Pasaje de objetos en C++

Di Paola Martín

martinp.dipaola <at> gmail.com

Facultad de Ingeniería
Universidad de Buenos Aires

De qué va esto?

- Pasaje de objetos
  - Pasaje por referencia
  - Pasaje por copia
  - Pasaje por movimiento: Move semantics
- Asignación
  - Asignación por copia
  - Asignación por movimiento
- Objetos no copiables

Pasaje de objetos

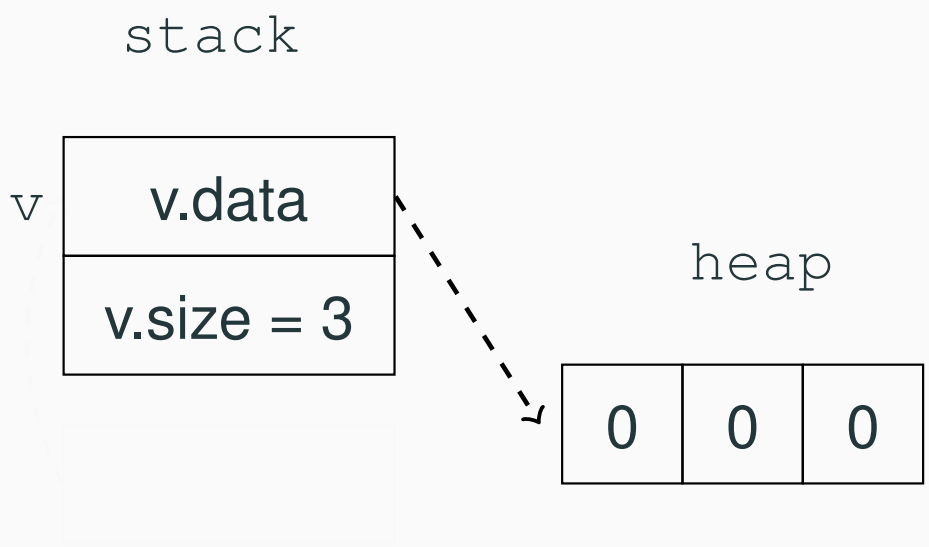
Pasaje por referencia

Código base

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector(int size) {  // create
6      this->data = (int*)malloc(size*sizeof(int));
7      memset(this->data, 0, size*sizeof(int));
8      this->size = size;
9    }
10
11   ~Vector() { // destroy
12     free(this->data);
13   }
14 };
```

Pasaje por referencia usando punteros

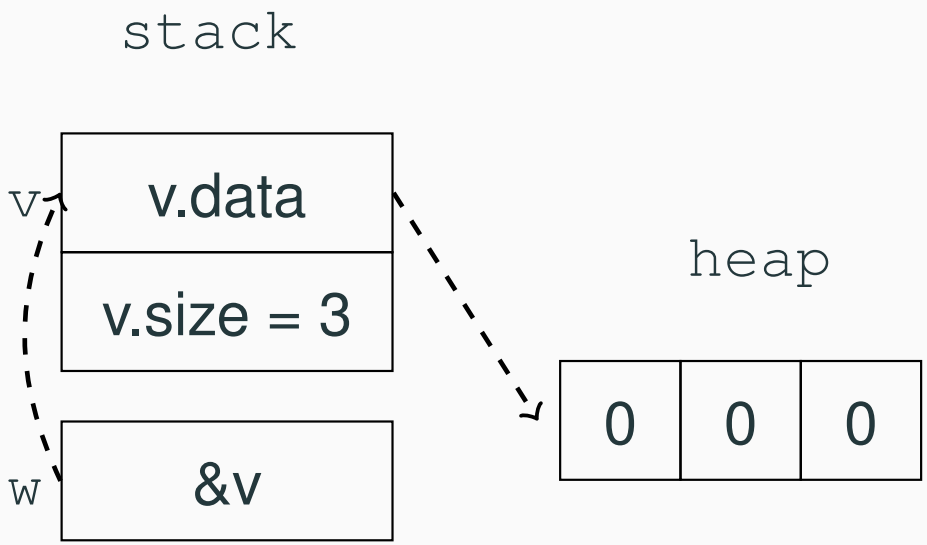
```
1  // con punteros
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(&v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector* w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w->set(i, 1);
12 }
```




```
5  Vector(int size) {  // create
6    data = malloc(..);
7    memset(data, 0 ..);
8    this->size = size;
9  }
```

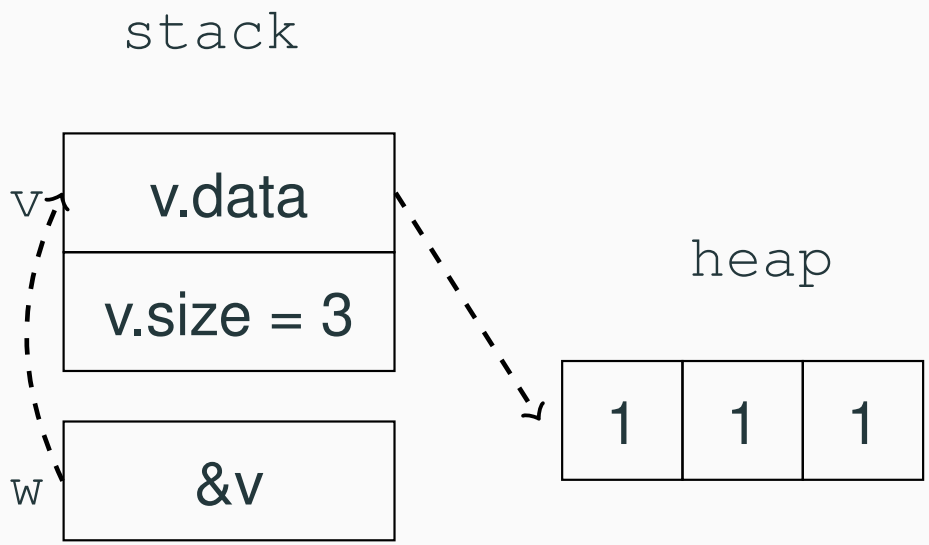
Pasaje por referencia usando punteros

```
1  // con punteros
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(&v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector* w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w->set(i, 1);
12 }
```



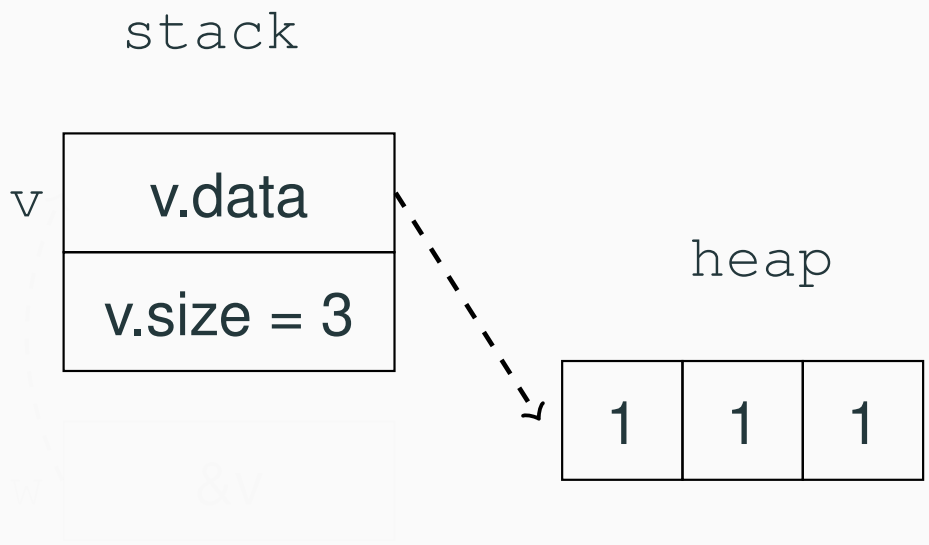
Pasaje por referencia usando punteros

