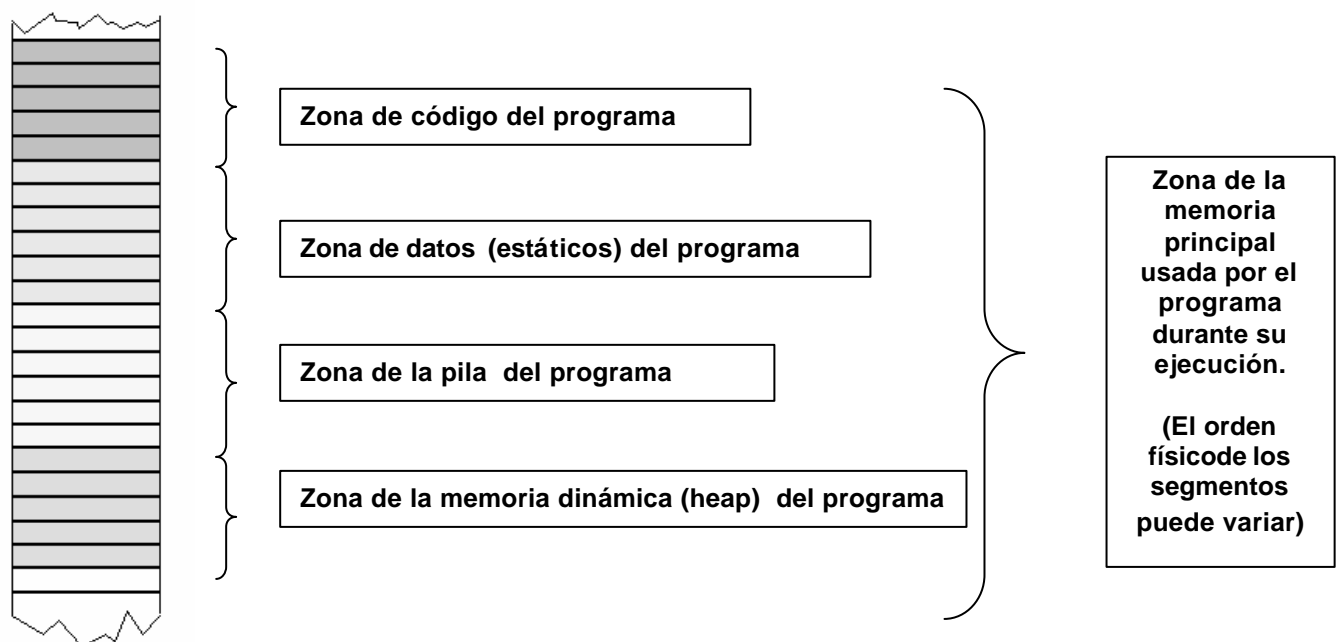


Punteros:

Todo dato con que trabaja la computadora, (así como toda instrucción cuando se ejecuta), está en la memoria principal. Tanto los datos como las instrucciones están codificados como sucesiones de ceros y unos. Al momento de ejecutar un programa tal como lo hace la computadora cuando se trabaja con uno en C++ que se ha compilado y del cual tenemos el ejecutable en memoria principal, se distinguen en memoria cuatro zonas distintas (todas en referencia al programa que ejecutamos), y ubicadas en la memoria principal de la computadora. Cada zona es un 'segmento' y tiene una función determinada. Los segmentos son los siguientes:

- Segmento de Código: aquí está el programa que se está ejecutando, ya traducido a lenguaje de máquina.
- Segmento de Datos: aquí se ubican las variables del programa principal (las que hemos declarado en main).
- Segmento de Pila (o Stack): este segmento, del que hablaremos después es fundamental para que podamos llamar a funciones.
- Segmento Extra (o heap o montículo): sirve para utilizar la memoria dinámica. De él nos ocuparemos mas tarde.



Vamos a considerar en particular a los datos.

De qué modo se almacenan en la memoria?

Bien, primero hay que hacer algunas consideraciones acerca de la estructura de la memoria. La memoria de la computadora se compone de celdas. Cada celda es un byte, es decir que está formada por 8 bits.

