Estructuras de Datos y Algoritmos

TAD cola genérica

Lección 9

Universidad Zaragoza

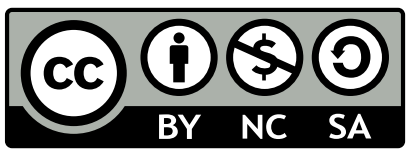
Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza, España

Curso 2024/2025

Grado en Ingeniería Informática

Universidad de Zaragoza

Aula 0.04, Edificio Agustín de Betancourt



Índice

Universidad Zaragoza

Índice

Universidad Zaragoza

TAD cola

Especificación

```
espec colasGenéricas
    usa boleanos, naturales
    parámetro formal
        género elemento
    fpf
    género cola
    {Los valores del TAD cola representan secuencias de elementos con acceso
        FIFO (first in, first out), esto es, el primer elemento añadido será
        el primero en ser borrado}
    operaciones
        crear: -> cola
        {Devuelve una cola vacía, sin elementos}
        encolar: cola c, elemento e -> cola
        {Devuelve la cola resultante de añadir e a c}
        esVacía?: cola c -> booleano
        {Devuelve verdad si y sólo si c no tiene elementos}
        parcial primero: cola c -> elemento
        {Devuelve el primer elemento encolado de los que hay en c.
            Parcial: la operación no está definida si c es vacía}
        desencolar: cola c -> cola
        {Si c es no vacía, devuelve la cola resultante de eliminar de c el
            primer elemento que fue encolado. En caso contrario, devuelve
            una cola igual a c}
        longitud: cola c -> natural
        {Devuelve el número de elementos de c}
fespec
```

Índice

Universidad Zaragoza

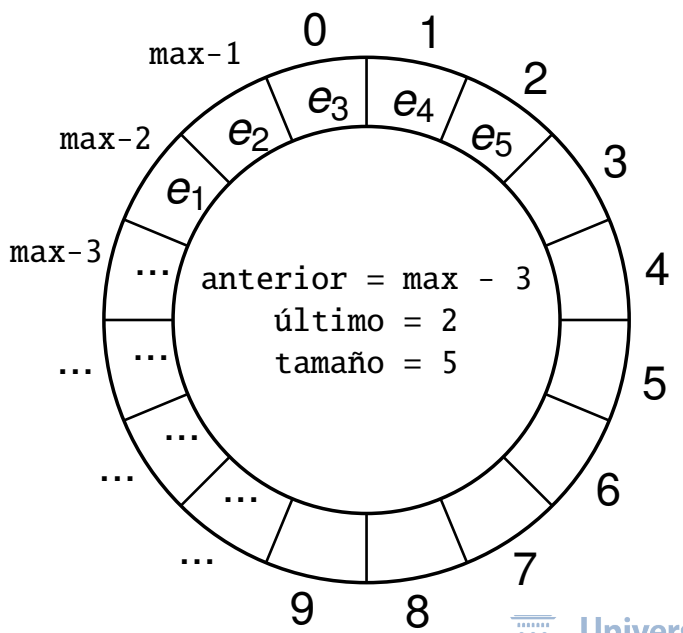
TAD pila

Implementación estática – representación de datos

Representación estática (o contigua)

- Basada en un “vector circular”
- Vector con espacio para un máximo `max` de elementos
- Núm. elementos válidos en el vector: contador `tamaño`, $0 \leq$ `tamaño` $\leq$ `max`

```
constante max = ...
tipos vectorDatos = vector[0..max-1] de elemento;
        cola = registro
                    datos: vectorDatos;
                    anterior, último: 0..max - 1;
                    actual: 0..max - 1;
                    {actual se usa para el iterador}
                    tamaño: 0..max
                freg
```



