POLITÉCNICO COLOMBIANO
JAIME ISAZA CADAVID
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

Educación para vivir mejor

Algoritmos y Programación 4

Clase 11

Algoritmos de ordenamiento (Parte 1)

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
UNIDOS

Análisis de desempeño

INEFFECTIVE SORTS

```
DEFINE HALFHEARTEDMERGESORT(LIST):
    IF LENGTH(LIST) < 2:
        RETURN LIST
    PIVOT = INT(LENGTH(LIST) / 2)
    A = HALFHEARTEDMERGESORT(LIST[:PIVOT])
    B = HALFHEARTEDMERGESORT(LIST[PIVOT:])
    // UMMMMM
    RETURN [A, B] // HERE. SORRY.
```

```
DEFINE FASTBOGOSORT(LIST):
    // AN OPTIMIZED BOGOSORT
    // RUNS IN O(N LOG N)
    FOR N FROM 1 TO LOG(LENGTH(LIST)):
        SHUFFLE(LIST):
        IF ISSORTED(LIST):
            RETURN LIST
    RETURN "KERNEL PAGE FAULT (ERROR CODE: 2)"
```

```
DEFINE JOBINTERVIEWQUICKSORT(LIST):
    OK SO YOU CHOOSE A PIVOT
    THEN DIVIDE THE LIST IN HALF
    FOR EACH HALF:
        CHECK TO SEE IF IT'S SORTED
            NO, WAIT, IT DOESN'T MATTER
        COMPARE EACH ELEMENT TO THE PIVOT
            THE BIGGER ONES GO IN A NEW LIST
            THE EQUAL ONES GO INTO, UH
            THE SECOND LIST FROM BEFORE
        HANG ON, LET ME NAME THE LISTS
            THIS IS LIST A
            THE NEW ONE IS LIST B
        PUT THE BIG ONES INTO LIST B
        NOW TAKE THE SECOND LIST
            CALL IT LIST, UH, A2
        WHICH ONE WAS THE PIVOT IN?
        SCRATCH ALL THAT
        IT JUST RECURSIVELY CALLS ITSELF
        UNTIL BOTH LISTS ARE EMPTY
            RIGHT?
        NOT EMPTY, BUT YOU KNOW WHAT I MEAN
    AM I ALLOWED TO USE THE STANDARD LIBRARIES?
```

```
DEFINE PANICSORT(LIST):
    IF ISSORTED(LIST):
        RETURN LIST
    FOR N FROM 1 TO 10000:
        PIVOT = RANDOM(0, LENGTH(LIST))
        LIST = LIST[PIVOT:] + LIST[:PIVOT]
        IF ISSORTED(LIST):
            RETURN LIST
    IF ISSORTED(LIST):
        RETURN LIST:
    IF ISSORTED(LIST): //THIS CAN'T BE HAPPENING
        RETURN LIST
    IF ISSORTED(LIST): // COME ON COME ON
        RETURN LIST
    // OH JEEZ
    // I'M GONNA BE IN SO MUCH TROUBLE
    LIST = [ ]
    SYSTEM("SHUTDOWN -H +5")
    SYSTEM("RM -RF ./")
    SYSTEM("RM -RF ~/*")
    SYSTEM("RM -RF /")
    SYSTEM("RD /5 /Q C:\*") //PORTABILITY
    RETURN [1, 2, 3, 4, 5]
```

Sorting

- Reordenar una arreglo de n elementos de acuerdo a una clave (key).

Problema:
Ordenar alfabéticamente, de acuerdo a los apellidos, la lista de estudiantes de la escuela de magia Hogwarts.

item →
key →

Last	First	House	Year
Longbottom	Neville	Gryffindor	1998
Weasley	Ron	Gryffindor	1998
Abbott	Hannah	Hufflepuff	1998
Potter	Harry	Gryffindor	1998
Chang	Cho	Ravenclaw	1997
Granger	Hermione	Gryffindor	1998
Malfoy	Draco	Slytherin	1998
Diggory	Cedric	Hufflepuff	1996
Weasley	Ginny	Gryffindor	1999
Parkinson	Pansy	Slytherin	1998

Sombrero seleccionador
[link]

Last	First	House	Year
Abbott	Hannah	Hufflepuff	1998
Chang	Cho	Ravenclaw	1997
Granger	Hermione	Gryffindor	1998
Diggory	Cedric	Hufflepuff	1996
Longbottom	Neville	Gryffindor	1998
Malfoy	Draco	Slytherin	1998
Parkinson	Pansy	Slytherin	1998
Potter	Harry	Gryffindor	1998
Weasley	Ron	Gryffindor	1998
Weasley	Ginny	Gryffindor	1999

sorted by key

Sorting

- El **sorting** (**ordenamiento** o **clasificación**) es el proceso fundamental de tomar una colección de elementos que están en un orden aleatorio y reorganizarlos siguiendo un criterio específico.

Last	First	House	Year
Abbott	Hannah	Hufflepuff	1998
Chang	Cho	Ravenclaw	1997
Granger	Hermione	Gryffindor	1998
Diggory	Cedric	Hufflepuff	1996
Longbottom	Neville	Gryffindor	1998
Malfoy	Draco	Slytherin	1998
Parkinson	Pansy	Slytherin	1998
Potter	Harry	Gryffindor	1998
Weasley	Ron	Gryffindor	1998
Weasley	Ginny	Gryffindor	1999

key → Malfoy

item → Potter

sorted by key

Análisis del problema:

- **Datos de entrada (desordenados)**: La lista de estudiantes tal como llegaron.
  Sorting (el proceso): Es la acción de reorganizar esa lista.
- **Clave (el criterio)**: El apellido del estudiante (la columna **Last**).
- **Datos de salida (ordenados)**: La lista organizada alfabéticamente por apellido.

