

# Algoritmos y Estructuras de Datos II

Departamento de Computación  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires

## Trabajo Práctico II

### Diseño

#### Grupo De TP Algo2

Integrante	LU	Correo electrónico
Fernando Castro	627/12	fernandoarielcastro92@gmail.com
Philip Garrett	318/14	garrett.phg@gmail.com
Gabriel Salvo	564/14	gabrielsalvo.cap@gmail.com
Bernardo Tuso	792/14	btuso.95@gmail.com

#### Reservado para la cdra

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		

# Índice

<b>1. Modulo Coordenada</b>	<b>4</b>
1.0.1. Representación de Coordenada . . . . .	5
1.0.2. Invariante de Representación . . . . .	5
1.0.3. Función de Abstracción . . . . .	5
<b>2. Modulo Mapa</b>	<b>7</b>
2.0.4. Representación de Mapa . . . . .	7
2.0.5. Invariante de Representación . . . . .	7
2.0.6. Función de Abstracción . . . . .	8
<b>3. Modulo Juego</b>	<b>11</b>
3.0.7. Representación de Juego . . . . .	13
3.0.8. Invariante de Representación . . . . .	13
3.0.9. Función de Abstracción . . . . .	14
3.1. Algoritmos . . . . .	14
<b>4. Modulo Diccionario Matriz(<math>coord</math>, <math>\sigma</math>)</b>	<b>21</b>
4.0.1. Especificacion de las operaciones auxiliares utilizadas en la interfaz . . . . .	23
<b>5. Módulo Cola de mínima prioridad(<math>\alpha</math>)</b>	<b>26</b>
5.1. Especificación . . . . .	26
5.2. Interfaz . . . . .	26
5.2.1. Operaciones básicas de ColaMinPrior . . . . .	27
5.2.2. Operaciones del Iterador . . . . .	27
5.3. Representación . . . . .	28
5.3.1. Representación de ColaMinPrior( $\alpha$ ) . . . . .	28
5.3.2. Invariante de Representación (Rehacer con nueva estructura) . . . . .	28
5.3.3. Función de Abstracción . . . . .	29
5.3.4. Representación del Iterador Cola de Prioridad . . . . .	29
5.3.5. Invariante de Representación . . . . .	29
5.3.6. Función de Abstracción . . . . .	29
5.4. Algoritmos . . . . .	29
5.4.1. Algoritmos del Modulo . . . . .	29
5.4.2. Algoritmos del Iterador . . . . .	32
<b>6. Módulo Diccionario String(<math>\alpha</math>)</b>	<b>34</b>
6.1. Interfaz . . . . .	34
6.1.1. Operaciones básicas de Diccionario String( $\alpha$ ) . . . . .	34
6.1.2. Operaciones Básicas Del Iterador . . . . .	35
6.1.3. Representación de Diccionario String( $\alpha$ ) . . . . .	37
6.1.4. Invariante de Representación . . . . .	37
6.1.5. Función de Abstracción . . . . .	38

---

6.2. Algoritmos . . . . .	38
---------------------------	----

## 1. Modulo Coordenada

### Interfaz

**usa:** NAT, BOOL.

**se explica con:** COORDENADA.

**generos:** `coor`.

**CREARCOOR**(**in**  $x$ : Nat, **in**  $y$ : Nat)  $\rightarrow res$  : `coor`

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{crearCoor}(x, y)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Crea una nueva coordenada

**LATITUD**(**in**  $c$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : Nat

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{latitud}(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la latitud de la coordenada pasada por parametro

**LONGITUD**(**in**  $c$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : Nat

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{longitud}(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la longitud de la coordenada pasada por parametro

**DISTEUCLIDEA**(**in**  $c1$ : `coor`, **in**  $c2$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : Nat

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{distEuclidea}(c1, c2)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la distancia euclidea entre las dos coordenadas

**COORDENADAARRIBA**(**in**  $c$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : `coor`

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{coordenadaArriba}(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la coordenada de arriba

**COORDENADAABAJO**(**in**  $c$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : `coor`

**Pre**  $\equiv \{\text{latitud}(c) > 0\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{coordenadaAbajo}(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la coordenada de abajo

**COORDENADAALADERECHA**(**in**  $c$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : `coor`

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{coordenadaALaDerecha}(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la coordenada de la derecha

**COORDENADAALAIZQUIERDA**(**in**  $c$ : `coor`)  $\rightarrow res$  : `coor`

**Pre**  $\equiv \{\text{longitud}(c) > 0\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{coordenadaALaIzquierda}(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve la coordenada de la izquierda

### Representación

**1.0.1. Representación de Coordenada**

Coordenada se representa con `estr`

donde `estr` es `tupla(la: Nat , lo: Nat )`

**1.0.2. Invariante de Representación**

`Rep : estr → bool`

`Rep(e) ≡ true ⇔ true`

**1.0.3. Función de Abstracción**

`Abs : estr e → coor`

$\{\text{Rep}(e)\}$

`Abs(e) ≡ (∀ c : coor) e.la = latitud(c) ∧ e.lo = longitud(c)`

**Algoritmos**

Trabajo Práctico II Algoritmos del modulo

**H|iCrearCoor(in x: Nat, in y: Nat) → res: estr**

1: `res.la ← x`

▷  $\Theta(1)$

2: `res.lo ← y`

▷  $\Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iLatitud(in c: estr) → res: Nat**

1: `res ← c.la`

▷  $\Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iLongitud(in c: estr) → res: Nat**

1: `res ← c.lo`

▷  $\Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iDistEuclidea(in c1: estr, in c2: estr) → res: Nat**

1: `rLa ← 0`

▷  $\Theta(1)$

2: `rLo ← 0`

▷  $\Theta(1)$

3: **if** `c1.la > c2.la` **then**

▷  $\Theta(1)$

4:   `rLa ← ((c1.la - c2.la) x (c1.la - c2.la))`

▷  $\Theta(1)$

5: **else**

6:   `rLa ← ((c2.la - c1.la) x (c2.la - c1.la))`

▷  $\Theta(1)$

7: **end if**

8: **if** `c1.lo > c2.lo` **then**

▷  $\Theta(1)$

```
9:   rLo  $\leftarrow$  ((c1.lo - c2.lo) x (c1.lo - c2.lo))  $\triangleright \Theta(1)$ 
10: else
11:   rLo  $\leftarrow$  ((c2.lo - c1.lo) x (c2.lo - c1.lo))  $\triangleright \Theta(1)$ 
12: end if
13: res  $\leftarrow$  (rLa + rLo)  $\triangleright \Theta(1)$ 
```

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

```
H|iCoordenadaArriba(in c: estr)  $\rightarrow$  res: estr
1: res  $\leftarrow$  iCrearCoor(c.la + 1, c.lo)  $\triangleright \Theta(1)$ 
```

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

```
H|iCoordenadaAbajo(in c: estr)  $\rightarrow$  res: estr
1: res  $\leftarrow$  iCrearCoor(c.la - 1, c.lo)  $\triangleright \Theta(1)$ 
```

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

```
H|iCoordenadaALaDerecha(in c: estr)  $\rightarrow$  res: estr
1: res  $\leftarrow$  iCrearCoor(c.la, c.lo + 1)  $\triangleright \Theta(1)$ 
```

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

```
H|iCoordenadaALaIzquierda(in c: estr)  $\rightarrow$  res: estr
1: res  $\leftarrow$  iCrearCoor(c.la, c.lo - 1)  $\triangleright \Theta(1)$ 
```

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

## 2. Modulo Mapa

### Interfaz

**usa:** NAT, BOOL, COORDENADA, CONJ( $\alpha$ ).

**se explica con:** MAPA.

**generos:** map.

CREARMAPA()  $\rightarrow res : \text{map}$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{crearMapa}()\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Crea un nuevo mapa

AGREGARCOORDENADA(**in/out**  $m : \text{map}$ , **in**  $c : \text{coor}$ )  $\rightarrow res : \text{itConj}(\text{coor})$

**Pre**  $\equiv \{m =_{\text{obs}} m_0\}$

**Post**  $\equiv \{m =_{\text{obs}} \text{agregarCoor}(c, m_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta \left( \sum_{c' \in \text{coordenadas}(m)} \text{equal}(c, c') \right)$

**Descripción:** Agrega una coordenada al mapa y devuelve el iterador a la coordenada agregada. Su complejidad es la de agregar un elemento al conjunto lineal.

COORDENADAS(**in**  $m : \text{map}$ )  $\rightarrow res : \text{itConj}(\text{coor})$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{coordenadas}(m)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador al conjunto de coordenadas del mapa

POSEXISTENTE(**in**  $c : \text{coor}$ , **in**  $m : \text{map}$ )  $\rightarrow res : \text{Bool}$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{posExistente}(c, m)\}$

**Complejidad:**  $\Theta \left( \sum_{c' \in \text{coordenadas}(m)} \text{equal}(c, c') \right)$

**Descripción:** Devuelve verdadero si la coordenada esta en el conjunto de coordenadas del mapa

HAYCAMINO(**in**  $c1 : \text{coor}$ , **in**  $c2 : \text{coor}$ , **in**  $m : \text{map}$ )  $\rightarrow res : \text{Bool}$

**Pre**  $\equiv \{c1 \in \text{coordenadas}(m) \wedge c2 \in \text{coordenadas}(m)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{hayCamino}(c1, c2, m)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve verdadero si existe un camino entre ambas coordenadas

### Representación

#### 2.0.4. Representación de Mapa

Mapa se representa con **estr**

donde **estr** es `tupla(coordenadas: ConjLineal(coor), ancho: Nat, secciones: DiccMat(coor, Nat))`

#### 2.0.5. Invariante de Representación

1. El ancho del mapa es igual al maximo del primer elemento de las coordenadas

Rep :  $\text{estr} \rightarrow \text{bool}$

$\text{Rep}(e) \equiv \text{true} \iff (e.\text{ancho} = \text{Max}((\text{coordenadas})_2) \wedge (\forall c : \text{coord}) c \in e.\text{coordenadas} \Rightarrow_L \text{def?}(c, e.\text{secciones}))$

### 2.0.6. Función de Abstracción

Abs :  $\text{estr } e \rightarrow \text{Mapa}$

$\{\text{Rep}(e)\}$

$\text{Abs}(e) \equiv (\forall m : \text{Mapa}) e.\text{coordenadas} = \text{coordenadas}(m)$

## Algoritmos

Trabajo Práctico II Algoritmos del modulo

H|**i**CrearMapa()  $\rightarrow res : \text{estr}$

1:  $res.\text{coordenadas} \leftarrow \text{Vacio}()$

$\triangleright$  La complejidad es la de crear el Conjunto Lineal vacio  $\Theta(1)$

2:  $res.\text{ancho} \leftarrow 0$

$\triangleright \Theta(1)$

3:  $res.\text{secciones} \leftarrow \text{NULL}$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

end

H|**i**AgregarCoordenada(in/out  $m : \text{estr}$ , in  $c : \text{coord}$ )  $\rightarrow res : \text{itConj}(\text{coord})$

1:  $\text{largo} \leftarrow \text{Largo}(m)$

$\triangleright \Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

2:  $\text{ancho} \leftarrow \text{Ancho}(m)$

$\triangleright \Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

3:  $m.\text{secciones} \leftarrow \text{Vacio}(\text{largo}, \text{ancho})$

$\triangleright \Theta(\text{largo} * \text{ancho})$

4:  $res \leftarrow \text{Agregar}(m.\text{coordenadas}, c)$

$\triangleright \Theta \left( \sum_{c' \in \text{coordenadas}(m)} \text{equal}(c, c') \right)$

$\triangleright \Theta(1)$

5:  $\text{seccion} \leftarrow 0$

$\triangleright \Theta(1)$

6:  $\text{itCoor} \leftarrow \text{CrearIt}(m.\text{coordenadas})$

$\triangleright \Theta(1)$

7: **while** HaySiguiente(itCoor) **do**

$\triangleright \Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

8:    $\text{coord} \leftarrow \text{Siguiente}(itCoor)$

$\triangleright \Theta(1)$

9:    $\text{Avanzar}(it)$

$\triangleright \Theta(1)$

10:   **if**  $\neg(\text{Definido?}(m.\text{secciones}, \text{coord}))$  **then**

$\triangleright \Theta(1)$

11:      $\text{DefinirSeccion}(m, \text{coord}, \text{seccion})$

$\triangleright \Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

12:      $\text{seccion} \leftarrow \text{seccion} + 1$

$\triangleright \Theta(1)$

13:   **end if**

14: **end while**

Complejidad:  $\Theta(\text{Ancho}(m) * \text{Largo}(m) + \text{Cardinal}(m.\text{coordenadas})^2)$

Justificación:  $\Theta(\text{Ancho}(m) * \text{Largo}(m))$  es mayor o igual que  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$  y el costo de Agregar un elemento a un conjunto lineal. El While tiene complejidad  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$  dentro, y dentro se llama a una funcion con la misma complejidad, luego, por algebra de complejidad, es  $\Theta(\text{Ancho}(m) * \text{Largo}(m) + \text{Cardinal}(m.\text{coordenadas})^2)$

end

H|**i**DefinirSeccion(in/out  $m : \text{estr}$ , in  $c : \text{coord}$ , in  $i : \text{Nat}$ )

1: **if**  $\neg(\text{Definido?}(m.\text{secciones}, c)) \wedge \text{PosExistente}(c, m)$  **then**

$\triangleright \Theta \left( \sum_{c' \in \text{coordenadas}(m)} \text{equal}(c, c') \right)$

$\triangleright \Theta(1)$

2:    $\text{Definir}(m.\text{secciones}, c, i)$

3:    $\text{DefinirSeccion}(m, \text{CoordenadaArriba}(c), i)$

$\triangleright \Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

4:    $\text{DefinirSeccion}(m, \text{CoordenadaALaDerecha}(c), i)$

$\triangleright \Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$



```

5:   if Latitud(c) > 0 then                                     ▷  $\Theta(1)$ 
6:       DefinirSeccion(m, CoordenadaAbajo(c), i)             ▷  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$ 
7:   end if
8:   if Longitud(c) > 0 then                                     ▷  $\Theta(1)$ 
9:       DefinirSeccion(m, CoordenadaALaIzquierda(c), i)     ▷  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$ 
10:  end if
11: end if

```

Complejidad:  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

Justificación DefinirSeccion se llama a si misma recursivamente recorriendo las coordenadas, en el peor caso, recorre todas las coordenadas una vez, luego su complejidad es  $\Theta(4^{\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas})})$  que se puede simplificar, ya que pertenece a la misma clase. Esta funcion no es cuadratica, ya que usa el diccionario para chequear que no este recorriendo una posicion mas de una vez.

