

Laboratorio Nro. 3

Vuelta atrás (*Backtracking*)

Objetivos

1. Entender los algoritmos de Búsqueda de Profundidad (*Deep-First Search -DFS*) y Búsqueda en Amplitud (*Breath-First Search -BFS*)
2. Entender en el contexto de la vida real, cuándo usar, cómo y en qué casos *BFS* y *DFS*
3. Diseñar algoritmos usando la técnica de diseño de vuelta atrás

Consideraciones iniciales

Leer la Guía



Antes de comenzar a resolver el presente laboratorio, leer la **“Guía Metodológica para la realización y entrega de laboratorios de Estructura de Datos y Algoritmos”** que les orientará sobre los requisitos de entrega para este y todos los laboratorios, las rúbricas de calificación, el desarrollo de procedimientos, entre otros aspectos importantes.

Registrar Reclamos



En caso de tener **algún comentario** sobre la nota recibida en este u otro laboratorio, pueden **enviarlo** a través de <http://bit.ly/2q4TTKf>, el cual será atendido en la menor brevedad posible.

Traducción de Ejercicios

En el GitHub del docente, encontrarán la traducción al español de los enunciados de los Ejercicios en Línea.



Visualización de Calificaciones



A través de **Eafit Interactiva** encontrarán **un enlace** que les permitirá **ver un registro de las calificaciones** que **emite el docente** para cada taller de laboratorio y según las rubricas expuestas. **Véase sección 3, numeral 3.8.**

GitHub

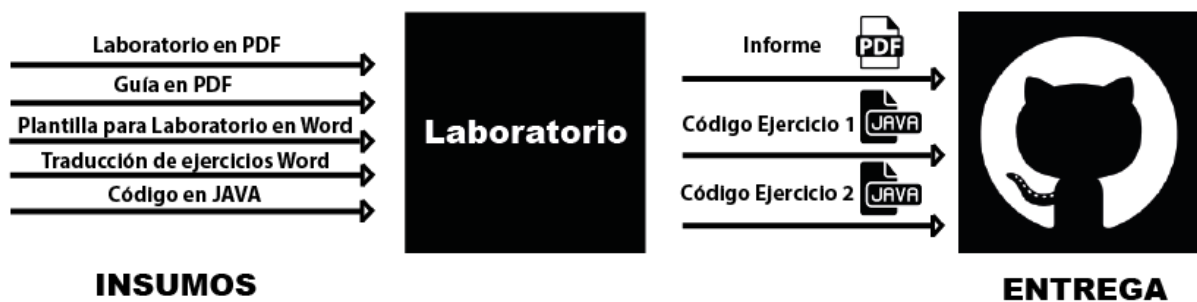


1. Crear un repositorio en su cuenta de GitHub con el nombre `st0247-suCodigoAqui`. 2. Crear una carpeta dentro de ese repositorio con el nombre `laboratorios`. 3. Dentro de la carpeta `laboratorio`, crear una carpeta con nombre `lab03`. 4. Dentro de la carpeta `lab03`, crear tres carpetas: `informe`, `codigo` y `ejercicioEnLinea`. 5. Subir el informe pdf a la carpeta `infome`, el código del ejercicio 1 a la carpeta `codigo` y el código del ejercicio en línea a la carpeta `ejercicioEnLinea`. Así:

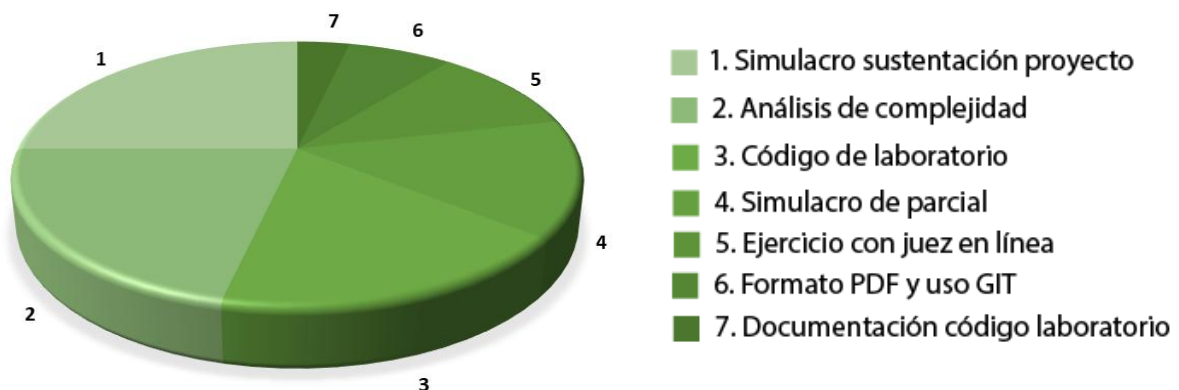
```
st0247-suCodigoAqui
  laboratorios
    lab01
      informe
      codigo
      ejercicioEnLinea
    lab02
      ...
```

