Estructuras de Datos

Estructuras lineales:
Lista, Lista Ordenada y Cola de Prioridad

fjmadrid@uco.es

Contenidos

- El TAD Lista.
- Iteradores.
- El TAD Lista ordeanda.
- El TAD cola de prioridad.

Listas

- Recuerda: la lista “simple”.

List[T]
Makers:
- **make():List[T]** //makes a empty list.
  - post-c: isEmpty() is True.

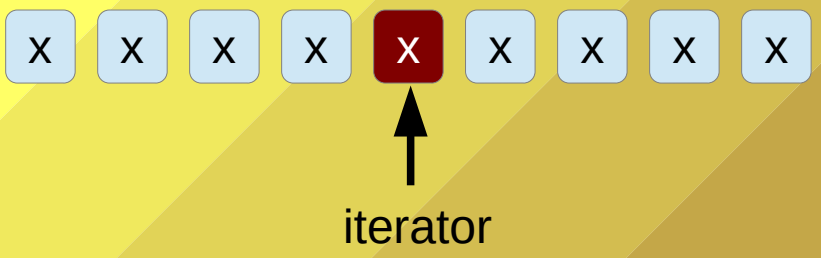
Observers:
- **isEmpty():Boolean** //is the list empty?
- **size():Integer** //Number of items in the list.
- **front():T** //return the first Item of the list.
  - pre-c: not isEmpty()

Modifiers:
- **pushFront(item:T)** //insert item before the head.
  - post-c: front() == item
  - post-c: size()==old.size()+1
- **popFront()** //delete the first item of the list.
  - pre-c: not isEmpty()
  - post-c: size()==old.size()-1

Invariants:
- isEmpty() or size()>0

Listas

- En la práctica, ¿qué otras operaciones sobre una lista necesitamos?
  - Poder acceder a todos los elementos de la lista, no sólo a la cabeza.
  - Poder realizar operaciones de edición (inserción/borrado) en todas las posiciones de la lista.
  - Solución:
    - usar un Iterador (nuevo TAD) para navegar e indicar la posición de la lista sobre la que queremos editar.



Listas

- TAD ListIterator[T]: especificación.

TAD ListIterator[T]:
Types:
- iterator as ListIterator[T]

Observers:
- isValid():Bool
- operator=(o:iterator):Bool
- distance(o:iterator):Integer
- get():T
  - Pre-c: isValid().
- next(d:Integer):iterator
  - Pos-c: not retv.isValid() or this.distance(retv)=d
- prev(d:Integer):iterator
  - Pos-c: not retv.isValid() or retV.distance(this)=d

Modifiers:
- set(v:T)//Set the item.
  - Pre-c: isValid().
  - Post-c: get()=v
- gotoNext(d:Integer)
  - Pos-c: isValid() or old.this.distance(this)=d
- gotoPrev(d:Integer)
  - Pos-c: not isValid() or this.distance(old.this)=d

Listas

- TAD List[T]: especificación.

TAD List[T] extend SimpleList[T]

Types:

- iterator as ListIterator[T]

Observers:

- back():T
  - Pre-c: not isEmpty().
- begin():iterator
- end():iterator
- find(v:T, from:iterator):iterator
  - Post-c: not retv.isValid() or v=ret.get()
  - Post-c: retv.isValid() or retv = end()

Modifiers:

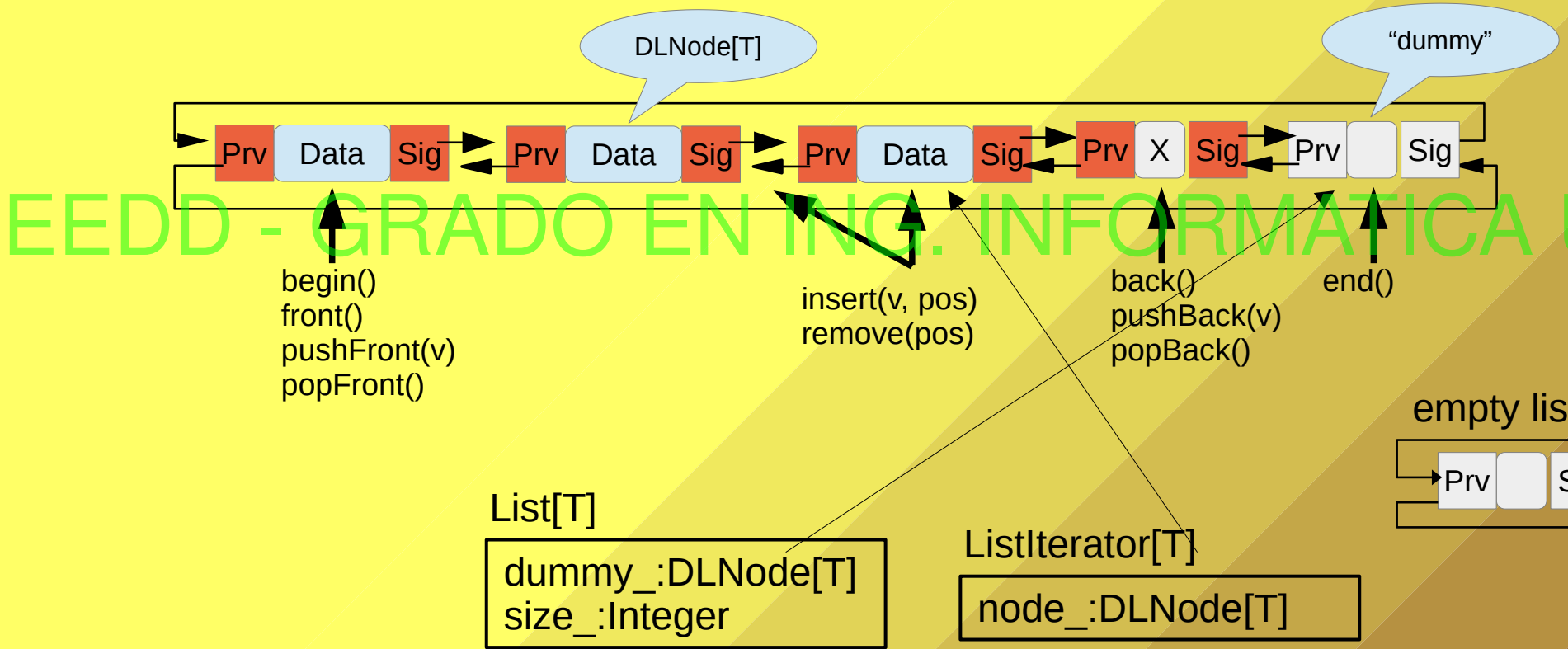
- pushBack(v:T)
  - Pre-c: size()=old.size()+1
  - Post-c: back()=v
- popBack()
  - Post-c: size()=old.size()-1
- insert(v:T, pos:iterator):iterator
  - Post-c: size()=old.size()+1
  - Post-c: retv.item()=v
  - Post-c: retv.next()=pos
- remove(pos:iterator):iterator
  - Pre-c: pos.isValid()
  - Pos-c: size()=old.size()-1
  - Pos-c: old.pos.next()=retv

Invariant:

Not isEmpty() Or begin()==end()

Listas

- TAD List[T]: diseño.



Listas

- TAD DLNode[T]: especificación.
  - Extiende LNode para tener un enlace al nodo previo que posibilita insertar/borrrar con O(1) en cualquier posición de la lista.

TAD DLNode[T]: extend LNode[T]

Makers:
- create(it:T, prev:DLNode, next:DLNode): DLNode[T]

Observers
- prev():DLNode[T] //Gets a link to next node.

Modifiers::
- setPrev(p:DLNode) //Sets the link to previous node.
  - Post-c: prev()==p

DLNode[T]:
item_:T
prev_:DLNode[T]
next_:DLNode[T]

Listas

- TAD ListIterator[T]: diseño.

```
isValid():Bool
  Return node_<>Void

get():T
  Return node_.get()

operator=(o:LisIterator[T]):Bool
  Return node_=o.node_

distance(o:ListIterator[T]):Int //O( )
  dist=0
  aux:=This
  While(aux<>o) Do
    dist++
    aux.gotoNext(1)
  End-While
  Return dist

next(d:Int):ListIterator[T] //O( )
  aux := This
  aux.gotoNext(d)
  Return aux
```

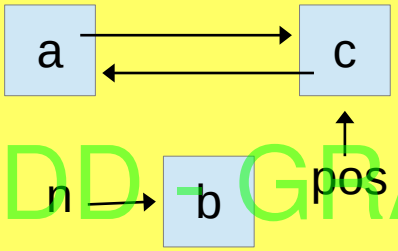
ListIterator[T]

node_:DLNode[T]

