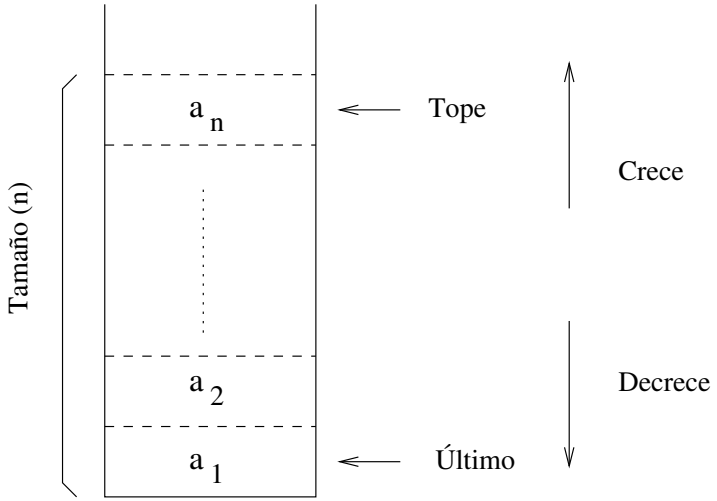
Pilas.

Una *Pila* es un tipo de dato que *contiene* una *secuencia* de valores, especialmente diseñado para realizar inserciones y borrados en uno de sus extremos. Por ello, se suele representar



Pila

También denominadas listas LIFO, ya que el último en entrar es el primero en salir. Así, los *accesos* a los elementos de la Pila *se realizan* por un extremo, denominado *tope*. Las operaciones básicas son:

- *Tope*. Devuelve el elemento del tope
- *Poner*. Añade un elemento "encima" del tope.
- *Quitar*. Elimina el elemento del tope.
- *Vacia*. Indica si la pila está vacía.

Pilas

Esquema de pila

Una posible *clase Pila* para almacenar datos de tipo *char* puede tener la siguiente sintaxis.

```
#ifndef __PILA_H__
# define __PILA_H__

  class Pila{
      ...                    // La implementación que deseemos
    public:
      Pila();
      Pila(const Pila& p);
      ~Pila();
      Pila& operator= (const Pila& p);

      bool vacia() const;
      void poner (char c);
      void quitar();
      char tope() const;
  };

#endif
```

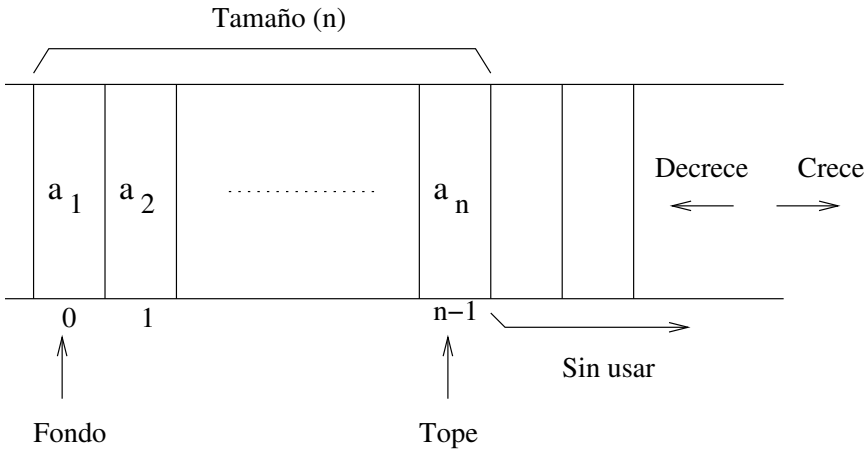
Uso de una pila

Con esta sintaxis y la semántica comentada

```
#include <iostream>
#include <pila.h>
using namespace std;

int main()
{
  Pila p,q;
  char dato;

  cout << "Escriba una frase" << endl;
  while ((dato=cin.get())! ='\n')
    p.poner(dato);

  cout << "Los escribimos al revés" << endl;
  while (!p.vacia()) {
    cout << p.tope();
    q.poner(p.tope());
    p.quitar();
  }
  cout << endl << "Los originales eran" << endl;
  while (!q.vacia()) {
    cout << q.tope();
    q.quitar();
  }
  cout << endl;
  return 0;
}
```

Pilas (vectores) (1/3).

Almacenamos la secuencia de valores *en un vector*,



Pila (vector)

- El *fondo* de la pila se encuentra en la *posición cero*.
- El *número de elementos* varía con el crecimiento y decrecimiento. Tenemos que guardar *un entero*.
- Si *insertamos* elementos, el vector se puede *agotar* (capacidad limitada). Para resolverlo, podemos usar *memoria dinámica*.

Pilas (vectores) (2/3)

Implementación de pila

Una posible clase Pila implementada

```
typedef char Tbase;

class Pila{
      Tbase datos[500];                    // Capacidad de 500
      int nelem;
   public:
      Pila();
      Pila(const Pila& p);
      ~Pila();
      Pila& operator= (const Pila& p);

      bool vacia() const { return nelem==0;}
      void poner (Tbase c) {
        assert(nelem<500);                 // Limitación.
        datos[nelem]= c;
        nelem++;
      }
      void quitar() {
        assert (nelem>0);
        nelem--;
      }
      Tbase tope() const {
        assert (nelem>0);
        return datos[nelem-1];
      }
};
```

Comentarios

Algunos comentarios:

- No se han implementado las primeras funciones.
- Nótese que se ha incluido un tipo *Tbase* para hacer más fácil la selección de un tipo base almacenado.
- Se puede mejorar. Sin embargo, nos *centraremos* en implementaciones en *memoria dinámica*, para permitir el crecimiento y decrecimiento de la pila sin limitaciones.

Las principales ventajas y desventajas son:

- *Ventajas*: implementación muy sencilla que hace que el compilador busque de forma automática la memoria necesaria. Es más sencilla de programar e incluso más eficiente.
- *Desventajas*: se *desperdicia memoria* y, pero aún, se puede *llenar*.

Pilas (vectores) (3/3)

Pila.h

```
#ifndef __PILA_H__
# define __PILA_H__

  typedef char Tbase;

  class Pila{
       Tbase *datos;
       int reservados;
       int nelem;
       void resize(int n);
    public:
       Pila();
       Pila(const Pila& p);
       ~Pila();
       Pila& operator= (const Pila& p);

       bool vacia() const { return nelem==0;}
       void poner (TBase c)
       void quitar();
       Tbase tope() const;
  };

#endif
```

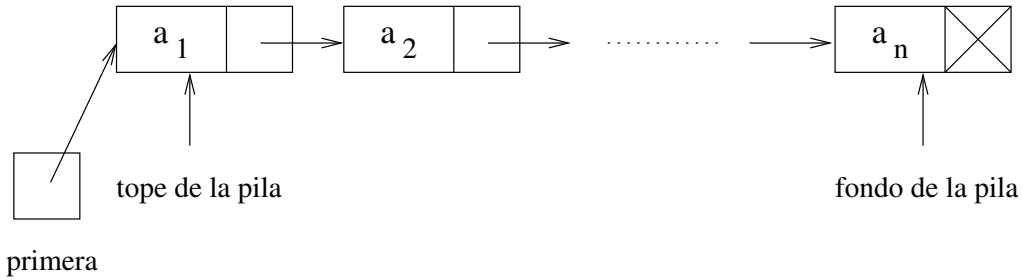
Pila.cpp

Algunas funciones no se implementan. Véanse por ejemplo las de Vector_Disperso.

```
Pila::Pila() { .... }
Pila::Pila(const Pila& p) { .... }
Pila::~Pila() { .... }
Pila& Pila::operator= (const Pila& p) { .... }
void Pila::resize(int n){ .... }

void Pila::poner(TBase c)
{
  if (nelem==reservados) resize(2*reservados);
  datos[nelem]= c;
  nelem++;
}
void Pila::quitar()
{
  assert (nelem>0);
  nelem--;
  if (nelem<reservados/4) resize(reservados/2);
}
TBase Pila::tope() const
{
  assert (nelem>0);
  return datos[nelem-1];
}
```

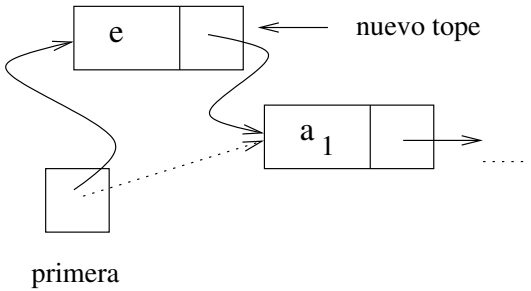
Pilas (celdas enlazadas) (1/3).

