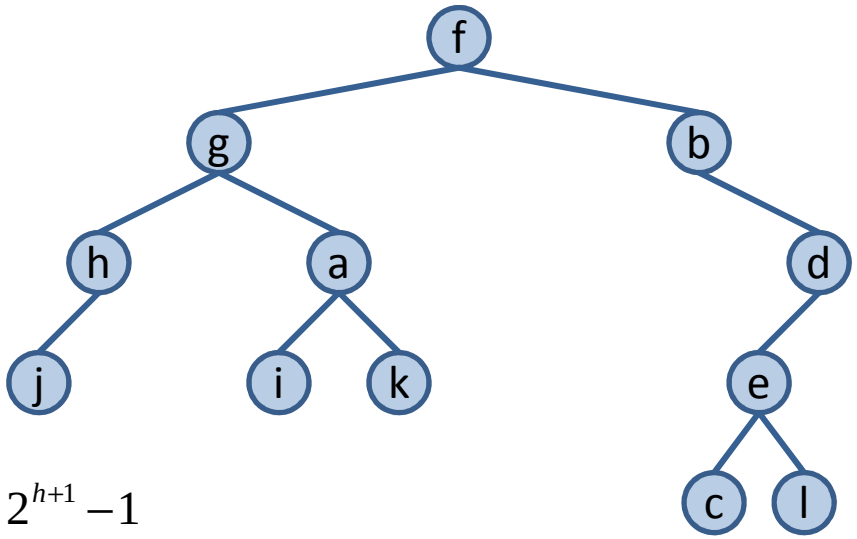
Implementación de un árbol binario mediante un vector de posiciones relativas

hizq(i) = 2i+1
hder(i) = 2i+2
padre(i) = (i-1)/2



maxNodos = $\sum_{i=0}^{h} 2^i = 2^{h+1} - 1$

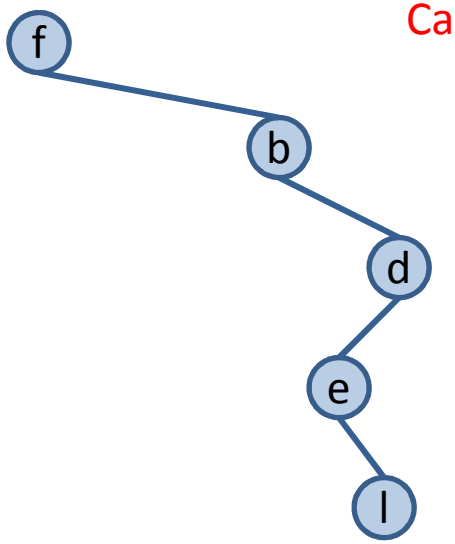
maxNodos-1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		25	26	27	28	29	30
nodos	f	g	b	h	a		d	j		i	k			e						c	l		

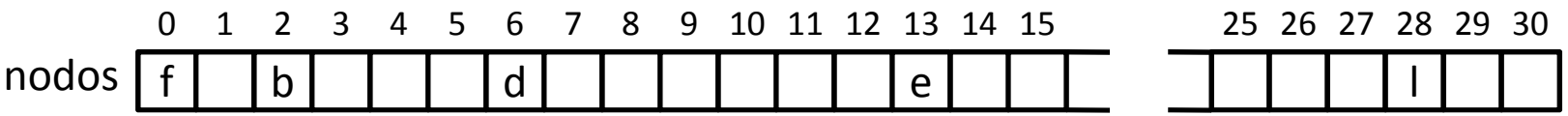
Implementación de un árbol binario mediante un vector de posiciones relativas