TAD colas

Implementación estática – módulo genérico `colas`

```
módulo genérico colasGenéricasEstáticas
parámetro
    tipo elemento
exporta
    constante max = 100
    tipo cola
    {Los valores del TAD cola representan secuencias de 0 o más elementos,
        con longitud máxima max; llamamos primer elemento de la cola al primero
        que fue añadido y último al último que fue añadido}

    procedimiento crear(sal c: cola)
    {Devuelve una cola vacía, sin elementos}
    procedimiento encolar(ent e: elemento; e/s c: cola; sal error: booleano)
    {Si c no está llena, añade e a c como último elemento;
        si está llena, devuelve error}
    función esVacía(c: cola) devuelve booleano
    {Devuelve verdad si y sólo si c no tiene elementos}
    procedimiento desencolar(e/s  c: cola; sal error: booleano)
    {Si c es no vacía, devuelve la cola resultante de borrar su primer elemento;
        si es vacía, devuelve error}
    procedimiento primero(ent c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
    {Si c es no vacía, devuelve en e su primer elemento;
        si es vacía, devuelve error}
    función longitud(c: cola) devuelve natural
    {Devuelve el número de elementos de c}
...
```

```
...
    procedimiento duplicar(sal cSal: cola; ent cEnt: cola)
    {Duplica la representación de la cola cEnt en la cola cSal}
    función iguales(c1, c2: cola) devuelve booleano
    {Devuelve verdad si y sólo si las colas c1 y c2 tienen la misma longitud y
        los mismos elementos en idénticas posiciones}

    {Añadimos las tres operaciones básicas de un iterador}
    procedimiento iniciarIterador(e/s c: cola)
    {Prepara el iterador para que el siguiente elemento a visitar sea el
        primero de la cola (situación de no haber visitado ningún elemento)}
    función haySiguiente(c: cola) devuelve booleano
    {Devuelve falso si ya se ha visitado el último elemento,
        cierto en caso contrario}
    procedimiento siguiente(e/s c: cola; sal e: elemento: sal error: booleano)
    {Si existe siguiente devuelve en e el siguiente elemento de c y avanza el cursor;
        si no, devuelve error}
...
```

```
...
implementación
    tipos vectorDatos = vector[0..max - 1] de elemento;
        cola = registro
                    datos: vectorDatos;
                    anterior, último, actual: 0..max - 1;
                        {actual se usa para el iterador}
                    tamaño: 0..max
                freg

    procedimiento crear(sal c: cola)
    principio
        c.anterior := 0;  {por ejemplo}
        c.último := 0;
        c.tamaño := 0
    fin

    procedimiento encolar(e/s c: cola; ent e: elemento; sal error: booleano)
    principio
        si c.tamaño < max entonces
            error := falso;
            c.último := (c.último + 1) mod max;
            c.datos[c.último] := e;
            c.tamaño := c.tamaño + 1
        sino
            error := verdad
        fsi
    fin
...
```

```
...
    función esVacía(c: cola) devuelve booleano
    principio
        devuelve c.tamaño = 0
    fin

    procedimiento desencolar(e/s c: cola; sal error: booleano)
    principio
        si esVacía(c) entonces
            error := verdad
        sino
            error := falso;
            c.anterior := (c.anterior + 1) mod max;
            c.tamaño := c.tamaño - 1
        fsi
    fin

    procedimiento primero(ent c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
    principio
        si esVacía(c) entonces
            error := verdad
        sino
            error := falso;
            e := c.datos[(c.anterior + 1) mod max]
        fsi
    fin

    función longitud(c: cola) devuelve natural
    principio
        devuelve c.tamaño
    fin
...
```

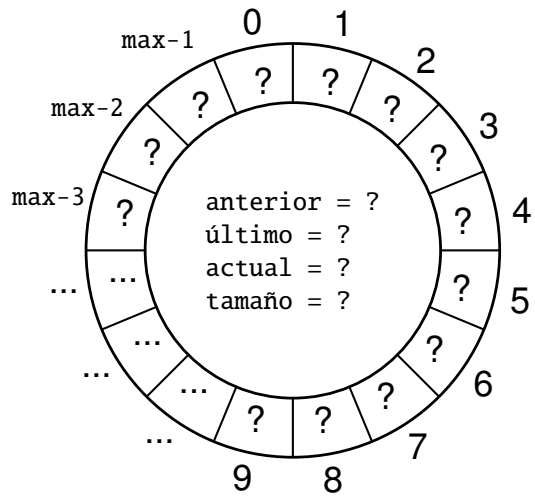
```
...
    procedimiento duplicar(sal cSal: cola; ent cEnt: cola)
    variable i: natural
    principio
        si esVacía(cEnt) entonces
            crear(cSal)
        sino
            cSal.tamaño := cEnt.tamaño;
            cSal.anterior := cEnt.anterior;
            cSal.último := cEnt.último;
            para i:=1 hasta cEnt.tamaño hacer
                cSal.datos[(cSal.anterior + i) mod max] := cEnt.datos[(cEnt.anterior + i) mod max]
            fpara
        fsi
    fin

    función iguales(c1, c2: cola) devuelve booleano
    variable i: natural; igual: booleano
    principio
        si esVacía(c1) and esVacía(c2) entonces
            devuelve verdad
        sino_si longitud(c1) ≠ longitud(c2) entonces
            devuelve falso
        sino
            i := 1;
            igual := verdad;
            mientrasQue igual and i ≤ longitud(c1) hacer
                igual := c1.datos[(c1.anterior + i) mod max] = c2.datos[(c2.anterior + i) mod max];
                i := i + 1
            fmq;
            devuelve igual
        fsi
    fin
...
```

```
...
    procedimiento iniciarIterador(e/s c: cola)
    principio
        c.actual := (c.anterior + 1) mod max
    fin

    función haySiguiente(c: cola) devuelve booleano
    principio
        devuelve c.actual ≠(c.último+1) mod max
    fin

    procedimiento siguiente(e/s c: cola; sal e: elemento: sal error: booleano)
    principio
        si haySiguiente(c) entonces
            error := falso;
            e := c.datos[c.actual];
            c.actual := (c.actual + 1) mod max
        sino
            error := verdad
        fsi
    fin
fin {del módulo}
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

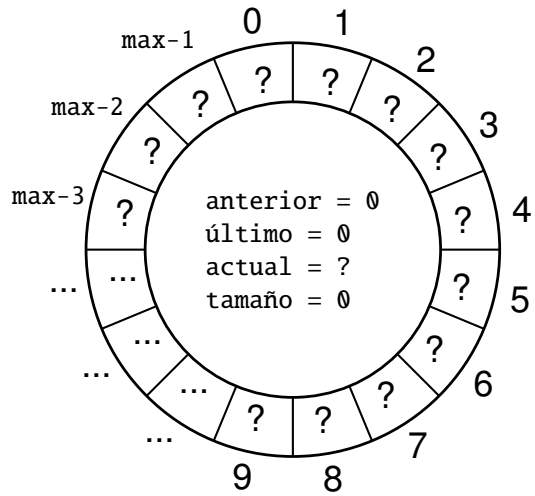
```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;
```



TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
```