Almacenamos la secuencia de valores *en celdas enlazadas*,

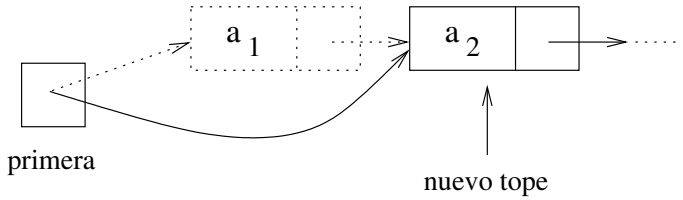


Pila (celdas enlazadas)

- Una pila *vacía* contiene un *puntero (*primera*) nulo*.
- El *tope* de la pila se encuentra en la primera celda. Así es más eficiente.
- Si *insertamos* un elemento, se añade una nueva celda *al principio* y si lo *borramos*, eliminamos la *primera* celda.



Poner un nuevo elemento



Ouitar un elemento

Pilas (celdas enlazadas) (2/3).

Pila.h

```
#ifndef __PILA_H__
# define __PILA_H__

  typedef char Tbase;

  struct CeldaPila{
    Tbase elemento;
    CeldaPila *sig;
  };

  class Pila{
      CeldaPila *primera;
    public:
      Pila();
      Pila(const Pila& p);
      ~Pila();
      Pila& operator= (const Pila& p);

      bool vacia() const;
      void poner (TBase c)
      void quitar();
      Tbase tope() const;
  };

#endif
```

Pila.cpp

```
Pila::Pila(): primera(0)
{}
Pila::Pila(const Pila& p)
{
  if (p.primera==0)
    primera= 0;
  else {
    primera= new CeldaPila;
    primera->elemento= p.primera->elemento;
    CeldaPila *src=p.primera,*dest=primera;
    while (src->sig! =0) {
      dest->sig= new CeldaPila;
      src= src->sig;
      dest= dest->sig;
      dest->elemento= src->elemento
    }
    dest->sig=0;
  }
}
Pila::~Pila()
{
  CeldaPila *aux;
  while (primera! =0) {
    aux= primera;
    primera= primera->sig;
    delete aux;
  }
}
```

Pilas (celdas enlazadas) (3/3).

Pila.h

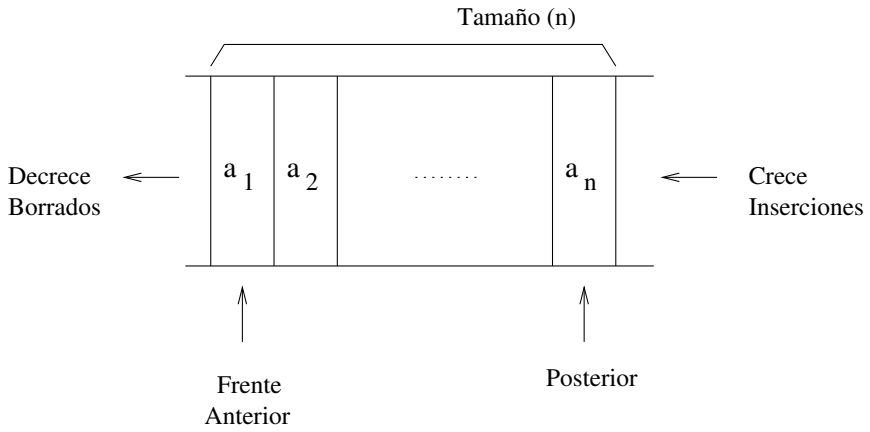
```
Pila& Pila::operator= (const Pila& p)
{
  Pila paux(p);
  CeldaPila *aux;
  aux= this->primera;
  this->primera= paux->primera;
  paux->primera= aux;
  return *this;
}

void Pila::poner(TBase c)
{
  CeldaPila *aux= new CeldaPila;
  aux->elemento= c;
  aux->sig= primera;
  primera= aux;
}

void Pila::quitar()
{
  assert (primera! =0);
  CeldaPila *aux= primera;
  primera= primera->sig;
  delete aux;
}
```

Pila.cpp

```
TBase Pila::tope() const
{
  assert (primera! =0);
  return primera->elemento;
}

bool Pila::vacia() const
{
  return primera==0;
}
```

Colas

Una *Cola* es un tipo de dato que *contiene* una *secuencia* de valores, especialmente diseñado para realizar inserciones en uno de los extremos, mientras los borrados y accesos se realizan en el otro. Por ello, se suele representar



Cola

También denominadas listas FIFO, ya que el primero en entrar es el primero en salir. Los *accesos* a los elementos de la Cola *se realizan* por un extremo, denominado *frente*. Las operaciones básicas son:

- *Frente*. Devuelve el elemento del frente
- *Poner*. Añade un elemento al final de la cola.
- *Quitar*. Elimina el elemento del frente.
- *Vacia*. Indica si la cola está vacía.

Colas

Esquema de cola

Una posible *clase Cola* para almacenar datos de tipo *char* puede tener la siguiente sintaxis.

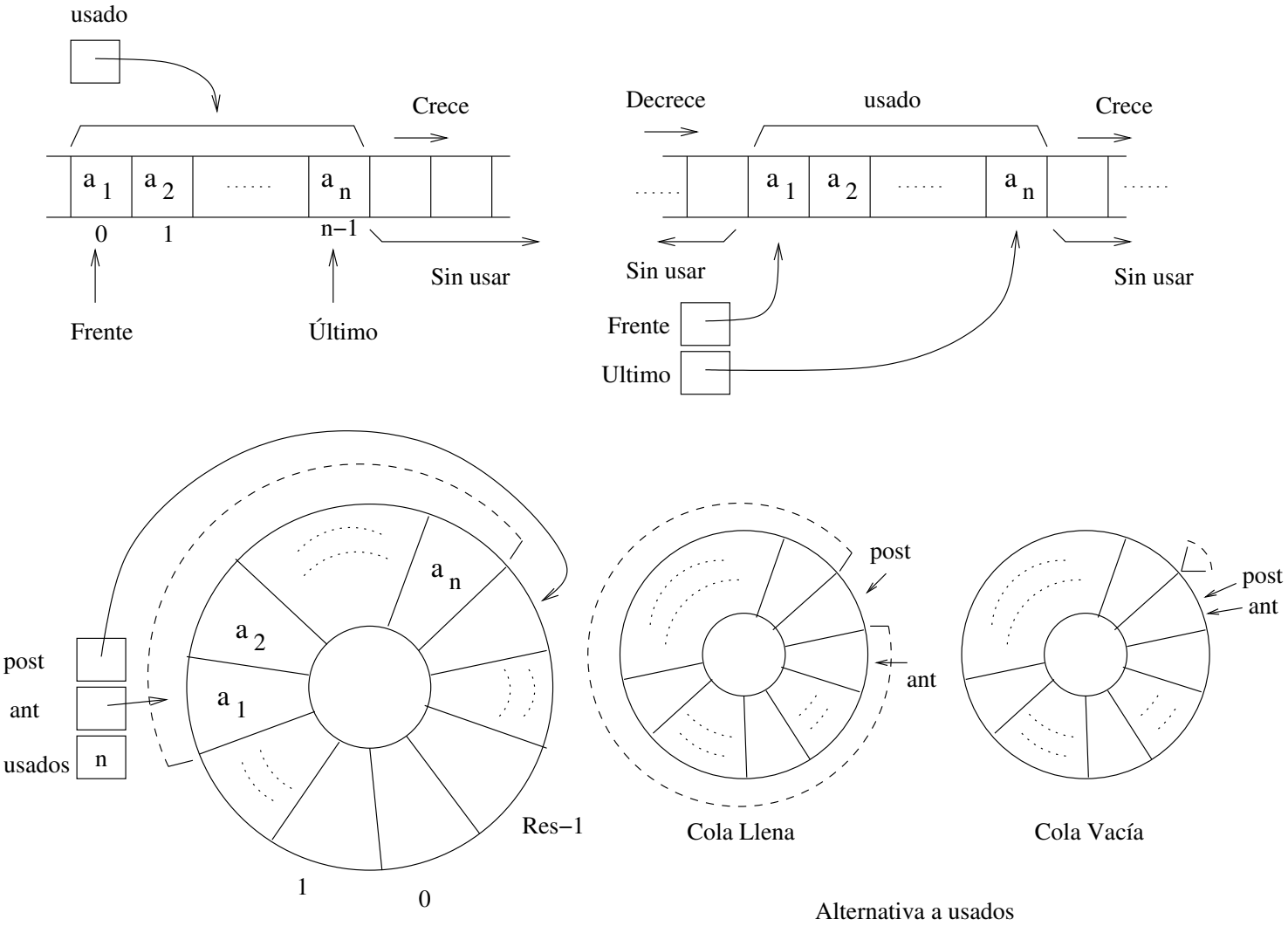
```
#ifndef __COLA_H__
# define __COLA_H__

  class Cola{
      ...                    // La implementación que deseemos
    public:
      Cola();
      Cola(const Cola& p);
      ~Cola();
      Cola& operator= (const Cola& p);

      bool vacia() const;
      void poner (char c);
      void quitar();
      char frente() const;
  };

#endif
```

