endl;  
    cout << "5 - Comprobar si un entero es primo" << endl << endl;  
}
```

# Diseño descendente.

## Módulo principal. Segundo nivel

```
/*
 * Pre:  ---
 * Post: Ejecuta las acciones asociadas a la orden cuyo código es
 *       «operacion».
 */
void ejecutarOrden(unsigned operacion) {
    if (operacion >= 1 && operacion <= 5) {
        // Se va a ejecutar una operación válida.
        // En primer lugar se pide al usuario que defina un número entero.
        cout << "Escriba un número entero: ";
        int numero;
        cin >> numero;

        if (operacion == 1) {
            ejecutarNumCifras(numero);
        }
        else if (operacion == 2) {...}
        ...
    }
    else {
        // EL código de operación no es válido
        cout << "Opción desconocida" << endl;
    }
}
```

# Diseño descendente.

## Módulo principal. Tercer nivel

```
/*  
 * Pre: ---  
 * Post: Ha ejecutado la 1ª orden,  
 * informando del número de cifras  
 * de «numero».  
 */  
void ejecutarNumCifras(int numero) {  
    cout << "El número " << numero  
        << " tiene " << numCifras(numero)  
        << " cifras." << endl;  
}
```





# Diseño descendente.

## Estructura del módulo principal

```
#include <iostream>
#include "calculos.hpp"
using namespace std;

void presentarMenu() {...}

void pedirOrden(unsigned& operacion) {...}

void ejecutarNumCifras(int numero) {...}
...
void ejecutarOrden(int operacion) {...}

int main() {...}
```

# Diseño descendente.

## 4.º nivel. Módulo cálculos. Interfaz

```
/*
 * Pre:  ---
 * Post: Ha devuelto el número de cifras de «n» cuando este
 *       número se escribe en base 10.
 */
unsigned numCifras(int n);

/*
 * Pre:  ---
 * Post: Ha devuelto la suma de las cifras de «n» cuando «n» se
 *       escribe en base 10.
 */
unsigned sumaCifras(int n);

...
```



# Diseño descendente. 4.º nivel.

## Módulo calculos. Implementación

```
#include "calculos.hpp"

/*
 * Pre:  ---
 * Post: Ha devuelto el número de cifras de «n» cuando este número se
 *       escribe en base 10.
 */
unsigned numCifras(int n) {
    unsigned cuenta = 1; n = n / 10;
    while (n != 0) {
        cuenta++; n = n / 10;
    }
    return cuenta;
}

/*
 * Pre:  ---
 * Post: Ha devuelto la suma de las cifras de «n» cuando «n» se escribe
 *       en base 10.
 */
unsigned sumaCifras(int n) {
    ...
}
```



# Diseño modular del programa

## Módulo principal

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>
#include "calculos.hpp"

void presentarMenu() {...}
void ejecutarOrden(unsigned operacion) {...}
int main() {...}
```

## Módulo calculos

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);
unsigned sumaCifras(int n);
unsigned cifra(int n, unsigned i);
int imagen(int n);
unsigned factorial(unsigned n);
bool esPrimo(unsigned n);
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

```
#include "calculos.hpp"

unsigned numCifras(int n) {...}
unsigned sumaCifras(int n) {...}
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}
int imagen(int n) {...}
unsigned factorial(unsigned n) {...}
bool esPrimo(unsigned n) {...}
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

# Compilación modular

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>
#include "calculos.hpp"

void presentarMenu() {...}
void ejecutarOrden(unsigned op) {...}
int main() {...}
```

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);
unsigned sumaCifras(int n);
unsigned cifra(int n, unsigned i);
int imagen(int n);
unsigned factorial(unsigned n);
bool esPrimo(unsigned n);
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

```
#include "calculos.hpp"

unsigned numCifras(int n) {...}
unsigned sumaCifras(int n) {...}
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}
int imagen(int n) {...}
unsigned factorial(unsigned n) {...}
bool esPrimo(unsigned n) {...}
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

# Compilación modular

## Error

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>
#include "calculos.hpp"

void presentarMenu() {...}
void ejecutarOrden(unsigned op) {...}
int main() {...}
```

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);
unsigned sumaCifras(int n);
unsigned cifra(int n, unsigned i);
int imagen(int n);
unsigned factorial(unsigned n);
bool esPrimo(unsigned n);
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

```
#include "calculos.hpp"

unsigned numCifras(int n) {...}
unsigned sumaCifras(int n) {...}
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}
int imagen(int n) {...}
unsigned factorial(unsigned n) {...}
bool esPrimo(unsigned n) {...}
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

```
> g++ -o calculadora.exe calculadora-main.cpp
undefined reference to `numCifras(int)'
undefined reference to `sumaCifras(int)'
undefined reference to `cifra(int, unsigned int)'
undefined reference to `imagen(int)'
undefined reference to `esPrimo(unsigned int)'
```

# Compilación modular

## Error

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>
#include "calculos.hpp"

void presentarMenu() {...}
void ejecutarOrden(unsigned op) {...}
int main() {...}
```