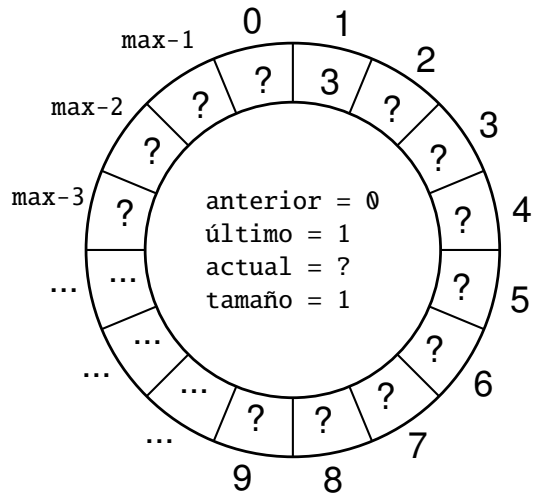



```
procedimiento crear(sal c: cola)
principio
    c.anterior := 0;  {por ejemplo}
    c.último := 0;
    c.tamaño := 0
fin
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
encolar(c, 3, error);
```

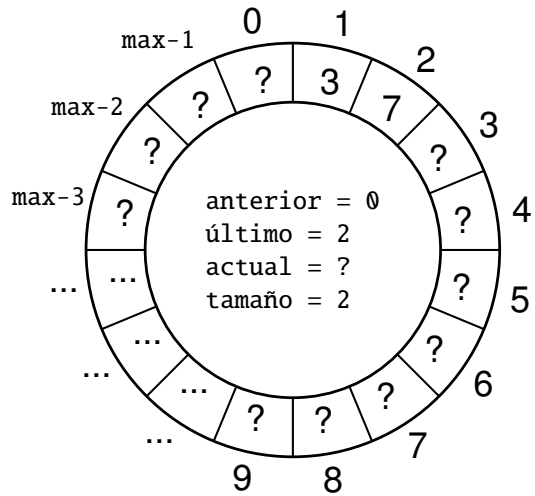



```
procedimiento encolar(e/s c:cola; ent e:elemento; sal error:booleano)
principio
    si c.tamaño < max entonces
        error := falso;
        c.último := (c.último + 1) mod max;
        c.datos[c.último] := e;
        c.tamaño := c.tamaño + 1
    sino
        error := verdad
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
encolar(c, 3, error);
encolar(c, 7, error);
```

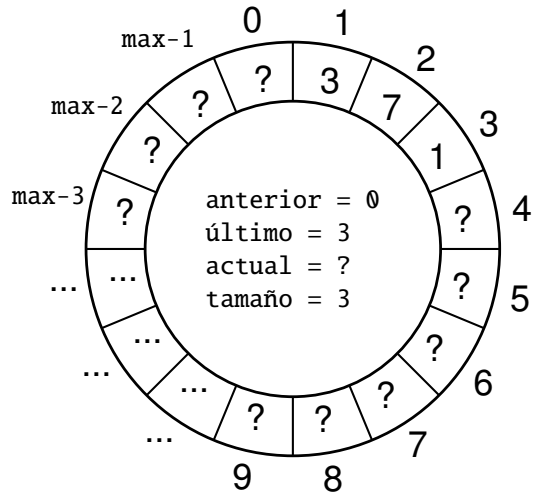



```
procedimiento encolar(e/s c:cola; ent e:elemento; sal error:booleano)
principio
    si c.tamaño < max entonces
        error := falso;
        c.último := (c.último + 1) mod max;
        c.datos[c.último] := e;
        c.tamaño := c.tamaño + 1
    sino
        error := verdad
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
encolar(c, 3, error);
encolar(c, 7, error);
encolar(c, 1, error);
```