**end**

**H|iCoordenadas**(**in** *m*: **estr**) → *res*: itConj(coor)

1: *res* ← *CrearIt*(*m.coordnadas*) ▷ La complejidad es la de crear un iterador a un conjunto lineal  $\Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iPosExistente**(**in** *c*: coor, **in** *m*: **estr**) → *res*: Bool

1: *res* ← *pertenece?*(*m.coordnadas*, *c*) ▷  $\Theta\left(\sum_{c' \in \text{coordnadas}(m)} \text{equal}(c, c')\right)$

Complejidad:  $\Theta\left(\sum_{c' \in \text{coordnadas}(m)} \text{equal}(c, c')\right)$

Justificación: La complejidad es la fijarse que un elemento pertenezca al conjunto lineal.

**end**

**H|iHayCamino**(**in** *c1*: coor, **in** *c2*: coor, **in** *m*: **estr**) → *res*: Bool

1: *res* ← (*Definido?*(*m.secciones*, *c1*) ∧ *Definido?*(*m.secciones*, *c2*)) ∧<sub>L</sub> (*Significado*(*m.secciones*, *c1*) = *Significado*(*m.secciones*, *c2*)) ▷  $\Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iAncho**(**in** *m*: **estr**) → *res*: Nat

```

1: it ← CrearIt(m.coordnadas)                                     ▷  $\Theta(1)$ 
2: max ← 0                                                         ▷  $\Theta(1)$ 
3: while HaySiguiente(it) do                                       ▷  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$ 
4:   if max < Siguiente(it)2 then                                   ▷  $\Theta(1)$ 
5:       max ← Siguiente(it)2                                       ▷  $\Theta(1)$ 
6:   end if
7:   Avanzar(it)                                                    ▷  $\Theta(1)$ 
8: end while

```

Complejidad:  $\Theta(\text{Cardinal}(m.\text{coordenadas}))$

**end**

```
H|Largo(in  $m$ : estr)  $\rightarrow$   $res$  : Nat
1:  $it \leftarrow CrearIt(m.coordenadas)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
2:  $max \leftarrow 0$   $\triangleright \Theta(1)$ 
3: while  $HaySiguiente(it)$  do  $\triangleright \Theta(Cardinal(m.coordenadas))$ 
4:   if  $max < Siguiente(it)_1$  then  $\triangleright \Theta(1)$ 
5:      $max \leftarrow Siguiente(it)_1$   $\triangleright \Theta(1)$ 
6:   end if
7:    $Avanzar(it)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
8: end while

Complejidad:  $\Theta(Cardinal(m.coordenadas))$ 
```

**end**

### 3. Modulo Juego

#### Interfaz

**usa:** MAPA, COORDENADA.

**se explica con:** JUEGO.

**generos:** juego.

**CREARJUEGO**(in  $m$ : map)  $\rightarrow res$ : juego

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} crearJuego(m_0) \wedge mapa(res) =_{obs} m_0\}$

**Complejidad:**  $O((largo(m) \times ancho(m)) + copy(m))$

**Descripción:** Crea el nuevo juego

**AGREGARPOKEMON**(in/out  $j$ : juego, in  $c$ : coor, in  $p$ : Pokemon)  $\rightarrow res$ : itConj(Pokemon)

**Pre**  $\equiv \{j =_{obs} j_0 \wedge puedoAgregarPokemon(c, j_0)\}$

**Post**  $\equiv \{j =_{obs} agregarPokemon(p, c, j_0)\}$

**Complejidad:**  $O(|P| + EC * \log(EC))$

**Descripción:** EC es la maxima cantidad de jugadores esperando para atrapar un pokemon.  $|P|$  es el nombre mas largo para un pokemon en el juego

**AGREGARJUGADOR**(in/out  $j$ : juego)  $\rightarrow res$ : Jugador

**Pre**  $\equiv \{j =_{obs} j_0\}$

**Post**  $\equiv \{j =_{obs} agregarJugador(j_0) \wedge res = \#jugadores(j_0) + \#expulsados(j_0)\}$

**Complejidad:**  $O(J)$

**Descripción:** Agrega el jugador en el conjLineal, el iterador que devuelve el agregar se guarda en un vector donde la posicion es el id del jugador que voy a devolver

**CONECTARSE**(in/out  $j$ : juego, in  $id$ : Jugador, in  $c$ : coor)

**Pre**  $\equiv \{j =_{obs} j_0 \wedge id \in jugadores(j_0) \wedge_L \neg estaConectado(id, j_0) \wedge posExistente(c, mapa(j_0))\}$

**Post**  $\equiv \{j =_{obs} conectarse(id, c, j_0)\}$

**Complejidad:**  $O(\log(EC))$

**Descripción:** Conecta al jugador pasado por parametro en la coordenada indicada

**DESCONECTARSE**(in/out  $j$ : juego, in  $id$ : Jugador)

**Pre**  $\equiv \{j =_{obs} j_0 \wedge id \in jugadores(j_0) \wedge_L estaConectado(id, j_0)\}$

**Post**  $\equiv \{j =_{obs} desconectarse(id, j_0)\}$

**Complejidad:**  $O(\log(EC))$

**Descripción:** Desconecta al jugador pasado por parametro

**MOVEVERSE**(in/out  $j$ : juego, in  $id$ : Jugador, in  $c$ : coor)

**Pre**  $\equiv \{j =_{obs} j_0 \wedge id \in jugadores(j_0) \wedge_L estaConectado(id, j_0) \wedge posExistente(c, mapa(j_0))\}$

**Post**  $\equiv \{j =_{obs} moverse(c, id, j_0)\}$

**Complejidad:**  $O((PS + PC) * |P| + \log(EC))$

**Descripción:** Mueve al jugador pasado por parametro a la coordenada indicada

**MAPA**(in  $j$ : juego)  $\rightarrow res$ : map

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} mapa(j)\}$

**Complejidad:**  $O(copy(mapa(j)))$

**Descripción:** Devuelve el mapa del juego

**JUGADORES**(in  $j$ : juego)  $\rightarrow res$ : itConj(Jugador)

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} jugadores(j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador al conjunto de jugadores del juego

**ESTACONECTADO**(in  $j$ : juego, in  $id$ : Jugador)  $\rightarrow res$ : Bool

**Pre**  $\equiv \{id \in \text{jugadores}(j)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{estaConetado}(id, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve si el jugador con id ingresado esta conectado o no

**POSICION**(in  $j$ : juego, in  $id$ : Jugador)  $\rightarrow res$  : coor

**Pre**  $\equiv \{id \in \text{jugadores}(j) \wedge_L \text{estaConectado}(id, j)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{posicion}(id, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve la posicion actual del jugador con id ingresado si esta conectado

**POKEMONES**(in  $j$ : juego, in  $id$ : Jugador)  $\rightarrow res$  : itConj(<Pokemon, Nat>)

**Pre**  $\equiv \{id \in \text{jugadores}(j)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{pokemons}(id, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador a la estructura que almacena los punteros a pokemons del jugador del id ingresado

**EXPULSADOS**(in  $j$ : juego)  $\rightarrow res$  : itConj(Jugador)

**Pre**  $\equiv \{\text{True}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{expulsados}(j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador al conjunto de jugadores expulsados del juego

**POS CON POKEMONES**(in  $j$ : juego)  $\rightarrow res$  : itConj(coor)

**Pre**  $\equiv \{\text{True}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{posConPokemons}(j)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador al conjunto de coordenadas en donde hay pokemons

**POKEMON EN POS**(in  $j$ : juego, in  $c$ : coor)  $\rightarrow res$  : Pokemon

**Pre**  $\equiv \{c \in \text{posConPokemons}(j)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{pokemonEnPos}(c, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador al pokemon de la coordenada dada

**CANT MOVIMIENTOS PARA CAPTURA**(in  $j$ : juego, in  $c$ : coor)  $\rightarrow res$  : Nat

**Pre**  $\equiv \{c \in \text{posConPokemons}(j)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{cantMovimientosParaCaptura}(c, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve la cantidad de movimientos acumulados hasta el momento, para atrapar al pokemon de la coordenada dada

**PUEDO AGREGAR POKEMON**(in  $j$ : juego, in  $c$ : coor)  $\rightarrow res$  : Bool

**Pre**  $\equiv \{\text{True}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{puedoAgregarPokemon}(c, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta\left(\sum_{c' \in \text{coordendas}(\text{mapa}(j))} \text{equal}(c, c')\right)$

**Descripción:** Devuelve si la coordenada ingresada es valida para agregar un pokemon en ella

**HAY POKEMON CERCANO**(in  $j$ : juego, in  $c$ : coor)  $\rightarrow res$  : Bool

**Pre**  $\equiv \{\text{True}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{hayPokemonCercano}(c, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve si la coordenada ingresada pertenece al rango de un pokemon salvaje

**POS POKEMON CERCANO**(in  $j$ : juego, in  $c$ : coor)  $\rightarrow res$  : coor

**Pre**  $\equiv \{\text{hayPokemonCercano}(c, j)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{posPokemonCercano}(c, j)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve la coordenada mas del pokemon salvaje del rango siempre y cuando haya uno

ENTRENADORESPOSIBLES(**in**  $c$ : coor, **in**  $es$ : conjLineal(itConj(Jugador)), **in**  $j$ : juego)  $\rightarrow res$  : itConj(Jugador)  
**Pre**  $\equiv \{hayPokemonCercano(c, j) \wedge_L pokemonEnPos(posPokemonCercano(c, j), j).jugadoresEnRango \subseteq jugadoresConectados(c, j)\}$   
**Post**  $\equiv \{res =_{obs} entrenadoresPosibles(c, pokemonEnPos(posPokemonCercano(c, j), j).jugadoresEnRango, j)\}$   
**Complejidad:**  $O(Cardinal(es))$   
**Descripción:** Devuelve un iterador a los jugadores que estan esperando para atrapar al pokemon mas cercano a la coordenada ingresada

INDICERAREZA(**in**  $j$ : juego, **in**  $p$ : Pokemon)  $\rightarrow res$  : Nat  
**Pre**  $\equiv \{p \in todosLosPokemons(j)\}$   
**Post**  $\equiv \{res =_{obs} indiceRareza(p, j)\}$   
**Complejidad:**  $O(|P|)$   
**Descripción:** Devuelve el indice de rareza del pokemon del juego ingresado

CANTPOKEMONESTOTALES(**in**  $j$ : juego)  $\rightarrow res$  : Nat  
**Pre**  $\equiv \{true\}$   
**Post**  $\equiv \{res =_{obs} cantPokemonsTotales(p)\}$   
**Complejidad:**  $\Theta(1)$   
**Descripción:** Devuelve la cantidad de pokemones que hay en el juego

CANTMISMAESPECIE(**in**  $j$ : Juego, **in**  $p$ : Pokemon)  $\rightarrow res$  : Nat  
**Pre**  $\equiv \{true\}$   
**Post**  $\equiv \{res =_{obs} cantMismaEspecie(p, pokemons(j), j)\}$   
**Complejidad:**  $O(|P|)$   
**Descripción:** Devuelve la cantidad de pokemones de la especie ingresada hay en el juego