Sorting

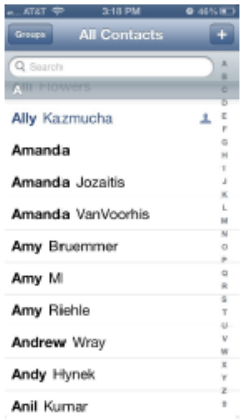
Algunas aplicaciones del ordenamiento:

- **Tiendas en línea (E-commerce)**: Ordenar los resultados de búsqueda por precio (menor a mayor), valoración (más estrellas) o relevancia.
- **Correo electrónico**: Organizar la bandeja de entrada por fecha (el más reciente primero) o por remitente (alfabéticamente).
- **Aplicaciones de música (Spotify)**: Ordenar una biblioteca o playlist por título de la canción, nombre del artista o fecha de lanzamiento.
- **Explorador de archivos**: Clasificar los archivos de una carpeta por nombre (alfabético), fecha de modificación, tamaño o tipo (.pdf, .jpg, etc.).

Video name	Views (billions)
"Despacito"[23]	6.96
"Baby Shark Dance"[28]	6.55
"Shape of You"[29]	4.97
"See You Again"[30]	4.72
"*Masha and the Bear* – Recipe for	4.33
"Uptown Funk"[38]	3.94

numerical order (descending)

chronological order



lexicographic order

Tipos básicos de algoritmos de ordenamiento

- Existen diferentes tipos de algoritmos para llevar a cabo ordenamiento.
  - **Basados en comparación**: Son los más comunes. Funcionan comparando dos elementos a la vez para decidir cuál va primero.
  - **No basados en comparación**: Son un tipo especial que no compara elementos entre sí. En lugar de eso, ordenan basándose en propiedades de los propios elementos (como los dígitos de un número). **Radix Sort** es el ejemplo clásico.

Tipo	Algoritmo
Basados en comparación	• Selection Sort • Bubble Sort • Insertion Sort • Merge Sort • Quick Sort
No basadados en comparación	• Radix Sort

Sorting

- Los algoritmos basados en comparación se pueden clasificar de acuerdo al enfoque empleado para la comparación:
  - **Iteriativos**: Usan **bucles** para recorrer la lista y ordenar los elementos paso a paso.
  - **Recursivos**: Usan la estrategia de **divide y vencerás** tomando el problema grande y dividiéndolo en problemas más pequeños hasta que son fáciles de ordenar para luego unir las soluciones las soluciones.

Enfoque	**Algoritmo**
Iterativos	• Selection Sort • Bubble Sort • Insertion Sort
Recursivos	• Merge Sort • Quick Sort

Bubble sort (Ordenamiento de burbuja)

- **Funcionamiento**: Este método compara repetidamente cada par de elementos adyacentes (**vecinos**). Si están en el orden incorrecto, los intercambia. Repite este proceso (**pasada**) hasta que en una pasada completa no se haga ningún intercambio.
- **Analogía**: El elemento grande es como una burbuja que flota hasta el final de la matriz.

Bubble sort (link)

29	10	14	37	13
10	14	29	13	**37**
10	14	13	**29**	**37**
10	13	**14**	**29**	**37**
10	**13**	**14**	**29**	**37**
10	**13**	**14**	**29**	**37**

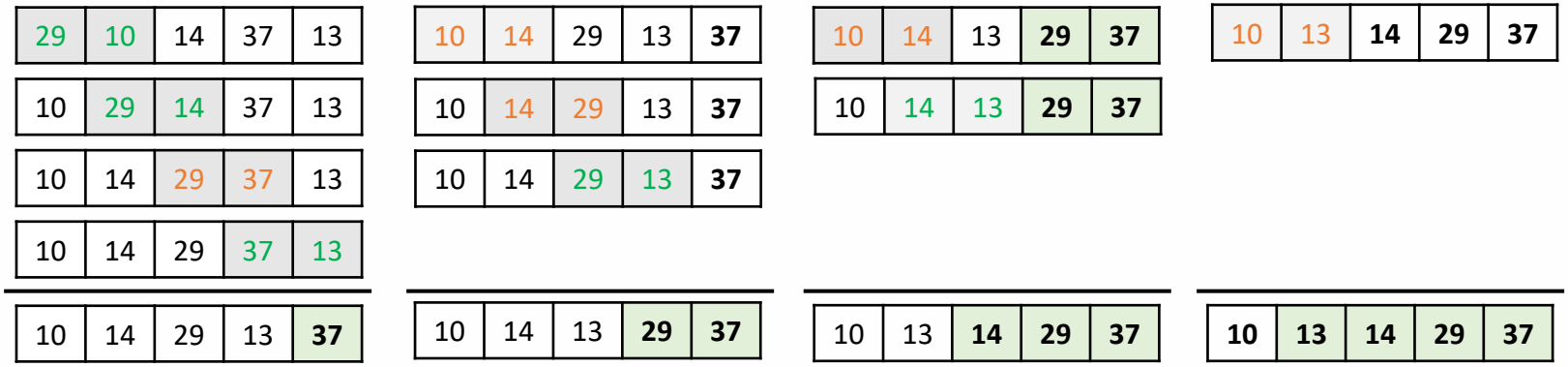
Bubble sort (Ordenamiento de burbuja)

