

Programación estructurada

Ricardo Pérez López

IES Doñana, curso 2025/2026

Generado el 2025/07/30 a las 14:11:00

Índice

1. Aspectos teóricos de la programación estructurada	2
1.1. Programación estructurada	2
1.2. Programa restringido	4
1.3. Programa propio	4
1.4. Estructuras de control	6
1.5. Programa estructurado	7
1.5.1. Ventajas de los programas estructurados	11
1.6. Teorema de Böhm-Jacopini	11
2. Estructuras básicas de control en Python	12
2.1. Secuencia	12
2.2. Selección	13
2.3. Iteración	15
2.4. Otras sentencias de control	18
2.4.1. <code>break</code>	18
2.4.2. <code>continue</code>	18
2.4.3. Excepciones	19
3. Metodología de la programación estructurada	21
3.1. Diseño descendente por refinamiento sucesivo	21
3.2. Recursos abstractos	21
3.3. Ejemplo	22

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:

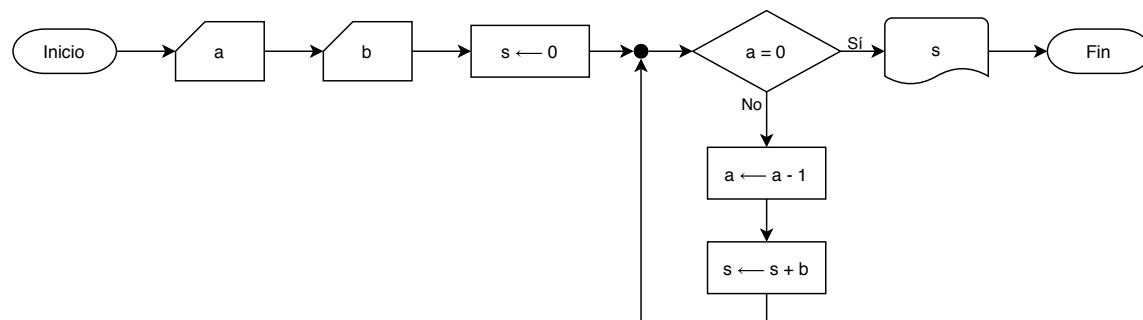
- Por una parte, el **estudio conceptual** se centra en ver qué se entiende por «programa estructurado» para estudiar con detalle sus características fundamentales.
- Por otra parte, dentro del **enfoque práctico** se presentará una metodología que permite construir programas estructurados paso a paso,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

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.

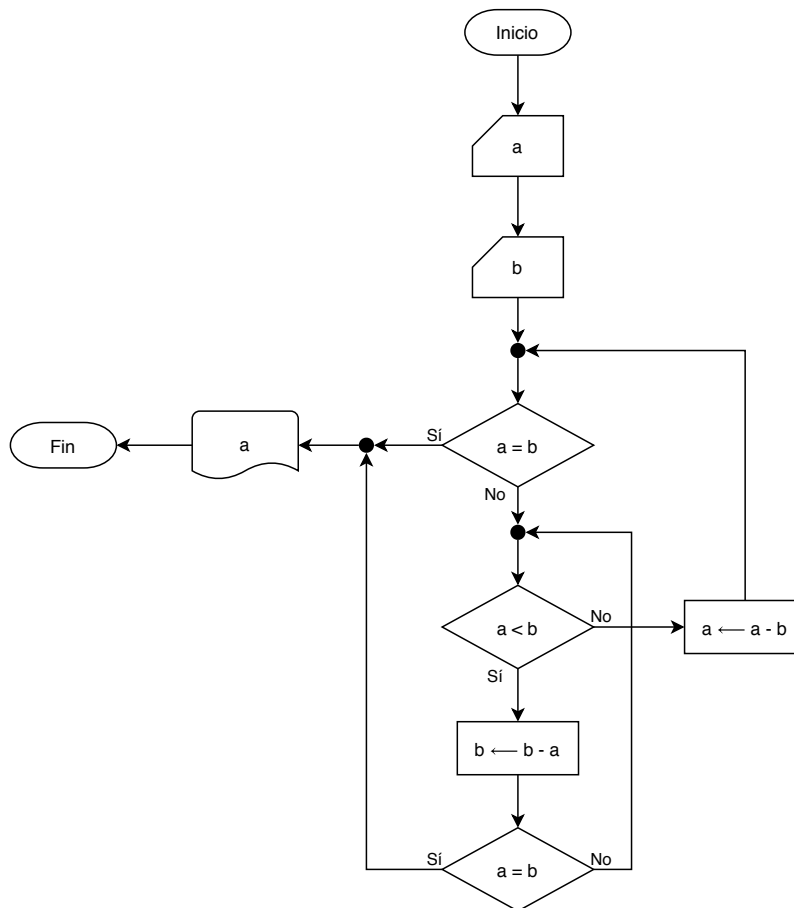
Por ejemplo, el siguiente programa que calcula el producto de dos números resulta sencillo de entender:



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?

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.

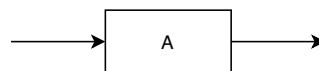
Por tanto, lo que hay que hacer es **impedir que el programador pueda escribir programas de cualquier manera**, y para ello hay que **restringir sus opciones** a la hora de construir programas, de forma que el programa resultante sea fácil de leer, entender, mantener y verificar.

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

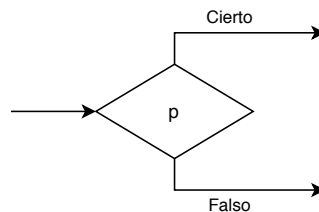
1.2. Programa restringido

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

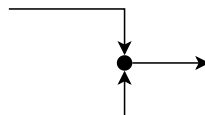
- **Sentencia**, que sirve para representar una instrucción imperativa básica, principalmente *lectura*, *escritura* o *asignación*. A éstas tres se las denominan **acciones primitivas**.
- **Condición**, que sirve para bifurcar el flujo de control del programa por un camino u otro dependiendo del valor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

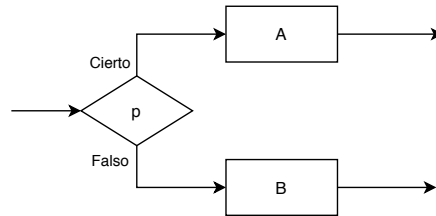
1. Posee un único punto de entrada y un único punto de salida.
2. Para cualquiera de sus componentes, existe al menos un camino desde la entrada hasta él y otro camino desde él hasta la salida.
3. No existen bucles infinitos.

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

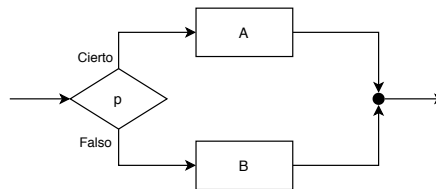
Cuando varios programas propios **se combinan** para formar uno solo, el resultado es también un programa propio.

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.

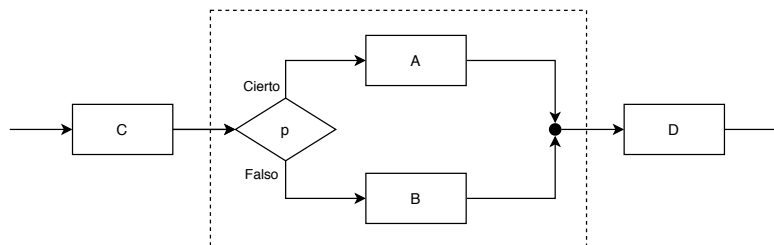
Este es un ejemplo de un programa que no es propio porque **no tiene una única salida**:



Agrupando las salidas se obtiene un programa propio:

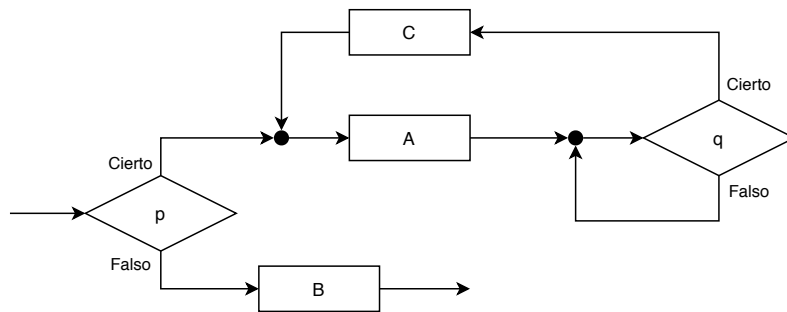


Ese programa propio ahora puede formar parte de otro programa mayor, ya que, al tener una sola entrada y una sola salida, puede actuar como una sentencia y aparecer allí donde pueda haber una sentencia:

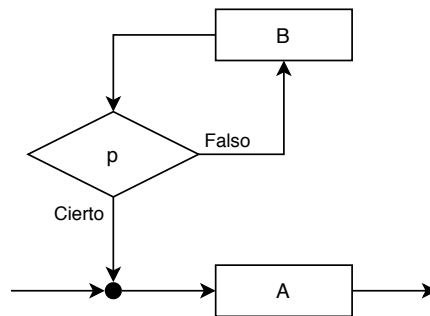


Este principio de *composicionalidad* nos va a ayudar a **escribir programas más complejos** a partir de otros más simples, y es una pieza clave en la programación estructurada. Además, nos va a permitir **verificar la corrección de un programa** comprobando previamente la corrección de los componentes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

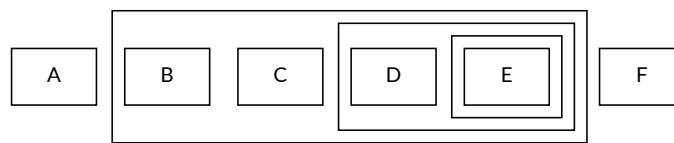


1.4. Estructuras de control

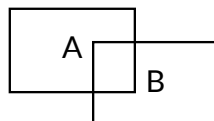
Una **estructura** es una construcción sintáctica que puede **anidarse completamente** dentro de otras estructuras.

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



Estas 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.

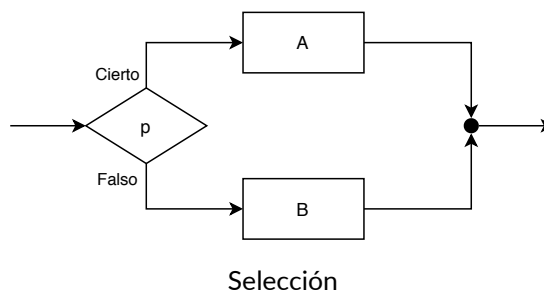
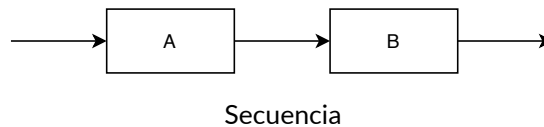
Toda estructura de control, por tanto, representa una **sentencia compuesta** que actúa como un *mini-programa propio* (y, por tanto, con un único punto de entrada y un único punto de salida) que puede formar parte de otro programa mayor.

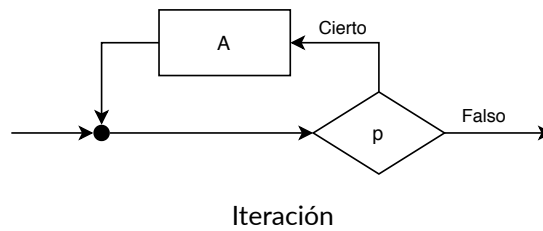
1.5. Programa estructurado

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.





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.

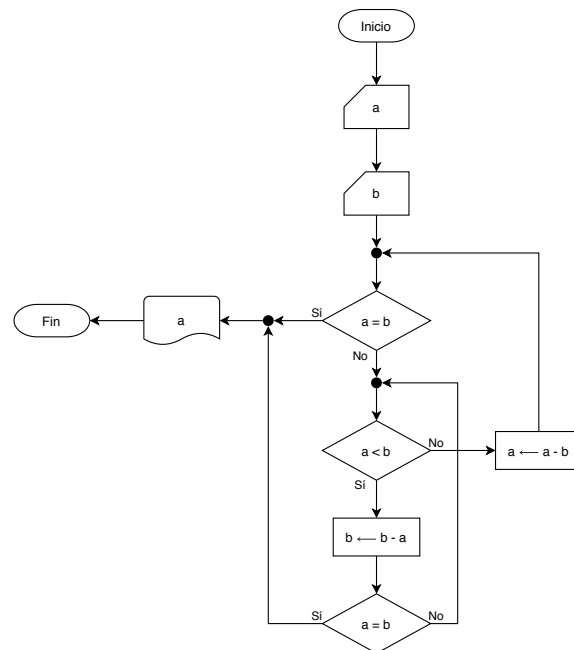
Como las estructuras de control también son sentencias, **cada estructura de control es como un miniprograma dentro del programa.**