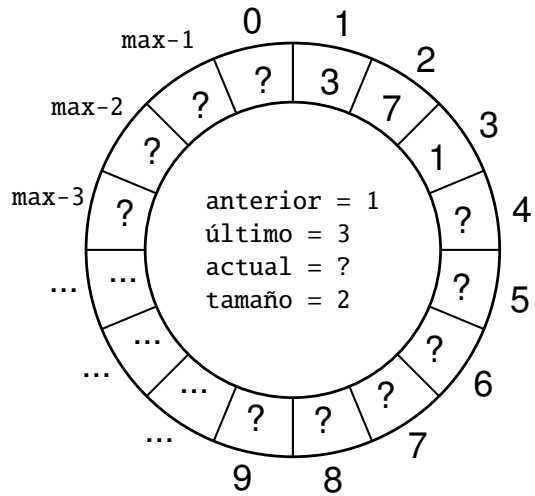



```
procedimiento encolar(e/s c:cola; ent e:elemento; sal error:booleano)
principio
    si c.tamaño < max entonces
        error := falso;
        c.último := (c.último + 1) mod max;
        c.datos[c.último] := e;
        c.tamaño := c.tamaño + 1
    sino
        error := verdad
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
encolar(c, 3, error);
encolar(c, 7, error);
encolar(c, 1, error);
desencolar(c, error);
```

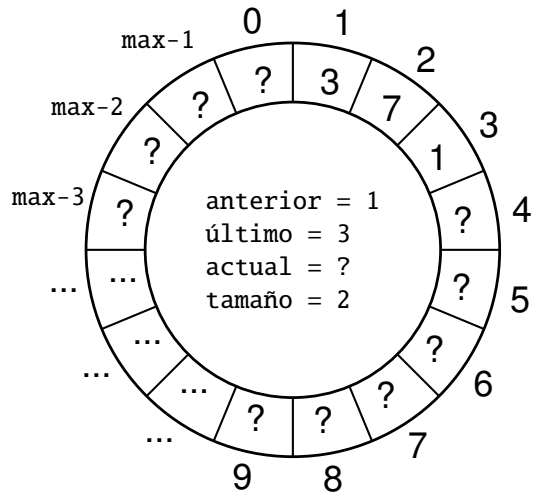



```
procedimiento desencolar(e/s c: cola; sal error: booleano)
principio
    si esVacía(c) entonces
        error := verdad
    sino
        error := falso;
        c.anterior := (c.anterior + 1) mod max;
        c.tamaño := c.tamaño - 1
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
encolar(c, 3, error);
encolar(c, 7, error);
encolar(c, 1, error);
desencolar(c, error);
primero(c, e, error);
```

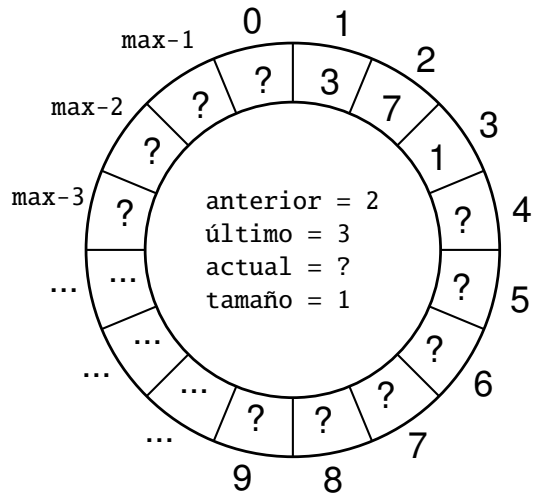



```
procedimiento primero(ent c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
principio
    si esVacía(c) entonces
        error := verdad
    sino
        error := falso;
        e := c.datos[(c.anterior + 1) mod max]
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación estática – ejemplo

```
c: colaEstaticaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crear(c);
encolar(c, 3, error);
encolar(c, 7, error);
encolar(c, 1, error);
desencolar(c, error);
primero(c, e, error);
desencolar(c, error);
```




