Trabajo Especial I

Carlos Martín Becerra

May 20, 2014

CONTENTS

1.1 *Descripción del problema*

Un lavadero de ropa automático cuenta con 5 máquinas en servicio en funcionamiento constante. Como las máquinas lavadoras se rompen periódicamente, el lugar cuenta 2 máquinas de repuesto, todas ellas idénticas entre sí. A su vez el lavadero cuenta con el servicio técnico de reparación provisto por un solo operario. El mismo solo puede arreglar una máquina a la vez.
Este sistema fallará en el momento que no se encuentren 5 máquinas en funcionamiento, o equivalentemente, que el técnico deba arreglar más de dos máquinas.
Teniendo en cuenta todo esta información, el dueño del lavadero desea determinar los siguientes puntos:

- El tiempo promedio que transcurre hasta que el lavadero deja de ser operativo, es decir, que falla el sistema.
- Si tiempo promedio que transcurre hasta que el lavadero falla mejora agregando un técnico u otra máquina de repuesto.

Para ello simularemos un modelo de reparación. Los tiempos de funcionamiento de las máquinas hasta descomponerse están determinados con respecto a una variable aleatoria de distribución exponencial con un tiempo medio hasta fallar de T_f, y que tiempo que les lleva a las máquinas ser reparadas por el técnico es determinado por una variable aleatoria exponencial con tiempo medio igual a T_r, estas variables son independientes entre sí.

2.1 *Descripción de las variables*

Previamente a describir el algoritmo empleado para simular el sistema, introduciremos las variables que serán utilizadas en el mismo:

- t : Será la variable de tiempo.
- r : Describirá la cantidad de máquinas rotas en el instante t.
- S : Es la cantidad de máquinas de repuesto, que a su vez es máxima cantidad de máquinas que podrían estar averiadas al mismo tiempo.
- *eventos* : Una lista de tiempos que describe los momentos en los cuales fallarán las máquinas
- $t^\star$: Especifica el tiempo en que terminará de reparar una máquina el técnico. En caso de que el operario no se encuentre trabajando, se definirá como infinito.
- T_f : Tiempo de falla de una máquina del sistema.
- T_r : Tiempo medio de reparación de las máquinas.

2.2 *Algoritmo*

En el siguiente pseudo-código se muestra como se realiza la simulación de un modelo de reparación hasta que el mismo falla.

Listing 1: Funciones auxiliares.

```
init()
while True:
    if (events[0] < t⋆):
        t = events[0]
        r = r + 1
        if (r == S+1):
            return t;
        else:
            x = exponencial(T_f)
            events[0] = t + x
            events.sort()
            if (t⋆ == ∞):
                t⋆ = t + exponencial(T_r)
    else:
        t = t⋆_
        r = r - 1
        if (r > 0):
            t⋆ = t + exponencial(T_r)
        else:
            t⋆ = ∞
```

Las funciones auxiliares init y exponencial son definidas a continuación[1]:

Listing 2: Pseudo-código del las funciones auxiliares.

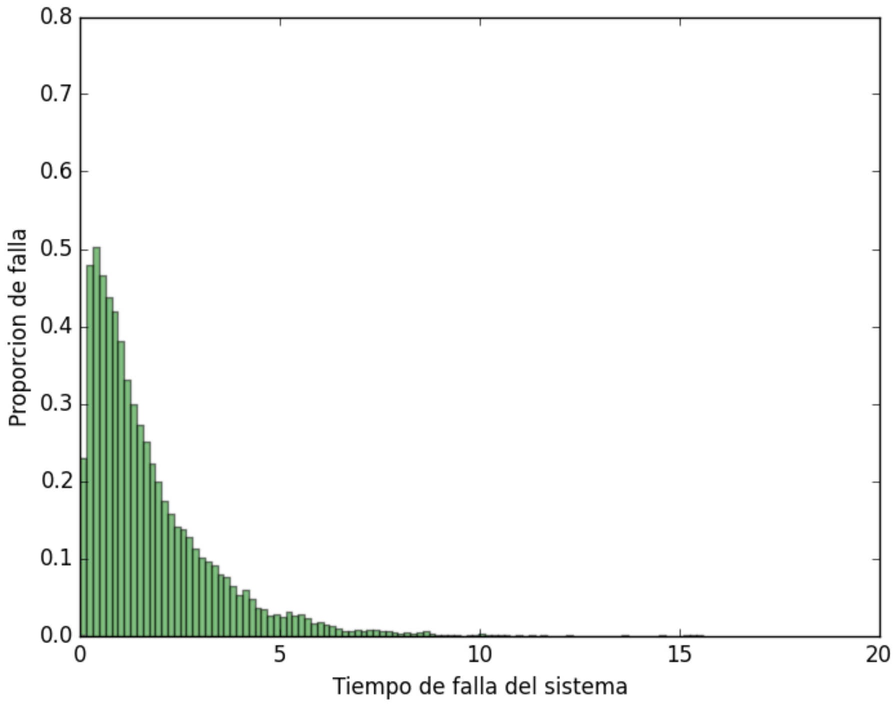
```
def init():
    t = r = 0; t⋆ = ∞
    exponencial = (lambda x: -math.log(random.random()) *
        x)
    events = [exponencial(T_f) for _ in range(N)]
    events.sort()
```

[1] Notar que todas las variables utilizadas están definidas globalmente.

