

Programación estructurada

Ricardo Pérez López

IES Doñana, curso 2025/2026

Generado el 2026/02/24 a las 17:23:00

Índice

1. Aspectos teóricos de la programación estructurada	2
1.1. Programación estructurada	2
1.2. Programa restringido	5
1.3. Programa propio	5
1.4. Estructuras de control	7
1.5. Programa estructurado	9
1.5.1. Ventajas de los programas estructurados	13
1.6. Teorema de Böhm-Jacopini	14
2. Estructuras básicas de control en Python	14
2.1. Secuencia	14
2.2. Selección	16
2.3. Iteración	18
2.4. Otras sentencias de control	20
2.4.1. <code>break</code>	20
2.4.2. <code>continue</code>	21
2.4.3. Excepciones	21
3. Metodología de la programación estructurada	25
3.1. Diseño descendente por refinamiento sucesivo	25
3.2. Recursos abstractos	25
3.3. Ejemplo	26

1. Aspectos teóricos de la programación estructurada

1.1. Programación estructurada

La **programación estructurada** es un paradigma de programación **imperativa** que se apoya en tres pilares fundamentales:

- **Estructuras básicas:** los programas se escriben usando sólo unos pocos componentes constructivos básicos que se combinan entre sí mediante *composición*.
- **Recursos abstractos:** los programas se escriben sin tener en cuenta inicialmente el ordenador que lo va a ejecutar ni las instrucciones de las que dispone el lenguaje de programación que se va a utilizar.
- **Diseño descendente por refinamiento sucesivo:** los programas se escriben de arriba abajo a través de una serie de niveles de abstracción de menor a mayor complejidad, pudiéndose verificar la corrección del programa en cada nivel.

Su **objetivo** es **conseguir programas fiables y fácilmente mantenibles**.

Su estudio puede dividirse en dos partes bien diferenciadas:

- Por una parte, el **estudio conceptual** se centra en ver qué se entiende por «programa estructurado» para estudiar con detalle sus características fundamentales.
- Por otra parte, dentro del **enfoque práctico** se presentará una metodología que permite construir programas estructurados paso a paso, detallando cada vez más las instrucciones que lo componen.

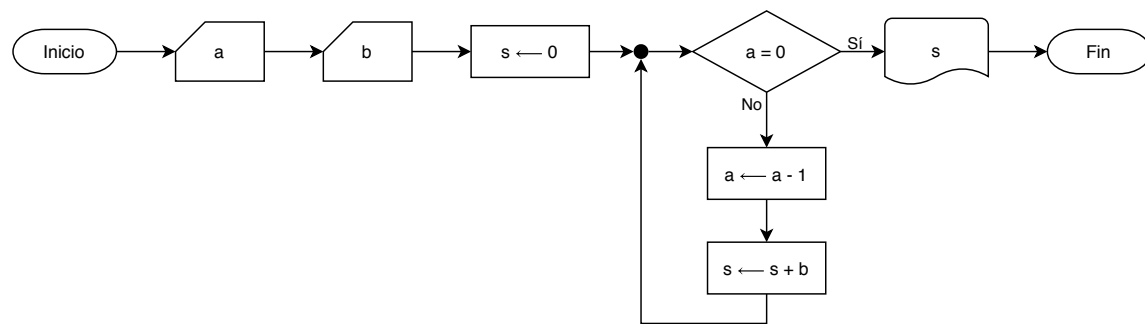
Las ideas que dieron lugar a la programación estructurada ya fueron expuestas por **E. W. Dijkstra** en 1965, aunque el fundamento teórico está basado en los trabajos de **Böhm y Jacopini** publicados en 1966.

Posteriormente, Dijkstra se basó en los trabajos previos de Hoare y Floyd para establecer una metodología disciplinada y sistemática de programación según la cual un programa se escribe al mismo tiempo que se va demostrando su corrección, en un estilo formal y riguroso, aprovechando que los programas estructurados son más fácilmente verificables por su *composicionalidad*.

La programación estructurada surge como respuesta a los problemas que aparecen cuando se programa sin una disciplina y unos límites que marquen la creación de programas claros y correctos.

Un programador *disciplinado* crearía programas fáciles de leer en los que resulta relativamente fácil demostrar su corrección.

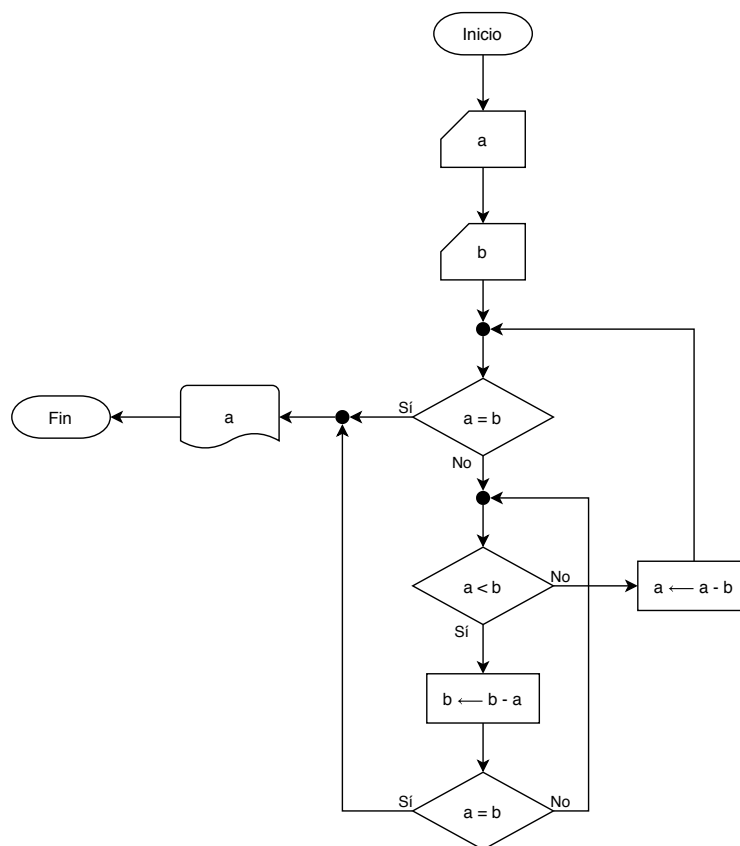
Por ejemplo, el siguiente programa que calcula el producto de dos números resulta sencillo de entender:



En cambio, un programador *indisciplinado* crearía programas más difíciles de leer y, por tanto, de demostrar que son correctos.

