

# Overloaded Harbor

## Proyecto de Simulación

- Samuel David Suárez Rodríguez C-412

## Ejecutar

Para ejecutar con los valores por defecto

```
python main.py
```

Puede encontrar ayuda sobre los parámetros que puede modificar de la simulación ejecutando la ayuda

```
python main.py -h
```

## Orden del problema

En un puerto de supertanqueros que cuenta con 3 muelles y un remolcador para la descarga de estos barcos de manera simultánea se desea conocer el tiempo promedio de espera de los barcos para ser cargados en el puerto.

El puerto cuenta con un bote remolcador disponible para asistir a los tanqueros. Los tanqueros de cualquier tamaño necesitan de un remolcador para aproximarse al muelle desde el puerto y para dejar el muelle de vuelta al puerto.

El tiempo de intervalo de arribo de cada barco distribuye mediante una función exponencial con  $\lambda = 8$  horas. Existen tres tamaños distintos de tanqueros: pequeño, mediano y grande, la probabilidad correspondiente al tamaño de cada tanquero se describe en la tabla siguiente. El tiempo de carga de cada tanquero depende de su tamaño y los parámetros de distribución normal que lo representa también se describen en la tabla siguiente.

Tamaño	Probabilidad de Arribo	Tiempo de Carga
Pequeño	0.25	$\mu = 9, \sigma^2 = 1$
Mediano	0.25	$\mu = 12, \sigma^2 = 2$
Grande	0.5	$\mu = 18, \sigma^2 = 3$

De manera general, cuando un tanquero llega al puerto, espera en una cola

(virtual) hasta que exista un muelle vacío y que un remolcador esté disponible para atenderle. Cuando el remolcador está disponible lo asiste para que pueda comenzar su carga, este proceso demora un tiempo que distribuye exponencial con  $\lambda = 2$  horas. El proceso de carga comienza inmediatamente después de que el barco llega al muelle. Una vez terminado este proceso es necesaria la asistencia del remolcador (esperando hasta que esté disponible) para llevarlo de vuelta al puerto, el tiempo de esta operación distribuye de manera exponencial con  $\lambda = 1$  hora. El traslado entre el puerto y un muelle por el remolcador sin tanquero distribuye exponencial con  $\lambda = 15$  minutos.

Cuando el remolcador termina la operación de aproximar un tanquero al muelle, entonces lleva al puerto al primer barco que esperaba por salir, en caso de que no exista barco por salir y algún muelle esté vacío, entonces el remolcador se dirige hacia el puerto para llevar al primer barco en espera hacia el muelle vacío; en caso de que no espere ningún barco, entonces el remolcador esperará por algún barco en un muelle para llevarlo al puerto. Cuando el remolcador termina la operación de llevar algún barco al puerto, este inmediatamente lleva al primer barco esperando hacia el muelle vacío. En caso de que no haya barcos en los muelles, ni barcos en espera para ir al muelle, entonces el remolcador se queda en el puerto esperando por algún barco para llevar a un muelle.

Simule completamente el funcionamiento del puerto. Determine el tiempo promedio de espera en los muelles.

## Modelo utilizado

Para resolver el problema anteriormente descrito se utilizó un modelo en serie, compuesto por el remolcador y los muelles, estos muelles a su vez componen un modelo de servidores en paralelo, en donde cada servidor representa un muelle, y los clientes son los usuarios que llegan al puerto.

## Principales ideas

La idea principal se basa en ejecutar los eventos ordenados en paralelo para cada muelle y llevar un seguimiento del estado del remolcador para saber si un barco debe esperar o puede ser atendido, estos cambios de estado se encargan de permitir que el flujo continúe o se detenga en dependencia de las transiciones de estado.

Para simular el hilo de cada servidor(muelle) establecimos un flujo cada vez que un barco llega a este, determinado como:

- Llegar
- Encolar el barco
- Trasládarse hasta el muelle

- Cargar
- Confirmar terminación con el remolcador
- Ida del puerto

Una vez que un proceso de un hilo es terminado, añade un nuevo evento con el proceso siguiente en la cola de eventos.

## Variables

- De tiempo
  - **time**: Línea de tiempo de la simulación.
  - **arrivals**: Momento de llegada de cada barco al puerto.
  - **departures**: Momento de salida de cada barco del puerto.
  - **dock\_arrivals**: Momento de llegada de cada barco al muelle.
  - **dock\_departures**: Momento de salida de cada barco del muelle.
- De estado
  - **tugboat\_state**: Estado de el remolcador (0: en un muelle, 1: en el puerto).
  - **tugboat\_blocked**: True si el remolcador está ocupado, False en otro caso.
  - **size**: Tamaño de cada barco (0: pequeño, 1: mediano, 2: grande).
- Contadoras
  - **n**: Cantidad de barcos inicial.
  - **s\_counter**: Cantidad de barcos que llegan al puerto en el instante de tiempo actual.
  - **docks**: Cantidad de muelles libres en el instante de tiempo actual.

## Resultados

Los siguientes resultados son basados en el valor obtenido para la cantidad de barcos mencionada a continuación luego 5000 repeticiones y 3 muelles, el tiempo medio se encuentra dado en horas.

Barcos	Tiempo medio de espera en el muelle	Tiempo medio de espera en el puerto
5	15.63	16.66
10	15.63	37.13

Barcos	Tiempo medio de espera en el muelle	Tiempo medio de espera en el puerto
20	15.63	64.82
50	15.63	148.70

Como podemos observar, el incremento de la cantidad de barcos aumenta grandemente el tiempo promedio de estancia de los barcos en el puerto, esto se debe a que el único remolcador estará indisponible la mayor cantidad de tiempo por lo que cuando los muelles están llenos, la cola de los barcos en el puerto debe esperar a que alguno termine, mientras más barcos existan en esta cola, más tiempo deberán esperar los últimos.

Por otro lado, el tiempo que permanece cada barco en el muelle no varía grandemente al aumentar la cantidad de barcos, ya que si contamos el tiempo desde que un barco llega al muelle, este comenzará a descargar, y para volver, como mucho debe esperar que el remolcador acabe con los barcos en los muelles restantes o que vuelva del puerto. Otra manera de verlo, es considerar que una vez que un barco llega a un muelle, este tiene más prioridad que los que se encuentran en el puerto, por lo que se encontraría en una nueva cola compuesta por los barcos en el muelle.

Para comprobar que esto es cierto, repetimos el experimento pero esta vez dejamos fija la cantidad de barcos a ser atendidos, siendo 50 barcos, y observamos los resultados para distintas cantidades de muelles.

Muelles	Tiempo medio de espera en el muelle	Tiempo medio de espera en el puerto
3	15.63	148.27
5	15.91	93.46
10	17.31	55.75
20	24.38	46.37

Esta vez aumenta el tiempo media de espera en el muelle, debido a lo que explicamos anteriormente, la “cola” de barcos en los muelles es mayor, y solo hay un remolcador para atender estos barcos.

Lo otro que observamos es que el tiempo medio de espera en el puerto es menor, y tiene sentido porque mientras más muelles tenemos, más cantidad de barcos pueden cargar al mismo tiempo, por lo que es factible que existan más muelles en el puerto para optimizar el tiempo total.

## Enlace a Github

[Overloaded Harbor](#)