```
procedimiento desencolar(e/s c: cola; sal error: booleano)
principio
    si esVacía(c) entonces
        error := verdad
    sino
        error := falso;
        c.anterior := (c.anterior + 1) mod max;
        c.tamaño := c.tamaño - 1
    fsi
fin
```

Índice

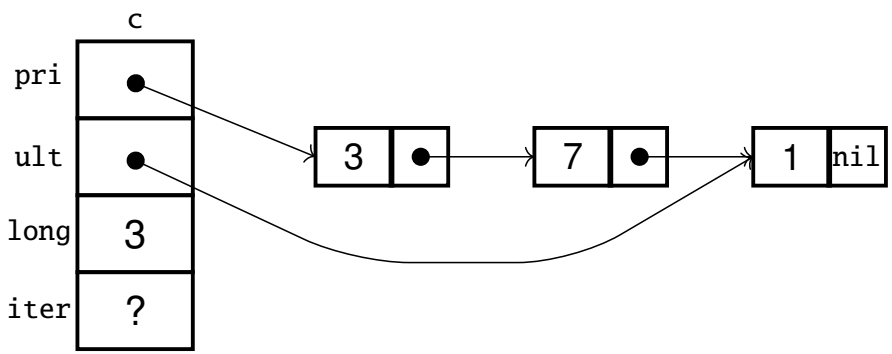
Universidad Zaragoza

TAD cola

Implementación dinámica – representación de datos

```
tipos ptDato = ↑unDato;
      unDato = registro
                   dato: elemento;
                   sig:  ptDato;
               freg;
        cola = registro
                   pri, ult:  ptDato;
                   long:  natural;
                   iter: ptDato; {se utiliza para implementar el iterador}
               freg
```

Sea c una variable de tipo cola de enteros:



TAD colas

Implementación estática – módulo genérico `colas`

```
módulo genérico colasGenéricasEstáticas
parámetro
    tipo elemento
exporta
    tipo cola
    {Los valores del TAD cola representan secuencias de 0 o más elementos,
        con longitud máxima max; llamamos primer elemento de la cola al primero
        que fue añadido y último al último que fue añadido}

    procedimiento crearVacía(sal c: cola)
    {Devuelve en c la cola vacía, sin elementos}
    procedimiento encolar(e/s c: cola; ent e: elemento)
    {Devuelve en c la cola resultante de añadir e a c}
    función esVacía(c: cola) devuelve booleano
    {Devuelve verdad si y sólo si c no tiene elementos}
    procedimiento primero(ent c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
    {Si c es no vacía, devuelve en e el primer elemento añadido a c y
        error=falso. Si c es vacía, devuelve error=verdad y e queda indefinido}
    procedimiento desencolar(e/s c:cola)
    {Si c es no vacía, devuelve en c la cola resultante de eliminar de c el
        primer elemento que fue añadido. Si c es vacía, la deja igual}
...
```

```
...
    función longitud(c: cola) devuelve natural
    {Devuelve el número de elementos de c}
    procedimiento duplicar(sal colaSal: cola; ent colaEnt: cola)
    {Devuelve en colaSal una cola igual a colaEnt, duplicando la
        representación en memoria}
    función iguales(cola1, cola2: cola) devuelve booleano
    {Devuelve verdad si y sólo si cola1 y cola2 tienen los mismos elementos
        y en las mismas posiciones}
    procedimiento liberar(e/s c: cola)
    {Devuelve en c la cola vacía y además libera la memoria utilizada
        previamente por c}

    {Las tres operaciones siguientes conforman un iterador interno para la cola}
    procedimiento iniciarIterador(e/s c:cola)
    {Prepara el iterador para que el siguiente elemento a visitar sea un
        primer elemento de c, si existe (situación de no haber visitado
        ningún elemento)}
    función existeSiguiente(c: cola) devuelve booleano
    {Devuelve falso si ya se han visitado todos los elementos de c;
        devuelve cierto en caso contrario}
    procedimiento siguiente(e/s c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
    {Si existe algún elemento de c pendiente de visitar, devuelve en e el
        siguiente elemento a visitar y error=falso, y además avanza el iterador
        para que a continuación se pueda visitar otro elemento de c.
        Si no quedan elementos pendientes de visitar devuelve error=verdad
        y e queda indefinido}
...
```

```
...
implementación
    tipos ptDato = ↑unDato;
          unDato = registro
                       dato: elemento;
                       sig: ptDato
                   freg;
            cola = registro
                       pri, ult: ptDato;
                       long: natural;
                       iter: ptDato {se utiliza para implementar el iterador}
                    freg

    procedimiento crearVacía(sal c: cola)
    principio
            c.pri := nil;
            c.ult := nil;
            c.long := 0
    fin

    procedimiento encolar(e/s c: cola; ent e: elemento)
    principio
        si c.long = 0 entonces
            nuevoDato(c.ult);
            c.pri := c.ult
        sino
            nuevoDato(c.ult↑.sig);
            c.ult := c.ult↑.sig
        fsi;
        c.ult↑.dato := e;
        c.ult↑.sig := nil;
        c.long := c.long + 1
    fin
...
```

