

ESTRUCTURAS DE DATOS: LISTAS(2)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

MÁS USOS DE LAS LISTAS

Con `LISTA[ELEMENTO]` y `LISTA2[ELEMENTO]` creamos listas poniendo datos en distintos puntos de la estructura pero lo que realmente diferencia a las listas de las colas y pilas es que no tienen un punto de acceso para las consultas.

Esto quiere decir que las listas pueden **recorrerse**, mientras que las pilas y colas para poder tratarlas había que ir eliminando los elementos que las componían.

En la siguiente especificación se proporcionan operaciones para insertar, modificar o borrar datos en el interior de la lista, o para buscar datos a lo largo de la lista.

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN:LISTAS AMPLIADAS

espec *LISTA+[ELEMENTO]*

usa *LISTA[ELEMENTO], NATURALES2*

operaciones

{Ver el dato dada una posición, insertar, modificar o borrar}

parcial *_ [_]: lista natural → elemento*

parcial *insertar: elemento lista natural → lista*

parcial *modificar: elemento lista natural → lista*

parcial *borrar: lista natural → lista*

{Ver si un dato está en la lista, y en qué posición se encuentra}

está?: *elemento lista → bool*

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS AMPLIADAS (2)

var

n : natural

x, y : elemento

l : lista

ecuaciones de definitud *{escritas informales por claridad}*

$(1 \leq i \leq \text{long}(l)) = T \Rightarrow \text{Def}(l[i])$

$(1 \leq i \leq \text{long}(l)) = T \Rightarrow \text{Def}(\text{modificar}(x, l, i))$

$(1 \leq i \leq \text{long}(l)) = T \Rightarrow \text{Def}(\text{borrar}(l, i))$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN: LISTAS AMPLIADAS (3)

ecuaciones

{Las listas empiezan en la posición 1}

$$(x:1) [suc(0)] = x$$

$$n > 0 \Rightarrow (x:1) [suc(n)] = 1[n]$$

{Insertar x en la posición 1 es poner x el primero de todos}

$$insertar(x, 1, suc(0)) = x:1$$

{Insertar x después de la posición 1 es dejar el primero de la lista exactamente igual y seguir buscando el sitio de x}

$$n > 0 \Rightarrow$$

The logo for Cartagena99, featuring the text "Cartagena99" in a stylized font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN:LISTAS AMPLIADAS (4)

{Borrar la posición 1 es quitar la cabeza de la lista}

$$\mathit{borrar}(x:1, \mathit{suc}(0)) = 1$$

{Borrar después de la posición 1 es dejar la cabeza en su sitio y seguir buscando el que hay que borrar }

$$n > 0 \Rightarrow \mathit{borrar}(x:1, \mathit{suc}(n)) = x:\mathit{borrar}(1, n)$$

{Modificar el dato de la posición n es como si se quitase y luego se insertase el dato nuevo}

$$n > 0 \Rightarrow \mathit{modificar}(x, l, n) = \mathit{insertar}(x, \mathit{borrar}(l, n), n)$$

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ESPECIFICACIÓN:LISTAS AMPLIADAS (5)

{Para ver si un dato está en la lista se recorre y se compara con cada uno de los elementos de la lista, hasta que no queden más}

$$\mathit{esta?}(x, []) = F$$

$$\mathit{esta?}(x, y:l) = (x \text{ eq } y) \vee \mathit{esta?}(x, l)$$

{Buscar la posición que ocupa un dato es mirar si está o no en la lista, y si está se va contando de uno en uno hasta llegar al dato}

$$\mathit{esta?}(x, l) = F \Rightarrow \mathit{buscar}(x, l) = 0$$

$$\mathit{esta?}(x, y:l) = T \wedge (x \text{ eq } y) = T \Rightarrow \\ \mathit{buscar}(x, y:l) = \mathit{suc}(0)$$

$$\mathit{esta?}(x, y:l) = T \wedge (x \text{ eq } y) = F \Rightarrow \\ \mathit{buscar}(x, y:l) = \mathit{suc}(\mathit{buscar}(x, l))$$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS. PSEUDOCÓDIGO

{Obtener el elemento en una posición _ [_]}

```
func coger (l:lista, n:natural):elemento
{devuelve el elto que está en la posición n)
  si (n=0)
    entonces error(El elemento 0 no existe)
  sino si (long(l)<n)
    entonces error (No hay n elementos)
    sino si n=1 entonces devolver prim(l)
    sino resto(l)
    devolver coger (l, pred(n))
  finsi
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a white background with a light blue and orange gradient behind it.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS. PSEUDOCÓDIGO (2)

{ Ver si un elemento está en la lista *esta?*}

