Prueba de programas

Programación I

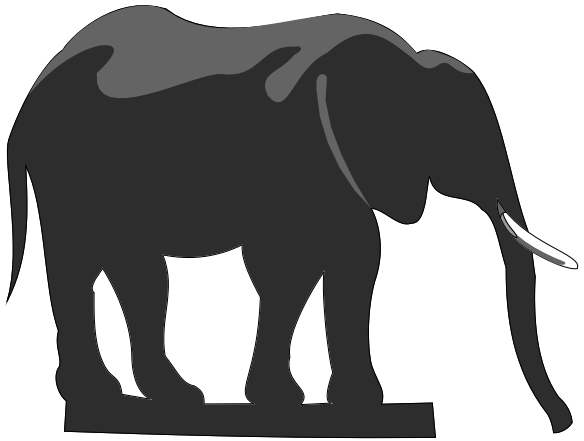
Grado en Ingeniería Informática

MDR, JCRdP y JDGD

Propiedades del software

Corrección

Amigabilidad



Robustez

Introducción

- Las posibilidades de que se cometan **errores** en el desarrollo de programas son **enormes**
  - Encontrar estos errores es una tarea primordial

- La **correctitud** de un programa nunca estará garantizada si no se realiza una *verificación formal*

Introducción

- Las **pruebas** de software son los procesos de **búsqueda de errores** en el software
  - Factor crítico para determinar la calidad del software

- El proceso de prueba consiste en comparar el estado o *comportamiento del software* con respecto a un ***oráculo*** (verdad prestablecida)

  - Este **oráculo** son las especificaciones, productos comparables, versiones previas del mismo producto, inferencias con respecto al propósito esperado, expectativas del cliente o usuario, estándares, etc.