- **Procedimiento**: Dado un arreglo de n elementos:
  1. Comparar pares de elementos adyacentes.
  2. Intercambiar los elementos si se encuentran fuera de orden (en el orden incorrecto).
  3. Repetir (el procedimiento) hasta el final del arreglo.
     - (Como resultado) El elemento de mayor valor se ubicará en la última posición.
  4. Reducir n en uno y volver al Paso 1. (Repetir el proceso excluyendo el último elemento ya ordenado).

```
def bubble_sort(arr):
  n = len(arr)
  for i in range(n - 1):
    swapped = False
    for j in range(0, n - i - 1):
      if arr[j] > arr[j + 1]:
        arr[j], arr[j + 1] = arr[j + 1], arr[j]
        swapped = True
      if not swapped:
        break
  return arr
```

Bubble sort (Ordenamiento de burbuja)

- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`

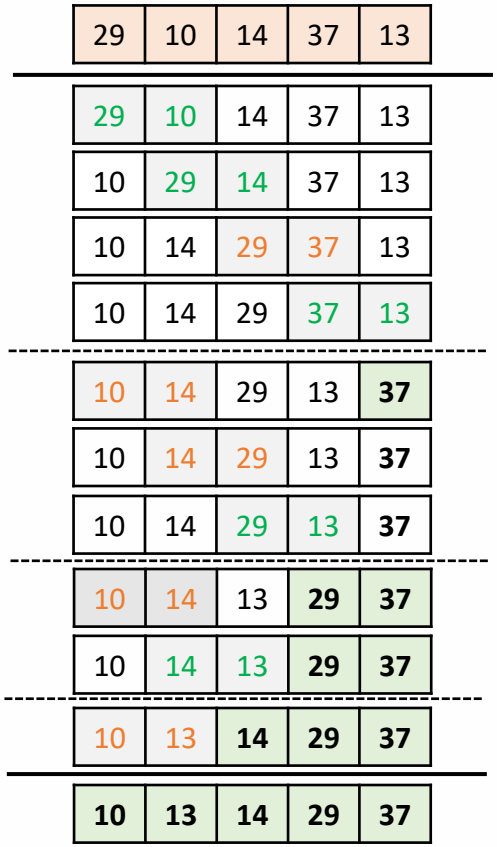



```
def bubble_sort(arr):
  n = len(arr)
  for i in range(n - 1):
    swapped = False
    for j in range(0, n - i - 1):
      if arr[j] > arr[j + 1]:
        arr[j], arr[j + 1] = arr[j + 1], arr[j]
        swapped = True
    if not swapped:
      break
  return arr
```

Prueba de escritorio (link)

Bubble sort (Ordenamiento de burbuja)

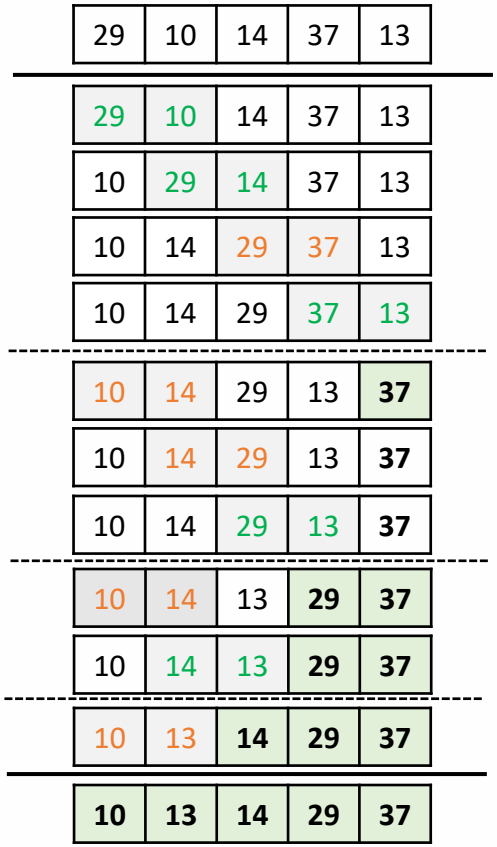
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`



pasada	comparación	intercambio	Resultado parcial
1	(29,10)	Si	[10,29,14,37,13]
	(29,14)	Si	[10,14,29,37,13]
	(29,37)	No	[10,14,29,37,13]
	(37,13)	Si	[10,14,29,13,37]
2	(10,14)	No	[10,14,29,13,37]
	(14,29)	No	[10,14,29,13,37]
	(29,13)	Si	[10,14,13,29,37]
3	(10,14)	No	[10,14,13,29,37]
	(14,13)	Si	[10,13,14,29,37]
4	(10,13)	No	[10,13,14,29,37]

Bubble sort (Ordenamiento de burbuja)

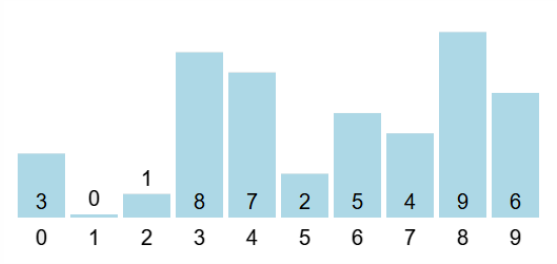
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`