Este programa es mucho más complicado de seguir debido a que tiene saltos continuos y líneas que se cruzan.

Debido a ello, resulta mucho más difícil saber qué hace el programa y, por tanto, qué problema resuelve y, más importante, si lo resuelve *correctamente*.



¿Qué hace este programa?

Este programa es un ejemplo del llamado **código espagueti**.

El código espagueti es un término coloquial que se usa al describir los programas que tienen un flujo de control complicado e incomprensible, sobre todo debido al uso indiscriminado de **sentencias de salto** o **GOTO**.

Su nombre proviene del hecho de que este tipo de código se parece a un plato de espaguetis, o sea, un montón de hilos intrincados y anudados.

Un código así se tarda más en comprenderse que en reescribirse.

Además, en un programa así resulta muy complicado añadir una nueva funcionalidad sin romper otra, ya que todos los elementos que lo forman están fuertemente interrelacionados y cualquier parte del programa puede afectar a cualquier otra de maneras imprevisibles.

Eso es debido a que falta una coherencia, una estructura interna en el programa, porque el código se ha escrito de cualquier manera, sin disciplina ni restricciones, sin que el programador se haya parado a pensar si debería hacer lo que está haciendo como lo está haciendo.

Si un programa se escribe de cualquier manera, aunque funcione correctamente, puede resultar engorroso, críptico, ilegible, casi imposible de modificar y de comprobar su corrección.

Por tanto, lo que hay que hacer es **impedir que el programador pueda escribir programas de cualquier manera**, y para ello hay que **restringir sus opciones** a la hora de construir programas, de forma que el programa resultante sea fácil de leer, entender, mantener y verificar.

Ese programa, una vez terminado, debe estar construido combinando sólo unos pocos tipos de componentes y cumpliendo una serie de restricciones.

El concepto de **composicionalidad** es clave en programación estructurada: los programas se *componen* de partes, las cuales se componen a su vez de otras partes, y así sucesivamente hasta llegar a partes compuestas únicamente de instrucciones elementales.

La **composición** es el mecanismo por el cual podemos combinar elementos más simples para crear elementos más complejos, los cuales a su vez pueden formar parte de otros elementos más complejos, y así sucesivamente.

La idea es que podemos comprobar la corrección de un programa (o de una de sus partes) a partir de la corrección de cada una de las partes de lo componen).

Cuando leemos un texto, no lo hacemos letra a letra, sino por *bloques*: leemos palabras completas de un solo vistazo, incluso varias palabras juntas cuando esa combinación de palabras se da con frecuencia.

Igualmente, queremos programas que no necesiten ser leídos instrucción por instrucción, sino que podamos descomponerlos en *bloques* con significado propio que puedan ser leídos y entendidos por sí mismos como una sola cosa: unidades de código que se puedan leer y entender como cuando leemos palabras completas de un solo vistazo.

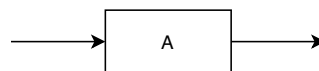
Con la programación estructurada, queremos poder componer sentencias complejas a partir de otras sentencias más simples, de la misma manera que podemos componer expresiones complejas a partir de otras más simples.

Eso implica, entre otras cosas, que debemos evitar el uso de sentencias **GOTO** para evitar el **código espagueti**.

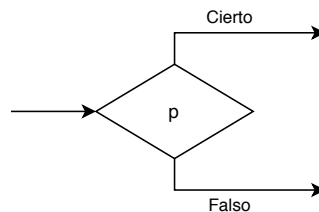
1.2. Programa restringido

Un **programa restringido** es aquel que se construye combinando únicamente los tres siguientes componentes constructivos:

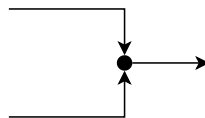
- **Sentencia**, que sirve para representar una instrucción imperativa básica, principalmente *lectura*, *escritura* o *asignación*. A éstas tres se las denominan **acciones primitivas**.
- **Condición**, que sirve para bifurcar el flujo de control del programa por un camino u otro dependiendo del valor de una expresión lógica.
- **Agrupamiento**, que sirve para agrupar líneas del flujo de control que procedan de distintos caminos.



Sentencia



Condición



Agrupamiento

1.3. Programa propio

Se dice que un programa restringido es un **programa propio** si reúne las tres **condiciones** siguientes:

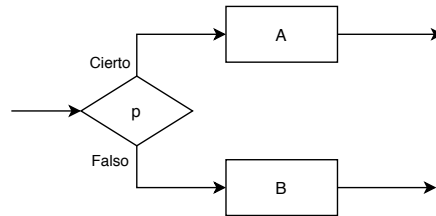
1. Posee un único punto de entrada y un único punto de salida.
2. Para cualquiera de sus componentes, existe al menos un camino desde la entrada hasta él y otro camino desde él hasta la salida.
3. No existen bucles infinitos.

Esto permite que **un programa propio pueda formar parte de otro programa mayor**, apareciendo allí donde pueda haber una sentencia.

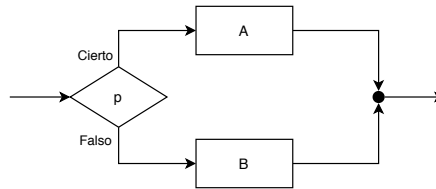
Cuando varios programas propios **se combinan** para formar uno solo, el resultado es también un programa propio.

Estas condiciones **restringen aún más el concepto de programa**, de modo que sólo serán válidos aquellos que estén diseñados mediante el uso apropiado del agrupamiento (con una sola entrada y una sola salida) y sin componentes superfluos o formando bucles sin salida.

