

Testing Estructural o Caja Blanca

Introducción a la Programación

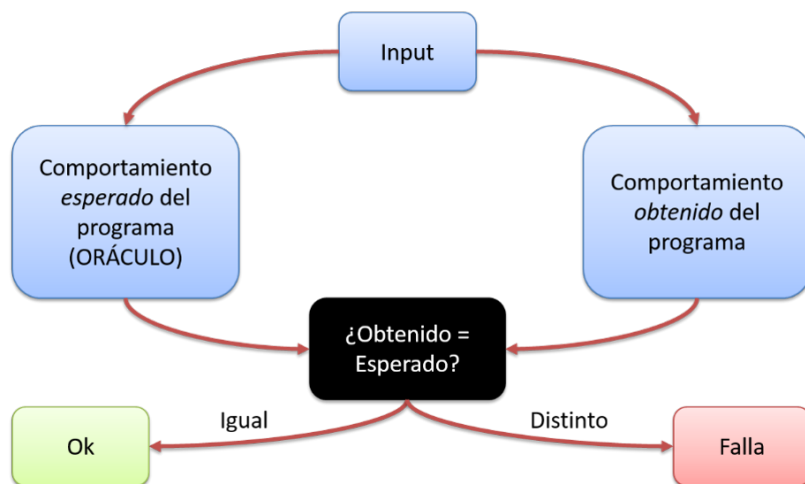
1

IP - AED I: Temario de la clase

- ▶ Testing de caja Blanca
 - ▶ Repaso del concepto de testing.
 - ▶ Control-Flow Graph.
 - ▶ Criterios de adecuación (diferentes tipos de cubrimientos).

2

¿Cómo se hace testing?

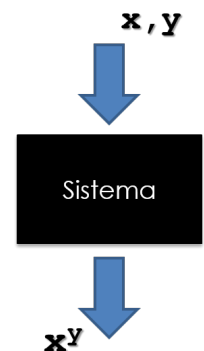


3

Criterios de **caja negra** o funcionales

- ▶ Los datos de test se derivan a partir de la descripción del programa sin conocer su implementación.

```
problema fastexp( $x : \mathbb{Z}, y : \mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z}$ {  
  requiere:  $\{(0 < x \wedge 0 \leq y)\}$   
  asegura:  $\{res = x^y\}$   
}
```



4

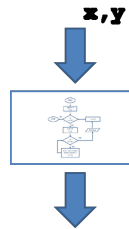
Criterios de caja blanca o estructurales

- Los datos de test se derivan a partir de la estructura interna del programa.

```
def fastexp(x: int, y: int) → int:
    z: int = 1
    while(y != 0):
        if(esImpar(y)):
            z = z * x
            y = y - 1

        x = x * x
        y = y / 2

    return z
```



¿Qué pasa si y es potencia de 2?
¿Qué pasa si $y = 2n - 1$?

5

Criterios de caja blanca o estructurales

Los criterios de caja blanca permiten identificar casos especiales según el flujo de control de la aplicación.

- Ver que sucede si entra o no en un IF
- Ver que sucede si entra o no a un ciclo
- Etc

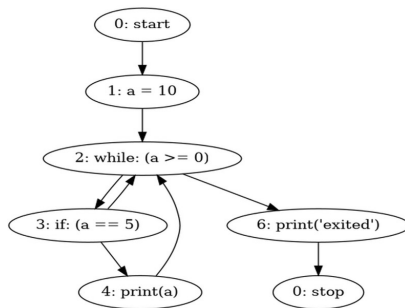
Pero tiene una tremenda dificultad: determinar el resultado esperado de un programa sin una especificación no es para nada trivial.

Por este motivo, el test de caja blanca se suele utilizar como:

- **Complemento al Test de Caja Negra:** permite encontrar más casos o definir casos más específicos
- Como **criterio de adecuación** del Test de Caja Negra: brinda herramientas que nos ayudan a determinar cuán bueno o confiable resultaron ser los test suites definidos.
 - En este contexto hablaremos de **Criterios de Cubrimiento**