```
1  // con punteros
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(&v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector* w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w->set(i, 1);
12 }
```



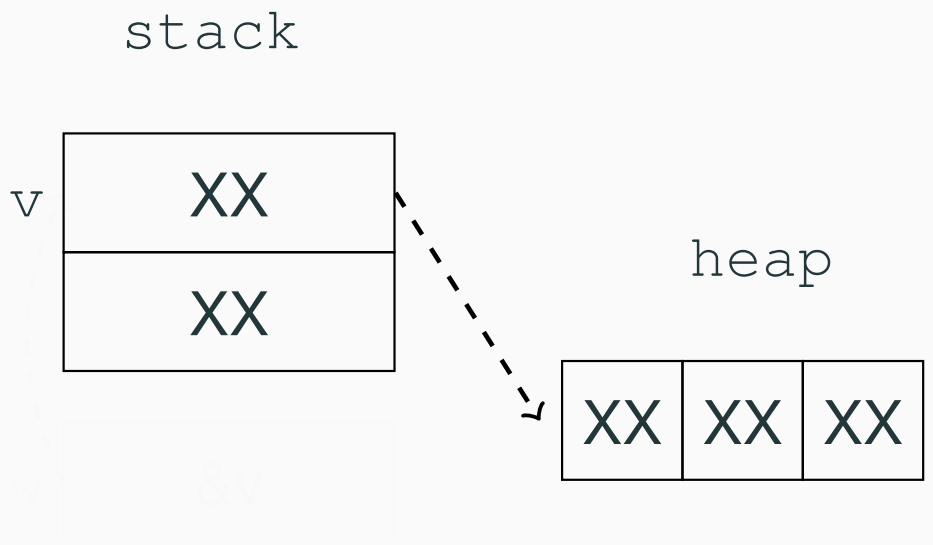
Pasaje por referencia usando punteros

```
1  // con punteros
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(&v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector* w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w->set(i, 1);
12 }
```



Pasaje por referencia usando punteros

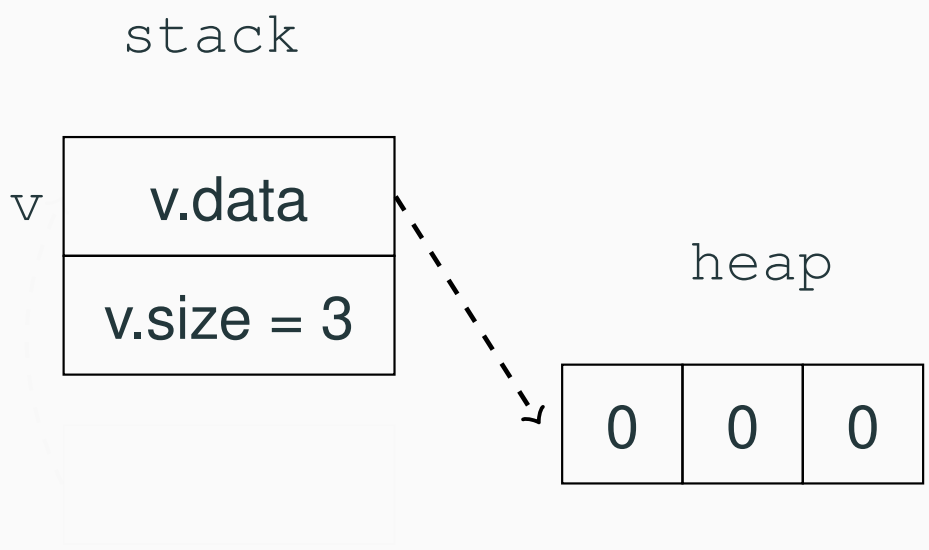
```
1  // con punteros
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(&v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector* w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w->set(i, 1);
12 }
```




```
10  ~Vector() { // destroy
11    free(data);
12  }
```

Pasaje por referencia usando referencias

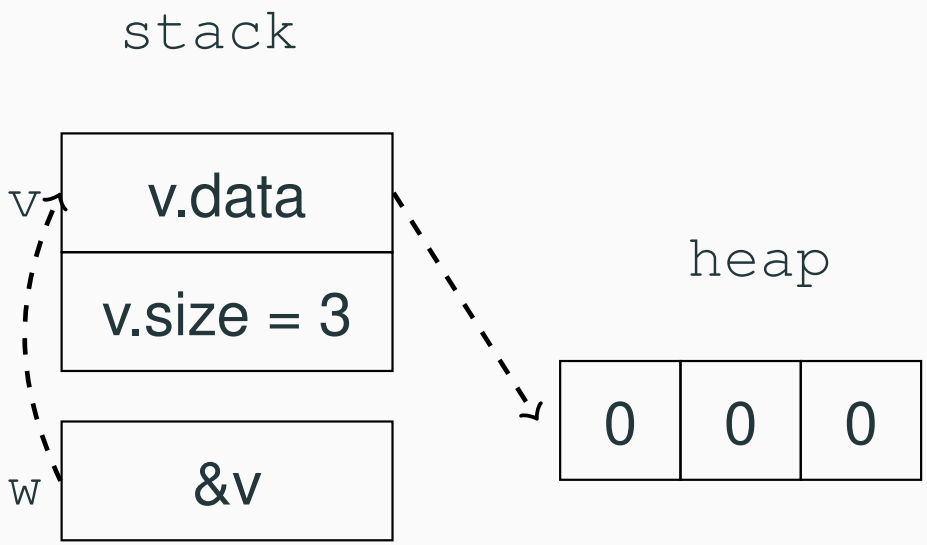
```
1  // con referencias
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector& w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
5   Vector(int size) {  // create
6     data = malloc(..);
7     memset(data, 0 ..);
8     this->size = size;
9   }
```

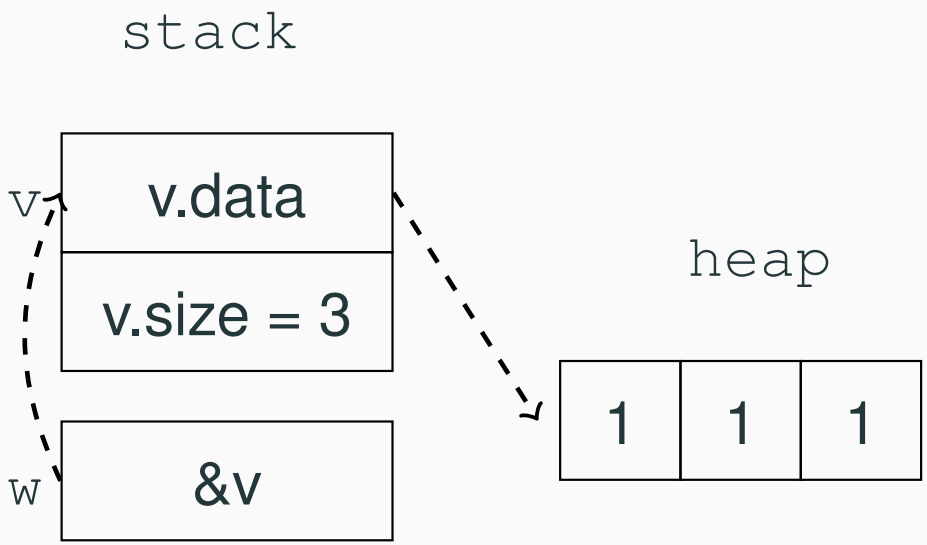
Pasaje por referencia usando referencias

```
1  // con referencias
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector& w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