Intercambio de archivos

Los archivos que **ustedes deben entregar** al docente son: **un archivo PDF** con el informe de laboratorio usando la plantilla definida, y **dos códigos**, uno con la solución al numeral 1 y otro al numeral 2 del presente. Todo lo anterior se entrega en **GitHub**.



Porcentajes y criterios de evaluación para el laboratorio



Resolver Ejercicios

1. Códigos para entregar en GitHub:



En la vida real, la documentación del software hace parte de muchos estándares de calidad como CMMI e ISO/IEC 9126



Véase Guía **en Sección 3, numeral 3.4**



Código de laboratorio en **GitHub**. Véase Guía en **Sección 4, numeral 4.24**



Documentación en **HTML**



No se reciben archivos en **.RAR** ni en **.ZIP**

1.1 Implemente el algoritmo de *backtracking* para encontrar UNA solución de las N Reinas.



NOTA: Si el algoritmo entrega TODAS las soluciones, quedó malo

1.2 Construya ejemplos usando JUnit para probar su implementación de las N Reinas usando *backtracking*. Como muestra, use los ejemplos que ya conoce para el problema de las 4 reinas



NOTA: Si utilizan Python o C++, utilice una librería equivalente para pruebas unitarias en dichos lenguajes.



PISTA 1: Véase Guía, **Sección 4, numeral 4.14** “Cómo hacer pruebas unitarias en BlueJ usando JUnit”



PISTA 2: Usen el método `AssertArrayEquals` de `JUnit` que encuentra en <http://junit.sourceforge.net/javadoc/org/junit/Assert.html>



En la vida real, la búsqueda en amplitud es usada para encontrar patrones en redes sociales, como por ejemplo Facebook, para recomendar nuevos amigos a sus usuarios.

1.3 Teniendo en cuenta lo anterior:

Implementen en un método el algoritmo de **BFS**, de tal forma de que funcione tanto para la implementación de grafos que utiliza matrices de adyacencia como para la implementación que usa listas de adyacencia, es decir, que reciba un objeto de la clase *Graph*, así como se hizo para *DFS*. El algoritmo debe retornar un *ArrayList* con los vértices en el orden en que los recorrió



En la vida real, el trabajo de *testing* es uno de los mejor remunerados y corresponde a un Ingeniero de Sistemas

1.4 Teniendo en cuenta lo anterior construyan ejemplos usando *JUnit* para probar su implementación de *BFS*



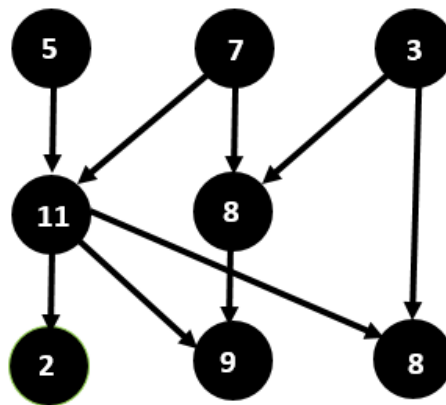
PISTA: Véase Guía en **Sección 4, numeral 4.14** “Cómo hacer pruebas unitarias en BlueJ usando JUnit” y **numeral 4.15** “Cómo compilar pruebas unitarias en Eclipse



PISTA 2: Como un ejemplo, construyan el grafo que hicimos en el taller en clase y comprueben que su algoritmo sí arroja la respuesta correcta. Si utilizan *Python* o *C++*, usen una librería para test unitarios disponible en esos lenguajes.