Uso de una cola

```
#include <iostream>
#include <pila.h>
#include <cola.h>
using namespace std;
int main()
{
  Pila p;
  Cola q;
  char dato;

  cout << "Escriba una frase" << endl;
  while ((dato=cin.get())! ='\n')
    if (dato! =' ') {
      p.poner(dato);
      q.poner(dato);
    }
  bool palindromo=true;
  while (!p.vacia() && palindromo) {
    if (p.tope()! =q.frente())
      palindromo= false;
    p.quitar();
    q.quitar();
  }
  if (palindromo)
    cout << "La frase es un palíndromo" << endl;
  else cout << "La frase no es un palíndromo" << endl;
  return 0;
}
```

Colas (vectores) (1/3).

Almacenamos la secuencia de valores *en un vector*,



Colas (vectores) (2/3).

Cola.h

```
#ifndef __Cola_H__
# define __Cola_H__

  typedef char Tbase;

  class Cola{
       Tbase *datos;
       int reservados;
       int num_elem;
       int anterior, posterior;
       void resize(int n);
    public:
       Cola();
       Cola(const Cola& p);
       ~Cola();
       Cola& operator= (const Cola& p);

       bool vacia() const { return num_elem==0;}
       void poner (TBase c)
       void quitar();
       Tbase frente() const;
  };

#endif
```

Cola.cpp

```
void Cola::resize(int n)
{
  assert(n>=num_elem && n>0);
  Tbase *aux= new Tbase[n];
  for (int i=0;i<num_elem;++i)
    aux[i]= datos[(anterior+i) %reservados];
  anterior=0;
  posterior= anterior+ num_elem;
  delete[] datos;
  datos= aux;
  reservados=n;
}

Cola::~Cola()
{
  delete[] datos;
}

Cola::Cola()
{
  datos= new Tbase[1];
  reservados= 1;                          // siempre >=1
  anterior= posterior= num_elem= 0;
}
```

Colas (vectores) (3/3).

Cola.cpp

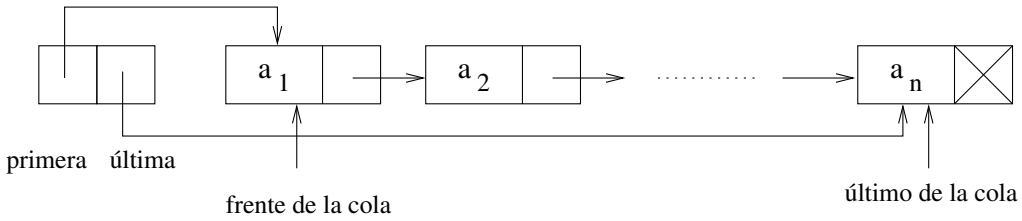
```
Cola::Cola(const Cola& c)
{
  reservados= c.reservados;
  datos= new Tbase[c.reservados];
  for (int i=anterior;i! =posterior;i=(i+1) %reservados)
    datos[i]= c.datos[i];
  anterior=c.anterior;
  posterior=c.posterior;
  num_elem=c.num_elem;
}

Cola& Cola::operator= (const Cola& c)
{
  if (this! =&c) {
    delete[]datos;
    reservados=c.reservados;
    datos= new Tbase[c.reservados];
    for (int i=anterior;i! =posterior;i=(i+1) %reservados)
      datos[i]= c.datos[i];
    anterior=c.anterior;
    posterior=c.posterior;
    num_elem=.c.num_elem;
  }
  return *this;
}
```

Cola.cpp

```
void Cola::poner(TBase c)
{
  if (num_elem==reservados)
    expandir(2*reservados);
  datos[posterior]= c;
  posterior= (posterior+1) %reservados;
  num_elem++;
}
void Cola::quitar()
{
  assert (num_elem! =0);
  anterior=(anterior+1) %reservados;
  num_elem--;
  if (num_elem<reservados/4)
    contraer (reservados/2);
}
TBase Cola::frente() const
{
  assert (num_elem! =0);
  return datos[anterior];
}
```

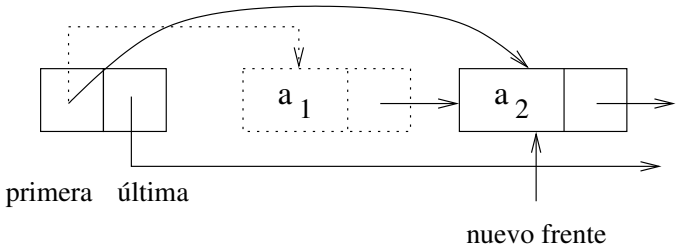
Colas (celdas enlazadas) (1/3).

Almacenamos la secuencia de valores *en celdas enlazadas*,

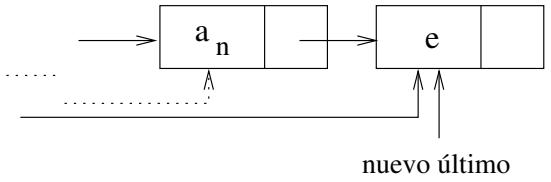


Colas (celdas enlazadas)

- Una cola *vacía* contiene un dos *punteros nulos*.
- El *frente* de la cola se encuentra en la primera celda. Así es más eficiente.
- Si *insertamos* un elemento, se añade una nueva celda *al final* y si lo *borramos*, eliminamos *la primera* celda.



Ouitar un elemento



Poner un nuevo elemento

Colas (celdas enlazadas) (2/3).

Cola.h

```
#ifndef __COLA_H__
# define __COLA_H__

  typedef char Tbase;

  struct CeldaCola{
    Tbase elemento;
    CeldaCola *sig;
  };

  class Cola{
      CeldaCola *primera;
      CeldaCola *ultima;
    public:
      Cola();
      Cola(const Cola& p);
      ~Cola();
      Cola& operator= (const Cola& p);

      bool vacia() const;{ return primera==0;}
      void poner (TBase c)
      void quitar();
      Tbase frente() const;
  };

#endif
```

Cola.cpp

```
Cola::Cola(): primera(0), ultima(0)
{}

Cola::Cola(const Cola& c)
{
  if (c.primera==0)
    primera= ultima= 0;
  else {
    primera= new CeldaCola;
    primera->elemento= c.primera->elemento;
    CeldaCola *src=c.primera;
    ultima=primera;
    while (src->sig! =0) {
      ultima->sig= new CeldaCola;
      src= src->sig;
      ultima= ultima->sig;
      ultima->elemento= src->elemento
    }
    ultima->sig=0;
  }
}
```

Colas (celdas enlazadas) (3/3).

Cola.cpp

```
Cola::∼Cola()
{
  CeldaCola *aux;
  while (primera! =0) {
    aux= primera;
    primera= primera→sig;
    delete aux;
  }
}

Cola& Cola::operator= (const Cola& c)
{
  Cola caux(c);
  CeldaCola *aux;
  aux= this→primera;
  this→primera= caux→primera;
  caux→primera= aux;
  aux= this→ultima;
  this→ultima= caux→ultima;
  caux→ultima= aux;
  return *this;
}
```

Cola.cpp

```
void Cola::poner(TBase c)
{
  CeldaCola *aux= new CeldaCola;
  aux→elemento= c;
  aux→sig= 0;
  if (primera==0) primera=ultima=aux;
  else {
    ultima→sig= aux;;
    ultima= aux;
  }
}

void Cola::quitar()
{
  assert (primera! =0);
  CeldaCola *aux= primera;
  primera= primera→sig;
  delete aux;
  if (primera==0) ultima=0;
}

TBase Cola::frente() const
{
  assert (primera! =0);
  return primera→elemento;
}
```

Listas.

Una *Lista* es un tipo de dato que contiene una *secuencia* de elementos, especialmente diseñado para realizar *inserciones, borrados y accesos en cualquier parte*.

Una lista la podemos representar

$$< a_1, a_2, \cdots, a_n >$$

Las operaciones básicas son:

- *Set*. Modifica un elemento de una posición.
- *Get*. Devuelve un elemento de una posición.
- *Borrar*. Eliminamos el elemento de una posición.
- *Insertar*. Insertamos un elemento en una posición.
- *Num_elementos*. Devuelve el número de elementos en la lista.

Consideremos la función *Insertar*. Para cubrir todas las posibilidades, una lista con *n* elementos contendrá *n+1* posiciones. Desde la primera, hasta la *siguiente a la última*, que denominaremos *posición fin de la lista*.

Listas (primera aproximación).

Implementación de Lista

Una posible clase Lista implementada

```
#ifndef __LISTA_H__
# define __LISTA_H__

  typedef char Tbase;

  class Lista{
       ...                                  // Una implementación
    public:
       Lista();
       Lista(const Lista& l);
       ~Lista();
       Lista& operator= (const Lista& l);

       void set (int pos, Tbase e);
       Tbase get (int pos) const;
       void insertar(int pos, Tbase e);
       void borrar(int pos);
       int num_elementos() const;
  };

#endif
```

Comentarios

Para *evaluar el interface* en esta propuesta, pensemos en varias implementaciones y la eficiencia derivada:

- *Vectores*. Esta *implementación* parece *sencilla*, ya que las posiciones enteras que se pasan a las funciones se traducen directamente en posiciones en un vector. Las *funciones de inserción y borrado* serían bastante ineficientes (*orden lineal*).
- *Celdas enlazadas*. Esta *implementación* parece más eficiente, ya que los *borrados e inserciones* se pueden realizar *sin desplazar elementos*. *Sin embargo*, las funciones *set, get, insertar, borrar* son de *orden lineal*. El problema es que *un entero* es una *mala solución* para representar una *posición* en una lista de celdas.

Por tanto, la *posición* en una lista *debería varíar* dependiendo de la implementación. Para eliminar esta dependencia, podemos *crear una abstracción* de lo que es una posición, *encapsulando esa variabilidad* en una clase. La solución puede ser

- Crear una clase *Posicion*. Un objeto representa una posición en una determinada lista.
  - Para el caso de un *vector*, se implementa como *un entero*,
  - Para el caso de *celdas enlazadas*, se puede representar como *un puntero*.

Listas (Clases Posicion y Lista).

Lista.h

```
#ifndef __LISTA_H__
# define __LISTA_H__

  typedef char Tbase;

  class Posicion {
        ...                                  // una implementación
    public:
      Posicion();
      Posicion(const Posicion& p);
      ~Posicion();
      Posicion& operator= (const Posicion& p);
      Posicion& operator++();
      Posicion& operator--();
      bool operator==(const Posicion& p);
      bool operator! =(const Posicion& p);
  };
```

- Para una lista de *tamaño n*, existen *n+1 posibles posiciones*.
- El *movimiento* entre posiciones se realiza de *uno en uno*.
- La *comparación* entre dos posiciones se limita a *igualdad y desigualdad*.

Lista.h

```
class Lista{
        ...                                  // Una implementación
    public:
      Lista();
      Lista(const Lista& l);
      ~Lista();
      Lista& operator= (const Lista& l);

      void set (Posicion p, Tbase e);
      Tbase get (Posicion p) const;
      Posicion insertar(Posicion p, Tbase e);
      Posicion borrar(Posicion p);

      Posicion begin() const;
      Posicion end() const;
 };
#endif
```

- *Insertar* y *borrar* se modifican.
- *Num_elementos* no es fundamental.
- Es necesario conocer donde *comienza* y *acaba* una lista. Las funciones
  - *Begin*. Devuelve la posición del *primer elemento*.
  - *End*. Devuelve la posición del elemento *detrás del último* (donde se añadiría un elemento).
- En una *lista vacía*, la posición *begin* coincide con *end*.

Listas (uso) (1/2).

Uso de lista

```
bool vacia(const Lista& l)
{
  return l.begin()==l.end();
}
int numero_elementos(const Lista& l)
{
  int n=0;
  for (Posicion p=l.begin(); p! =l.end(); ++p)
    n++;
  return n;
}
void todo_minuscula(Lista &l)
{
  for (Posicion p=l.begin(); p! =l.end(); ++p)
    l.set(p, tolower(l.get(p)));
}
void escribir(const Lista& l)
{
  for (Posicion p=l.begin(); p! =l.end(); ++p)
    cout ≪ l.get(p);
  cout ≪ endl;
}
void escribir_minuscula (Lista l)
{
  todo_minuscula(l);
  escribir(l);
}
```

Uso de lista

```
void borrar_caracter (Lista& l, char c)
{
  Posicion p=l.begin();
  while (p! =l.end())
    if (l.get(p)==c)
      p=l.borrar(p);
    else ++p;
}

Lista al_reves(const Lista& l)
{
  Lista aux;
  for (Posicion p=l.begin(); p! =l.end(); ++p)
    aux.insertar(aux.begin(),l.get(p));
  return aux;
}

Posicion localizar(const Lista& l, char c)
{
  for (Posicion p=l.begin(); p! =l.end(); ++p)
    if (l.get(p)==c) return p;
  return l.end();
}
```

Listas (uso) (2/2).

Uso de lista

```
int numero_elementos(const Lista& l);
void borrar_caracter (Lista& l, char c);
void todo_minuscula(Lista &l);

bool palindromo (const Lista& l)
{
  Lista laux(l);
  int n= numero_elementos(l);
  if (n<2)
    return true;

  borrar_caracter(laux,' ');
  todo_minuscula(laux);

  Posicion p1,p2;
  p1=laux.begin();
  p2=laux.end(); --p2;
  for (int i=0;i<n/2;i++) {
    if (laux.get(p1)! =laux.get(p2))
      return false;
    ++p1;--p2;
  }
  return true;
}
```

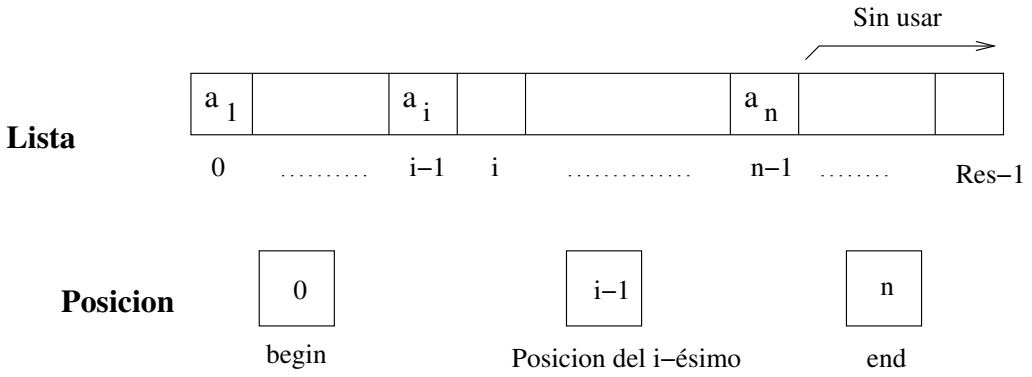
Note que *no sería válido* mover las posiciones *"mientras"* la primera sea *"menor"* que la segunda.

Uso de lista

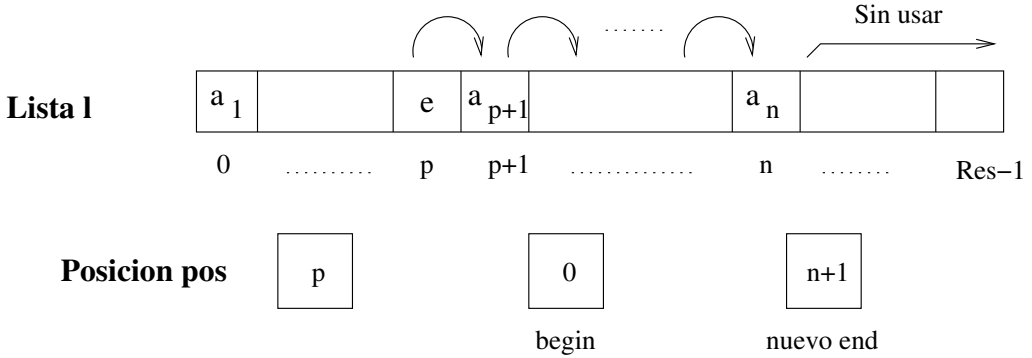
```
int main()
{ char dato;
  Lista l;

  cout ≪ endl≪ "Escriba una frase" ≪ endl;
  while ((dato=cin.get())! ='\n')
    l.insertar(l.end(),dato);

  cout ≪ endl≪ "La frase introducida es:"≪endl;
  escribir (l);
  cout ≪ endl≪ "La frase en minúscula:"≪endl;
  escribir_minuscula (l);
  if (localizar(l,' ')==l.end())
    cout ≪ endl ≪ "La frase no tiene espacios."≪endl;
  else {
    cout ≪ endl≪ "La frase sin espacios:"≪endl;
    Lista aux(l);
    borrar_caracter(aux,' ');
    escribir (aux);
  }
  cout ≪ endl≪ "La frase al revés:"≪endl;
  escribir (al_reves(l));
  if (palindromo(l))
      cout ≪endl≪ "Es un palíndromo"≪ endl;
  else cout≪endl≪ "No es un palíndromo"≪endl;

  return 0;
}
```

Listas (vectores) (1/3).

Almacenamos la secuencia de valores, la *lista*, en un *vector*, y controlamos cada *posición* con un *entero*



- La posición *begin* corresponde al entero *cero*.
- La posición *end* corresponde al entero detrás del último (*n*).
- Si *insertamos* un elemento, se *desplazan* los elementos a la *derecha*, y si lo *borramos*, se *desplazan* a la *izquierda*.



Insertar un elemento en pos de la lista l

Listas (vectores) (2/3).

Lista.h

```
#ifndef __LISTA_H__
# define __LISTA_H__
  typedef char Tbase;

  class Lista;

  class Posicion {
      int i;                              // Podría ser un puntero
    public:
      Posicion(): i(0) {}
      //Posicion(const Posicion& p);
      //~Posicion();
      //Posicion& operator= (const Posicion& p);
      Posicion& operator++() {
        ++i;
        return *this;
      }
      Posicion& operator--() {
        --i;
        return *this;
      }
      bool operator==(const Posicion& p)
       { return i==p.i; }
      bool operator!=(const Posicion& p)
       { return i!=p.i; }
      friend class Lista;
  };
```

Lista.h

```
class Lista{
      Tbase *datos;
      int nelementos;
      int reservados;
      void resize(int n);
    public:
      Lista(): nelementos(0),reservados(1) {
        datos= new Tbase[1];
      }
      Lista(const Lista& l);
      ~Lista() { delete[] datos; }
      Lista& operator= (const Lista& l);
      void set (Posicion p, Tbase e) {
        assert(p.i>=0 && p.i<nelementos);
        datos[p.i]= e;
      }
      Tbase get (Posicion p) const {
        assert(p.i>=0 && p.i<nelementos);
        return datos[p.i];
      }
      Posicion insertar(Posicion p, Tbase e);
      Posicion borrar(Posicion p);
      Posicion begin() const {
        Posicion p; p.i=0; return p; }
      Posicion end() const {
        Posicion p; p.i=nelementos; return p; }
};
#endif
```

Listas (vectores) (3/3).

Lista.cpp

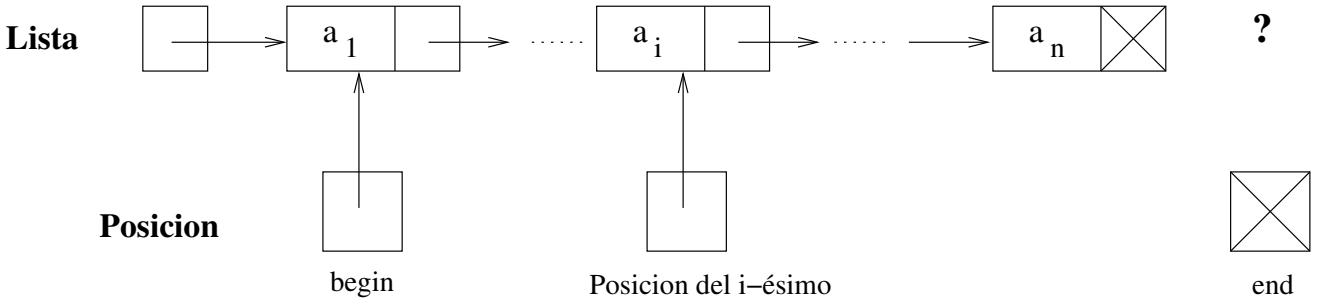
```
void Lista::resize(int n) {
  assert(n>=nelementos && n>0);
  Tbase *aux= new Tbase[n];
  for (int i=0;i<nelementos;++i)
    aux[i]= datos[i];
  delete[] datos;
  datos= aux;
  reservados= n;
}

Lista::Lista(const Lista& l){
  datos= new Tbase[l.reservados];
  nelementos=l.nelementos;
  reservados=l.reservados;
  for (int i=0;i<nelementos;i++)
    datos[i]=l.datos[i];
}

Lista& Lista::operator= (const Lista& l){
  Lista aux(l);
  Tbase *paux;
  paux=datos; datos=l.datos; l.datos=paux;
  int iaux;
  iaux=nelementos; nelementos=l.nelementos; l.nelementos=iaux;
  iaux=reservados; reservados=l.reservados; l.reservados=iaux;
  return *this;
}
```

Lista.cpp

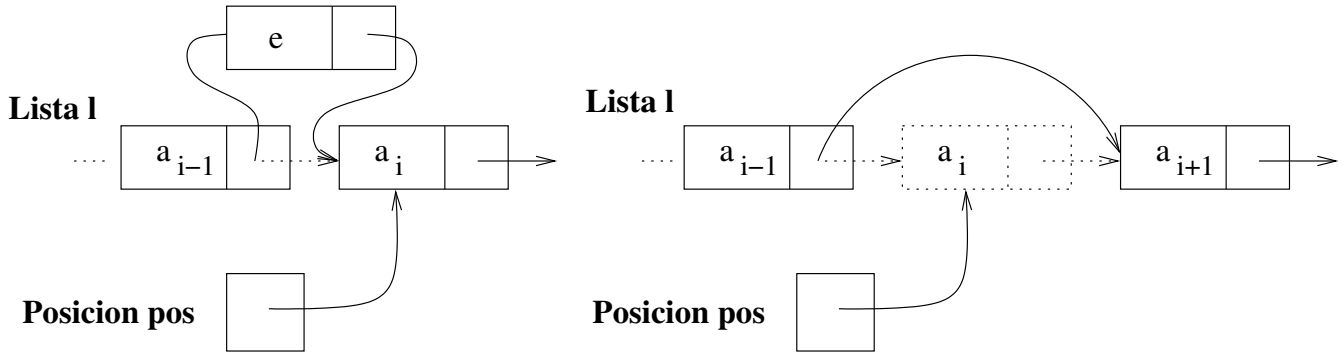
```
Posicion Lista::insertar(Posicion p, Tbase e) {
  if (nelementos==reservados) resize(2*reservados);
  for (int j=nelementos;j>p.i;--j)
    datos[j]= datos[j-1];
  datos[p.i]=e;
  nelementos++;
  return p;                          // posición del insertado
}
Posicion Lista::borrar(Posicion p){
  assert (p! =end());
  for (int j=p.i;j<nelementos-1;;++j)
    datos[j]=datos[j+1];
  nelementos--;
  if (nelementos<reservados/4) resize(reservados/2);
  return p;                          // posición del siguiente
}
```

Listas (celdas enlazadas).

Almacenamos la secuencia de valores en *celdas enlazadas*, y controlamos cada *posición* con un *puntero a la celda*



- Una *lista* es un *puntero* a la *primera* celda (*nulo* si es *vacía*).
- Una *posición* son *dos punteros*. El *segundo* (no mostrado) es *necesario* para implementar *operator- -*.
- *Inserciones* y *borrados* en la *primera posición* son casos *especiales*.