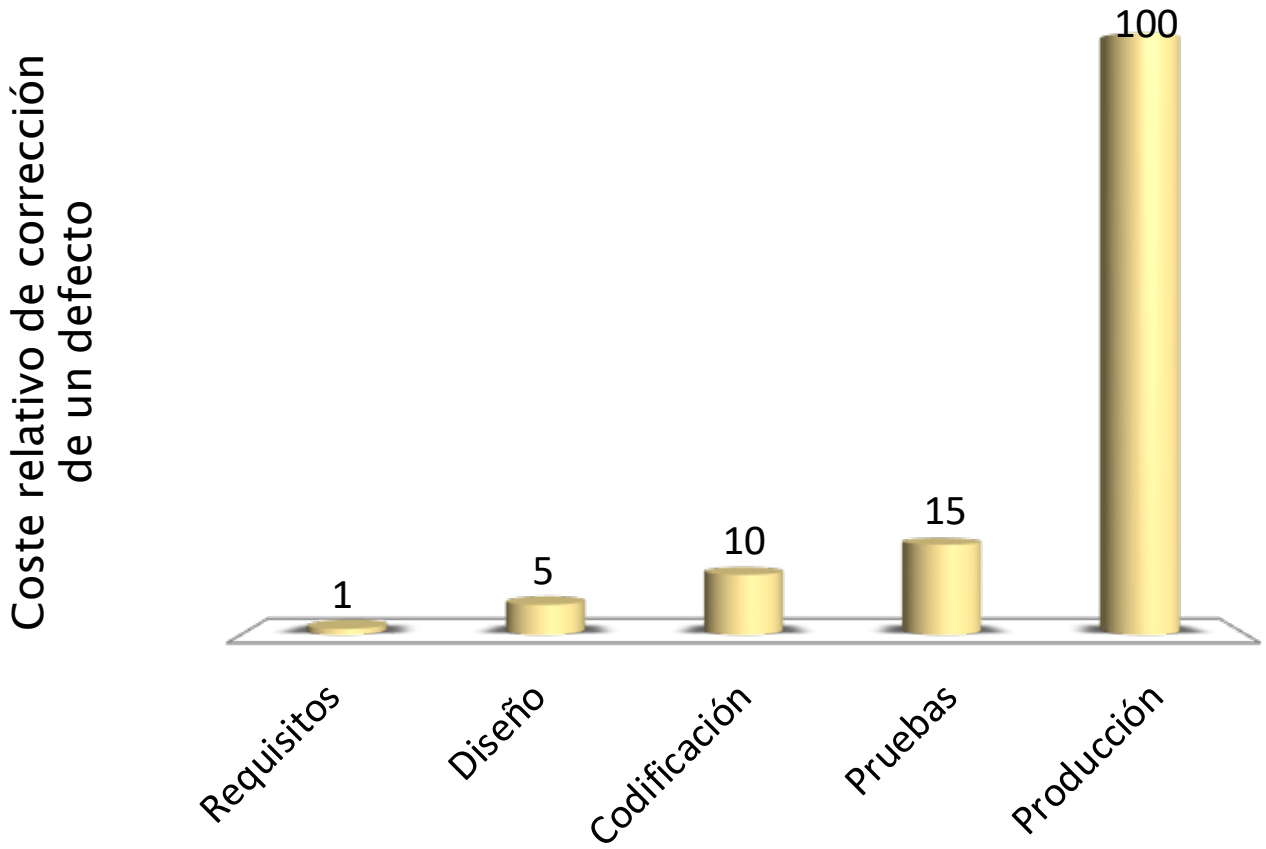
Errores, defectos y fallos

- Los **defectos** en los programas son la plasmación de **errores** en el código, en los requisitos, etc.

- Los **fallos** son resultado de la ejecución de un defecto
  - Pueden existir defectos que no resultan en fallos, como código que no se ejecuta nunca
  - Otros defectos pueden mostrarse sólo al cambiar de plataforma (S.O. o máquina) o cambio de software con el que se interacciona

Coste de los defectos

Barry Boehm, “Equity Keynote Address” March 19, 2007.



Fundamento de las pruebas

- El **objetivo** de las pruebas es detectar los defectos del software con el menor coste y en el menor tiempo posible
- Una prueba tiene éxito cuando encuentra un error
- Una prueba se considera mejor que otra cuando tiene más posibilidades de encontrar un error

Fundamento de las pruebas

- La pruebas **no pueden demostrar** la ausencia de defectos, sólo pueden señalar su existencia
  - Las pruebas, si se superan, solo muestran que el software funciona bien para los casos probados

- Las pruebas exhaustivas son impracticables
  - El número de entradas posibles a un programa hace inviable este cometido

Características de las pruebas

- Las pruebas tienen más **probabilidad de éxito** si son realizadas por programadores que no desarrollaron el software (prejuicios).

- **Enfoque** de las pruebas:
  - **Descubrir** que el software no hace lo que debe hacer
  - **Descubrir** que el software hace lo que no debe hacer

- Las pruebas no deben dejar de explorar casos por suponerlos correctos a priori

Características de las pruebas

- Las pruebas deben realizarse en modo ascendente
  - Inicialmente se deben centrar en elementos básicos e independientes como procedimientos, funciones y módulos
  - Después se deben comprobar los que usan los ya probados e ir subiendo el nivel de complejidad para finalizar con el programa completo
- Una buena prueba no debe ser redundante
  - El tiempo es un recurso importante y no hay motivo para repetir el mismo caso dos veces en una prueba
  - Cada prueba debe tener un objetivo distinto

Casos de prueba

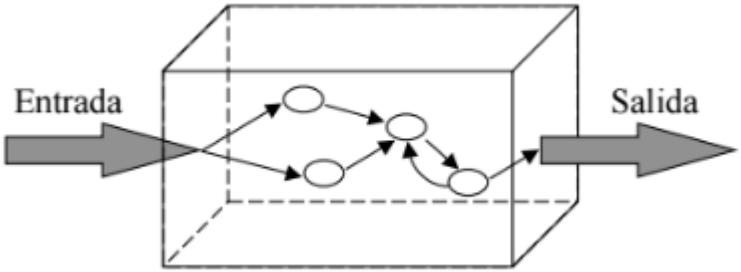
- Las pruebas **se concretan** en la ejecución de una serie de casos de prueba (batería de pruebas)
  - Seleccionados para encontrar errores con mayor probabilidad
- Cada **caso de prueba** se compone de una entrada de datos y secuencia de ejecución y unos datos esperados de salida (oráculo)
- Para **probar un caso**, se ejecutan las instrucciones para los datos de entrada, y se compara el resultado obtenido con el esperado
  - Se deben incluir **datos de entrada válidos** y esperados, **y no válidos** e inesperados