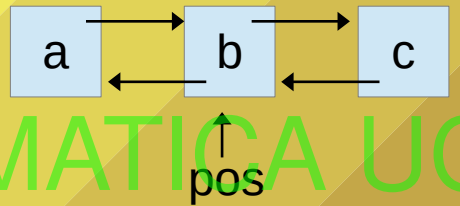
```
prev(d:Int):ListIterator[T] //O( )
  aux := This
  aux.gotoPrev(d)
  Return aux

set(v:T)
  node_.set(v)

gotoNext(d:Int) //O( )
  While d>0 Do
    node_:=node_.next()
    d--
  End-While

gotoPrev(d:Int) //O( )
  While d>0 Do
    node_:=node_.prev()
    d--
  End-While
```

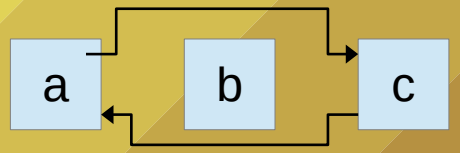
Listas

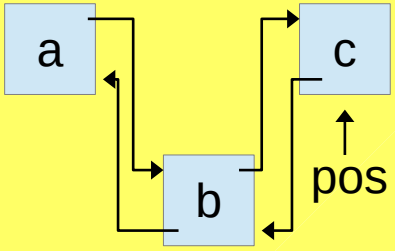
- List[T]: diseño algoritmos hook y unhook.




```
Algorithm List[T]::hook(n:DLNode,
  pos:DLNode[T])
//O ( )
Begin
  n.setPrev(pos.prev());
  n.setNext(pos);
  pos.prev().setNext(n);
  pos.setPrev(n);
  size_ ← size_+1
End.
```








```
Algorithm List[T]::unhook(pos:DLNode[T])
//O ( )
Begin
  pos.prev().setNext(pos.next())
  pos.next().setPrev(pos.prev())
  size_ ← size_-1
End.
```

Listas

- List[T]: diseño algoritmos insert/remove.

```
Algorithm List[T]::insert(v:T,
  pos:iterator):iterator
) //O ( )
Var
  n:DLNode[T]
Begin
  n ← DLNode[T]::create(v)
  hook(n, pos.node())
  Return iterator(n)
End.
```

```
Algorithm List[T]::remove(
  pos:iterator):iterator
) //O ( )
Var
  i:iterator
Begin
  i ← pos.next()
  unhook(pos.node())
  Return i
End.
```

Listas

- List[T]: diseño algoritmos push/pop.

```
Algorithm List[T]::pushFront(
  v:T,
) //O ( )
Begin
   insert(v, begin())
End.

Algorithm List[T]::popFront()//O ( )
Begin
   remove(begin())
End.
```

```
Algorithm List[T]::pushBack(
  v:T,
) //O ( )
Begin
   insert(v, end())
End.

Algorithm List[T]::popBack()//O ( )
Begin
   remove(end().prev())
End.
```

Listas

- TAD List[T]: diseño algoritmos fold/unfold.

```
El formato será
'[ 'item1' 'item2' 'item3' … 'item_n' ]'
donde item1 is cabeza de la lista.

Algorithm List[T]::fold(out:Stream)
Begin
  out.write("[")
  it ← begin()
  While not it=end() Do
    out.write(" ", it.item())
    it.gotoNext()
  End-While
  out.write(" ]")
End.
```

```
Se asume la operación T::create(String) para
desplegar valores de tipo T desde su
representación en formato string.

Algorithm List[T]::create(in:Stream)
Var
  tk: String #token
Begin
  in.read(tk)
  If token = "[" Then
    in.read(tk)
    While Not in.eof() And tk <> "]" Do
      pushBack( T::create(tk) )
      in.read(tk)
    End-While
    If tk <> "]" Then
       ERROR
  Else
    ERROR
  End-If
End.
```

Listas

- TAD List[T]: diseño algoritmo find.

```
Algorithm List[T]::find(v:T, pos:iterator):iterator
//O ( )
Var
  i:iterator
Begin
  i ← pos
  While (i!=end() and i.item()!=v) Do
    i.gotoNext()
  Return i
End.
```