Caso más desfavorable

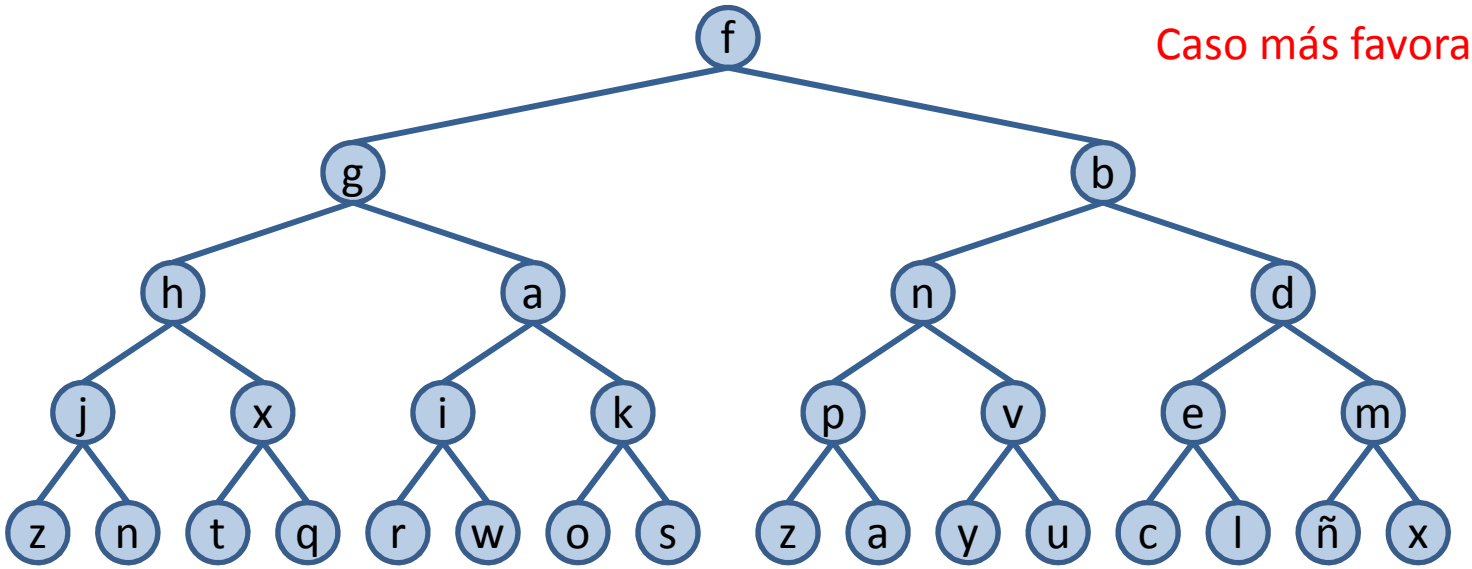
Sea un árbol de altura máxima *h*.
La ausencia de un nodo en el nivel $n \leq h$ provocará $2^{h-n+1}-1$ posiciones libres en el vector.