Proceso de pruebas

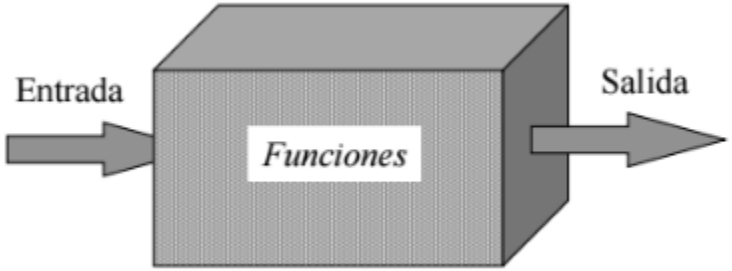
- Desarrollo de software tradicional:
  - Equipo de prueba independiente
  - Puede iniciarse cuando existan funcionalidades disponibles o al inicio del desarrollo
  - Fases: planificación, desarrollo de pruebas, ejecución, informe de errores, análisis de errores, reejecución, prueba de regresión, informe final
- Desarrollo de software extremo:
  - Diseño dirigido por pruebas (TDD)
  - Las pruebas son lo más importante
  - Primero se escriben las pruebas y después el código que las pasa

Tipos de pruebas

- **Caja blanca**: Se basa en el conocimiento del código del programa a probar (cobertura de código)



- **Caja negra**: Se basa en la especificación (interfaz)



- **Caja gris**: Conociendo el código para mejorar los casos de prueba de caja negra

Pruebas de caja blanca

- **Objetivo**:
  - Probar todos los caminos por los que pasa el flujo de ejecución de un programa
  - El número de caminos aumenta exponencialmente con el número de condiciones y bucles

- **Prueba del Camino Básico**:
  - Se obtiene el grafo del flujo de ejecución del programa
  - Se calcula la complejidad ciclomática
  - Se obtiene el conjunto de caminos básicos
  - Se diseñan los casos de prueba que fuerzan la ejecución de cada camino

Grafo del flujo de ejecución

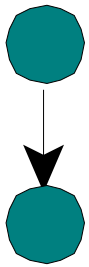
- El grafo del flujo representa los caminos de ejecución que se pueden seguir en un subprograma, módulo, etc.

- Es un **grafo orientado**
  - Los **vértices** representan instrucciones o conjuntos de instrucciones que se ejecutan como una unidad o condiciones en el flujo (*vértices predicados*)
  - Los **arcos** representan la posibilidad de que una vez terminada la ejecución de un vértice se pase a ejecutar otro