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

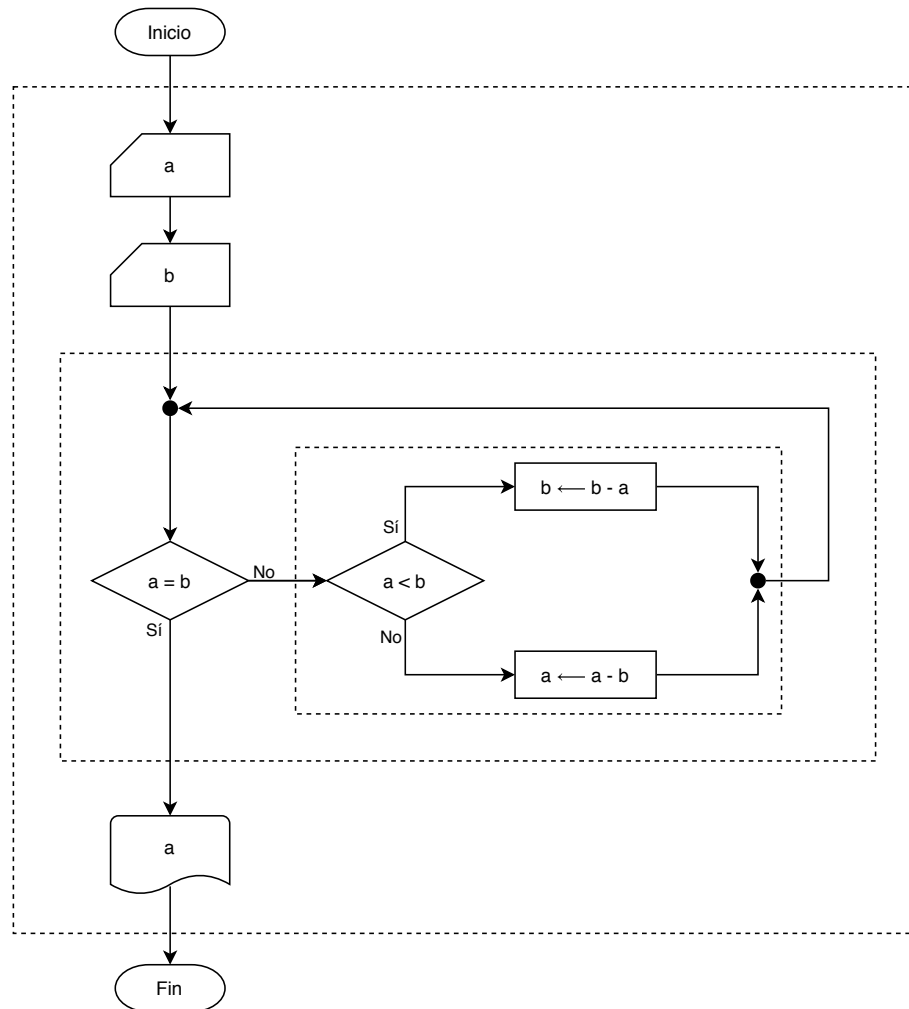
Por eso, las estructuras de control:

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.

```

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

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.

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.

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 cajas negras, lo que facilita trabajar a diferentes niveles de abstracción.
- 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 escribir 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.

2. Estructuras básicas de control en Python

2.1. Secuencia

La **secuencia** (o *estructura secuencial*) en Python consiste sencillamente en poner cada sentencia una tras otra **al mismo nivel de indentación**.

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*).

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')
```