## Representación

### 3.0.7. Representación de Juego

Jugador se representa con Nat

Pokemon se representa con String

Juego se representa con estr

donde **estr** es tupla( $pokemones$ : diccString(Pokemon, ListaPorTipo(itConj(infoPokemon))),  $todosLosPokemons$ : listaPorInfo(infoPokemon),  $jugadores$ : conjLineal(infoJugador),  $expulsados$ : conjLineal(Nat),  $jugadoresPorID$ : Vector(<itConj(infoJugador), itColaPrior(Jugador)>),  $posicionesPokemons$ : DiccMat(coor, <Pokemon, itConj(infoPokemon)>),  $posicionesJugadores$ : DiccMat(coor, conjLineal(Jugador)),  $mapa$ : map )

donde **infoJugador** es tupla( $id$ : Jugador,  $estaConectado$ : Bool,  $sanciones$ : Nat,  $pokemonesCapturados$ : conjLineal(itConj(infoPokemon)) )

donde **infoPokemon** es tupla( $contador$ : Nat,  $jugadoresEnRango$ : colaPrior<Nat, itConj(Jugador)>,  $salvaje$ : Bool )

### 3.0.8. Invariante de Representación

1. La suma de todos los significados de pokemones es igual al cardinales de todosLosPokemones.

2. La suma de la cantidad de jugadores y expulsados es igual a la longitud del vector jugadoresPorID.
3. Para toda coordenada, si esta definida en posicionesPokemons entonces la coordeanda pertenece al mapa.
4. La posicion de todo jugador que pertenezca al conjunto jugadores y este conectado pertenece al mapa.
5. Para todo pokemon que exista en pokemons y sea salvaje, el conjunto de jugadores que esta esperando para atraparlo pertenece al conjunto jugadores.
6. Todo jugador que pertenezca a jugadores, este conectado y este esperando para atrapar, esta incluido en el conjunto de jugadores en rango del pokemon al que quiere atrapar.
7. Los conjuntos jugadores y expulsados son disjuntos.

1. Checkear con significado de trie
2.  $\# \text{ e.jugadores} + \# \text{ e.expulsados} = \text{long}(\text{e.jugadoresPorID})$
3.  $(\forall c : \text{coord}) \text{ def?}(c, \text{e.posicionesPokemons}) \Rightarrow_L j.\text{posicion} \in \text{e.mapa.coordenadas}$
4.  $(\forall j : \text{jug}) j \in \text{e.jugadores} \wedge j.\text{estaConectado} \Rightarrow_L j.\text{posicion} \in \text{e.mapa.coordenadas}$
5.  $(\forall p : \text{poke}) (\text{def?}(p, \text{e.pokemons}) \wedge p.\text{salvaje}) \Rightarrow_L (\forall it : \text{itJug}) \text{HayMas?}(it) \wedge_L \text{Actual}(it) \in \text{p.jugadoresEnRango} \Rightarrow_L \text{Actual}(it) \in \text{e.jugadores}$
6.  $(\forall j : \text{jug}) j \in \text{e.jugadores} \wedge j.\text{estaConectado} \wedge_L \text{estaParaAtrapar}(j) \Rightarrow_L (\forall p : \text{poke}) \text{def?}(p, \text{e.pokemons}) \wedge_L j \in \text{p.jugadoresEnRango}$
7.  $(\forall j : \text{jug}) (j \in \text{e.jugadores} \Rightarrow_L j \notin \text{e.expulsados}) \vee (j \in \text{e.expulsados} \Rightarrow_L j \notin \text{e.jugadores})$

### 3.0.9. Función de Abstracción

Abs(e): estre -> Jugo Rep(e) pGo: Juego tq e.mapa = mapa(pGo) y e.jugadores = jugadores(pGo) y luego  
 (Para todo j : jugador) j pertenece e.jugadores impluego  
 j.sanciones = sanciones(j, pGo) ((j pertenece expulsados(pGo) y j.sanciones >= 10)  
 oluego (j.pokesCapturados = pokemons(j,pGo) y j.estaConectado = estaConectad(j,pGo)  
 y j.estaConectado impluego j.pos = posicion(j,pGo))) y  
 (Para todo p : pokemon) p pertenece c.pokemons impluego (Para todo j : Jugador)  
 j pertenece e.jugadores y luego p pertenece pokemons(j,pGo) o [(Para todo c : coord)  
 c pertenece e.mapa.coordenadas y luego p = pokemonEnPos(c,pGo) y cantMovParaCap(c,pGo)  
 p.contador]

### 3.1. Algoritmos

H|CrearJuego(in m : map) → res : estr

estr : j	▷ O(1)
j.pokemons ← CrearDiccionario()	▷ O(1)
j.todosLosPokemons ← Vacio()	▷ O(1)
j.jugadores ← Vacio()	▷ O(1)
j.expulsados ← Vacio()	▷ O(1)
j.jugadoresPorID ← Vacia()	▷ O(1)
j.posicionesPokemons ← Vacio(largo(m), ancho(m))	▷ O(largo(m) x ancho(m))
j.posicionesJugadores ← Vacio(largo(m), ancho(m))	▷ O(largo(m) x ancho(m))
j.mapa ← m	▷ O(copy(m))
res ← j	▷ O(1)

Complejidad: O((largo(m) x ancho(m)) + copy(m))

Justificación:

end

**H|iAgregarPokemon(in/out j: estr, in c: coor, in p: Pokemon) → res : itConj(Pokemon)**

infoP ← <0, Vacio(), True> ▷ O(1)  
itPokemon ← AgregarAtras(j.todosLosPokemones, infoP) ▷ O(copy(infoP)) Copiar los elementos de la tupla es O(1)  
desdeLat ← iDamePos(iLatitud(c), 2) ▷ O(1)  
desdeLong ← iDamePos(iLongitud(c), 2) ▷ O(1)  
**while** desdeLat ≤ iLatitud(c) + 2 **do** ▷ O(1) Recorro un conjunto acotado de coordenadas  
    **while** desdeLong ≤ iLongitud(c) + 2 **do** ▷ O(1) Recorro un conjunto acotado de coordenadas  
        **if** iDistEuclidea(<desdeLat, desdeLong>, c) ≤ 4 **then** ▷ O(1)  
            **if** Definido?(j.posicionesJugadores, <desdeLat, desdeLong>) **then** ▷ O(1)  
                itJugadores ← iCrearIt(Significado(j.posicionesJugadores, <desdeLat, desdeLong>)) ▷ O(1)  
                **while** HaySiguiente(itJugadores) **do** ▷ O(EC)  
                    e ← Siguiente(itJugadores) ▷ O(1)  
                    tupJugId ← j.jugadoresPorID[e] ▷ O(1)  
                    cantPokemonesJug ← Cardinal(Siguiente(tupJugId<sub>1</sub>).pokemonesCapturados) ▷ O(1)  
                    itCola ← iEncolar(Siguiente(itPokemon).jugadoresEnRango, cantPokemonesJug, e) ▷  
                O(log(EC) + copy(e))  
                tupJugId<sub>2</sub> ← itCola ▷ O(1)  
                Avanzar(itJugadores) ▷ O(1)  
            **end while**  
        **end if**  
    **end while**  
**if** ¬ Definido?(j.pokemones, p) **then** ▷ O(|P|)  
    Definir(j.pokemones, p, Vacia()) ▷ O(|P|)  
**end if**  
AgregarAtras(Obtener(j.pokemones, p), itPokemon) ▷ O(|P| + copy(itPokemon)) Copiar el iterador es O(1)  
Complejidad:  $O(|P| + |EC| * \log(|EC|))$   
Justificación:

**end**

**H|iAgregarJugador(in/out j: estr) → res : Jugador**

id ← Cardinal(j.jugadores) + Cardinal(j.expulsados) ▷ O(1)  
infoJ ← <id, false, 0, Vacio()> ▷ O(1) El jugador es creado vacio, sin sanciones y sin pokemones atrapados  
itJ ← AgregarRapido(j.jugadores, infoJ) ▷ O(copy(infoJ))  
AgregarAtras(j.jugadoresPorID, <itJ, NULL>) ▷ O(J) Donde J es la cantidad total de jugadores que fueron agregados al juego  
res ← id ▷ O(1)  
Complejidad:  $O(J)$  donde J es la cantidad de jugadores  
Justificación:  $O(\text{copy}(\text{Jugador}))$  es igual a  $O(1)$  ya que solamente es copiar Nat, Bool y un conjunto vacio.

**end**

**H|iConectarse(in/out j: estr, in e: Jugador, in c: coor)**

tupJug ← j.jugadoresPorID[e] ▷ O(1)  
itJug ← tupJug<sub>1</sub> ▷ O(1)  
Siguiente(j.jugadoresPorID[e]<sub>1</sub>).estaConectado ← true ▷ O(1)  
Siguiente(j.jugadoresPorID[e]<sub>1</sub>).posicion ← c ▷ O(1)  
**if** HayPokemonCercano(j, c) **then** ▷ O(1)  
    p ← Siguiente(Significado(j.posicionesPokemones, PosPokemonCercano(j, c))) ▷ O(1)  
    j.jugadoresPorID[e]<sub>1</sub> ← Encolar(p.jugadoresEnRango, Cardinal(jug.pokeCapturados), itJug) ▷ O(log(EC))  
    p.contador ← 0 ▷ O(1)  
**end if**

Complejidad:  $O(\log(EC))$

Justificación: EC es la maxima cantidad de jugadores esperando para atrapar un pokemon. En el peor caso, el heap al que entra el jugador es el que mas jugadores esperando tiene.

end

H]iDesconectarse(in/out  $j$ : estr, in  $id$ : Jugador)

tupJug  $\leftarrow j.jugadoresPorID[e]$   $\triangleright O(1)$

if HayPokemonCercano( $j, c$ ) then  $\triangleright O(1)$

$tupJug_2 \leftarrow EliminarSiguiente(tupJug_2)$   $\triangleright O(\log(EC))$

end if

Siguiente( $tupJug_1$ ).estaConectado  $\leftarrow$  false  $\triangleright O(1)$

Complejidad:  $O(\log(EC))$

Justificación: EC es la maxima cantidad de jugadores esperando para atrapar un pokemon. En el peor caso, el heap del que sale el jugador es el que mas jugadores esperando tiene.

end

H]Moverse(in/out  $j$ : estr, in  $id$ : Jugador, in  $c$ : coor)

if debeSancionarse?(Siguiente(jugadoresPorID[id]),  $c, j$ ) then  $\triangleright O(|P|)$

if  $campo_1(Siguiente(jugadoresPorID[id])).sanciones < 4$  then

$campo_1(jugadoresPorID[id] - > eliminarSiguiente)$

if hayPokemonCercano( $j, c$ ) then

$(PokemonEnPos \rightarrow siguiente).jugadoresEnRango.Eliminar(campo_2(jugadoresPorID[id]))$

$campo_2(jugadoresPorID[id] - > eliminarSiguiente)$

else

$campo_1(jugadoresPorID[id] - > siguiente).sanciones \leftarrow campo_1(jugadoresPorID[id] - > siguiente).sanciones + 1$

end if

end if

end if

Complejidad:  $O()$

Justificación:

end

H]iDebeSancionarse(in  $e$ : Jugador, in  $c$ : coor, in  $j$ : estr)  $\rightarrow$  res : Bool

$res \leftarrow \neg HayCamino(e.posicion, c, j.mapa) \vee DistEuclidea(e.posicion, c, mapa) > 100$   $\triangleright O(1)$

Complejidad:  $O(1)$

Justificación: Checkea si el jugador hizo un movimiento invalido.

end

H]iMapa(in  $j$ : estr)  $\rightarrow$  res : map

$res \leftarrow j.mapa$   $\triangleright O(\text{copy}(\text{mapa}(j)))$

Complejidad:  $O(\text{copy}(\text{mapa}(j)))$

Justificación: Devuelve el mapa del juego por copia.

end

H]iJugadores(in  $j$ : estr)  $\rightarrow$  res : itConj(Jugador)



$res \leftarrow CrearIt(j.jugadores)$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve el mapa del juego.

**end**

**H|iEstaConectado**(in  $j$ : **estr**, in  $id$ : **Jugador**)  $\rightarrow res$ : **Bool**

$res \leftarrow Siguiente(j.jugadoresPorID[id]_0).estaConectado$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve si el jugador esta conectado.

**end**

**H|iPosicion**(in  $j$ : **estr**, in  $id$ : **Jugador**)  $\rightarrow res$ : **coor**

$res \leftarrow Siguiente(j.jugadoresPorID[id]_0).posicion$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve la posicion del jugador.

**end**

**H|iPokemones**(in  $j$ : **estr**, in  $id$ : **Jugador**)  $\rightarrow res$ : **itConj**(<Pokemon, Nat>)

$res \leftarrow CrearIt(Siguiente(j.jugadoresPorID[id]_0).pokeCapturados)$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve un iterador al conjunto de pokemones atrapados por el jugador.

