Programación 2
Estructuras Lineales

Fernando Orejas

1. Estructuras lineales
2. Pilas
3. Colas
4.Listas
5. Implementaciones con vectores

Objetivos

1. Estudiar algunas estructuras de datos
2. Ver cómo podemos construir programas que usan clases predefinidas

Estructuras lineales

Estructuras lineales

- Son estructuras de datos que contienen secuencias de valores
- Los accesos típicos que podemos tener son
  - Al primer elemento
  - Al último elemento
  - Al siguiente elemento
  - Al anterior elemento
- Las modificaciones típicas son inserciones o supresiones que pueden estar limitadas a los extremos

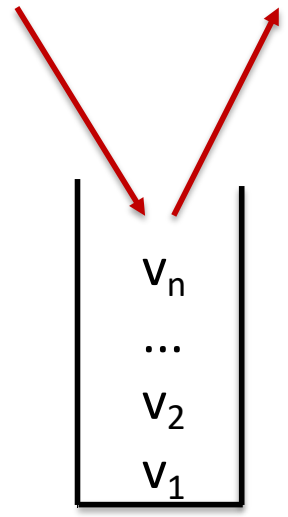
Estructuras lineales

- Ejemplos típicos son pilas, colas, deques, listas, listas con prioridades, etc.
- En la STL de C++: stack, queue, deque, list, priority list, etc.
- Son *templates* (tienen un tipo como parámetro)
- Son contenedores (*containers*)

Pilas

Pilas

- Son estructuras lineales a las que solo se puede *acceder* por un extremo.
- El último insertado es al único que se puede acceder directamente y es el primero suprimido: *Last In – First Out*
- También se les llama *pushdown stores*



Estructuras lineales

- Operaciones básicas:
  - push
  - pop
  - top
  - empty

Especificación de la clase stack

```
template <class T> class stack {
    public:
    // Constructoras

    // Pre: cert
    // Post: crea una pila vacía
     stack ();

    // Pre: cert
    // Post: crea una pila que es una copia de S
     stack (const stack& S);

    // Destructora
    ~stack();
```

```
// Modificadoras

/* Pre: La pila es [a1,...,an], n ≥ 0 */
/* Post: Se añade el elemento x como primero de la pila,
   es decir, la pila será [x,a1,...,an] */
void push(const T& x);

/* Pre: La pila es [a1,...,an] y no está vacía (n>0) */
/* Post: Se ha eliminado el primer elemento de la pila
   original, es decir, la pila será [a2,...,an] */
void pop ();
```

```
// Consultoras

/* Pre: la pila es [a1,...,an] y no está vacía (n>0) */
/* Post: Retorna a1 */
T top() const;

/* Pre: cert */
/* Post: Retorna true si y solo si la pila está vacía */
bool empty() const;

/* Pre: cert */
/* Post: Retorna el número de elementos de la pila*/
int size() const;

};
```

Suma de los elementos de una pila

```
// Pre: cert
// Post: Si la pila está vacía retorna 0
//       si la pila es [a1,...,an], retorna a1+...+an
int suma (stack <int>& p);
```

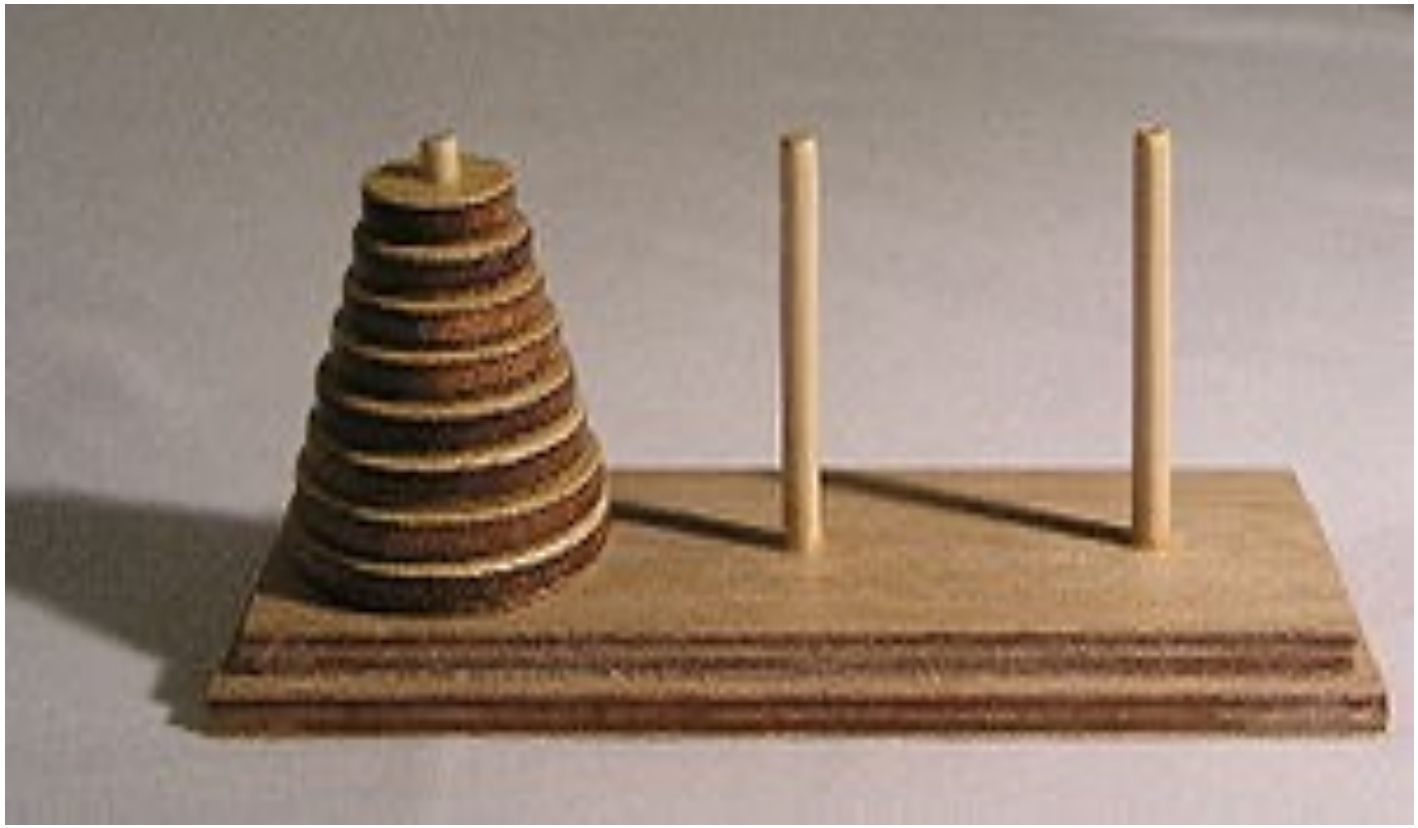
Suma de los elementos de una pila

```
// Pre: cert
// Post: Si la pila está vacía retorna 0
//       si la pila es [a1,...,an], retorna a1+...+an
int suma (stack <int>& p) {
   int s = 0;
      while (not p.empty()) {
         s = s + p.top();
         p.pop();
      }
   return s;
}
```