En primer lugar analizaremos el funcionamiento del sistema inicial, para luego hacer una comparación del funcionamiento del mismo cuando se agrega un operario y cuando se agrega una máquina de repuesto. Esto nos permitirá llegar a una conclusión fundamentada sobre que es lo más conveniente para el dueño del lavadero al momento de tomar una decisión.

3.1 *Sistema con un técnico y dos repuestos*

A continuación se muestra un histograma con los valores de 10000 simulaciones de tiempos de fallo del sistema funcionando con 2 máquinas de repuesto y 1 solo operario.



El gráfico hace evidente que lo más probable es que el sistema falle entre el primer y segundo mes de funcionamiento. También se complementa al gráfico la siguiente tabla con los resultados del tiempo promedio de falla y la variación del mismo luego de haber realiado 100, 1000 y 10000 iteraciones.

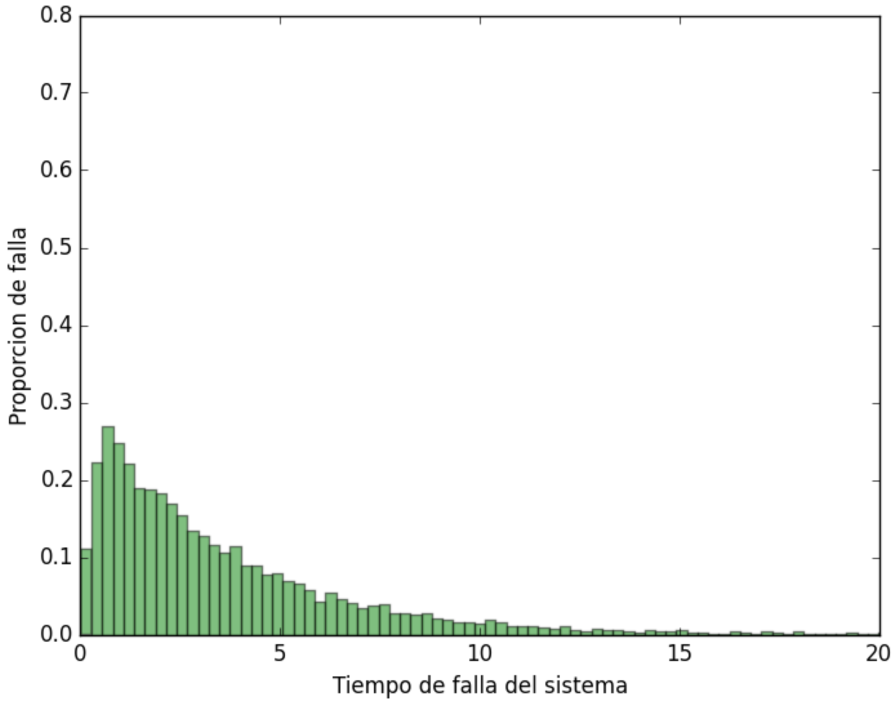
Iteraciones	Esperanza	Desvío estándar
100	1.84916	1.67891
1000	1.74255	1.57913
10000	1.74317	1.60938

La modificación del algoritmo original utilizado para realizar esta simulación puede encontrarse en el apendice.

3.2 *Sistema con un técnico y tres repuestos*

A continuación se muestra un histograma con los valores de 10000 simulaciones de tiempos de fallo del sistema funcionando con 3 máquinas de repuesto y 1 solo operario.

Ahora con la incorporación de otra máquina lavadora que puede ser utilizada como repuesto, podemos ver que la periodicidad con la cual falla el sistema ahora se encuentra más distribuida, haciendo así que sea más probable que el sistema pueda funcionar durante más tiempo. El gráfico muestra que hay más posibilidades de que el sistema dure más de un mes



en funcionamiento.
Se complementa al gráfico la siguiente tabla con los resultados del tiempo promedio de falla y la variación del mismo luego de haber realizado 100, 1000 y 10000 iteraciones.