**end**

**H|iExpulsados**(in  $j$ : **estr**)  $\rightarrow res$ : **itConj**(**Jugador**)

$res \leftarrow CrearIt(j.expulsados)$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve un iterador al conjunto de jugadores expulsados.

**end**

**H|iPosConPokemones**(in  $j$ : **estr**)  $\rightarrow res$ : **itConj**(**coor**)

$res \leftarrow CrearIt(Coordenadas(j.posicionesPokemons))$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve las posiciones con pokemones.

**end**

**H|iPokemonEnPos**(in  $j$ : **estr**, in  $c$ : **coor**)  $\rightarrow res$ : **Pokemon**

$res \leftarrow Significado(j.posicionesPokemons, c)_1$  ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve el mapa del juego.

**end**

**H|iCantMovimientosParaCaptura(in j: estr, in c: coor) → res: Nat**  
 res ← 10 - Siguiente(Significado(j.posicionesPokemons, c)).contador ▷ O(1)

Complejidad: O(1)

Justificación: Devuelve cuantos movimientos faltan para capturar al pokemon.

**end**

**H|iPosPokemonCercano(in j: estr, in c: coor) → res: coor**  
 i ← 0 ▷ O(1)  
 latC ← Latitud(c) ▷ O(1)  
 i ← DamePos(latC, 2) ▷ O(1)  
 longC ← Longitud(c) ▷ O(1)  
 j ← DamePos(longC, 2) ▷ O(1)  
**while** i ≤ latC + 2 **do** ▷ O(1) Vale porque estoy recorriendo un conjunto acotado de coordenadas  
**while** j ≤ longC + 2 **do** ▷ O(1) Vale porque estoy recorriendo un conjunto acotado de coordenadas  
**if** Definido?(j.posicionesPokemons, <i, j>) ∧ DistEuclidea(c, <i, j>) ≤ 4 **then** ▷ O(1)  
 res ← <i, j> ▷ O(1)  
**end if**  
 j ← j + 1 ▷ O(1)  
**end while**  
 i ← i + 1 ▷ O(1)  
**end while**

Complejidad: O(1)

Justificación: Como el rango a recorrer es una constante, se puede decir que es de la clase  $\Theta(1)$

**end**

**H|iPuedoAgregarPokemon(in j: estr, in c: coor) → res: Bool**  
 res ← PosExistente(c, j.mapa) ∧ ¬(Definido?(j.posicionesPokemons, c)) ∧ ¬(HayPokemonCercano(j, c)) ▷  

$$\Theta \left( \sum_{c' \in \text{coordendas}(\text{mapa}(j))} \text{equal}(c, c') \right)$$
  
 Complejidad:  $\left[ \Theta \left( \sum_{c' \in \text{coordendas}(\text{mapa}(j))} \text{equal}(c, c') \right) \right]$   
Justificación: Tiene que ver si la posicion existe en el mapa, las demas operaciones son O(1)

**end**

**H|iHayPokemonCercano(in j: estr, in c: coor) → res: Bool**  
 res ← false ▷ O(1)  
 latC ← Latitud(c) ▷ O(1)  
 i ← DamePos(latC, 5) ▷ O(1)  
 longC ← Longitud(c) ▷ O(1)  
 j ← DamePos(longC, 5) ▷ O(1)  
**while** i ≤ latC + 5 **do** ▷ O(1) Vale porque estoy recorriendo un conjunto acotado de coordenadas  
**while** j ≤ longC + 5 **do** ▷ O(1) Vale porque estoy recorriendo un conjunto acotado de coordenadas  
**if** Definido?(j.posicionesPokemons, <i, j>) ∧ DistEuclidea(c, <i, j>) ≤ 25 **then** ▷ O(1)  
 res ← true ▷ O(1)  
**end if**  
 j ← j + 1 ▷ O(1)  
**end while**  
 i ← i + 1 ▷ O(1)

**end while**

Complejidad:  $\Theta(1)$

Justificación: Como el rango a recorrer es una constante, se puede decir que es de la clase  $\Theta(1)$

**end**

**H|iEntrenadoresPosibles**(in *c*: coor, in *es*: conjLineal(Jugador), in *j*: estr) → res : conjLineal(itConj(Jugador))

ePosibles ← Vacía() ▷  $O(1)$  Crea un conjunto de iteradores vacío

**if** Cardinal(*es*) != 0 **then** ▷  $O(1)$

itE ← CrearIt(*es*) ▷  $O(1)$

**while** HaySiguiente(itE) **do** ▷  $O(Cardinal(es))$  Es la cantidad de jugadores que haya en el conjunto es

posJugador ← Siguiente(itE).posicion ▷  $O(1)$

**if** (iHayPokemonCercano(posJugador, *j*)  $\wedge_L$  ▷  $O(1)$

iPosPokemonCercano(posJugador, *j*) == *c*  $\wedge$  ▷  $O(1)$

iHayCamino(*c*, posJugador, Mapa(*j*))) **then** ▷  $O(1)$

AgregarRapido(ePosibles, Siguiente(itE)) ▷  $O(1)$  Copiar un iterador es  $O(1)$

**end if**

Avanzar(itE) ▷  $O(1)$

**end while**

**end if**

res ← ePosibles ▷  $O(1)$

Complejidad:  $O(Cardinal(es))$

Justificación: Se itera por completo el conjunto de jugadores 'es'. En peor caso, todos los elementos de 'es' deben ser agregados al resultado.

**end**

**H|iIndiceRareza**(in *j*: estr, in *p*: Pokemon) → res : Nat

cuantosP ← iCantMismaEspecie(*j*, *p*) ▷  $O(|p.tipo|)$

res ← 100 - (100 x cuantosP / iCantPokemonesTotales) ▷  $O(1)$

Complejidad:  $O(|P|)$

Justificación: Siendo  $|P|$  el nombre mas largo para un pokemon en el juego.

**end**

**H|iCantPokemonesTotales**(in *j*: estr) → res : Nat

res ← cardinal(*j.todosLosPokemones*) ▷  $O(1)$

Complejidad:  $O(1)$

Justificación: Pide el cardinal de un conjunto.

**end**

**H|iCantMismaEspecie**(in *j*: estr, in *p*: Pokemon) → res : Nat

**if** Definido?(*j.pokemones*, *p.tipo*) **then** ▷  $O(|P|)$

res ← Obtener(*j.pokemones*, *p.tipo*) ▷  $O(|P|)$

**else**

res ← 0 ▷  $O(1)$

**end if**

Complejidad:  $O(|P|)$

Justificación: En peor caso, el pokemon que se busca es el de nombre mas largo o no esta en el diccionario.

**end**

H]**DamePos**(**in**  $p : \text{Nat}$ , **in**  $step : \text{Nat}$ )  $\rightarrow \text{res} : \text{Nat}$

$i \leftarrow p$	$\triangleright O(1)$
$fin \leftarrow \text{false}$	$\triangleright O(1)$
$res \leftarrow p$	$\triangleright O(1)$
<b>while</b> $i \neq 1 \wedge \neg fin$ <b>do</b>	$\triangleright O(1)$
$i \leftarrow i - 1$	$\triangleright O(1)$
<b>if</b> $i == p - step$ <b>then</b>	$\triangleright O(1)$
$res \leftarrow i$	$\triangleright O(1)$
$fin \leftarrow \text{true}$	$\triangleright O(1)$
<b>end if</b>	
<b>end while</b>	

Complejidad:  $O(1)$

Justificación: Recorre un rango acotado.

**end**

## 4. Modulo Diccionario Matriz( $coor, \sigma$ )

El modulo Diccionario Matriz provee un diccionario por posiciones en el que se puede definir, y consultar si hay un valor en una posicion en tiempo  $O(copy(\sigma))$ . Ademas, se puede borrar en tiempo lineal sobre las dimensiones de la matriz, y obtener un iterador a un conjunto lineal de claves.

El principal costo se paga al crear la estructura o borrar un dato, dado que cuesta tiempo lineal *ancho* por *largo*.

### Interfaz

#### parametros formales

**generos**  $coor, \sigma$

**se explica con:**  $DICCMAT(Nat, Nat, \sigma)$ ,

**generos:**  $diccMat(coor, \sigma)$ .

**VACIO**(**in**  $Nat$ :  $l$  argo, **in**  $Nat$ :  $a$  ncho)  $\rightarrow res : diccMat(coor, \sigma)$

**Pre**  $\equiv \{largo * ancho > 0\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} vacio(largo, ancho)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(ancho * largo)$

**Descripción:** Genera un diccionario vacio, de tamaño  $ancho * largo$ .

**DEFINIR**(**in/out**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ , **in**  $c : coor$ , **in**  $s : \sigma$ )

**Pre**  $\equiv \{d =_{obs} d_0 \wedge enRango(c_1, c_2, d)\}$

**Post**  $\equiv \{d =_{obs} definir(c_1, c_2, s, d_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(copy(s))$

**Descripción:** define el significado  $s$  en el  $diccMat$ , en la posicion representada por  $c$ .

**DEFINIDO?**(**in**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ , **in**  $c : coor$ )  $\rightarrow res : bool$

**Pre**  $\equiv \{enRango(c_1, c_2, d)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} def?(c_1, c_2, d)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** devuelve **true** si y solo si  $c$  tiene un valor en el  $diccMat$ .

**SIGNIFICADO**(**in**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ , **in**  $c : coor$ )  $\rightarrow res : \sigma$

**Pre**  $\equiv \{enRango(c_1, c_2, d) \wedge_L def?(c_1, c_2, d)\}$

**Post**  $\equiv \{alias(res =_{obs} obtener(c_1, c_2, d))\}$

**Complejidad:**  $\Theta(copy(s))$

**Descripción:** Devuelve el valor de  $d$  en la posicion  $c$ .

**BORRAR**(**in/out**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ , **in**  $c : coor$ )

**Pre**  $\equiv \{d = d_0 \wedge enRango(c_1, c_2, d) \wedge_L def?(c_1, c_2, d)\}$

**Post**  $\equiv \{d =_{obs} borrar(c_1, c_2, d_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta\left(\sum_{c' \in d.claves} equal(c, c')\right)$

**Descripción:** Elimina el valor en la posicion  $c$  en  $d$ .

**COORDENADAS**(**in**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ )  $\rightarrow res : itConj(coor)$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{alias(esPermutacion?(SecuSuby(res), claves(d)))\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve un iterador al conjunto de claves de  $d$ .

**ANCHO**(**in**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ )  $\rightarrow res : Nat$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} ancho(d)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve el ancho de  $d$

**LARGO**(**in**  $d : diccMat(coor, \sigma)$ )  $\rightarrow res : Nat$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{largo}(d)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve el largo de  $d$

#### 4.0.1. Especificacion de las operaciones auxiliares utilizadas en la interfaz

**TAD** DICCMATRIZ( $\text{NAT}, \text{NAT}, \sigma$ )

**géneros**       $\text{diccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma)$

**exporta**       $\text{diccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma)$ , generadores, observadores, borrar, claves

**usa**             $\text{NAT}, \text{BOOL}, \text{CONJ}(\text{TUPLA}(\text{NAT}, \text{NAT}))$

**igualdad observacional**

$$(\forall d, d' : \text{DiccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma)) \left( d =_{\text{obs}} d' \iff \left( \begin{array}{l} (\text{ancho}(d) =_{\text{obs}} \text{ancho}(d') \wedge \text{largo}(d) =_{\text{obs}} \text{largo}(d')) \\ \text{largo}(d') \wedge_{\text{L}} \\ (\forall x, y: \text{Nat}) (\text{def?}(x, y, d) =_{\text{obs}} \text{def?}(x, y, d')) \\ \wedge_{\text{L}} \\ \text{def?}(x, y, d) \Rightarrow_{\text{L}} \text{obtener}(x, y, d) =_{\text{obs}} \text{obten-} \\ \text{er}(x, y, d') \end{array} \right) \right)$$

**observadores básicos**

$\text{largo} : \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) \longrightarrow \text{Nat}$

$\text{ancho} : \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) \longrightarrow \text{Nat}$

$\text{def?} : \text{Nat } x \times \text{Nat } y \times \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) d \longrightarrow \text{Bool} \quad \{\text{enRango}(x, y, d)\}$

$\text{obtener} : \text{Nat } x \times \text{Nat } y \times \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) d \longrightarrow \sigma \quad \{\text{enRango}(x, y, d) \wedge_{\text{L}} \text{def?}(x, y, d)\}$

**generadores**

$\text{vacío} : \text{Nat } \text{largo} \times \text{Nat } \text{ancho} \longrightarrow \text{diccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma) \quad \{\text{largo} * \text{ancho} > 0\}$

$\text{definir} : \text{Nat } x \times \text{Nat } y \times \sigma s \times \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) d \longrightarrow \text{diccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma) \quad \{\text{enRango}(x, y, d)\}$