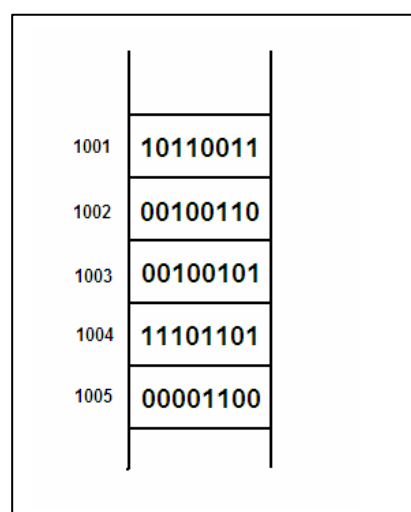
Todas las celdas de la memoria tienen el mismo tamaño, y son idénticas entre sí.

Solo pueden diferenciarse por el numero (de posición) que tienen asignado.

El número de posición de una celda es la **dirección** de la celda.

Toda celda de la memoria tiene una dirección asignada. Esa dirección es única para cada celda y no puede ser cambiada.

En ningún momento una computadora tiene 'celdas vacías'. En toda celda hay bits. Un bit puede tomar valor cero o uno. Mediante la codificación con dígitos binarios la computadora trata tanto los datos como las instrucciones.

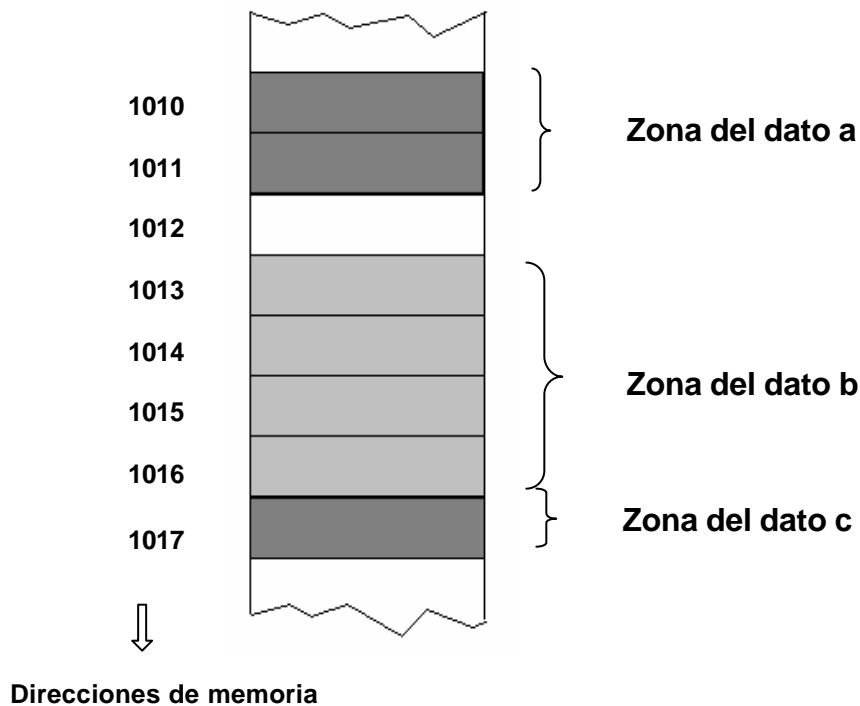


Cada dato contenido en la memoria ocupa una o más celdas, dependiendo del tamaño del mismo.

Por ejemplo, los caracteres ocupan una sola celda de memoria, los enteros ocupan al menos 2 celdas, los reales ocupan al menos 4 celdas, y otros datos ocupan más celdas.

En todo caso, lo que siempre se verifica es que un dato, del tipo que sea, ocupa un conjunto de celdas que deben ser **contiguas**.

Ejemplo:



La dirección de la primera celda de un dato (dirección de comienzo de la zona del dato) es la **dirección del dato**.

En el dibujo anterior, el dato a ocupa las celdas 1010 y 1011. La primera celda que ocupa es la 1010, entonces **la dirección de a es 1010**.