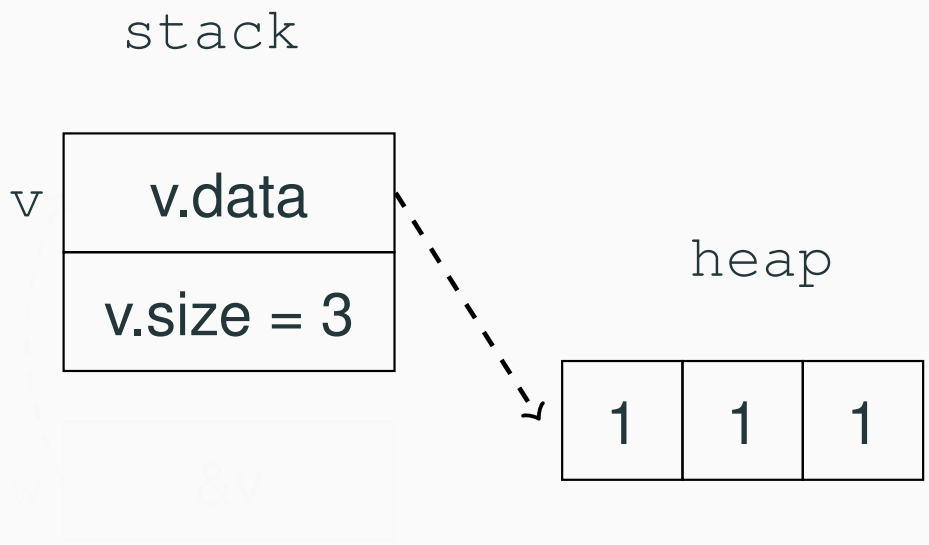
Pasaje por referencia usando referencias

```
1  // con referencias
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector& w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



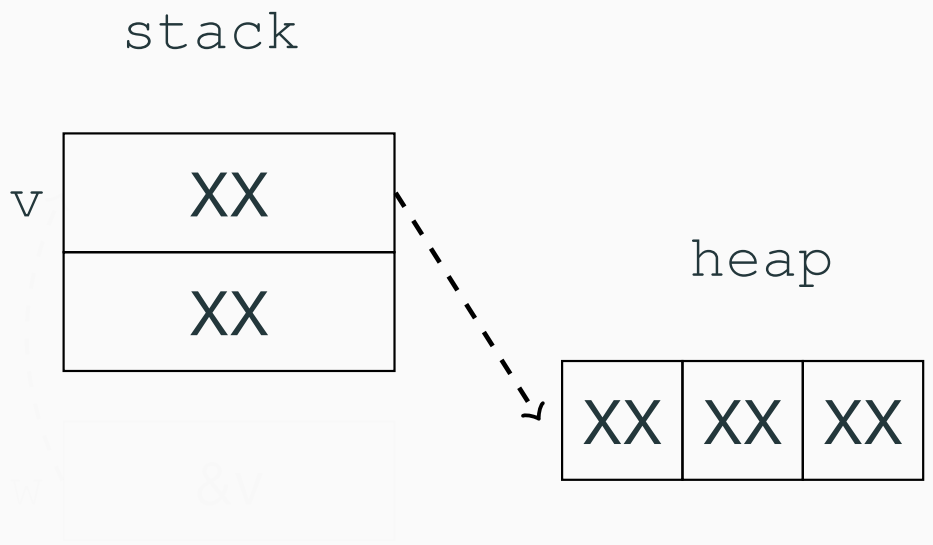
Pasaje por referencia usando referencias

```
1  // con referencias
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector& w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Pasaje por referencia usando referencias

```
1  // con referencias
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector& w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
10  ~Vector() { // destroy
11    free(data);
12  }
```

Diferencias entre referencias y punteros

```
1  int* p = nullptr;
2  int* q;
3
4  int i = 1, j = 2;
5
6  int* r = &i;
7  *r = j;
```

```
1  int& p = nullptr;
2  int& q;
3
4  int i = 1, j = 2;
5
6  int& r = i;
7  r = j;
```

Diferencias entre referencias y punteros

```
1  int* p = nullptr;
2  int* q;
3
4  int i = 1, j = 2;
5
6  int* r = &i;
7  *r = j;
```

```
1  int& p = nullptr;
2  int& q;
3
4  int i = 1, j = 2;
5
6  int& r = i;
7  r = j;
```

Diferencias entre referencias y punteros

```
1  int* p = nullptr;
2  int* q;
3
4  int i = 1, j = 2;
5
6  int* r = &i;
7  *r = j;
```

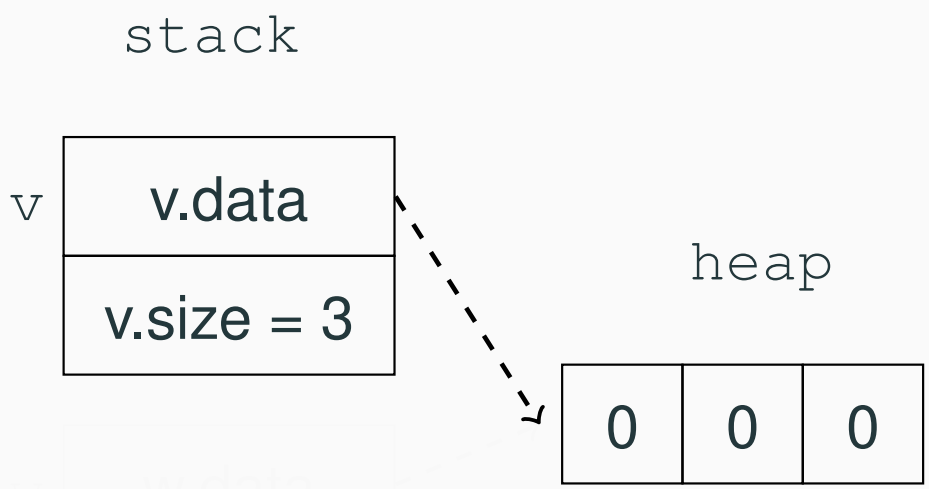
```
1  int& p = nullptr;
2  int& q;
3
4  int i = 1, j = 2;
5
6  int& r = i;
7  r = j;
```

Pasaje de objetos

Pasaje por copia

Pasaje por copia naive: bit a bit

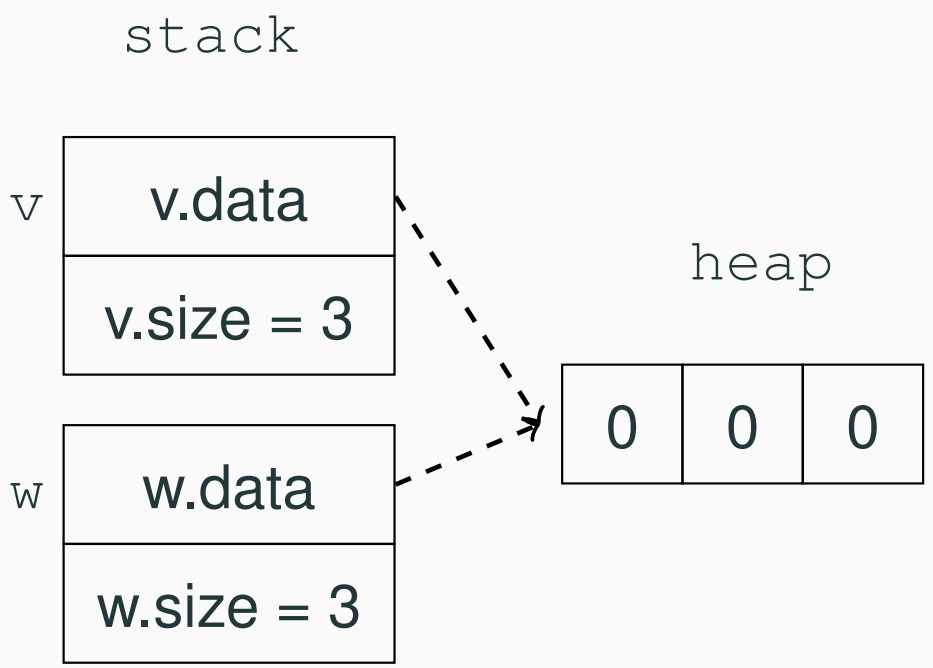
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
5   Vector(int size) {  // create
6     data = malloc(..);
7     memset(data, 0 ..);
8     this->size = size;
9   }
```

Pasaje por copia naive: bit a bit

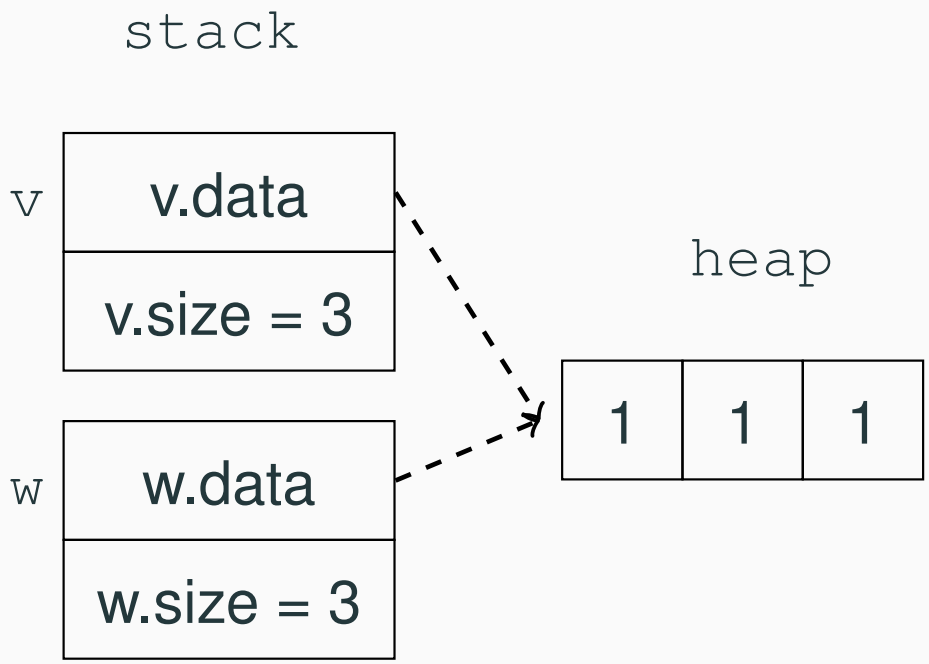
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Constructor por copia por default.

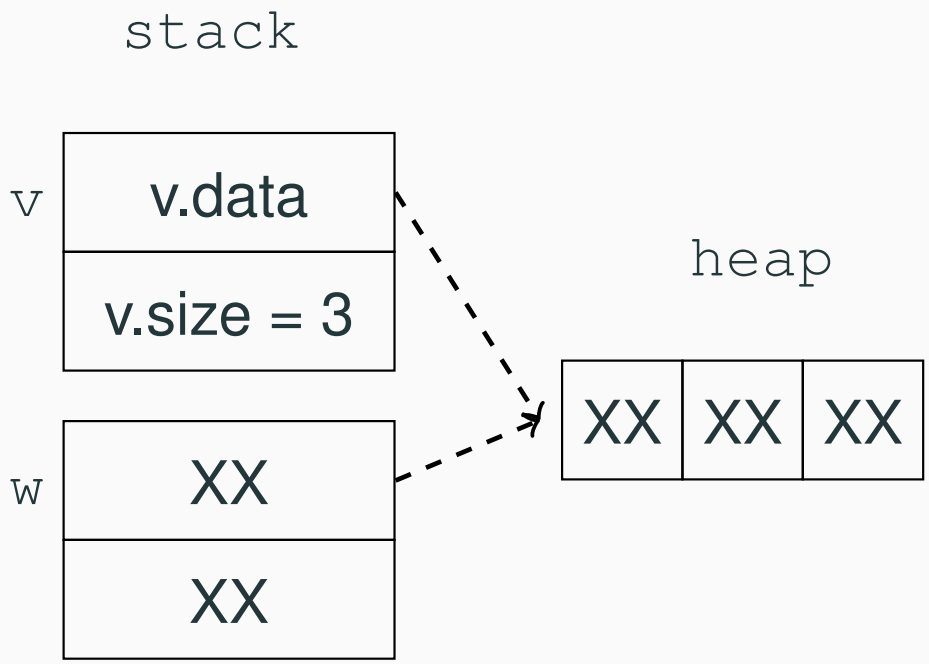
Pasaje por copia naive: bit a bit