**otras operaciones**

$\text{borrar} : \text{Nat } x \times \text{Nat } y \times \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) d \longrightarrow \text{diccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma) \quad \{\text{enRango}(x, y, d) \wedge_{\text{L}} \text{def?}(x, y, d)\}$

$\text{claves} : \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \sigma) \longrightarrow \text{conj}(\text{tupla}(\text{Nat}, \text{Nat}))$

**otras operaciones (no exportadas)**

$\text{enRango} : \text{Nat} \times \text{Nat} \times \text{diccMat}(\text{Nat} \times \text{Nat} \times \text{sinificado}) \longrightarrow \text{Bool}$

**axiomas**     $\forall x, y, m, n: \text{Nat} \forall d: \text{diccMat}(\text{Nat}, \text{Nat}, \sigma) \forall s: \sigma$

$\text{largo}(\text{vacío}(m, n)) \equiv m$

$\text{ancho}(\text{vacío}(m, n)) \equiv n$

$\text{def?}(x, y, \text{vacío}(m, n)) \equiv \text{false}$

$\text{largo}(\text{definir}(x, y, s, d)) \equiv \text{largo}(d)$

$\text{ancho}(\text{definir}(x, y, s, d)) \equiv \text{ancho}(d)$

$\text{def?}(x, y, \text{definir}(m, n, s, d)) \equiv (x = m \wedge y = n) \vee \text{def?}(x, y, d)$

$\text{obtener}(x, y, \text{definir}(m, n, s, d)) \equiv \text{if } (x = m \wedge y = n) \text{ then } s \text{ else } \text{obtener}(x, y, d) \text{ fi}$

```

borrar(x,y, definir(m,n,s,d))  $\equiv$  if (x = m  $\wedge$  y = n) then
    if def?(x,y,d) then borrar(x,y,d) else d fi
    else
        definir(m,n,s,borrar(x,y,d))
    fi

claves(vacio)  $\equiv \emptyset$ 

claves(definir(x,y,s,d))  $\equiv$  Ag((x,y),claves(d))

enRango(x,y, d)  $\equiv$  x < largo(d)  $\wedge$  y < ancho(d)

```

**Fin TAD**

## Representación

Diccionario Matriz se representa con dicc

donde dicc es tupla(*posiciones*: arregloDimensionable de  $\langle \text{bool}, \sigma \rangle$ , *claves*: conjLineal(coor), *ancho*: Nat, *largo*: Nat)

Rep : dicc  $\rightarrow$  bool

Rep(*d*)  $\equiv$  true  $\iff$  (tam(*d.posiciones*) =<sub>obs</sub> (*d.ancho* x *d.largo*))  $\wedge_L$  (( $\forall c : \text{coor}$ ) (*c*  $\in$  *d.claves*)  $\iff$  definido?(*d.posiciones*, *n*)  $\wedge_L$  *d.posiciones*[*n*]<sub>1</sub> =<sub>obs</sub> true)

Abs : dicc *d*  $\rightarrow$  diccMat {Rep(*d*)}

Abs(*d*)  $\equiv$  =<sub>obs</sub> *d'*: diccMat | *d.claves* = claves(*d'*)  $\wedge$  *d.ancho* = ancho(*d'*)  $\wedge$  *d.largo* = largo(*d'*)  $\wedge$  ( $\forall c \leftarrow d.claves$ ) *d.posiciones*[*c.campo*<sub>1</sub> \* *d.ancho* + *c.campo*<sub>2</sub>] = significado(*c*<sub>1</sub>, *c*<sub>2</sub>, *d'*)

## Algoritmos

Trabajo Práctico II Algoritmos del modulo

H|iVacio(in *l*: Nat, in *a*: Nat)  $\rightarrow$  res : dicc

```

1: res.largo  $\leftarrow$  l  $\triangleright \Theta(1)$ 
2: res.ancho  $\leftarrow$  a  $\triangleright \Theta(1)$ 
3: res.posiciones  $\leftarrow$  CrearArreglo(a * l)  $\triangleright \Theta(a * l)$ 
4: res.claves  $\leftarrow$  Vacio()  $\triangleright \Theta(1)$ 

```

Complejidad:  $\Theta(a * l)$

**end**

H|iDefinir(in/out *d*: dicc, in *c*: coor, in *s*:  $\sigma$ )

```

1: if  $\neg$ (Definido?(d, Aplanar(d, c))) then  $\triangleright \Theta(\text{copy}(s))$ 
2:   AgregarRapido(d.claves, c)
3: end if
4: d.posiciones[Aplanar(d, c)]  $\leftarrow$  s  $\triangleright \Theta(\text{copy}(s))$ 

```

Complejidad:  $\Theta(\text{copy}(s))$

Justificación: Definido? y Aplanar tienen costo  $\Theta(1)$ , AgregarRapido y Definir tienen costo  $\Theta(\text{copy}(s))$ .  
Aplicando algebra de ordenes:  $\Theta(1) + \Theta(1) + \Theta(\text{copy}(s)) + \Theta(\text{copy}(s)) = \Theta(\text{copy}(s))$

**end**

H|iDefinido?(in *d*: dicc, in *c*: coor)  $\rightarrow$  res : bool



1:  $res \leftarrow Definido?(d.posiciones, Aplanar(d, c)) \wedge_L d.posiciones[Aplanar(d, c)]_1$   $\triangleright$  Si no esta definido o esta marcado como borrado, se devuelve que no esta definido  $\Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

Justificacion: *Aplanar* tiene costo  $\Theta(1)$ , luego, como *Definido?* y consular una posicion de un arreglo tienen costo  $\Theta(1)$ . Aplicando algebra de ordenes:  $\Theta(1) + \Theta(1) + \Theta(1) = \Theta(1)$

**end**

**H|iSignificado(in d: dicc, in c: coor)  $\rightarrow res : \sigma$**

1:  $res \leftarrow d.posiciones[Aplanar(d, c)]$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iBorrar(in/out d: dicc, in c: coor)**

1:  $Eliminar(d.claves, c)$

2:  $d.posiciones[Aplanar(d, c)] \leftarrow false, d.posiciones[Aplanar(d, c)]$

$\triangleright \Theta \left( \sum_{c' \in d.claves} equal(c, c') \right)$   
 $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta \left( \sum_{c' \in d.claves} equal(c, c') \right)$

**end**

**H|iCoordenadas(in d: dicc)  $\rightarrow res : itConj(coor)$**

1:  $res \leftarrow CrearIt(d.claves)$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iAplanar(in d: dicc, in c: coor)  $\rightarrow res : nat$**

1:  $res \leftarrow c.campo_1 * d.ancho + c.campo_2$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

Justificacion: Son operaciones matematicas de Nat

**end**

**H|iLargo(in d: dicc)  $\rightarrow res : nat$**

1:  $res \leftarrow d.largo$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

**H|iAncho(in d: dicc)  $\rightarrow res : nat$**

1:  $res \leftarrow d.ancho$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

## 5. Módulo Cola de mínima prioridad( $\alpha$ )

### 5.1. Especificación

**TAD COLA DE MÍNIMA PRIORIDAD( $\alpha$ )**

**igualdad observacional**

$$(\forall c, c' : \text{colaMinPrior}(\alpha)) \left( c =_{\text{obs}} c' \iff \left( \begin{array}{l} \text{vacía?}(c) =_{\text{obs}} \text{vacía?}(c') \wedge_L \\ (\neg \text{vacía?}(c) \Rightarrow_L (\text{próximo}(c) =_{\text{obs}} \text{próximo}(c') \wedge \\ \text{desencolar}(c) =_{\text{obs}} \text{desencolar}(c'))) \end{array} \right) \right)$$

**parámetros formales**

**géneros**  $\alpha$

**operaciones**  $\bullet < \bullet : \alpha \times \alpha \longrightarrow \text{bool}$

**géneros**  $\text{colaMinPrior}(\alpha)$

**exporta**  $\text{colaMinPrior}(\alpha)$ , generadores, observadores

**usa** **BOOL**

**observadores básicos**

$\text{vacía?} : \text{colaMinPrior}(\alpha) \longrightarrow \text{bool}$

$\text{próximo} : \text{colaMinPrior}(\alpha) \ c \longrightarrow \alpha \quad \{\neg \text{vacía?}(c)\}$

$\text{desencolar} : \text{colaMinPrior}(\alpha) \ c \longrightarrow \text{colaMinPrior}(\alpha) \quad \{\neg \text{vacía?}(c)\}$

**generadores**

$\text{vacía} : \longrightarrow \text{colaMinPrior}(\alpha)$

$\text{encolar} : \alpha \times \text{colaMinPrior}(\alpha) \longrightarrow \text{colaMinPrior}(\alpha)$

**otras operaciones**

$\text{tamaño} : \text{colaMinPrior}(\alpha) \longrightarrow \text{nat}$

**axiomas**  $\forall c : \text{colaMinPrior}(\alpha), \forall e : \alpha$

$\text{vacía?}(\text{vacía}) \equiv \text{true}$

$\text{vacía?}(\text{encolar}(e, c)) \equiv \text{false}$

$\text{próximo}(\text{encolar}(e, c)) \equiv \text{if } \text{vacía?}(c) \vee_L \text{próximo}(c) > e \text{ then } e \text{ else } \text{próximo}(c) \text{ fi}$

$\text{desencolar}(\text{encolar}(e, c)) \equiv \text{if } \text{vacía?}(c) \vee_L \text{próximo}(c) > e \text{ then } c \text{ else } \text{encolar}(e, \text{desencolar}(c)) \text{ fi}$

**Fin TAD**

### 5.2. Interfaz

**parámetros formales**

**géneros**  $\alpha$

**se explica con:** COLA DE MÍNIMA PRIORIDAD(NAT).

**géneros:**  $\text{colaMin}(\alpha)$ .

### 5.2.1. Operaciones básicas de ColaMinPrior

VACÍA()  $\rightarrow res : colaMin(\alpha)$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} vacía\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Crea una cola de prioridad vacía

VACÍA?(in  $c : colaMin(\alpha)$ )  $\rightarrow res : bool$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} vacía?(c)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve true si y sólo si la cola está vacía

PRÓXIMO(in  $c : colaMin(\alpha)$ )  $\rightarrow res : \alpha$

**Pre**  $\equiv \{\neg vacía?(c)\}$

**Post**  $\equiv \{alias(res =_{obs} próximo(c))\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Devuelve el próximo elemento a desencolar

**Aliasing:**  $res$  es modificable si y sólo si  $c$  es modificable

DESENCOLAR(in/out  $c : colaMin(\alpha)$ )

**Pre**  $\equiv \{\neg vacía?(c) \wedge c =_{obs} c_0\}$

**Post**  $\equiv \{c =_{obs} desencolar(c_0)\}$

**Complejidad:**  $O(\log(\text{tamaño}(c)))$

**Descripción:** Quita el elemento más prioritario

ENCOLAR(in/out  $c : colaMinPrior(\alpha)$ , in  $p : nat$ , in  $a : \alpha$ )  $\rightarrow res : itColaMin(alpha)$

**Pre**  $\equiv \{c =_{obs} c_0\}$

**Post**  $\equiv \{c =_{obs} encolar(p, c_0) \wedge res =_{obs} CrearIt(ColaASecu(c_0), a) \wedge alias(SecuSuby(res) = ColaASecu(c))\}$

**Complejidad:**  $O(\log(|c|)) + copy(a)$

**Descripción:** Agrega el elemento  $a$  de tipo  $\alpha$  con prioridad  $p$  a la cola

**Aliasing:** Se agrega el elemento por copia

### 5.2.2. Operaciones del Iterador

CREARIT(in  $c : ColaMinPrior(\alpha)$ )  $\rightarrow res : itColaMin(alpha)$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{Alias(EsPermutacion(SecuSuby(res), c))\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Crea un iterador de Cola Mínima de Prioridad( $\alpha$ )

**Aliasing:** El iterador se invalida si y solo si se elimina el elemento siguiente del iterador

HAYSIGUIENTE?(in  $it : itColaMin(\alpha)$ )  $\rightarrow res : bool$

**Pre**  $\equiv \{true\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} haySiguiente?(it)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve true si y solo si en el iterador todavía quedan elementos para avanzar

HAYSIGUIENTEIZQ?(in  $it : itColaMin(\alpha)$ )  $\rightarrow res : bool$

**Pre**  $\equiv \{haySiguiente?(it)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} haySiguienteIzq?(it)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve true si y solo si en el iterador todavía quedan elementos para avanzar a la izquierda

HAYSIGUIENTEDER?(in  $it : itColaMin(\alpha)$ )  $\rightarrow res : bool$

**Pre**  $\equiv \{haySiguiente?(it)\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} haySiguienteDer?(it)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve true si y solo si en el iterador todavía quedan elementos para avanzar a la derecha

SIGUIENTE(in  $it : itColaMin(\alpha)$ )  $\rightarrow res : \alpha$

**Pre**  $\equiv \{\text{haySiguiente?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{\text{Alias}(res =_{\text{obs}} \text{Siguiente}(it))\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Devuelve el elemento de la siguiente posición del iterador

**Aliasing:** res es modificable si y solo si it es modificable

**AVANZARIZQ**(in/out  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ )

**Pre**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge \text{haySiguienteIzq?}(c)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} \text{avanzarIzq}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Avanza el iterador a la posición izquierda siguiente

**AVANZADER**(in/out  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ )

**Pre**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge \text{haySiguienteDer?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} \text{avanzarDer}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Avanza el iterador a la posición derecha siguiente

**ELIMINARSIGUIENTE**(in/out  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ )

**Pre**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge \text{haySiguiente?}(it) \wedge_L \neg \text{haySiguienteDer?}(it) \wedge \neg \text{haySiguienteIzq?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} \text{EliminarSiguiente}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $\Theta(1)$

**Descripción:** Elimina de la cola el valor que se encuentra en la posición siguiente del iterador. Tiene que ser hoja

**AGREGARCOMOSIGUIENTEIZQ**(in/out  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ , in  $a: \alpha$ )

**Pre**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge \neg \text{haySiguienteDer?}(it) \wedge \neg \text{haySiguienteIzq?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} \text{AgregarComoSiguienteIzq}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $O(\text{copy}(a))$

**Descripción:** agrega el elemento a a la cola de prioridad, a la izquierda siguiente del iterador, dejando al iterador posicionado de forma tal que al llamar a Siguiente se obtenga a.