Utilización de las pilas

Las pilas tienen muchos usos en programación, pero uno de los más importantes es la transformación recursiva-iterativa.

Torres de Hanoi



Especificación

```
// Pre:  N es el número de discos (N≥0).
// Post: Se escribe una solución de cómo mover n discos
//       del poste org al poste dst usando el poste aux como
//       auxiliar

typedef char poste;
void hanoi(int N, poste org, poste aux, poste dst);
```

```
> Hanoi
5
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde L a M
Mueve un disco desde R a M
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde M a L
Mueve un disco desde M a R
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde L a M
Mueve un disco desde R a M
Mueve un disco desde R a L
Mueve un disco desde M a L
Mueve un disco desde R a M
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde L a M
Mueve un disco desde R a M
```

```
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde M a L
Mueve un disco desde M a R
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde M a L
Mueve un disco desde R a M
Mueve un disco desde R a L
Mueve un disco desde M a L
Mueve un disco desde M a R
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde L a M
Mueve un disco desde R a M
Mueve un disco desde L a R
Mueve un disco desde M a L
Mueve un disco desde M a R
Mueve un disco desde L a R
```

Caso general:

- Movemos n-1 discos de la izquierda al centro
- Movemos el mayor disco a la derecha
- Movemos n-1 discos del centro a la derecha

Algoritmo recursivo

```
void Hanoi(int N, poste org, poste aux, poste dst) {
    if (N == 1) {
       cout << “Mueve un disco desde “ << org
            << “ a “ << dst << endl;
    else
       Hanoi(N-1, org, dst, aux);
       cout << “Mueve un disco desde “ << org
             << “ a “ << dst << endl;
       Hanoi(N-1, aux, org, dst);
    }
}
```

Algoritmo iterativo

```
class HanoiTask {
private:
    int n_;
    poste org_, aux_, dst_;
public:
    HanoiTask(int n, poste org, poste aux, poste dst) {
        n_ = n; org_ = org; aux_ = aux; dst_ = dst;
    }
```

Algoritmo iterativo

```
class HanoiTask {
    ...
    // consultoras
    int ndiscos() const { return n_; }
    poste origen() const { return org_; }
    poste auxiliar() const { return aux_; }
    poste destino() const { return dst_; }
    // Pre: ndiscos() == 1
    // Post: escribe en el cout el movimiento necesario
    // para mover un disco)
    void escribir_mov() {
        cout << "Mueve disco de " << org_ << " a " << dst_
             << endl;
    }
};
```