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);
unsigned sumaCifras(int n);
unsigned cifra(int n, unsigned i);
int imagen(int n);
unsigned factorial(unsigned n);
bool esPrimo(unsigned n);
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

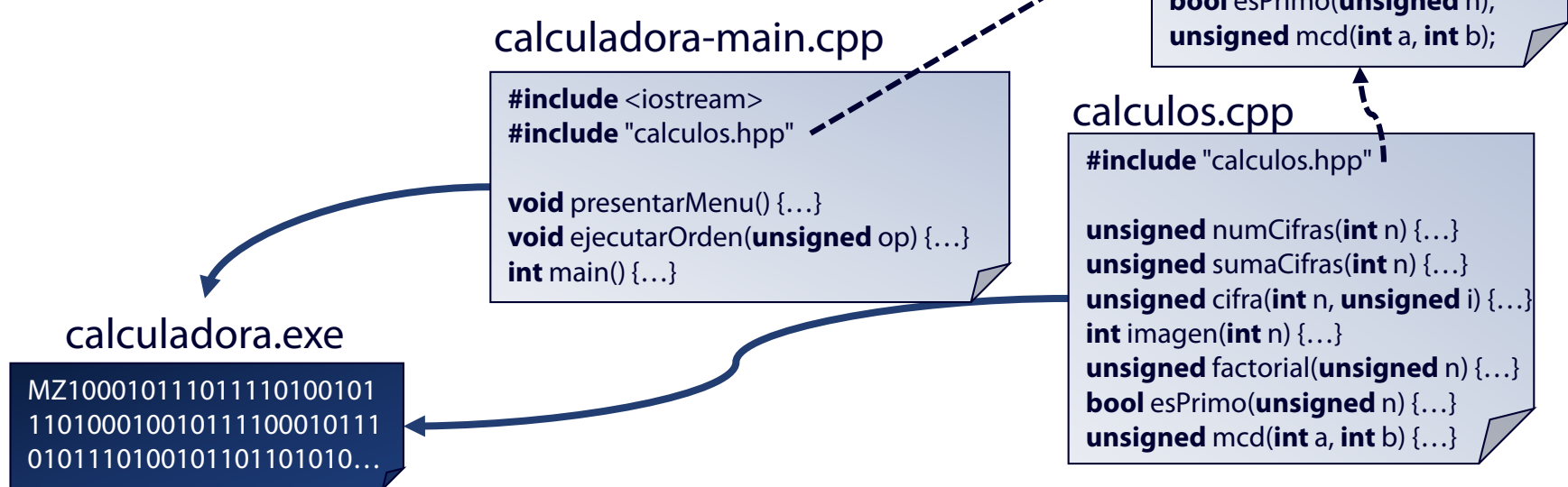
```
#include "calculos.hpp"

unsigned numCifras(int n) {...}
unsigned sumaCifras(int n) {...}
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}
int imagen(int n) {...}
unsigned factorial(unsigned n) {...}
bool esPrimo(unsigned n) {...}
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

```
> g++ -o calculadora.exe calculos.cpp
undefined reference to `main()'
```

# Compilación modular

## Una posibilidad... lenta



> `g++ -o calculadora.exe calculos.cpp calculadora-main.cpp`



# Compilación modular

La forma habitual en C++: ficheros objeto

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>
#include "calculos.hpp"

void presentarMenu() {...}
void ejecutarOrden(unsigned op) {...}
int main() {...}
```

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);
unsigned sumaCifras(int n);
unsigned cifra(int n, unsigned i);
int imagen(int n);
unsigned factorial(unsigned n);
bool esPrimo(unsigned n);
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

```
#include "calculos.hpp"

unsigned numCifras(int n) {...}
unsigned sumaCifras(int n) {...}
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}
int imagen(int n) {...}
unsigned factorial(unsigned n) {...}
bool esPrimo(unsigned n) {...}
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

calculos.o

```
numCifras: 10001011101...
sumaCifras: 1110100101...
cifra: 110100010010111...
imagen: 10001011101...
factorial: 01110100101...
esPrimo: 101101010111...
mcd: 10001011101...
```

```
> g++ -o calculos.o calculos.cpp
```

# Compilación modular

La forma habitual en C++: ficheros objeto

iostream

```
...  
#include <bits/c++config.h>  
#include <ostream>  
#include <istream>  
...  
istream cin;  
ostream cout;
```

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>  
#include "calculos.hpp"  
  
void presentarMenu() {...}  
void ejecutarOrden(unsigned op) {...}  
int main() {...}
```

calculadora-main.o

```
presentarMenu: 10001011101...  
ejectutarOrden: 01110100101...  
main: 10110100010010111...  
Falta código de: numCifras, sumaCifras, cifra,  
imagen, factorial, esPrimo, mcd, cin, cout,  
endl, flush, >>, <<
```