maxNodos-1



Implementación de un árbol binario mediante un vector de posiciones relativas



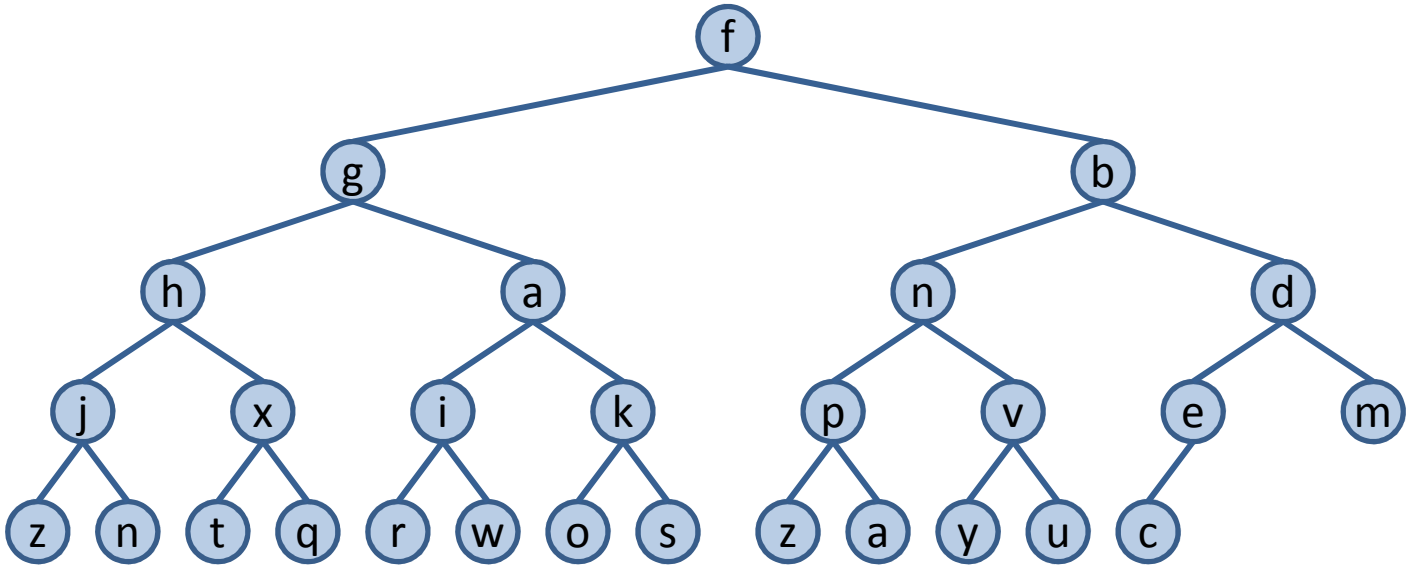
Caso más favorable

maxNodos-1

nodos

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	25	26	27	28	29	30
f	g	b	h	a	n	d	j	x	i	k	p	v	e	m	z		y	u	c	l	ñ	x

Implementación de un árbol binario mediante un vector de posiciones relativas

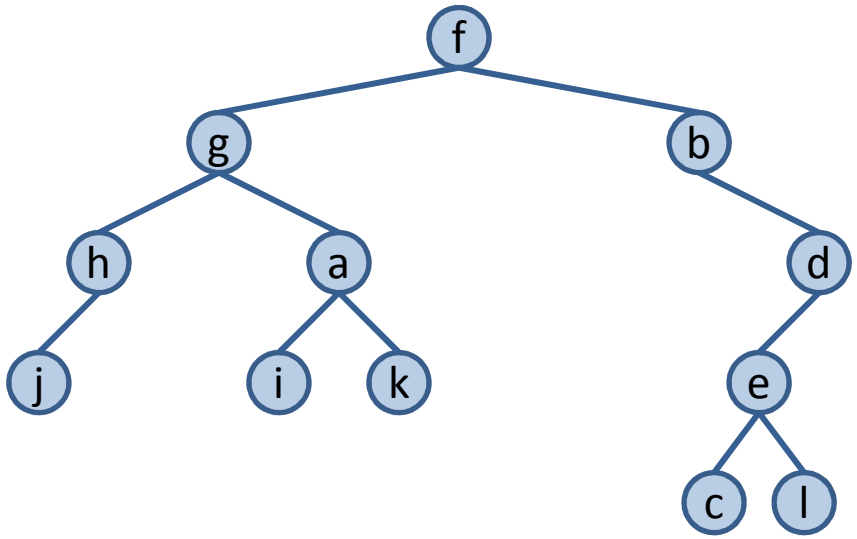


maxNodos-1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	25	26	27	28	29	30
nodos	f	g	b	h	a	n	d	j	x	i	k	p	v	e	m	z		y	u	c		

La eficiencia espacial será mayor cuanto más lleno esté el árbol, es decir cuantos menos nodos falten y, por tanto, más bajos sean los niveles en que falten.