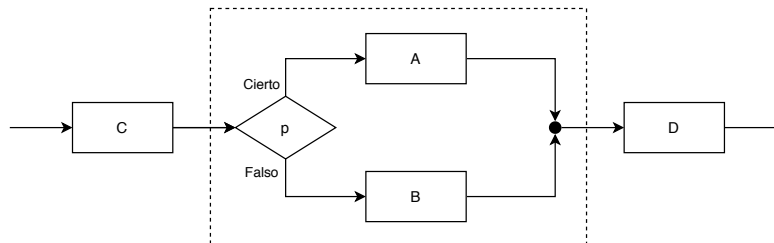
Este es un ejemplo de un programa que no es propio porque **no tiene una única salida**:



Agrupando las salidas se obtiene un programa propio:

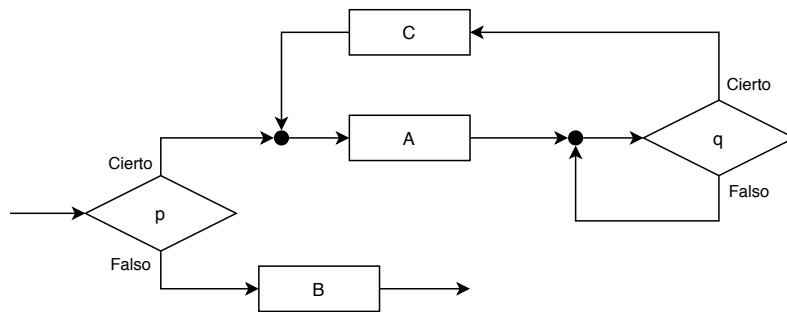


Ese programa propio ahora puede formar parte de otro programa mayor, ya que, al tener una sola entrada y una sola salida, puede actuar como una sentencia y aparecer allí donde pueda haber una sentencia:

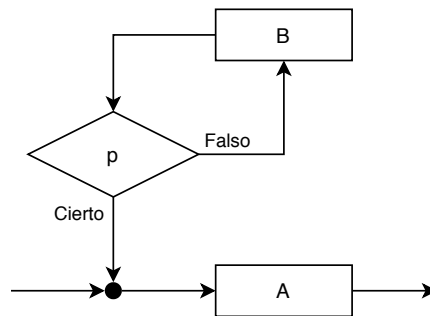


Este principio de *composicionalidad* nos va a ayudar a **escribir programas más complejos** a partir de otros más simples, y es una pieza clave en la programación estructurada. Además, nos va a permitir **verificar la corrección de un programa** comprobando previamente la corrección de los componentes que lo forman.

Aquí se observa otro programa que no es propio, ya que **existen componentes (los A, C y q) que no tienen un camino hasta la salida**; si el programa llegara hasta esos componentes se quedaría bloqueado en un ciclo sin fin, pues no es posible terminar la ejecución:



Aquí aparece un programa que tampoco es propio porque contiene **componentes inaccesibles** desde la entrada del diagrama:

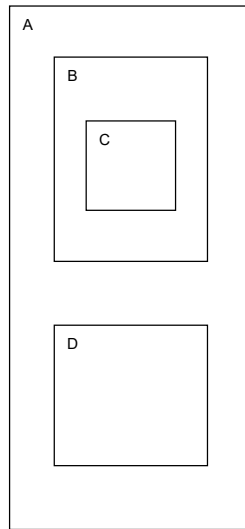


1.4. Estructuras de control

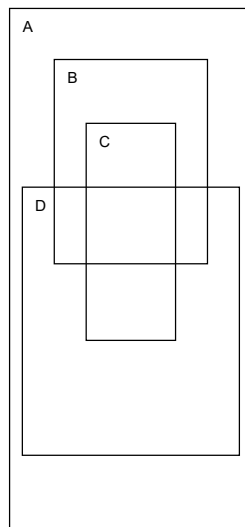
Como ya vimos al estudiar los ámbitos léxicos, una **estructura** es una construcción sintáctica que puede **anidarse completamente** dentro de otras estructuras.

Eso significa que, dadas dos estructuras cualesquiera, o una está incluida completamente dentro de la otra, o no se tocan en absoluto.

Por tanto, los bordes de dos estructuras nunca pueden cruzarse.



Estructuras



Estructuras que se cruzan y que, por tanto, no son estructuras

Las **estructuras de control** son estructuras que permiten regular el flujo de control del programa, y constituyen los componentes constructivos básicos de cualquier programa estructurado.

Por tanto, un programa estructurado se crea combinando entre sí varias estructuras de control.

Sintácticamente, una estructura de control es una unidad compuesta por varias sentencias que actúan como una sola.

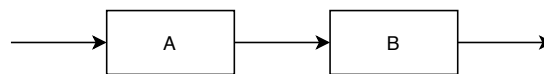
Toda estructura de control, por tanto, representa una **sentencia compuesta** que actúa como un *miniprograma propio* (y, por tanto, con un único punto de entrada y un único punto de salida) que puede formar parte de otro programa mayor.

1.5. Programa estructurado

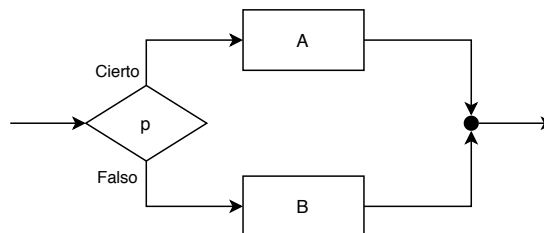
Un **programa estructurado** es un programa construido combinando las siguientes **estructuras de control**:

- La **estructura secuencial**, **secuencia** o **bloque** de una, dos o más sentencias A, B, C, etcétera.
Los lenguajes de programación que permiten la creación de bloques (incluyendo bloques dentro de otros bloques) se denominan **lenguajes estructurados en bloques**.
- La **estructura alternativa** o **selección** entre dos sentencias A y B dependiendo de un predicado *p*.
- La **estructura repetitiva** o **iteración**, que repite una sentencia A dependiendo del valor lógico de un predicado *p*.

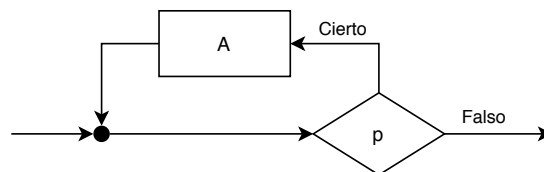
Las estructuras de control son **sentencias compuestas** que contienen, a su vez, otras sentencias.



Secuencia



Selección



Iteración

En pseudocódigo:

- Secuencia:

```
A
B
```

- Selección:

```
si p entonces
  A
sino
  B
```

- Iteración:

```
mientras p hacer
  A
```

Cada una de las sentencias que aparecen en una estructura de control (las indicadas anteriormente como A y B) pueden ser, a su vez, otras estructuras de control.

- Esto es así porque una estructura de control también es una sentencia (en este caso, sería una **sentencia compuesta** y no una **sentencia simple**).
- Por tanto, una estructura de control puede aparecer en cualquier lugar donde se espere una sentencia.