```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Pasaje por copia naive: bit a bit

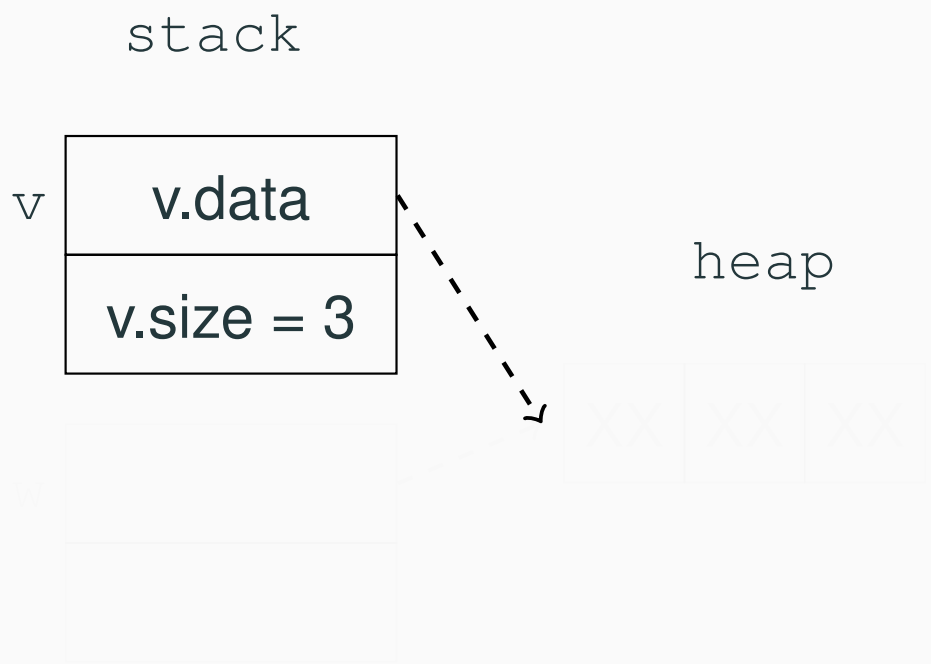
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
10  ~Vector() { // destroy
11    free(data);
12  }
```

Pasaje por copia naive: bit a bit

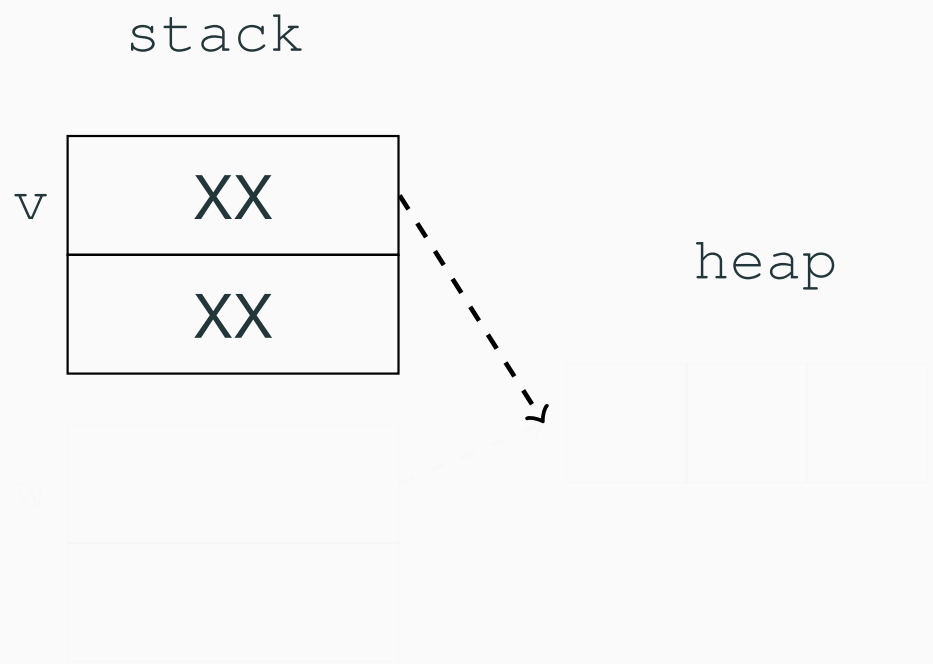
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Use after free!!

Pasaje por copia naive: bit a bit

```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Double free!!

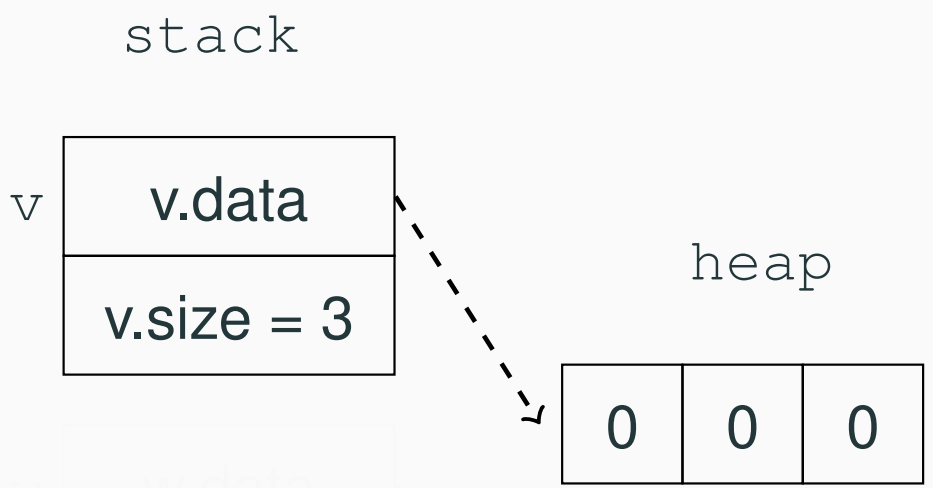
```
10   ~Vector() { // destroy
11     free(data);
12   }
```