**AGREGARCOMOSIGUIENTEDER**(in/out  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ , in  $a: \alpha$ )

**Pre**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge \neg \text{haySiguienteDer?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{\text{obs}} \text{AgregarComoSiguienteDer}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $O(\text{copy}(a))$

**Descripción:** agrega el elemento a a la cola de prioridad, a la derecha siguiente del iterador, dejando al iterador posicionado de forma tal que al llamar a Siguiente se obtenga a.

## 5.3. Representación

### 5.3.1. Representación de ColaMinPrior( $\alpha$ )

ColaMinPrior( $\alpha$ ) se representa con colaMin

donde colaMin es  $\text{tupla}(\text{proximo: puntero(nodo)}, \text{tamano: nat})$

donde nodo es  $\text{tupla}(\text{prior: Nat}, \text{elem: } \alpha, \text{padre: puntero(nodo)}, \text{izq: puntero(nodo)}, \text{der: puntero(nodo)})$

### 5.3.2. Invariante de Representación (Rehacer con nueva estructura)

- (I) Todos ids de cada nodo en elementos son menos que el largo del vector proximos
- (II) Si ids de nodos en elementos son diferentes, evaluados en la posición correspondiente de proximos, sus prioridades mantienen la diferencia.

Rep :  $\text{estr} \rightarrow \text{bool}$

$$\begin{aligned} \text{Rep}(e) \equiv & \text{true} \iff \\ & (\forall i : \text{nat}) (i < \text{longitud}(e.\text{proximos})) \Rightarrow_{\text{L}} \\ & ((\forall j : \text{nat}) j \leq i \Rightarrow_{\text{L}} (e.\text{proximos}[j].\text{prioridad} \leq e.\text{proximos}[i].\text{prioridad}) \wedge \\ & ((\forall n : \text{nat}) n < \text{longitud}(e.\text{proximos}) \Rightarrow_{\text{L}} e.\text{proximos}[e.\text{elementos}[n].\text{id}].\text{elemCola} \rightarrow \text{siguiente.elem} =_{\text{obs}} \\ & e.\text{elementos}[n].\text{elem}) \end{aligned}$$

### 5.3.3. Función de Abstracción

$$\begin{aligned} \text{Abs} : \text{estr } e & \longrightarrow \text{colaMinPrior} & \{\text{Rep}(e)\} \\ \text{Abs}(e) \equiv & =_{\text{obs}} \text{cmp: colaMinPrior} \mid (\text{vacía?}(\text{cmp}) \Leftrightarrow \text{tamano}(e) =_{\text{obs}} 0) \wedge \\ & \neg \text{vacía?}(\text{cmp}) \Rightarrow_{\text{L}} \\ & (\text{próximo}(\text{cmp}) =_{\text{obs}} \text{próximo}(e) \wedge \\ & \text{desencolar}(\text{cmp}) =_{\text{obs}} \text{desencolar}(e)) \end{aligned}$$

### 5.3.4. Representación del Iterador Cola de Prioridad

ItColaMin( $\alpha$ ) se representa con iter

donde iter es  $\text{tupla}(\text{siguiente: puntero(nodo)}, \text{arbol: puntero(ColaMinPrior}(\alpha)))$

### 5.3.5. Invariante de Representación

### 5.3.6. Función de Abstracción

## 5.4. Algoritmos

### 5.4.1. Algoritmos del Modulo

H|iVacía()  $\rightarrow res : \text{colaMin}(\alpha)$

1:  $res \leftarrow \langle NULL, 0 \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

end

H|iVacía?(in  $c : \text{colaMin}(\alpha)$ )  $\rightarrow res : \text{Bool}$

1:  $res \leftarrow (c.\text{proximo} = NULL)$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

end

H|iPróximo(in  $c : \text{colaMinPrior}(\alpha)$ )  $\rightarrow res : \alpha$

1:  $res \leftarrow \text{CrearIt}(c).\text{Siguiende} \rightarrow \text{elem}$   $\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

end

H|iDesencolar(in/out  $c : \text{colaMinPrior}(\alpha)$ )

1:  $it \leftarrow \text{CrearIt}(c)$   $\triangleright \Theta(1)$

2:  $A \leftarrow \text{DecimalABinario}(c.\text{tamao})$   $\triangleright$  Convertir un decimal a binario tiene complejidad logaritmica del largo de número  $\Theta(\log(|c|))$

```

3: for  $i \leftarrow 1$  to  $\text{tam}(A) - 1$  do    ▷ Se empieza desde el segundo elemento porque el iterador ya está parado en el
    primero que por precondition no está invalidado  $\Theta(|A|) = \Theta(\log(|c|))$ 
4:   if  $A[i] = 0$  then
5:      $\text{AvanzarIzq}(it)$                                           ▷  $\Theta(1)$ 
6:   else
7:      $\text{AvanzarDer}(it)$                                           ▷  $\Theta(1)$ 
8:   end if
9: end for
10:  $\text{swapCola}(c.\text{proximo}, it.\text{siguiente})$                       ▷  $\Theta(1)$ 
11:  $\text{EliminarSiguiente}(it)$                                      ▷  $\Theta(1)$ 
12: if  $c.\text{tamano} > 1$  then
13:    $\text{siftDown}(c)$                                               ▷  $\Theta(\log(|c|))$ 
14: end if
    Complejidad:  $\Theta(\log(|c|))$ 

```

**end**

**H|Encolar**(in/out  $c$ : colaMinPrior( $\alpha$ ), in  $\text{prioridad}$ : nat, in  $a$ :  $\alpha$ )  $\rightarrow res$ : iter

```

1:  $\text{Nuevo} \leftarrow \langle \text{prioridad}, a, \text{NULL}, \text{NULL}, \text{NULL} \rangle$     ▷  $\Theta(1)$ 
2:  $it \leftarrow \text{CrearIt}(c)$                                     ▷  $\Theta(1)$ 
3:  $A \leftarrow \text{DecimalABinario}(c.\text{tamao} + 1)$  ▷ Convertir un decimal a binario tiene complejidad logaritmica del largo
    de número, buscamos la posición donde vamos a agregar el nuevo elemento  $\Theta(\log(|c|))$ 
4:  $i \leftarrow 0$                                               ▷  $\Theta(1)$ 
5: while  $i < \text{tam}(A) - 1$  do                                ▷  $\Theta(|A|) = \Theta(\log(|c|))$ 
6:   if  $A[i] = 0$  then                                       ▷  $\Theta(1)$ 
7:      $\text{AvanzarIzq}(it)$                                        ▷  $\Theta(1)$ 
8:   else
9:      $\text{AvanzarDer}(it)$                                        ▷  $\Theta(1)$ 
10:  end if
11:   $i \leftarrow i + 1$                                        ▷  $\Theta(1)$ 
12: end while
13: if  $A[i] = 0$  then                                       ▷  $\Theta(1)$ 
14:    $\text{AgregarSiguienteIzq}(it, \text{nuevo})$                        ▷  $\Theta(1)$ 
15: else
16:    $\text{AgregarSiguienteDer}(it, \text{nuevo})$                        ▷  $\Theta(1)$ 
17: end if
18:  $\text{siftUp}(c)$                                               ▷  $\Theta(\log(|c|))$ 
    Complejidad:  $\Theta(\log(|c|)) + \text{copy}(\alpha)$ 

```

**end**

**H|siftDown**(in/out  $c$ : colaMin( $\alpha$ ))

```

1:  $it \leftarrow \text{CrearIt}(c)$                                     ▷  $\Theta(1)$ 
2:  $\text{swap} \leftarrow \text{true}$ 
3: while  $\neg \text{esHoja}(it) \wedge \text{swap}$  do    ▷ Lo máximo que se puede llegar a avanzar es la altura del árbol  $\Theta(\log(|c|))$ 
4:    $\text{swap} \leftarrow \text{false}$                                           ▷  $\Theta(1)$ 
5:   if  $\text{haySiguienteIzq}(it) \wedge \text{haySiguienteDer}(it)$  then    ▷  $\Theta(1)$ 
6:     if  $it.\text{siguiente} \rightarrow \text{izq} \rightarrow \text{prior} < it.\text{siguiente} \rightarrow \text{der} \rightarrow \text{prior}$  then    ▷  $\Theta(1)$ 
7:       if  $it.\text{siguiente} \rightarrow \text{izq} \rightarrow \text{prior} < it.\text{siguiente} \rightarrow \text{prior}$  then    ▷  $\Theta(1)$ 
8:          $\text{swapCola}(it.\text{siguiente} \rightarrow \text{izq}, it.\text{siguiente})$     ▷  $\Theta(1)$ 
9:          $\text{swap} \leftarrow \text{true}$                                           ▷  $\Theta(1)$ 
10:         $\text{AvanzarIzq}(it)$                                           ▷  $\Theta(1)$ 
11:      end if
12:    else
13:      if  $it.\text{siguiente} \rightarrow \text{der} \rightarrow \text{prior} < it.\text{siguiente} \rightarrow \text{prior}$  then    ▷  $\Theta(1)$ 

```

```

14:         swapCola(it.siguiete → der, it.siguiete)           ▷  $\Theta(1)$ 
15:         swap ← true                                         ▷  $\Theta(1)$ 
16:         AvanzarDer(it)                                       ▷  $\Theta(1)$ 
17:     end if
18: end if
19: else
20:     if haySiguieteIzq(it) then                               ▷  $\Theta(1)$ 
21:         if it.siguiete → izq → prior < it.siguiete → prior then ▷  $\Theta(1)$ 
22:             swapCola(it.siguiete → izq, it.siguiete)       ▷  $\Theta(1)$ 
23:             swap ← true                                       ▷  $\Theta(1)$ 
24:             AvanzarIzq(it)                                   ▷  $\Theta(1)$ 
25:         end if
26:     else
27:         if it.siguiete → der → prior < it.siguiete → prior then ▷  $\Theta(1)$ 
28:             swapCola(it.siguiete → der, it.siguiete)       ▷  $\Theta(1)$ 
29:             swap ← true                                       ▷  $\Theta(1)$ 
30:             AvanzarDer(it)                                   ▷  $\Theta(1)$ 
31:         end if
32:     end if
33: end if
34: end while
    Complejidad:  $\Theta(\log(|c|))$ 

```

end

H|siftUp(in/out c: colaMin( $\alpha$ ))

```

1: it ← CrearIt(c)                                             ▷  $\Theta(1)$ 
2: swap ← true
3: A ← DecimalABinario(c.tam) ▷ Convertir un decimal a binario tiene complejidad logaritmica del largo de
    número  $\Theta(\log(|c|))$ 
4: for i ← 1 to tam(A) - 1 do                                  ▷ Se empieza desde el segundo elemento porque el iterador ya está
    parado en el primero que por precondition no está invalidado, se avanza hasta el último elemento que es el que
    hay que reacomodar  $\Theta(|A|) = \Theta(\log(|c|))$ 
5:     if A[i] = 0 then
6:         AvanzarIzq(it)                                       ▷  $\Theta(1)$ 
7:     else
8:         AvanzarDer(it)                                       ▷  $\Theta(1)$ 
9:     end if
10: end for
11: while tienePadre(it) ∧ swap do ▷ Lo máximo que se puede llegar a avanzar es la altura del árbol  $\Theta(\log(|c|))$ 
12:     swap → false                                           ▷  $\Theta(1)$ 
13:     if it.siguiete → prior < it.siguiete → padre → prior then ▷  $\Theta(1)$ 
14:         swapCola(it.siguiete → padre, it.siguiete)         ▷  $\Theta(1)$ 
15:         swap → true                                          ▷  $\Theta(1)$ 
16:         Retroceder(it)                                       ▷  $\Theta(1)$ 
17:     end if
18: end while
    Complejidad:  $\Theta(\log(|c|))$ 