```
func esta?( e:elemento, l: lista):booleano
var primero:elemento
    si vacia?(l)
        entonces devolver F
    sino primero ← prim(l)
        resto(l)
        devolver (primero eq e) V esta?(e, l)
    finsi
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS. PSEUDOCÓDIGO (3)

*{Buscar la posición de un elemento en la lista **buscar**}*

```
func buscar (e:elemento, l: lista):natural
```

```
var primero:elemento
```

```
  si vacia?(l)
```

```
    entonces devolver 0
```

```
  sino      primero ← prim(l)
```

```
    si (primero eq e)
```

```
      entonces devolver 1
```

```
    sino resto(l)
```

```
      devolver suc(buscar(e, l))
```

```
finsi
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a white background with a subtle blue and orange gradient behind it.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS. PSEUDOCÓDIGO (4)

{Insertar un elemento en una posición insertar}

```
proc insertar(e:elemento, E/S l:lista, n:natural)
  var primero:elemento
  si (n=0)
    entonces error(El elemento 0 no existe)
  sino si (n=1) entonces e:l
    sino primero←prim(l)
      resto(l)
      insertar(e,l,pred(n))
      primero:l
  finsi
finproc
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS. PSEUDOCÓDIGO (5)

*{Borrar el elemento de una posición **borrar**}*

```
proc borrar (E/S l:lista, n:natural)
  si (n=0)
    entonces error(El elemento 0 no tiene
    sentido)
  sino si (long(l)<n)
    entonces error (No hay n elementos)
  sino si n=1 entonces resto(l)
    sino borrar (resto(l), pred(l))
    prim(l):l
  finsi
finproc
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS. PSEUDOCÓDIGO (6)

*{Cambiar el elemento en una posición **modificar**}*

```
proc modificar (e:elemento, E/S l:lista, n:natural)
var primero:elemento
  si (n=0)
    entonces error(El elemento 0 no existe)
  sino si (long(l)<n)
    entonces error (No hay n elementos)
  sino si n=1 entonces resto(l) e:l
    sino primero←prim(l) resto(l)
      modificar(e, l, pred(n))
      primero:l
  finsi
finproc
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS ENLAZADAS. TIPOS

tipos

nodo-lista = **reg**

valor: elemento

sig: **puntero a** nodo-lista *{esto es lo mínimo}*

freg

lista = **reg**

longitud: nat *{no siempre es necesaria}*

primero: **puntero a** nodo-lista *{cabecera de lista}*

freg

ftipos

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS

{Obtener el elemento en una posición _ [_]}

fun coger(l: lista, E n: nat) **dev** e: elemento

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS

{Obtener el elemento en una posición _ [_]}

```
fun coger(l: lista, E n: nat) dev e: elemento
var p: puntero a nodo-lista; pos: nat
  si (n = 0) o (n > l.longitud) entonces
    error(posición inexistente)
  si no p ← l.primerio
    pos ← 1
    mientras (pos < n) hacer
      pos ← pos+1 p ← p^.sig
    fmientras
    e ← p^.valor
  fsi
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS (2)

*{Buscar la posición de un elemento en la lista **buscar**}*

fun buscar(E e: elemento, l: lista) **dev** n: nat

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS (2)

*{Buscar la posición de un elemento en la lista **buscar**}*

```
fun buscar(E e: elemento, l: lista) dev n: nat
var   p: puntero a nodo-lista
      pos: nat
      si es_lista_vacia(l) entonces
        error(Lista vacía)
      si no p ← l.primerio
          pos ← 1
      mientras (p ≠ nil) y (p^.valor ≠ e) hacer
        pos ← pos+1; p ← p^.sig
      fmientras
      si (p ≠ nil) entonces
        n ← pos
      si no n ← 0
      fsi
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white, wavy underline that resembles a stylized '9' or a wave.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS (3)

{ Ver si un elemento está en la lista esta? }

```
fun esta(E e: elemento, l: lista) dev b: bool
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. OBSERVADORAS (3)

{ Ver si un elemento está en la lista esta? }