PISTA 3: Como un ejemplo, si se llama el método *BFS* con este grafo y con el vértice 7, el *ArrayList* que retorna debe ser así: [7, 8, 11, 2, 9, 10]



PISTA 4: Usen el método *AssertArrayEquals* de *JUnit* que encuentran en <http://junit.sourceforge.net/javadoc/org/junit/Assert.html>



En la vida real, es importante saber si un grafo tiene o no ciclos porque muchos algoritmos sólo funcionan o sólo son eficientes cuando no hay ciclos

1.5 Teniendo en cuenta lo anterior implementen un método para un grafo que diga si un grafo tiene ciclos o no



NOTA: Todos los ejercicios del numeral 1 deben ser documentados en formato HTML. Véase *Guía en Sección 4, numeral 4.1 “Cómo escribir la documentación HTML de un código usando JavaDoc”*



En la vida real, el camino más corto entre dos puntos en un grafo se aplica en sistemas de información de geográfica como *Google Maps* y en enrutadores de red como el *Cisco ISR 4000*

1.6 Implementen un programa para resolver el problema de calcular el camino más corto entre dos puntos de un grafo usando *backtracking*, es decir, usando *Deep First Search (DFS)*



PISTA 1: Solución en pseudocódigo

```
llenar el arreglo de distancias con infinito
marcar la distancia al nodo inicial como 0
llamar dfs con el nodo raiz

dfs {
    Para (cada hijo) {
        si (puedo mejorar distancias hasta este) {
            marque nueva distancia (mejorada)
            llamese recursivamente para el hijo
        }
    }
}
```

DOCENTE MAURICIO TORO BERMÚDEZ
Teléfono: (+57) (4) 261 95 00 Ext. 9473. Oficina: 19 - 627
Correo: mtorobe@eafit.edu.co

}



PISTA 1: Vean **Problema** y **Solución**



NOTA: Esta técnica no es la más eficiente para resolver este problema, pero es la que usaremos en este ejercicio

1.7 Prueben el ejercicio 1.6 con un grafo completo

1.8 Escriban una explicación entre 3 y 6 líneas de texto del código del ejercicio en línea del numeral 1.6 Digan cómo funciona, cómo está implementado y destaquen las estructuras de datos y algoritmos usados



NOTA: Todos los ejercicios del numeral 1 deben ser documentados en formato HTML. Véase *Guía en Sección 4, numeral 4.1 “Cómo escribir la documentación HTML de un código usando JavaDoc”*

2) Ejercicios en línea sin documentación HTML en GitHub:



Véase Guía en **Sección 3, numeral 3.3**



No entregar
documentación **HTML**



Entregar un archivo
en **.JAVA**



No se reciben archivos
en **.PDF**



Resolver los problemas
de **CodingBat** usando
Recursión



Código del ejercicio en línea
en **GitHub**. Véase Guía en
Sección 4, numeral 4.24

2.1 Resuelvan el siguiente problema usando *backtracking* y *SIN* usar el algoritmo de Dijkstra ni otros algoritmos voraces



PISTA 1: Construya un grafo. Utilice el recorrido DFS.



PISTA 2: Retorne una pareja que contiene el camino y el peso total



NOTA: Esta técnica no es la más eficiente para resolver este problema, pero es la que usaremos en este ejercicio

A usted le entregan un grafo no dirigido con pesos. Los vértices están enumerados del 1 al n . Su tarea es encontrar la ruta más corta entre el vértice 1 y el vértice n .

Entrada

La primera línea contiene 2 enteros n y m ($2 \leq n \leq 105$, $0 \leq m \leq 105$), donde n es el número de vértices y m es el número de arcos. Después hay m líneas, donde cada una contiene un arco de la forma a_i , b_i and w_i ($1 \leq a_i, b_i \leq n$, $1 \leq w_i \leq 106$), donde a_i , b_i son los vértices del arco y w_i es el peso del arco.

Es posible que en el grafo haya ciclos y que haya varios vértices entre el mismo par de vértices.

Salida

Escribir -1 en caso de que no haya camino. Escribir el camino más corto de lo contrario. Si hay varias soluciones, imprimir cualquiera de ellas.