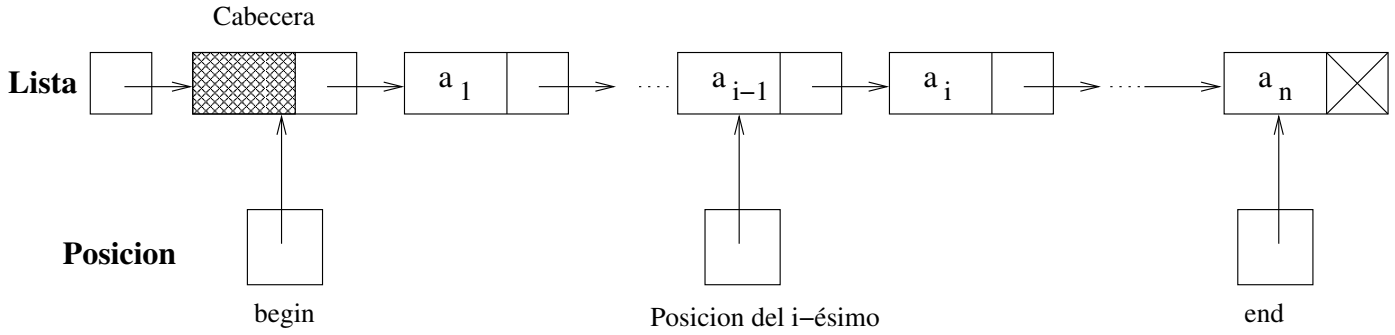


Insertar un elemento en pos de la lista l (No en la primera posición)

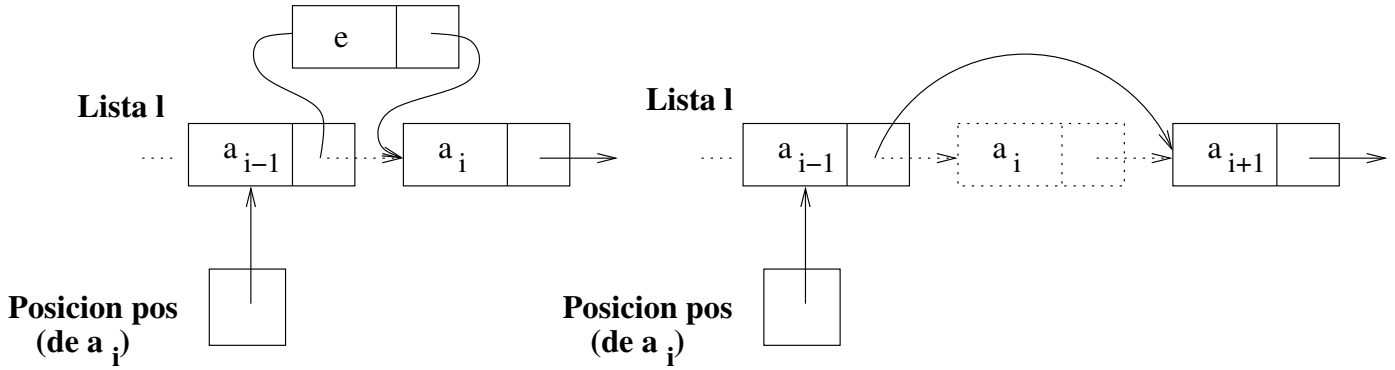
Borrar un elemento en pos de la lista l (No en la primera posición)

Listas (celdas enlazadas con cabecera) (1/3).

Almacenamos la secuencia de valores en *celdas enlazadas*, y controlamos cada *posición* con un *puntero a la celda anterior*



- Una *lista* es un *puntero* a la *cabecera* (Si es *vacía* tiene *una celda*).
- Una *posición* son *dos punteros*. El *segundo* (no mostrado) es *necesario* para implementar *operator- -*.
- *Inserciones* y *borrados* en la *primera posición NO* son casos *especiales*.



Insertar un elemento en pos de la lista l **Borrar un elemento en pos de la lista l**

Listas (celdas enlazadas con cabecera) (2/3).

Lista.h

```
#ifndef __LISTA_H__
# define __LISTA_H__
  typedef char Tbase;
  struct CeldaLista{
    Tbase elemento;
    CeldaLista *siguiente;
  };
  class Lista;

  class Posicion {
      CeldaLista *puntero;
      CeldaLista *primera;                    // para operator-
    public:
      Posicion(): puntero(0),primera(0) {}
      //Posicion(const Posicion& p);
      //~Posicion();
      //Posicion& operator= (const Posicion& p);
      Posicion& operator++() {
        puntero= puntero->siguiente;
        return *this;
      }
      Posicion& operator--();
      bool operator==(const Posicion& p)
       { return puntero==p.puntero; }
      bool operator! =(const Posicion& p)
       { return puntero! =p.puntero; }
      friend class Lista;
  };
```

Lista.h

```
class Lista{
      CeldaLista *cab;
      CeldaLista *ultima;                     // Para end()
    public:
      Lista() {
        ultima= cab= new CeldaLista;
        cab->siguiente= 0;
      }
      Lista(const Lista& l);
      ~Lista();
      Lista& operator= (const Lista& l);
      void set (Posicion p, Tbase e) {
        p.puntero->siguiente->elemento= e;
      }
      Tbase get (Posicion p) const {
        return p.puntero->siguiente->elemento;
      }
      Posicion insertar(Posicion p, Tbase e);
      Posicion borrar(Posicion p);
      Posicion begin() const {
        Posicion p; p.puntero= p.primera= cab; return p;
      }
      Posicion end() const {
        Posicion p; p.puntero= ultima; p.primera= cab;
        return p;
      }
 };
#endif
```

Listas (celdas enlazadas con cabecera) (3/3).

Lista.cpp

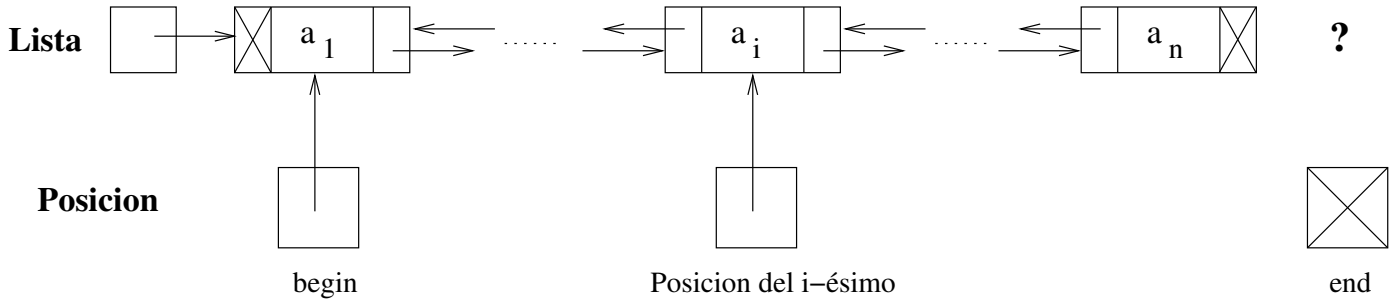
```
Posicion& Posicion::operator--() {
        assert(puntero! =primera);
        CeldaLista *aux=primera;
        while(aux→siguiente! =puntero)
          aux=aux→siguiente;
        puntero= aux;
        return *this;
}
Lista::Lista(const Lista& l){
  cab= new CeldaLista;
  CeldaCola *src=c.primera;
  ultima=cab;
  while (src→siguiente! =0) {
    ultima→siguiente= new CeldaLista;
    src= src→siguiente;
    ultima= ultima→siguiente;
    ultima→elemento= src→elemento
  }
  ultima→siguiente=0;
}
Lista::~Lista() {
  CeldaLista *aux;
  while (cab! =0) {
    aux=cab;
    cab= cab→siguiente;
    delete aux;
  }
}
```

Lista.cpp

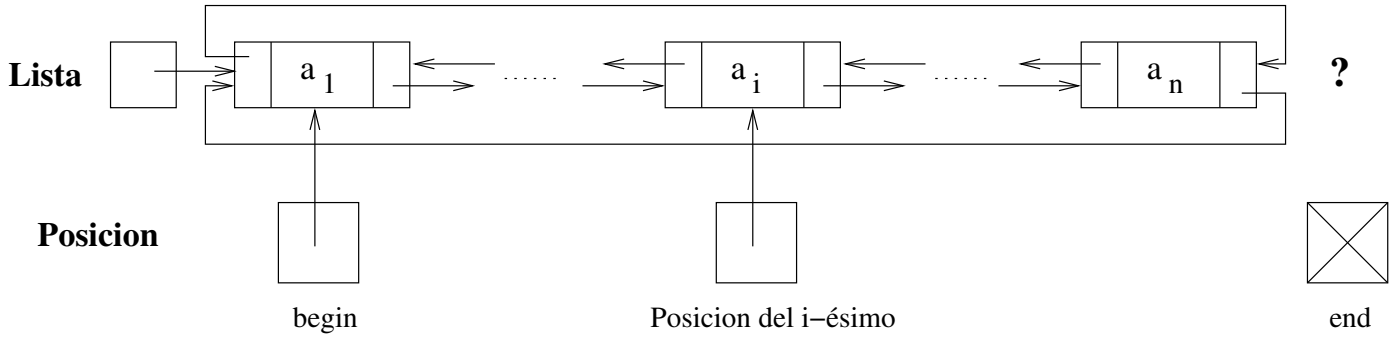
```
Lista& Lista::operator= (const Lista& l){
  Lista aux(l);
  CeldaLista *p;
  p= this→cab;
  this→cab= aux→cab;
  aux→cab= p;
  p= this→ultima;
  this→ultima= aux→ultima;
  aux→ultima= p;
  return *this;
}
Posicion Lista::insertar(Posicion p, Tbase e) {
  CeldaLista *q= new CeldaLista;
  q→siguiente=p.puntero→siguiente;
  p.puntero→siguiente= q;
  q→elemento= e;
  if (p.puntero==ultima) ultima=q;
  return p;                          // Al elemento insertado
}
Posicion Lista::borrar(Posicion p){
  assert (p! =end());
  CeldaLista *q= p.puntero→siguiente;
  p.puntero→siguiente=q→siguiente;
  if (q==ultima) ultima=p.puntero;
  delete q;
  return p;                          // Al elemento siguiente
}
```

Listas (celdas doblemente enlazadas).