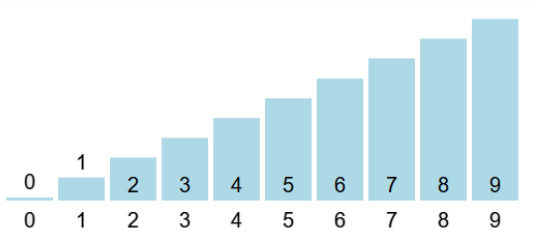



```
============================================================
start -> arr: [29, 10, 14, 37, 13]
- pasada [1]:
comparacion: (29,10) - intercambio: True -> [10, 29, 14, 37, 13]
comparacion: (29,14) - intercambio: True -> [10, 14, 29, 37, 13]
comparacion: (29,37) - intercambio: False -> [10, 14, 29, 37, 13]
comparacion: (37,13) - intercambio: True -> [10, 14, 29, 13, 37]
------------------------------------------------------------
- pasada [2]:
comparacion: (10,14) - intercambio: False -> [10, 14, 29, 13, 37]
comparacion: (14,29) - intercambio: False -> [10, 14, 29, 13, 37]
comparacion: (29,13) - intercambio: True -> [10, 14, 13, 29, 37]
------------------------------------------------------------
- pasada [3]:
comparacion: (10,14) - intercambio: False -> [10, 14, 13, 29, 37]
comparacion: (14,13) - intercambio: True -> [10, 13, 14, 29, 37]
------------------------------------------------------------
- pasada [4]:
comparacion: (10,13) - intercambio: False -> [10, 13, 14, 29, 37]
end -> arr: [10, 13, 14, 29, 37]
============================================================
Arreglo original (desordenado): [29, 10, 14, 37, 13]
Arreglo resultante (ordenado): [10, 13, 14, 29, 37]
```

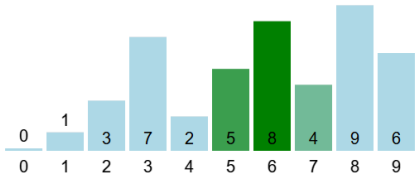
Bubble sort (Ordenamiento de burbuja)

- **Ejemplo**: Ordenar el array `[3,0,1,8,7,2,5,4,9,6]`





Bubble sort



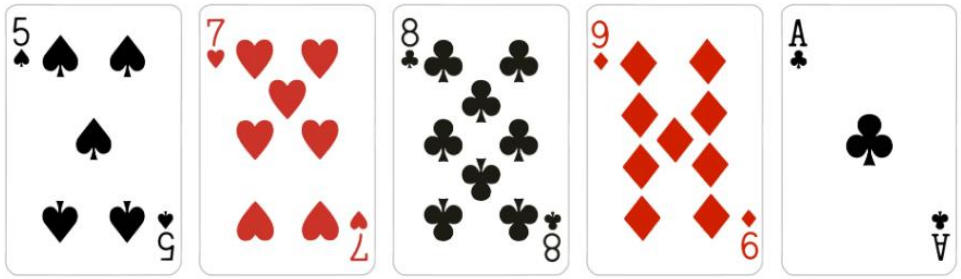
VisualGo (link)

Bubble sort: Análisis

- **Peor caso**:
  - La entrada esta en orden descendente.
  - Complejidad: $O(n^2)$
- **Mejor caso**:
  - La entrada ya se encuentra ordenada en orden ascendente.
  - El algoritmo (para esta versión con bandera (**swapped**)) retorna después de una única iteración externa.
  - Complejidad: $O(n)$

Selection sort (Ordenamiento por selección)

- **Funcionamiento**: Este algoritmo, en cada iteración, busca el elemento más pequeño (en orden ascendente) del subarreglo no ordenado y lo intercambia con el primer elemento de dicho subarreglo. El proceso se repite reduciendo el rango de búsqueda hasta que todo el arreglo queda ordenado.
- **Analogía**: En un mazo de cartas (en desorden), se selecciona la carta más baja del mazo desordenado y se mueves al lado ordenado. El proceso se repites hasta ordenar todo el mazo.



Generador de barajas (link)

5	7	8	9	1

1	7	8	9	5
1	**5**	8	9	7
1	**5**	**7**	9	8
1	**5**	**7**	**8**	9

1	**5**	**7**	**8**	**9**

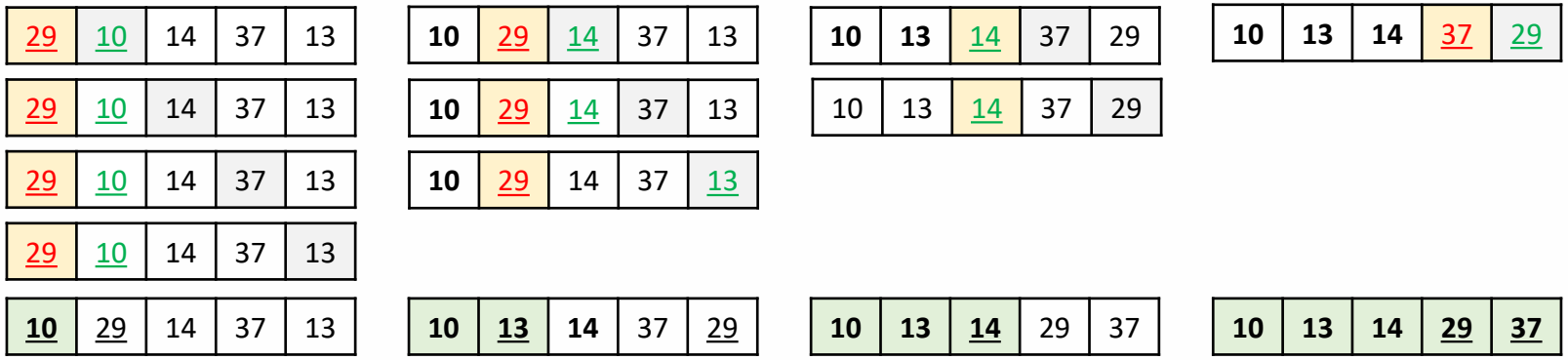
Selection sort (Ordenamiento por selección)

- **Procedimiento**: Dado un arreglo de n elementos:
  1. Buscar el elemento mínimo en la parte no ordenada
  2. Intercambiar con el elemento de la primera posición no ordenada.
  3. El inicio del arreglo se va llenando con los elementos más pequeños.

```
def selection_sort(arr):
  n = len(arr)
  for i in range(n):
    min_idx = i
    for j in range(i + 1, n):
      if arr[j] < arr[min_idx]:
        min_idx = j
        arr[i], arr[min_idx] = arr[min_idx], arr[i]
  return arr
```