Ejemplos

Entrada

5 6
1 2 2
2 5 5
2 3 4
1 4 1
4 3 3
3 5 1

Salida

1 4 3 5

Entrada

5 6
1 2 2
2 5 5
2 3 4
1 4 1
4 3 3
3 5 1

Salida

1 4 3 5

2.2 [Ejercicio Opcional]: Resuelvan el siguiente problema <http://bit.ly/2k8CGSG>

2.3[Ejercicio Opcional] Resuelvan el siguiente problema <http://bit.ly/2gTLZ53>



Pueden **entregar** un
archivo en **JAVA**



O **entregar** un archivo
en **.CPP**



O **entregar** un
archivo en **.PY**



PISTA 1: Utilicen **Búsqueda en Profundidad** (Siglas en inglés DFS)



PISTA 2: Véase Guía en **Sección 4, numeral 4.13** “Cómo usar Scanner o BufferedReader”

2.4 [Ejercicio opcional] Resuelvan el siguiente ejercicio <http://bit.ly/2hGqJPB>



PISTA 1: Usen un algoritmo para corroborar si es un grafo bipartito. Léase qué es bipartito en <http://bit.ly/2hGwAo2>

2.5 [Ejercicio Opcional]: Resuelvan el siguiente ejercicio <http://bit.ly/2hrrCfS>



PISTA 2: Algoritmos para hallar componentes fuertemente conexos. Ordenamiento topológico. DFS. Léase en <http://bit.ly/2gTeJKh>

2.6[Ejercicio Opcional]: Resuelvan el siguiente ejercicio <http://bit.ly/2k8CGSG>

3. Simulacro de preguntas de sustentación de Proyectos



Véase Guía en **Sección 3,**
Numeral 3.5



Entregar informe de
laboratorio en **PDF**



Usen la **plantilla** para
responder laboratorios



**No apliquen Normas
Icontec** para esto

3.1 Para resolver el problema del camino más corto en un grafo, fuera de fuerza bruta y backtracking, ¿qué otras técnicas computacionales existen?



PISTA: Lean <http://bit.ly/2hPomyn>



En la vida real, grandes compañías como Google, valoran más los conocimientos en complejidad computacional que un título de X o Y universidad

Tomado de <http://bit.ly/2hQAZHP>

3.2 Teniendo en cuenta lo anterior, tomen los tiempos de ejecución del programa realizado en el numeral 1.1 y en el laboratorio anterior con la solución de fuerza bruta de las n reinas. Completen la siguiente tabla.

Si se demora más de 5 minutos, coloque “se demora más de 5 minutos”, no siga esperando, podría tomar siglos en dar la respuesta, literalmente.

Valor de N	Fuerza bruta	Vuelta Atrás (Backtracking)
4		
8		
16		
32		
N	$O(?)$	$O(?)$



PISTA: Véase *Guía en Sección 4, numeral 4.6* “Cómo usar la escala logarítmica en Microsoft Excel 2013”

3.3 Teniendo en cuenta lo anterior, para recorrer grafos, ¿en qué casos conviene usar *DFS*? ¿En qué casos *BFS*?

Error Común



3.4 ¿Qué otros algoritmos de búsqueda existen para grafos? Basta con explicarlos, no hay que escribir los algoritmos ni programarlos.



PISTA: Véase http://kevanahlquist.com/osm_pathfinding/



NOTA: Recuerden que debe explicar su implementación en el informe PDF

3.5 Expliquen con sus propias palabras la estructura de datos que utiliza para resolver el problema del numeral 2.1 y 2.2 [Ejercicio Opcional] y digan cómo funciona el programa.



NOTA: Recuerden que debe explicar su implementación en el informe PDF

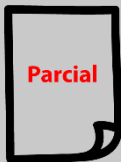
3.6 Calculen la complejidad de los ejercicios en línea del numeral 2.1 y 2.2 [Ejercicio Opcional] y agréguenla al informe PDF



PISTA: Véase *Guía en Sección 4, numeral 4.11 “Cómo escribir la complejidad de un ejercicio en línea”*

3.7 Expliquen con sus palabras las variables (*qué es ‘n’, qué es ‘m’, etc.*) del cálculo de complejidad del numeral 3.6

4) Simulacro de Parcial en el informe PDF



Para este simulacro, agreguen ***sus respuestas*** en el informe PDF.



El día del Parcial no tendrán computador, JAVA o acceso a internet..