Resumiendo, en un programa podemos tener **dos tipos de sentencias**:

- **Sentencias simples.**
- **Estructuras de control**, que son sentencias **compuestas** formadas a su vez por otras sentencias (que podrán ser, a su vez, simples o compuestas, y así recursivamente).

Por consiguiente, **todo programa puede verse como una única sentencia**, simple o compuesta por otras.

Esto tiene una consecuencia más profunda: si un programa es una sentencia, también puede decirse que cada sentencia es como un programa en sí mismo.

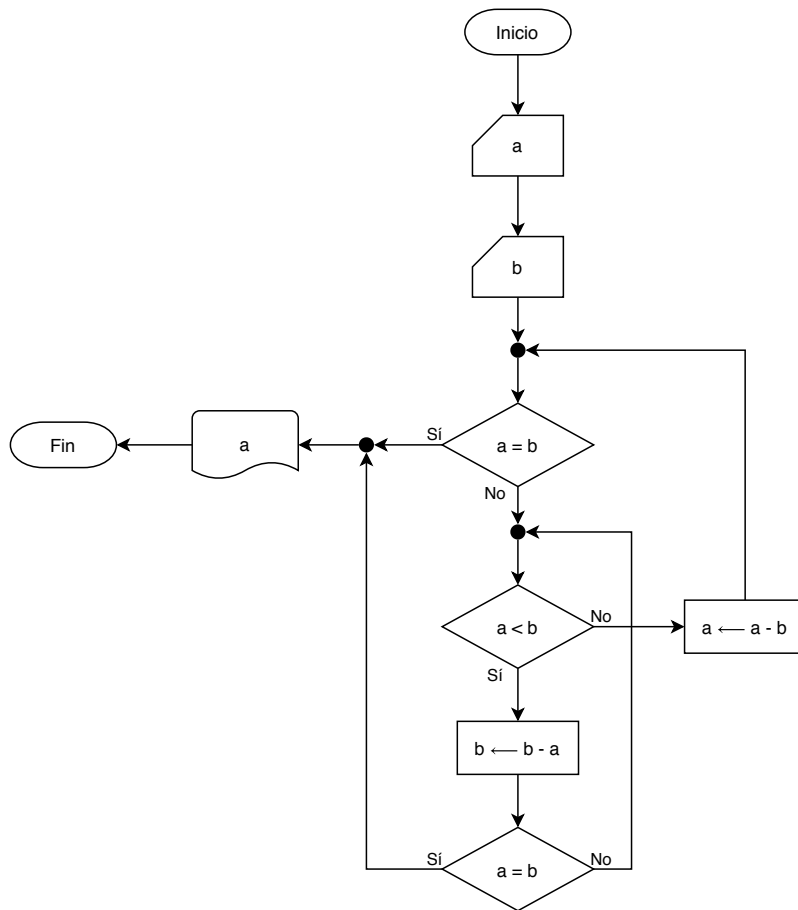
Como las estructuras de control también son sentencias, **cada estructura de control es como un miniprograma dentro del programa.**

Ese miniprograma debe cumplir las propiedades de los programas propios (los programas que no son propios no nos interesan).

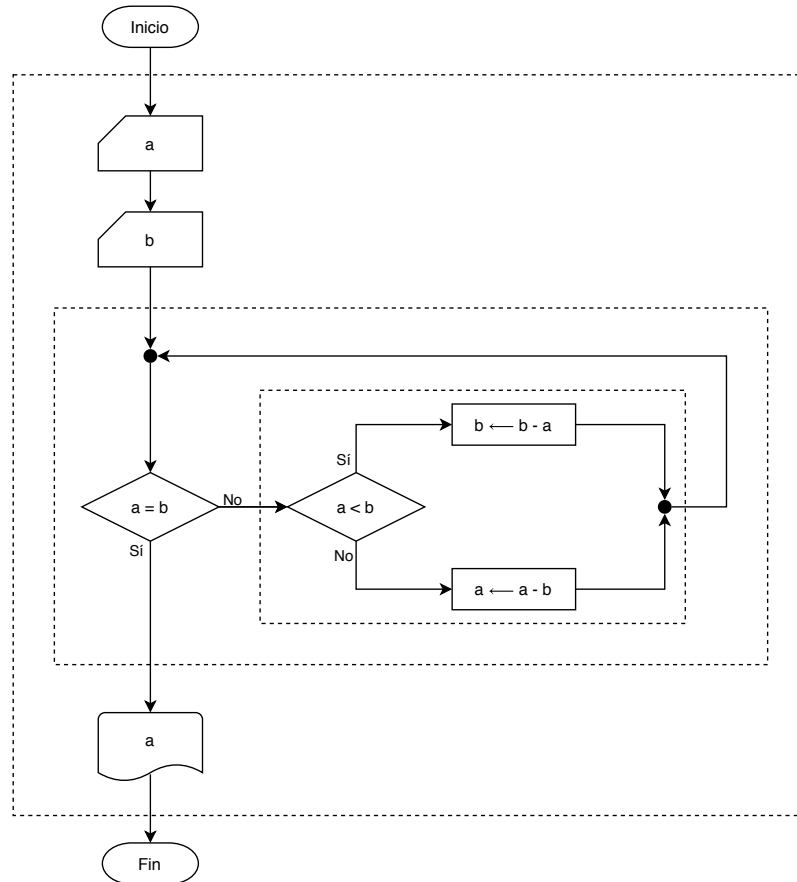
Por eso, las estructuras de control:

1. Siempre tienen un único punto de entrada y un único punto de salida.
2. Tienen un camino desde la entrada a cada sentencia de la estructura, y un camino desde cada una de ellas hasta la salida.
3. No debe tener bucles infinitos.

Recordemos el ejemplo del programa anterior, donde veíamos que resultaba muy confuso entender qué hacía:



En cambio, un **programa estructurado equivalente** al anterior, pero mucho más claro y fácil de entender, sería:



Los cuadrados de trazo discontinuo representan las estructuras de control que forman el programa.

```

inicio
leer a
leer b
mientras  $a \neq b$  hacer
    si  $a < b$  entonces
         $b \leftarrow b - a$ 
    sino
         $a \leftarrow a - b$ 
escribir a
fin
  
```

Esos dos programas son **equivalentes**, lo que significa que producen el mismo resultado y los mismos efectos ante los mismos datos de entrada, aunque lo hacen de distinta forma:

- El primer programa se compone de saltos continuos y líneas que se cruzan, lo que lo hace mucho más complicado de seguir.
- En cambio, el segundo programa es **mucho más fácil de leer y modificar** que el primero, aunque los dos resuelvan el mismo problema.