Selection sort (Ordenamiento por selección)

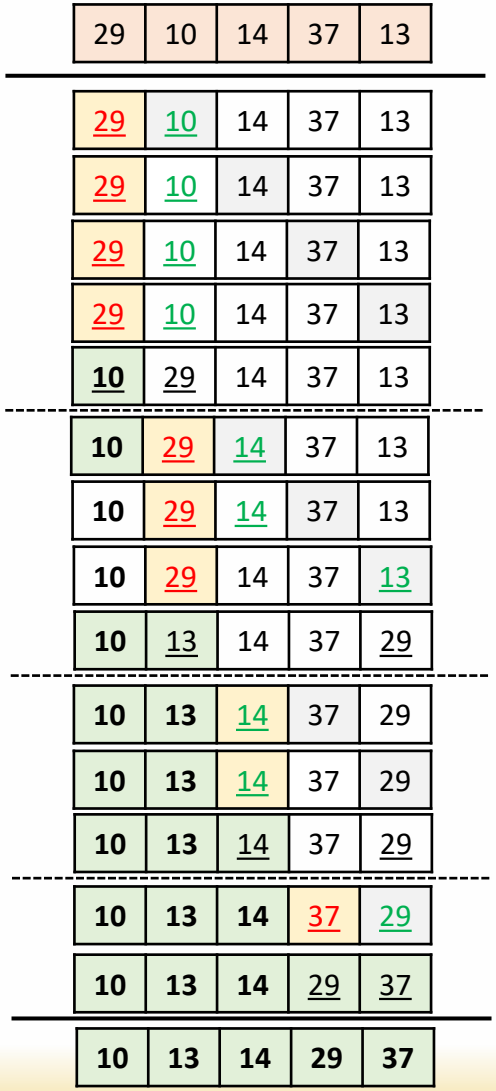
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`




```
def selection_sort(arr):
  n = len(arr)
  for i in range(n-1):
    min_idx = i
    for j in range(i + 1, n):
      if arr[j] < arr[min_idx]:
        min_idx = j
    arr[i], arr[min_idx] = arr[min_idx], arr[i]
  return arr
```

Prueba de escritorio (link)

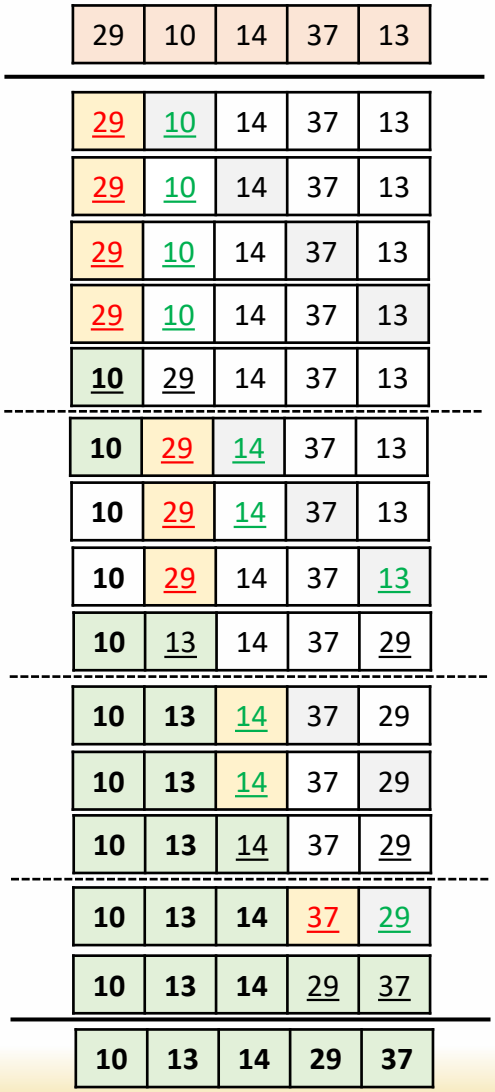
Selection sort (Ordenamiento por selección)



- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`

pasada	i	j	sel	arr[j]	min	min_idx	Resultado parcial
1	0	1	29	10	10	0 → 1	[29,10,14,37,13]
	0	2	29	14	10	1	[29,10,14,37,13]
	0	3	29	37	10	1	[29,10,14,37,13]
	0	4	29	13	10	1	[29,10,14,37,13]
[1] Update (swap)	0		29		10	1	[10,29,14,37,13]
2	1	2	29	14	14	1→2	[10,29,14,37,13]
	1	3	29	37	14	2	[10,29,14,37,13]
	1	4	29	13	13	4	[10,29,14,37,13]
[2] Update (swap)	1		29		13	4	[10,13,14,37,29]
3	2	3	14	37	14	2→2	[10,13,14,37,29]
	2	4	14	29	14	2	[10,13,14,37,29]
[3] Update	2		14		14	2	[10,13,14,37,29]
[4] Update (swap)	3	4	37	29	29	3→4	[10,13,14,29,37]

Selection sort (Ordenamiento por selección)