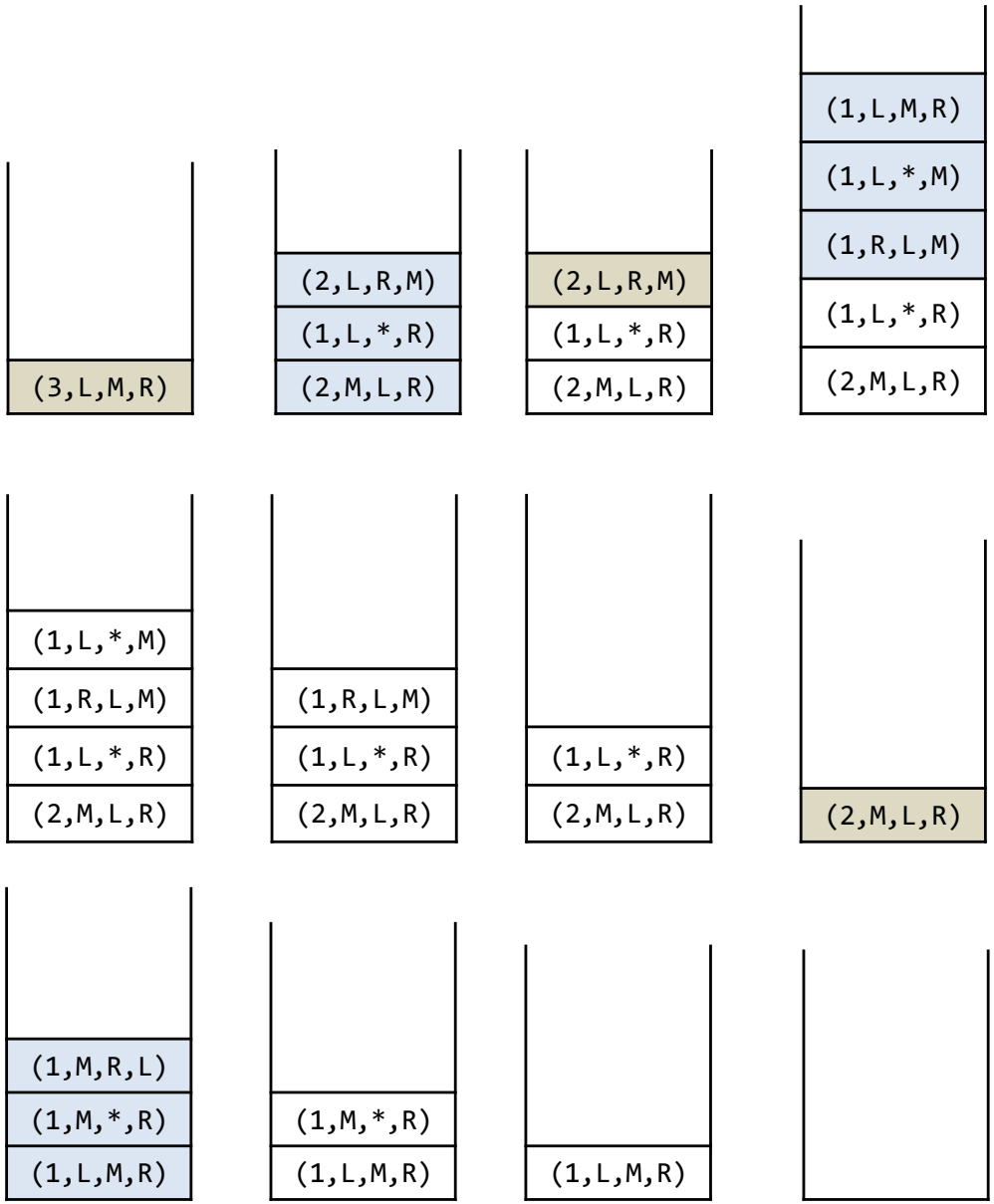
Algoritmo iterativo

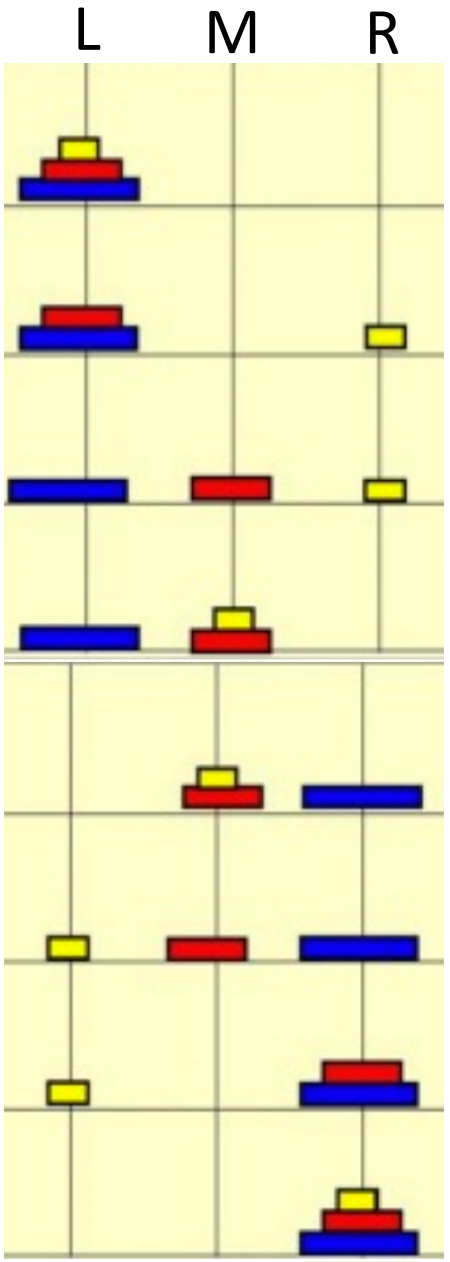
```
void hanoi(int N, poste org, poste aux, poste dst) {
    HanoiTask initial_task(N, org, aux, dst);
    stack <HanoiTask > S;
    S.push(initial_task);
    while (not S.empty()) {
        HanoiTask curr = S.top(); S.pop();
        if (curr.ndiscos() == 1) {
            curr.escribir_mov();
         } else {
        // curr.ndiscos() > 1
        ...
        }
    }
}
```