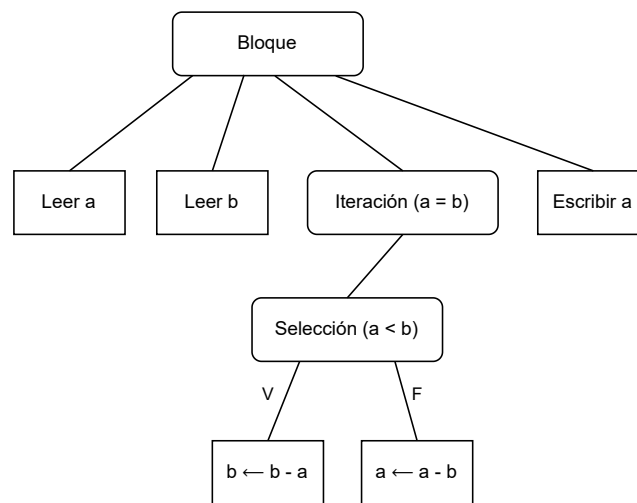
Ejercicio

1. ¿Qué hace ese programa?

Todo programa estructurado presenta una descomposición arborescente en la que cada nodo se corresponde directamente con una sentencia simple o compuesta.

Cualquier sentencia compuesta puede ser sustituida por su descomposición arborescente y viceversa.

Esta propiedad simplifica el razonamiento sobre el programa al hacerlo mucho más legible, además de facilitar su mantenimiento, ya que lo más probable es que sólo haya que realizar modificaciones en subárboles de la estructura general.



Árbol estructurado equivalente al programa anterior

1.5.1. Ventajas de los programas estructurados

Las principales **ventajas de los programas estructurados** frente a los no estructurados son:

- Son más fáciles de entender, ya que básicamente **se pueden leer de arriba abajo** de estructura en estructura como cualquier otro texto sin tener que estar continuamente saltando de un punto a otro del programa.
- Es más fácil demostrar que son correctos, ya que las estructuras anidadas pueden verse como bloques más o menos independientes con significado propio, lo que facilita trabajar a diferentes niveles de abstracción y estudiar cada estructura como una unidad.
- Se reducen los costes de mantenimiento.
- Aumenta la productividad del programador.
- Los programas quedan mejor documentados internamente.

1.6. Teorema de Böhm-Jacopini

El **teorema de Böhm-Jacopini**, también llamado **teorema de la estructura**, garantiza que todo programa propio se puede estructurar.

Se enuncia formalmente así:

Teorema de la estructura:

Todo programa propio es equivalente a un programa estructurado.

Por tanto, los programas estructurados son suficientemente expresivos como para expresar cualquier programa razonable.

Y además, por su naturaleza estructurada resultan programas más sencillos, claros y fáciles de entender, mantener y verificar.

En consecuencia, no hay excusa para no estructurar nuestros programas.

No todos los programas estructurados son programas propios, ya que podemos escribir programas estructurados que tengan varias salidas o bucles infinitos.

Lo que demuestra el teorema es que, si tenemos un programa propio, lo podemos reescribir como programa estructurado.

Por tanto, todo programa propio se puede estructurar, pero no todos los programas estructurados son propios.

Pero es evidente que los programas estructurados que nos interesan son, precisamente, los que también son propios.

Ejercicios

2. Escribir un programa propio que no sea estructurado.
3. Escribir un programa estructurado equivalente al programa propio del ejercicio anterior.
4. ¿El programa estructurado anterior también es propio? En caso negativo, reescribirlo para que además de estructurado sea propio.

2. Estructuras básicas de control en Python

2.1. Secuencia

La **secuencia** (o *estructura secuencial*) en Python consiste sencillamente en poner las sentencias juntas una tras otra **al mismo nivel de indentación o sangrado**.

No requiere de ninguna otra sintaxis particular ni palabras clave.

Una secuencia de sentencias actúa sintácticamente como si fuera una sola sentencia; por lo tanto, en cualquier lugar del programa donde se pueda poner una sentencia, se puede poner una secuencia de sentencias (que actuarían como una sola formando un **bloque**).

Esto es así porque, como vimos, toda sentencia puede ser simple o compuesta (una estructura) y, por tanto, **toda estructura es también una sentencia** (actúa como si fuera una única sentencia pero compuesta por otras de forma recursiva).

Por tanto, en cualquier lugar donde se pueda poner una sentencia, se puede poner una estructura.

La sintaxis es, sencillamente:

```
<secuencia> ::=  
<sentencia>  
<sentencia>*
```

Las sentencias deben empezar todas en el mismo nivel de indentación (misma posición horizontal o *columna* en el archivo fuente).

Puede haber líneas en blanco entre las sentencias del mismo bloque.

Concepto fundamental:

En Python, la **estructura** del programa viene definida por la **indentación** del código.

Por tanto, las instrucciones que aparecen consecutivamente una tras otra en el mismo nivel de indentación (es decir, las que empiezan juntas en la misma columna en el archivo fuente) pertenecen a la misma estructura.

Ejemplo:

```
x = 1  
y = 2  
f = lambda a, b: a + b  
z = f(x * y)
```

Estas cuatro sentencias, al estar todas consecutivas en el mismo nivel de indentación, actúan como una sola sentencia en bloque (forman una estructura *secuencial*) y se ejecutan en orden de arriba abajo.

A partir de ahora, tenemos que una sentencia puede ser simple o compuesta (es decir, una estructura), y esa sentencia compuesta puede ser una secuencia:

```
<sentencia> ::= <sentencia_simple> | <estructura>  
<estructura> ::= <secuencia>  
<secuencia> ::=  
<sentencia>  
<sentencia>*
```

2.2. Selección

La **selección** (o *estructura alternativa*) en Python tiene la siguiente sintaxis:

```
<selección> ::=  
if <condición>:  
    <sentencia>  
[elif <condición>:  
    <sentencia>]*  
[else:  
    <sentencia>]
```

También se la llama «**sentencia if**».