```
...
    función esVacía(c: cola) devuelve booleano
    principio
            devuelve c.pri = nil
    fin

    procedimiento primero(ent c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
    principio
        si esVacía(c) entonces
            error := verdad
        sino
            error := falso;
            e := c.pri↑.dato
        fsi
    fin

    procedimiento desencolar(e/s c: cola)
    variable aux: ptDato
    principio
        si not esVacía(c) entonces
            aux := c.pri;
            c.pri := c.pri↑.sig;
            disponer(aux);
            c.long := c.long - 1;
            si c.long = 0 entonces c.ult := nil fsi
        fsi
    fin

    función longitud(c: cola) devuelve natural
    principio
        devuelve c.long
    fin
...
```

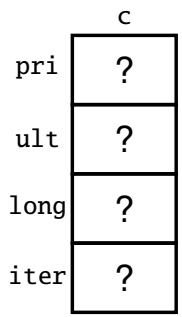
```
...
    procedimiento duplicar(sal colaSal: cola; ent colaEnt: cola)
    variables ptSal, ptEnt: ptDato
    principio
        si esVacía(colaEnt) entonces
            crearVacía(colaSal);
        sino
            ptEnt := colaEnt.pri;
            nuevoDato(colaSal.pri);
            colaSal.pri↑.dato := ptEnt↑.dato;
            ptSal := colaSal.pri;
            ptEnt := ptEnt↑.sig;
            mientrasQue ptEnt ≠ nil hacer
                nuevoDato(ptSal↑.sig);
                ptSal := ptSal↑.sig;
                ptSal↑.dato := ptEnt↑.dato;
                ptEnt := ptEnt↑.sig
            fmq;
            ptSal↑.sig := nil;
            colaSal.ult := ptSal;
            colaSal.long := colEnt.long
        fsi
    fin

    función iguales(cola1, cola2: cola) devuelve booleano
    variables pt1, pt2: ptDato; iguales: booleano := verdad
    principio
        si cola1.long ≠ cola2.long entonces
            devuelve falso;
        sino
            pt1 := cola1.pri;
            pt2 := cola2.pri;
            mientrasQue pt1 ≠ nil and iguales hacer
                iguales := pt1↑.dato = pt2↑.dato;
                pt1 := pt1↑.sig;
                pt2 := pt2↑.sig
            fmq;
            devuelve iguales
        fsi
    fin
...
```

```
...
    procedimiento liberar(e/s c: cola)
    variable aux: ptDato
    principio
        aux := c.pri;
        mientrasQue aux ≠ nil hacer
            c.pri := c.pri↑.sig;
            disponer(aux);
            aux := c.pri
        fmq;
        c.ult := nil;
        c.long := 0
    fin

    procedimiento iniciarIterador(e/s c: cola)
    principio
        c.iter := c.pri
    fin

    función existeSiguiente(c: cola) devuelve booleano
    principio
        devuelve c.iter ≠ nil
    fin

    procedimiento siguiente(e/s c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
    principio
        si existeSiguiente(c) entonces
            error := falso;
            e := c.iter↑.dato;
            c.iter := c.iter↑.sig
        sino
            error := verdad
        fsi
    fin

fin {del módulo}
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

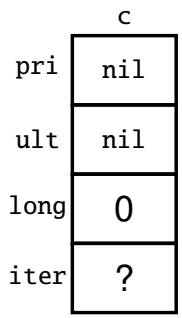
```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;
```



TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
```

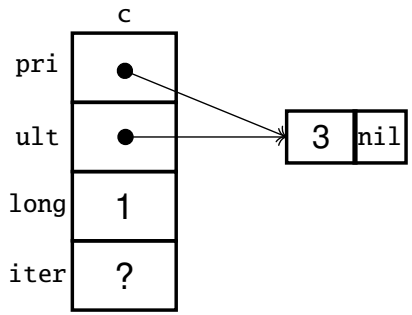



```
procedimiento crearVacía(sal c: cola)
principio
        c.pri := nil;
        c.ult := nil;
        c.long := 0
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
```

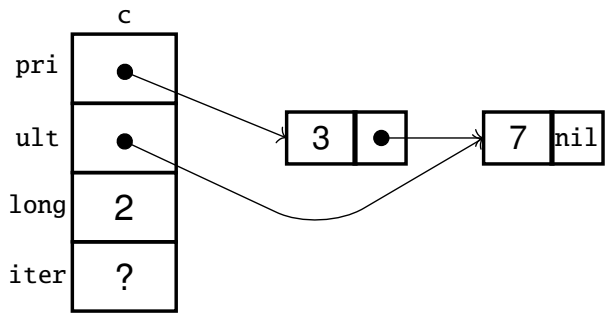