Listas

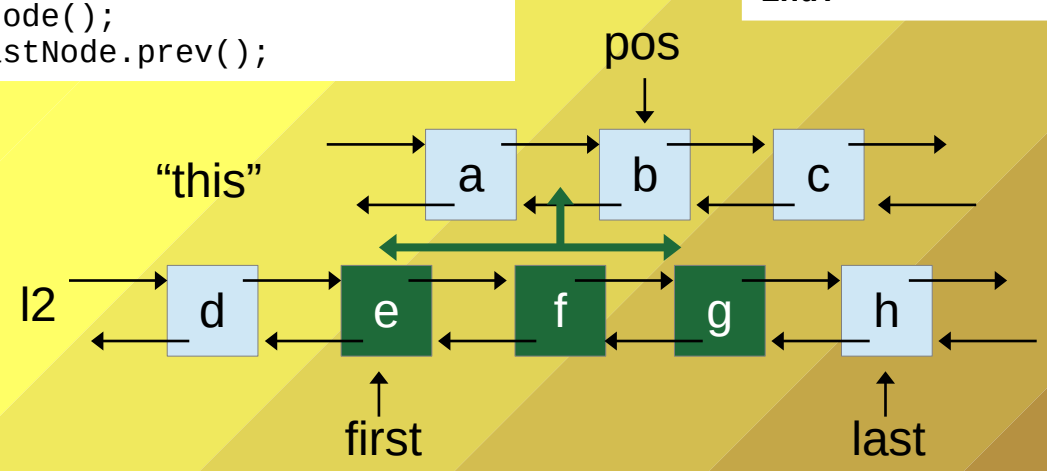
- Ordenar listas.
  - No tenemos acceso aleatorio, no podemos aplicar quicksort.
  - Algoritmo de selección: $O(N^2)$
  - Algoritmo mergeSort: O(N Log N)
  - Necesitamos poder fusionar listas ordenadas sin copiar los datos, sólo actualizando enlaces.

Listas

- TAD List[T]: diseño algoritmo splice.

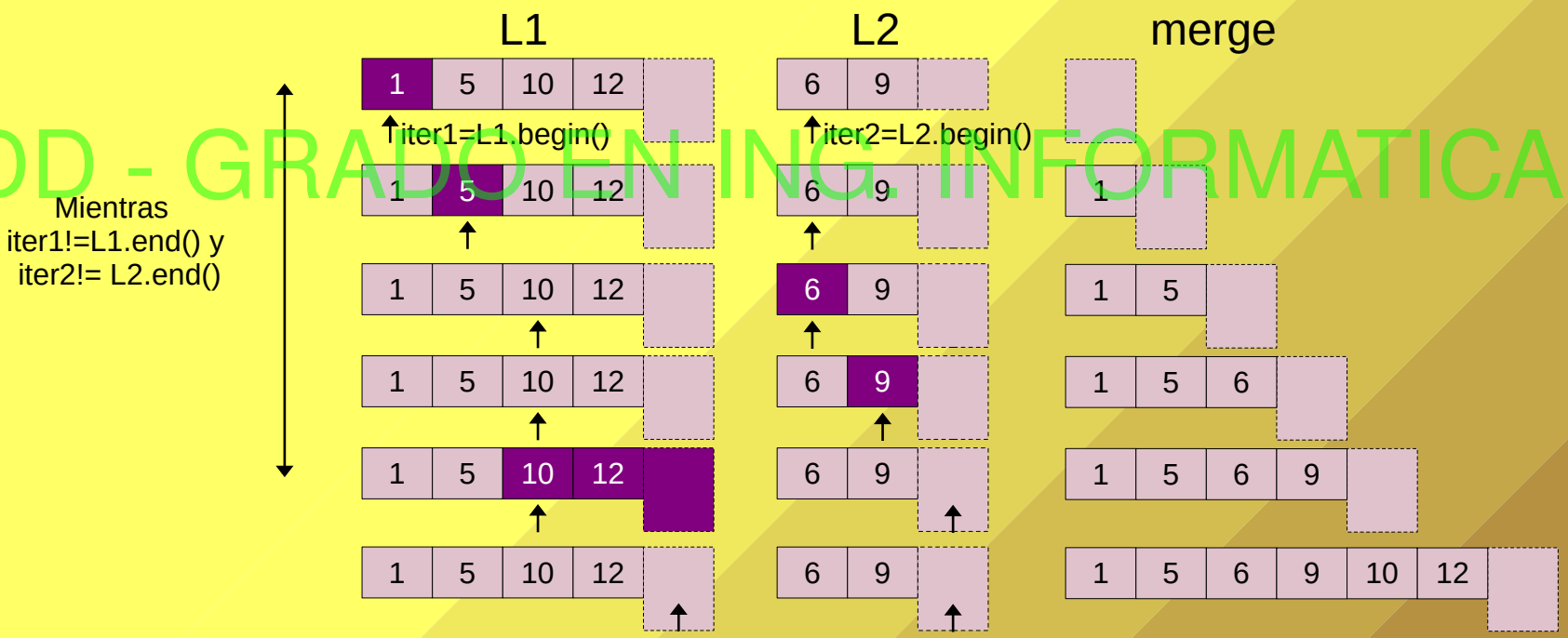
```
Algorithm List[T]::splice(pos:iterator,
l2:List[T], first:iterator, last:iterator)
//O ( )
Var
  posNode, prevPosNode:DLNode[T]
  firstNode, prevFirstNode:DLNode[T]
  lastNode, prevLastNode[T]
  rangeSize:Integer
Begin
 rangeSize ← first.distance(last)
 posNode ← pos.node();
 prevPosNode ← posNode.prev();
 firstNode ← first.node();
 prevFirstNode ← firstNode.prev();
 lastNode ← last.node();
 prevLastNode ← lastNode.prev();
```

```
 // Splice l2 range into this.
 prevPosNode.setNext(firstNode)
 firstNode.setPrev(prevPosNode)
 posNode.setPrev(prevLastNode)
 prevLastNode.setNext(posNode)

 // remove range from list2
 prevFirstNode.setNext(lastNode)
 lastNode.setPrev(prevFirstNode)

 // Update lists sizes.
 size_ <- size_ + rangeSize
 l2->size_ <- l2->size_ - rangeSize
End.
```