Ejemplos:

```
if 4 == 3:  
    print('Son distintos')  
    x = 5
```

```
if 4 == 3:  
    print('Son distintos')  
    x = 5  
else:  
    print('Son iguales')  
    x = 9
```

```
if x < 2:  
    print('Es menor que dos')  
elif x <= 9:  
    print('Está comprendido entre 2 y 9')  
    x = 5  
elif x < 12:  
    print('Es mayor que 9 y menor que 12')  
else:  
    print('Es mayor o igual que 12')
```

El uso de la cláusula **elif** es equivalente a usar varias sentencias **if** en cascada, anidadas unas dentro de otras.

Por ejemplo, el código anterior es equivalente al siguiente:

```
if x < 2:  
    print('Es menor que dos')  
else:  
    if x <= 9:  
        print('Está comprendido entre 2 y 9')  
        x = 5  
    else:  
        if x < 12:  
            print('Es mayor que 9 y menor que 12')  
        else:  
            print('Es mayor o igual que 12')
```


Por eso se puede decir que la cláusula **elif** es azúcar sintáctico, ya que no es estrictamente necesario usarla (si Python no la tuviera, se podría simular con una cascada de **ifs**).

La estructura alternativa está formada por una sucesión de cláusulas que asocian una condición con una sentencia.

Las cláusulas van marcadas con **if**, **elif** o **else**.

Las condiciones se van comprobando de arriba abajo, en el orden en que aparecen, de forma que primero se comprueba la condición del **if** y después las diferentes **elif**, si las hay.

En el momento en que se cumple una de las condiciones, se ejecuta su sentencia correspondiente y se sale de la estructura alternativa (no se sigue comprobando más).

Si no se cumple ninguna condición y hay una cláusula **else**, se ejecutará la sentencia de ésta.

Si no se cumple ninguna condición y no hay cláusula **else**, no se ejecuta ninguna sentencia.

Puede haber cláusulas **elif** y no haber **else**.

En el siguiente código:

```
1 a = 4
2 b = 3
3 if a != b:
4     print('Son distintos')
5     x = 5
6 else:
7     print('Son iguales')
```

tenemos las siguientes estructuras, anidadas una dentro de la otra:

1. Una *secuencia* formada por un bloque de tres sentencias: las asignaciones `a = 4` y `b = 3` y la sentencia `if ... else` que va desde la línea 3 hasta la 7.
2. La *selección* `if ... else`.
3. Una *secuencia* formada por las sentencias de las líneas 4–5.

Recordemos: cada estructura es una sentencia en sí misma, y contiene a otras sentencias (que pueden ser simples u otras estructuras).

Aquí se ven representadas visualmente las estructuras que forman el código fuente del programa:

```

a = 4
b = 3
if a != b:
    print('Son distintos')
    x = 5
else:
    print('Son iguales')

```

Representación de las distintas estructuras que forman el código

Se aprecia claramente que hay tres estructuras (dos secuenciales y una alternativa) y cinco sentencias simples (las asignaciones y los `print`), por lo que hay ocho sentencias en total.

Ahora nuestra gramática se amplía:

```

<sentencia> ::= <sentencia_simple> | <estructura>
<estructura> ::= <secuencia> | <selección>
<selección> ::=
if <condición>:
    <sentencia>
[elif <condición>:
    <sentencia>]*
[else:
    <sentencia>]

```

2.3. Iteración

La **iteración** (o *estructura iterativa* o *repetitiva*) en Python tiene la siguiente sintaxis:

```

<iteración> ::=
while <condición>:
    <sentencia>

```

A esta estructura también se la llama «**sentencia while**», «**bucle while**» o, simplemente, «**bucle**».

También se dice que la `<sentencia>` es el «**cuerpo**» del bucle.

La estructura repetitiva asocia una condición a una sentencia, de forma que lo primero que se hace nada más entrar en la estructura es comprobar la condición:

- **Si la condición no se cumple**, se salta la sentencia y se sale de la estructura, pasando a la siguiente sentencia que haya tras el bucle.
- **Si la condición se cumple**, se ejecuta la sentencia y se vuelve otra vez al principio de la estructura, donde se volverá a comprobar si la condición se cumple.

Este ciclo de «comprobación y ejecución» se repite una y otra vez hasta que se compruebe que la condición ya no se cumple, momento en el que se saldrá del bucle.

Cada vez que se ejecuta el cuerpo del bucle decimos que se ha producido una **iteración** o **paso** del bucle.

Es importante observar que la comprobación de la condición se hace justo al principio de cada iteración, es decir, justo antes de ejecutar la sentencia en la iteración actual.

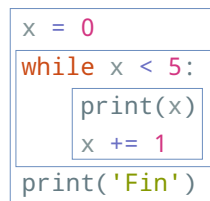
Ejemplos

El siguiente código:

```
x = 0
while x < 5:
    print(x)
    x += 1
print('Fin')
```

genera la siguiente salida:

```
0
1
2
3
4
Fin
```



Estructuras en el código

```
salida = False
while not salida:
    x = input('Introduce un número: ')
    if x == '2':
        salida = True
print(x)
```

```
salida = False
while not salida:
    x = input('Introduce un número: ')
    if x == '2':
        salida = True
    print(x)
```

Estructuras en el código

Si la condición se cumple siempre y nunca evalúa a **False**, la ejecución nunca saldrá del bucle y tendremos lo que se denomina un **bucle infinito**.

Generalmente, los bucles infinitos indican un fallo en el programa y, por tanto, hay que evitarlos en la medida de lo posible.

Sólo en casos muy particulares resulta lógico y conveniente tener un bucle infinito.

Por ejemplo, los siguientes bucles serían infinitos:

```
while True:
    print("Hola")
```

```
i = 0
while i >= 0:
    print("Hola")
    i += 1
```

Ahora ampliamos de nuevo nuestra gramática, esta vez con la estructura de iteración (o sentencia **while**):

```
<sentencia> ::= <sentencia_simple> | <estructura>
<estructura> ::= <secuencia> | <selección> | <iteración>
<iteración> ::=
while <condición>:
    <sentencia>
```

2.4. Otras sentencias de control

2.4.1. break

La sentencia **break** finaliza el bucle que la contiene.

El flujo de control del programa pasa a la sentencia inmediatamente posterior al cuerpo del bucle.

Si la sentencia **break** se encuentra dentro de un bucle anidado (un bucle dentro de otro bucle), finalizará el bucle más interno.

```
j = 0
s = "string"
while j < len(s):
    val = s[j]
    j += 1
    if val == "i":
        break
    print(val)
print("Fin")
```

produce:

```
s
t
r
Fin
```

2.4.2. continue

La sentencia **continue** se usa para saltarse el resto del código dentro de un bucle en la iteración actual.