Constructor por copia

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector(const Vector &other) {
6      this->data = (int*)malloc(other.size*sizeof(int));
7      this->size = other.size;
8
9      memcpy(this->data, other.data, this->size);
10   }
11
12 };
```

Pasaje por copia: constructor por copia

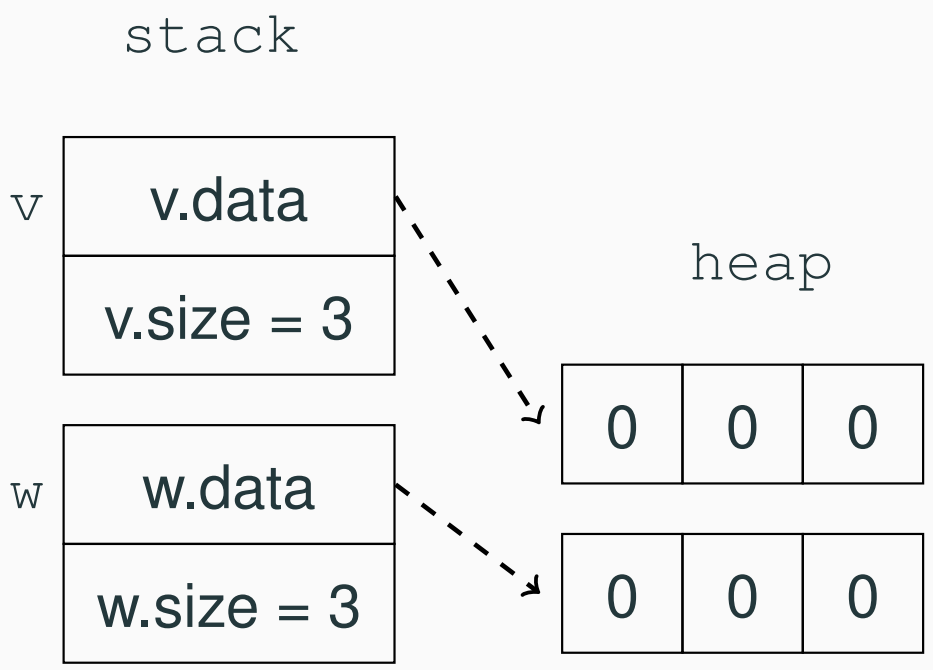
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
5   Vector(int size) {  // create
6     data = malloc(..);
7     memset(data, 0 ..);
8     this->size = size;
9   }
```

Pasaje por copia: constructor por copia

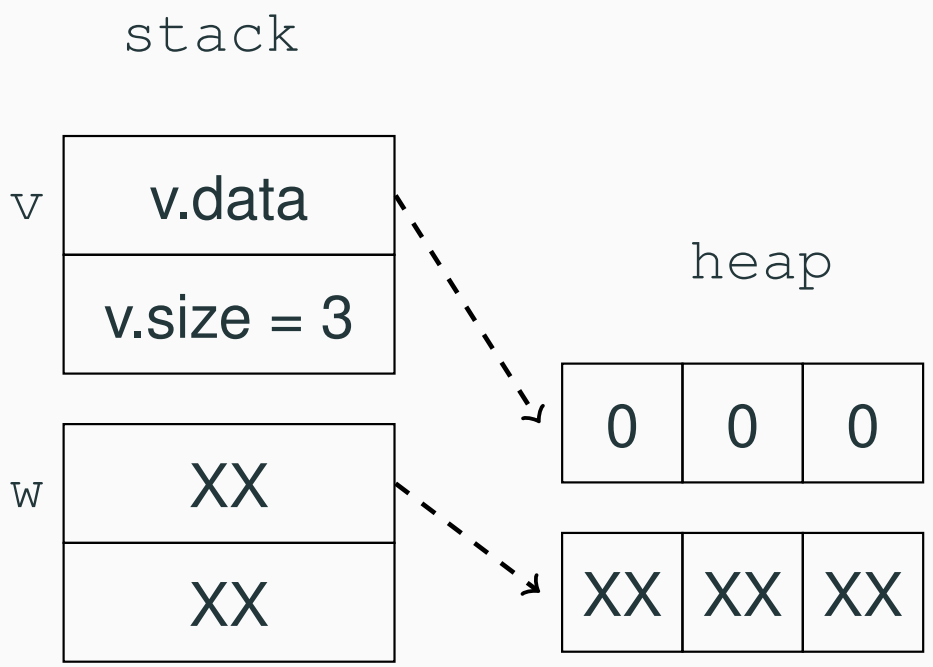
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
5   Vector(const Vector &other) {
6     data = malloc(..);
7     size = other.size;
8
9     memcpy(data, other.data, ..);
10  }
```

Pasaje por copia: constructor por copia

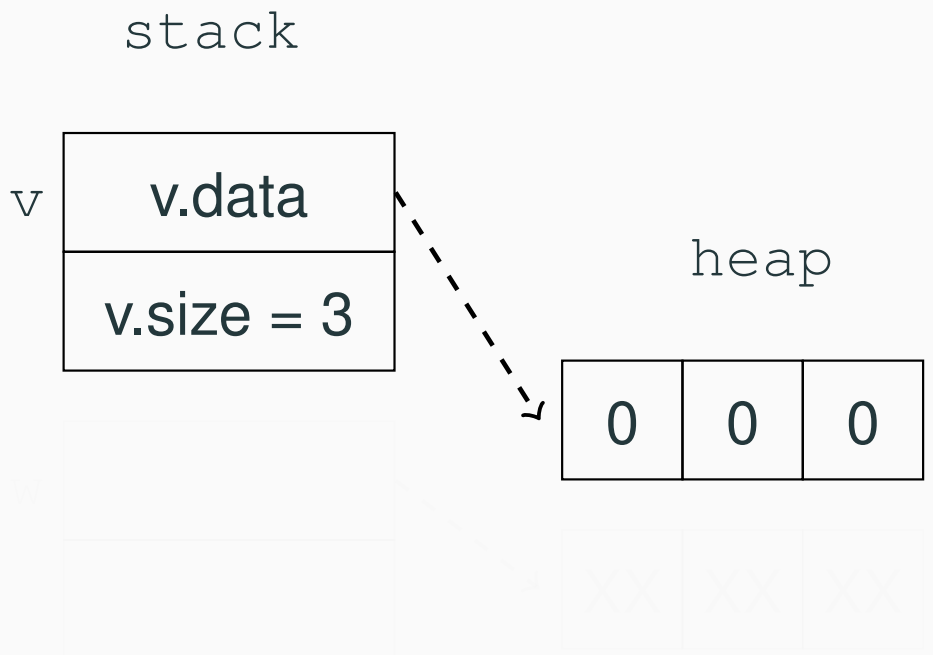
```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
10  ~Vector() { // destroy
11    free(data);
12  }
```

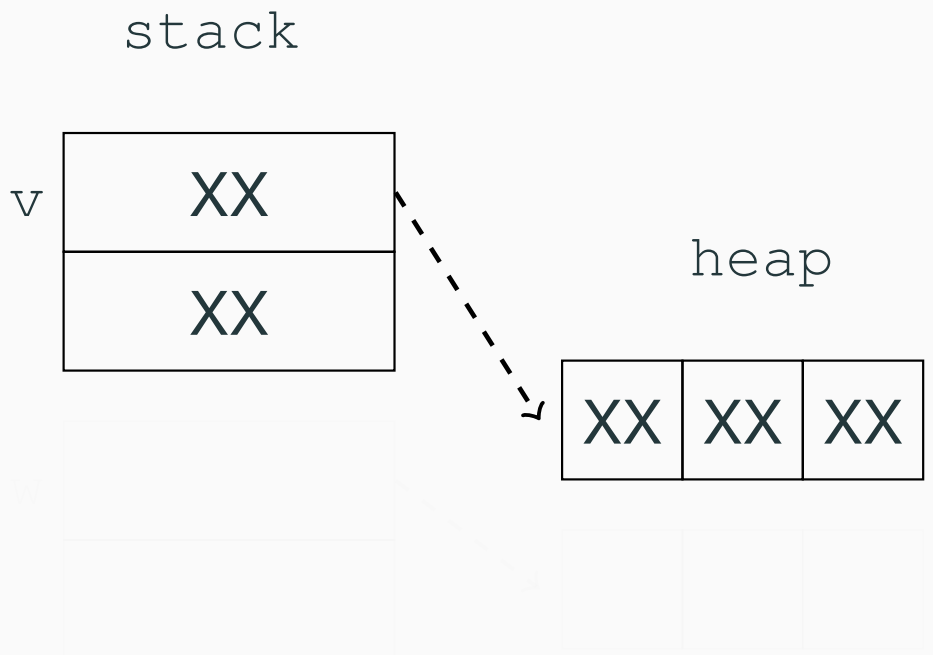
Pasaje por copia: constructor por copia