El dato b ocupa las celdas 1013, 1014 y 1015; **la dirección de b es 1013**.

La dirección del dato c es 1017.

En C, el **operador &** **se utiliza para indicar la dirección de una variable determinada.**

Para el ejemplo anterior:

&a es 1010

&b es 1013

&c es 1017

En código, si por ejemplo se tiene:

```
int i a, b;
```

```
char c;
```

```
float f;
```

```
a=3;
```

```
b=4;
```

```
c='h';
```

```
f=6.4;
```

```
.....
```

Se usa esta notación:

&a es la dirección de la variable a.

&b es la dirección de la variable b.

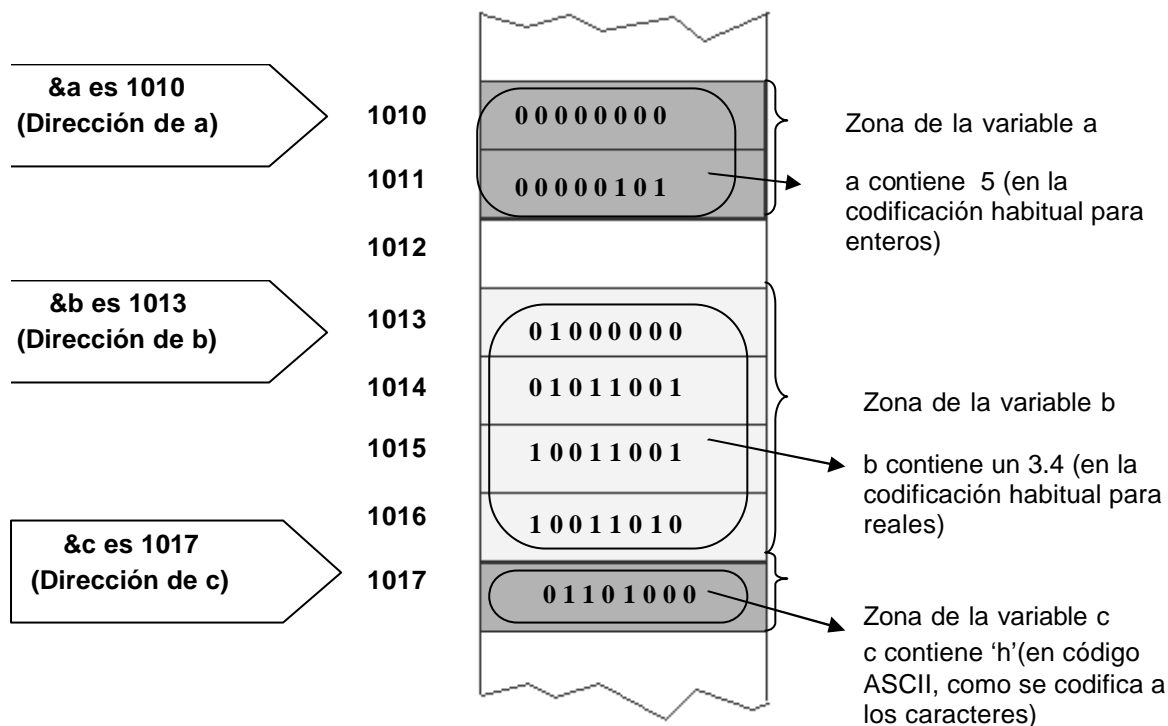
&c es la dirección de c.

&f es la dirección de f.

No se debe confundir nunca la dirección de una variable con el contenido de la misma.

Las direcciones de las variables a, b y c del ejemplo anterior, obviamente no pueden ser cambiadas. Esto es así porque desde antes de ejecutar el programa, el sistema estableció en qué lugar de la memoria se ubicaría cada una de las variables declaradas.

Si puede cambiarse el contenido de dichas variables.



En el gráfico anterior se ha indicado el contenido de cada variable tal como se almacena; a la derecha se especifica el valor correspondiente a cada secuencia de bits (los caracteres se codifican en ASCII, los enteros en complemento a 2, los reales en la notación IEEE 754, etc.).