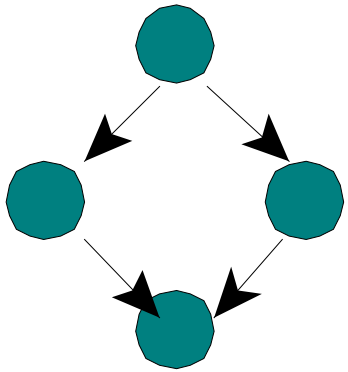
Grafo del flujo de ejecución

Grafos de flujo de las sentencias de control

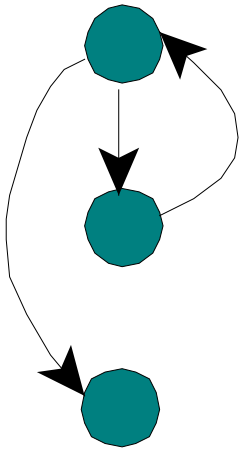
Secuencial



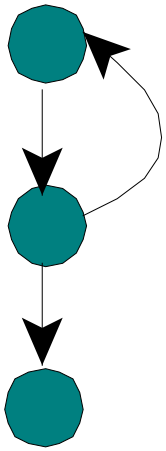
Alternativa



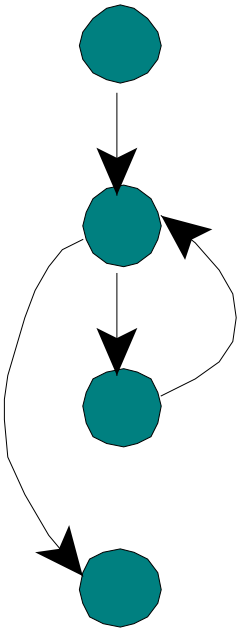
Mientras



Repetir hasta

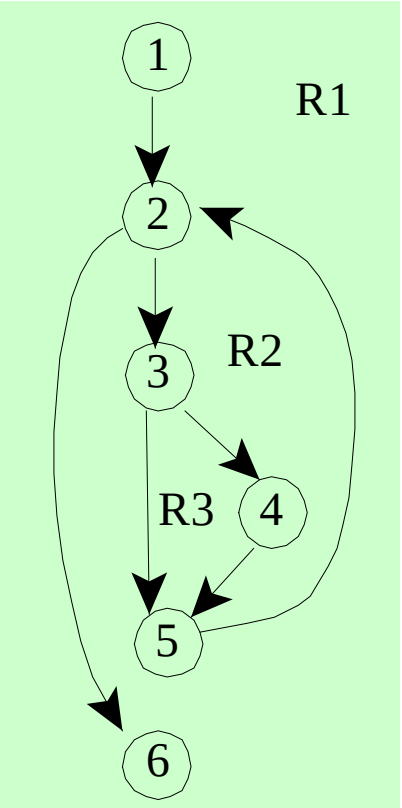


Para



Ejemplo: grafo del flujo de la función MultiplicaciónRusa

```
public static int multRusa(int n, int m){
    int a, b, p;
1   a=n; b=m; p=0;
2   while ( a > 0 ){
3      if ( a%2 == 1 ){
4         p = p+b;
       }
5      a=a/2; b=b*2;
    }
6   return p;
}
```



Complejidad ciclomática

- Representa la complejidad de la lógica de ejecución del programa

- Determina el número de caminos independientes que forman un conjunto de caminos básicos
  - Caminos independientes son aquellos que al menos recorren un nuevo arco no utilizado en los caminos anteriores
  - Indica el número mínimo de pruebas que garantiza la ejecución de cada instrucción al menos una vez

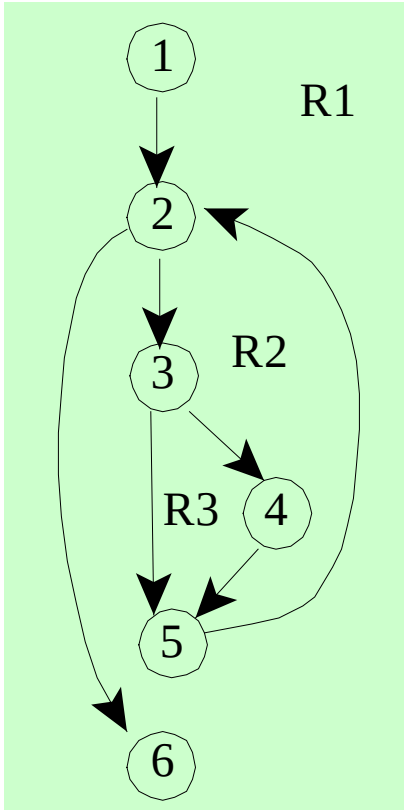
Complejidad ciclomática

- Sea G=<N, A> el grafo del flujo, N el conjunto de vértices y A el de arcos

- La complejidad ciclomática se representa por CC(G) y se puede calcular de varias formas:
  - CC(G) = Número de regiones en que se subdivide el plano que representa el grafo. La zona que queda fuera del grafo se considera una región más
  - CC(G) = A-N+2
  - CC(G) = V+1, donde V es el número de vértices predicados (desde donde parte más de un arco)