El bucle no finaliza sino que continúa con la siguiente iteración.

```
j = 0
s = "string"
while j < len(s):
    val = s[j]
    j += 1
    if val == "i":
        continue
    print(val)
print("Fin")
```

produce:

```
s
t
r
n
g
Fin
```

2.4.3. Excepciones

Incluso aunque una sentencia o expresión sea sintácticamente correcta, puede provocar un error cuando se intente ejecutar o evaluar.

Los errores producidos y detectados durante la ejecución del programa se denominan **excepciones**.

Decimos que el programa **lanza o levanta una excepción** cuando se produce un error detectado por el intérprete.

Las excepciones no tienen por qué ser incondicionalmente fatales si se capturan y se gestionan adecuadamente.

En cambio, la mayoría de las excepciones no son gestionadas por el programa y, por consiguiente, provocan mensajes de error y la terminación de la ejecución del programa.

Por ejemplo:

```
>>> 10 * (1 / 0)
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
ZeroDivisionError: division by zero
>>> 4 + spam * 3
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'spam' is not defined
>>> '2' + 2
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: Can't convert 'int' object to str implicitly
```

La última línea del mensaje de error indica qué ha ocurrido.

Hay distintos tipos de excepciones y ese tipo se muestra como parte del mensaje: los tipos del ejemplo anterior son `ZeroDivisionError`, `NameError` y `TypeError`.

El resto de la línea proporciona detalles sobre el tipo de excepción y qué lo causó.

2.4.3.1. Gestión de excepciones

Es posible escribir programas que gestionen excepciones concretas.

Para ello se utiliza una estructura de control llamada **try ... except**.

La sintaxis es:

```
<gestión_excepciones> ::=
try:
    <sentencia>
except [<excepcion> [as <identificador>]]:
    <sentencia>+
[else:
    <sentencia>]
[finally:
    <sentencia>]
```

donde:

```
<excepcion> ::= <nombre_excepcion>
               | (<nombre_excepcion>(<nombre_excepcion>)*)
```

Su funcionamiento es el siguiente:

- Se intenta ejecutar el bloque de sentencias del **try**.
- Si durante su ejecución no se levanta ninguna excepción, se ignoran los **except**, se ejecutan las sentencias del **else** (si existe) y finalmente las sentencias del **finally** (si existe).

- Se levante o no se levante alguna excepción durante la ejecución del **try**, siempre se ejecutan las sentencias del **finally** (si existe) justo antes de salir de la estructura **try**.

Si se levanta alguna excepción durante la ejecución del **try**:

- Se crea en memoria un objeto que representa a esa excepción, cuyo tipo coincide con el tipo de la excepción lanzada.
- Se busca (por orden de arriba abajo) algún **except** que cuadre con el tipo de excepción que se ha lanzado.

- Si se encuentra, se ejecutan las sentencias asociadas a ese **except**.

En ese caso, decimos que la excepción se ha gestionado o «*capturado*» y ésta desaparece de la memoria.

- Si no se encuentra, se provoca la finalización abrupta del código asociado al marco actual, y la excepción baja por la pila de control hasta que algún **try ... except** la capture.
- Si se acaba la pila de control y la excepción no se captura, el programa finaliza su ejecución con un error.

Por ejemplo, el siguiente programa pide al usuario que introduzca un número entero por la entrada. Si el dato introducido es correcto (es un número entero), lo muestra a la salida multiplicado por tres y dice que la cosa acabó bien. Si no, muestra un mensaje de advertencia:

```
try:
    x = int(input("Introduzca un número entero: "))
    print(x * 3)
except ValueError:
    print("¡Vaya! No ha introducido un número entero.")
else:
    print("La cosa ha acabado bien.")
finally:
    print("Fin")
```

En cualquiera de los dos casos, siempre acaba diciendo **Fin**.

Y volvemos a ampliar de nuevo nuestra gramática:

```
<sentencia> ::= <sentencia_simple> | <estructura>
<estructura> ::= <secuencia>
                | <selección>
                | <iteración>
                | <gestión_excepciones>
<gestión_excepciones> ::=
try:
    <sentencia>
except [<excepcion> [as <identificador>]]:
    <sentencia>+
[else:
    <sentencia>]
[finally:
    <sentencia>]
```

Existen dos estrategias generales de gestión de errores:

- **«Mirar antes de saltar»** (*Look Before You Leap, LBYL*): Este estilo de código se basa en comprobar explícitamente las precondiciones antes de realizar acciones que puedan fallar, y se caracteriza por la presencia de muchas sentencias **if**.

En un entorno multihilo, esta estrategia puede introducir condiciones de carrera entre el «mirar» y el «saltar». Por ejemplo, este código:

```
if clave in diccionario:
    return diccionario[clave]
```

puede fallar si otro hilo borra la clave tras la comprobación de la condición pero antes de acceder al diccionario. Se puede resolver con bloqueos o usando la otra estrategia.

- **«Es más fácil pedir perdón que pedir permiso»** (*Easier to ask for forgiveness than permission, EAFP*): Este estilo, más común en Python, supone que todo va a ir bien y captura excepciones si algo acaba yendo mal. Es un estilo limpio y rápido que se caracteriza por la presencia de muchas sentencias **try ... except**.

2.4.3.2. Lanzamiento de excepciones

Podemos lanzar una excepción en cualquier momento usando la sentencia **raise**.

Su sintaxis es:

```
<raise> ::= raise <excepción>
<excepción> ::= <tipo_excepción>(<mensaje>)
```

donde *<excepción>* es una expresión que crea una excepción de un determinado tipo indicado en *<tipo_excepción>*, y *<mensaje>* es la cadena que contiene la información asociada a la excepción (generalmente, un mensaje de error).

Por ejemplo:

```
raise ValueError('Valor incorrecto.')
```

donde la expresión `ValueError('Valor incorrecto')` crea la excepción, y la orden **raise** la lanza.

Algunos ejemplos de excepciones que podemos lanzar (y capturar) son:

- **IndexError**: Se produce al intentar usar un índice incorrecto en una tupla, lista, etc.
- **NameError**: Se produce al intentar resolver un nombre que no está en el entorno.
- **SyntaxError**: Se produce cuando se encuentra un error sintáctico en el código.
- **TypeError**: Se produce cuando una operación o función se aplica a un objeto de tipo inapropiado.
- **ValueError**: Se produce cuando una operación o función recibe un argumento que tiene el tipo correcto pero un valor inapropiado.