Según la situación graficada antes a modo de ejemplo, a contiene el dato 5. La dirección de a, llamada &a es 1010, b contiene el dato 3.4.

La dirección de b es &b, con valor 1013 c contiene el dato 'h'. La dirección de c es &c, con valor 1017.

2.1 Variables puntero:

Los punteros son variables que almacenan la dirección de otra variable. Su declaración tiene esta forma:

tipo * identificador; //establece que identificador es una variable puntero a dato tipo.

Ejemplo:

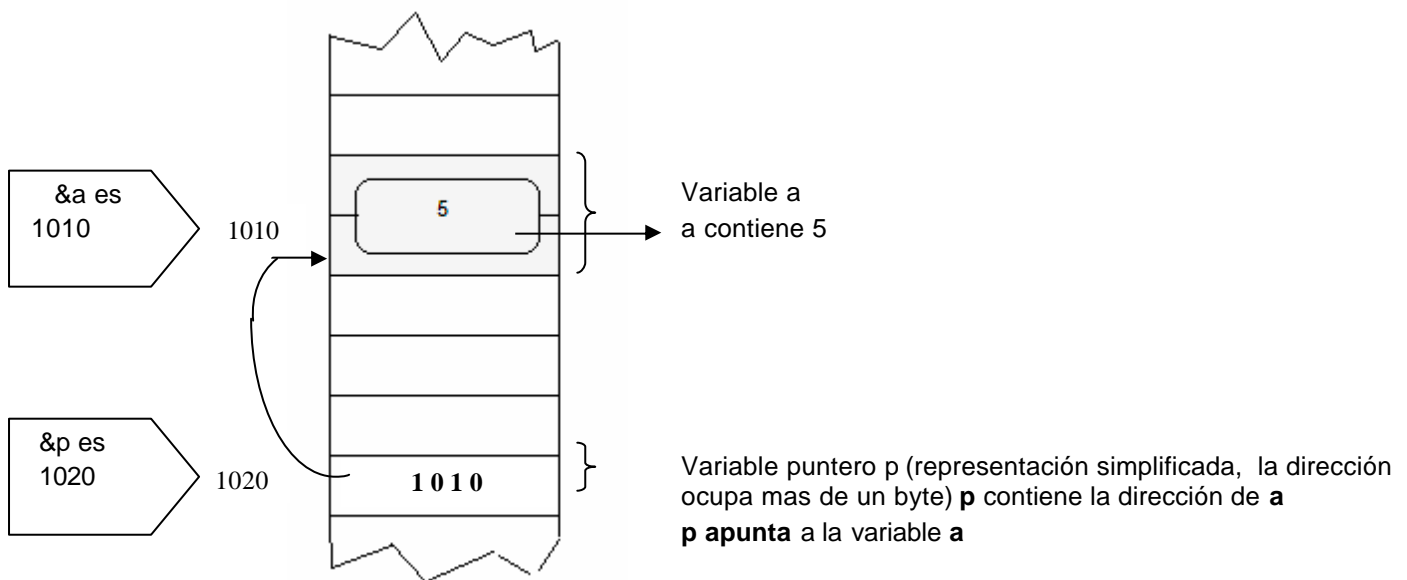
int *p;

indica que p es un puntero a entero.

Si p se ha declarado como puntero, entonces *p es el modo de referirse al contenido de la dirección almacenada en p. El operador * es el operador de 'desreferencia'.

Desreferenciar una variable puntero es obtener el dato almacenado en la dirección contenida en el puntero.

Asignarle un valor a p es darle el valor de una dirección de un dato tipo entero. Así, si se tiene \rightarrow `int a=3;` la asignación `p=&a` le asigna a p la dirección de a. La representación esta situación puede ser la siguiente:



Ahora, el contenido de la variable a se puede manipular usando tanto el identificador a como con la notación *p.