Listas

- TAD List[T]: diseño algoritmo merge.



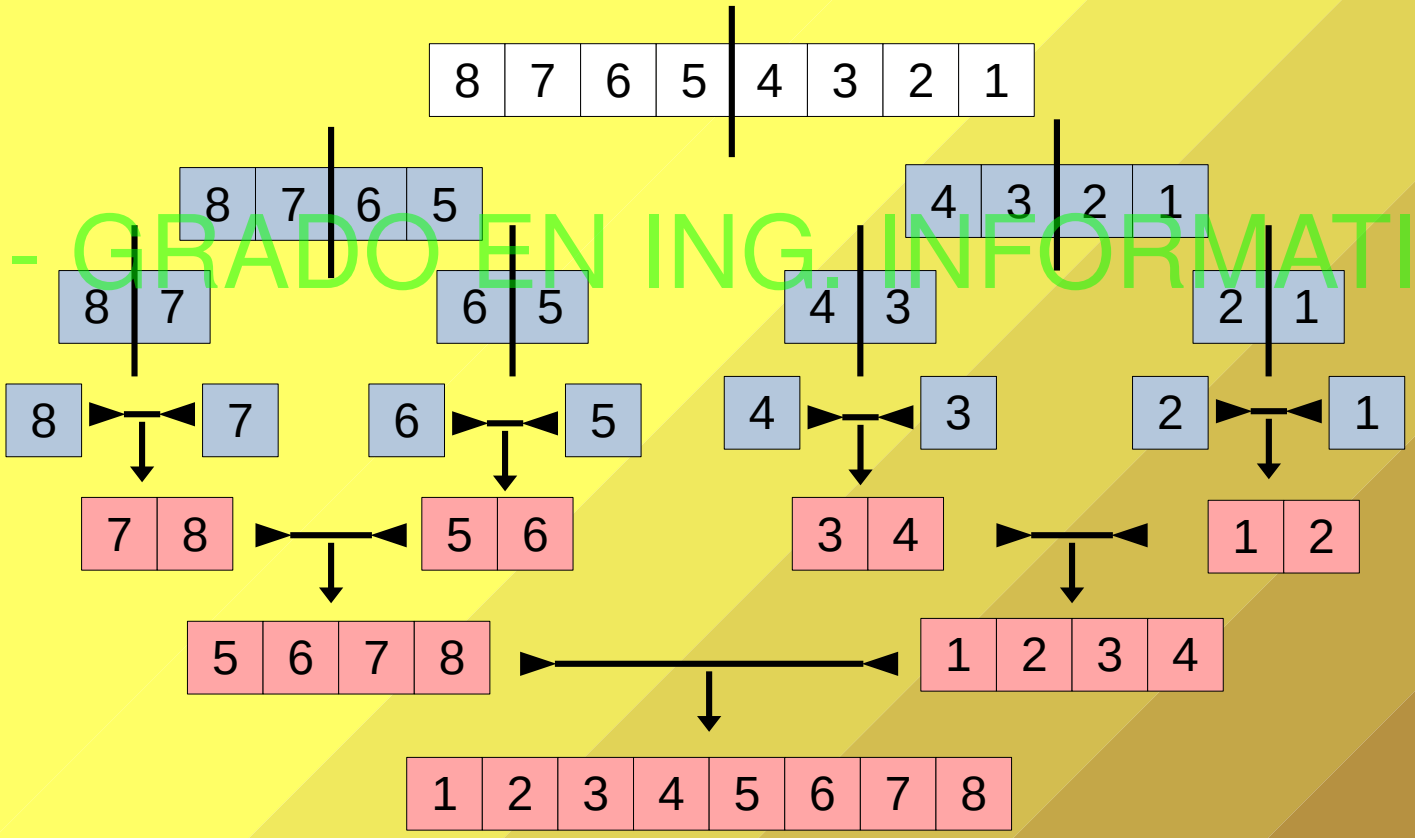
Listas

- TAD List[T]: diseño algoritmo merge.

```
Algorithm List[T]::merge(l2:List[T], cmp:Compare) //O ( )
Var
  iter1, iter2, tmp: iterator
Begin
  iter1 <- begin()
  iter2 <- l2.begin()
  While iter1 != end() And iter2 != l2.end() Do
    If cmp(iter1.item(), iter2.item()) Then
      iter1.gotoNext()
    Else
      tmp <- iter2
      iter2.gotoNext()
      splice(iter1, l2, tmp, tmp.next())
    End-If
  End-While
  If iter2 != l2.end() Then
    splice(iter1, l2, l2.begin(), l2.end());
End.
```

Listas

- TAD List[T]: diseño algoritmo mergeSort.



Listas

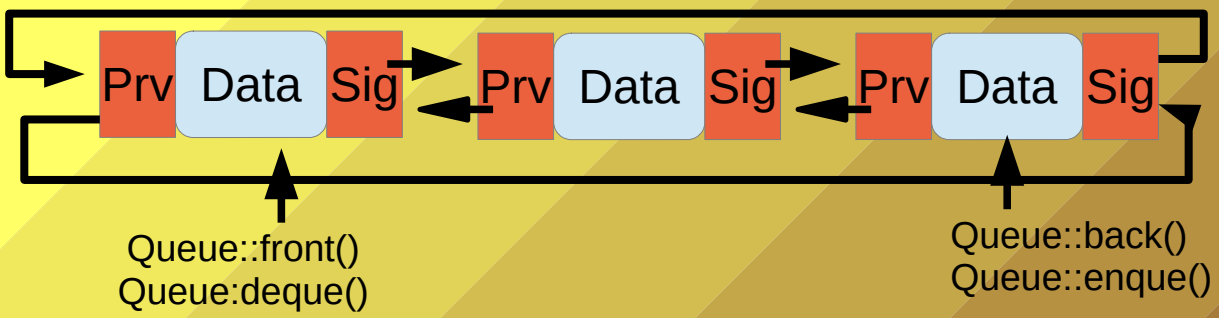
- TAD List[T]: diseño algoritmo mergeSort.

```
Algorithm List[T]::sort(cmp:Compare)
//O ( )
Var
  tmp: List[T]
  midPoint: iterator
Begin
  If (size() > 1) Then
    tmp ← List<T>::create()
    midpoint ← begin().gotoNext(size() / 2)
    tmp.splice(tmp.begin(), this, midpoint, end())
    sort(cmp)
    tmp.sort(cmp)
    merge(tmp, cmp)
  End-If
End.
```

Listas

- TAD Queue[T]: Diseño usando una lista.

```
Queue::isEmpty():Boolean //O( )
   return l_→ isEmpty()

Queue::size():Integer //O( )
   return l_.size()

Queue::front():T // O( )
   return l_.front()

Queue::back():T // O( )
   return l_.back()

Queue::enque(v:T) //O( )
   l_.pushBack(v)

Queue::deque() //O( )
   l_.popFront()
```