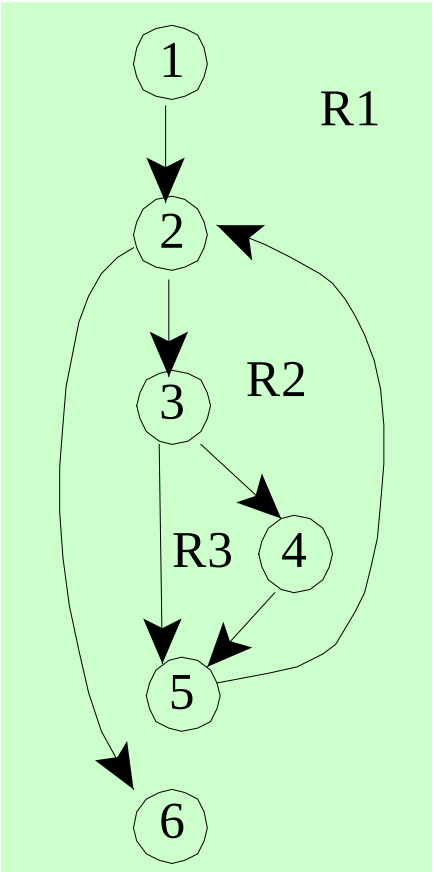
Ejemplo: complejidad ciclomática de la función MultiplicaciónRusa

- La complejidad ciclomática según los distintos métodos:
  - CC(G) = 3, porque existen las regiones R1, R2 y R3
  - CC(G) = 7−6+2 = 3, debido a que A=7 y N=6
  - CC(G) = 2+1, ya que de los vértices 2 y 3 son vértices predicados (sale más de un arco)



Ejemplo: Casos de prueba para la función MultiplicaciónRusa

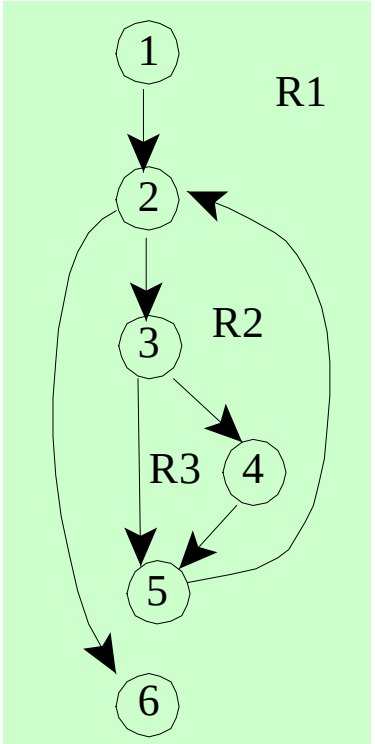
- Partiendo del código fuente se obtiene el grafo de flujo
- La complejidad ciclomática del grafo es 3
- El conjunto de caminos básicos es:
  - 1, 2, 6
  - 1, 2, 3, 5, 2, 6 (1, 2, 3, 4, 5, 2, 6)
  - 1, 2, 3, 4, 5, 2, 6 (1, 2, 3, 5, 2, 3, 4, 5, 2, 6)



Ejemplo: Casos de prueba para la función MultiplicaciónRusa

- Para el camino "1, 2, 6", n=0 y m cualquier valor entero positivo. Resultado: p=0

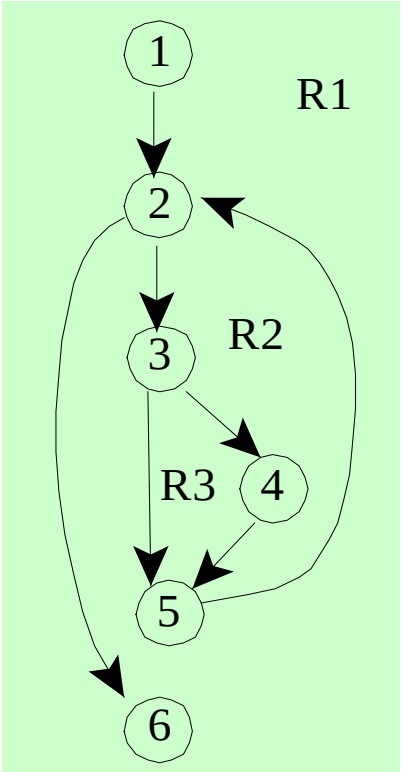
```
public static int multRusa(int n, int m){
    int a, b, p;
1   a=n; b=m; p=0;
2   while ( a > 0 ){
3       if ( a%2 == 1 ){
4           p = p+b;
        }
5       a=a/2; b=b*2;
    }
6   return p;
}
```