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')
```

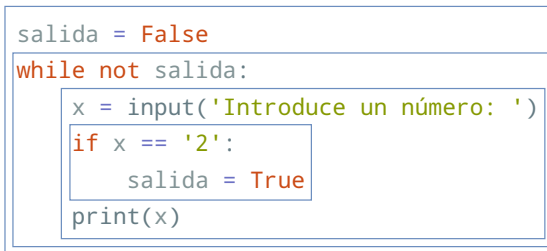
genera la siguiente salida:

0
1
2
3
4
Fin

```
x = 0
while x < 5:
    print(x)
    x += 1
print('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 detectados durante la ejecución del programa se denominan **excepciones** y 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 saltan los **except** y se ejecutan las sentencias del **else**.
- Si se levanta alguna excepción, se busca (por orden de arriba abajo) algún **except** que cuadre con el tipo de excepción que se ha lanzado y, si se encuentra, se ejecutan sus sentencias asociadas.
- Finalmente, y en cualquier caso (se haya levantado alguna excepción o no), se ejecutan las sentencias del **finally**.

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>]

```

3. Metodología de la programación estructurada

3.1. Diseño descendente por refinamiento sucesivo

El diseño descendente es la técnica que consiste en descomponer un problema complejo en problemas 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

Descomponer un programa en términos de recursos abstractos consiste en descomponer una determinada sentencia compleja en sentencias más simples, capaces de ser ejecutadas por un ordenador, y que constituirán sus instrucciones.

Es el complemento perfecto para el diseño descendente y el que nos proporciona el método a seguir para obtener un nuevo nivel de refinamiento a partir del anterior.

Se basa 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 el lenguaje de programación, aunque no sea verdad.

Esos elementos o recursos se denominan abstractos porque los podemos usar directamente 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, 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 del lenguaje de programación (ya no hay recursos abstractos).

Al diseñar un programa estructurado, **se deben estructurar al mismo tiempo tanto el programa como los datos** que éste manipula.

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')
```

Ejercicios

Ejercicios

- Convertir una cantidad de tiempo (en segundos, \mathbb{Z}) en la correspondiente en horas, minutos y segundos, con arreglo al siguiente formato:

3817 segundos = 1 horas, 3 minutos y 37 segundos

- Escribir un programa que, en primer lugar, lea los coeficientes a_2 , a_1 y a_0 de un polinomio de segundo grado

$$a_2x^2 + a_1x + a_0$$

y escriba ese polinomio. Y, en segundo, lea el valor de x y escriba qué valor toma el polinomio para esa x .

Para facilitar la salida, se supondrá que los coeficientes y x son enteros. Por ejemplo, si los coeficientes y x son 1, 2, 3 y 2, respectivamente, la salida puede ser:

$$1x^2 + 2x + 3$$

$$p(2) = 9$$

- Escribir un programa apropiado para cada una de las siguientes tareas:
 - Pedir los dos términos de una fracción y dar el valor de la división correspondiente, a no ser que sea nulo el hipotético denominador, en cuyo caso se avisará del error.
 - Pedir los coeficientes de una ecuación de segundo grado y dar las dos soluciones correspondientes, comprobando previamente si el discriminante es positivo o no.
 - Pedir los coeficientes de la recta $ax + by + c = 0$ y dar su pendiente y su ordenada en el origen en caso de que existan, o el mensaje apropiado en otro caso.
 - Pedir un número natural n y dar sus divisores.
- Escribir un programa que lea un carácter, correspondiente a un dígito hexadecimal:

0, 1, ..., 9, A, B, ..., F

y lo convierta en el valor decimal correspondiente:

0, 1, ..., 9, 10, 11, ..., 15

- Para hallar en qué fecha cae el Domingo de Pascua de un **anyo** cualquiera, basta con hallar las cantidades **a** y **b** siguientes:

```
a = (19 * (anyo % 19) + 24) % 30
b = (2 * (anyo % 4) + 4 * (anyo % 7) + 6 * a + 5) % 7
```

y entonces, ese Domingo es el 22 de marzo + $a + b$ días, que podría caer en abril. Escriba un programa que realice estos cálculos, produciendo una entrada y salida claras.

Bibliografía

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