

Algoritmos y Estructura de Datos II

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

Trabajo Práctico Diseño

Grupo 1

Integrante	LU	Correo electrónico
Bálsamo, Facundo	874/10	facundobalsamo@gmail.com
Lasso, Nicolás	763/10	lasso.nico@gmail.com
Rodriguez, Agustín	120/10	agustinrodriguez90@hotmail.com
Tripodi, Guido	843/10	guido.tripodi@hotmail.com

Reservado para la cátedra

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		

Índice

1. Módulo ArbolCategorias	4
1.1. Interfaz	4
1.2. Representación	6
1.2.1. Invariante de Representación	6
1.2.1.1. El Invariante Informalmente	6
1.2.1.2. El Invariante Formalmente	7
1.2.2. Función de Abstracción	8
1.2.2.1. Funciones auxiliares	8
1.3. Algoritmos	8
1.4. Analisis de complejidades	11
1.5. Iterador de Categorías	13
1.5.1. Interfaz	13
1.5.2. Representación	14
1.5.3. Invariante de Representación	14
1.5.3.1. El Invariante Formalmente	14
1.5.4. Función de Abstracción	14
1.5.5. Algoritmos	14
1.5.6. Analisis de complejidades	15
1.6. Iterador de Familia	15
1.6.1. Interfaz	15
1.6.2. Representación	16
1.6.3. Invariante de Representación	16
1.6.3.1. El Invariante Formalmente	16
1.6.4. Función de Abstracción	17
1.6.4.1. Funciones auxiliares	17
1.6.5. Algoritmos	17
1.6.6. Analisis de complejidades	18
1.7. Iterador de Hijos	18
1.7.1. Interfaz	18
1.7.2. Representación	19
1.7.3. Invariante de Representación	19
1.7.3.1. El Invariante Formalmente	19
1.7.4. Función de Abstracción	19
1.7.5. Algoritmos	19
1.7.6. Analisis de complejidades	20
2. Módulo LinkLinkIt	21
2.1. Interfaz	21
2.2. Representación	23
2.2.1. Invariante de Representación	23
2.2.1.1. El Invariante Informalmente	23
2.2.1.2. El Invariante Formalmente	24
2.2.2. Función de Abstracción	24
2.2.2.1. Funciones auxiliares	25
2.3. Algoritmos	25
2.4. Analisis de complejidades	29
2.5. Iterador de Links	32
2.5.1. Interfaz	32

2.5.2.	Representación	32
2.5.3.	Invariante de Representación	33
2.5.3.1.	El Invariante Formalmente	33
2.5.4.	Función de Abstracción	33
2.5.5.	Algoritmos	33
2.5.6.	Análisis de complejidades	33
2.6.	Iterador de Punteros a DatosLink	34
2.6.1.	Interfaz	34
2.6.2.	Representación	35
2.6.3.	Invariante de Representación	35
2.6.3.1.	El Invariante Informalmente	35
2.6.3.2.	El Invariante Formalmente	35
2.6.4.	Función de Abstracción	36
2.6.4.1.	Funciones auxiliares	36
2.6.5.	Algoritmos	36
2.6.6.	Análisis de complejidades	38
2.7.	Iterador de Accesos	40
2.7.1.	Interfaz	40
2.7.2.	Representación	40
2.7.3.	Invariante de Representación	40
2.7.3.1.	El Invariante Formalmente	40
2.7.4.	Función de Abstracción	40
2.7.5.	Algoritmos	41
2.7.6.	Análisis de complejidades	41
3.	Módulo diccTrie(clave,significado)	42
3.1.	Interfaz	42
3.2.	Representación	42
3.2.1.	Invariante de Representación	43
3.2.1.1.	El Invariante Informalmente	43
3.2.1.2.	El Invariante Formalmente	43
3.2.2.	Función de Abstracción	43
3.2.2.1.	Funciones auxiliares	43
3.3.	Algoritmos	45
3.4.	Análisis de complejidades	46

1. Módulo ArbolCategorias

1.1. Interfaz

parámetros formales

géneros **acat**

se explica con: **ArbolDeCategorias**

Operaciones

CATEGORIASAC(**in** *ac*: **acat**) → *res*: **itCategorias**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} crearItUni(categorias(ac))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No se debe modificar nada de lo iterado por *res*.

RAIZAC(**in** *ac*: **acat**) → *res*: **Categoria**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} raiz(ac)\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: El nombre de la categoría raíz se pasa por referencia, no debe ser modificado.

IDAC(**in** *ac*: **acat**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **nat**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} id(ac, c)\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No tiene.

ALTURACATAC(**in** *ac*: **acat**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **nat**

Pre $\equiv \{esta?(c, ac)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} alturaCategoria(ac, c)\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No tiene.

HIJOSAC(**in** *ac*: **acat**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **itHijos**

Pre $\equiv \{esta?(c, ac)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} crearItUni(hijos(ac, c))\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No se debe modificar nada de lo iterado por *res*.

PADREAC(**in** *ac*: **acat**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **Categoria**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} padre(ac, c)\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: El nombre de la categoría padre se pasa por referencia, no debe ser modificado.

ALTURAAC(**in** ac : **acat**) $\rightarrow res$: **nat**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} altura(ac)\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

PREDECESORES(**in** ac : **acat**, **in** c : **Categoria**) $\rightarrow res$: **itFamilia**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} crearItUni(predesores(ac, c))\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: res itera referencias a las categorias correspondientes.

NUEVOAC(**in** c : **Categoria**) $\rightarrow res$: **acat**

Pre $\equiv \{\neg vacia?(c)\}$

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

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No tiene.

AGREGARAC(**in/out** ac : **acat**, **in** c : **categoria**, **in** h : **categoria**)

Pre $\equiv \{esta?(c, ac) \wedge \neg esta?(h, ac) \wedge \neg vacia?(h) \wedge ac_0 =_{\text{obs}} ac\}$

Post $\equiv \{ac =_{\text{obs}} agregar(ac_0, c, h)\}$

Complejidad: $O(|c| + |h|)$

Aliasing: No hay alias ya que no devuelve nada.

ESTA?(**in** c : **categoria**, **in** ac : **acat**) $\rightarrow res$: **bool**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} esta?(c, ac)\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No tiene.

ESSUBCATEGORIA(**in** ac : **acat**, **in** c : **categoria**, **in** h : **categoria**) $\rightarrow res$: **bool**

Pre $\equiv \{esta?(c, ac) \wedge esta?(h, ac)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} esSubCategoria(ac, c, h)\}$

Complejidad: $O(|h| + |c| + alturaAC(ac))$

Aliasing: No tiene.

fin interfaz

1.2. Representación

ArbolCategorias **se representa con** *estrAC*, donde *estrAC* es tupla<

```
raiz: puntero(datosCat),
cantidad: nat,
alturaMax: nat,
familia: diccTrie(Categoria, puntero(datosCat)),
categorias: Lista(datosCat)>
```

datosCat es tupla<

```
categoria: Categoria,
id: nat,
altura: nat,
hijos: Conj(puntero(datosCat)),
padre: puntero(datosCat)>
```

Arbol de Categorias guarda en su estructura una Lista de *datosCat(categorias)*, que cada uno guarda todos los datos de una categoria.

Guardamos en un *diccTrie(familia)* para cada categoria, un puntero a su *datosCat* correspondiente de la lista *categorias* para acceder a esos datos en $O(\text{longitud de la categoria})$.

En *raiz* guardamos un puntero a *datosCat* de la categoria raiz del arbol para accederla en $O(1)$
cantidad es la cantidad de categorias que tiene el arbol y nos permite en $O(1)$ saber cual va a ser el id para una categoría que estemos agregando.

alturaMax es la altura del arbol de categorias.

1.2.1. Invariante de Representación

1.2.1.1. El Invariante Informalmente

1. Para cada clave de '*familia*' obtener el significado devolvera un puntero(*datosCat*) donde '*categoria*' es igual a la clave.
2. Toda clave de '*familia*' debera ser raiz o pertenecer a algun conjunto de punteros de '*hijos*' de alguna otra clave.
3. Todos los significados de '*familia*' apuntan a un nodo de '*categorias*' y cada nodo de '*categorias*' es significado de alguna clave de '*familia*'.
4. Todos los elementos de '*hijos*' de una clave de '*familia*', tendrá como '*padre*' a esa clave.
5. '*cantidad*' sera igual a la longitud de la lista '*categorias*'.
6. Cuando la clave es igual a '*raiz*' su '*altura*' e '*id*' es 1.
7. La '*altura*' de cada clave es menor o igual a '*alturaMax*' del sistema.
8. Existe una clave en la cual '*altura*' es igual a '*alturaMax*'.
9. Los '*hijos*' de una clave tienen '*altura*' igual a $1 + \text{'altura de la clave'}$.
10. Los '*id*' de cada clave deberan ser menor o igual a '*cant*'.
11. No hay '*id*' repetidos en '*familia*'.

1.2.1.2. El Invariante Formalmente

$\text{Rep} : \text{estrAC} \rightarrow \text{boolean}$

$(\forall ac: \text{estrAC}) \text{Rep}(ac) \equiv \text{true} \iff$

1. $(\forall c: \text{Categoria})(\text{def?}(c, e.familia)) \iff (*\text{obtener}(c, e.familia)).categoria = c \wedge_L$
2. $(\forall c_1: \text{Categoria})(\text{def?}(c_1, e.familia)) \iff ((c_1 == e.raiz) \vee$
 $((\exists c_2: \text{Categoria})(\text{def?}(c_2, e.familia)) \wedge_L c_1 \in (*\text{obtener}(c_2, e.familia)).hijos)) \wedge_L$
3. $(\forall c: \text{Categoria})(\text{def?}(c, e.familia) \iff$
 $((\exists d: \text{datosCat})\text{esta?}(d, e.categorias) \wedge d.categoria == c) \wedge_L d == \text{obtener}(c, e.familia)))$
 \wedge_L
4. $(\forall c_1, c_2: \text{Categoria})(\text{def?}(c_1, e.familia)) \wedge (\text{def?}(c_2, e.familia)) \Rightarrow_L$
 $c_2 \in *((\text{obtener}(c_1, e.familia))).hijos \iff$
 $((\text{obtener}(c_2, e.familia)).padre).categoria = c_1 \wedge_L$
5. $e.cantidad = \text{longitud}(e.categorias) \wedge_L$
6. $(\forall c: \text{categoria})(\text{def?}(c, e.familia)) \wedge c = e.raiz \Rightarrow_L$
 $((\text{obtener}(c, e.familia)).altura = 1 \wedge ((\text{obtener}(c, e.familia)).id = 1 \wedge_L$
7. $(\forall c: \text{Categoria})(\text{def?}(c, e.familia)) \Rightarrow_L ((\text{obtener}(c, e.familia)).altura \leq e.alturaMax$
 \wedge_L
8. $(\exists c: \text{Categoria})(\text{def?}(c, e.familia)) \wedge_L ((\text{obtener}(c, e.familia)).altura = e.alturaMax$
 \wedge_L
9. $(\forall c_1, c_2: \text{Categoria})(\text{def?}(c_1, e.familia)) \wedge (\text{def?}(c_2, e.familia)) \wedge_L$
 $((\exists d: \text{datosCat})d \in ((*\text{obtener}(c_1, e.familia))).hijos \wedge d.categoria == c_2) \Rightarrow_L$
 $((\text{obtener}(c_2, e.familia)).altura = 1 + ((\text{obtener}(c_1, e.familia)).altura \wedge_L$
10. $(\forall c: \text{Categoria})(\text{def?}(c, e.familia)) \Rightarrow_L ((\text{obtener}(c, e.familia)).id \leq e.cant \wedge_L$
11. $(\forall c_1, c_2: \text{Categoria})(\text{def?}(c_1, e.familia)) \wedge (\text{def?}(c_2, e.familia)) \wedge c_1 \neq c_2 \Rightarrow_L$
 $((\text{obtener}(c_1, e.familia)).id \neq ((\text{obtener}(c_2, e.familia)).id$

1.2.2. Función de Abstracción

$Abs : e : \text{estrAC} \rightarrow \text{acat}$

$\text{Rep}(e)$

$(\forall e : \text{estrAC}) Abs(e) =_{\text{obs}} ac : \text{acat} \mid$

1. $categorias(ac) =_{\text{obs}} todasLasCategorias(e.categorias) \wedge_L$
2. $raiz(ac) =_{\text{obs}} (*e.raiz).categoria \wedge_L$
3. $(\forall c : \text{Categoria}) esta?(c, ac) \wedge c \neq raiz(ac) \Rightarrow_L$
 $padre(ac, c) = (*(obtener(c, e.familia)).padre).categoria \wedge_L$
4. $(\forall c : \text{Categoria}) esta?(c, ac) \Rightarrow_L id(ac, c) = (*(obtener(c, e.familia))).id$

1.2.2.1. Funciones auxiliares

$todasLasCategorias : secu(\text{datosCat}) \rightarrow conj(categoria)$

$todasLasCategorias(cs) \equiv \text{if vacia?}(cs) \text{ then}$

\emptyset

else

$Ag((\text{prim}(cs)).categoria, todasLasCategorias(\text{fin}(cs)))$

fi

$\text{predecesores} : \text{arbolCategoriasac} \times \text{Categoriac} \rightarrow \text{Conj}(categoria) \quad \{c \in categorias(ac)\}$

$\text{predecesores}(ac, c) \equiv \text{predecesoresAux}(ac, categorias(ac), c)$

$\text{predecesoresAux} : \text{arbolCategoriasac} \times \text{Conj}(\text{Categoria})_{cc} \times \text{Categoriac} \rightarrow \text{Conj}(categoria)$
 $\{c \in categorias(ac) \wedge cc \subseteq categorias(ac)\}$

$\text{predecesoresAux}(ac, cc, c) \equiv \text{if } \emptyset? cc \text{ then}$

\emptyset

else

if $\text{esSubCategoria}(ac, dameUno(cc), c)$ **then**

$Ag(dameUno(cc), \text{predecesoresAux}(ac, \text{sinUno}(cc), c))$

else

$\text{predecesoresAux}(ac, \text{sinUno}(cc), c)$

fi

fi

1.3. Algoritmos

Algoritmo 1 iCategoriasAC

1: **function** ICATEGORIASAC(**in** $ac : \text{estrAC}$) $\rightarrow res : \text{itCategorias}$

2: $res \leftarrow \text{crearItCategorias}(ac)$

//O(1)

3: **end function**

Complejidad: O(1)

Algoritmo 2 iRaizAC

1: **function** IRAIZ(**in** $ac : \text{estrAC}$) $\rightarrow res : \text{Categoria}$

2: $res \leftarrow (*(ac.raiz)).categoria$

//O(1)

3: **end function**

Complejidad: O(1)

Algoritmo 3 iDameCantidad

```
1: function IDAMECANTIDAD(in ac: estrAC)→ res: nat  
2:   res ← ac.cantidad //O(1)  
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 4 iIdAC

```
1: function IID(in ac: estrAC, in c: Categoria)→ res: nat  
2:   res ← ((*obtener(c,ac.familia)).id //O(|c|)  
3: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 5 iAlturaCatAC

```
1: function IALTURACATAC(in ac: estrAC, in c: Categoria)→ res: nat  
2:   res ← (*obtener(c,ac.familia)).altura //O(|c|)  
3: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 6 iHijosAC

```
1: function IHIJOSAC(in ac: estrAC, in c: Categoria)→ res: itHijos  
2:   res ← crearItHijos(ac,c) //O(|c|)  
3: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 7 iPadreAC

```
1: function IPADREAC(in ac: estrAC, in c: Categoria)→ res: Categoria  
2:   res ← ((*obtener(c,ac.familia)).padre).categoria //O(|c|)  
3: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 8 iAlturaAC

```
1: function IALTURAAC(in ac: estrAC)→ res: nat  
2:   res ← ac.alturaMax //O(1)  
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 9 iPredecesores

```
1: function IPREDECESORES(in ac: estrAC, in c: Categoria)→ res: itFamilia  
2:   res ← crearItFamilia(ac,c) //O(|c|)  
3: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 10 iNuevoAC

```
1: function INUEVOAC(in  $c$ : Categoria)  $\rightarrow res$ : estrAC
2:   res.cantidad  $\leftarrow$  1 //O(1)
3:   datosCat tuplaA //O(1)
4:   tuplaA  $\leftarrow$  tupla( $c$ ,1,1,vacio()),Null //O(|c|)
5:   puntero(datosCat) punt  $\leftarrow$  &tuplaA //O(1)
6:   res.raiz  $\leftarrow$  punt //O(1)
7:   res.alturaMax  $\leftarrow$  1 //O(1)
8:   definir( $c$ , punt, res.familia) //O(|c|)
9:   agregarAtras(tuplaA, res.categorias) //O(1)
10: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 11 iAgregarAC

```
1: function IAGREGARAC(in/out  $ac$ : estrAC, in  $c$ : Categoria, in  $h$ : Categoria)
2:   puntero(datosCat) puntPadre  $\leftarrow$  obtener( $c$ , $ac$ .familia) //O(|c|)
3:   if (*puntPadre).altura ==  $ac$ .alturaMax then //O(1)
4:      $ac$ .alturaMax++ //O(1)
5:   end if
6:   datosCat tuplaA  $\leftarrow$  ( $h$ , $ac$ .cantidad+1,(*puntPadre).altura+1,vacio()),puntPadre //O(|h|)
7:   puntero(datosCat) punt  $\leftarrow$  &tuplaA //O(1)
8:   Agregar((*puntPadre).hijos,punt) //O(1)
9:   definir( $h$ ,punt, $ac$ .familia) //O(|h|)
10:   $ac$ .cantidad++ //O(1)
11:  agregarAtras(tuplaA, $ac$ .categorias) //O(1)
12: end function
```

Complejidad: $O(|c|+|h|)$

Algoritmo 12 iEsta?

```
1: function IESTA?(in  $ac$ : estrAC, in  $c$ : Categoria)  $\rightarrow res$ : bool
2:    $res \leftarrow$  def?( $c$ , $ac$ .familia) //O(|c|)
3: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 13 iEsSubCategoria

```
1: function IESSUBCATEGORIA(in ac: estrAC, in c: Categoria, in h: Categoria)  $\rightarrow$  res: bool
2:   res  $\leftarrow$  false //O(1)
3:   if h == c then //O(|h|)
4:     res  $\leftarrow$  true //O(1)
5:   else
6:     if h == raizAC(ac) then //O(|h|)
7:       res  $\leftarrow$  false //O(1)
8:     else
9:       puntero(datosCat) actual  $\leftarrow$  (*obtener(h,ac.familia)).padre //O(|h|)
10:      puntero(datosCat) puntC  $\leftarrow$  (*obtener(c,ac.familia)) //O(|c|)
11:      while res == false  $\wedge$  actual  $\neq$  NULL do //O(alturaAC(ac))
12:        if puntC.Id == actual.Id then //O(1)
13:          res  $\leftarrow$  true //O(1)
14:        else
15:          actual  $\leftarrow$  (*actual).padre //O(1)
16:        end if
17:      end while
18:    end if
19:  end if
20: end function
Complejidad:  $O(|h| + |c| + \text{alturaAC}(\text{ac}))$ 
```

1.4. Análisis de complejidades

1. iCategoriasAC

Se devuelve un iterador de la lista **categorias** del arbol de categorias en $O(1)$. El iterador muestra sólo los nombres de las categorías.

Orden Total: $O(1)$

2. iRaiz

Se devuelve una referencia al nombre de la categoria raiz del arbol de categorias en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

3. idameCantidad

Se devuelve en $O(1)$ el natural almacenado en el campo cantidad del arbol de categorias.

Orden Total: $O(1)$

4. iIdAC

Dada la categoria *c*, se obtiene en $O(|c|)$ el *datosCat* de dicha categoría y en $O(1)$ se devuelve el id que tiene el *datosCat* obtenido.

Orden Total: $O(|c|)$

5. iAlturaCatAC

Dada la categoria *c*, se obtiene en $O(|c|)$ el *datosCat* de dicha categoría y en $O(1)$ se devuelve la altura que tiene el *datosCat* obtenido.

Orden Total: $O(|c|)$

6. iHijosAC

Dada la categoria c , se obtiene en $O(|c|)$ el `datosCat` de dicha categoría y en $O(1)$ se devuelve un iterador al conjunto **hijos** del `datosCat` obtenido.

Orden Total: $O(|c|)$

7. iPadreAC

Dada la categoria c , se obtiene en $O(|c|)$ el `datosCat` de dicha categoría y en $O(1)$ se devuelve por referencia en $O(1)$ el nombre de la categoria del puntero **padre** que tiene el `datosCat` obtenido.

Orden Total: $O(|c|)$

8. iAlturaAC

Devuelve en $O(1)$ la **alturaMax** del arbol de categorias.

Orden Total: $O(1)$

9. iPredecesores

Devuelve un iterador a los predecesores de la categoría, incluyendola, en $O(|c|)$ que es lo que le cuesta conseguir el iterador.

Orden Total: $O(|c|)$

10. iNuevoAC

A `res.cantidad` le asignamos 1, que tarda $O(1)$. Creamos una nueva variable `tuplaA`, que es `datosCat`. Esto tarda $O(1)$.

Creamos la variable `punt`, que es un puntero a `datosCat` y le asignamos la referencia de `tuplaA`. Y esto tarda $O(1)$. A `tuplaA` le asignamos una nueva tupla `datosCat`, que en uno de sus componentes es la categoria c , y copiarse tarda $O(|c|)$. Los demas componentes de la tupla tardan en copiarse $O(1)$.

A `res.raiz` le asignamos `punt`, y tarda $O(1)$. A `res.alturaMax` le asignamos 1, y tarda $O(1)$. A `res.familia` le asignamos el `diccTrie` que nos da la operacion `definir`, a la cual le pasamos como clave la categoria c . Entonces `definir` tarda $O(|c|)$.

A `res.categorias` le asignamos la lista que nos da la operacion `AgregarAtras`, que tarda $O(1)$.

Orden Total: $O(1)+O(1)+O(1)+O(|c|)+O(1)+O(1)+O(|c|)+O(1) = O(|c|)$

11. iAgregarAC

Obtenemos un puntero de `datosCat` de la categoria c usando la operacion `obtener` del `diccTrie` `ac.familia`, y lo asignamos a la variable `puntPadre`. Esto tarda $O(|c|)$.

Comparamos la altura de la tupla que apunta `puntPadre` con `ac.alturaMax`, y esto tarda $O(1)$. En caso que valga la guarda del `if` hacemos una suma y una asignacion, que cuesta $O(1)$.

Luego creamos y asignamos una tupla de `datosCat` `tuplaA`, que se le asigna una tupla con valores que tardan $O(1)$ en copiarse, excepto por la categoria h que es categoria. Entonces la asignacion y creacion de esa tupla tarda $O(|h|)$.

Creamos la variable `punt` que es un puntero a `datosCat`, y le asignamos la referencia de `tuplaA`. Esto tarda $O(1)$. Agregamos al conjunto de punteros `hijos` que apunta `puntPadre`, el puntero `punt`, que tarda $O(1)$. Definimos la clave h , con el significado `punt` al `diccTrie` `ac.familia`. Esto tarda $O(|h|)$.

Incrementamos `ac.cantidad`, tardando $O(1)$. Finalmente agregamos atras `tuplaA` a la lista `ac.categorias`. Esto tarda $O(1)$

Orden Total: $O(|c|)+O(1)+O(1)+O(|h|)+O(1)+O(1)+O(|h|)+O(1)+O(1)=O(|c| + |h|)$

12. `iEsta?`

Para ver si una categoria `c` esta en nuestro `arbolCategorias`, vemos si esta definida la clave `c` en el `diccTrie ac.familia`. Y esto tarda $O(|c|)$.

Orden Total: $O(|c|)$

13. `iEsSubCategoria`

Le asignamos a `res` un valor booleano igual a `false`, demorando $O(1)$. Comparamos las dos categorias si son iguales o no. Demorando $O(|h|)$. En caso afirmativo cambiamos el valor de `res` por `true`, demorando $O(1)$.

En caso negativo, consultamos si `h` es igual a `raizAC(ac)` demorando $O(|h|)$, en caso positivo le asignamos a `res` el valor `false`, tardando $O(1)$. En caso negativo: creamos un puntero a `datosCat` denominado `actual` al cual le asignamos la tupla obtenida por la operacion `obtener` del `diccTrie` pasandole la categoria `h` y pidiendo padre de la tupla obtenida por esta operacion, esto demora $O(|h|)$. Creamos un puntero a `datosCat` denominado `puntC` al cual le asignamos la tupla obtenida por la operacion `obtener` del `diccTrie` pasandole la categoria `c` y pidiendo padre de la tupla obtenida por esta operacion, esto demora $O(|c|)$. Luego, se ingresa a un ciclo con la condicion de que `res` sea igual a `false` y `actual` distinto de `NULL`. Se compara `puntC` con `actual`. En caso afirmativo se asigna a `res` el valor `true`, demorando $O(1)$, en caso negativo, se modifica `actual` asignandole el puntero a padre de la tupla a la que estaba apuntando anteriormente. Luego de realizar `alturaAC(ac)` iteraciones se sale del ciclo.

Orden Total:

$O(1)+O(|h|)+O(1)+O(|h|)+O(1)+O(|h|)+O(|c|)+(alturaAC(ac)*(O(1)+O(1)+O(1)))=$
 $O(|h|+|c|+alturaAC(ac))$

1.5. Iterador de Categorias

1.5.1. Interfaz

parámetros formales

géneros `itCategorias`

se explica con: Iterador Unidireccional de Categoria

Operaciones

`HAYSIGUIENTE?(in it: itCategorias) → res: bool`

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

SIGUIENTE(**in** $it: \text{itCategorias}$) $\rightarrow res: \text{Categoria}$

Pre $\equiv \{ \text{HayMas?}(it) \}$

Post $\equiv \{ res =_{\text{obs}} \text{Actual}(it) \}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: La categoría se pasa por referencia, no debe ser modificada.

AVANZAR(**in/out** $it: \text{itCategorias}$)

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

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

fin interfaz

1.5.2. Representación

itCategorias se representa con itLista(datosCat)

datosCat es tupla<
 categoria: Categoria,
 id: nat,
 altura: nat,
 hijos: Conj(puntero(datosCat)),
 padre: puntero(datosCat)>

itCategorias es un iterador de lista común. Sus complejidades nos alcanzan para iterar una Lista(datosCat).

1.5.3. Invariante de Representación

1.5.3.1. El Invariante Formalmente

$\text{Rep} : \text{estrITC} \rightarrow \text{boolean}$

$(\forall it: \text{estrITC}) \text{Rep}(it) \equiv \text{true}$

1.5.4. Función de Abstracción

$\text{Abs} : e: \text{estrITC} \rightarrow \text{itUni}(\text{Categoria})$

$\text{Rep}(e)$

$(\forall e: \text{estrITC}) \text{Abs}(e) =_{\text{obs}} it: \text{itUni}(\text{Categoria}) \mid$

1. $\text{siguientes}(e) =_{\text{obs}} \text{siguientes}(it)$

1.5.5. Algoritmos

Algoritmo 14 iCrearItCategorias

1: **function** ICREARITCATEGORIAS(**in** $ac: \text{estrAC}$) $\rightarrow res: \text{estrITC}$

2: $res \leftarrow \text{crearIt}(ac.\text{categorias})$

//O(1)

3: **end function**

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 15 iHaySiguiente?