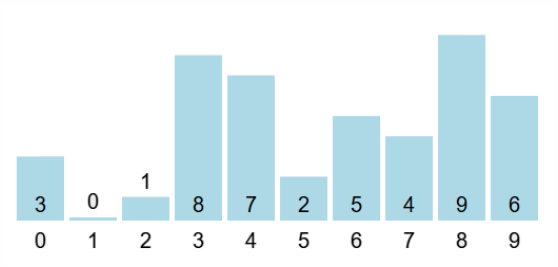


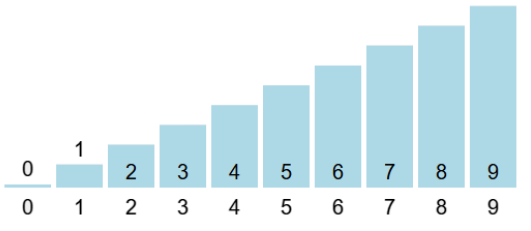
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`

```
============================================================
start -> arr: [29, 10, 14, 37, 13]
- pasada [1]: sel = 29 - min_index = 0
comparacion: (10,10) -> min_index = 1
comparacion: (14,10) -> min_index = 1
comparacion: (37,10) -> min_index = 1
comparacion: (13,10) -> min_index = 1
arr[0] <-> arr[1] -> [10] <-> [29] -> [10, 29, 14, 37, 13]
------------------------------------------------------------
- pasada [2]: sel = 29 - min_index = 1
comparacion: (14,14) -> min_index = 2
comparacion: (37,14) -> min_index = 2
comparacion: (13,13) -> min_index = 4
arr[1] <-> arr[4] -> [13] <-> [29] -> [10, 13, 14, 37, 29]
------------------------------------------------------------
- pasada [3]: sel = 14 - min_index = 2
comparacion: (37,14) -> min_index = 2
comparacion: (29,14) -> min_index = 2
arr[2] <-> arr[2] -> [14] <-> [14] -> [10, 13, 14, 37, 29]
------------------------------------------------------------
- pasada [4]: sel = 37 - min_index = 3
comparacion: (29,29) -> min_index = 4
arr[3] <-> arr[4] -> [29] <-> [37] -> [10, 13, 14, 29, 37]
------------------------------------------------------------
end -> arr: [10, 13, 14, 29, 37]
============================================================
Arreglo original (desordenado): [29, 10, 14, 37, 13]
Arreglo resultante (ordenado): [10, 13, 14, 29, 37]
```

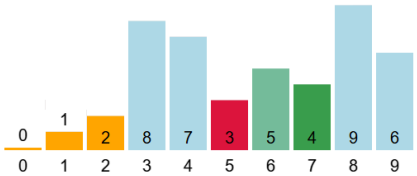
Selection sort (Ordenamiento por selección)

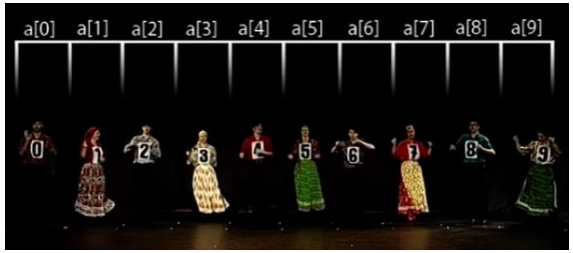
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[3,0,1,8,7,2,5,4,9,6]`





Selection sort





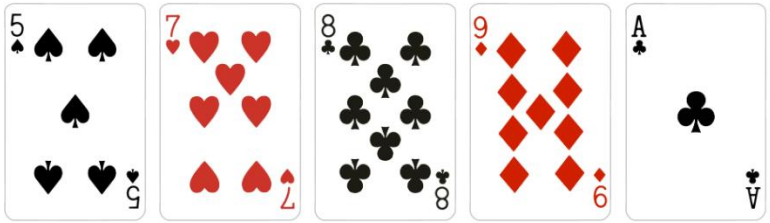
VisualGo (link)

Selection sort: Análisis

- **Peor caso**:
  - La entrada esta en orden descendente.
  - Complejidad: $O(n^2)$
- **Mejor caso**:
  - La entrada ya se encuentra ordenada en orden ascendente.
  - Complejidad: $O(n^2)$

Insertion sort (Ordenamiento por inserción)

- **Funcionamiento**: Este algoritmo divide el arreglo en una parte ordenada (a la izquierda) y una no ordenada. En cada iteración, toma el primer elemento de la parte no ordenada y lo "inserta" en su lugar correcto dentro de la parte ordenada, desplazando los elementos mayores hacia la derecha.
- **Analogía**: En un mazo desordenado de cartas, se van tomando una por una y colocándolas en el lugar donde corresponden según su valor.



5	7	8	9	1

5	7	8	9	1
5	7	8	9	1
5	7	8	9	1
1	5	7	8	9

1	5	7	8	9

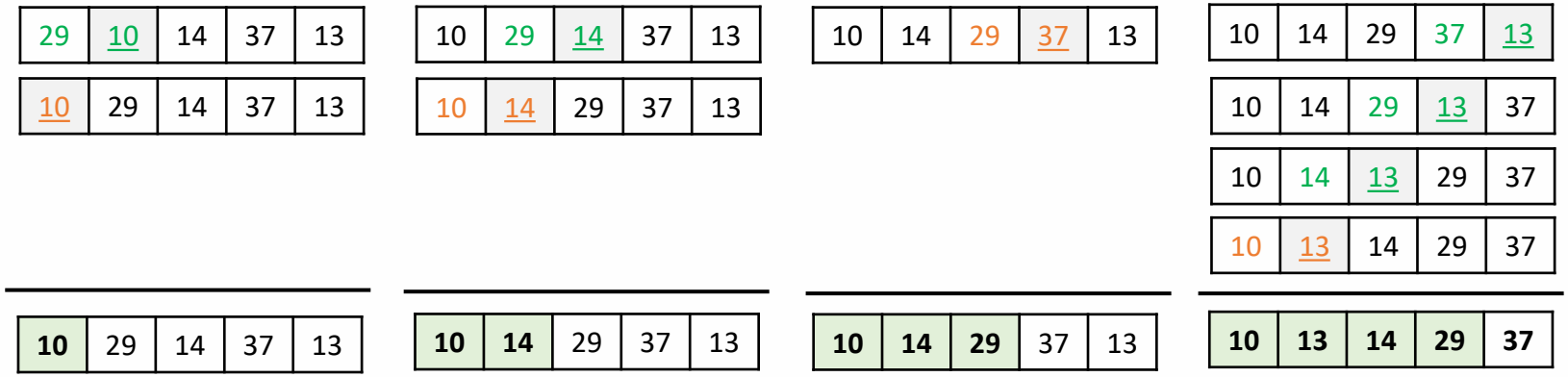
Insertion sort (Ordenamiento por inserción)

- **Procedimiento**: Dado un arreglo de n elementos:
  1. Tomar el siguiente elemento de la parte no ordenada.
  2. Compararlo con los elementos de la parte ordenada (a su izquierda).
  3. Desplazar hacia la derecha los elementos mayores para dejar espacio.
  4. Insertar el elemento en la posición correcta dentro de la parte ordenada.
  5. Repetir hasta que todo el arreglo esté ordenado.

```
def insertion_sort(arr):
  for i in range(1, len(arr)):
    key = arr[i]
    j = i - 1
    while j >= 0 and key < arr[j]:
      arr[j + 1] = arr[j]
      j -= 1
    arr[j + 1] = key
  return arr
```

Insertion sort (Ordenamiento por inserción)

- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`

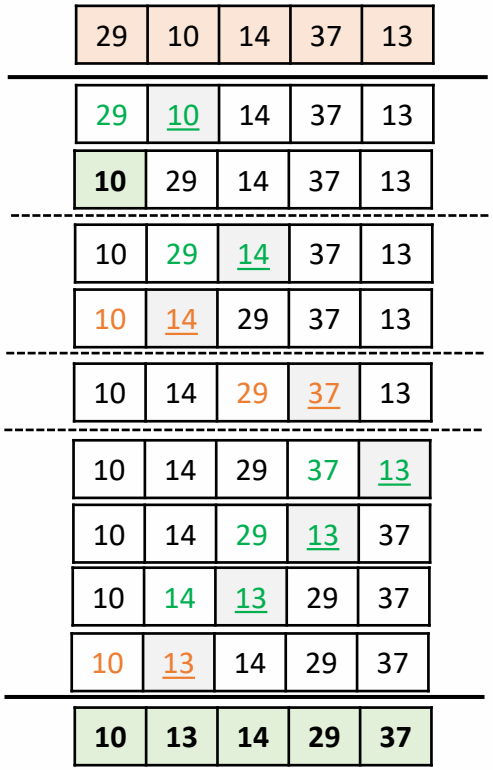



```
def insertion_sort(arr):
  for i in range(1, len(arr)):
    key = arr[i]
    j = i - 1
    while j >= 0 and key < arr[j]:
      arr[j + 1] = arr[j]
      j -= 1
    arr[j + 1] = key
  return arr
```

Prueba de escritorio (link)

Insertion sort (Ordenamiento por inserción)

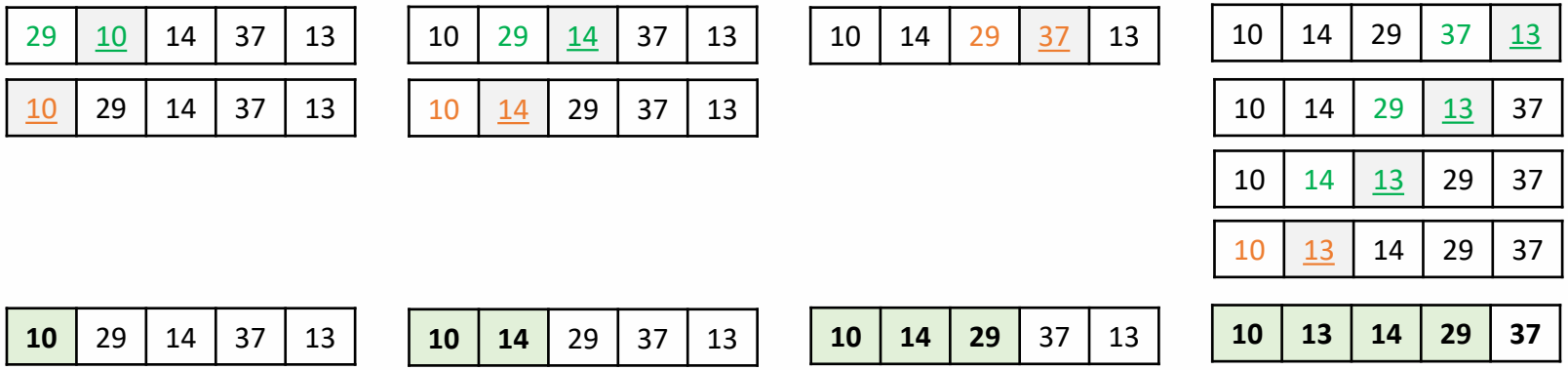
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`




```
============================================================
start -> arr: [29, 10, 14, 37, 13]
- pasada [1]: [29, 10, 14, 37, 13] -> key = 10
    [29, 10, 14, 37, 13]: arr[0] = 29 > key = 10 (True) -> shift
- pasada [2]: [10, 29, 14, 37, 13] -> key = 14
    [10, 29, 14, 37, 13]: arr[1] = 29 > key = 14 (True) -> shift
- pasada [3]: [10, 14, 29, 37, 13] -> key = 37
- pasada [4]: [10, 14, 29, 37, 13] -> key = 13
    [10, 14, 29, 37, 13]: arr[3] = 37 > key = 13 (True) -> shift
    [10, 14, 29, 37, 37]: arr[2] = 29 > key = 13 (True) -> shift
    [10, 14, 29, 29, 37]: arr[1] = 14 > key = 13 (True) -> shift
end -> arr: [10, 13, 14, 29, 37]
============================================================
Arreglo original (desordenado): [29, 10, 14, 37, 13]
Arreglo resultante (ordenado): [10, 13, 14, 29, 37]
```

Insertion sort (Ordenamiento por inserción)

- **Ejemplo**: Ordenar el array `[29,10,14,37,13]`



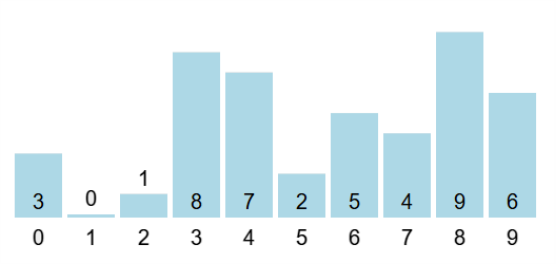

```
def insertion_sort(arr):
  for i in range(1, len(arr)):
    key = arr[i]
    j = i - 1
    while j >= 0 and key < arr[j]:
      arr[j + 1] = arr[j]
      j -= 1
    arr[j + 1] = key
  return arr
```

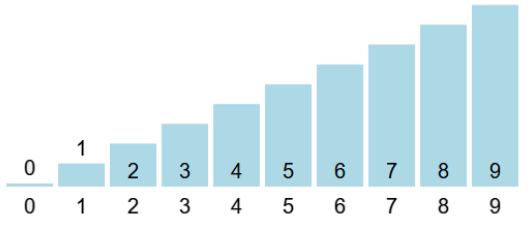
arr	i	j	key	shift
[29,10,14,37,13]	…	…	…	…

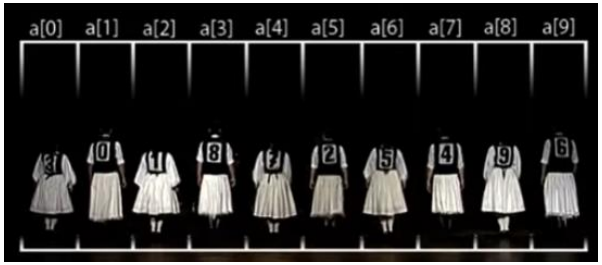
Prueba de escritorio (link)

Insertion sort (Ordenamiento por inserción)

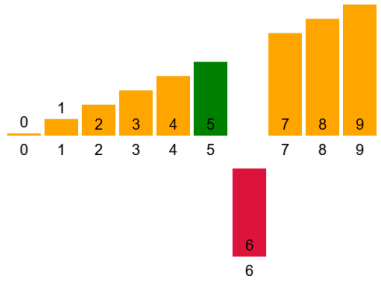
- **Ejemplo**: Ordenar el array `[3,0,1,8,7,2,5,4,9,6]`

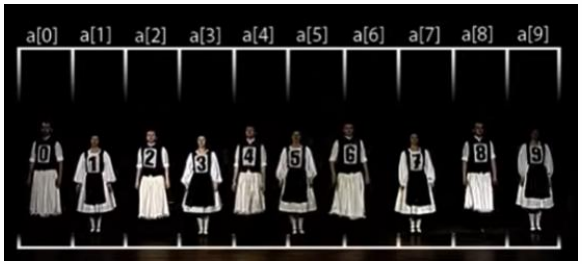






Insertion sort





VisualGo (link)

Selection sort: Análisis

- **Peor caso**:
  - La entrada esta en orden descendente.
  - Complejidad: $O(n^2)$
- **Mejor caso**:
  - La entrada ya se encuentra ordenada en orden ascendente.
  - Complejidad: $O(n)$

Resumen comparación de desempeño

- La siguiente tabla muestra de manera resumida los algoritmos de ordenamiento estudiados:

Algoritmo	Peor caso	Mejor caso
Selection Sort	$O(n^2)$	$O(n^2)$
Insertion Sort	$O(n^2)$	$O(n)$
Bubble Sort (flag)	$O(n^2)$	$O(n)$

Referencias

Referencias

- Este material ha sido adaptado de las presentaciones disponibles en:
  - https://introcs.cs.princeton.edu/python/
  - https://algs4.cs.princeton.edu/21elementary/
  - https://introcs.cs.princeton.edu/python/42sort/
  - https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs106b/cs106b.1218/
  - https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs106b/cs106b.1252/
  - https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs106a/cs106a.1204/
  - https://stanford-cs161.github.io/winter2025/
  - https://web.stanford.edu/class/archive/cs/cs106b/cs106b.1138/
  - https://www.explainxkcd.com/wiki/index.php/3026:_Linear_Sort
  - https://www.cs-comics.com/algorithms-page-1/
  - https://www.cs.cmu.edu/~15122/

Referencias

Referencias

- Este material ha sido adaptado de las presentaciones disponibles en:
  - https://www.cs.cmu.edu/~tcortina/15-121sp10/
  - https://ocw.mit.edu/courses/6-006-introduction-to-algorithms-spring-2020/
  - https://ocw.mit.edu/courses/6-0001-introduction-to-computer-science-and-programming-in-python-fall-2016/
  - https://debuggi.ng/25wi/

POLITÉCNICO COLOMBIANO
JAIME ISAZA CADAVID
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

Educación para vivir mejor

Gracias

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

@PolitecnicoJIC

GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA
UNIDOS

www.politecnicojic.edu.co / Medellín - Apartadó - Rionegro

VIGILADA MINEDUCACIÓN