```
fun esta(E e: elemento, l: lista) dev b: bool
var p: puntero a nodo-lista
    pos: nat
    si es_lista_vacia(l) entonces b ← Falso
    si no p ← l.primerio
    mientras (p ≠ nil) y (p^.valor ≠ e) hacer
        p ← p^.sig
    fmientras
    b ← p ≠ nil
fsi
ffun
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS

*{Cambiar el elemento en una posición **modificar**}*

```
proc modificar(l: lista, E n: nat, E e: elemento)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS

*{Cambiar el elemento en una posición **modificar**}*

```
proc modificar(l: lista, E n: nat, E e: elemento)
var  p: puntero a nodo-lista
      pos: nat
      si (n = 0) o (n > l.longitud)
          entonces error(posición inexistente)
      si no p ← l.primerio
      pos ← 1
      mientras (pos < n) hacer
          pos ← pos+1  p ← p^.sig
      fmientras
      p^.valor ← e
fsi
```

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS (2)

*{Insertar un elemento en una posición **insertar**}*

```
proc insertar(l: lista, E n: nat, E e: elemento)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS (2)

{Insertar un elemento en una posición insertar}

```
proc insertar(l: lista, E n: nat, E e: elemento)
var p, aux: puntero a nodo-lista
    pos: nat
si (n = 0) o (n > l.longitud+1)
    entonces error(posición inexistente)
si no
    reservar (p)
    p^.valor ← e
    si (n=1) entonces {se pone el primero}
        p^.sig ← l.primerero
        l.primerero ← p
    si no
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS (3)

{Insertar un elemento en una posición insertar}

(...) {busco su lugar}

aux ← l.primer

pos ← 1

mientras *(pos+1 < n) hacer*

pos ← pos+1 aux ← aux^.sig

fmientras

p^.sig ← aux^.sig

aux^.sig ← p

fsi *{se ha insertado}*

l.longitud ← l.longitud+1

fsi *{hubo un error}*

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS (4)

*{Borrar el elemento de una posición **borrar**}*

```
proc borrar(l: lista, E n: nat)
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS (4)

*{Borrar el elemento de una posición **borrar**}*

```
proc borrar(l: lista, E n: nat)
var  p, aux: puntero a nodo-lista
      pos: nat
      si (n = 0) o (n > l.longitud)
      entonces error(posición inexistente)
      si no p ← l.primeros
      si (n=1) entonces
                {se quita el primero}
      l.primeros ← p^.sig
      p^.sig ← nil    {por seguridad}
      liberar(p)
      si no
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS AMPLIADAS. MODIFICADORAS (5)

*{Borrar el elemento de una posición **borrar**}*

```
(...) pos
← 1
mientras (pos+1 < n) hacer pos ←
    pos+1
    p ← p^.sig
fmientras
    aux ← p^.sig
    p^.sig ← aux^.sig
    aux^.sig ← nil {por seguridad}
liberar (aux)
fsi {se ha borrado}
l.longitud ← l.longitud-1
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

COMENTARIOS

- Algunas operaciones se consiguen que sean muy rápidas: `[]`, `[x]`, `vacia?(l)`, `prim(l)`, `resto(l)`, `long(l)` y `x:l` se ejecutan en tiempo constante $O(1)$.
- Sin embargo, hay otras operaciones que son lentas: `l++l'`, `x#l`, `ult(l)`, `eult(l)`, `l[i]`, `buscar(x,l)`, `esta?(x,l)`, `insertar(l,i,x)`, `modificar(l,i,x)`, y `borrar(x,i)` se ejecutan en tiempo $O(n)$ ya que implican recorrer linealmente la estructura.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

IMPLEMENTACIÓN: LISTAS (2)

Podemos enriquecer la implementación añadiendo un puntero al último elemento:

- Si se añade al tipo lista un puntero al último elemento y un contador las operaciones `l++l'`, `x#l`, `long(l)` y `ult(l)` pasan a tiempo constante $O(1)$.
- En cada celda puede añadirse un puntero al anterior para tener listas doblemente enlazadas:
 - La complejidad en tiempo no varía (esencialmente).
 - Aumenta el empleo de memoria.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. TIPOS

tipos

nodo-listad = **reg**

valor: elemento

ant, sig: **puntero a** nodo-lista

freg

listad = **reg**

primero, ultimo: **puntero a** nodo-listad

longitud: nat

ftipos

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS

{Crear una lista vacía []}

```
func lista_vacia():listad
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the word "Cartagena". The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS

{Crear una lista vacía []}