Almacenamos en *celdas doblemente enlazadas*, y controlamos la *posición* con un *puntero a la celda*



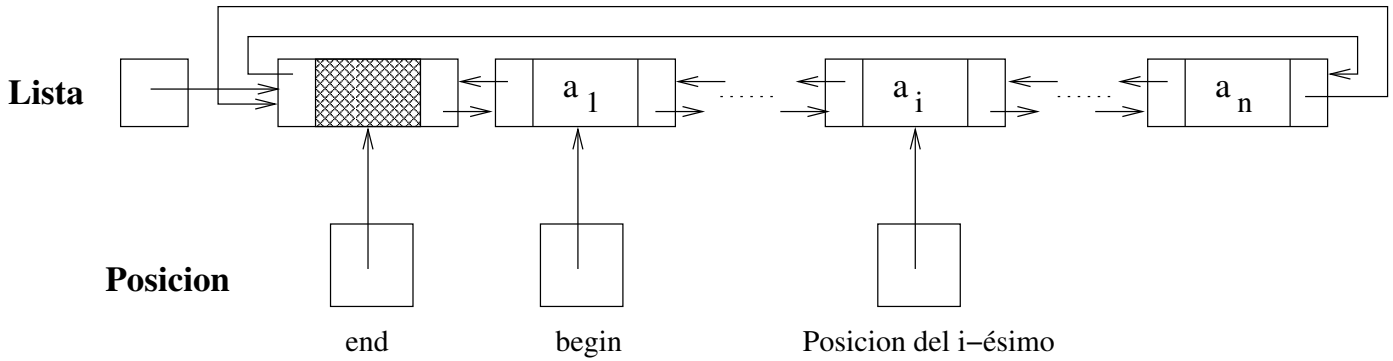
- Una *lista* es un *puntero* a la *primera* celda (*nulo* si es *vacía*).
- La posición *end* es *problemática*. Una *posición* son *dos punteros* para implementar *operator- -*.
- La función *operator- -* es eficiente, excepto para *end*, aunque se puede solucionar con la circularidad.



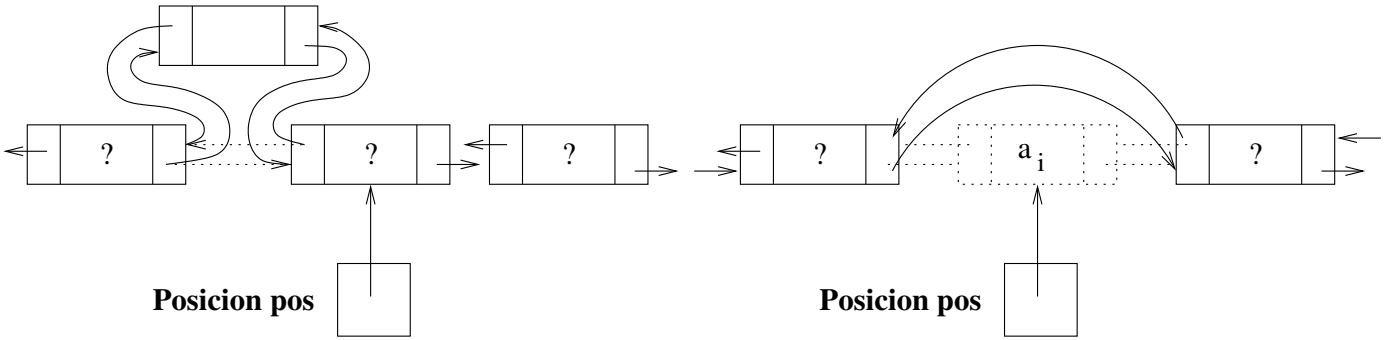
- Aunque la *representación* sigue requiriendo *dos punteros*.

Listas (celdas doblemente enlazadas con cabecera circulares).

Almacenamos la secuencia de valores en *celdas doblemente enlazadas*, y controlamos cada *posición* con un *puntero a la celda*



- Una *lista* es un *puntero* a la *cabecera*.
- Una *posición* es un *único puntero* a la celda.
- Las *inserciones y borrados* son *independientes de la posición*.



Insertar un elemento en pos de la lista l **Borrar un elemento en pos de la lista l**

Listas (celdas doblemente enlazadas con cabecera circulares) (1/2).

lista.h

```
typedef char Tbase;
struct CeldaLista{
   Tbase elemento;
   CeldaLista *anterior;
   CeldaLista *siguiente;
};
class Lista;                          // Declaración adelantada
class Posicion {
      CeldaLista *puntero;
   public:
      Posicion(): puntero(0) {}
      //Posicion(const Posicion& p);
      //~Posicion();
      //Posicion& operator= (const Posicion& p);
      Posicion& operator++() {
         puntero= puntero->siguiente;
         return *this;
      }
      Posicion& operator--() {
         puntero= puntero->anterior;
         return *this;
      }
      bool operator==(const Posicion& p)
      { return puntero==p.puntero; }
      bool operator! =(const Posicion& p)
      { return puntero! =p.puntero; }
      friend class Lista;
};
```

lista.h

```
class Lista{
      CeldaLista *cab;
   public:
      Lista();
      Lista(const Lista& l);
      ~Lista();
      Lista& operator= (const Lista& l);

      void set (Posicion p, Tbase e) {
         p.puntero->elemento= e;
      }
      Tbase get (Posicion p) const {
         return p.puntero->elemento;
      }
      Posicion insertar(Posicion p, Tbase e);
      Posicion borrar(Posicion p);

      Posicion begin() const {
         Posicion p;
         p.puntero= cab->siguiente;
         return p;
      }
      Posicion end() const {
         Posicion p;
         p.puntero= cab;
         return p;
      }
};
```

Listas (celdas doblemente enlazadas con cabecera circulares) (2/2).

lista.cpp

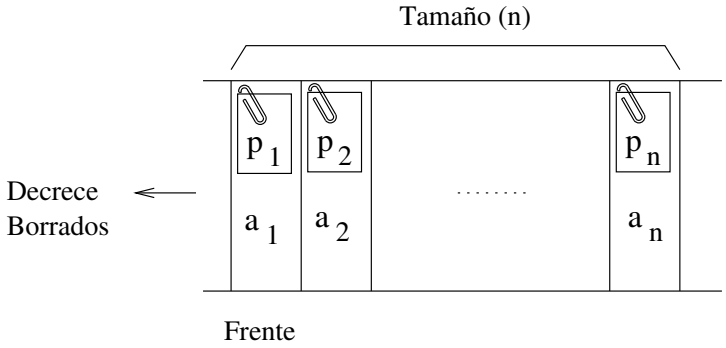
```
Lista::Lista() {
  cab= new CeldaLista;
  cab→siguiente= cab;
  cab→anterior=cab;
}
Lista::Lista(const Lista& l){
  cab= new CeldaLista;
  cab→siguiente= cab;
  cab→anterior=cab;

  CeldaLista *p= l.cab→siguiente;
  while (p! =l.cab) {
    CeldaLista *q;
    q= new CeldaLista;
    q→elemento=p→elemento;
    q→anterior= cab→anterior;
    cab→anterior→siguiente= q;
    cab→anterior= q;
    q→siguiente =cab;
    p= p→siguiente;
  }
}
Lista::~Lista() {
  while (begin()! =end())
    borrar(begin());
  delete cab;
}
```

lista.cpp

```
Lista& Lista::operator= (const Lista& l){
  Lista aux(l);
  CeldaLista *p;
  p=this→cab;
  this→cab= aux.cab;
  aux.cab=p;
  return *this;
}
Posicion Lista::insertar(Posicion p, Tbase e) {
  CeldaLista *q= new CeldaLista;
  q→anterior= p.puntero→anterior;
  q→siguiente=p.puntero;
  p.puntero→anterior= q;
  q→anterior→siguiente= q;
  q→elemento= e;
  p.puntero=q;
  return p;
}
Posicion Lista::borrar(Posicion p){
  assert (p! =end());
  CeldaLista *q= p.puntero;
  q→anterior→siguiente= q→siguiente;
  q→siguiente→anterior= q→anterior;
  p.puntero=q→siguiente;
  delete q;
  return p;
}
```

Colas con prioridad

Una *Cola* es un tipo de dato que *contiene* una *secuencia* de valores, especialmente diseñado para realizar borrados y accesos en uno de los extremos, mientras la inserción se realiza en cualquier lugar, deacuerdo a un valor de prioridad. Se pueden representar



Cola con prioridad

Los *accesos* y los *borrados* de elementos de la Cola con Prioridad *se realizan* por un extremo, denominado *frente*. El funcionamiento es muy *parecido a las colas*, excepto que podemos considerar que los elementos no mantienen el *orden* de inserción, sino el *indicado por un valor de prioridad*. Las operaciones básicas son:

- *Frente*. Devuelve el elemento del frente.
- *Prioridad_Frente*. Devuelve la prioridad asociada al elemento del frente.
- *Poner*. Añade un elemento con una prioridad asociada.
- *Quitar*. Elimina el elemento del frente.
- *Vacia*. Indica si la cola está vacía.