```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Pasaje por copia: constructor por copia

```
1  // por copia
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(v);
5
6      v.get(0);
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



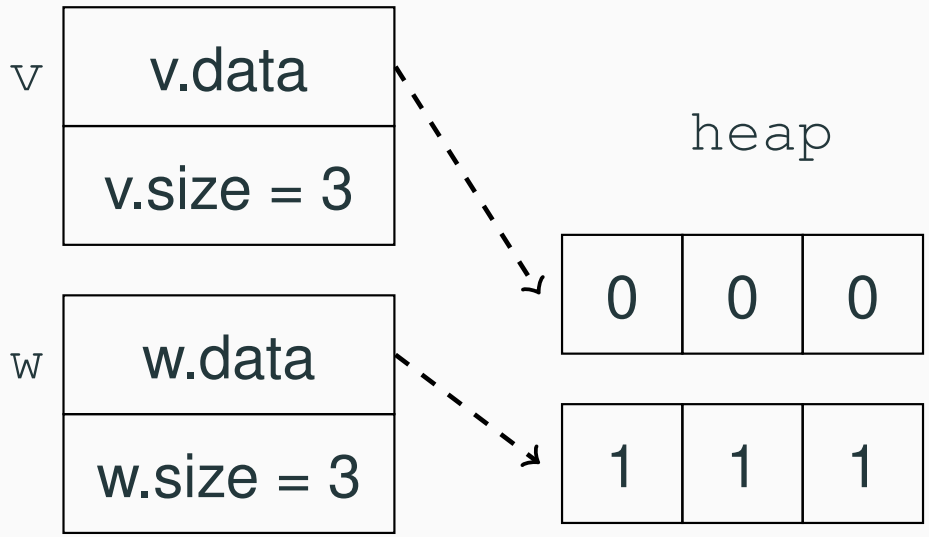

```
10  ~Vector() { // destroy
11    free(data);
12  }
```

Pasaje de objetos

Pasaje por movimiento: Move semantics

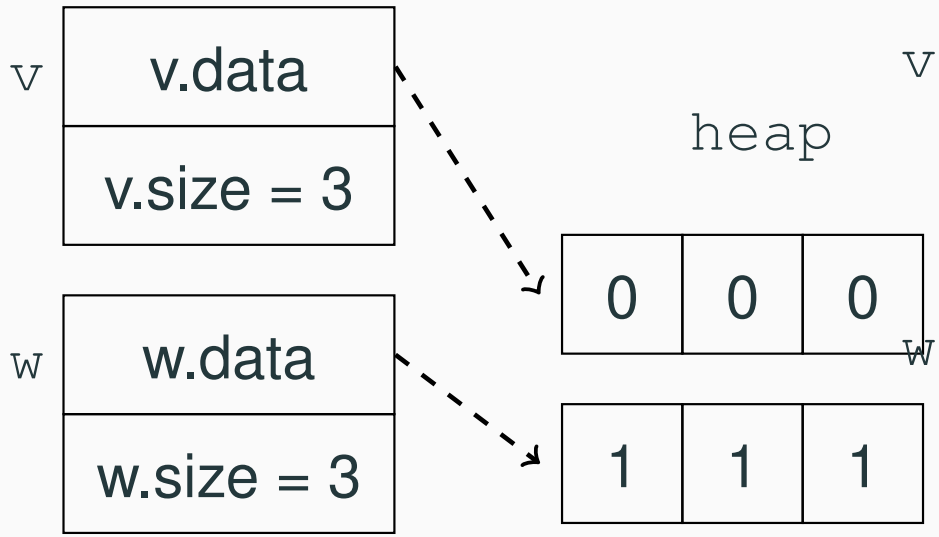
Ownership

Cada objeto se hacer cargo de sus recursos. Tienen el ownership de ellos.

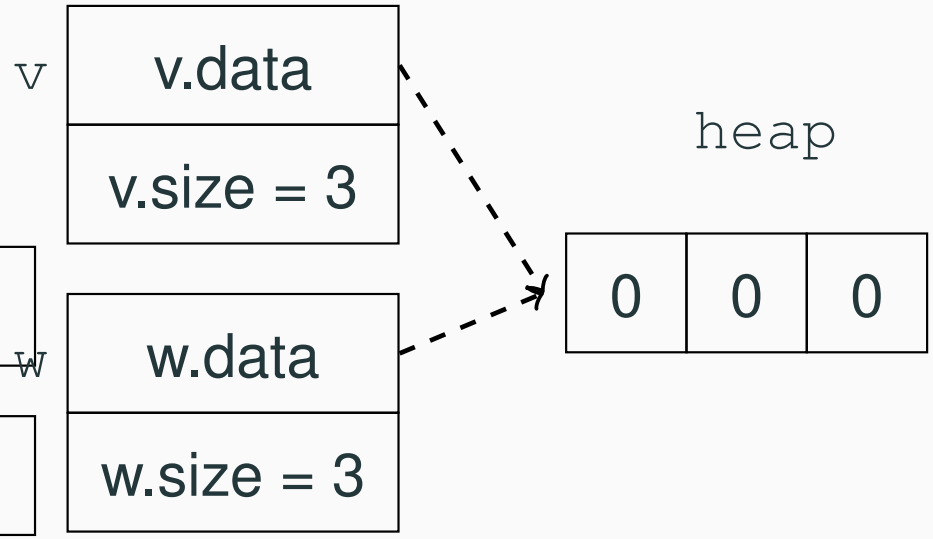


Ownership

Cada objeto se hacer cargo de sus recursos. Tienen el ownership de ellos.



Ambos objetos comparten los recursos: no hay un ownership claro.



Constructor por movimiento: transferencia del ownership

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector(Vector&& other) {
6      this->data = other.data;
7      this->size = other.size;
8
9      other.data = nullptr;
10     other.size = 0;
11   }
12
13   ~Vector() {
14       if (data)
15           free(data);
16   }
17 };
```

Constructor por movimiento: transferencia del ownership

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector(Vector&& other) {
6      this->data = other.data;
7      this->size = other.size;
8
9      other.data = nullptr;
10     other.size = 0;
11   }
12
13   ~Vector() {
14       if (data)
15           free(data);
16   }
17 };
```

Constructor por movimiento: transferencia del ownership

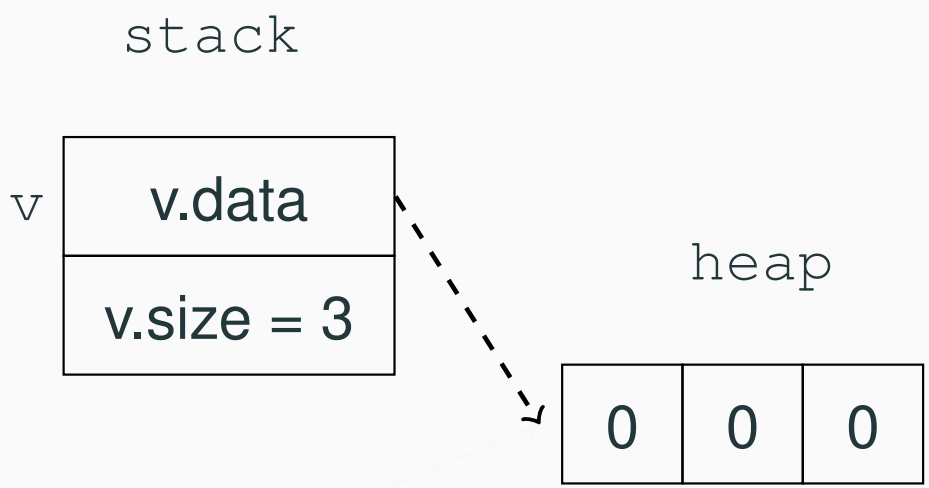
```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector(Vector&& other) {
6      this->data = other.data;
7      this->size = other.size;
8
9      other.data = nullptr;
10     other.size = 0;
11   }
12
13   ~Vector() {
14       if (data)
15           free(data);
16   }
17 };
```

Constructor por movimiento: transferencia del ownership

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector(Vector&& other) {
6      this->data = other.data;
7      this->size = other.size;
8
9      other.data = nullptr;
10     other.size = 0;
11   }
12
13   ~Vector() {
14       if (data)
15           free(data);
16   }
17 };
```