PISTA 1: Véase *Guía en Sección 4, Numeral 4.18* “Respuestas del Quiz”



PISTA 2: Lean las diapositivas tituladas “*Data Structures II: Backtracking*”, encontrarán la mayoría de las respuestas

1. Wilkenson y Sofronio están aquí de nuevo. En esta vez han traído un juego muy interesante, en el cual Sofronio, en primer lugar, escoge un número n ($1 \leq n \leq 20$) y, en segundo lugar, escoge tres números a, b y c ($1 \leq a \leq 9, 1 \leq b \leq 9, 1 \leq c \leq 9$).

Después, Sofronio le entrega estos números a Wilkenson y Wilkenson le tiene que decir a Sofronio **la cantidad máxima de números, usando a, b y c (se puede tomar un número más de una vez), que al sumarlos den el valor n .**

Como un ejemplo, si Sofronio escoge $n=14$ y $a=3, b=2, c=7$. ¿Qué posibilidades hay de sumar 14 con a, b y c ?

$7+7=14$	cantidad es 2
$7+3+2+2=14$	cantidad es 4
$3+3+3+3+2=14$	cantidad es 5
...	
$2+2+2+2+2+2=14$	cantidad es 7

La cantidad máxima de números es 7. Esta sería la respuesta que da Wilkenson a Sofronio.

Como Wilkenson es muy astuto, ha diseñado un algoritmo para determinar la cantidad máxima de números y quiere que le ayudes a terminar su código. Asuma que hay al menos una forma de sumar n usando los números a, b y c en diferentes cantidades, incluso si algunos de los números se suman 0 veces como sucede en el ejemplo anterior.

```
1 int solucionar (int n, int a, int b, int c)
2   if (n == 0 )
3       return 0;
4   int res = solucionar(_____) + 1;
5   res = Math.max(_____, _____);
6   res = Math.max(_____, _____);
7   return res;
```

DOCENTE MAURICIO TORO BERMÚDEZ

Teléfono: (+57) (4) 261 95 00 Ext. 9473. Oficina: 19 - 627

Correo: mtorobe@eafit.edu.co

a) Complete el espacio de la línea 04 (10 %)

b) Complete los espacios de la línea 05 (10 %)

c) Complete los espacios de la línea 06 (10 %)

2. Un camino hamiltoniano en un grafo dirigido es un camino que visita cada vértice exactamente una vez. Un **ciclo hamiltoniano** es un camino hamiltoniano para el cual existe un arco (en el grafo) que conecta el último vértice del camino hamiltoniano con el primer vértice del camino hamiltoniano.

Su tarea **es determinar si dado un grafo, este grafo contiene un ciclo hamiltoniano o no. Si lo contiene, retorne verdadero; de lo contrario, retorne falso.**

Parte de su tarea ya está hecha. La función `sePuede` verifica si un vértice `v` se puede agregar al ciclo hamiltoniano que está almacenado en el arreglo `path` en la posición `pos`, dado un grafo representado con matrices de adyacencia `graph`.

Por simplicidad, sólo se busca si existe un camino que empieza y termina en el primer vértice (es decir, en el vértice 0).

Por esta razón, en el arreglo `path` se entrega con todas sus posiciones en `-1`, excepto la posición 0, como se muestra en la función `cicloHamil`. También, por esta razón, en el ciclo de la línea 08, `v` inicia se con 1.

```
boolean cicloHamil(int graph[][]) {  
    path = new int[g.length];  
    for (int i = 0; i < g.length; i++)  
        path[i] = -1;  
    path[0] = 0;  
    return cicloHamilAux(graph, path, 1);  
}
```



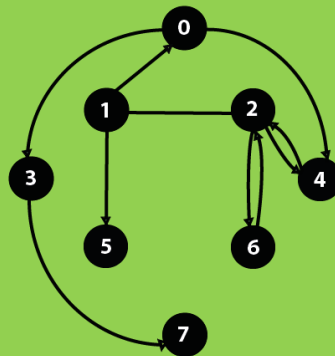
```
boolean sePuede(int v, int graph[][],
                int path[], int pos) {
    if (graph[path[pos - 1]][v] == 0)
        return false;
    for (int i = 0; i < pos; i++)
        if (path[i] == v)
            return false;
    return true;
}

01 boolean cicloHamilAux(int graph[][],
                        int path[], int pos) {
02     if (pos == _____){
03         if (graph[path[pos-1]][path[0]] == 1)
04             return true;
05         else
06             return false;
07     }
08     for (int v = 1; v < graph.length; v++) {
09         if (sePuede(_____, _____, _____, _____)) {
10             path[pos] = v;
11             if (cicloHamilAux(_____, _____, _____))
12                 return true;
13             path[pos] = -1;
14         }
15     }
16     return false;
17 }
```

