

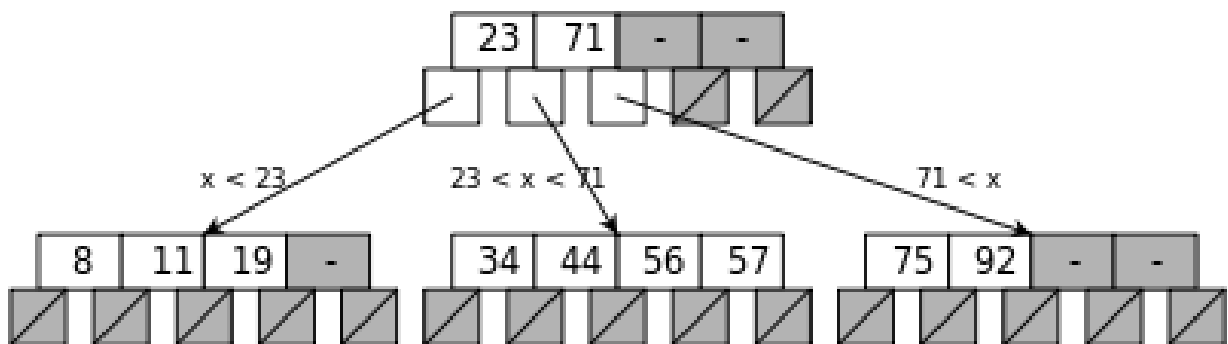
ARBOL B

Un árbol B es una estructura auto balanceada y perfectamente equilibrada comúnmente utilizado para ficheros de archivos y base de datos su estructura es la siguiente:

Los arboles B se pueden estructurar por “orden” esto determina el tamaño o la magnitud de la estructura, se puede definir sus características de la siguiente manera:

- Para un árbol de orden M cada nodo no hoja puede tener M hijos
- Para un árbol de orden M cada nodo puede tener M-1 datos Máximos
- Para un árbol de orden M cada nodo puede tener $(M/2)$ datos Mínimos (se toma en cuenta solo el valor entero, truncando sus decimales si tuviera)
- Para un árbol de cualquier orden su Raíz tiene al menos 2 hijos y un dato (en el caso de la raíz no aplica el valor mínimo, pero si el máximo)
- Para cualquier nodo de la estructura los datos se ordenan de manera ascendente
- Para cada nodo no hoja sus datos son la mediana de sus nodos hijos.

Ejemplo de un árbol B de orden 5:



Para insertar datos en un árbol B se sigue el siguiente algoritmo:

1. Realizando una búsqueda se ubica el nodo donde debe ubicarse nuestro dato.
2. Si el nodo hoja tiene menos elementos de los permitidos se inserta el dato respetando el orden ascendente.
3. Si el nodo hoja tiene el máximo elementos permitidos entonces se procede a partir el nodo, de la siguiente forma.
 - 3.1. Se escoge la mediana entre los valores del nodo y el valor nuevo
 - 3.2. Para los valores menores a la mediana se crea un nodo izquierdo y para los valores mayores a la mediana se crea un nodo derecho, la mediana será su *clave o separador*
 - 3.3. La mediana debe colocarse en el nodo padre y validar si este cumple las restricciones de la estructura iniciando este algoritmo desde el paso 1 como valor de inserción la mediana.

Para eliminar datos en un árbol B se sigue el siguiente algoritmo:

Caso 1: Nodo Hoja:

1. Buscar el elemento o dato a eliminar
2. Eliminar el elemento
3. Si el nodo tiene menos elementos de los permitidos se balancea el árbol

Caso2: Nodo No Hoja:

1. Buscar el elemento o dato a eliminar
2. Seleccionar el elemento mayor del subárbol izquierdo o el elemento menor del subárbol derecho, y reemplazarlo con el dato a eliminar.
3. Eliminar el dato que se seleccionó para reemplazar (como puede ser un dato de un nodo hoja o No hoja se debe repetir el algoritmo evaluando el caso más conveniente)
4. Si el nodo tiene menos elementos de los permitidos se balancea el árbol.

Balanceo del árbol

Para el balanceo del árbol llamaremos *deficiente* todo aquel nodo que tiene menos elementos de los permitidos.