```
1: function IHAYSIGUIENTE?(in  $e$ : estrITC)  $\rightarrow$   $res$ : bool
2:    $res \leftarrow \text{haySiguiente}(e)$  //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 16 iSiguiente

```
1: function ISIGUIENTE(in  $e$ : estrITC)  $\rightarrow$   $res$ : Categoria
2:    $res \leftarrow (\text{siguiente}(e)).\text{categoria}$  //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 17 iAvanzar

```
1: function IAVANZAR(in/out  $e$ : estrITC)
2:    $\text{avanzar}(e)$  //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

1.5.6. Análisis de complejidades

1. iCrearItCategorias

Crea un `itCategorias` con la lista del árbol de categorías que se pasa como parámetro y se la asigna a `res`, esto demora $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

2. iHaySiguiente?

Se llama a `HaySiguiente` del Iterador de Lista en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

3. iSiguiente

Se llama a `Siguiente` del Iterador de Lista en $O(1)$. Se devuelve una referencia al valor categoría de la tupla `DatosCat`.

Orden Total: $O(1)$

4. iAvanzar

Se llama a `Avanzar` del Iterador de Lista en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

1.6. Iterador de Familia

1.6.1. Interfaz

parámetros formales

géneros `itFamilia`

se explica con: Iterador Unidireccional de tupla<Categoria,Nat>

Operaciones

HAYSIGUIENTE?(**in** *it*: itFamilia) → *res*: bool

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

SIGUIENTECAT(**in** *it*: itFamilia) → *res*: Categoria

Pre $\equiv \{HayMas?(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \pi_1(Actual(it))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: la Categoria se pasa por referencia y no debe ser modificado.

SIGUIENTEID(**in** *it*: itFamilia) → *res*: int

Pre $\equiv \{HayMas?(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \pi_2(Actual(it))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: El ID se pasa por referencia y no debe ser modificado.

AVANZAR(**in/out** *it*: itFamilia)

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

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

fin interfaz

1.6.2. Representación

itFamilia se representa con puntero(DatosCat)

datosCat es tupla<
categoria: Categoria,
id: nat,
altura: nat,
hijos: Conj(puntero(datosCat)),
padre: puntero(datosCat)>

itFamilia es un iterador de puntero a datoscat que al hacer siguiente va al puntero datoscat padre. Al manejarse con punteros sus complejidades son $O(1)$.

1.6.3. Invariante de Representación

1.6.3.1. El Invariante Formalmente

Rep : estrITF → boolean

$(\forall it: \text{estrITF}) \text{Rep}(it) \equiv \text{true}$

1.6.4. Función de Abstracción

$Abs : e : \text{estrITF} \rightarrow \text{itUni}(\text{Categoria})$

$\text{Rep}(e)$

$(\forall e : \text{estrITF}) Abs(e) =_{\text{obs}} \text{it} : \text{itUni}(\text{Categoria}) \mid$

1. $\text{siguientePadres}(e) =_{\text{obs}} \text{siguientes}(\text{it})$

1.6.4.1. Funciones auxiliares

$\text{siguientePadres} : \text{estrITFe} \rightarrow \text{secu}(\text{tupla}(\text{Categoria}, \text{nat}))$

```
siguientePadres(e)  $\equiv$  if (*e).padre == NULL then  
    <(*e).padre.categoria, (*e).padre.id> •  $\emptyset$   
else  
    <(*e).padre.categoria, (*e).padre.id> • siguientePadres((*e).padre)  
fi
```

1.6.5. Algoritmos

Algoritmo 18 iCrearItFamilia

```
1: function ICREARITFAMILIA(in ac: estrAC, in c: Categoria)  $\rightarrow$  res: estrITA  
2:   res  $\leftarrow$  obtener(ac.familia, c) //O(|c|)  
3: end function  
Complejidad: O(|c|)
```

Algoritmo 19 iHaySiguiente?

```
1: function IHAYSIGUIENTE?(in e: estrITF)  $\rightarrow$  res: bool  
2:   res  $\leftarrow$  e  $\neq$  NULL //O(1)  
3: end function  
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 20 iSiguienteCat

```
1: function ISIGUIENTECAT(in e: estrITF)  $\rightarrow$  res: Categoria  
2:   res  $\leftarrow$  (*e).categoria //O(1)  
3: end function  
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 21 iSiguienteId

```
1: function ISIGUIENTEID(in e: estrITF)  $\rightarrow$  res: int  
2:   res  $\leftarrow$  (*e).id //O(1)  
3: end function  
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 22 iAvanzar

```
1: function IAVANZAR(in/out e: estrITF)  
2:   e  $\leftarrow$  (*e).padre //O(1)  
3: end function  
Complejidad: O(1)
```

1.6.6. Analisis de complejidades

1. iCrearItFamilia

Crea un itFamilia obteniendo en $O(|c|)$ los datos de esa categoría y asignandoselo a si mismo en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

2. iHaySiguiente?

Chequea que el puntero no sea Null.

Orden Total: $O(1)$

3. iSiguienteCat

Devuelve en $O(1)$ una referencia a la Categoria del puntero que tiene almacenado el iterador.

Orden Total: $O(1)$

4. iSiguienteId

Devuelve en $O(1)$ el Id del puntero que tiene almacenado el iterador.

Orden Total: $O(1)$

5. iAvanzar

en $O(1)$ el iterador se guarda el puntero Padre del puntero que tenia guardado.

Orden Total: $O(1)$

1.7. Iterador de Hijos

1.7.1. Interfaz

parámetros formales

géneros itHijos

se explica con: Iterador Unidireccional de Categoria

Operaciones

HAYSIGUIENTE?(in *it*: itHijos) → *res*: bool

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

SIGUIENTE(in *it*: itHijos) → *res*: Categoria

Pre $\equiv \{HayMas?(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} Actual(it)\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: res no es modificable.

AVANZAR(**in/out** *it*: itHijos)
Pre $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge \text{HayMas?}(it)\}$
Post $\equiv \{it =_{\text{obs}} \text{avanzar}(it_0)\}$
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: No tiene.

fin interfaz

1.7.2. Representación

itHijos se representa con itConj(puntero(datosCat))

datosCat es tupla<
categoria: Categoria,
id: nat,
altura: nat,
hijos: Conj(puntero(datosCat)),
padre: puntero(datosCat)>

itHijos es un iterador de conjunto. Sus complejidades nos alcanzan para iterar un Conj(puntero(datosCat)).

1.7.3. Invariante de Representación

1.7.3.1. El Invariante Formalmente

Rep : estrITH \rightarrow boolean

$(\forall it: \text{estrITH}) \text{Rep}(it) \equiv \text{true}$

1.7.4. Función de Abstracción

Abs : *e*: estrITC \rightarrow itUni(Categoria)

Rep(*e*)

$(\forall e: \text{estrITC}) \text{Abs}(e) =_{\text{obs}} it: \text{itUni}(\text{Categoria}) \mid$

1. *siguientes*(*e*) =_{obs} *siguientes*(*it*)

1.7.5. Algoritmos

Algoritmo 23 iCrearItHijos

```

1: function ICLEARITHIJOS(in ac: acat,in c: Categoria)→ res: estrITH
2:   res  $\leftarrow$  crearIt((*obtener(ac.familia,c)).hijos) //O(|c|)
3: end function
Complejidad:  $O(1)$ 

```

Algoritmo 24 iHaySiguiente?

```
1: function IHAYSIGUIENTE?(in  $e$ : estrITH)  $\rightarrow$   $res$ : bool  
2:    $res \leftarrow \text{haySiguiente}(e)$  //O(1)  
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 25 iSiguiente

```
1: function ISIGUIENTE(in  $e$ : estrITH)  $\rightarrow$   $res$ : Categoria  
2:    $res \leftarrow (*\text{siguiente}(e)).\text{categoria}$  //O(1)  
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 26 iAvanzar

```
1: function IAVANZAR(in/out  $e$ : estrITH)  
2:    $\text{avanzar}(e)$  //O(1)  
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

1.7.6. Análisis de complejidades

1. iCrearItHijos

Crea un `itHijos` con el conjunto `Hijos` del puntero que se obtiene en $O(|c|)$ del diccionario `Familia` con la categoría pasada por parámetro.

Orden Total: $O(1)$

2. iHaySiguiente?

Se llama a `HaySiguiente` del `Iterador de Conjunto` en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

3. iSiguiente

Se llama a `Siguiente` del `Iterador de Conjunto` en $O(1)$. A eso se le aplica la operación `dameCat` que también cuesta $O(1)$ y se devuelve una referencia a la categoría resultante.

Orden Total: $O(1)$

4. iAvanzar

Se llama a `Avanzar` del `Iterador de Conjunto` en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

2. Módulo LinkLinkIt

2.1. Interfaz

parámetros formales

géneros **linkLinkIt**

se explica con: TAD **linkLinkIt**

Operaciones

DAMEACAT(**in** *lli*: **linkLinkIt**) → *res*: **acat**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{categorias}(lli)\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: *res* es una referencia a *lli.arbolCategorias*, no debe modificarse.

FECHAACTUAL(**in** *lli*: **linkLinkIt**) → *res*: **Fecha**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{fechaActual}(lli)\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene

LINKS(**in** *lli*: **linkLinkIt**) → *res*: **itLinks**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{crearItUni}(\text{links}(lli))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No deben modificarse los elementos iterados por *res*.