Por ejemplo, se puede hacer:

```
a=9;  
o bien  
*p=9;
```

Puede emitirse el contenido de a usando

```
printf ("%d", a);  
o bien  
printf ("%d", *p):
```

y puede ingresarse el contenido de a usando

```
scanf ("%d", &a);  
o bien  
scanf ("%d",p);
```

Ya que el scanf requiere que se indique la dirección en la cual se almacenará el dato que ingresa, y en el código anterior, p contiene esa dirección.

Otro ejemplo:

```
char *q;  
establece que q es una variable puntero a char.
```

Si se tiene

```
char c;  
c='r';
```

Se puede efectuar

```
q=&c;  
*q='s';  
printf ("%d", c); //y se emitirá 's'
```

Cómo sabe la computadora, cuando se desreferencia un puntero?,

si debe tomar una, dos o más celdas de la memoria a partir de la indicada en el puntero?, y cómo tratar al dato contenido (es decir que codificación se ha usado)?.

La respuesta está en que, cuando se declara una variable tipo puntero, se indica el tipo de dato apuntado.

Cuando se declara

```
int * p;
```

se está indicando que, a partir de la dirección que este contenida en p se deben tomar tantas celdas como corresponde a un entero, e interpretar el contenido según la codificación de enteros.

Si, en cambio, la codificación es:

```
float *q;
```

Se indica que a partir de la dirección contenida en q, hay que tomar tantos bytes como corresponde a un float, e interpretar ese contenido con notación de float.

El tamaño que corresponde a una variable o a un tipo determinado se puede conocer utilizando el operador sizeof.

Así, mediante sizeof(a) se puede conocer el tamaño en bytes de la variable a, o bien se puede efectuar sizeof (float) para conocer el tamaño de un dato tipo float, etc.

Cómo se puede comprobar comparando sizeof (int *) con sizeof (float *) y con sizeof (char*), todos los punteros tienen el mismo tamaño, ya que todas las direcciones de memoria miden lo mismo.

Las variables tipo punteros pueden apuntar diversos tipos de datos, incluso a punteros, y también hay punteros a void. La notación

```
void * t;
```

indica que t es un puntero, pero que no se especifica el tipo de dato apuntado.

Este tipo de punteros no puede desreferenciarse (porque no hay información acerca del tipo de dato apuntado).

Al momento de la definición de un puntero, éste no tiene un contenido establecido. Decimos que esta indeterminado, es decir que el lugar de memoria que ocupa no es inicializado automáticamente con ningún valor particular.

El valor nulo de los punteros es 0 (cero), y la constante asociada a ese valor se llama NULL.

Es decir que al hacer:

```
int *p;      // p esta indeterminado; si se intenta efectuar *p se producira un
              error
int a=1;
p=NULL;     // o bien p=0, asigna el valor nulo a p; si se intenta efectuar *p se
              // producirá un error
p=&a;       // ahora si p apunta a un lugar de memoria y se puede efectuar *p
```

2.2 Sumar una constante a un puntero:

Si se tiene:

```
int *p, a=5;
p=&a;
y se efectúa
p=p+1;
```

p avanzará la cantidad de celdas que corresponde al tamaño de un entero.

Si p contenía 1000 y cada int utiliza 4 celdas, entonces p+1 vale 1004, p+2 vale 1008, y así sucesivamente.

Consideremos ahora:

```
float *q, b;
q= &b;
```

si q contiene 2000, y cada float utiliza 6 bytes, entonces q+1 vale 2006, q+2 vale 2012, etc.

Es decir, que al sumarle a una variable puntero q, una constante positiva entera x, la variable q, incrementa su dirección en $x * \text{sizeof}(\text{tipoapuntado_por_q})$.

En otras palabras, si int ocupara 2 bytes, char ocupara 1 byte, y float ocupara 6 bytes, entonces sumar 1 a una variable puntero p la hace avanzar:

4 bytes si p es puntero a int

1 byte se p es un puntero a char

6 bytes si p es un puntero a float

Análogamente para los otros tipos.