6

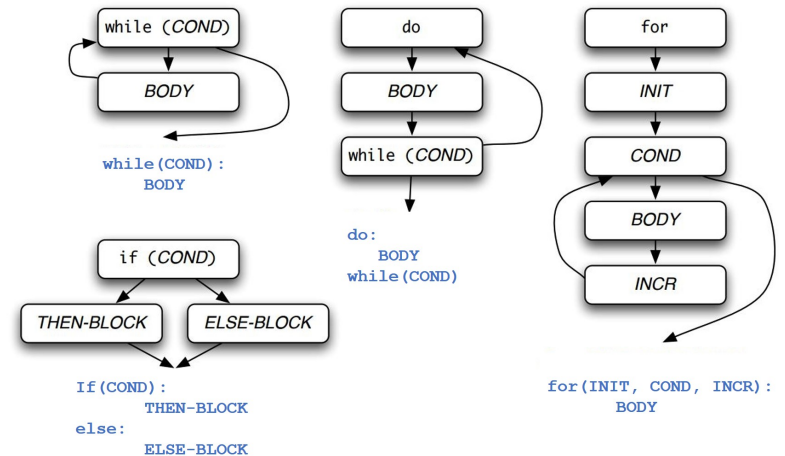
Control-Flow Graph



- El control flow graph (CFG) de un programa es sólo una **representación gráfica del programa**.
- El CFG es independiente de las entradas (su definición es estática)
- Se usa (entre otras cosas) para definir criterios de adecuación para test suites.
- Cuanto más *partes* son ejercitadas (cubiertas), mayores las chances de un test de descubrir una falla
- *partes* pueden ser: nodos, arcos, caminos, decisiones...

7

Control Flow Patterns



8

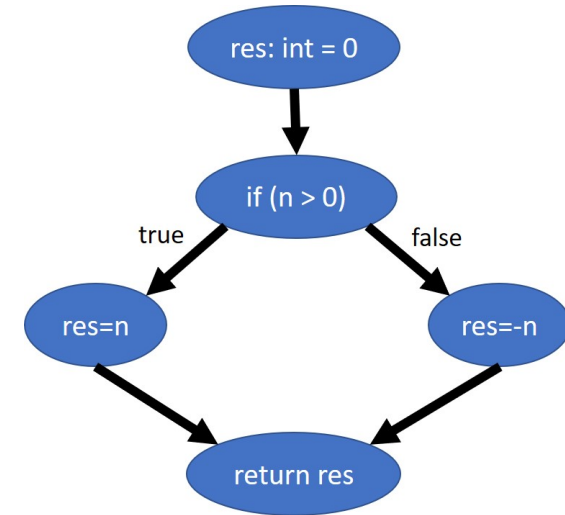
Ejemplo #1

```
problema valorAbsoluto(in x :  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z}$ {  
  requiere: { True }  
  asegura: { res = ||x|| }  
}
```

```
def valorAbsoluto(n: int) → int:  
  res: int = 0  
  
  if ( n > 0 ):  
    res = n  
  else:  
    res = -n  
  
  return res
```

9

CFG de valorAbsoluto



10

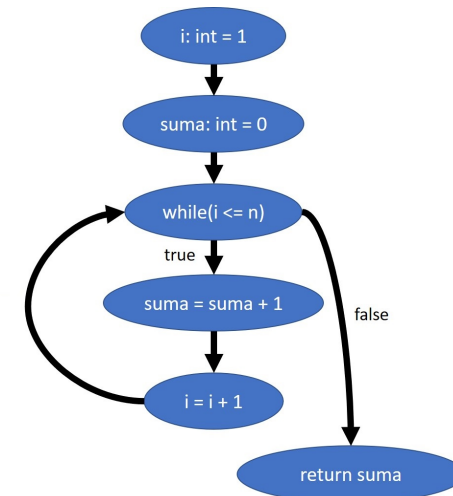
Ejemplo #2

```
problema sumar(in n :  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z}$ {  
  requiere: {  $n \geq 0$  }  
  asegura: { res =  $\sum_{i=1}^n i$  }  
}
```

```
def sumar(n: int) → int:  
  i: int = 1  
  suma: int = 0  
  
  while ( i ≤ n ):  
    suma = suma + i  
    i = i + 1  
  
  return suma
```

11

CFG de sumar



12

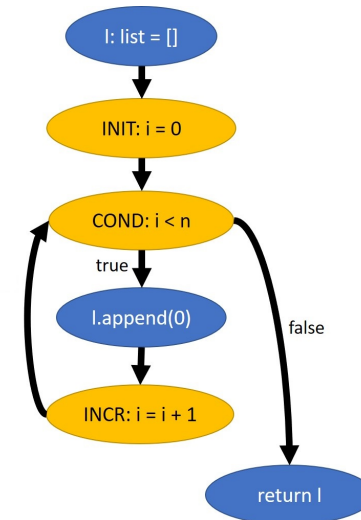
Ejemplo #3

```
problema crearListaN(in n :  $\mathbb{Z}$ ) : seq( $\mathbb{Z}$ ) {  
  requiere: {  $n \geq 0$  }  
  asegura: {  $|res| = n \wedge \#apariciones(res, 0) = n$  }  
}
```

```
def crearListN(int n) → list:  
  l: list = []  
  
  for i in range(0, n, 1):  
    l.append(0)  
  
  return l
```

13

CFG de crearListaN



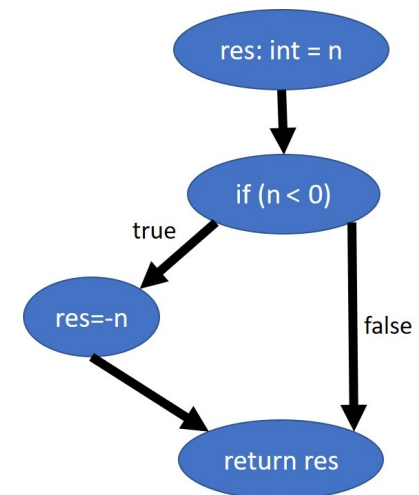
14

Ejemplo #4

```
def valorAbsoluto(n: int) → int:  
  res: int = n  
  
  if ( n < 0 ):  
    res = -n  
  
  return res
```

15

CFG de valorAbsoluto



16

Criterios de Adecuación

- ▶ ¿Cómo sabemos que un *test suite* es *suficientemente bueno*?
- ▶ Un criterio de adecuación de test es un predicado que toma un valor de verdad para una tupla $\langle \text{programa}, \text{test suite} \rangle$
- ▶ Usualmente expresado en forma de una regla del estilo:
todas las sentencias deben ser ejecutadas

17

Cubrimiento de Sentencias

- ▶ Criterio de Adecuación: cada nodo (sentencia) en el CFG debe ser ejecutado al menos una vez por algún test case.
- ▶ Idea: un defecto en un sentencia sólo puede ser revelado ejecutando el defecto.
- ▶ Cobertura:
$$\frac{\text{cantidad nodos ejercitados}}{\text{cantidad nodos}}$$

18

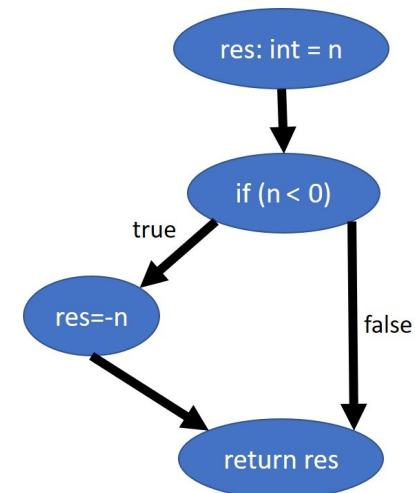
Cubrimiento de Arcos

- ▶ Criterio de Adecuación: todo arco en el CFG debe ser ejecutado al menos una vez por algún test case.
- ▶ Si recorremos todos los arcos, entonces recorremos todos los nodos. Por lo tanto, el cubrimiento de arcos incluye al cubrimiento de sentencias.
- ▶ Cobertura:
$$\frac{\text{cantidad arcos ejercitados}}{\text{cantidad arcos}}$$
- ▶ El cubrimiento de sentencias (nodos) no incluye al cubrimiento de arcos. ¿Por qué?

19

Cubrimiento de Nodos no incluye cubrimiento de Arcos

Sea el siguiente CFG:



En este ejemplo, puedo construir un test suite que cubra todos los nodos pero que no cubra todos los arcos.

20

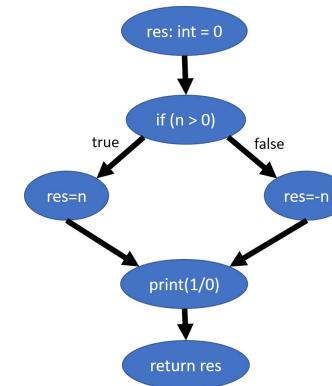
Cubrimiento de Decisiones (o Branches)

- Criterio de Adecuación: cada decisión (arco True o arco False) en el CFG debe ser ejecutado.
- Por cada arco **True** o arco **False**, debe haber al menos un test case que lo ejecute.
- Cobertura:
$$\frac{\text{cantidad decisiones ejercitadas}}{\text{cantidad decisiones}}$$
- El cubrimiento de decisiones **no implica** el cubrimiento de los arcos del CFG. ¿Por qué?

21

Cubrimiento de Branches no incluye cubrimiento de Arcos

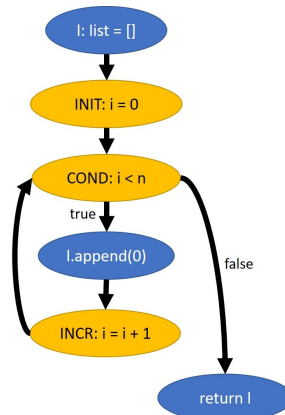
Sea el siguiente CFG:



En este ejemplo, puedo construir un test suite que cubra todos los branches pero que no cubra todos los arcos.

22

CFG de crearListaN



- ¿Cuántos nodos (sentencias) hay? 6
- ¿Cuántos arcos (flechas) hay? 6
- ¿Cuántas decisiones (arcos True y arcos False) hay? 2

23

Cubrimiento de Condiciones Básicas

- Una condición básica es una fórmula atómica (i.e. no divisible) que componen una decisión.
 - Ejemplo: `(digitHigh==1 || digitLow== -1) && len>0`
 - Condiciones básicas:
 - `digitHigh==1`
 - `digitLow== -1`
 - `len>0`
 - No es condición básica: `(digitHigh==1 || digitLow== -1)`
- Criterio de Adecuación: cada condición básica de cada decisión en el CFG debe ser evaluada a verdadero y a falso al menos una vez
- Cobertura:

$$\frac{\text{cantidad de valores evaluados en cada condición}}{2 \times \text{cantidad condiciones básicas}}$$

24

Cubrimiento de Condiciones Básicas

- Sea una única decisión:
(digitHigh==1 || digitLow== -1) && len>0

- Y el siguiente test case:

Entrada	digitHigh==1?	digitLow== -1?	len>0?
digitHigh=1, digitLow=0 len=1,	True	False	True

- ¿Cuál es el cubrimiento de condiciones básicas?

$$C_{\text{cond.básicas}} = \frac{3}{2 \times 3} = \frac{3}{6} = 50\%$$

25

Cubrimiento de Condiciones Básicas

- Sea una única decisión:
(digitHigh==1 || digitLow== -1) && len>0

- Y el siguiente test case:

Entrada	digitHigh==1?	digitLow== -1?	len>0?
digitHigh=1, digitLow=0 len=1,	True	False	True
digitHigh=0, digitLow=-1 len=0,	False	True	False

- ¿Cuál es el cubrimiento de condiciones básicas?

$$C_{\text{cond.básicas}} = \frac{6}{2 \times 3} = \frac{6}{6} = 100\%$$

26

Cubrimiento de Branches y Condiciones Básicas

- **Observación 1:** Cubrimiento de Decisiones no implica cubrimiento de Condiciones Básicas

- Ejemplo: **if(a && b)**
- Un test suite que ejercita solo $a = \text{true}, b = \text{true}$ y $a = \text{false}, b = \text{true}$ logra cubrir ambos branches de **if(a && b)**
- **Pero:** no alcanza cubrimiento de condiciones básica ya que falta $b = \text{false}$

- **Observación 2:** Cubrimiento Condiciones Básicas no implica cubrimiento de Decisiones

- Ejemplo: **if(a || b)**
- Un test suite que ejercita solo $a = \text{true}, b = \text{false}$ y $a = \text{false}, b = \text{true}$ logra cubrir las condiciones básicas de **if(a || b)**
- **Pero:** no alcanza cubrimiento de decisiones ya que falta la rama del *False* que nunca se ejecuta.

- Para ser aprobado, todo software que controla un avión necesita ser testeado con 100 % cubrimiento de branches y 100 % condiciones básicas (RTCA/DO-178B y EUROCAE ED-12B).

27

Cubrimiento de Caminos

- Criterio de Adecuación: cada camino en el CFG debe ser transitado por al menos un test case.

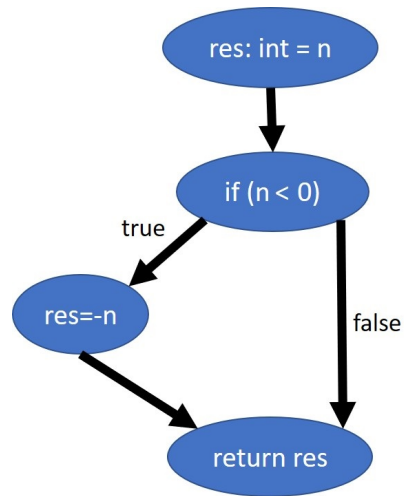
- Cobertura:

$$\frac{\text{cantidad caminos transitados}}{\text{cantidad total de caminos}}$$

28

Caminos para el CFG de valorAbsoluto

Sea el siguiente CFG:

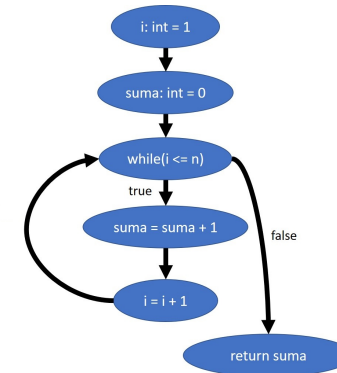


¿Cuántos caminos hay en este CFG? 2

29

Caminos para el CFG de sumar

Sea el siguiente CFG:



¿Cuántos caminos hay en este CFG? La cantidad de caminos no está acotada (∞)

30

Recap: Criterios de Adecuación Estructurales

- ▶ En todos estos criterios se usa el CFG para obtener una métrica del test suite
- ▶ **Sentencias:** cubrir todos los nodos del CFG.
- ▶ **Arcos:** cubrir todos los arcos del CFG.
- ▶ **Decisiones (Branches):** Por cada if, while, for, etc., la guarda fue evaluada a verdadero y a falso.
- ▶ **Condiciones Básicas:** Por cada componente básico de una guarda, este fue evaluado a verdadero y a falso.
- ▶ **Caminos:** cubrir todos los caminos del CFG. Como no está acotado o es muy grande, se usa muy poco en la práctica.

31

esPrimo()

Sea la siguiente implementación que decide si un número $n > 1$ es primo:

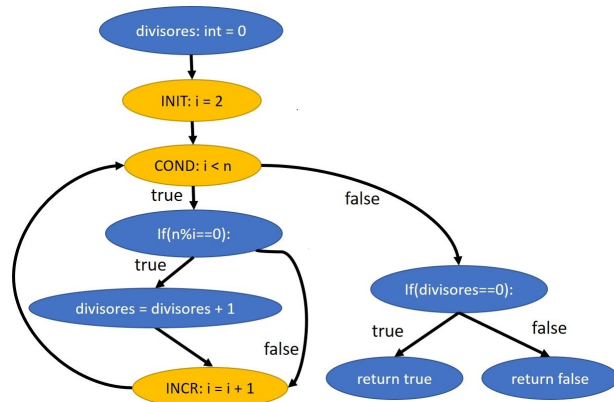
```
def esPrimo(n : int) → bool:
    divisores: int = 0
    for i in range(2, n, 1):
        if (n % i == 0):
            divisores = divisores + 1

    if (divisores == 0):
        return true
    else:
        return false
```

Graficar el CFG de la función esPrimo().

32

esPrimo()



33

Cubrimientos

Sea el siguiente test suite para esPrimo():

- ▶ Test Case #1: valorPar
 - ▶ Entrada: $n = 2$
 - ▶ Salida esperada: $result = true$
- ▶ Test Case #2: valorImpar
 - ▶ Entrada: $n = 3$
 - ▶ Salida esperada: $result = true$
- ▶ ¿Cuál es el cubrimiento de sentencias (nodos) del test suite?

$$Cov_{sentencias} = \frac{7}{9} \sim 77\%$$

- ▶ ¿Cuál es el cubrimiento de decisiones (brances) del test suite?

$$Cov_{branches} = \frac{4}{6} \sim 66\%$$

34

Cubrimientos

Sea el siguiente test suite para esPrimo():

- ▶ Test Case #1: valorPrimo
 - ▶ Entrada: $n = 3$
 - ▶ Salida esperada: $result = true$
- ▶ Test Case #2: valorNoPrimo
 - ▶ Entrada: $n = 4$
 - ▶ Salida esperada: $result = false$
- ▶ ¿Cuál es el cubrimiento de sentencias (nodos) del test suite?

$$Cov_{sentencias} = \frac{9}{9} = 100\%$$

- ▶ ¿Cuál es el cubrimiento de decisiones (brances) del test suite?

$$Cov_{branches} = \frac{6}{6} = 100\%$$

35

Discusión

- ▶ ¿Puede haber partes (nodos, arcos, branches) del programa que no sean alcanzables con **ninguna** entrada válida (i.e. que cumplan la precondition)?
- ▶ ¿Qué pasa en esos casos con las métricas de cubrimiento?
- ▶ Existen esos casos (por ejemplo: código defensivo o código que sólo se activa ante la presencia de un estado inválido)
- ▶ El 100 % de cubrimiento suele ser no factible, por eso es una medida para analizar con cuidado y estimar en función al proyecto (ejemplo: 70 %, 80 %, etc.)

36