Pasaje por movimiento

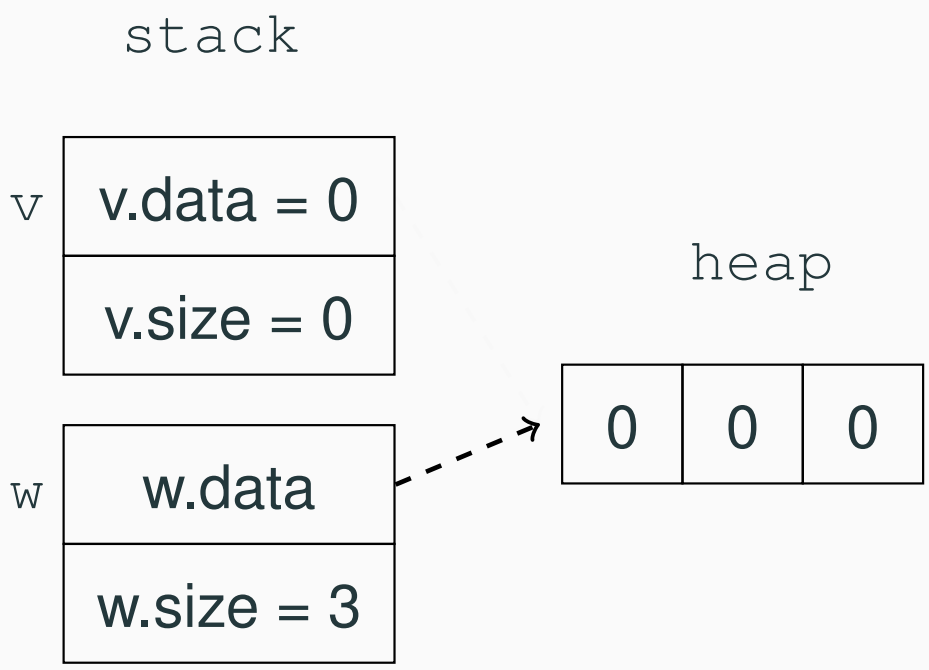
```
1  // por movimiento
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(std::move(v));
5
6      v.get(0); // ??
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
5   Vector(int size) {  // create
6     data = malloc(..);
7     memset(data, 0 ..);
8     this->size = size;
9   }
```

Pasaje por movimiento

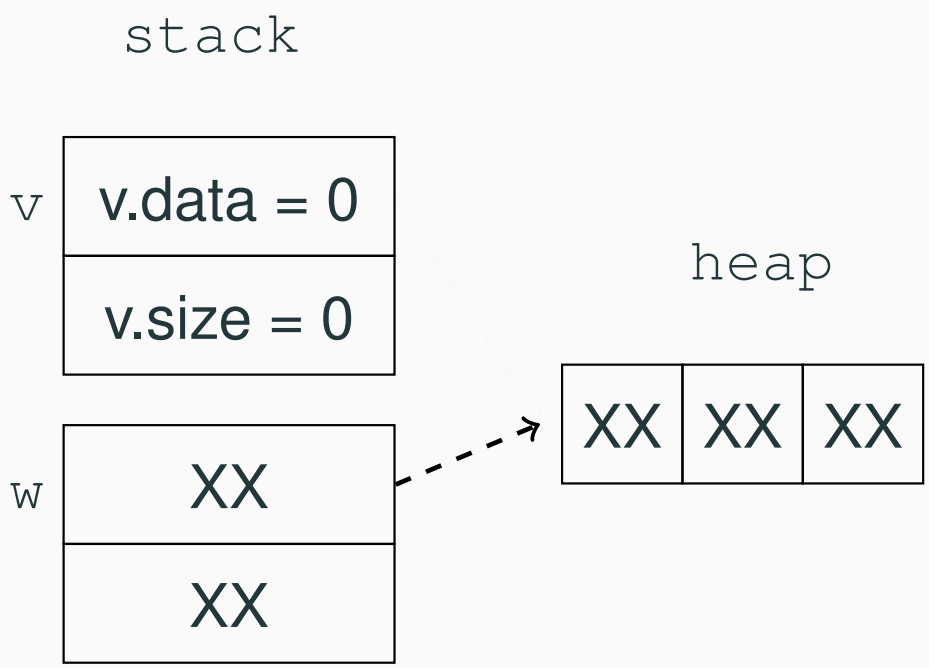
```
1  // por movimiento
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(std::move(v));
5
6      v.get(0); // ??
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
5   Vector(Vector&& other) {
6     this->data = other.data;
7     this->size = other.size;
8
9     other.data = nullptr;
10    other.size = 0;
```

Pasaje por movimiento

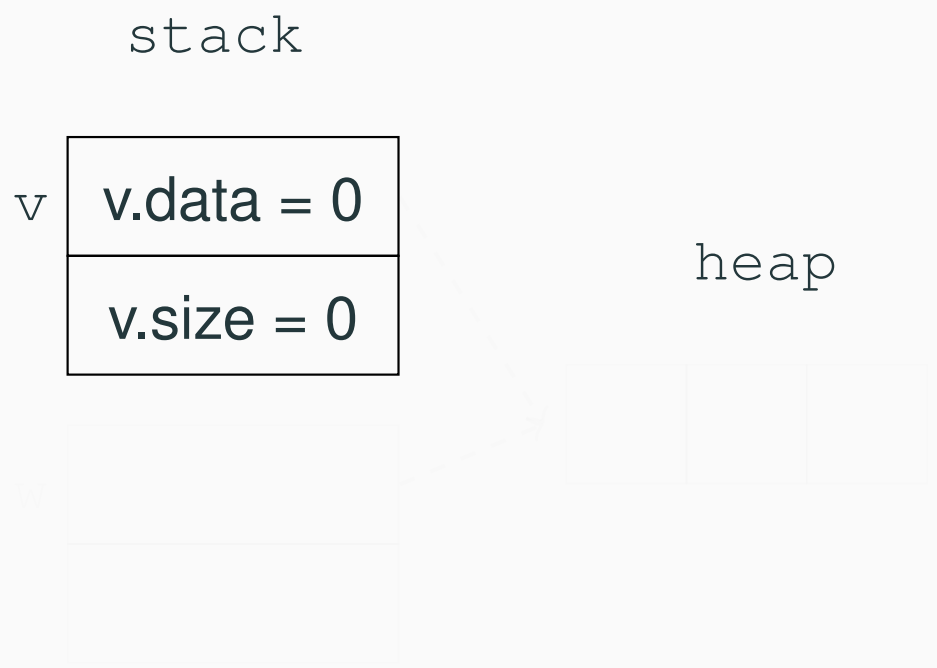
```
1  // por movimiento
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(std::move(v));
5
6      v.get(0); // ??
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```




```
10 ~Vector() { // destroy
11     if (data)
12         free(data);
13 }
```

Pasaje por movimiento

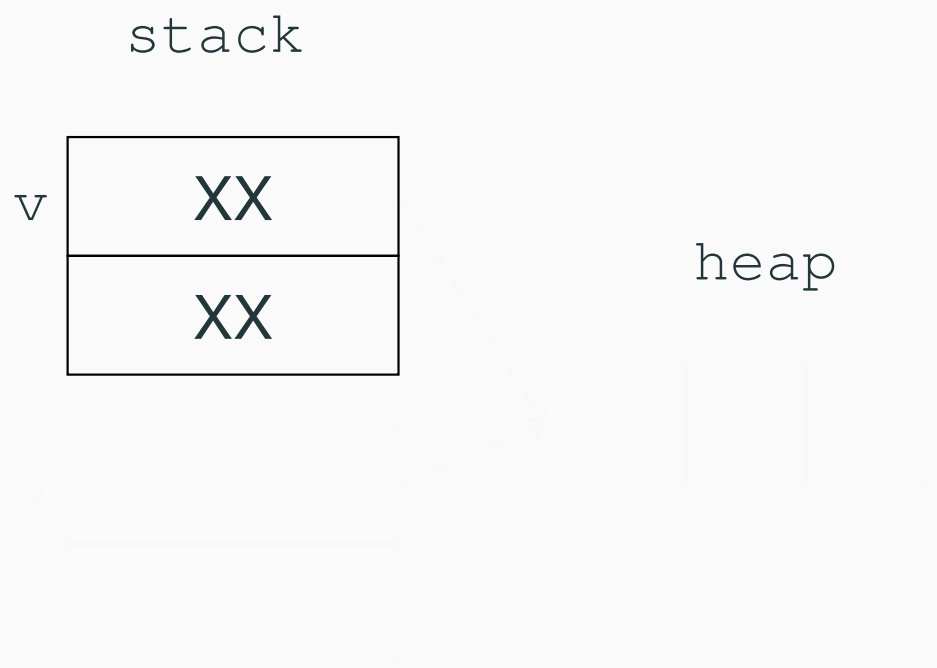
```
1  // por movimiento
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(std::move(v));
5
6      v.get(0); // ??
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Use after free!! Pero fue mi culpa. Cuando un objeto es movido solo se le puede invocar el operador asignación o el destructor, cualquier otra cosa esta mal.