```

end

H|swapCola(in/out p: puntero(Nodo), in/out q: puntero(Nodo))

```

1: Nodo: aux ← (*p)                                           ▷  $\Theta(Copy(\alpha))$ 
2: p → padre ← q → padre                                     ▷  $\Theta(1)$ 
3: p → izq ← q → izq                                         ▷  $\Theta(1)$ 

```

```

4:  $p \rightarrow der \leftarrow q \rightarrow der$   $\triangleright \Theta(1)$ 
5:  $q \rightarrow padre \leftarrow aux.padre$   $\triangleright \Theta(1)$ 
6:  $q \rightarrow izq \leftarrow aux.izq$   $\triangleright \Theta(1)$ 
7:  $q \rightarrow der \leftarrow aux.der$   $\triangleright \Theta(1)$ 
   Complejidad:  $\Theta(Copy(\alpha))$ 

```

**end**

```

H|DecimalABinario(in  $d: \text{nat}$ )  $\rightarrow res: \text{arreglo}(\text{nat})$ 
1:  $lista(\alpha) : temp \leftarrow Vacia()$   $\triangleright \Theta(1)$ 
2: while  $d > 1$  do  $\triangleright$  Lo máximo que se puede llegar a iterar es  $\log(d)$   $\Theta(\log(d))$ 
3:    $AgregarAdelante(temp, d \bmod 2)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
4:    $d \leftarrow d/2$   $\triangleright$  División entera  $\Theta(1)$ 
5: end while
6:  $AgregarAdelante(temp, d)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
7:  $it \leftarrow CrearIt(temp)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
8:  $nati \leftarrow 0$   $\triangleright \Theta(1)$ 
9:  $arreglo(nat)bin \leftarrow CrearArreglo(Longitud(temp))$   $\triangleright \Theta(1)$ 
10: while  $HaySiguiente(it)$  do  $\triangleright$  El largo de la lista es  $\log(d)$   $\Theta(|temp|) = \Theta(\log(d))$ 
11:    $bin[i] \leftarrow Siguiente(it)$   $\triangleright \Theta(1)$ 
12:    $i \leftarrow i + 1$   $\triangleright \Theta(1)$ 
13: end while
14:  $res \leftarrow bin$   $\triangleright \Theta(1)$ 
   Complejidad:  $\Theta(\log(d))$ 

```

**end**

#### 5.4.2. Algoritmos del Iterador

```

H|CrearIt(in  $c: \text{ColaMinPrior}(\alpha)$ )  $\rightarrow res: \text{itColaMin}(\alpha)$ 
1:  $res \leftarrow \langle NULL, c \rangle$   $\triangleright \Theta(1)$ 
   Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

**end**

```

H|HaySiguiente?(in  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ )  $\rightarrow res: \text{bool}$ 
1:  $res \leftarrow it.siguiente \neq NULL$   $\triangleright \Theta(1)$ 
   Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

**end**

```

H|HaySiguienteIzq?(in  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ )  $\rightarrow res: \text{bool}$ 
1:  $res \leftarrow it.siguiente \rightarrow izq \neq NULL$   $\triangleright \Theta(1)$ 
   Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

**end**

```

H|HaySiguienteDer?(in  $it: \text{itColaMin}(\alpha)$ )  $\rightarrow res: \text{bool}$ 
1:  $res \leftarrow it.siguiente \rightarrow der \neq NULL$   $\triangleright \Theta(1)$ 
   Complejidad:  $\Theta(1)$ 

```

**end**



H|**Siguiente?**(in  $it$ : itColaMin( $\alpha$ ))  $\rightarrow res$  :  $\alpha$

1:  $res \leftarrow (it.siguiente \rightarrow elem)$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

H|**AvanzarIzq**(in/out  $it$ : itColaMin( $\alpha$ ))

1:  $it.siguiente \leftarrow (it.siguiente \rightarrow izq)$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

H|**AvanzarDer**(in/out  $it$ : itColaMin( $\alpha$ ))

1:  $it.siguiente \leftarrow (it.siguiente \rightarrow der)$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

H|**EliminarSiguiente**(in/out  $it$ : itColaMin( $\alpha$ ))

1:  $it.siguiente \leftarrow NULL$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

H|**AgregarComoSiguienteIzq**(in/out  $it$ : itColaMin( $\alpha$ ), in  $a$ :  $\alpha$ )

1:  $(it.siguiente \rightarrow izq) \leftarrow a$

$\triangleright \Theta(1)$

2:  $AvanzarIzq(it)$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

H|**AgregarComoSiguienteDer**(in/out  $it$ : itColaMin( $\alpha$ ), in  $a$ :  $\alpha$ )

1:  $(it.siguiente \rightarrow der) \leftarrow a$

$\triangleright \Theta(1)$

2:  $AvanzarDer(it)$

$\triangleright \Theta(1)$

Complejidad:  $\Theta(1)$

**end**

## 6. Módulo Diccionario String( $\alpha$ )

Se representa mediante un árbol n-ario con invariante de trie. Las claves son strings y permite acceder a un significado en un tiempo en el peor caso igual a la longitud de la palabra (string) más larga y definir un significado en el mismo tiempo más el tiempo de copy(s) ya que los significados se almacenan por copia.

### 6.1. Interfaz

**parametros formales**

**géneros:**  $\alpha$ .

**funcion:** COPIAR(in  $s : \alpha$ )  $\rightarrow res : \alpha$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} s\}$

**Complejidad:**  $O(\text{copy}(s))$

**Descripción:** funcion de copia de  $\alpha$ .

**se explica con:** DICCIONARIO(String, $\alpha$ ).

**géneros:** diccString( $\alpha$ ), itDiccString( $\alpha$ ).

#### 6.1.1. Operaciones básicas de Diccionario String( $\alpha$ )

CREARDICCIONARIO()

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} \text{vacío}()\}$

**Complejidad:**  $O(1)$  Justificación: Sólo crea un arreglo de 256 posiciones inicializadas con null y una lista vacía

**Descripción:** Crea un diccionario vacío.

DEFINIDO?(in  $d : \text{diccString}(\alpha)$ , in  $c : \text{string}$ )  $\rightarrow res : \text{bool}$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{obs} \text{def?}(d, c)\}$

**Complejidad:**  $O(|c|)$  Justificación: Debe acceder a la clave  $c$ , recorriendo una por una las partes de la clave (caracteres)

**Descripción:** Devuelve true si la clave está definida en el diccionario y false en caso contrario.

DEFINIR(in/out  $d : \text{diccString}(\alpha)$ , in  $c : \text{string}$ , in  $s : \alpha$ )

**Pre**  $\equiv \{d =_{obs} d_0\}$

**Post**  $\equiv \{d =_{obs} \text{definir}(c, s, d_0)\}$

**Complejidad:**  $O(|c| + \text{copy}(s))$  Justificación: Debe definir la clave  $c$ , recorriendo una por una las partes de la clave y después copiar el contenido del significado.

**Descripción:** Define la clave  $c$  con el significado  $s$

**Aliasing:** Almacena una copia de  $s$ .

OBTENER(in  $d : \text{diccString}(\alpha)$ , in  $c : \text{string}$ )  $\rightarrow res : \alpha$

**Pre**  $\equiv \{\text{def?}(c, d)\}$

**Post**  $\equiv \{\text{alias}(res =_{obs} \text{obtener}(c, d))\}$

**Complejidad:**  $O(|c|)$  Justificación: Debe acceder a la clave  $c$ , recorriendo una por una las partes de la clave (caracteres)

**Descripción:** Devuelve el significado correspondiente a la clave  $c$ .

**Aliasing:** Devuelve el significado almacenado en el diccionario, por lo que  $res$  es modificable si y sólo si  $d$  lo es.

ELIMINAR(in/out  $d : \text{diccString}(\alpha)$ , in  $c : \text{string}$ )

**Pre**  $\equiv \{d =_{\text{obs}} d_0 \wedge \text{def?}(d, c)\}$

**Post**  $\equiv \{d =_{\text{obs}} \text{borrar}(d_0, c)\}$

**Complejidad:**  $O(|c|)$  Justificación: Debe acceder a la clave  $c$ , recorriendo una por una las partes de la clave (caracteres) e invalidar su significado

**Descripción:** Borra la clave  $c$  del diccionario y su significado.

**CREARITCLAVES**(in  $d$ :  $\text{diccString}(\alpha)$ )  $\rightarrow res$  :  $\text{itConj}(\text{String})$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{\text{alias}(\text{esPermutacion?}(\text{SecuSuby}(res), c)) \wedge \text{vacía?}(\text{Anteriores}(res))\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** Crea un Iterador de Conjunto en base a la interfaz del iterador de Conjunto Lineal

### 6.1.2. Operaciones Básicas Del Iterador

Este iterador permite recorrer el trie sobre el que está implementado el diccionario para obtener de cada clave los significados. Las claves de los elementos iterados no pueden modificarse nunca por cuestiones de implementación. El iterador es un iterador de lista, que recorre `listaIterable` por lo que sus operaciones son idénticas a ella.

**CREARIT**(in  $d$ :  $\text{diccString}(\alpha)$ )  $\rightarrow res$  :  $\text{itDiccString}(\alpha)$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{\text{alias}(\text{esPermutación}(\text{SecuSuby}(res), d)) \wedge \text{vacía?}(\text{Anteriores}(res))\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** crea un iterador bidireccional del diccionario, de forma tal que `HayAnterior` evalúe a `false` (i.e., que se pueda recorrer los elementos aplicando iterativamente `Siguiente`).

**Aliasing:** El iterador se invalida si y sólo si se elimina el elemento siguiente del iterador sin utilizar la función `EliminarSiguiente`. Además, `anteriores(res)` y `siguientes(res)` podrían cambiar completamente ante cualquier operación que modifique  $d$  sin utilizar las funciones del iterador.

**HAYSIGUIENTE**(in  $it$ :  $\text{itDiccString}(\alpha)$ )  $\rightarrow res$  :  $\text{bool}$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{haySiguiente?}(it)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** devuelve `true` si y sólo si en el iterador todavía quedan elementos para avanzar.

**HAYANTERIOR**(in  $it$ :  $\text{itDiccString}(\alpha)$ )  $\rightarrow res$  :  $\text{bool}$

**Pre**  $\equiv \{\text{true}\}$

**Post**  $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{hayAnterior?}(it)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** devuelve `true` si y sólo si en el iterador todavía quedan elementos para retroceder.

**SIGUIENTESIGNIFICADO**(in  $it$ :  $\text{itDiccString}(\alpha)$ )  $\rightarrow res$  :  $\alpha$

**Pre**  $\equiv \{\text{haySiguiente?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{\text{alias}(res =_{\text{obs}} \text{haySiguiente?}(it).\text{significado})\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** devuelve el significado del elemento siguiente del iterador

**Aliasing:**  $res$  es modificable si y sólo si  $it$  es modificable.

**ANTERIORESIGNIFICADO**(in  $it$ :  $\text{itDiccString}(\alpha)$ )  $\rightarrow res$  :  $\alpha$

**Pre**  $\equiv \{\text{hayAnterior?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{\text{alias}(res =_{\text{obs}} \text{hayAnterior?}(it).\text{significado})\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** devuelve el significado del elemento anterior del iterador

**Aliasing:**  $res$  es modificable si y sólo si  $it$  es modificable.

**AVANZAR**(**in/out**  $it$ : `itDiccString`( $\alpha$ ))

**Pre**  $\equiv \{it = it_0 \wedge \text{haySiguiente?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{obs} \text{avanzar}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** avanza a la posición siguiente del iterador.

**RETROCEDER**(**in/out**  $it$ : `itDiccString`( $\alpha$ ))

**Pre**  $\equiv \{it = it_0 \wedge \text{hayAnterior?}(it)\}$

**Post**  $\equiv \{it =_{obs} \text{hayAnterior?}(it_0)\}$

**Complejidad:**  $O(1)$

**Descripción:** retrocede a la posición anterior del iterador.

### 6.1.3. Representación de Diccionario String( $\alpha$ )

Diccionario String( $\alpha$ ) se representa con estr

donde estr es tupla(raiz: arreglo(puntero(Nodo)), listaIterable: lista(puntero(Nodo)))

donde Nodo es tupla(arbolTrie: arreglo(puntero(Nodo)),  
 info:  $\alpha$ ,  
 infoValida: bool,  
 infoEnLista: iterador(listaIterable) )

### 6.1.4. Invariante de Representación

- (I) Raiz es la raiz del arbol con invariante de trie y es un arreglo de 256 posiciones.
- (II) Cada uno de los elementos de la lista tiene que ser un puntero a un Nodo del trie.
- (III) Nodo es una tupla que contiene un arreglo de 256 posiciones con un puntero a otro Nodo en cada posicion ,un elemento info que es el alfa que contiene esa clave del arbol, un elemento infoValida y un elemento iterador que es un puntero a un nodo de la lista enlazada.
- (IV) El iterador a la lista enlazada de cada nodo tiene que apuntar al elemento de la lista que apunta al mismo Nodo.
- (V) Cada uno de los nodos de la lista apunta a un nodo del arbol cuyo infoEnLista apunta al mismo nodo de la lista.

$(\forall c: \text{diccString}((\alpha)))()$

Rep : estr  $\longrightarrow$  bool

Rep( $e$ )  $\equiv$  true  $\iff$   
 longitud( $e.raiz$ ) == 256  $\wedge_L$   
 $(\forall i \in [0..longitud(e.raiz)])$   
 $((\neg e.raiz[i] == \text{NULL}) \Rightarrow_L \text{nodoValido}(raiz[i])) \wedge (*e.raiz[i].infoValida == \text{true} \Rightarrow_L$   
 $\text{iteradorValido}(raiz[i])) \wedge$   
 $\text{listaValida}(e.listaIterable)$

nodoValido : puntero(Nodo)  $nodo \longrightarrow$  bool

iteradorValido : puntero(Nodo)  $nodo \longrightarrow$  bool

nodoValido( $nodo$ )  $\equiv$   
 longitud( $*nodo.arbolTrie$ ) == 256  $\wedge_L$   
 $(\forall i \in [0..longitud(*nodo.arbolTrie)])$   
 $((\neg *nodo.arbolTrie[i] == \text{NULL}) \Rightarrow_L \text{nodoValido}(*nodo.arbolTrie[i]))$   
 iteradorValido( $nodo$ )  $\equiv$   
 PunteroValido( $nodo$ )  $\wedge_L$   
 $(\forall i \in [0..longitud(*nodo.arbolTrie)])$   
 $((*nodo.arbolTrie[i].infoValida == \text{true}) \Rightarrow_L \text{iteradorValido}(*nodo.arbolTrie[i]))$

PunteroValido( $nodo$ )  $\equiv$

El iterador perteneciente al nodo (infoEnLista) apunta a un nodo de listaIterable (lista(puntero(Nodo))) cuyo puntero apunta al mismo nodo pasado por parámetro. Es decir se trata de una referencia circular.

listaValida(lista)  $\equiv$

Cada nodo de la lista tiene un puntero a un nodo de la estructura cuyo infoEnLista (iterador) apunta al mismo nodo. Es decir se trata de una referencia circular.

### 6.1.5. Función de Abstracción

$Abs : \text{estr } e \longrightarrow \text{diccString}(\alpha) \quad \{\text{Rep}(e)\}$   
 $Abs(e) \equiv =_{\text{obs}} d : \text{diccString}(\alpha) \mid (\forall s : \text{string})(\text{def?}(d, s) =_{\text{obs}} \text{Definido?}(d, s) \wedge \text{def?}(d, s) \Rightarrow_L \text{obtener}(s, d) =_{\text{obs}} \text{Obtener}(d, s))$

## 6.2. Algoritmos

**H|iCrearDiccionario()**  $\rightarrow res : \text{estr}$   
 $\text{arreglo}(\text{puntero}(\text{Nodo})) : res.raiz \leftarrow \text{CrearArreglo}(256) \quad \triangleright O(256)$   
 $nat : i \leftarrow 0 \quad \triangleright O(1)$   
**while**  $i < \text{long}(res.raiz)$  **do**  $\triangleright O(1)$   
 $\quad res.raiz[i] \leftarrow \text{NULL} \quad \triangleright O(1)$   
**end while**  
 $res.listaIterable \leftarrow \text{Vacía}() \quad \triangleright O(1)$

Complejidad:  $O(1)$

Justificación: Crea un arreglo de 256 posiciones y lo recorre inicializándolo en NULL. Luego crea una lista vacía.

**end**

**H|iDefinido?(in d: estr, in c: string)**  $\rightarrow res : \text{bool}$   
 $nat : i \leftarrow 0 \quad \triangleright O(1)$   
 $nat : letra \leftarrow \text{ord}(c[0]) \quad \triangleright O(1)$   
 $\text{puntero}(\text{Nodo}) : arr \leftarrow d.raiz[letra] \quad \triangleright O(1)$   
**while**  $i < \text{longitud}(c) \wedge \neg arr = \text{NULL}$  **do**  $\triangleright O(|c|)$   
 $\quad i \leftarrow i + 1 \quad \triangleright O(1)$   
 $\quad letra \leftarrow \text{ord}(c[i]) \quad \triangleright O(1)$   
 $\quad arr \leftarrow (*arr).arbolTrie[letra] \quad \triangleright O(1)$   
**end while**  
**if**  $i = \text{longitud}(c)$  **then**  $\triangleright O(1)$   
 $\quad res \leftarrow (*arr).infoValida \quad \triangleright O(1)$   
**else**  
 $\quad res \leftarrow \text{false} \quad \triangleright O(1)$   
**end if**

Complejidad:  $O(|c|)$

Justificación: Toma el primer caracter y encuentra su posición en el arreglo raíz. Luego itera sobre los caracteres restantes hasta el final del String c, por lo que hace  $|c|$  operaciones. Finalmente pregunta si el significado encontrado es válido o no.

**end**

**H|iDefinir(in/out d: estr, in c: string, in s:  $\alpha$ )**  
 $nat : i \leftarrow 0 \quad \triangleright O(1)$   
 $nat : letra \leftarrow \text{ord}(c[0]) \quad \triangleright O(1)$   
**if**  $d.raiz[letra] = \text{NULL}$  **then**  $\triangleright O(1)$   
 $\quad \text{Nodo} : \text{nuevo} \quad \triangleright O(1)$   
 $\quad \text{arreglo}(\text{puntero}(\text{Nodo})) : \text{nuevo.arbolTrie} \leftarrow \text{CrearArreglo}(256) \quad \triangleright O(1)$   
 $\quad \text{nuevo.infoValida} \leftarrow \text{false} \quad \triangleright O(1)$   
 $\quad d.raiz[letra] \leftarrow \text{puntero}(\text{nuevo}) \quad \triangleright O(1)$   
**end if**  
 $\text{puntero}(\text{Nodo}) : arr \leftarrow d.raiz[letra] \quad \triangleright O(1)$