```
func lista_vacia():listad
```

```
var l:lista
```

```
    l.primeroleft←nil
```

```
    l.ultimoleft←nil
```

```
    l.longitud←0
```

```
    devolver (l)
```

```
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (2)

{Crear una lista de un elemento [_] }

func unitaria (e:elemento):listad

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the word "Cartagena". The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (2)

{Crear una lista de un elemento [_] }

```
func unitaria (e:elemento):listad
```

```
var p:listad
```

```
    reservar (p.primerο)
```

```
    p.primerο^.valor←e
```

```
    p.primerο^.sig←nil
```

```
    p.primerο^.ant←nil
```

```
    p.ultimo←p.primerο
```

```
    p.longitud←1
```

```
    devolver p
```

```
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a white background with a light blue and orange gradient behind it.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle, abstract shape behind it. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (3)

{Añadir un elemento a una lista por la izquierda _ : _ }

```
proc añadir_izq (e:element, l:lista)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (3)

{Añadir un elemento a una lista por la izquierda _ : _ }

```
proc añadir_izq (e:elemento, l:listad)
```

```
var p p:puntero a nodo_listad
```

```
    reservar (p)
```

```
    p^.valor←e
```

```
    p^.sig←l.primeros
```

```
    p^.ant←nil
```

```
    l.primeros^.ant←p
```

```
    l.primeros ←p
```

```
    l.longitud← l.longitud+1
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than "Cartagena". Below the text is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (4)

{Añadir un elemento a una lista por la derecha _ # _ }

```
proc añadir_der (e:element, l:listad)
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. CONSTRUCTORAS (4)

{Añadir un elemento a una lista por la derecha _ # _ }

```
proc añadir_der (e:element, l:listad)
```

```
var p, aux:puntero a nodo_listad
```

```
    reservar (p)
```

```
    p^.valor←e
```

```
    p^.sig←nil
```

```
    p^.ant←l.ultimo
```

```
    l.ultimo^.sigue←p
```

```
    l.ultimo←p
```

```
    l.longitud←l.longitud+1
```

finproc

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. OBSERVADORAS

*{Obtener el elemento inicial **prim**}*

func inicial(l:listad):elemento

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the word "Cartagena". The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. OBSERVADORAS

*{Obtener el elemento inicial **prim**}*

```
func inicial(l:listad):elemento
    si vacia?(l) entonces error (lista vacía)
    sino devolver l.primeros^.valor
finsi
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. OBSERVADORAS(2)

*{Obtener el elemento extremo **ult**}*

```
func final(l:listad):elemento
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. OBSERVADORAS(2)

{Obtener el elemento extremo ult}

```
func final(l:listad):elemento
    si vacia?(l) entonces error (lista vacía)
    sino devolver l.ultimo^.valor
finsi
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. OBSERVADORAS(3)

{Ver si la lista es vacía}

func vacia?(l:listad):booleano

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. OBSERVADORAS(3)

{Ver si la lista es vacía}

```
func vacia?(l:listad):booleano
```

```
    devolver l.longitud=0
```

```
finfunc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. MODIFICADORAS

{Eliminar el primer elemento de una lista resto}

```
proc elim_inicial(l:listad):listad
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. MODIFICADORAS

{Eliminar el primer elemento de una lista resto}

```
proc elim_inicial(l:listad):listad
var ini:puntero a nodo_listad
    si vacia?(l) entonces error (lista vacía)
    sino ini←l.primerero
        l.primerero←l.primerero^.sig
        l.primerero^.ant←nil
        ini^.sig←nil {por seguridad}
    liberar(ini)
    l.longitud← l.longitud-1
finproc
```

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. MODIFICADORAS(2)

{Eliminar el último elemento de una lista eult}

```
proc elim_final(l:listad)
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, dark green font. The "99" is significantly larger and more prominent than the "Cartagena" part. The text is set against a light blue background with a subtle wave pattern. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS. MODIFICADORAS(2)

{Eliminar el último elemento de una lista eult}

```
proc elim_final(l:listad)
var ult:puntero a nodo_listad
  si vacia?(l) entonces error (lista vacía)
  sino ult←l.ultimo
    l.ultimo^.ant^.sig←nil
    l.ultimo←l.ultimo^.ant
    ult^.ant←nil {por seguridad}
    liberar(ult)
    l.longitud← l.longitud-1
  finsi
finproc
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a white swoosh underneath.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70