Ejemplo: Casos de prueba para la función MultiplicaciónRusa

- Para el camino "1, 2, 3, 4, 5, 2, 6", n=1 y m cualquier valor entero positivo. Resultado: p=m

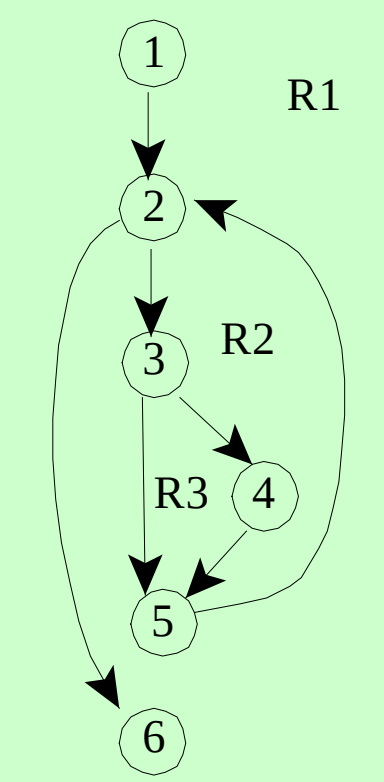
```
public static int multRusa(int n, int m){
    int a, b, p;
1   a=n; b=m; p=0;
2   while ( a > 0 ){
3      if ( a%2 == 1 ){
4         p = p+b;
       }
5      a=a/2; b=b*2;
    }
6   return p;
}
```



Ejemplo: Casos de prueba para la función MultiplicaciónRusa

- Para el camino "1, 2, 3, 5, 2, 3, 4, 5, 2, 6", n=2 y m cualquier valor entero positivo. Resultado: p=2*m

```
public static int multRusa(int n, int m){
    int a, b, p;
1   a=n; b=m; p=0;
2   while ( a > 0 ){
3      if ( a%2 == 1 ){
4         p = p+b;
       }
5      a=a/2; b=b*2;
    }
6   return p;
}
```



Pruebas de caja negra

- **Objetivo**:
  - Encontrar las entradas cuya probabilidad de causar un fallo sea lo más alto posible
  - Se pretende comprobar que la funcionalidad del software es la especificada
  - El estudio de todas las posibles entradas y salidas es impracticable

- **Técnicas**:
  - Clases de equivalencia
  - Casos de prueba de los valores límites

Clases de equivalencia

- Técnica de pruebas que divide las posibles entradas de un subprograma en particiones (subconjuntos disjuntos) de los que se pueden derivar los casos de prueba

- Las **particiones** se forman reuniendo las entradas para las que el subprograma tiene un comportamiento equivalente

- Los casos de prueba se diseñan de forma que **se pruebe** al menos un elemento de cada partición

Clases de equivalencia

- Dos **entradas** son **equivalentes** si al ejecutarse desencadenan la misma secuencia de instrucciones

- Tipos:
  - Clases de equivalencia **válidas**: representan valores de entrada/salida válidos al programa
  - Clases de equivalencia **no válidas**: representan valores de entrada/salida no válidos al programa

Límites del uso de la complejidad ciclomática

- Dependiente del código
- Incompatible con la idea de "primero las prueba y después el código"
- No es aplicable a caja negra
- Sí aplicable a **caja gris**

- **Alternativa**: preestablecer las clases de equivalencia según las entradas y el "comportamiento esperado"
- **Se debe establecer una clase de equivalencia para cada tipo de caso que puede tener un comportamiento particular**

Ejemplo: Diseño de casos para probar subprogramas

- Preferible que la **ejecución** dependa sólo de los datos de entrada (por diseño)
- **Probar** clases de equivalencia válidas y no válidas
- **Probar** para cada parámetro algunos valores generales y los valores límite y adyacentes