```
procedimiento encolar(e/s c: cola; ent e: elemento)
principio
    si c.long = 0 entonces
        nuevoDato(c.ult);
        c.pri := c.ult
    sino
        nuevoDato(c.ult↑.sig);
        c.ult := c.ult↑.sig
    fsi;
    c.ult↑.dato := e;
    c.ult↑.sig := nil;
    c.long := c.long + 1
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
encolar(c, 7);
```

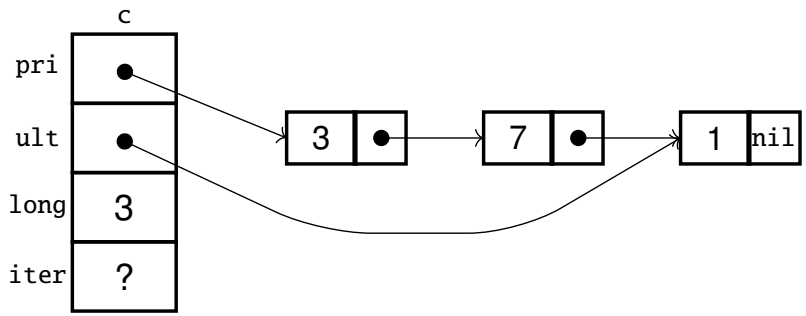



```
procedimiento encolar(e/s c: cola; ent e: elemento)
principio
    si c.long = 0 entonces
        nuevoDato(c.ult);
        c.pri := c.ult
    sino
        nuevoDato(c.ult↑.sig);
        c.ult := c.ult↑.sig
    fsi;
    c.ult↑.dato := e;
    c.ult↑.sig := nil;
    c.long := c.long + 1
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
encolar(c, 7);
encolar(c, 1);
```

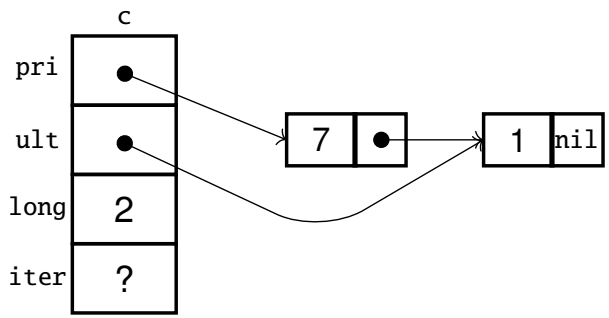



```
procedimiento encolar(e/s c: cola; ent e: elemento)
principio
    si c.long = 0 entonces
        nuevoDato(c.ult);
        c.pri := c.ult
    sino
        nuevoDato(c.ult↑.sig);
        c.ult := c.ult↑.sig
    fsi;
    c.ult↑.dato := e;
    c.ult↑.sig := nil;
    c.long := c.long + 1
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
encolar(c, 7);
encolar(c, 1);
desencolar(c);
```

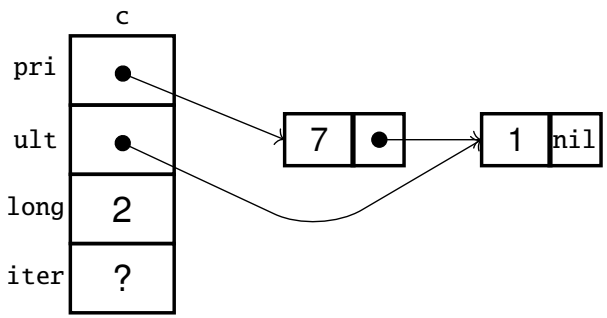



```
procedimiento desencolar(e/s c: cola)
variable aux: ptDato
principio
    si not esVacía(c) entonces
        aux := c.pri;
        c.pri := c.pri↑.sig;
        disponer(aux);
        c.long := c.long - 1;
        si c.long = 0 entonces c.ult := nil fsi
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
encolar(c, 7);
encolar(c, 1);
desencolar(c);
primero(c, e, error);
```

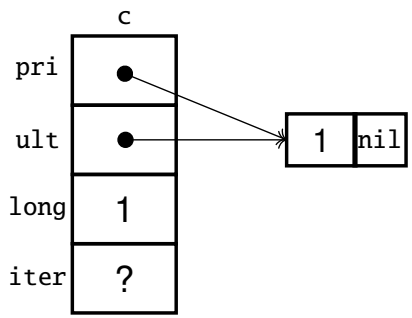