- **ZeroDivisionError**: Se produce al intentar dividir entre cero.

3. Metodología de la programación estructurada

3.1. Diseño descendente por refinamiento sucesivo

El diseño descendente es una técnica de refinamiento por etapas que consiste en descomponer la solución de un problema complejo en instrucciones o pasos más sencillos, realizándose esta operación de forma sucesiva hasta llegar al máximo nivel de detalle en el cual se pueden codificar directamente las operaciones en un lenguaje de programación estructurado.

Con esta técnica, los programas se crean en distintos niveles de refinamiento, de forma que cada nuevo nivel define la solución de forma más concreta y subdivide las operaciones en otras más detalladas.

Los programas se diseñan de lo general a lo particular por medio de sucesivos refinamientos o descomposiciones que nos van acercando a las instrucciones finales del programa.

El último nivel permite la codificación directa en un lenguaje de programación.

3.2. Recursos abstractos

Escribir un programa en términos de recursos abstractos consiste en suponer que, en cada nivel de refinamiento, todos los elementos (instrucciones, expresiones, funciones, etc.) que aparecen en la solución están ya disponibles directamente en nuestro lenguaje de programación (como si fuera un lenguaje «mágico»), aunque no sea verdad.

Esos elementos o recursos se denominan abstractos porque los usamos en un determinado nivel de refinamiento sin tener que saber cómo funcionan realmente por dentro, o incluso si existen realmente. Nosotros suponemos que sí existen y que hacen lo que tienen que hacer sin preocuparnos del cómo.

En el siguiente refinamiento, aquellos elementos que no estén implementados ya directamente en el lenguaje se refinarán reescribiéndolos con elementos más detallados, bajando el nivel de abstracción y acercándonos cada vez más a una solución que sí se pueda implementar en el lenguaje.

El refinamiento acaba cuando la solución se encuentra completamente definida usando los elementos que proporciona el lenguaje de programación (ya no hay recursos abstractos).

Al diseñar un programa estructurado, **se deben estructurar al mismo tiempo tanto las instrucciones como los datos** que éstas manipulan.

Por tanto, el diseño descendente por refinamiento sucesivo se debe ir aplicando también a los datos además de a las instrucciones.

En cada paso del refinamiento, tanto las instrucciones como los datos se deben considerar recursos abstractos, de forma que, en un determinado nivel de abstracción, las instrucciones y los datos deberían estar refinados con el mismo nivel de detalle.

Hay que evitar, por tanto, que las instrucciones estén poco detalladas y los datos muy detallados, o viceversa.

3.3. Ejemplo

Supongamos que queremos escribir un programa que muestre una tabla de multiplicar de tamaño $n \times n$.

Por ejemplo, para $n = 10$ tendríamos:

1	2	3	...	10
2	4	6	...	20
3	6	9	...	30
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	20	30	...	100

Una primera versión (muy burda y poco refinada) del algoritmo escrito en pseudocódigo, que sería el paso previo al programa escrito en un lenguaje de programación, podría ser:

```
Algoritmo: Tabla de multiplicar de  $n \times n$   
Entrada: El tamaño  $n$  (por la entrada estándar)  
Salida: La tabla de multiplicar de  $n \times n$  (por la salida estándar)  
inicio  
    leer  $n$   
    construir la tabla de  $n \times n$   
fin
```

El programa se plantea como una secuencia de dos sentencias: preguntar el tamaño de la tabla deseada y construir la tabla propiamente dicha.

La sentencia «**leer n** » ya está suficientemente refinada (se puede traducir a un lenguaje de programación) pero la segunda no; por tanto, es un recurso abstracto.

Podríamos traducir ya la sentencia «**leer n** » al lenguaje de programación, o podríamos esperar a tener todas las sentencias refinadas y traducirlas todas a la vez. En este caso, lo haremos de la segunda forma.

La construcción de la tabla se puede realizar fácilmente escribiendo en una fila los múltiplos de 1, en la fila inferior los múltiplos de 2, y así sucesivamente hasta que lleguemos a los múltiplos de n .

Por tanto, el siguiente paso es refinar la sentencia abstracta «**construir la tabla de $n \times n$** », creando un nuevo nivel de refinamiento:

```
Algoritmo: Tabla de multiplicar de  $n \times n$   
Entrada: El tamaño  $n$  (por la entrada estándar)  
Salida: La tabla de multiplicar de  $n \times n$  (por la salida estándar)  
inicio  
    leer  $n$   
     $i \leftarrow 1$   
    mientras  $i \leq n$  hacer  
        escribir la fila de  $i$   
         $i \leftarrow i + 1$ 
```

fin

donde ahora aparece la sentencia «**escribir la fila de i** », que escribe cada una de las filas de la tabla, y que habrá que refinar porque no se puede traducir directamente al lenguaje de programación.

En este nivel refinamos la sentencia que nos falta, quedando:

Algoritmo: Tabla de multiplicar de $n \times n$
Entrada: El tamaño n (por la entrada estándar)
Salida: La tabla de multiplicar de $n \times n$ (por la salida estándar)
inicio
 leer n
 $i \leftarrow 1$
mientras $i \leq n$ **hacer**
 $j \leftarrow 1$
 mientras $j \leq n$ **hacer**
 escribir $i \times j$ sin salto de línea
 $j \leftarrow j + 1$
 escribir un salto de línea
 $i \leftarrow i + 1$
fin

Este es el último nivel de refinamiento, porque todas las instrucciones ya se pueden traducir directamente a un lenguaje de programación.

Por ejemplo, en Python se escribiría así:

```
n = int(input('Introduce el número: '))
i = 1
while i <= n:
    j = 1
    while j <= n:
        print(i * j, end=' ')
        j += 1
    print()
    i += 1
```

O mejor aún:

```
try:
    n = int(input('Introduce el número: '))
    i = 1
    while i <= n:
        j = 1
        while j <= n:
            print(f'{i * j:>3}', end=' ')
            j += 1
        print()
        i += 1
except ValueError:
    print('Número incorrecto')
```

Bibliografía

Pareja Flores, Cristóbal, Manuel Ojeda Aciego, Ángel Andeyro Quesada, and Carlos Rossi Jiménez.
1997. *Desarrollo de Algoritmos y Técnicas de Programación En Pascal*. Ra-Ma.