Algoritmo iterativo

```
        } else {
        // curr.ndiscos() > 1
        ...
    HanoiTask task1(curr.ndiscos()-1,
        curr.origen(), curr.destino(), curr.auxiliar());
    HanoiTask task2(1, curr.origen(), '*',
        curr.destino());
    HanoiTask task3(curr.ndiscos()-1, curr.auxiliar(),
        curr.origen(), curr.destino());
    S.push(task3);
    S.push(task2);
    S.push(task1);
        }
    }
}
```

Torres de Hanoi (N=3) iterativo usando una pila



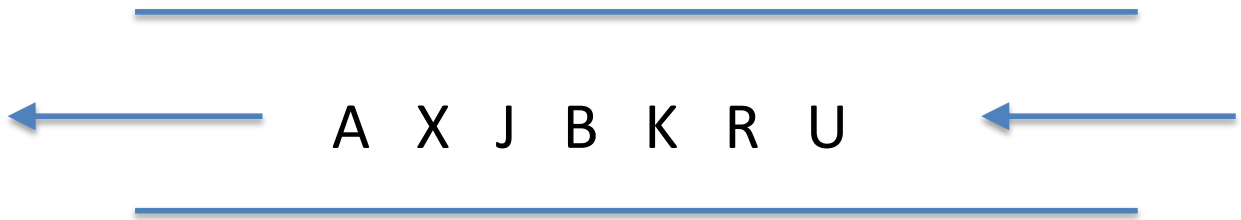


Colas

La clase queue

Tres operaciones básicas:

- Añadir un nuevo elemento (entrar, push)
- Eliminar el primer elemento que ha entrado (salir, pop)
- Ver quién es el primer elemento (primero, front)



Especificación de la clase queue

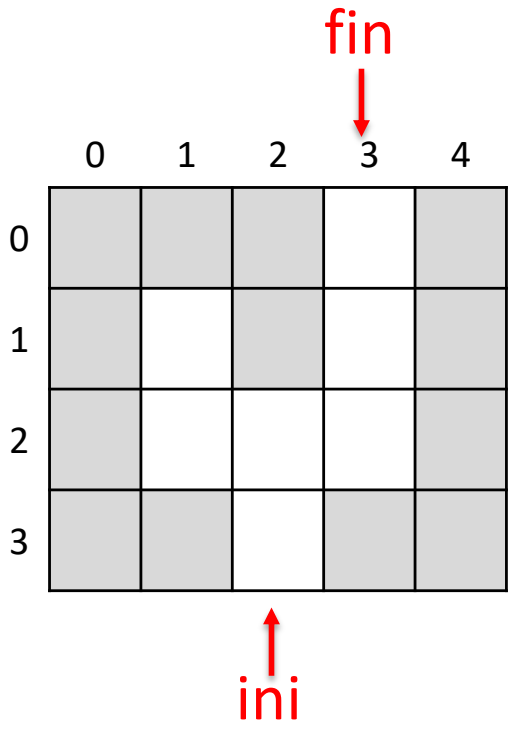
```
template <class T> class queue {
    public:
    // Constructoras

    // Pre: cert
    // Post: crea una cola vacía
    queue ();

    // Pre: cert
    // Post: crea una cola que es una copia de q
    queue (const queue& q);

    // Destructora
    ~queue();
```

```
// Modificadoras

/* Pre: La cola es [a1,...,an], n ≥ 0 */
/* Post: Se añade el elemento x como último de la cola,
   es decir, la cola será [a1,...,an,x] */
void push(const T& x);

/* Pre: La cola es [a1,...,an] y no está vacía (n>0) */
/* Post: Se ha eliminado el primer elemento de la cola
   original, es decir, la cola será [a2,...,an] */
void pop ();
```

```
// Consultoras

/* Pre: la cola es [a1,...,an] y no está vacía (n>0) */
/* Post: Retorna a1 */
T front() const;

/* Pre: cert */
/* Post: Retorna true si y solo si la cola está vacía */
bool empty() const;

};
```

Laberinto

- Laberintos rectangulares: mxn posiciones
- Cada posición (i,j) puede estar libre o ser una pared
- Una posición (i,j) es válida si $0 \leq i < m$ y $0 \leq j < n$
- Un camino de ini a fin es una secuencia de posiciones válidas, libres y adyacentes siendo ini la primera posición y fin la última.
- Todas las posiciones, salvo las del borde, tienen cuatro posiciones adyacentes: norte, sur, este y oeste.



La clase laberinto

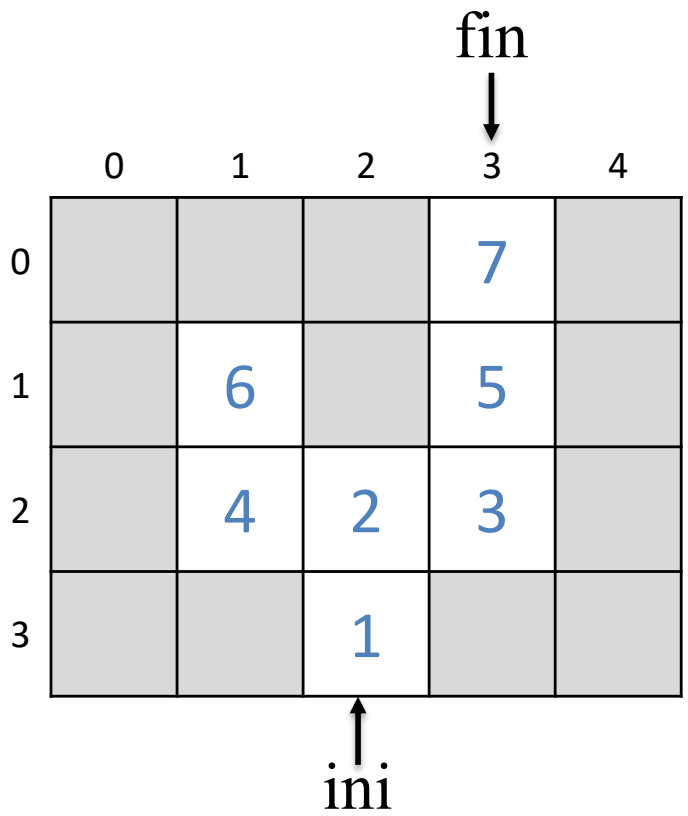
- Operaciones:
  - `marcar(p)`: deja una marca en la posición `p`.
  - `libre(p)`: retorna `true` si `p` es válida y está libre y `false` en caso contrario.
  - `marcada(p)`: retorna `true` si `p` está marcada y `false` en caso contrario.
  - ...
- La clase `pos` representa un par `(fila, columna)` y tiene una constructora `pos(i,j)`, las consultoras `fila` y `col`, `es_igual` para comparar, etc.

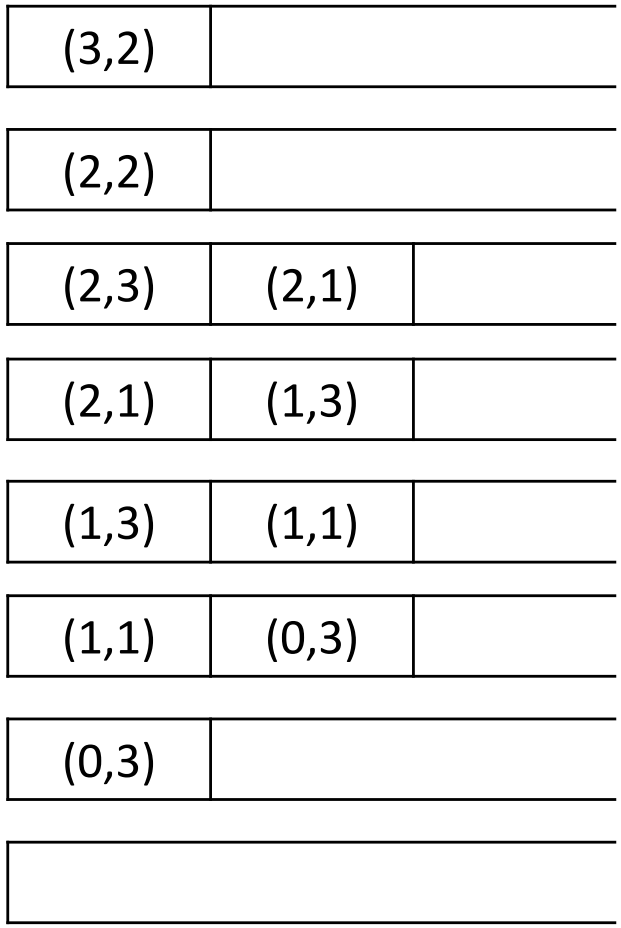
```
// Pre: L.libre(ini), L.libre(fi) y todas las
// posiciones válidas de L están sin marcar
bool busca_cami(const Laberinto& L, pos ini, pos fin) {
    queue<pos> Q;
    Q.push(ini); L.marcar(ini);
    bool encontrado = false;
    while (not Q.empty() and not encontrado) {
        pos p = Q.front(); Q.pop();
        if (p.es_igual(fin)) encontrado = true;
        else {
        ...
        }
    }
// encontrado==true si y solo si hay un camino
// entre 'ini' y 'fin'
return encontrado;
}
```

```
// p = (i,j) != fi
pos norte(p.fila()-1, p.col());
if (L.libre(norte) and not L.marcada(norte)) {
   Q.push(norte); L.marcar(norte);
}
pos este(p.fila(), p.col()+1);
if (L.libre(este) and not L.marcada(este)) {
   Q.push(este); L.marcar(este);
}
pos sur(p.fila()+1, p.col());
if (L.libre(sur) and not L.marcada(sur)) {
   Q.push(sur); L.marcar(sur);
}
pos oeste(p.fila(), p.col()-1);
if (L.libre(oeste) and not L.marcada(oeste)) {
   Q.push(oeste); L.marcar(oeste);
}
```

Buscar la salida de un laberinto usando una cola

```
// Pre: L.libre(ini), L.libre(fin) y todas las
// posiciones válidas de L están sin marcar
// Post: Retorna true si y solo si la cola está vacía
bool busca_camino(const Laberinto& L, pos ini, pos fin)
```





Listas

Listas

Las listas son estructuras lineales que permiten:

- Recorridos secuenciales de sus elementos.
- Insertar elementos en cualquier punto.
- Eliminar cualquier elemento
- Concatenar una lista a otra.

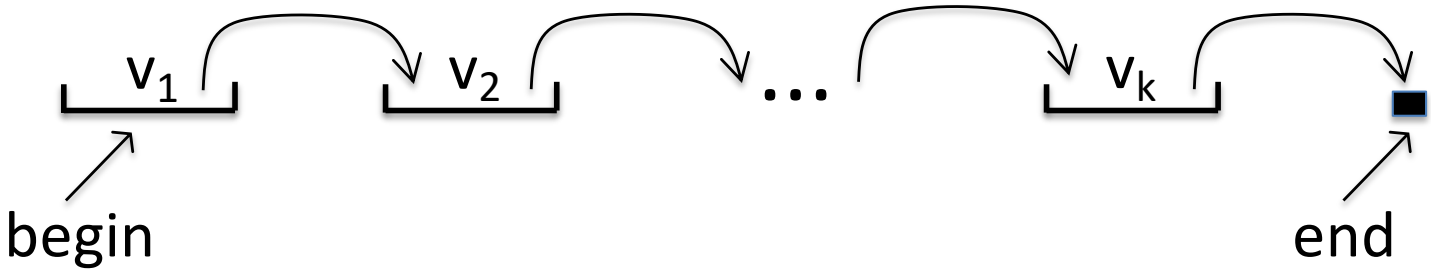
Contenedores e iteradores

- Un *contenedor* es una estructura de datos (un template) para almacenar objetos.
- Las listas son casos particulares de contenedores.
- Un *iterador*, es un objeto que designa un elemento de un contenedor para desplazarnos por él.

Iteradores: declaración (instanciación)

- Método **`begin()`**
- Método **`end()`**
- **`list<Estudiant>::iterator it = l.begin();`**
- **`list<Estudiant>::iterator it2 = l.end();`**
- "::": La definición del iterador pertenece al contenedor
- Si una llista `l` está vacía, entonces **`l.begin() = l.end()`**

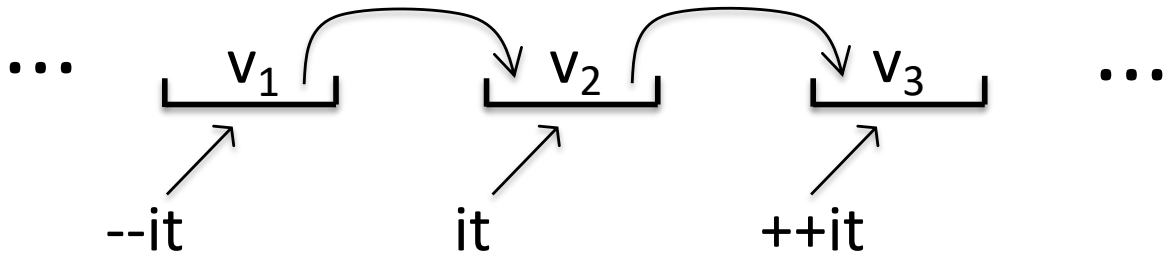
Iteradores



Operaciones con iteradores

- `it1 = it2;`
- `it1 == it2, it1 != it2`
- `*it (si it != l.end() )`
- `++it, --it (salvo si estamos en l.begin o en l.end() )`
- **NO**: `it + 1, it1 + it2, it1 < it2, ...`

Iteradores



Iteradores constantes

Los iteradores constantes prohiben modificar el objeto referenciado por el iterador. Por ejemplo:

```
list<Estudiant>::const_iterator it1 = l.begin();

list<Estudiant>::iterator it2 = l.end();
```

Estaría prohibido:

```
*it1 = ...;
```

pero no:

```
it2 = it1;

*it2 = ...;

it1 = it2;
```

Esquema frecuente

```
list<t> l;

...

list<t>::iterator it = l.begin();

while (it != l.end() and not
 cond(*it)) {

   ... acceder a *it ...

++it; }
```

Imprimir una lista de estudiantes

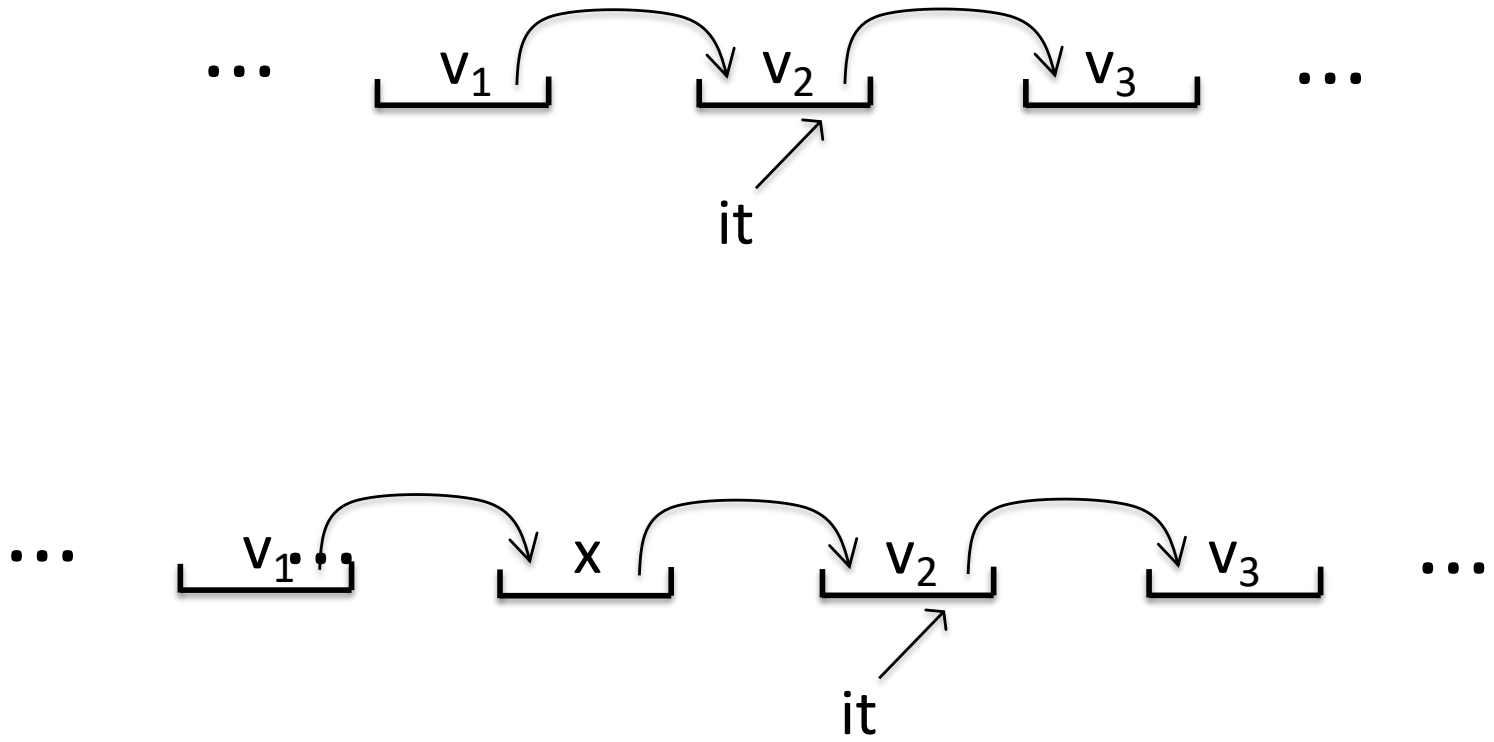
```
void imprimir_llista(const list<Estudiant>& L) {
for(list<Estudiant >::const_iterator it = L.begin();
     it != L.end(); ++it)
  (*it).escriure();
}
```

La clase list

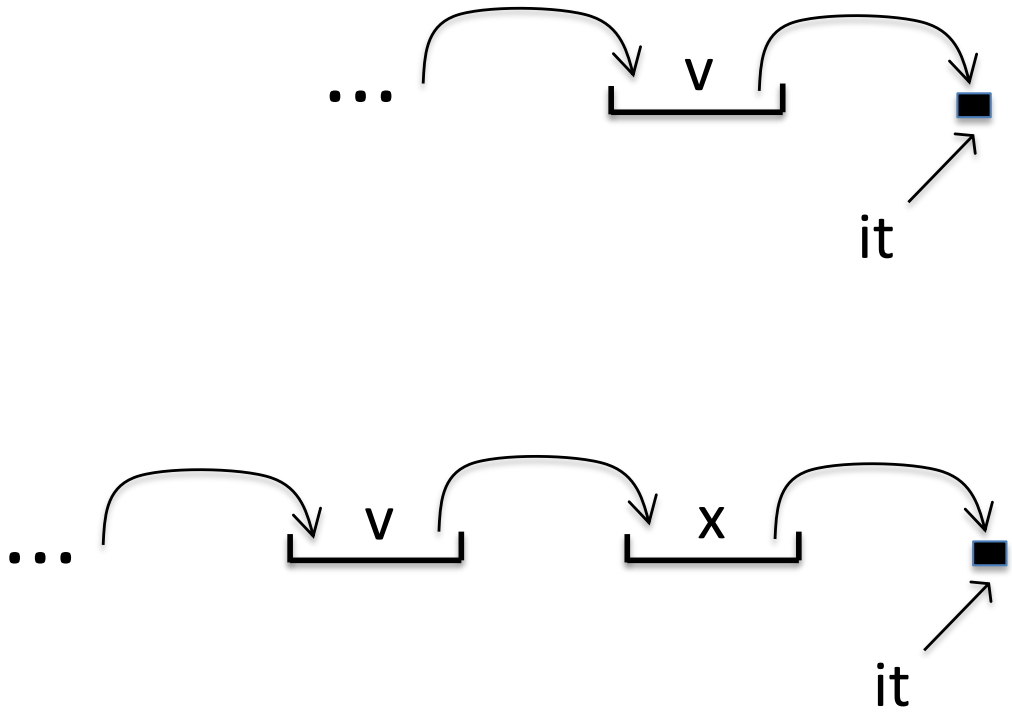
```
template <class T> class list {

public:

// Subclases de la clase lista

class iterator { ... };

class const_iterator { ... };

// Constructoras

// Crea la lista vacía

list();

// Crea una lista que es una copia de original

list(const list & original);
```

```
// Destructora:

~list();

// Modificadoras

// Pre: true
// Post: El PI pasa a ser la lista vacía

void clear();

// Pre: true
/* Post: Se inserta en el PI un nodo con el valor x delante
de la posición apuntada por it  */

void insert(iterator it, const T& x);
```