CATEGORIALINK(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**) → *res*: **Categoria**

Pre $\equiv \{l \in \text{links}(lli)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{categoriaLink}(lli, l)\}$

Complejidad: $O(|l|)$

Aliasing: La categoria se devuelve por referencia, no debe modificarse.

FECHAULTIMOACCESO(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**) → *res*: **Fecha**

Pre $\equiv \{l \in \text{links}(lli)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{fechaUltimoAcceso}(lli, l)\}$

Complejidad: $O(|l|)$

Aliasing: No tiene

ACCESOSRECIENTESDIA(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**, **in** *f*: **Fecha**) → *res*: **nat**

Pre $\equiv \{l \in \text{links}(lli)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{accesosRecientesDia}(lli, l, f)\}$

Complejidad: $O(|l|)$

Aliasing: No tiene

INICIARLLI(**in** *ac*: **acat**) → *res*: **linkLinkIt**

Pre $\equiv \{true\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} iniciar(ac)\}$

Complejidad: $O(\#categorias(ac))$

Aliasing: No tiene.

NUEVOLINKLLI(**in/out** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**, **in** *c*: **Categoria**)

Pre $\equiv \{c \in categorias(lli) \wedge l \notin links(lli) \wedge \neg vacia?(l) \wedge lli_0 = lli\}$

Post $\equiv \{lli = nuevoLink(lli_0, l, c)\}$

Complejidad: $O(|l| + |c| + altura(lli.arbolCategorias))$

Aliasing: No hay alias ya que no devuelve nada.

ACCEDERLLI(**in/out** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**, **in** *f*: **Fecha**)

Pre $\equiv \{l \in links(lli) \wedge f \geq fechaActual(lli) \wedge lli_0 = lli\}$

Post $\equiv \{lli = acceso(lli_0, l, f)\}$

Complejidad: $O(|l|)$

Aliasing: No hay alias ya que no devuelve nada.

CANTLINKS(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **nat**

Pre $\equiv \{c \in categorias(lli)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} cantLinks(lli, c)\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No tiene.

LINKSORDENADOSPORACCESOS(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **itPuntLinks**

Pre $\equiv \{c \in categorias(lli)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} crearItUni(linksOrdenadosPorAccesos(lli, c))\}$

Complejidad: $O(cantLinks(lli, c)^2 + |c|)$

Aliasing: Se devuelve un iterador a los links relacionados con esa categoría. No debe ser modificado.

ESRECIENTE?(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**, **in** *f*: **Fecha**) → *res*: **bool**

Pre $\equiv \{l \in links(lli)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} esReciente?(s, l, f)\}$

Complejidad: $O(|l|)$

Aliasing: No tiene.

ACCESOSRECIENTES(**in** *lli*: **linkLinkIt**, **in** *l*: **Link**, **in** *c*: **Categoria**) → *res*: **nat**

Pre $\equiv \{c \in categorias(lli) \wedge l \in links(lli) \wedge esSubCategoria(lli.dameACat, c, categoriaLink(lli, l))\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} accesosRecientes(lli, l, c)\}$

Complejidad: $O(cantLinks(lli, c) + |c|)$

Aliasing: No tiene.

fin interfaz

2.2. Representación

```
LinkLinkIt se representa con estrLLI, donde estrLLI es tupla<
    arbolCategorias: acat,
    actual: Fecha,
    linkInfo: diccTrie(Link, puntero(datosLink)),
    listaLink: Lista(datosLink),
    arrayCatLinks: arreglo(linksFamilia)>

datosLink es tupla<
    link: Link,
    catDLink: Categoria,
    accesosRecientes: Lista(acceso),
    cantAccesosRecientes: nat>

acceso es tupla<
    dia: Fecha,
    cantAccesos: nat>

linksFamilia es Lista(puntero(datosLink))
```

Un linkLinkIt guarda en su estructura el arbol de categorias con el que fue creado. La fecha actual, para poder accederla en $O(1)$.

Tiene también una lista de datosLink(*listaLink*), que guarda un datosLink para cada Link con sus datos: nombre(*link*), una referencia al nombre de su categoría relacionada(*catDLink*) para accederla en $O(1)$, la cantidad de accesos recientes(*cantAccesosRecientes*) y su lista de accesos recientes, es decir sus ultimos tres días(*accesosRecientes*).

En el diccTrie *linkInfo*, tomando como claves los nombres de los links, guardamos un puntero al datoLink correspondiente de *listaLink*, para poder acceder a esos datos en $O(\text{longitud del link})$.

En el arreglo *arrayCatLink* se guarda en cada posición, la lista de links relacionados para la categoria cuyo id es esa posicion-1 (Incluye a los links de las categorias hijas.).

2.2.1. Invariante de Representación

2.2.1.1. El Invariante Informalmente

1. Para todo '*link*' que exista en '*linkInfo*' la '*catDLink*' de la tupla apuntada en el significado debiera existir en '*arbolCategorias*'.
2. Para todo '*link*' que exista en '*linkInfo*', todos los '*dia*' de la lista '*accesosRecientes*' deberan ser menor o igual a *actual*, estan ordenados, no hay dias repetidos y la longitud de la lista es menor o igual a 3.
3. Para todo '*link*' que exista en '*linkInfo*' su significado deberá existir en '*listaLinks*' y viceversa.
4. Para todo '*link*' que exista en '*linkInfo*' su significado deberá aparecer en '*arrayCatLinks*' en la posicion igual al id de '*catDLink*' y en las posiciones de los predecesores de esa categoria y en ninguna otra.
5. No hay 2 claves que existan en '*linkInfo*' y devuelvan el mismo significado.
6. No existen '*link*' repetidos en las tuplas de '*listaLinks*'.

7. No hay elementos repetidos en ninguna lista '*linksFamilia*'.
8. Para todo '*link*' que exista en '*linkInfo*', '*cantAccesosRecientes*' es igual a la suma de '*cantAccesos*' de cada elemento de la lista '*accesosRecientes*'

2.2.1.2. El Invariante Formalmente

$$\text{Rep} : \text{estrLLI} \rightarrow \text{boolean}$$
$$(\forall lli: \text{estrLLI}) \text{Rep}(lli) \equiv \text{true} \iff$$

1. $(\forall l: \text{Link})(\text{def?}(l, \text{lli.linkInfo})) \Rightarrow_L$
 $(\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{catDLink} \in \text{todasLasCategorias}(\text{lli.arbolCategorias.categorias}) \wedge_L$
2. $(\forall l: \text{Link})(\text{def?}(l, \text{lli.linkInfo})) \Rightarrow_L$
 $\text{long}(\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{accesosRecientes}) \leq 3 \wedge$
 $\text{accesoOrdenadoNoRepetido}(\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{accesosRecientes}) \wedge_L$
 $\text{fechasCorrectas}(\text{lli.actual}, (\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{accesosRecientes})) \wedge_L$
3. $(\forall l: \text{Link})(\text{def?}(l, \text{e.linkInfo}) \Leftrightarrow$
 $((\exists d: \text{datosLink}) \text{esta?}(d, \text{e.listaLinks}) \wedge d.\text{link} == l) \wedge_L d == \text{obtener}(l, \text{e.linkInfo})) \wedge_L$
4. $(\forall l: \text{Link})(\text{def?}(l, \text{lli.linkInfo})) \Rightarrow_L$
 $((\forall c: \text{Categoria}) c \in \text{todasLasCategorias}(\text{lli.arbolCategorias.categorias}) \Rightarrow_L$
 $(\text{esta?}((\text{obtener}(l, \text{lli.linkInfo}), \text{arrayCatLinks}[\text{idAC}(\text{lli.arbolCategorias}, c)])) \Leftrightarrow$
 $\text{esSubCategoria}(\text{lli.arbolCategorias}, c, (\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{catDLink}))) \wedge_L$
5. $(\forall l, l': \text{Link}) l \neq l' \wedge (\text{def?}(l, \text{lli.linkInfo})) \wedge (\text{def?}(l', \text{lli.linkInfo})) \Rightarrow_L$
 $(\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo})) \neq (\text{*obtener}(l', \text{lli.linkInfo})) \wedge_L$
6. $(\forall i, i': \text{nat}) i < \text{long}(\text{lli.listaLinks}) \wedge i' < \text{long}(\text{lli.listaLinks}) \Rightarrow_L$
 $\text{lli.listaLinks}_i.\text{link} = \text{lli.listaLinks}_{i'}.\text{link} \Leftrightarrow i = i' \wedge_L$
7. $(\forall i: \text{nat}) i < \text{tam}(\text{lli.arrayCatLinks}) \Rightarrow_L \text{sinRepetidos}(\text{arrayCatLinks}[i]) \wedge_L$
8. $(\forall l: \text{Link})(\text{def?}(l, \text{lli.linkInfo})) \Rightarrow_L$
 $(\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{cantAccesosRecientes} ==$
 $\text{cantidadDeAccesos}(\text{*obtener}(l, \text{lli.linkInfo}).\text{accesosRecientes}))$

2.2.2. Función de Abstracción

$$\text{Abs} : e : \text{estrLLI} \rightarrow \text{linkLinkIt}$$
$$\text{Rep}(e)$$
$$(\forall e: \text{estrLLI}) \text{ Abs}(e) =_{\text{obs}} \text{lli: linkLinkIt} \mid$$

1. $categorias(lli) = categorias(e.arbolCategorias) \wedge$
2. $links(lli) = todosLosLinks(e.listaLinks) \wedge_L$
3. $(\forall l: \text{Link}) def?(l, e.linkInfo) \Rightarrow_L$
 $categoriaLink(lli, l) = (*obtener(l, e.linkInfo))catDLink \wedge$
4. $fechaActual(lli) = e.actual \wedge$
5. $(\forall l: \text{Link}) l \in links(e) \Rightarrow_L$
 $fechaUltimoAcceso(lli, l) = (ultimo((*obtener(l, e.linkInfo)).accesosRecientes)).dia$
 \wedge
6. $(\forall l: \text{Link})(\forall f: \text{Fecha}) l \in links(lli) \wedge_L esReciente?(e, l, f) \Rightarrow_L$
 $accesosRecientesDia(lli, l, f) =$
 $cantidadPorDia(f, (*obtener(l, e.linkInfo)).accesosRecientes)$

2.2.2.1. Funciones auxiliares

```
cantidadPorDia : estrLLI  $\times$  Fecha  $\times$  Lista(acceso)  $\longrightarrow$  nat
cantidadPorDia(e,f,ls)  $\equiv$  if f==prim(ls).dia then
    prim(ls).cantAccesos
else
    cantidadPorDia(e,f,fin(ls))
fi

todosLosLinks : secu(datosLink)  $\longrightarrow$  conj(Link)
todosLosLinks(s)  $\equiv$  if  $\emptyset?(s)$  then  $\emptyset$  else Ag(prim(s).link,todosLosLinks(fin(s))) fi

sinRepetidos : secu( $\alpha$ )  $\longrightarrow$  bool
sinRepetidos(ls)  $\equiv$  if vacia?(ls) then
    true
else
    if esta?(prim(ls),fin(ls)) then false else sinRepetidos(fin(ls)) fi
fi

fechasCorrectas : fecha  $\times$  secu(acceso)  $\longrightarrow$  bool
sinRepetidos(f,ls)  $\equiv$  if vacia?(ls) then
    true
else
    if prim(ls).dia > f then false else fechasCorrectas(f,fin(ls)) fi
fi

accesoOrdenadoNoRepetido : secu(acceso)  $\longrightarrow$  bool
sinRepetidos(ls)  $\equiv$  if long(ls)  $\leq$  1 then
    true
else
    if prim(ls).dia  $\geq$  prim(fin(ls)).dia then
        false
    else
        accesoOrdenadoNoRepetido(fin(ls))
    fi
fi

cantidadDeAccesos : secu(acceso)  $\longrightarrow$  nat
cantidadDeAccesos(ls)  $\equiv$  if vacia?(ls) then
    0
else
    prim(ls).cantAccesos + cantidadDeAccesos(fin(ls))
fi
```

2.3. Algoritmos

Algoritmo 27 idameACat

```
1: function IDAMEACAT(in lli: estrLLI)  $\rightarrow$  res: acat
2:   res  $\leftarrow$  lli.arbolCategorias
3: end function
```

Complejidad: O(1)

//O(1)

Algoritmo 28 iFechaActual

```
1: function IFECHAACTUAL(in lli: estrLLI)→ res: Fecha
2:   res ← lli.actual //O(1)
3: end function
```

Complejidad: O(1)