- a) Complete el espacio en línea 02 que corresponde a la condición de parada (10%)

- b) Complete los espacios en línea 09 que corresponden al llamado de la función *sePuede* (10%)
_____, _____, _____, _____
- c) Complete los espacios en la línea 11 que corresponden al llamado recursivo de la función *cicloHamil* (10%)
_____, _____, _____

3. Para el grafo siguiente, complete la salida que darían los siguientes algoritmos:



- Complete el orden en que se recorren los nodos usando **búsqueda en profundidad** (en Inglés DFS) a partir de cada nodo. Si hay varias opciones de recorrer el grafo con DFS, elija siempre el vértice más pequeño.
- Complete el orden en que se recorren los nodos usando **búsqueda en amplitud** (en Inglés BFS) a partir de cada nodo. Si hay varias opciones de recorrer el grafo con BFS, elija siempre el vértice más pequeño.

4. La empresa *Gugol Mas* creó un nuevo sistema de mapas georeferenciados. Sus tecnólogos implementaron fácilmente las funcionalidades de GPS, y la interfaz gráfica web y móvil para el sistema.

Desafortunadamente, *Gugol Mas* no tiene ingenieros en su nómina y nadie ha podido escribir un método que calcule un camino entre 2 vértices en un grafo dirigido.

Su misión es escribir un método que reciba un digrafo y el identificador de dos vértices, y que retorne un camino entre los dos vértices representado como una lista de enteros. Si no hay camino, retorne una lista vacía.

PISTA: En un mapa, las intersecciones se representan como vértices y las vías como arcos.

```
public class EjemplosGrafo {
```

```
public static LinkedList<Integer>  
    unCamino(Graph g, int p, int q) {  
        ...  
    }  
}
```

Tenga en cuenta que la clase Graph está definida de la siguiente forma:

```
public class Graph { // Todos los mtodos  
    Graph(int vertices); // son públicos  
    ArrayList<Integer> getSuccessors(int vertice);  
    int size(); // Nmero de vrtices  
    int getWeight(int p, int q); // peso del arco  
}
```

5. [Ejercicio Opcional] Lectura recomendada



"Quienes se preparan para el ejercicio de una profesión requieren la adquisición de competencias que necesariamente se sustentan en procesos comunicativos. Así cuando se entrevista a un ingeniero recién egresado para un empleo, una buena parte de sus posibilidades radica en su capacidad de comunicación; pero se ha observado que esta es una de sus principales debilidades..."

Tomado de <http://bit.ly/2gJKzJD>



Véase Guía en **Sección 3, numeral 3.6 y 4.20** de la Guía Metodológica, "Lectura recomendada" y "Ejemplo para realización de actividades de las Lecturas Recomendadas", respectivamente

Posterior a la lectura del texto “*R.C.T Lee et al., Introducción al análisis y diseño de Algoritmos. Capítulo 5. Páginas 157 – 181.*”, realicen las siguientes actividades que les permitirán sumar puntos adicionales:

- a) Escriban un resumen de la lectura que tenga una longitud de 100 a 150 palabras



PISTA 1: En el siguiente enlace, unos consejos de cómo hacer un buen resumen <http://bit.ly/2knU3Pv>



PISTA 2: [Aquí](#) le explican cómo contar el número de palabras en Microsoft Word

- b) Hagan un mapa conceptual que destaque los principales elementos teóricos.