```

while  $i < longitud(c)$  do                                ▷  $O(|c|)$ 
   $i \leftarrow i + 1$                                        ▷  $O(1)$ 
   $letra \leftarrow ord(c[i])$                                ▷  $O(1)$ 
  if  $arr.arbolTrie[letra] = NULL$  then                     ▷  $O(1)$ 
     $Nodo : nuevoHijo$                                      ▷  $O(1)$ 
     $arreglo(puntero(Nodo)) : nuevoHijo.arbolTrie \leftarrow CrearArreglo(256)$  ▷  $O(1)$ 
     $nuevoHijo.infoValida \leftarrow false$                  ▷  $O(1)$ 
     $arr.arbolTrie[letra] \leftarrow puntero(nuevoHijo)$     ▷  $O(1)$ 
  end if
   $arr \leftarrow (*arr).arbolTrie[letra]$                  ▷  $O(1)$ 
end while
 $(*arr).info \leftarrow s$                                 ▷  $O(copy(s))$ 
if  $\neg(*arr).infoValida$  then                             ▷  $O(1)$ 
   $itLista(puntero(Nodo))it \leftarrow AgregarAdelante(d.listaIterable, NULL)$  ▷  $O(1)$ 
   $(*arr).infoValida \leftarrow true$                      ▷  $O(1)$ 
   $(*arr).infoEnLista \leftarrow it$                        ▷  $O(1)$ 
   $siguiente(it) \leftarrow puntero(*arr)$                 ▷  $O(1)$ 
end if

```

Complejidad:  $O(|c| + copy(s))$

Justificación: Itera sobre la cantidad de caracteres del String  $c$  y en caso de que algún caracter no esté definido crea un arreglo de 256 posiciones, por lo que realiza  $|c|$  operaciones. Luego copia el significado pasado por parámetro en  $O(copy(s))$  y finalmente agrega en la lista un puntero al nodo creado.

**end**

H|iObtener(in  $d$ : estr, in  $c$ : string)  $\rightarrow res : \alpha$

```

 $nat : i \leftarrow 0$                                      ▷  $O(1)$ 
 $nat : letra \leftarrow ord(c[0])$                          ▷  $O(1)$ 
 $puntero(Nodo) : arr \leftarrow d.raiz[letra]$              ▷  $O(1)$ 
while  $i < longitud(c)$  do                                ▷  $O(|c|)$ 
   $i \leftarrow i + 1$                                        ▷  $O(1)$ 
   $letra \leftarrow ord(c[i])$                                ▷  $O(1)$ 
   $arr \leftarrow (*arr).arbolTrie[letra]$                  ▷  $O(1)$ 
end while
 $res \leftarrow (*arr).info$                                 ▷  $O(1)$ 

```

Complejidad:  $O(|c|)$

Justificación: Toma el primer caracter y encuentra su posición en el arreglo raíz. Luego itera sobre los caracteres restantes hasta el final del String  $c$ , por lo que hace  $|c|$  operaciones. Finalmente retorna el significado almacenado. Todas las demás operaciones se realizan en  $O(1)$  porque son comparaciones o asignaciones de valores enteros o de punteros.

**end**

H|iEliminar(in/out  $d$ : estr, in  $c$ : string)

```

 $nat : i \leftarrow 0$                                      ▷  $O(1)$ 
 $nat : letra \leftarrow ord(c[0])$                          ▷  $O(1)$ 
 $puntero(Nodo) : arr \leftarrow d.raiz[letra]$              ▷  $O(1)$ 
 $pila(puntero(Nodo)) : pil \leftarrow Vacía()$              ▷  $O(1)$ 
while  $i < longitud(c)$  do                                ▷  $O(|c|)$ 
   $i \leftarrow i + 1$                                        ▷  $O(1)$ 
   $letra \leftarrow ord(c[i])$                                ▷  $O(1)$ 
   $arr \leftarrow (*arr).arbolTrie[letra]$                  ▷  $O(1)$ 
   $Apilar(pil, arr)$                                        ▷  $O(1)$ 
end while
if  $tieneHermanos(arr)$  then                             ▷  $O(1)$ 

```

```

    (*arr).infoValida ← false                                ▷ O(1)
else
    i ← i + 1                                                ▷ O(1)
    puntero(Nodo) : del ← tope(pil)                          ▷ O(1)
    del ← NULL                                              ▷ O(1)
    Desapilar(pil)                                          ▷ O(1)
    while i < longitud(c) ∧ ¬tieneHermanosEInfo(*tope(pil)) do ▷ O(|c|)
        del ← tope(pil)                                    ▷ O(1)
        del ← NULL                                        ▷ O(1)
        Desapilar(pil)                                    ▷ O(1)
        i ← i + 1                                          ▷ O(1)
    end while
    if i = longitud(c) then                                  ▷ O(1)
        d.raiz[ord(c[0])] ← NULL                            ▷ O(1)
    end if
end if

```

Complejidad:  $O(|c|)$

Justificación: Toma el primer caracter y encuentra su posición en el arreglo raíz. Luego crea una pila en  $O(1)$ . Recorre el resto de los caracteres del String  $c$  y apila cada uno de los Nodos encontrado en la pila ( $O(1)$ ) por lo que en total realiza  $|c|$  operaciones. Llama a la función `tieneHermanos` y le pasa por parámetro el nodo encontrado  $O(1)$  (ver Algoritmo "tieneHermanos"). Luego recorre todos los elementos apilados preguntando si hay alguno que no tiene hermanos para en cuyo caso eliminarlo, realizando en el peor caso  $|c|$  operaciones porque puede ser que sea necesario eliminar todo hasta la raíz.

end

```

H|tieneHermanos(in nodo: puntero(Nodo)) → res : bool
    nat : i ← 0                                              ▷ O(1)
    nat : l ← longitud((*nodo).arbolTrie)                  ▷ O(1)
    while i < l ∧ ¬((*nodo).arbolTrie[i] = NULL) do        ▷ O(1)
        i ← i + 1                                          ▷ O(1)
    end while
    res ← i < l                                              ▷ O(1)

```

Complejidad:  $O(1)$

Justificación: Recorre el arreglo de 256 posiciones en caso de que todas las posiciones del mismo tengan NULL. Como es una constante ya que en el peor caso siempre recorre a lo sumo 256 posiciones entonces es  $O(1)$ .

end

```

H|tieneHermanosEInfo(in nodo: puntero(Nodo)) → res : bool
    res ← tieneHermanos(nodo) ∧ (*nodo).infoValida = true  ▷ O(1)

```

Complejidad:  $O(1)$

Justificación: Llama a la función `tieneHermanos` que es  $O(1)$  y verifica además que el nodo contenga información válida.

end