2.3 Ejercicios:

2.3.1) Indicar la salida del siguiente programa: **(Resuelto)**

```
int main ()
{
    int a, b, *p, *q;
    a=10;
    b=20;
    p=&a;
    q=&b;
    printf ("Se ejecuta p=&a; q=&b;\n");
    printf ("La variable a esta en %d y contiene %d\n", &a, a);
    printf ("La variable b esta en %d y contiene %d\n", &b, b);
    printf ("La variable p esta en %d, contiene %d y la dirección apuntada por p contiene%d\n", &p, p,*p);
    printf ("La variable q esta en %d, contiene %d y la dirección apuntada por q contiene%d\n", &q, q,*q);
    printf ("Se ejecuta *p=35:\n");
    *p=35;
    printf ("La variable a esta en %d y contiene %d\n", &a, a);
    printf ("La variable p esta en %d, contiene %d y la dirección apuntada por p contiene%d \n", &p, p,*p);
    printf ("Se ejecuta b=65");
    b=65;
    printf ("La variable b esta en %d y contiene %d\n", &b, b);
    printf ("La variable q esta en %d, contiene %d y la dirección apuntada por q contiene%d\n ", &q, q,*q);

    printf ("Se ejecuta *p=*q;\n");
    *p=*q;
```

```

if (p==q) printf ("las variables p y q contienen el mismo valor\n");
    else printf ("las variables p y q no contienen el mismo valor\n");
if (p==q) printf ("las variables p y q apuntan a direcciones que contienen el mismo valor\n");
    else printf ("las variables p y q apuntan a direcciones que no contienen el mismo
valor\n");
printf ("Se ejecuta p=q;\n");
p=q;
if (p==q) printf ("las variables p y q contienen el mismo valor\n");
    else printf ("las variables p y q no contienen el mismo valor\n");
if (*p==*q) printf ("las variables p y q apuntan a direcciones que contienen el mismo
valor\n");
    else printf ("las variables p y q apuntan a direcciones que no contienen el mismo
valor\n");
a=100;
printf ("se ejecuta a=100");
printf ("La variable a esta en %d y contiene %d\n", &a, a);
printf ("La variable b esta en %d y contiene %d\n", &b, b);
printf ("La variable p esta en %d, contiene %d y la dirección apuntada por p contiene%d\n",
&p, p, *p);
printf ("La variable q esta en %d, contiene %d y la dirección apuntada por q contiene%d\n",
&q, q, *q);
system ("pause");
return 0;
}

```

Salida:

Nota: Tener en cuenta que las direcciones asignadas a las variables no son las mismas para cada computadora, y que incluso pueden variar para la misma computadora si el programa se ejecuta en distintas condiciones. Aquí hemos decidido usar mayúsculas para indicar esas direcciones. (Por ejemplo, XXXX, o YYYY), cuando haya coincidencias, coincidirán esas mayúsculas.

1. Se ejecuta p=&a; q=&b;
2. La variable a esta en XXXX y contiene 10
3. La variable b esta en YYYY y contiene 20
4. La variable p esta en ZZZZ, contiene XXXX y la dirección apuntada por p contiene 10
5. La variable q esta en AAAA contiene YYYY y la dirección apuntada por q contiene 20
6. Se ejecuta *p=35

7. La variable a esta en XXXX y contiene 35
8. La variable p esta ZZZZ , contiene XXXX y la dirección apuntada por p contiene 35
9. Se ejecuta b=65
10. La variable b esta en YYYY y contiene 65;
11. La variable q esta en AAAA, contiene YYYY y la dirección apuntada por q contiene 65
12. Se ejecuta *p=*q
13. las variables p y q no contienen el mismo valor
14. las variables p y q apuntan a direcciones que contienen el mismo valor
15. Se ejecuta p=q
16. las variables p y q contienen el mismo valor
17. las variables p y q apuntan a direcciones que contienen el mismo valor
18. se ejecuta a=100
19. La variable a esta en XXXX y contiene 100
20. La variable b esta en YYYY contiene 65
21. La variable p esta en ZZZZ, contiene YYYY y la dirección apuntada por p contiene 65
22. La variable q esta en AAAA, contiene YYYY y la dirección apuntada por q contiene 65