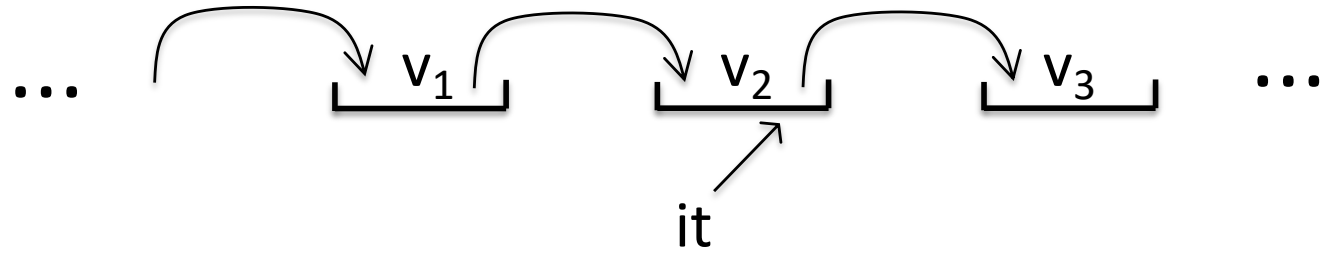
insert(it,x)

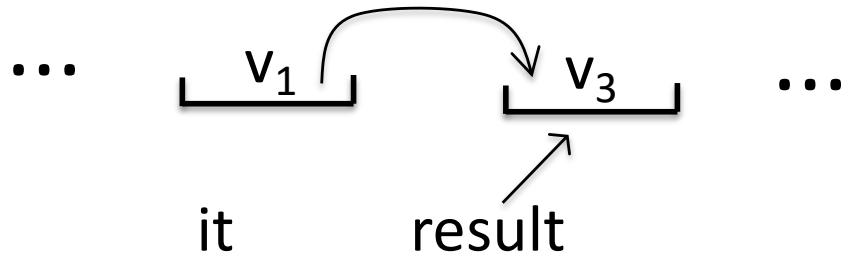


insert(it,x)



```
// Pre: it es distinto de end
/* Post: Se elimina del PI el elemento apuntado por it,
   it queda indefinido y se retorna la posición siguiente a
   la que apuntaba it */

iterator erase(iterator it);
```






```
// Es habitual

it = erase(it);
```

```
// Pre: true
/* Post: Se inserta en el PI toda la lista l delante del
     elemento apuntado por it*/
void splice(iterator it, list& l);


// Consultoras

// Pre: true
/* Post: Retorna si el PI es la lista vacia*/
bool empty() const;

// Pre: true
/* Post: Retorna el numero de elementos del PI*/
int size() const;
```

Suma de los elementos de una lista de enteros

```
/* Pre: true */
/* Post: El resultado es la suma de los elementos de l */
int suma(const list<int>& l) {
    int s = 0;
    for (list<int>::const_iterator it = l.begin();
              it != l.end(); ++it){
        s = s + *it;
    }
    return s;
}
```

Búsqueda en una lista de enteros

```
/* Pre: true */
/* Post: El resultado indica si x está o no en l */
bool pertenece(const list<int>& l, int x) {
    list<int>::const_iterator it = l.begin();
    while ((it != l.end()) and (*it != x))
        ++it;
    return it != l.end();
}
```

Suma k a todos los elementos de una lista

```
/* Pre: l=[x1,...,xn] */
/* Post: l=[x1+k,x2+k,...,xn+k] */
void suma_k(list<int>& l, int k) {
    list<int>::iterator it = l.begin();
    while (it != l.end()) {
        *it += k;
        ++it;
    }
}
```

Inserción en una lista ordenada

```
/* Pre: L=[x1,...,xn], está ordenada */
/* Post: L contiene a x, x1,...,xn, y está ordenada */
void inserc_ordenada(list<int>& L, int x) {
    list<int>::iterator it = L.begin();
    while (it != L.end() and (x > *it) ++it;
    L.insert(it,x);
}
```

Inserción en una lista ordenada L1 de los elementos de otra lista ordenada L2

```
/* Pre: L1=[x1,...,xn], L2=[y1,...,ym] y las dos listas
    están ordenadas */
/* Post: L1 contiene x1,...,xn,y1,...,ym y está ordenada, L2
no se modifica*/
void inserc_ordenada(list<int>& L1, const list<int>& L2) {
    list<int>::iterator it1 = L1.begin();
    list<int>::iterator it2 = L2.begin();
    while (it1 != L1.end() and it2 != L2.end() ) {
        if (*it1 < *it2) ++it1;
        else {L1.insert(it1,*it2); ++it2;
    }
    while (it2 != L2.end() ) {
        L1.insert(it1,*it2);
        ++it2;
    }
}
```

Vectores vs Listas

- Recorrido secuencial: tiempo lineal en los dos casos
- Acceso directo al i-ésimo elemento: constante en vectores, tiempo i en listas.
- Insertar un elemento es
  - constante en listas
  - Al final de un vector es constante (si no hay que reservar memoria adicional
  - En medio de un vector es costoso
- Borrar un elemento es constante en listas y costoso en vectores
- Splice: constante en listas y costoso en vectores