Pasaje por movimiento

```
1  // por movimiento
2  int foo() {
3      Vector v(3);
4      bar(std::move(v));
5
6      v.get(0); // ??
7  }
8
9  void bar(Vector w) {
10   for (int i = 0; /*...*/)
11     w.set(i, 1);
12 }
```



Pero no hay un double free.

```
10   ~Vector() { // destroy
11       if (data)
12           free(data);
13   }
```

Motivación: retorno de un Socket

Por referencia?

```
1  Socket s;
2  acep.accept(s);

10 void accept(Socket &s) {
11     close(s.fd);
12     s.fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
13 }
```

Motivación: retorno de un Socket

Por referencia? Ineficiente o viola RAII

```
1  Socket s;
2  acep.accept(s);

10 void accept(Socket &s) {
11     close(s.fd);
12     s.fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
13 }
```

Motivación: retorno de un Socket

Por referencia? Ineficiente o viola RAII

```
1  Socket s;
2  acep.accept(s);

10 void accept(Socket &s) {
11     close(s.fd);
12     s.fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
13 }
```

Usando el heap?

```
1  Socket *s = acep.accept();

10 Socket* accept() {
11     int fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
12     return new Socket(fd);
13 }
```

Motivación: retorno de un Socket

Por referencia? Ineficiente o viola RAII

```
1  Socket s;
2  acep.accept(s);

10 void accept(Socket &s) {
11     close(s.fd);
12     s.fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
13 }
```

Usando el heap? Y si nos olvidamos del `delete`?

```
1  Socket *s = acep.accept();

10 Socket* accept() {
11     int fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
12     return new Socket(fd);
13 }
```

Motivación: retorno de un Socket

Por referencia? Ineficiente o viola RAII

```
1  Socket s;
2  acep.accept(s);

10 void accept(Socket &s) {
11     close(s.fd);
12     s.fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
13 }
```

Usando el heap? Y si nos olvidamos del `delete`?

```
1  Socket *s = acep.accept();

10 Socket* accept() {
11     int fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
12     return new Socket(fd);
13 }
```

Retornar una copia?

Motivación: retorno de un Socket

Por referencia? Ineficiente o viola RAII

```
1  Socket s;
2  acep.accept(s);

10 void accept(Socket &s) {
11     close(s.fd);
12     s.fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
13 }
```

Usando el heap? Y si nos olvidamos del `delete`?

```
1  Socket *s = acep.accept();

10 Socket* accept() {
11     int fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
12     return new Socket(fd);
13 }
```

Retornar una copia? Tiene sentido? Simplemente No.

Solución?: Mover el Socket!!

Por movimiento!

```
1  Socket s = acep.accept();

10 Socket accept() {
11     int fd = ::accept(/*...*/); // accept de C
12     return std::move(Socket(fd));
13 }
```

- El constructor `Socket(int)` debe ser privado.
- El socket creado dentro del método `accept` es movido hacia afuera.
- Todos los objetos involucrados viven en el stack y por lo tanto se destruyen automáticamente.

Otro ejemplo: pasando objetos a un hilo

```
10 std::thread aceptar_un_cliente(Socket &aceptador) {
11     Socket skt_cliente = aceptador.accept();
12
13     // movimiento de un socket, todo ok
14     std::thread t {manejador_del_cliente,
15                    std::move(skt_cliente)};
16
17     return std::move(t);
18 } // <--el socket skt_cliente se destruye, pero como se movio
19   // no deberia pasar nada (siempre que se implemente el
20   // constructor por movimiento y el destructor acorde!)
```

Asignación

Asignación por copia

Asignación

```
1  Vector f(Vector v) {
2    Vector a(v);
3    Vector b = v;
4
5    Vector c(5);
6
7    c = v;
8
9    return v;
10 }
```

Asignación

```
1  Vector f(Vector v) {
2    Vector a(v);
3    Vector b = v;
4
5    Vector c(5);
6
7    c = v;
8
9    return v;
10 }
```

Asignación por copia: un objeto creado copiando de otro

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector& operator=(const Vector &other) {
6      if (this == &other) {
7        return *this; // other is myself!
8      }
9
10     if (this->data)
11         free(this->data);
12
13     this->data = (int*)malloc(other.size*sizeof(int));
14     this->size = other.size;
15     memcpy(this->data, other.data; this->size);
16
17     return *this;
18   }
19 };
```

Asignación por copia: un objeto creado copiando de otro

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector& operator=(const Vector &other) {
6      if (this == &other) {
7        return *this; // other is myself!
8      }
9
10     if (this->data)
11         free(this->data);
12
13     this->data = (int*)malloc(other.size*sizeof(int));
14     this->size = other.size;
15     memcpy(this->data, other.data; this->size);
16
17     return *this;
18   }
19 };
```

Asignación por copia: un objeto creado copiando de otro

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector& operator=(const Vector &other) {
6      if (this == &other) {
7        return *this; // other is myself!
8      }
9
10     if (this->data)
11         free(this->data);
12
13     this->data = (int*)malloc(other.size*sizeof(int));
14     this->size = other.size;
15     memcpy(this->data, other.data; this->size);
16
17     return *this;
18   }
19 };
```

Asignación por copia: un objeto creado copiando de otro

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector& operator=(const Vector &other) {
6      if (this == &other) {
7        return *this; // other is myself!
8      }
9
10     if (this->data)
11         free(this->data);
12
13     this->data = (int*)malloc(other.size*sizeof(int));
14     this->size = other.size;
15     memcpy(this->data, other.data; this->size);
16
17     return *this;
18   }
19 };
```

Asignación

Asignación por movimiento

Asignación por movimiento

```
1  struct Vector {
2    int *data;
3    int size;
4
5    Vector& operator=(Vector&& other) {
6      if (this == &other) {
7        return *this; // other is myself!
8      }
9
10     if (this->data)
11         free(this->data);
12
13     this->data = other.data;
14     this->size = other.size;
15
16     other.data = nullptr;
17     other.size = 0;
18
19     return *this;
```

Ej Asignación por movimiento: swap de objetos

```
10 void swap(Vector& a, Vector& b) {
11     Vector t = a;  // copia (constructor)
12     a = b;  // copia (asignacion)
13     b = t;  // copia (asignacion)
14 }
```

```
10 void swap(Vector& a, Vector& b) {
11     Vector t = std::move(a); // a se mueve a t (constructor)
12     a = std::move(b); // b se mueve a a (asignacion)
13     b = std::move(t); // t se mueve a b (asignacion)
14 }
```

Objetos no copiables

Objetos no copiables

Objetos no copiables

```
1  struct File {
2    public:
3    File copy(const char *to_where) { ... }
4
5    private:
6    File(const File &other) = delete;
7    File& operator=(const File &other) = delete;
8
9  };
```

Resumen

- Implementar el constructor y destructor con el idiom RAII: el objeto se hacer cargo (ownership) del recurso.
- Implementar constructor y asignación por movimiento.
- Hacer que el objeto no sea copiable.
  - Si se necesita copiar un objeto implementar un método `copy`. Si se quiere copiar, que sea una llamada explícita y no automática.
  - En última instancia, implementar el constructor y asignación por copia.

Appendix

Referencias

Referencias I

Bjarne Stroustrup.
***The C++ Programming Language*.**
Addison Wesley, Fourth Edition.