Caso 1: Hermano Derecho con más elementos del mínimo.

1. Copiar el separador (clave) y colocarla al final del nodo deficiente.
2. Reemplazar el separador con el primer nodo del nodo Hermano Derecho.
3. Árbol balanceado, uwu.

Caso 2: Hermano Izquierdo con más elementos del mínimo.

1. Copiar el separador (clave) y colocarla al inicio del nodo deficiente.
2. Reemplazar el separador con el ultimo nodo del nodo Hermano Izquierdo.
3. Árbol balanceado.

Caso 3: El hermano tiene el mínimo de elementos.

1. Copiar el separado (clave) y colocarla al final del nodo izquierdo (no importa si es el deficiente).
2. Mover TODOS los elementos del nodo derecho al nodo izquierdo.
3. Remover el separador del nodo padre. (si el padre fuera la raíz, entonces el nuevo nodo mezclado será la raíz, si el padre tuviera menos nodos de los permitidos se repite el algoritmo).
4. Árbol balanceado.

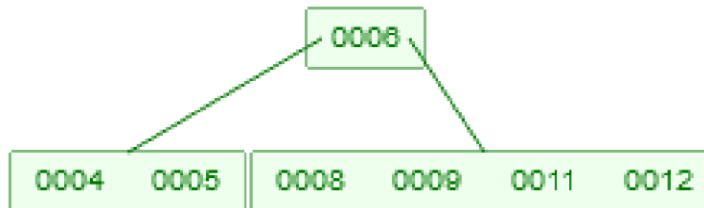
Inserción (orden 5)

6, 11, 5, 4, 8, 9, 12, 21, 9, 14, 10, 19, 28, 3, 17, 32, 15, 16, 26, 27

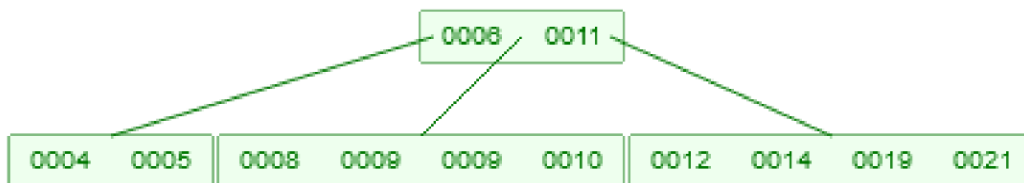
Se insertan datos hasta el máximo de datos por nodo (4), insertando los datos 6, 11, 5, 4 el árbol y el nodo raíz queda así:

0004 0005 0006 0011

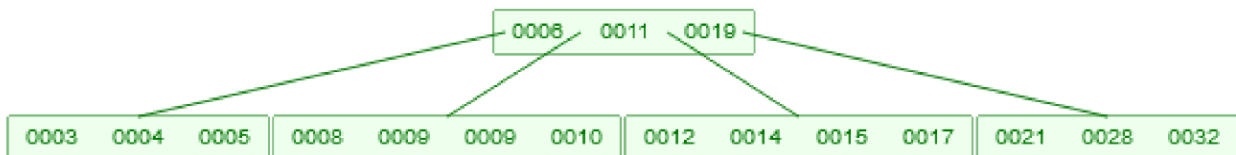
Si insertamos 8, la raíz se divide y deja el dato intermedio 6 como su nodo superior, y se sigue insertando hasta 12:



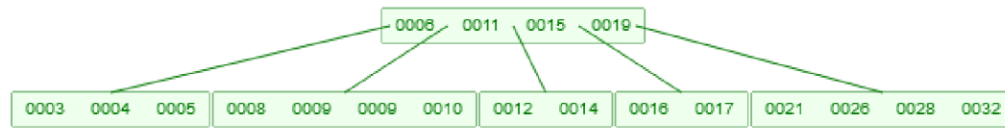
Si insertamos 21, este supera los datos máximos del subárbol derecho de la raíz, por lo que sacamos su valor intermedio 11, y lo seteamos al nodo superior, y se sigue insertando hasta 19:



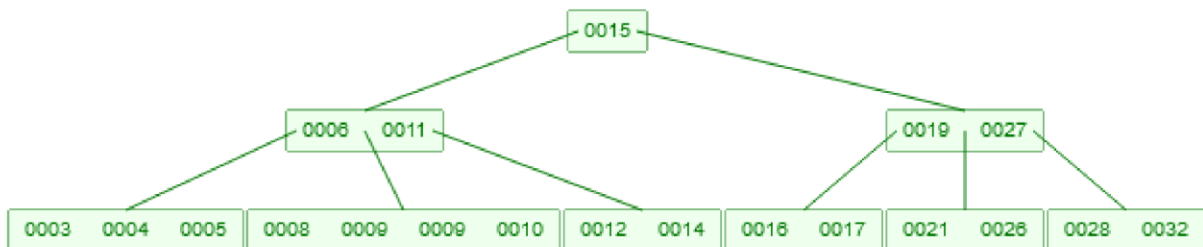
Si insertamos 28, supera los datos máximos del subárbol mas a la derecha de la raíz, por lo que sacamos su valor intermedio 19, y lo seteamos al nodo superior, y se sigue insertando hasta 15:



Si insertamos 16, supera los datos máximos del tercer nodo hijo de la raíz, por lo que buscamos su dato intermedio 15, y lo seteamos al nodo superior, y se sigue insertando hasta 26:



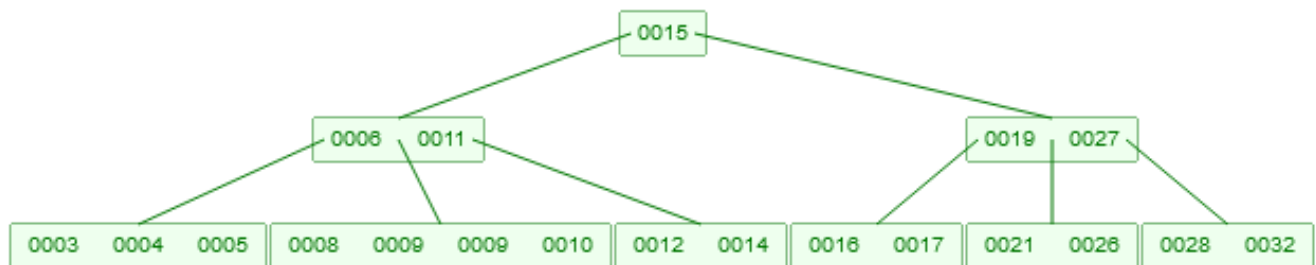
Si insertamos 27, supera los datos máximos del nodo que esta mas a la derecha por lo que su dato intermedio 27, es seteado a su nodo superior, dado que el nodo superior supera la cantidad máxima de datos se saca su dato intermedio 15, y lo seteamos a un nodo nuevo superior, quedando el árbol final:



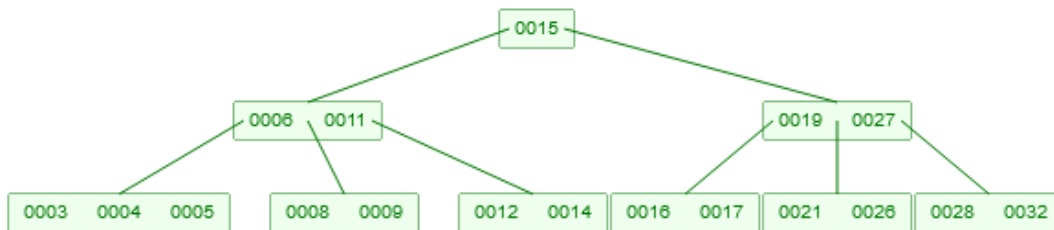
Eliminación (orden 5)

Para el árbol B de orden 5 anterior se eliminaran los siguientes datos:

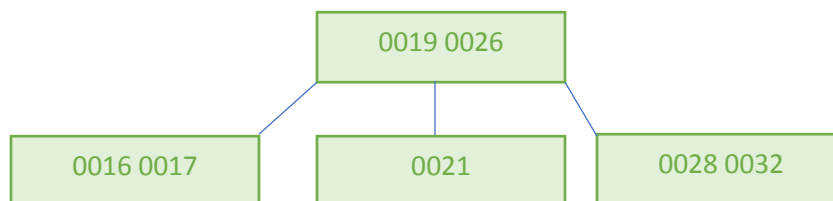
10, 27, 15



Dado que el primer elemento a eliminar 10 es un **nodo hoja** se solo se elimina quedando el árbol así:

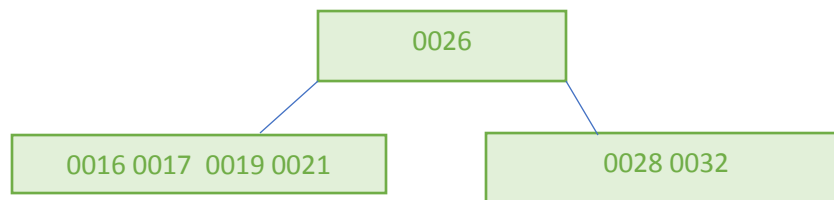


El siguiente nodo a eliminar es 27, dado que es un nodo **NO hoja** su elemento mayor de su hijo izquierdo 26 pasa a ser el separador, quedando el hijo izquierdo con menos del mínimo de nodos permitidos:

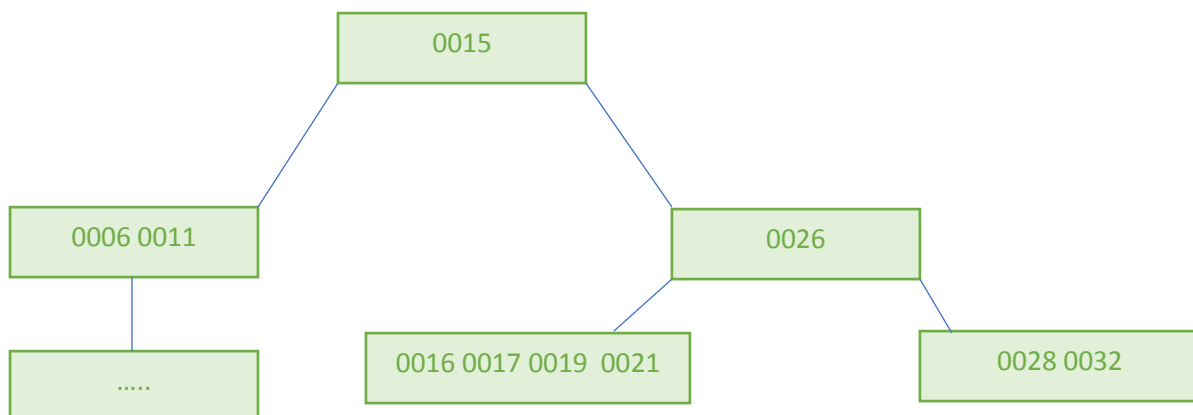


El hijo tiene menos elementos de los permitidos, por lo que se balancea el árbol quedando así (caso 3 de balanceo: todos los hermanos con mínimo),

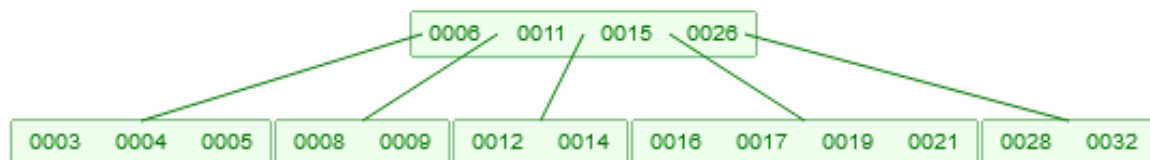
por lo tanto, el separador (19) se mueve al final del nodo izquierdo (16,17) y el nodo derecho (21) se mueve al nodo izquierdo, quedando de la siguiente manera:



Este árbol también está desbalanceado ya que hay menos nodos de los permitidos por lo que es necesario balancear el árbol, en la siguiente figura está la representación del árbol completo, para este caso de balanceo nuevamente todos los hermanos tienen el mínimo de balanceo



Para balancear este árbol el padre (15) se pasa al final del nodo izquierdo (6,11) y se mueve el nodo de la derecha (26) al nodo de la izquierda quedando el resultado de la siguiente manera:



Para siguiente elemento a eliminar que es 15 se escoge entre el mayor de su hijo izquierdo o el menor de su hijo derecho en este caso se escoge al menor de su hijo derecho reemplazándolo, quedando el árbol resultante de la siguiente forma:

