OBSERVACIONES DE LA PRÁCTICA

# **Ambientes de pruebas**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Máquina 1 |
| Procesadores | 12th Gen Intel® Core™ i5-12450H × 12 |
| Memoria RAM (GB) | 16 |
| Sistema Operativo | Ubuntu 25.04 |

Tabla 1. Especificaciones de las máquinas para ejecutar las pruebas de rendimiento.

# **Ordenamientos Iterativos**

## **Resultados para ordenamientos iterativos con Array List**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Porcentaje de la muestra | Insertion Sort (Array List) | Selection Sort (Array List) | Shell Sort (Array List) |
| 0.50% | 0,342 | 0,246 | 0,217 |
| 5.00% | 27,946 | 3,406 | 2,450 |
| 10.00% | 97,364 | 9,999 | 5,554 |
| 20.00% | 399,400 | 40,775 | 13,756 |
| 30.00% | 931,771 | 77,002 | 24,830 |
| 50.00% | 2634,739 | 169,800 | 44,822 |
| 80.00% | 7173,521 | 394,351 | 70,260 |
| 100.00% | 12075,863 | 588,156 | 90,611 |

Tabla 2. **Resultados máquina 1 para oredenamientos iterativos con Array List.**

## **Resultados para ordenamientos iterativos con Linked List**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Porcentaje de la muestra | Insertion Sort (Linked List) | Selection Sort (Linked List) | Shell Sort (Linked List) |
| 0.50% | 0,339 | 0,519 | 0,615 |
| 5.00% | 33,793 | 47,249 | 124,654 |
| 10.00% | 94,824 | 160,136 | 726,363 |
| 20.00% | 391,051 | 655,538 | 4559,054 |
| 30.00% | 918,793 | 1488,898 | 13722,682 |
| 50.00% | 2613,323 | 4289,206 | 61388,365 |
| 80.00% | 7216,697 | 11554,502 | 234149,501 |
| 100.00% | 11970,927 | 18755,973 | 378520,135 |

Tabla 3. **Resultados máquina 1 para oredenamientos iterativos con Single Linked List.**

# **Ordenamientos Recursivos**

## **Resultados para ordenamientos recursivos con Array List**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Porcentaje de la muestra | Merge Sort (Array List) | Quick Sort (Array List) |
| 0.50% | 0,217 | 0,189 |
| 5.00% | 2,450 | 2,304 |
| 10.00% | 5,554 | 6,078 |
| 20.00% | 13,756 | 6,394 |
| 30.00% | 24,830 | 9,815 |
| 50.00% | 44,822 | 20,869 |
| 80.00% | 70,260 | 42,858 |
| 100.00% | 90,611 | 46,711 |

Tabla 4. **Resultados máquina 1 para oredenamientos recursivos con Array List.**

## **Resultados para ordenamientos recursivos con Linked List**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Porcentaje de la muestra | Merge Sort (Linked List) | Quick Sort (Linked List) |
| 0.50% | 0,222 | 0,202 |
| 5.00% | 2,442 | 2,083 |
| 10.00% | 5,605 | 2,826 |
| 20.00% | 14,176 | 6,176 |
| 30.00% | 23,415 | 8,952 |
| 50.00% | 48,386 | 22,153 |
| 80.00% | 70,450 | 35,390 |
| 100.00% | 89,663 | 47,729 |

Tabla 5. **Resultados máquina 1 para oredenamientos recursivos con Single Linked List.**

# **Comparación de tiempo mejores algoritmos de ordenamiento**

## **Maquina 1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Porcentaje de la muestra | Algoritmo recursivo (Quick) Array List | **Algoritmo iterativo (Shell) Array List** |
| 0.50% | 0,189 | 0,246 |
| 5.00% | 2,304 | 3,406 |
| 10.00% | 6,078 | 9,999 |
| 20.00% | 6,394 | 40,775 |
| 30.00% | 9,815 | 77,002 |
| 50.00% | 20,869 | 169,800 |
| 80.00% | 42,858 | 394,351 |
| 100.00% | 46,711 | 588,156 |

Tabla 6. **Resultados máquina 1 mejores algoritmos**

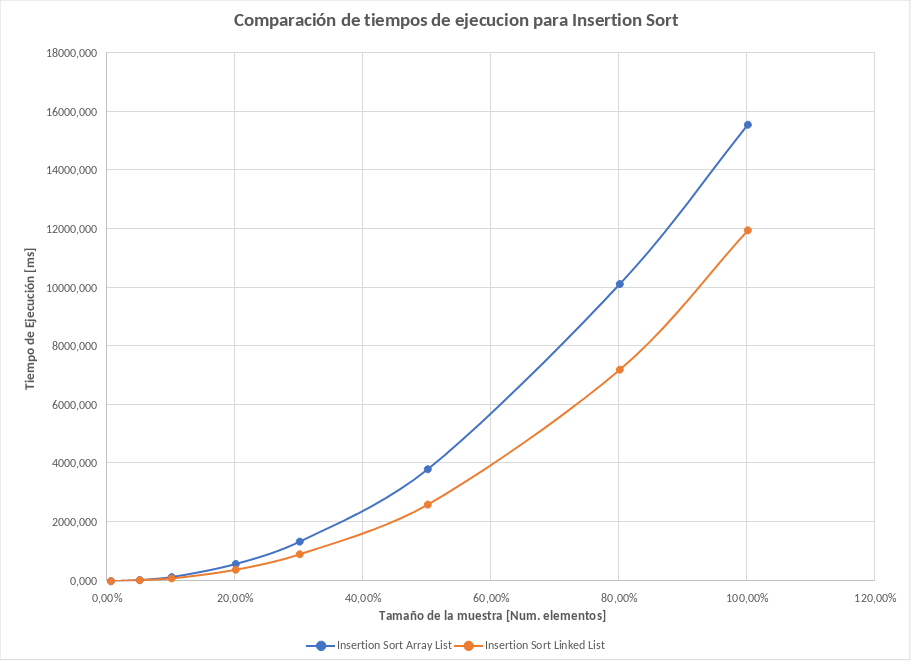
# **Preguntas de análisis parte 1**

**Nota:** Se mencionarán los algoritmos de ordenamiento sin el sufijo Sort y empezando con mayúscula.

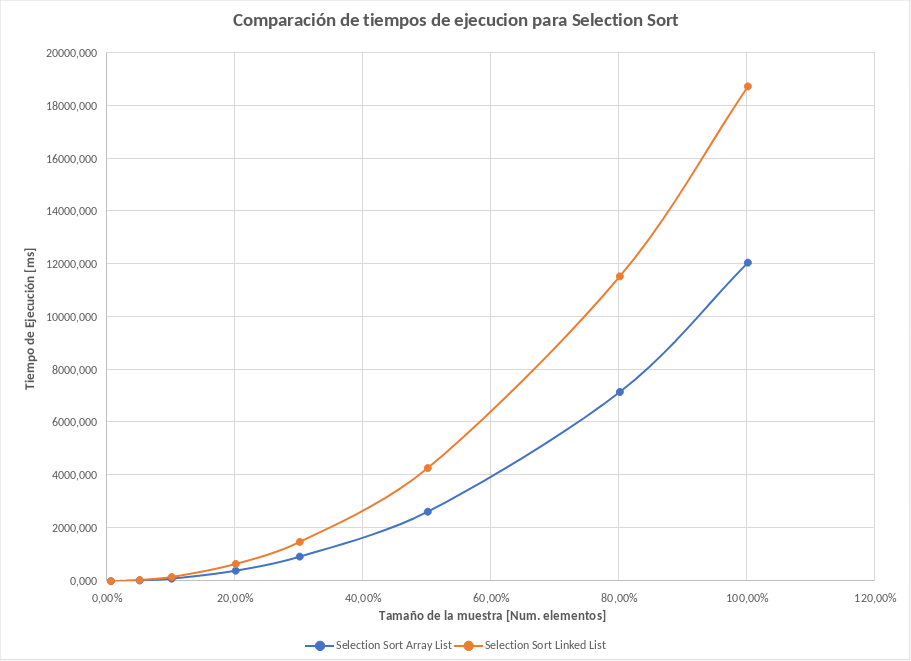
1. **¿Cómo varía el comportamiento de cada algoritmo con respecto al tamaño de los datos?**

****RTA:****

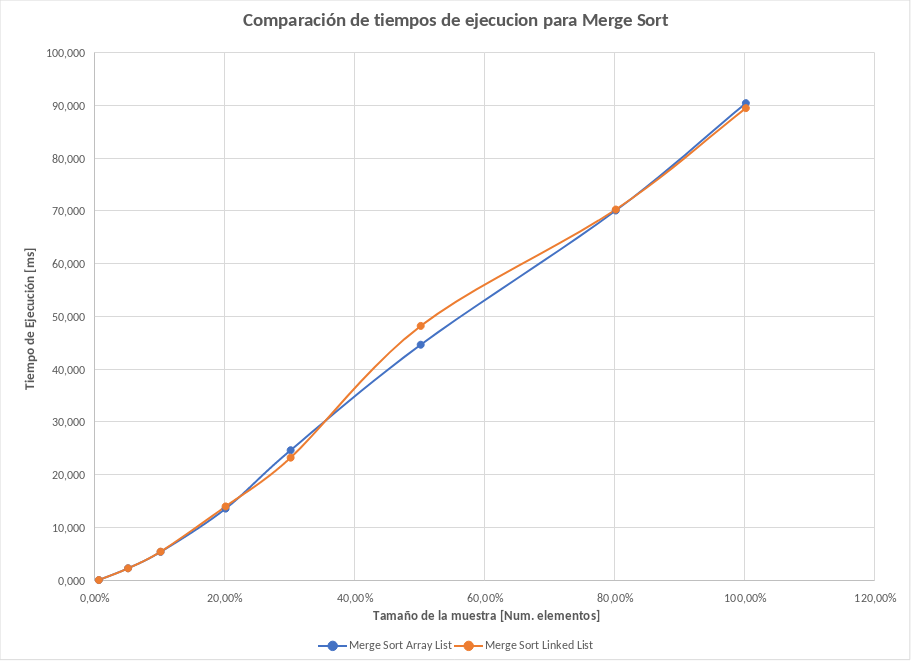
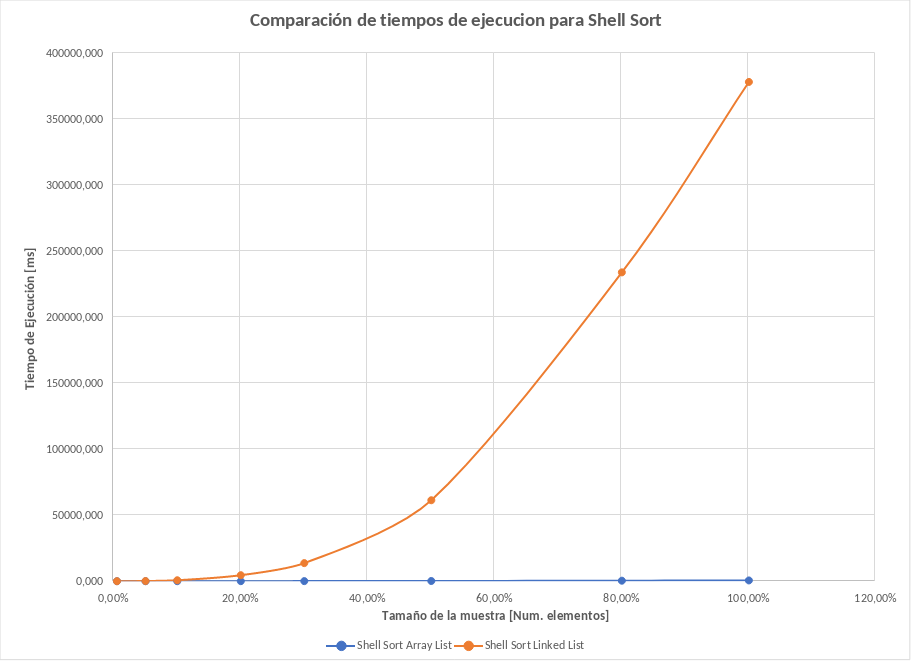
****Insertion:** El comportamiento es claramente O(n^2) para ArrayList y LinkedList.**



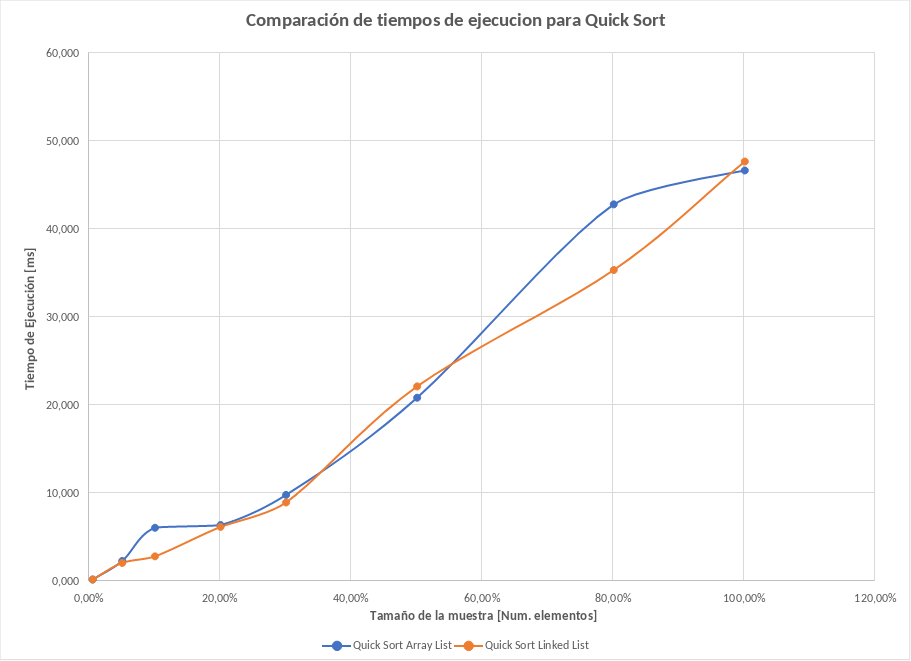
****Selection:** El comportamiento es claramente O(n^2) para ArrayList y LinkedList.**



**Shell:** Evidentemente, la implementación es más eficiente en ArrayList. Lo anterior es esperado, ya que el algoritmo se basa en el intercambio de información entre gaps, lo cual solo es O(1) para ArrayList y O(n) para LinkedList, lo que implica que la complejidad de LinkedList es la de ArrayList multiplicada por n. Por otro lado, al comparar las razones entre el tiempo en 0.5% y 5%, 10% y 20%, 50% y 100%, se observa una razón aproximada a lo que se esperaría de una función con crecimiento O(n^3/2); por lo tanto, el orden de crecimiento es O(n^3/2), lo que es esperado, ya que el algoritmo se implementó con la secuencia de Knuth.



****Merge:** El comportamiento en ambas a primera vista es lineal, sin embargo al obtener las razones entre el tiempo en 0.5% y 5%,10% y 20%,50% y 100%; se observan las proporciones que se esperarían de una función con crecimiento O(nlogn), por lo tanto para ArrayList y LinkedList el orden de crecimiento es O(nlogn).**



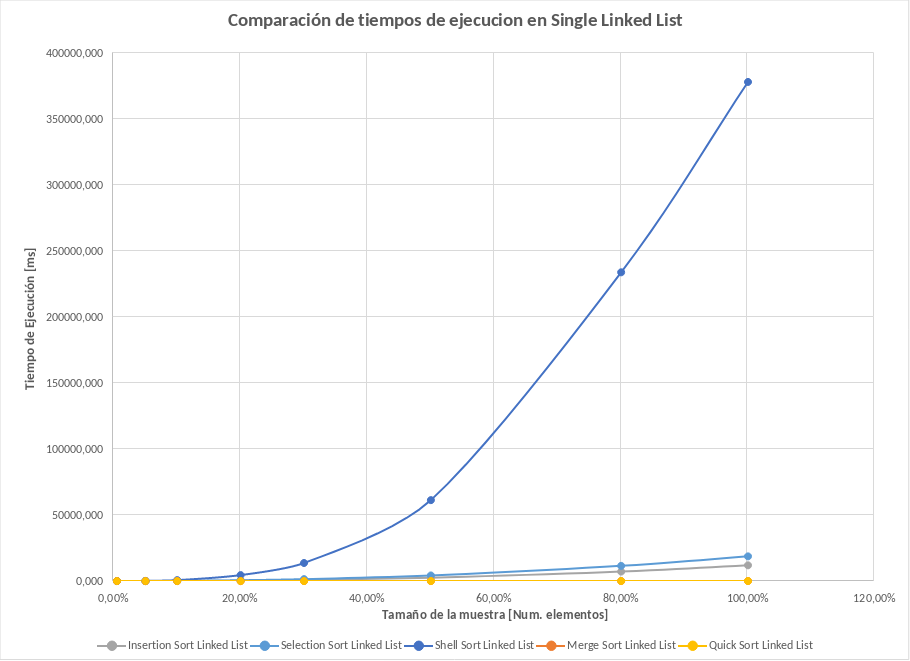
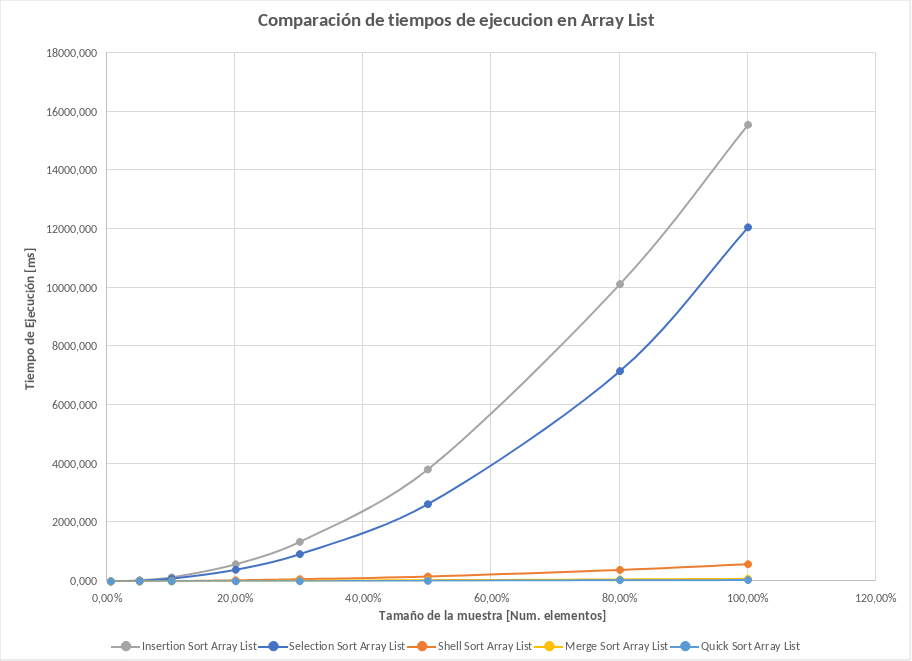
**Quick:** El comportamiento en ambas a primera vista es lineal; sin embargo, al obtener las razones entre el tiempo en 0.5% y 5%, 10% y 20%, 50% y 100%, se observan las proporciones que se esperarían de una función con crecimiento O(nlogn); por lo tanto, para ArrayList y LinkedList, el orden de crecimiento es O(nlogn).

1. **¿Qué diferencias observas en el rendimiento de un mismo algoritmo al utilizar ArrayList frente a SingleLinkedList?**

**RTA:** El orden de crecimiento es igual para todos los ordenamientos, a excepción de Shell, en la cual la implementación en ArrayList es de menor crecimiento. Por otro lado, para los algoritmos de ordenamiento recursivos se observan tiempos muy cercanos, por lo que se infiere que su rendimiento es idéntico para ambos tipos de lista. En contraste, en los algoritmos iterativos (sin incluir Shell), se observa que Insertion tiene mejor rendimiento en LinkedList y Selection tiene mejor rendimiento en ArrayList. Lo anterior se debe a que Insertion utiliza O(n) intercambios hacia atrás en ArrayList, lo que es menos eficiente que insertar en la posición correcta (O(n)) en LinkedList. En Selection se utiliza una operación O(n) (delete\_element en el ciclo while continue\_sorting) en LinkedList en comparación con las operaciones O(1) (swap, get\_element en el for de potential\_index) en ArrayList.

1. **¿Qué algoritmo iterativo mostró el mejor comportamiento general en términos de tiempo y estabilidad en ambas estructuras de datos?**

**RTA:** Como es esperado, dada su orden de crecimiento, el algoritmo iterativo con mejor comportamiento fue Shell en ambas implementaciones de lista. Para apoyar lo anterior, observe la tabla de datos de rendimiento; más aún, observe la gráfica de rendimiento para ArrayList y LinkedList, que se muestra a continuación:



1. **¿Qué algoritmo recursivo presentó el mejor desempeño general según los tiempos registrados y la forma de la línea de tendencia?**

**RTA:** El algoritmo recursivo con mejor rendimiento es Quick, ya que, a pesar de que tiene el mismo orden de crecimiento temporal (O(nlogn)) y espacial (O(n); la implementación de Quick no es in-place) que Merge, presenta tiempos menores. Lo anterior se explica con la mayor eficiencia en tiempo de la operación partition y combine con respecto a las operaciones sublist y merge, ya que las primeras son más simples y requieren menos pasos totales. Para justificar lo anterior, observe la tabla de rendimiento; más aún, observe que en las gráficas de la pregunta 3, los órdenes de crecimiento de Quick y Merge son idénticos; sin embargo, en las gráficas específicas de Merge y Quick, se nota que los tiempos de Merge son superiores en todos los casos.

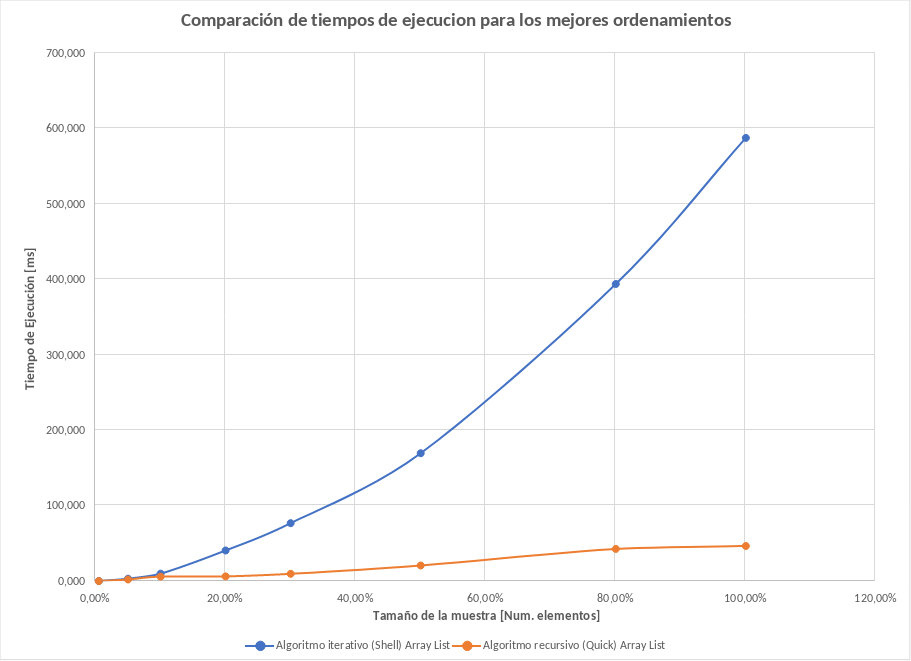
1. **Con base en su análisis visual y los datos recolectados, ¿cuáles algoritmos seleccionan como los “mejores” en cada categoría (iterativo y recursivo)?**

**RTA:** En iterativo, Shell en ArrayList es el mejor algoritmo; esto se puede ver visualmente o con la tabla de rendimiento. El resultado es de esperar, ya que para ArrayList el orden de crecimiento es el menor respecto a todos los algoritmos iterativos en ArrayList y LinkedList. Por otro lado, el mejor algoritmo de ordenamiento es Quick en ArrayList, 5/8 veces tiempo medido como menor (respecto a Quick en LinkedList); esto se debe a que, a pesar de que el mismo algoritmo en LinkedList tenga un rendimiento similar, el algoritmo en ArrayList elige un pivote aleatorio, lo que ocasiona que en la mayoría de las veces los pivotes elegidos sean más óptimos. Más aún, se observa que, a medida que la muestra crece, se repiten más los casos en que el algoritmo en ArrayList es superior; esto es consecuencia de que, a medida que la muestra crece, la elección de pivotes de ArrayList sea probablemente más óptima que la elección de LinkedList. Se elige también ArrayList porque Quick garantiza que, en promedio (independientemente del input), el tiempo es O(nlogn) para un mismo input, algo que no garantiza LinkedList, ya que este mismo garantiza O(nlogn) en promedio para un conjunto de muestras aleatorias del mismo tamaño.