Implementación de un árbol binario mediante un vector de posiciones relativas



maxNodos-1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		25	26	27	28	29	30
nodos	f	g	b	h	a	@	d	j	@	i	k	@	@	e	@	@		@	@	c	l	@	@

Un valor del tipo de los elementos del árbol, no significativo en la aplicación, se utilizará para marcar las posiciones libres del vector.

```
#ifndef ABIN_VEC1_H
#define ABIN_VEC1_H
#include <cassert>

template <typename T> class Abin {
public:
   typedef int nodo; // índice del vector
                     // entre 0 y maxNodos-1
   static const nodo NODO_NULO;
   explicit Abin(size_t maxNodos, const T& e_nulo = T()); //ctor
   void insertarRaizB(const T& e);
   void insertarHijoIzqdoB(nodo n, const T& e);
   void insertarHijoDrchoB(nodo n, const T& e);
   void eliminarHijoIzqdoB(nodo n);
   void eliminarHijoDrchoB(nodo n);
   ~Abin();                                  // destructor
   bool arbolVacioB() const;
   void eliminarRaizB();
```

```
   const T& elemento(nodo n) const; // acceso a elto, lectura
   T& elemento(nodo n);   // acceso a elto, lectura/escritura
   nodo raizB() const;
   nodo padreB(nodo n) const;
   nodo hijoIzqdoB(nodo n) const;
   nodo hijoDrchoB(nodo n) const;
   Abin(const Abin<T>& a);                  // ctor. de copia
   Abin<T>& operator =(const Abin<T>& a); //asignación de árboles
private:
   T* nodos;     // vector de nodos
   int maxNodos; // tamaño del vector
   T ELTO_NULO;  // marca celdas vacías
};


/* Definición del nodo nulo */
template <typename T>
const typename Abin<T>::nodo Abin<T>::NODO_NULO(-1);
```

```
template <typename T>
Abin<T>::Abin(size_t maxNodos, const T& e_nulo) :
   nodos(new T[maxNodos]),
   maxNodos(maxNodos),
   ELTO_NULO(e_nulo)
{
   // marcar todas las celdas libres
   for (nodo n = 0; n <= maxNodos-1; n++)
      nodos[n] = ELTO_NULO;
}


template <typename T>
inline void Abin<T>::insertarRaizB(const T& e)
{
   assert(nodos[0] == ELTO_NULO);   // árbol vacío

   nodos[0] = e;
}
```

```
template <typename T> inline
void Abin<T>::insertarHijoIzqdoB(Abin<T>::nodo n,const T& e)
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1); // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);     // nodo del árbol
   assert(2*n+1 < maxNodos);   // hijo izqdo. cabe en el árbol
   assert(nodos[2*n+1] == ELTO_NULO); // n no tiene hijo izqdo.

   nodos[2*n+1] = e;
}


template <typename T> inline
void Abin<T>::insertarHijoDrchoB(Abin<T>::nodo n,const T& e)
{
   assert(n >= 0 && n < maxNodos-1);  // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);     // nodo del árbol
   assert(2*n+2 < maxNodos);   // hijo drcho. cabe en el árbol
   assert(nodos[2*n+2] == ELTO_NULO); // n no tiene hijo drcho.

   nodos[2*n+2] = e;
}
```

```
template <typename T> inline
void Abin<T>::eliminarHijoIzqdoB(Abin<T>::nodo n)
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);   // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);       // nodo del árbol
   assert(2*n+1 < maxNodos);   // hijo izqdo. cabe en el árbol
   assert(nodos[2*n+1] != ELTO_NULO);   // n tiene hijo izqdo.
   if (4*n+4 < maxNodos)  // caben los hijos del hijo izqdo. de n
      assert(nodos[4*n+3] == ELTO_NULO &&   // hijo izqdo. de
             nodos[4*n+4] == ELTO_NULO);    // n es hoja
   else if (4*n+3 < maxNodos) //sólo cabe h. izq. de h. izq. de n
      assert(nodos[4*n+3] == ELTO_NULO); //hijo izq. de n es hoja