```
procedimiento primero(ent c: cola; sal e: elemento; sal error: booleano)
principio
    si esVacía(c) entonces
        error := verdad
    sino
        error := falso;
        e := c.pri↑.dato
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
encolar(c, 7);
encolar(c, 1);
desencolar(c);
primero(c, e, error);
desencolar(c);
```

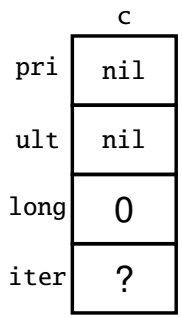



```
procedimiento desencolar(e/s c: cola)
variable aux: ptDato
principio
    si not esVacía(c) entonces
        aux := c.pri;
        c.pri := c.pri↑.sig;
        disponer(aux);
        c.long := c.long - 1;
        si c.long = 0 entonces c.ult := nil fsi
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica – ejemplo

```
c: colaDinamicaDeEnteros;
error: booleano;
e: entero;

crearVacía(c);
encolar(c, 3);
encolar(c, 7);
encolar(c, 1);
desencolar(c);
primero(c, e, error);
desencolar(c);
desencolar(c);
```




```
procedimiento desencolar(e/s c: cola)
variable aux: ptDato
principio
    si not esVacía(c) entonces
        aux := c.pri;
        c.pri := c.pri↑.sig;
        disponer(aux);
        c.long := c.long - 1;
        si c.long = 0 entonces c.ult := nil fsi
    fsi
fin
```

TAD cola

Implementación dinámica en C++

```
// Interfaz del TAD. Pre-declaraciones:

template <typename Elemento> struct  Cola;

template <typename Elemento> void vacia(Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> void encolar(Cola<Elemento>& c,
                                  const Elemento& dato);
template <typename Elemento> void desencolar(Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> void primero(const Cola<Elemento>& c,
                                  Elemento& dato, bool& error);
template <typename Elemento> bool esVacia(const  Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> int longitud(const Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> void duplicar(const Cola<Elemento>& cOrigen,
                                  Cola<Elemento>& cDestino);
template <typename Elemento> bool operator== (const Cola<Elemento>& c1,
                                  const Cola<Elemento>& c2);
template <typename Elemento> void liberar(Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> void iniciarIterador(Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> bool existeSiguiente(const Cola<Elemento>& c);
template <typename Elemento> bool siguiente(Cola<Elemento>& c, Elemento& dato);
...
```

```
...
// Declaración

template <typename Elemento> struct Cola{
    friend void vacia<Elemento>(Cola<Elemento>& c);
    friend void encolar<Elemento>(Cola<Elemento>& c,
                                  const Elemento& dato);
    friend void desencolar<Elemento>(Cola<Elemento>& c);
    friend void primero<Elemento>(const Cola<Elemento>& c,
                                  Elemento& dato, bool& error);
    friend bool esVacia<Elemento>(const Cola<Elemento>& c);
    friend int longitud<Elemento>(const Cola<Elemento>& c);
    friend void duplicar<Elemento>(const Cola<Elemento>& cOrigen,
                                  Cola<Elemento>& cDestino);
    friend bool operator==<Elemento> (const Cola<Elemento>& c1,
                                      const Cola<Elemento>& c2);
    friend void liberar<Elemento>(Cola<Elemento>& c);
    friend void iniciarIterador<Elemento>(Cola<Elemento>& c);
    friend bool existeSiguiente<Elemento>(const Cola<Elemento>& c);
    friend bool siguiente<Elemento>(Cola<Elemento>& c, Elemento& dato);
...
```

```
...
// Representación de los valores del TAD
private:
    struct unDato {
        Elemento dato;
        unDato* sig;
    };

    unDato* pri;
    unDato* ult;
    int longi;
    unDato* iter;
};

// Implementación de las operaciones
template<typename Elemento> void vacia(Cola<Elemento>& c) {
    c.longi = 0;
    c.pri = nullptr;
    c.ult = nullptr;
}

template <typename Elemento> void encolar(Cola<Elemento>& c, const Elemento& e) {
    if (c.longi == 0) {
        c.ult = new typename Cola<Elemento>::unDato;
        c.pri = c.ult;
    } else
        c.ult -> sig = new typename Cola<Elemento>::unDato;
        c.ult = c.ult -> sig;
    }
    c.ult -> dato = e;
    c.ult -> sig = nullptr;
    c.longi = c.longi + 1;
}

// y más operaciones...
...
```

[ver implementación completa en el material de clase]

Trabajo encargado

Leer lección 9 de los apuntes.

Ejercicios hoja 1

Estructuras de Datos y Algoritmos

TAD cola genérica

Lección 9

Universidad Zaragoza

Dpto. de Informática e Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza, España

Curso 2024/2025

Grado en Ingeniería Informática

Universidad de Zaragoza

Aula 0.04, Edificio Agustín de Betancourt