Algoritmo 29 iLinks

```
1: function ILINKS(in lli: estrLLI)→ res: itLinks
2:   res ← crearItLinks(lli) //O(1)
3: end function
```

Complejidad: O(1)

Algoritmo 30 iCategoriaLink

```
1: function ICATEGORIALINK(in lli: estrLLI, in l: Link)→ res: Categoria
2:   res ← (*obtener(l,lli.linksInfo)).catDLink //O(|l|)
3: end function
```

Complejidad: O(|l|)

Algoritmo 31 iFechaUltimoAcceso

```
1: function IFECHAULTIMOACCESO(in lli: estrLLI, in l: Link)→ res: Fecha
2:   res ← (ultimo((*obtener(l,lli.linkInfo)).accesosRecientes)).dia //O(|l|)
3: end function
```

Complejidad: O(|l|)

Algoritmo 32 iAccesosRecientesDia

```
1: function IACCESOSRECIENTESDIA(in lli: linkLinkIt, in l: Link, in f: Fecha)→ res: nat
2:   itAccesos accesos ← crearItAccesos(lli,l) //O(|l|)
3:   while haySiguiente(accesos) do //O(|accesos|) = O(1)
4:     if siguiente(accesos).dia == f then //O(1)
5:       res ← siguiente(accesos).cantAccesos //O(1)
6:     end if
7:     avanzar(accesos) //O(1)
8:   end while
9: end function
```

Complejidad: O(|l|)

Algoritmo 33 iIniciarLLI

```
1: function iINICIARLLI(in ac: acat) → res: estrLLI
2:   res.actual ← 1 //O(1)
3:   res.arbolCategorias ← ac //O(1)
4:   nat c ← 0 //O(1)
5:   res.arrayCatLinks ← crearArreglo(dameCantidad(ac))
6:                                     //O(dameCantidad(ac))
7:   res.listaLinks ← vacia() //O(1)
8:   res.linksInfo ← vacio() //O(1)
9:   while c < dameCantidad(res.arbolCategorias) do
10:                                     //O(dameCantidad(res.arbolCategorias))
11:     linksFamilia llist ← vacia() //O(1)
12:     res.arrayCatLinks[c] ← llist //O(1)
13:     c++ //O(1)
14:   end while
15: end function
```

Complejidad: $O(\text{dameCantidad}(\text{res.arbolCategorias}))$

Algoritmo 34 iNuevoLink

```
1: function iNUEVOLINK(in/out lli: estrLLI, in l: Link, in c: Categoria)
2:   itFamilia itF ← crearItFamilia(lli.arbolCategorias, c) //O(|c|)
3:   Lista(acceso) accesoDeNuevoLink ← vacia() //O(1)
4:   datosLink nuevoLink ← <l, c, accesoDeNuevoLink, 0> //O(|l|)
5:   puntero(datosLink) puntLink ← nuevoLink //O(1)
6:   definir(l, puntLink, lli.linkInfo) //O(|l|)
7:   agregarAtras(lli.listaLinks, nuevoLink) //O(1)
8:   while haySiguiente(itF) do //O(alturaAC(ac))
9:     agregarAtras(lli.arrayCatLinks[SiguienteId(itF)-1], puntLink) //O(1)
10:    Avanzar(itF) //O(1)
11:   end while
12: end function
```

Complejidad: $O(|c| + |l| + \text{alturaAC}(\text{ac}))$

Algoritmo 35 iAccederLLI

```
1: function IACCEDERLLI(in/out lli: estrLLI, in l: Link, in f: Fecha)
2:   if lli.actual  $\neq$  f then //O(1)
3:     lli.actual  $\leftarrow$  f //O(1)
4:   end if
5:   puntero(datosLink) puntLink  $\leftarrow$  obtener(l, lli.linkInfo) //O(|l|)
6:   if ultimo((*puntLink).accesos).dia == f then //O(1)
7:     ultimo((*puntLink).accesos).cantAccesos ++ //O(1)
8:   else
9:     agregarAtras((*puntLink).accesos, <f, 1>) //O(1)
10:  end if
11:  if longitud((*puntLink).accesos) == 4 then //O(1)
12:    (*puntLink).cantAccesosRecientes -= prim((*puntLink).accesos).cantAccesos //O(1)
13:    fin((*puntLink).accesos) //O(1)
14:  end if
15:  (*puntLink).cantAccesosRecientes ++ //O(1)
16: end function
Complejidad: O(|l|)
```

Algoritmo 36 iCantLinks

```
1: function ICANTLINKS(in lli: estrLLI, c: Categoria)  $\rightarrow$  res: nat
2:   res  $\leftarrow$  longitud(lli.arrayCatLinks[idAC(lli.arbolCategorias, c)-1]) //O(|c|)
3: end function
Complejidad: O(|c|)
```

Algoritmo 37 iLinksOrdenadosPorAccesos

```
1: function ILINKSORDENADOSPORACCESOS(in lli: estrLLI, in c: Categoria)  $\rightarrow$ 
2:   res: itPuntLinks
3:   nat id  $\leftarrow$  idAC(lli.arbolCategorias, c) //O(|c|)
4:   id  $\leftarrow$  id-1 //O(1)
5:   Fecha f  $\leftarrow$  1 //O(1)
6:   itPuntLinks itParaFecha  $\leftarrow$  crearItPuntLins(lli, id, f) //O(1)
7:   Fecha fecha  $\leftarrow$  ultFecha(itParaFecha) //O(cantLinks(lli, c))
8:   Lista(puntero(datosLink)) listaOrdenada  $\leftarrow$  vacia() //O(1)
9:   if  $\neg$ estaOrdenada?(crearItPuntLins(lli, id, fecha)) then
10:    //O(cantLinks(lli, c))
11:    while  $\neg$ vacía?(lli.arrayCatLinks[id]) do
12:      itPuntLinks itMax  $\leftarrow$  crearItPuntLins(lli, id, fecha) //O(1)
13:      itMax  $\leftarrow$  buscarMax(itMax, fecha) //O(cantLinks(lli, c))
14:      agregarAtras(listaOrdenada, siguiente(itMax)) //O(1)
15:      eliminarSiguiente(itMax) //O(1)
16:    end while
17:    lli.arrayCatLinks[id]  $\leftarrow$  listaOrdenada //O(1)
18:  end if
19:  res  $\leftarrow$  crearItPuntLins(lli, id, fecha) //O(1)
20: end function
Complejidad: O(cantLinks(lli, c)2 + |c|)
```

Algoritmo 38 iEsReciente

```
1: function IESRECIENTE(in lli: estrLLI, in l: Link, in f: Fecha) → res: bool
2:   res ←  $f \geq (\text{fechaUltimoAcceso}(\text{lli}, l) - 2) \wedge f \leq \text{fechaUltimoAcceso}(\text{lli}, l)$  //O(|l|)
3: end function
Complejidad: O(|l|)
```

Algoritmo 39 iAccesosRecientes

```
1: function IACCESOSRECIENTES(in lli: estrLLI, in l: Link, in c: Categoria) → res: nat
2:   Fecha f ← 1 //O(1)
3:   itPuntLinks itP ← crearItPuntLinks(lli, idAC(lli.dameAcat, c) - 1, f) //O(|c|)
4:   Fecha f1 ← ultFecha(itP) //O(cantLinks(lli, c))
5:   itPuntLinks itP1 ← crearItPuntLinks(lli, idAC(lli.dameAcat, c) - 1, f1) //O(|c|)
6:   while haySiguiente(itP1) do
7:     if SiguienteLink(itP1) == 1 then
8:       res ← SiguienteCantidadAccesosDelLink(itP1) //O(1)
9:     end if
10:    avanzar(itP) //O(1)
11:  end while
12: end function
Complejidad: O(cantLinks(lli, c) + |c|)
```

2.4. Analisis de complejidades

1. iDameACat

Se devuelve por referencia el arbol del sistema pasado como parametro, esto demora O(1).

Orden Total: O(1)

2. iFechaActual

Devuelve la fecha actual del sistema, esto cuesta O(1).

Orden Total: O(1)

3. iLinksLLI

Devuelve en O(1) un itLinks que itera los nombres de todos los links de nuestro linkLinkIt.

Orden Total: O(1)

4. iCategoriaLink

Dado un link l, se busca en O(|l|) los datos del mismo y, de la tupla obtenida se devuelve por referencia el nombre de la categoria relacionada a ese link en O(1).

Orden Total: O(|l|)

5. iFechaUltimoAcceso

Dado un link l, se busca en O(|l|) los datos del mismo y, de la tupla obtenida se saca el dia del ultimo elemento de la lista de accesos recientes en O(1).

Orden Total: O(|l|)

6. iAccesosRecientesDia

Dado un link y una fecha, se crea en $O(|l|)$ un `itAccesos` y, se la itera mientras haya siguiente preguntando en $O(1)$ si el dia de siguiente(it) es el mismo que la fecha. En caso de ser cierto, en $O(1)$ se le asigna ese valor al resultado. Iterar la lista os cuesta la longitud de la lista. Pero como a lo sumo tiene 3 elementos, podemos asumir que su complejidad es $O(1)$.

Orden Total: $O(|l|)$

7. iIniciarLLI

Se le asigna una referencia del arbol de categorias pasado como parametro al `arbolCategorias` del `linkLinkIt` en $O(1)$. A `actual` se le asigna en $O(1)$ un 1, que será la fecha actual del nuevo `linkLinkIt`. Se crea una lista vacia y un `diccTrie` vacio, ambos en $O(1)$ y se los asigna a `listaLinks` y `linkInfo` respectivamente en $O(1)$. Luego se crea un array cuyo tamaño es la cantidad de categorias de del arbol pasado como parámetro, por lo cual su complejidad es $O(\text{cantidad de categorias del arbol})$ y a cada posicion del array se le asigna una lista vacia que cuesta $O(1)$. Como lo hago para cada posicion, nos cuesta en total $O(\text{cantidad de categorias del arbol})$. En total nos costaria $O(2 * \text{cantidad de categorias del arbol}) = O(\text{cantidad de categorias del arbol})$. (Sea $\text{cant} = \text{cantidad de categorias del arbol}$)

Orden Total: $O(\text{cant})$

8. inuevoLink

Se crea un puntero a `datosCat` `cat` donde se le pasa el puntero obtenido por la operacion obtener del modulo `arbolCategorias`, esto cuesta $O(|c|)$. Se crea una lista de acceso inicializada vacia, que cuesta $O(1)$.

Se crea una tupla `datosLink`, a la cual se le pasa una tupla con el link dado, el puntero a `datosCat` y la lista de acceso, la cual tarda $O(|l|)$. Se crea un puntero a `datosLink` y se le pasa la tupla `datosLink`, esto cuesta $O(1)$. Se utiliza la operacion definir del `diccTrie` en la cual se agrega el link dado al diccionario `accesosXLink`, lo cual tarda $O(|l|)$.

Se utiliza la operacion `agregarAtras` que agrega el puntero a `datosLink` a la lista `listaLinks`, esto demora $O(1)$. Se ingresa a un ciclo si `cat` es distinto de la operacion `puntRaiz` de `arbolCategorias`, esto tarda $O(1)$. Se utiliza la operacion `agregarAtras` que agrega el puntero a `datosLink` a la lista que esta en la posicion `(*cat).id` del arreglo `arrayCatLinks`, lo cual tarda $O(1)$.

Se modifica el puntero a `datosCat` y se guarda `cat.padre`, lo cual tarda $O(1)$. Una vez que no se cumple la condicion del ciclo se del mismo habiendo tardado $O(h)$. Se utiliza la operacion `agregarAtras` que agrega el puntero a `datosLink` a la lista que esta en la posicion `(*cat).id` del arreglo `arrayCatLinks`, lo cual tarda $O(1)$.

Aclaracion h es igual a la altura de la categoria c .

Orden Total: $O(|c|) + O(1) + O(|l|) + O(1) + O(1) + O(1) + O(h * (O(1) + O(1))) + O(1) = O(|l| + |c| + h)$

9. iAccederLLI

Se pregunta si la fecha actual del sistema es igual a f , esto demora $O(1)$, en caso verdadero se deja actual como esta, en caso negativo se modifica a y se guarda f como fecha actual, esto tarda $O(1)$.

Se crea un puntero a `datosLink` `puntLink` que se le pasa un puntero obtenido por medio de la operacion obtener del diccionario `accesosXLink` dando el link que se quiere ingresar al sistema, esto demora $O(|l|)$.