Colas con prioridad

Esquema de cola

Una posible *clase ColaPri* para almacenar datos de tipo *string* con una prioridad indicada por un valor entero puede tener la siguiente sintaxis.

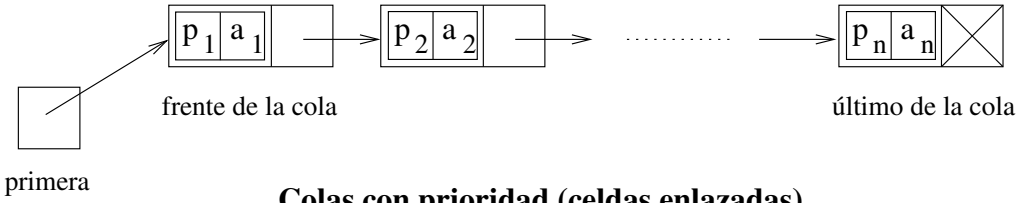
```
#ifndef __COLAPRI_H__
# define __COLAPRI_H__

  class ColaPri{
        ...                    // La implementación que deseemos
    public:
       ColaPri();
       ColaPri(const ColaPri& p);
       ~ColaPri();
       ColaPri& operator= (const ColaPri& p);

       bool vacia() const;
       void poner (int pri, string c)
       void quitar();
       string frente() const;
       int prioridad_frente () const;
  };

#endif
```

Uso de una cola con prioridad

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <colapri.h>
using namespace std;
int main()
{
  ColaPri q;
  int nota;
  string dni;

  cout << "Escriba una nota" << endl;
  cin >> nota;
  while (0<=nota && nota<=10) {
    cout << "Escriba un dni" << endl;
    cin >> dni;
    q.poner(nota,dni);
    cout << "Escriba una nota" << endl;
    cin >> nota;
  }
  cout << "Los elementos en el orden de las notas son:"<<endl;
  while (!q.vacia()) {
    cout << "Nota: " << q.prioridad_frente()
         << " DNI:" << q.frente() << endl;
    q.quitar();
  }
  return 0;
}
```

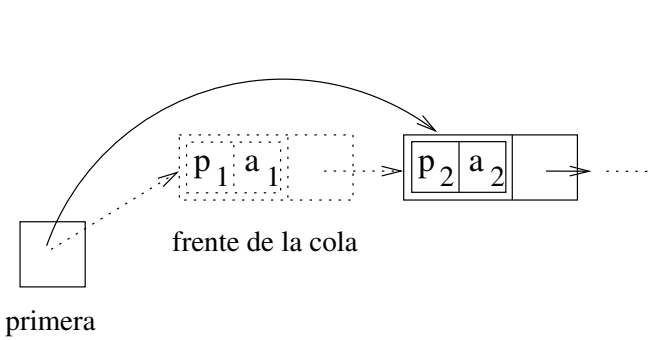
Colas con prioridad(celdas enlazadas) (1/3).

Almacenamos la secuencia de parejas *en celdas enlazadas*,

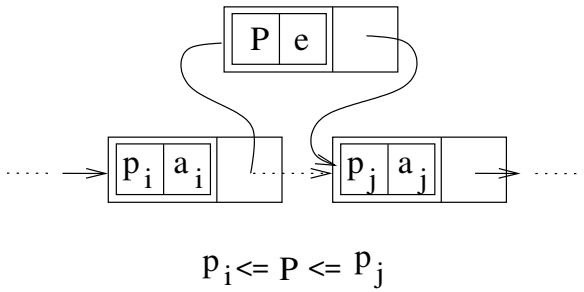


Colas con prioridad (celdas enlazadas)

- Una cola *vacía* contiene un *puntero nulo*.
- El *frente* de la cola se encuentra en la primera celda.
- Si *borramos* el frente, eliminamos *la primera* celda.
- Si *insertamos*, tenemos que *buscar su posición* según la prioridad



Quitar un elemento



Poner un nuevo elemento (posición intermedia)

Colas con prioridad (celdas enlazadas) (2/3).

ColaPri.h

```
#ifndef __COLAPRI_H__
# define __COLAPRI_H__
  typedef int Tprio;
  typedef char Tbase;

  struct Pareja {
    Tprio prioridad;
    Tbase elemento;
  };
  struct CeldaColaPri{
    Pareja dato;
    CeldaCola *sig;
  };
  class ColaPri{
      CeldaColaPri *primera;
    public:
      ColaPri();
      ColaPri(const ColaPri& p);
      ~ColaPri();
      ColaPri& operator= (const ColaPri& p);

      bool vacia() const { return primera==0;}
      void poner (Tprio pri, TBase c)
      void quitar();
      Tbase frente() const;
      Tprio prioridad_frente () const;
  };
#endif
```

ColaPri.cpp

```
ColaPri::ColaPri(): primera(0) {}
ColaPri::ColaPri(const ColaPri& c)
{
  if (c.primera==0)
    primera= 0;
  else {
    primera= new CeldaColaPri;
    primera->dato= c.primera->dato;
    CeldaColaPri *src=c.primera;
    CeldaColaPri *dst=primera;
    while (src->sig! =0) {
      dst->sig= new CeldaColaPri;
      src= src->sig;
      dst= dst->sig;
      dst->dato= src->dato
    }
    dst->sig=0;
  }
}
ColaPri::~ColaPri()
{
  CeldaColaPri *aux;
  while (primera! =0) {
    aux= primera;
    primera= primera->sig;
    delete aux;
  }
}
```

Colas con prioridad (celdas enlazadas) (3/3).

ColaPri.cpp

```
ColaPri& ColaPri::operator= (const ColaPri& c)
{
  ColaPri caux(c);
  CeldaColaPri *aux;
  aux= this->primera;
  this->primera= caux->primera;
  caux->primera= aux;
  return *this;
}
TBase ColaPri::frente() const
{
  assert (primera! =0);
  return primera->dato.elemento;
}
Tprio ColaPri::prioridad_frente() const
{
  assert (primera! =0);
  return primera->dato.prioridad;
}
void ColaPri::quitar()
{
  assert (primera! =0);
  CeldaColaPri *aux= primera;
  primera= primera->sig;
  delete aux;
}
```

ColaPri.cpp

```
void ColaPri::poner(Tprio pri, TBase c)
{
  CeldaColaPri *aux= new CeldaColaPri;
  aux->dato.elemento= c;
  aux->dato.prioridad= pri;
  aux->sig= 0;
  if (primera==0) primera=aux;
  else if (pri<primera->dato.prioridad) {
          aux->sig= primera;
          primera= aux;
        }
        else {
         CeldaColaPri *p= primera;
         while (p->sig! =0) {
           if (p->sig->dato.prioridad>pri) {
             aux->sig= p->sig;
             p->sig= aux;
             return ;
           }
         }
         p->sig= aux;
        }
}
```

Listas (Comparaciones).

	Vector	*Celdas*	*Celdas cab.*	*Celdas dob.*	*Celdas dob. cab.*
Rep. Lista	TBase *	Celda *	Celda *	CeldaDoble *	CeldaDoble *
Rep. Posicion	TBase * ó int	Celda * Lista *	Celda * Lista *	CeldaDoble * Lista * (end)	CeldaDoble *
Efic. Insertar	O(n)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)
Efic. Borrar	O(n)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)

La eficiencia de *Set,Get* siempre es, en peor caso, *O(1)*