Casos para un subprograma (1 /2)

- Se desea generar **casos de prueba** para una función que comprueba si un vector de enteros está ordenado, o no
  - Tenemos como **parámetro** de entrada un vector y como **salida** un lógico
  - Los **valores de entrada** son parametrizables en dos aspectos: el tamaño del vector y los valores que contiene
  - La **salida** tiene dos valores (verdadero/falso)

Casos para un subprograma (2/2)

- Tamaño:
  - Extremos: 0, 1, 2, 3
  - Generales: varios valores adecuadamente grandes
- Datos ordenados (resultado verdadero):
  - Extremos: todos los valores iguales, ordenado con valores consecutivos, ordenado con valores consecutivos y/o iguales
  - Generales: varios casos con vectores ordenados con valores diversos
- Datos ordenados (resultado falso):
  - Extremos: con un solo valor desordenado al principio y al final del vector
  - Generales: varios casos con vectores desordenados con valores diversos

Diseño de casos para probar clases

- Se generan casos para los distintos métodos (como en los subprogramas)

- Se debe tener en cuenta el **estado de los objetos**
  - El estado del objeto antes de la llamada es parte de los parámetros
  - El estado del objeto después de la llamada es parte del resultado del método

- Los distintos **casos** de cada método se deben combinar con los estados de los objetos
- No se debe prejuzgar el orden de llamada de los distintos métodos
- Los **errores** se encuentran frecuentemente en los **estados extremos**

Ejemplo: Casos para una clase (1/2)

- Se tiene un **contenedor limitado** en capacidad que no admite repetidos
- Se tiene tres **operaciones**: insertar, buscar y extraer
- Los operaciones tienen como **parámetro** un dato y **devuelve** si la operación tuvo éxito o no

Ejemplo: Casos para una clase (2/2)

- **Valores de entrada**: no están limitados
- La **salida** tiene solo dos valores (verdadero/falso) e influyen en los valores de entrada que deberán ser valores almacenados y no almacenados en el contenedor
- Los **estados** del contenedor son
  - Extremos: vacío, un elemento, lleno, lleno-1
  - General: varios tamaños intermedios
- Los **casos** serán combinación de estados y de valores que están y no están en el contenedor

Métodos accesores, transformadores y neutros

- Los métodos **accesores**: clases de equivalencias determinadas por los distintos estados de los objetos
- Los **neutros**: clases de equivalencias determinadas por los distintos estados de los objetos y los de los parámetros y de los datos devueltos
- Los **transformadores**: clases de equivalencias determinadas por los distintos estados de los objetos y los de los parámetros y de los datos devueltos y estado final

Niveles de pruebas

- **Unidades**: Tiene como objetivo un módulo (clase) del código
- **Integración**: Encontrar fallos al unir los módulos de un programa
- **Sistemas**: Funcionamiento de un sistema completo en máquinas especificadas
  - **Alpha**: Pruebas de usuarios/clientes finales simulados o grupos reducidos. Software aún en desarrollo (incompleto)
  - **Beta**: Después de las Alpha se suministra o libera a conjuntos reducidos de usuarios. Software funcional en pruebas
  - **RC** (Release Candidate). Después de la Beta, si no se encuentran errores es la versión definitiva

Niveles de pruebas

- **Regresión**: Comprobar los efectos de una corrección de error con respecto a versión anterior

- **Aceptación**: Pruebas realizadas por el cliente para comprobar que el software hace lo que quería

Herramientas para pruebas

- Software de ayuda a realización de pruebas (JUnit)
- Depurador (gdb, jdb, ddd, etc.)
- Monitores de ejecución (Valgrind)
- Comprobadores de cobertura (gcov, cobertura)
- Análisis de rendimiento (gprof)

Bibliografía

- Java tools for Extreme Programming: mastering open source tools including Ant, JUnit, and Cactus / Richard Hightower, Nicholas Lesiecki, John Wiley & Sons, New York: (2002)
- **Pruebas de software** http://es.wikipedia.org/wiki/Pruebas_de_software