Se pregunta si el dia de la tupla del ultimo elemento de la lista `accesosRecientes` de la tupla apuntada por el puntero `puntLink` es igual al f dado, esto cuesta $O(1)$, en caso positivo, se

modifica `cantAccesos` de la misma tupla del elemento sumandole uno, esto demora $O(1)$ en caso negativo se utiliza la operacion `agregarAtras` y se agrega una tupla acceso con la fecha `f` y `cantAccesos` igual a 1 a la lista de `accesosRecientes`, lo cual demora $O(1)$.

Por ultimo, se consulta por la longitud de la lista `accesosRecientes`, consultando si la nueva longitud es igual a 4, esto demora $O(1)$, en caso positivo se modificara la lista sacando el primer elemento de la misma. Esto demora $O(1)$.

Orden Total: $O(1)+O(1)+O(1)+O(|l|)+O(1)+O(1)+O(1)+O(1)+O(1)=O(|l|)$

10. `iCantLinks`

Dada una categoria `c`, obtener su id en el arbol de categorias nos cuesta $O(|c|)$. Luego accedemos en `arrayCatLinks` a la posicion correspondiente en $O(1)$. Y en $O(1)$ conseguimos la longitud de la lista que allí encontramos.

Orden Total: $O(|c|)$

11. `iLinksOrdenadosPorAccesos`

Dada la categoria `c` pasada como parametro, obtenemos su id en $O(|c|)$. Luego con coste $O(1)$ creamos un iterador de punteros a `datosLink` para la lista `l` alojada en la posicion correspondiente de `arrayCatLinks` que tiene longitud `n`. Obtener la ultima fecha de esa lista nos cuesta $O(n)$ con la funcion `ultFecha`. Creamos una lista de punteros a `datosLink` que al finalizar sera la lista ordenada.

Creamos otro iterador a la lista `l` y llamamos a la funcion `estaOrdenada?` con un costo de $O(n)$. Si ya esta ordenada, devolvemos un puntero a esa lista en $O(1)$, teniendo un costo total de $O(|c|)+2*O(n) = O(|c|+n)$. Si no lo esta, creamos una lista de punteros a `datosLink` que al finalizar sera la lista `Ordenada` y luego se entra en el ciclo.

El ciclo se realiza mientras la lista `l` no esté vacia. Por lo que vamos a hacer `n` veces lo siguiente: Generamos un `itPunLinks` a la lista `l` en $O(1)$, llamamos a la funcion `buscarMax` que nos cuesta $O(n)$ y nos deja un iterador apuntando al link con mas accesos recientes para esa categoria. Agregamos ese puntero a la lista `Ordenada` en $O(1)$ y lo eliminamos de la lista vieja con `eliminarSiguiente` en $O(1)$.

El ciclo nos cuesta en total $O(n)*(O(n) + 3*O(1))=O(n^2)$

Finalmente, en $O(1)$ le pasamos a la posicion de `arrayCatLinks` una referencia a la nueva lista `Ordenada`.

`n` es `cantLinks(lli,c)`

Orden Total: $O(|c| + (cantLinks(lli,c))^2)$

12. `iEsReciente`

Dado un link `l` y una fecha `f`, llamamos a la funcion `fechaUltimoAcceso` para ese link en $O(|l|)$ y vemos que `f` este en el rango `[fechaUltimoAcceso, fechaUltimoAcceso-2]`.

Orden Total: $O(|l|)$

13. `iAccesosRecientes`

Se crea la variable `f` de tipo `Fecha` y se le asigna el valor 1. Luego se crea un iterador `itPunLinks`, `itP`, usando el método `crearItPunLinks` al cual le pasamos un `LinkLinkIt`, `lli`, el id de la categoria `c` que nos pasan como parametro y por ultimo la fecha, todo en $O(|c|)$. También creamos una variable `f1` de tipo `Fecha` a la cual le asignamos la ultima fecha usando el metodo `ultFecha(itP)` que nos la da en $O(cantLinks(lli,c))$. Luego creamos otro `itPunLinks`, `itP1`, esta vez usando la fecha `f1` en $O(|c|)$. Luego ingresamos el `While` cuya guarda es `HaySiguiente(itP1)`

que verifica si podemos acceder al siguiente() de itP1. Y por cada vuelta del while: -Si el Link de actual de itP1 es igual al Link l que nos pasan por parametro, asignamos a res la cantidad de accesos recientes desde la Fecha de itP1 $O(1)$. -Luego avanzamos itP1.

OrdenTotal: $O(\text{cantLinks}(\text{lli}, \text{c}) + |\text{c}|)$

2.5. Iterador de Links

2.5.1. Interfaz

parámetros formales

géneros itLinks

se explica con: Iterador Unidireccional de Link

Operaciones

HAYSIGUIENTE?(in *it*: itLinks) → *res*: bool

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

SIGUIENTE(in *it*: itLinks) → *res*: Link

Pre $\equiv \{\text{HayMas?}(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \text{Actual}(it)\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: El link se pasa por referencia, no debe ser modificado.

AVANZAR(in/out *it*: itLinks)

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

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

fin interfaz

2.5.2. Representación

itLinks se representa con itLista(datosLink)

datosLink es tupla<
link: Link,
catDLink: Categoria,
accesosRecientes: Lista(acceso),
cantAaccesosRecientes: nat>

itLinks es un iterador de lista común. Sus complejidades nos alcanzan para iterar una Lista(datosLink).

2.5.3. Invariante de Representación

2.5.3.1. El Invariante Formalmente

$\text{Rep} : \text{estrITL} \rightarrow \text{boolean}$

$(\forall it: \text{estrITL}) \text{Rep}(it) \equiv \text{true}$

2.5.4. Función de Abstracción

$\text{Abs} : e: \text{estrITL} \rightarrow \text{itUni}(\text{Link})$ $\text{Rep}(e)$

$(\forall e: \text{estrITL}) \text{Abs}(e) =_{\text{obs}} it: \text{itUni}(\text{Link}) \mid$

1. $\text{siguientes}(e) =_{\text{obs}} \text{siguientes}(it)$

2.5.5. Algoritmos

Algoritmo 40 iCrearItLinks

```
1: function ICLEARITLINKS(in  $l: \text{lli}$ )  $\rightarrow res: \text{estrITL}$ 
2:    $res \leftarrow \text{crearIt}(\text{lli.listaLink})$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 41 iHaySiguiente?

```
1: function IHAYSIGUIENTE?(in  $e: \text{estrITL}$ )  $\rightarrow res: \text{bool}$ 
2:    $res \leftarrow \text{haySiguiente}(e)$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 42 iSiguiente

```
1: function ISIGUIENTE(in  $e: \text{estrITL}$ )  $\rightarrow res: \text{Link}$ 
2:    $res \leftarrow (\text{siguiente}(e)).\text{link}$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 43 iAvanzar

```
1: function IAVANZAR(in/out  $e: \text{estrITL}$ )
2:    $\text{avanzar}(e)$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

2.5.6. Analisis de complejidades

1. iCrearItLinks

Crea un itLinks con la listaLink del linklinkit que se pasa como parametro y se la asigna a res , esto demora $O(1)$.

Orden Total: O(1)

2. iHaySiguiente?

Se llama a HaySiguiente del Iterador de Lista en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

3. iSiguiente

Se llama a Siguiente del Iterador de Lista en $O(1)$. A eso se le aplica la operacion dameLink que también cuesta $O(1)$ y se devuelve una referencia al link resultante.

Orden Total: $O(1)$

4. iAvanzar

Se llama a Avanzar del Iterador de Lista en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

2.6. Iterador de Punteros a DatosLink

2.6.1. Interfaz

parámetros formales

géneros itPuntLinks

se explica con: Iterador Unidireccional Modificble de tupla $\langle \text{Link}, \text{Categoria}, \text{Nat} \rangle$

Operaciones

HAYSIGUIENTE? $(\text{in } it: \text{itPuntLinks}) \rightarrow res: \text{bool}$

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene.

SIGUIENTELINK $(\text{in } it: \text{itPuntLinks}) \rightarrow res: \text{Link}$

Pre $\equiv \{\text{HayMas?}(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \pi_1(\text{Actual}(it))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: El link se pasa por referencia, no debe ser modificado.

SIGUIENTECAT $(\text{in } it: \text{itPuntLinks}) \rightarrow res: \text{Categoria}$

Pre $\equiv \{\text{HayMas?}(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \pi_2(\text{Actual}(it))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: La categoria se pasa por referencia, no debe ser modificada.

SIGUIENTECANTACCESOSDELLINK $(\text{in } it: \text{itPuntLinks}) \rightarrow res: \text{nat}$

Pre $\equiv \{\text{HayMas?}(it)\}$

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} \pi_3(\text{Actual}(it))\}$

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene

AVANZAR(**in/out** it : itPuntLinks)
Pre $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge HayMas?(it)\}$
Post $\equiv \{it =_{\text{obs}} avanzar(it_0)\}$
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: No tiene.

ELIMINARSIGUIENTE(**in/out** it : itPuntLinks)
Pre $\equiv \{it =_{\text{obs}} it_0 \wedge HayMas?(it)\}$
Post $\equiv \{it =_{\text{obs}} Eliminar(it_0)\}$
Complejidad: $O(1)$
Aliasing: No tiene.

fin interfaz

2.6.2. Representación

itPuntLinks **se representa con** estrITPL, donde estrITPL es tupla<
 $itLista$: itLista(Puntero(datosLink)),
 $fecha$: Fecha>

datosLink es tupla<
 $link$: Link,
 $catDLink$: Categoria,
 $accesosRecientes$: Lista(acceso),
 $cantAaccesosRecientes$: nat>

itPuntLinks es un iterador de lista común. Sus complejidades nos alcanzan para iterar una Lista(puntero(datosLink)). Además Guarda una fecha que es la última fecha de la categoría que esta iterando.

2.6.3. Invariante de Representación

2.6.3.1. El Invariante Informalmente

1. fecha debe ser igual al maximo de todas las fechas de los links recorridos o es 0.

2.6.3.2. El Invariante Formalmente

Rep : estrITPL \rightarrow boolean

$(\forall it: \text{estrITPL}) \text{Rep}(it) \equiv \text{true} \iff$

1. $fecha == \max(todasLasFechas(it)) \vee fecha == 0$

2.6.4. Función de Abstracción

$Abs : e : \text{estrITPL} \rightarrow \text{itUni}(\text{Lista}(\text{tupla}(\text{Link}, \text{Categoria}, \text{Nat})))$ Rep(e)

$(\forall e : \text{estrITPL}) Abs(e) =_{\text{obs}} \text{it} : \text{itUni}(\text{Lista}(\text{tupla}(\text{Link}, \text{Categoria}, \text{Nat}))) \mid$

1. $\text{secusuby}(e, \text{itLista}) =_{\text{obs}} \text{siguientes}(\text{it})$

2.6.4.1. Funciones auxiliares

```

todasLasFechas : estrITPL  $\longrightarrow$  Conj(Fecha)
todasLasFechas(it)  $\equiv$  if !haySiguiente?(it) then
    0
else
    Ag(ultimo(siguiente(it).accesos).dia, todasLasFechas(avanzar(it)))
fi

```

2.6.5. Algoritmos

Algoritmo 44 iCrearItPuntLinks

```

1: function ICLEARITPUNTLINKS(in  $e : \text{estrLLI}$ , in  $id : \text{nat}$ , in  $f : \text{Fecha}$ )  $\rightarrow res : \text{estrITPL}$ 
2:    $res\_itLista \leftarrow \text{crearIt}(e.\text{arrayCatLinks}[id])$  //O(1)
3:    $res\_fecha \leftarrow f$  //O(1)
4: end function

```

Complejidad: O(1)

Algoritmo 45 iHaySiguiente?

```

1: function IHAYSIGUIENTE?(in  $e : \text{estrITPL}$ )  $\rightarrow res : \text{bool}$ 
2:    $res \leftarrow \text{haySiguiente}(e)$  //O(1)
3: end function

```

Complejidad: O(1)

Algoritmo 46 iSiguiente

```

1: function ISIGUIENTE(in  $e : \text{estrITPL}$ )  $\rightarrow res : \text{puntero}(\text{DatosLink})$ 
2:    $res \leftarrow (\text{siguiente}(e))$  //O(1)
3: end function

```

Complejidad: O(1)

Algoritmo 47 iSiguienteLink

```

1: function ISIGUIENTELINK(in  $e : \text{estrITPL}$ )  $\rightarrow res : \text{Link}$ 
2:    $res \leftarrow (*\text{siguiente}(e)).\text{link}$  //O(1)
3: end function

```

Complejidad: O(1)

Algoritmo 48 iSiguienteCat

```
1: function ISIGUIENTECAT(in  $e$ : estrITPL)  $\rightarrow$   $res$ : Categoria
2:    $res \leftarrow (*siguiente(e)).catDLink$  //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 49 iSiguienteCantidadAccesosDelLink

```
1: function ISIGUIENTECANTIDADACCESOSDELLINK(in  $e$ : estrITPL)  $\rightarrow$   $res$ : int
2:    $res \leftarrow cantAccesosDesde(e._fecha)$  //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 50 iAvanzar

```
1: function IAVANZAR(in/out  $e$ : estrITPL)
2:   avanzar( $e$ ) //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 51 iEliminarSiguiente

```
1: function IELIMINARSIGUIENTE(in/out  $e$ : estrITPL)
2:   eliminarSiguiente( $e$ ) //O(1)
3: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 52 iBuscarMax

```
1: function IBUSCARMAX(in  $it$ : estrITPL, in  $f$ : Fecha)  $\rightarrow$   $res$ : itPuntLinks
2:    $res \leftarrow copiarIt(it)$  //O(1)
3:   while haySiguiente( $it$ ) do //O(longitud(siguients(it)))
4:     if  $cantAccesosDesde(it,f) > cantAccesosDesde(res,f)$  then //O(1)
5:        $res \leftarrow it$  //O(1)
6:     end if
7:     avanzar( $it$ ) //O(1)
8:   end while
9: end function
```

Complejidad: $O(longitud(siguients(it)))$

Algoritmo 53 iUltFecha

```
1: function IULTFECHA(in  $it$ : estrITPL)  $\rightarrow$   $res$ : Fecha
2:    $res \leftarrow ultimo((*siguiente(it).accesos)).dia$  //O(1)
3:   while haySiguiente( $it$ ) do //O(longitud(siguients(it)))
4:     if  $(ultimo((*siguiente(it).accesos)).dia > res)$  then //O(1)
5:        $res \leftarrow (ultimo((*siguiente(it).accesos)).dia$  //O(1)
6:     end if
7:     avanzar( $it$ ) //O(1)
8:   end while
9: end function
```

Complejidad: $O(longitud(siguients(it)))$

Algoritmo 54 iCantAccesosDesde

```
1: function ICANTACCESOSDESDE(in it: estrITPL, in f: Fecha) → res: nat
2:   itAccesos itAcc ← (*siguiente(it)).accesos //O(1)
3:   res ← 0 //O(1)
4:   while haySiguiente(itAcc) do //O(1)
5:     if (siguiente(itAcc)).dia ≤ f ∧ (siguiente(itAcc)).dia ≤ f-2 then //O(1)
6:       res ← res + (siguiente(it)).cantA //O(1)
7:     end if
8:     avanzar(itAcc) //O(1)
9:   end while
10: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 55 iEstaOrdenada?

```
1: function IESTAORDENADA?(in it: estrITPL, in f: Fecha) → res: bool
2:   res ← true //O(1)
3:   nat aux ← cantAccesosDesde(it,f) //O(1)
4:   avanzar(it) //O(1)
5:   while haySiguiente(it) do //O(longitud(siguientes(it)))
6:     if cantAccesosDesde(it,f) > aux then //O(1)
7:       res ← false //O(1)
8:     end if
9:     aux ← cantAccesosDesde(it,f) //O(1)
10:    avanzar(it) //O(1)
11:  end while
12: end function
Complejidad: O(longitud(siguientes(it)))
```

2.6.6. Analisis de complejidades

1. iCrearItPuntLinks

Crea un itPuntLinks con la lista que se pasa como parametro y se la asigna a res, esto demora O(1).

Orden Total: O(1)

2. iHaySiguiente?

Se llama a HaySiguiente del Iterador de Lista en O(1).

Orden Total: O(1)

3. iSiguiente

Se llama a Siguiente del Iterador de Lista en O(1). Se devuelve la tupla DatosLink

Orden Total: O(1)

4. iSiguienteLink

Se llama a Siguiente en O(1). Se devuelve una referencia del elemento Link de la tupla DatosLink.

Orden Total: O(1)

5. **iSiguienteCat**

Se llama a Siguiente en $O(1)$. Se devuelve una referencia del elemento catDLink de la tupla DatosLink resultante por Siguiente.

Orden Total: $O(1)$

6. **iSiguienteCantidadAccesosDelLink**

Se llama a cantAccesosDesde del Iterador en $O(1)$. Se devuelve el valor entero de la cantidad de accesos del link en la posicion actual del iterador.

Orden Total: $O(1)$

7. **iAvanzar**

Se llama a Avanzar del Iterador de Lista en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

8. **iEliminarSiguiente**

Se llama a eliminarSiguiente del Iterador de Lista en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

9. **iBuscarMax**

Dado un itPuntLinks y una fecha, iteramos llamando cada vez a cantAccesosDesde para el iterador y la fecha. Cada vez nos cuesta $O(1)$ y lo hacemos una vez para cada iteracion. En total nos cuesta $O(\text{longitud}(\text{siguientes}(\text{it})))$.

En $O(1)$ copiamos el iterador a res sólo si la llamada a cantAccesosDesde nos dio mayor a la que resultaba del anterior valor de res.

finalmente avanzar el iterador nos cuesta $O(1)$ tambien.

Orden Total: $O(\text{longitud}(\text{siguientes}(\text{it})))$

10. **iUltFecha**

Dado un itPuntLinks, iteramos pidiendo el día al acceso mas nuevo, para eso generamos un itAccesos a la ultima posicion de la lista de accesos en $O(1)$. Luego pedimos la fecha de ese acceso tambien en $O(1)$.

Y evaluamos en $O(1)$ si es mayor a la fecha que teniamos guardada en el resultado. Cambiandola en caso de ser necesario en $O(1)$.

Como lo hacemos para cada link de la primera lista, nos cuesta $O(\text{longitud}(\text{siguientes}(\text{it})))$

Orden Total: $O(\text{longitud}(\text{siguientes}(\text{it})))$

11. **iCantAccesosDesde**

Dado un itPuntLinks y una fecha, obtengo en $O(1)$ un itAccesos para la lista de accesos del siguiente del iterador.

Luego voy iterando itAccesos y si la fecha se encuentra dentro de la fecha pasada y la fecha pasada menos dos, sumo la cantidad de accesos para ese acceso, todo en $O(1)$.

Como la lista de accesos iterada tiene a lo sumo 3 elementos, podemos considerar que iterarla nos lleva tiempo constante, o sea $O(1)$.

Orden Total: $O(1)$

12. ¡EstaOrdenada?

Dado un `itPuntLinks` y una fecha, iteramos llamando cada vez a `cantAccesosDesde` para el iterador y la fecha. Cada vez nos cuesta $O(1)$ y lo hacemos una vez para cada iteracion. En total nos cuesta $O(\text{longitud}(\text{siguientes}(it)))$.

Comparamos `cantAccesosDesde` con la variable `aux` en $O(1)$ y si `aux` es menor, cambiamos `res` a `false` en $O(1)$

Actualizar el `aux` con `cantAccesosDesde` y avanzar el iterador nos cuesta $O(1)$ en ambos casos.

Orden Total: $O(\text{longitud}(\text{siguientes}(it)))$

2.7. Iterador de Accesos

2.7.1. Interfaz

parámetros formales

géneros `itAccesos`

se explica con: Iterador Unidireccional de tupla $\langle \text{Fecha}, \text{Nat} \rangle$

Operaciones

fin interfaz

2.7.2. Representación

`itAccesos` se representa con `itLista(tupla $\langle \text{Fecha}, \text{Nat} \rangle$)`

acceso es tupla \langle
dia : **Fecha**,
cantAccesos : **nat** \rangle

`itAccesos` es un iterador de lista común. Sus complejidades nos alcanzan para iterar una `Lista(acceso)`.

2.7.3. Invariante de Representación

2.7.3.1. El Invariante Formalmente

$\text{Rep} : \text{estrITA} \rightarrow \text{boolean}$

$(\forall it : \text{estrITA}) \text{Rep}(it) \equiv \text{true}$

2.7.4. Función de Abstracción

$\text{Abs} : e : \text{estrITA} \rightarrow \text{itUni}(\text{tupla} \langle \text{Fecha}, \text{Nat} \rangle)$

$\text{Rep}(e)$

$(\forall e : \text{estrITA}) \text{Abs}(e) =_{\text{obs}} it : \text{itUni}(\text{tupla} \langle \text{Fecha}, \text{Nat} \rangle) \mid$

1. $\text{siguientes}(e) =_{\text{obs}} \text{siguientes}(it)$

2.7.5. Algoritmos

Algoritmo 56 iCrearItAccesos

```
1: function ICREARITACCESOS(in  $l$ : Lista(acceso))  $\rightarrow$   $res$ : estrITA
2:    $res \leftarrow \text{crearIt}(l)$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 57 iHaySiguiente?

```
1: function IHAYSIGUIENTE?(in  $e$ : estrITA)  $\rightarrow$   $res$ : bool
2:    $res \leftarrow \text{haySiguiente}(e)$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 58 iSiguiente

```
1: function ISIGUIENTE(in  $e$ : estrITA)  $\rightarrow$   $res$ : Acceso
2:    $res \leftarrow \text{siguiente}(e)$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

Algoritmo 59 iAvanzar

```
1: function IAVANZAR(in/out  $e$ : estrITA)
2:    $\text{avanzar}(e)$  //O(1)
3: end function
Complejidad: O(1)
```

2.7.6. Analisis de complejidades

1. iCrearItAccesos

Crea un itAccesos con la lista que se pasa como parametro y se la asigna a res, esto demora O(1).

Orden Total: O(1)

2. iHaySiguiente?

Se llama a HaySiguiente del Iterador de Lista en O(1).

Orden Total: O(1)

3. iSiguiente

Se llama a Siguiente del Iterador de Lista en O(1). A eso se le aplica la operacion dameCat que también cuesta O(1) y se devuelve una referencia a la categoria resultante.

Orden Total: O(1)

4. iAvanzar

Se llama a Avanzar del Iterador de Lista en O(1).

Orden Total: O(1)

3. Módulo `diccTrie(clave, significado)`

3.1. Interfaz

parámetros formales

géneros `diccTrie(α)`

usa: `bool`, `puntero`, `arreglo(α)`, `conj(α)`

se explica con: `Diccionario(string, α)`

Operaciones

`VACIO()` $\rightarrow res: \text{diccTrie}(c, s)$

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(1)$

Aliasing: No tiene

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

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

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

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: Se genera alias con s en el significado de c . Si se modifica s , se modifica el significado de c .

`DEF?(in $c: \text{string}$, in $d: \text{diccTrie}(s)$) $\rightarrow res: \text{bool}$`

Pre $\equiv \{true\}$

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

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: No tiene

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

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

Post $\equiv \{res =_{\text{obs}} obtener(c, d) \wedge esAlias(res, significado(d, c))\}$

Complejidad: $O(|c|)$

Aliasing: res es modificable.

fin interfaz

3.2. Representación

`DiccTrie(α)` se representa con `estrDT`, donde `estrDT` es `Puntero(Nodo)`

`Nodo` es `tupla< arreglo: arreglo(Puntero(Nodo))[256], significado: Puntero(α) >`

La estructura es un puntero a `Nodo` en la cual cada nodo es una tupla entre un arreglo y un significado para el dicc. Cada posición del arreglo representa una letra y su contenido es un puntero al nodo de la letra siguiente o a `Null`.

3.2.1. Invariante de Representación

3.2.1.1. El Invariante Informalmente

1. No hay repetidos en arreglo de Nodo salvo por Null. Todas las posiciones del arreglo están definidas.
2. No se puede volver al Nodo actual siguiendo alguno de los punteros hijo del actual o de alguno de los hijos de estos.
3. O bien el Nodo es una hoja, o todos sus punteros hijo no-nulos llevan a hojas siguiendo su recorrido.