   nodos[2*n+1] = ELTO_NULO;
}
```

```
template <typename T> inline
void Abin<T>::eliminarHijoDrchoB(Abin<T>::nodo n)
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);   // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);       // nodo del árbol
   assert(2*n+2 < maxNodos);   // hijo drcho. cabe en el árbol
   assert(nodos[2*n+2] != ELTO_NULO);   // n tiene hijo drcho.
   if (4*n+6 < maxNodos)  // caben los hijos del hijo drcho. de n
      assert(nodos[4*n+5] == ELTO_NULO &&   // hijo drcho. de
             nodos[4*n+6] == ELTO_NULO);    // n es hoja
   else if (4*n+5 < maxNodos) //sólo cabe h. izq. de h. drch de n
      assert(nodos[4*n+5] == ELTO_NULO); //hijo drch de n es hoja

   nodos[2*n+2] = ELTO_NULO;
}
```

```
template <typename T>
inline void Abin<T>::eliminarRaizB()
{
   assert(nodos[0] != ELTO_NULO);   // árbol no vacío
   assert(nodos[1] == ELTO_NULO &&
          nodos[2] == ELTO_NULO);   // la raíz es hoja

   nodos[0] = ELTO_NULO;
}

template <typename T>
inline Abin<T>::~Abin()
{
   delete[] nodos;
}

template <typename T>
inline bool Abin<T>::arbolVacioB() const
{
   return (nodos[0] == ELTO_NULO);
}
```

```
template <typename T>
inline const T& Abin<T>::elemento(Abin<T>::nodo n) const
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);  // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);      // nodo del árbol
   return nodos[n];
}

template <typename T>
inline T& Abin<T>::elemento(Abin<T>::nodo n)
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);  // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);      // nodo del árbol
   return nodos[n];
}

template <typename T>
inline typename Abin<T>::nodo Abin<T>::raizB() const
{
   return (nodos[0] == ELTO_NULO) ? NODO_NULO : 0;
}
```

```
template <typename T> inline
typename Abin<T>::nodo Abin<T>::padreB(Abin<T>::nodo n) const
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);  // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);      // nodo del árbol

   return (n == 0) ? NODO_NULO : (n-1)/2;
}


template <typename T> inline
typename Abin<T>::nodo Abin<T>::hijoIzqdoB(Abin<T>::nodo n) const
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);  // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);      // nodo del árbol

   return (2*n+1 >= maxNodos || nodos[2*n+1] == ELTO_NULO) ?
             NODO_NULO : 2*n+1;
}
```

```
template <typename T> inline
typename Abin<T>::nodo Abin<T>::hijoDrchoB(Abin<T>::nodo n) const
{
   assert(n >= 0 && n <= maxNodos-1);  // nodo válido
   assert(nodos[n] != ELTO_NULO);      // nodo del árbol

   return (2*n+2 >= maxNodos || nodos[2*n+2] == ELTO_NULO) ?
             NODO_NULO : 2*n+2;
}


template <typename T>
Abin<T>::Abin(const Abin<T>& a) :
   nodos(new T[a.maxNodos]),
   maxNodos(a.maxNodos),
   ELTO_NULO(a.ELTO_NULO)
{
   // copiar el vector
   for (nodo n = 0; n <= maxNodos-1; n++)
      nodos[n] = a.nodos[n];
}
```

```
template <typename T>
Abin<T>& Abin<T>::operator =(const Abin<T>& a)
{
   if (this != &a)   // evitar autoasignación
   {
      // Destruir el vector y crear uno nuevo si es necesario
      if (maxNodos != a.maxNodos)
      {
         delete[] nodos;
         maxNodos = a.maxNodos;
         nodos = new T[maxNodos];
      }
      ELTO_NULO = a.ELTO_NULO;
      // Copiar el vector
      for (nodo n = 0; n <= maxNodos-1; n++)
         nodos[n] = a.nodos[n];
   }
   return *this;
}

#endif // ABIN_VEC1_H
```