# **Preguntas de análisis parte 2**

1. **¿Cuál de los dos algoritmos seleccionados como “mejores” muestra un comportamiento más eficiente a medida que crece el tamaño de la muestra?**

**RTA: El que presenta un rendimiento más eficiente a medida que crece la muestra es Quick, ya que si se fija un dato, el siguiente dato crece poco respecto al anterior, contrario a Shell, que crece aceptablemente, pero mucho respecto al dato anterior. La justificación se halla en la tabla de rendimiento y en la siguiente gráfica:**



1. **¿Qué estructura de datos resultó más favorable para cada algoritmo seleccionado como mejor?**

**RTA:** Para Quick, ambas implementaciones tienen, para efectos prácticos, la misma eficiencia en todos los rangos. Sin embargo, para Shell, el uso de LinkedList es sumamente ineficiente; más aún, como ya se comentó, aumenta la complejidad temporal. Esto se debe a que no es posible adaptar este algoritmo de manera eficiente para LinkedList, ya que este mismo realiza muchos intercambios de información entre posiciones muy dispersas entre sí, y esta operación solo es O(1) en ArrayList dado su acceso directo. Se concluye que Quick para ArrayList es el algoritmo ganador.

1. **¿Qué ventajas prácticas podría tener implementar el algoritmo ganador en aplicaciones reales donde se manejan grandes volúmenes de datos?**

**RTA: El tiempo, fundamentalmente, y la garantía de que, a medida que los datos incrementen, el tiempo aumentará de manera pausible. Lo anterior facilitaría el ordenamiento en corto tiempo de grandes volúmenes de datos en aplicaciones reales donde el tiempo de ejecución es fundamental. Como nota extra, se comenta que Quick puede ser adaptado para que sea in-place, ahorrando memoria en aplicaciones críticas donde esta debe ser optimizada; además, Merge, aunque no es el algoritmo ganador, puede ser fácilmente paralelizable, lo que posibilita ventajas en otros contextos.**

1. **Si se presentara una lista parcialmente ordenada, ¿cambiaría su elección de algoritmo? Explique por qué, con base en el comportamiento observado.**

**RTA: Dado que no se usaron muestras parcialmente ordenadas, sino muestras aleatorias, no se puede inferir la respuesta por comportamiento experimental; sin embargo, cambiaría la elección a Insertion, ya que este mismo es adaptativo; más aún, su orden de crecimiento es prácticamente lineal para listas parcialmente ordenadas. La anterior elección se basa en la observación de las teorías existentes de algoritmos de ordenamiento. Se puede modificar la práctica para verificar que esta afirmación es, en efecto, correcta.**

1. **¿El comportamiento de los algoritmos es acorde a lo enunciado teóricamente?**

****RTA:** Sí, el comportamiento de los algoritmos está de acuerdo a lo enunciado teóricamente, ya que todos tienen el orden de crecimiento teorizado.**

1. **¿Existe alguna diferencia entre los resultados obtenidos al ejecutar las pruebas en diferentes máquinas?**

**RTA: Sí, dependiendo de la máquina, se obtienen distintos resultados; más aún, si se cambia el sistema operativo y no se altera el hardware de la máquina, los resultados pueden cambiar levemente.**

1. **De existir diferencias, ¿A qué creen ustedes que se deben dichas diferencias?**

**RTA: Se deben principalmente a las diferencias de poder de procesamiento de la CPU y memoria RAM entre las máquinas. Adicionalmente, aspectos como sistema operativo, memoria caché, ventanas abiertas, entre otros, pueden afectar el rendimiento.**

1. **¿Cuál Estructura de Datos es mejor utilizar si solo se tiene en cuenta los tiempos de ejecución de los algoritmos?**

**RTA: Dada toda la discusión anterior, se infiere que la estructura de datos es ArrayList, ya que esta misma tiene el algoritmo Shell con menor orden de crecimiento, por lo que este mismo tiene un tiempo de ejecución mucho menor en esta estructura. Por otro lado, el resto de algoritmos tienen el mismo orden de crecimiento y son prácticamente igual de eficientes en ambas implementaciones y con tiempos de ejecución parejos.**

1. **¿En qué casos es más eficiente utilizar un algoritmo de ordenamiento recursivo en lugar de uno iterativo? Explique teóricamente su respuesta y ejemplifique con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas**.

**RTA:** Es más eficiente cuando se prioriza el tiempo de ejecución del ordenamiento; esto se concluye al ver en las gráficas de las anteriores preguntas que los algoritmos recursivos son muchísimo más eficientes en tiempo que los algoritmos iterativos. En contraste, si se desea priorizar el espacio, es mejor utilizar algoritmos iterativos, ya que estos mismos, aunque más lentos, son mucho más eficientes en memoria.