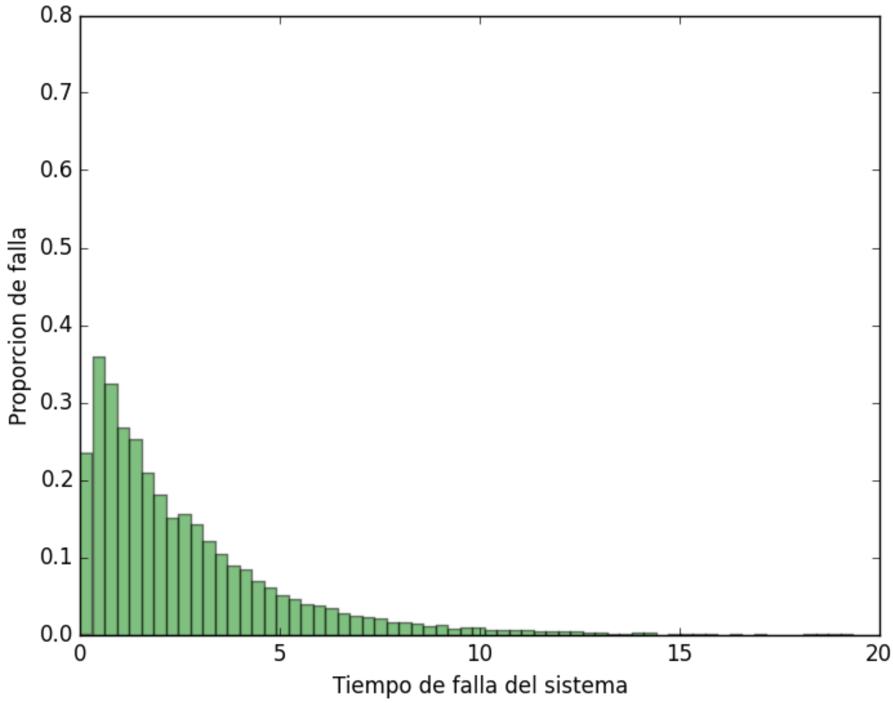
Iteraciones	Esperanza	Desvío estándar
100	3.33427	3.22612
1000	3.22161	3.30346
10000	3.57698	3.27928

3.3 *Sistema con dos técnicos y dos repuestos*

A continuación se muestra un histograma con los valores de 10000 simulaciones de tiempos de fallo del sistema funcionando con 2 máquinas de repuesto y 2 operarios.

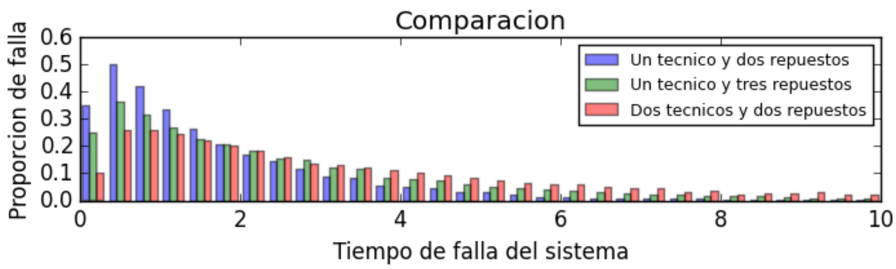
En el caso de incorporar la participación de otro técnico de reparación al sistema, se puede notar que hay cierta similitud a cuando solo tenemos un solo operario, ya que sigue habiendo lo más probables es que el sistema falle dentro de los primeros dos meses, solo que ahora esta probabilidad se ha dilatado en los meses que continúan. Haciendo así que el sistema llegue a durar más.
Se complementa al gráfico la siguiente tabla con los resultados del tiempo promedio de falla y la variación del mismo luego de haber realizado 100, 1000 y 10000 iteraciones.

Iteraciones	Esperanza	Desvío estándar
100	2.36958	2.56351
1000	2.75588	2.44585
10000	2.58391	2.41951



4 CONCLUSIÓN

Finalmente luego de haber realizado la simulación del sistema en su estado actual y luego de realizar cada cambio posible podemos llegar a una conclusión verificada sobre que es lo más propicio para el dueño del lavadero.



El histograma con los valores de 10000 simulaciones comparando los tiempos de fallo del sistema en las diferentes situaciones planteadas.
Gracias a este gráfico y las análisis antes realizados, es más fácil llegar a la conclusión de que, en el caso de ambas mejoras al sistema tengan el mismo costo, es preferible adquirir un otra máquina lavadora de repuesto.

5.1 *Algoritmo para la simulación con dos operarios*

El siguiente algoritmo representa una simulación del sistema empleando el trabajo de 2 técnicos.

Listing 3: Funciones auxiliares.

```
init()
while True:
        if (events[0] < t1_ and events[0] < t2_):
            t = events[0]
            r += 1
            if (r == S+1):
                return t;
            else:
                x = exponencial(Tf)
                events[0] = t + x repuesto
                events.sort()
                if (t1_ == inf):
                    t1_ = t + exponencial(Tr)
                    continue
                if (t2_ == inf):
                    t2_ = t + exponencial(Tr)

        elif (events[0] >= t1_):
            t = t1_
            r -= 1
            if ((r > 1 and t2_ != inf) or (t2_ == inf and r > 0)):
                t1_ = t + exponencial(Tr)
            else:
                t1_ = inf

        elif (events[0] >= t2_):
            t = t2_
            r -= 1
            if ((r > 1 and t1_ != inf) or (t1_ == inf and r > 0)):
                t2_ = t + exponencial(Tr)
            else:
                t2_ = inf
```