PISTA: Para que hagan el mapa conceptual se recomiendan herramientas como las que encuentran en <https://cacoo.com/> o <https://www.mindmup.com/#m:new-a-1437527273469>



NOTA 1: Si desean una lectura adicional en español, consideren la siguiente “*John Hopcroft et al., Estructuras de Datos y Algoritmos, Sección 10.4. 1983*”, que encuentran en biblioteca



NOTA 2: Estas respuestas también deben incluirlas en el informe PDF

6. [Ejercicio Opcional] Trabajo en Equipo y Progreso Gradual



El trabajo en equipo es una exigencia actual del mercado. "Mientras algunos medios retratan la programación como un trabajo solitario, la realidad es que requiere de mucha comunicación y trabajo con otros. Si trabajas para una compañía, serás parte de un equipo de desarrollo y esperarán que te comuniques y trabajes bien con otras personas"

Tomado de <http://bit.ly/1B6hUDp>



Véase Guía en **Sección 3, numeral 3.7** y **Sección 4, numerales 4.21, 4.22 y 4.23** de la Guía Metodológica

- a) Entreguen copia de todas las actas de reunión usando el tablero Kanban, con fecha, hora e integrantes que participaron



PISTA: Véase **Guía en Sección 4, Numeral 4.21** "Ejemplo de cómo hacer actas de trabajo en equipo usando Tablero Kanban"

- b) Entreguen el reporte de *git*, *svn* o *mercurial* con los cambios en el código y quién hizo cada cambio, con fecha, hora e integrantes que participaron



PISTA: Véase Guía en Sección 4, Numeral 4.23 "Cómo generar el historial de cambios en el código de un repositorio que está en svn"

- c) Entreguen el reporte de cambios del informe de laboratorio que se genera *Google docs* o herramientas similares



PISTA: Véase Guía en Sección 4, Numeral 4.22 “*Cómo ver el historial de revisión de un archivo en Google Docs*”



NOTA: Estas respuestas también deben incluirlas en el informe PDF

Resumen de ejercicios a resolver

1.1 Implementen el algoritmo de *backtracking* para encontrar UNA solución de las N Reinas.

1.2 Construyan ejemplos usando JUnit para probar su implementación de las N Reinas usando *backtracking*.

1.3 Implementen el un método el algoritmo de *BFS*

1.4 Construyan ejemplo usando JUnit para probar su implementación de *BFS*

1.5 Implementen un método para un grafo que diga si un grafo tiene ciclos o no

1.6 Implementen un programa para resolver el problema de calcular el camino más corto entre dos puntos de un grafo usando *backtracking*

1.7 Prueben el ejercicio 1.6 con un grafo completo

1.8 Escriban una explicación entre 3 y 6 líneas de texto del código del ejercicio en línea del numeral 1.6. Digan cómo funciona, cómo está implementado y destaquen las estructuras de datos y algoritmos usados

2.1 Resuelvan el siguiente problema usando *backtracking* y SIN usar el algoritmo de *Dijkstra* ni otros algoritmos voraces: <http://bit.ly/2k8rMN2>

2.2 Resuelvan el siguiente problema <http://bit.ly/2k8CGSG> [Ejercicio Opcional]

2.3[Ejercicio Opcional] Resuelvan el siguiente problema <http://bit.ly/2gTLZ53>

2.4[Ejercicio opcional] Resuelvan el siguiente ejercicio <http://bit.ly/2hGqJPB>

2.5 [Ejercicio Opcional]: Resuelvan el siguiente ejercicio <http://bit.ly/2hrrCfS>

2.6 [Ejercicio Opcional]: Resuelvan el siguiente ejercicio <http://bit.ly/2k8CGSG>

3.1 Para resolver el problema del camino más corto en un grafo, fuera de fuerza bruta y backtracking, ¿qué otras técnicas computacionales existen?

3.2 Tomen los tiempos de ejecución del programa realizado en el numeral 1.1 y en el laboratorio anterior con la solución de fuerza bruta de las n reinas. Completen la siguiente tabla.

3.3 ¿En qué casos conviene usar DFS? ¿En qué casos BFS?

3.4 ¿Qué otros algoritmos de búsqueda existen para grafos?

3.5 Expliquen con sus propias palabras la estructura de datos que utiliza para resolver el problema del numeral 2.1 y 2.2 [Ejercicio Opcional] y digan cómo funciona el programa.

3.6 Calculen la complejidad de los ejercicios en línea del numeral 2.1 y 2.2 [Ejercicio Opcional] y agréguenla al informe PDF

3.7 Expliquen con sus palabras las variables (*qué es 'n', qué es 'm', etc.*) del cálculo de complejidad del numeral 3.6

4. Simulacro de Parcial

5. Lectura recomendada [Ejercicio Opcional]

6. Trabajo en Equipo y Progreso Gradual [Ejercicio Opcional]