3.2.1.2. El Invariante Formalmente

$\text{Rep} : \text{estrDT} \rightarrow \text{boolean}$

$(\forall e : \text{estrDT}) \text{Rep}(e) \equiv \text{true} \iff$

1. $(\forall i, j : \text{nat}) 0 \leq i \leq 255 \wedge 0 \leq j \leq 255 \Rightarrow$
 $\text{Definido?}((\ast e).\text{Arreglo}, i) \wedge \text{Definido?}((\ast e).\text{Arreglo}, j) \wedge$
 $(i = j) \vee$
 $(i \neq j \wedge ((\ast e).\text{Arreglo}[i] = \text{null} \wedge (\ast e).\text{Arreglo}[j] = \text{null} \vee$
 $(\ast e).\text{Arreglo}[i] \neq (\ast e).\text{Arreglo}[j]) \wedge_{\text{L}}$
2. $(\neg \exists n : \text{nat}) \text{EncAEstrDTEnNMov}(e, e, n) \wedge_{\text{L}}$
3. $\text{SonTodosNullOLosHijosLoSon}(e)$

3.2.2. Función de Abstracción

$\text{Abs} : e : \text{estrDT} \rightarrow \text{diccT}(c, \alpha)$

$\text{Rep}(e)$

$(\forall e : \text{estrDT}) \text{Abs}(e) =_{\text{obs}} d : \text{diccT}(c, \alpha) \mid$

1. $(\forall c : \text{clave}) \text{def?}(c, d) =_{\text{obs}} \text{estaDefinido?}(c, e) \wedge_{\text{L}}$
2. $(\forall h : \text{clave}) \text{def?}(h, d) \Rightarrow \text{obtener}(h, d) =_{\text{obs}} \text{ObtenerS}(h, \ast(e))$

3.2.2.1. Funciones auxiliares

$\text{EncAEstrDTEnNMov} : \text{estrDT} \times \text{estrDT} \times \text{Nat} \rightarrow \text{Bool}$

$\text{EncAEstrDTEnNMov}(\text{buscado}, \text{actual}, n) \equiv \text{if } (n = 0) \text{ then}$

$\text{EstaEnElArregloActual?}(\text{buscado}, \text{actual}, 255)$

else

$\text{RecurrenciaConLosHijos}(\text{buscado}, \text{actual}, n-1, 255)$

fi

$\text{EstaEnElArregloActual?} : \text{estrDT} \times \text{estrDT} \times \text{nat} \rightarrow \text{Bool}$

$\text{EstaEnElArregloActual?}(\text{buscado}, \text{actual}, n) \equiv \text{if } (n=0) \text{ then}$

$((\ast \text{actual}).\text{Arreglo}[0] = \text{buscado})$

else

$((\ast \text{actual}).\text{Arreglo}[n] = \text{buscado}) \vee (\text{EstaEnElArregloActual?}(\text{buscado}, \text{actual}, n-1))$

fi

RecurrenciaConLosHijos : $\text{estrDT} \times \text{estrDT} \times \text{nat} \times \text{nat} \longrightarrow \text{Bool}$
 RecurrenciaConLosHijos(buscado,actual,n,i) \equiv **if** (i = 0) **then**
 EncAEstrDTEnNMov(buscado,(*actual).Arreglo[0],n)
 else
 EncAEstrDTEnNMov(buscado,
 (*actual).Arreglo[i],n) \vee
 (RecurrenciaConLosHijos(buscado,actual,n,i-1))
 fi

SonTodosNullOLosHijosLoSon : $\text{estrDT} \longrightarrow \text{Bool}$
 SonTodosNullOLosHijosLoSon(e) \equiv Los256SonNull(e,255) \vee BuscarHijosNull (e, 255)

Los256SonNull : $\text{estrDT} \times \text{nat} \longrightarrow \text{Bool}$
 Los256SonNull(e,i) \equiv **if** (i = 0) **then**
 ((*e).Arreglo[0] = null)
 else
 ((*e).Arreglo[i] = null) \wedge Los256SonNull(e, i-1)
 fi

BuscarHijosNull : $\text{estrDT} \times \text{nat} \longrightarrow \text{Bool}$
 BuscarHijosNull(e,i) \equiv **if** (i = 0) **then**
 ((*e).Arreglo[0] = null) \vee_L SonTodosNullOLosHijosLo-
 Son((*e).Arreglo[0])
 else
 (((e).Arreglo[i] = null) \vee_L SonTodosNullOLosHijosLo-
 Son((*e).Arreglo[i])) \wedge BuscarHijosNull(e,i-1)
 fi

estaDefinido? : $\text{string} \times \text{estrDT} \longrightarrow \text{bool}$
 estaDefinido?(c,e) \equiv **if** (e==Null) **then** false **else** NodoDef?(c,*(e)) **fi**

NodoDef? : $\text{string} \times \text{Nodo} \longrightarrow \text{bool}$
 NodoDef?(c,n) \equiv **if** (vacía?(c)) **then**
 true
 else
 if (n.arreglo[ord(prim(c))] \neq Null) **then**
 NodoDef?(fin(c),*(n.arreglo[ord(prim(c))]))
 else
 false
 fi
 fi

ObtenerS : $\text{string} \times \text{Nodo} \longrightarrow \alpha$
 ObtenerS(c,n) \equiv **if** (vacía?(c)) **then**
 *(n.significado)
 else
 ObtenerS(fin(c),*(n.arreglo[ord(prim(c))]))
 fi

3.3. Algoritmos

Algoritmo 60 iVacio

```
1: function IVACIO  $\rightarrow res$ : estrDT
2:   var  $n$ : Puntero(Nodo)                                     //O(1)
3:    $n \leftarrow \text{Null}$                                        //O(1)
4:    $res \leftarrow n$                                            //O(1)
5: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 61 iDefinir

```
1: function IDEFINIR(in  $c$ : string, in  $s$ :  $\alpha$ , in/out  $e$ : estrDT)
2:   if ( $e = \text{Null}$ ) then                                       //O(1)
3:     var  $n$ : Nodo                                             //O(1)
4:      $n \leftarrow \text{iNuevoNodo}$                                 //O(1)
5:      $e \leftarrow \&(n)$                                        //O(1)
6:   end if
7:   var  $n_1$ : Nodo                                             //O(1)
8:    $n_1 \leftarrow *(e)$                                          //O(1)
9:   var  $i$ : nat                                                //O(1)
10:   $i \leftarrow 0$                                              //O(1)
11:  while ( $i < |c|$ ) do                                       //O(|c|)
12:    if ( $n_1.\text{arreglo}[\text{ord}(c[i])] = \text{Null}$ ) then           //O(1)
13:      var  $n_2$ : Nodo                                             //O(1)
14:       $n_2 \leftarrow \text{iNuevoNodo}$                                 //O(1)
15:       $n_1.\text{arreglo}[\text{ord}(c[i])] \leftarrow \&(n_2)$            //O(1)
16:    end if
17:     $n_1 \leftarrow *(n_1.\text{arreglo}[\text{ord}(c[i])])$              //O(1)
18:     $i++$                                                        //O(1)
19:  end while
20:   $n_1.\text{significado} \leftarrow s$                                //O(1)
21: end function
```

Complejidad: $O(|c|)$

Algoritmo 62 iNuevoNodo

```
1: function INUEVONODO  $\rightarrow res$ : Nodo
2:   var  $n$ : Nodo                                             //O(1)
3:    $n.\text{significado} \leftarrow \text{Null}$                              //O(1)
4:   for ( $i$ : nat  $\leftarrow 0$ ;  $i < 256$ ;  $i++$ ) do               //O(256*1)
5:      $n.\text{arreglo}[i] \leftarrow \text{Null}$                            //O(1)
6:   end for
7:    $res \leftarrow n$                                            //O(1)
8: end function
```

Complejidad: $O(1)$

Algoritmo 63 iDef?

```
1: function IDEF?(in  $c$ : string, in  $e$ : estr)  $\rightarrow$   $res$ : bool
2:   if ( $e \neq \text{Null}$ ) then //O(1)
3:     var  $n$ : Nodo //O(1)
4:      $n \leftarrow *(e)$  //O(1)
5:     var  $i$ : nat //O(1)
6:     var  $i \leftarrow 0$  //O(1)
7:      $res \leftarrow \text{true}$  //O(1)
8:     while ( $i < |c|$ ) do //O(|c|)
9:       if ( $n.\text{arreglo}[\text{ord}(c[i])] \neq \text{Null}$ ) then //O(1)
10:         $n \leftarrow *(n.\text{arreglo}[\text{ord}(c[i])])$  //O(1)
11:      else
12:         $res \leftarrow \text{false}$  //O(1)
13:         $i \leftarrow \text{long}(c)$  //O(1)
14:      end if
15:       $i++$  //O(1)
16:    end while
17:  else
18:     $res \leftarrow \text{false}$  //O(1)
19:  end if
20: end function
Complejidad:  $O(|c|)$ 
```

Algoritmo 64 iObtener

```
1: function IOBTENER(in  $c$ : string, in  $e$ : estr)  $\rightarrow$   $res$ :  $\alpha$ 
2:   var  $n$ : Nodo //O(1)
3:    $n \leftarrow *(e)$  //O(1)
4:   var  $i$ : nat //O(1)
5:   var  $i \leftarrow 0$  //O(1)
6:   while ( $i < |c|$ ) do //O(|c|)
7:      $n \leftarrow *(n.\text{arreglo}[\text{ord}(c[i])])$  //O(1)
8:      $i++$  //O(1)
9:   end while
10:   $res \leftarrow n.\text{significado}$  //O(1)
11: end function
Complejidad:  $O(|c|)$ 
```

3.4. Analisis de complejidades

1. iVacio

Se crea la variable p de tipo Puntero a Nodo en $O(1)$, luego se le asigna “Null” en $O(1)$ y finalmente se le asigna a res .

Orden Total: $O(1)+O(1)+O(1)=O(1)$

2. iDefinir

Se evalua si no nada definido y se crea un nuevo Nodo en caso afirmativo, luego se le asigna el puntero a este Nodo a la $estrDT$. Esto se logra en $O(1)$. Posteriormente se crean algunas variables y se le asignan valores en $O(1)$ y se hace un loop con la longitud del string en

$O(|\text{string}| * O(\text{operaciones dentro del loop}))$. En el loop se hace un if para evaluar si ya esta definida esa letra y en caso negativo se crea un nuevo nodo y se asigna el puntero a ese nodo. Todo esto se hace en $O(1)$. Luego se asigna al nodo el nodo al cual este apunta en la posición de la letra evaluada y se incrementa el contador del loop. Esto se hace en $O(1)$. Finalmente se asigna al ultimo nodo iterado el significado

Orden Total: $O(1+1+1+1)+O(1+1+1+1)+O(|\text{string}|*(O(1+1+1+1)+O(1+1)))+O(1) = O(1)+O(|\text{string}|)+O(1) = \mathbf{O(|string|)}$

3. iNuevoNodo

Se crea una variable de tipo Nodo y se le asigna “Null” en $O(1)$. Luego se realiza un For iterando entre 0 y 256 y asignandole a cada posicion del Nodo “Null” en $O(1)$ dando un total para el For de $O(256)$. Finalmente se asigna el nodo a res en $O(1)$.

Orden Total: $O(1+1)+O(256*(O(1)))+O(1)=\mathbf{O(1)}$

4. iDef?

Se evalua si hay algo definido en $O(1)$. En caso afirmativo se crean variables y se le asignan valor en $O(1)$ y luego se realiza un loop iterando la longitud del string en $O(|\text{string}|*(\text{operaciones dentro del loop}))$. Dentro del loop se evalua si esta definido el char correspondiente a la iteración en y se le asigna al nodo el nodo apuntado en la posición iterada en $O(1)$, caso contrario se asigna “false” a res en $O(1)$. Finalmente incrementa el iterador en $O(1)$.

Orden Total: $O(1)+O(1+1+1+1+1)+O(|\text{string}|*(O(1+1)+O(1)))=\mathbf{O(|string|)}$

5. iObtener

Se crean variables y se les asigna valor en $O(1)$. Luego se realiza un loop iterando la longitud del string en $O(|\text{string}|*O(\text{operaciones dentro del loop}))$. Dentro del loop se asigna al nodo el nodo apuntado en la posición iterada y avanza el iterador en $O(1)$. Finalmente se asigna a res el significado en el ultimo nodo asignado en $O(1)$.

Orden Total: $O(1+1+1+1)+O(|\text{string}|*O(1+1))+O(1)=\mathbf{O(|string|)}$