Lista Ordenada

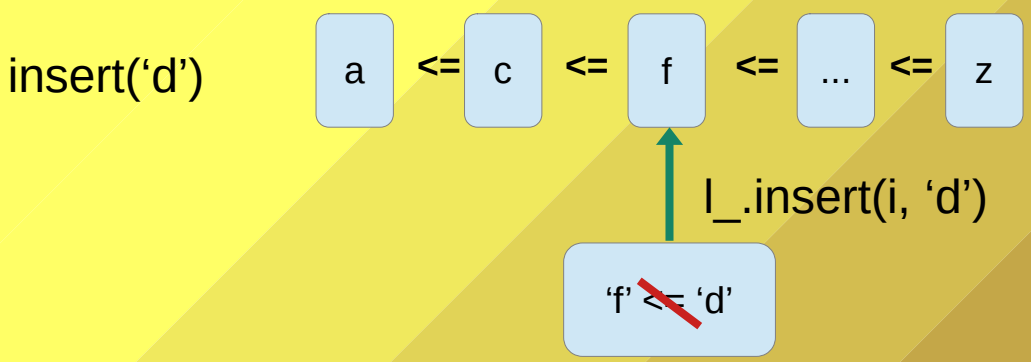
- TAD OrderedList[T, Comp[T]].
  - Representa una lista con el invariante:
    - isEmpty() **or forall** it **in** [begin(), end()): it.next()=end() **or** Comp(it.item(),it.next().item())
  - Modificadores:
    - insert(v:T):iterator //Insert v in order.
      - Post-c: size()=old.size()+1
      - Post-c: retv.item()=v
      - Post-c: not retv.next().isValid() or Comp(v, retv.next().item())
      - Post-c: not retv.prev().isValid() or Comp(retv.prev().item(), v)
  - Ventajas:
    - Acceso secuencial en orden de clave con O( ).
    - Recorrido secuencial en orden de clave con O( ).
    - Acceso O( ) al menor/mayor elemento de la secuencia.

Comp('a','b')=True si "'a' está delante de 'b' en el orden deseado"

Lista Ordenada

- OrderedList[T]: diseño usando una lista.

```
OrderedList[T, '<='']::insert(v:T):Iterator[T] //O( )
Begin
  i ← l_.begin()
  While (i != l_.end()) And Comp(i.item(),v) Do
    i.gotoNext()
  Return l_.insert(i, v)
End.
```

Cola de Prioridad

- ADT PQueue[T]
  - **Makers**:
    - create():PQueue[T]
      - post-c: isEmpty()
  - **Observers**:
    - isEmpty():Boolean
    - size():Integer
    - front():T
      - pre-c: not isEmpty().
      - post-c: “front is the oldest most prioritized item in the queue“
    - back():T
      - pre-c: not isEmpty().
      - post-c: “back is the newest less prioritized item in the queue”
  - **Modifiers**:
    - enque(it:T)
      - post-c: not isEmpty()
    - deque()
      - pre-c: not isEmpty()
  - **Invariants:**
    - isEmpty() or size()>0
    - isEmpty() or front()>=back()

PQueue[T]

l_:OrderedList[T, ‘>=’]

```
PQueue::isEmpty():Boolean //O( )
   return l_→ isEmpty()

PQueue::size():Integer //O( )
   return l_.size()

PQueue::front():T // O( )
   return l_.front()

PQueue::back():T // O( )
   return l_.back()

PQueue::enque(v:T) //O( )
   l_.insert(v)

PQueue::deque() //O( )
   l_.popFront()
```

Resumiendo

- La lista es una estructura de datos indicada cuando el proceso es secuencial y no es necesario realizar accesos aleatorios.
- Usamos iteradores para navegar y editar la lista.
- Utilizamos un diseño de cadena de nodos doblemente enlazados para:
  - Acceso O(1) a la cabeza y a la cola de la lista.
  - Edición de la lista con O(1) en cualquier posición.
  - Ordenación O(N log N) usando el algoritmo mergeSort.
- La lista ordenada permite acceso secuencial en orden clave con O(1) y recorrido secuencial en orden de clave con O(N).
- Una Cola de prioridad puede ser implementada con una lista ordenada.

Referencias

- Lecturas recomendadas:
  - Caps. 8 y 9 de “Estructuras de Datos”, A. Carmona y otros. U. de Córdoba. 1999.
  - Caps 6 y 7 de *“Data structures and software develpment in an object oriented domain”*, Tremblay J.P. y Cheston, G.A. Prentice-Hall, 2001.
  - Wikipedia.