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);  
unsigned sumaCifras(int n);  
unsigned cifra(int n, unsigned i);  
int imagen(int n);  
unsigned factorial(unsigned n);  
bool esPrimo(unsigned n);  
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

```
#include "calculos.hpp"  
  
unsigned numCifras(int n) {...}  
unsigned sumaCifras(int n) {...}  
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}  
int imagen(int n) {...}  
unsigned factorial(unsigned n) {...}  
bool esPrimo(unsigned n) {...}  
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

calculos.o

```
numCifras: 10001011101...  
sumaCifras: 1110100101...  
cifra: 110100010010111...  
imagen: 10001011101...  
factorial: 01110100101...  
esPrimo: 101101010111...  
mcd: 10001011101...
```

```
> g++ -o calculadora-main.o calculadora-main.cpp
```

# Compilación modular

La forma habitual en C++: enlazado

iostream

```
...  
#include <bits/c++config.h>  
#include <ostream>  
#include <istream>  
...  
istream cin;  
ostream cout;
```

calculadora-main.cpp

```
#include <iostream>  
#include "calculos.hpp"  
  
void presentarMenu() {...}  
void ejecutarOrden(unsigned op) {...}  
int main() {...}
```

calculos.hpp

```
unsigned numCifras(int n);  
unsigned sumaCifras(int n);  
unsigned cifra(int n, unsigned i);  
int imagen(int n);  
unsigned factorial(unsigned n);  
bool esPrimo(unsigned n);  
unsigned mcd(int a, int b);
```

calculos.cpp

```
#include "calculos.hpp"  
  
unsigned numCifras(int n) {...}  
unsigned sumaCifras(int n) {...}  
unsigned cifra(int n, unsigned i) {...}  
int imagen(int n) {...}  
unsigned factorial(unsigned n) {...}  
bool esPrimo(unsigned n) {...}  
unsigned mcd(int a, int b) {...}
```

libstdc++.a

```
100010111011110100  
101110100010010111  
1000101110101110...
```

calculadora-main.o

```
presentarMenu: 10001011101...  
ejecutarOrden: 01110100101...  
main: 10110100010010111...  
Falta código de: numCifras, sumaCifras, cifra,  
imagen, factorial, esPrimo, mcd, cin, cout,  
endl, flush, >>, <<
```

calculos.o

```
numCifras: 10001011101...  
sumaCifras: 1110100101...  
cifra: 110100010010111...  
imagen: 10001011101...  
factorial: 01110100101...  
esPrimo: 101101010111...  
mcd: 10001011101...
```

calculadora.exe

```
MZ100010111011110100101  
110100010010111100010111  
01011101001011011010...
```

```
> g++ -o calculadora.exe calculadora-main.o calculos.o
```



# Compilación modular

## La forma habitual en C++

```
g++ -o calculos.o -c calculos.cpp  
g++ -o calculadora-main.o -c calculadora-main.cpp  
g++ -o calculadora.exe calculadora-main.o calculos.o
```

# Compilación modular

## La forma habitual en C++

---

- ❑ Pero si ya hemos compilado una vez y modificamos solo un fichero (por ejemplo, «calculos.cpp»), no sería necesario compilar todo otra vez.
- ❑ Bastaría con compilar
  - `g++ -o calculos.o -c calculos.cpp`
  - `g++ -o calculadora.exe calculadora-main.o calculos.o`
- ❑ No haría falta ejecutar
  - `g++ -o calculadora-main.o -c calculadora-main.cpp`



# Compilación modular

## Ficheros makefile

```
calculadora.exe: calculadora-main.o calculos.o
    g++ -o calculadora.exe calculadora-main.o calculos.o

calculadora-main.o: calculadora-main.cpp calculos.hpp
    g++ -o calculadora-main.o -c calculadora-main.cpp

calculos.o: calculos.cpp calculos.hpp
    g++ -o calculos.o -c calculos.cpp
```



# Compilación modular

## Ficheros makefile

```
<fichero-makefile> ::= <regla> { <regla> }  
<regla> ::= <objetivo> “:” <prerrequisitos> <fin-de-línea>  
           { <receta> <fin-de-línea> }  
<objetivo> ::= <nombre-fichero>  
<prerrequisitos> ::= { <nombre-fichero> }  
<receta> ::= <tabulador> <comando>
```



# Compilación modular

## Ficheros makefile

---

- El programa make ejecuta la primera regla del fichero makefile
- Para construir el fichero objetivo de una regla  $R$ :
  - Comprueba que los ficheros prerrequisito establecidos en la regla  $R$  existen y están actualizados
    - Si no existen o no están actualizados, recursivamente busca otra regla que los tenga como objetivo y la ejecuta.
    - Cuando los ficheros prerrequisito existen y están actualizados, si el fichero objetivo de la regla  $R$  no existe o no está actualizado (porque alguno de los ficheros prerrequisito es más reciente que el objetivo), ejecuta la receta correspondiente a la regla  $R$ .