Memoria práctica modelado de eventos discretos

Computación para ingeniería

Máster Universitario de Ingeniería Informática, UPM
Fecha de Entrega: 01/05/2024

Luis Bustamante Martín-Ibánez

1. Questiones parte 1

Cabe destacar que a diferencia de lo que indica el enunciado, en el código de referencia los camiones llegan con una distribución exponencial de media 3 (λ=1/3). Se utilizará la exponencial de media 4 para las llegadas de los camiones durante la resolución de los ejercicios.

1.1. ¿Cuál es el tiempo medio de espera de cada camión?

El report html (Fig.1) de la simulación “Vancarrier Model_report.html” nos indica que el **tiempo medio de espera** de cada camión en la cola es de **4.766min**.

Title	Obs	Qavg.	Zeros	max.Wait	avg.Wait
Truck Queue	481	1.5333	133	22.4333	4.7666
idle VC Queue	133	0.39241	2	23.9833	4.3666

top

Fig.1: resultados de las colas

Si nos fijamos en este fragmento de la tabla (Fig.2), podemos observar que la cola de camiones se vacía a menudo, con un total de 133 veces vaciada y una media de 1.53 camiones en la cola. Esto nos explica cómo la cola de VC ociosos ha recibido 133 veces a un VC con espera media para volver a dar servicio de **4.366 min**, indicando que con dos VC es suficiente para minimizar los tiempos de espera.

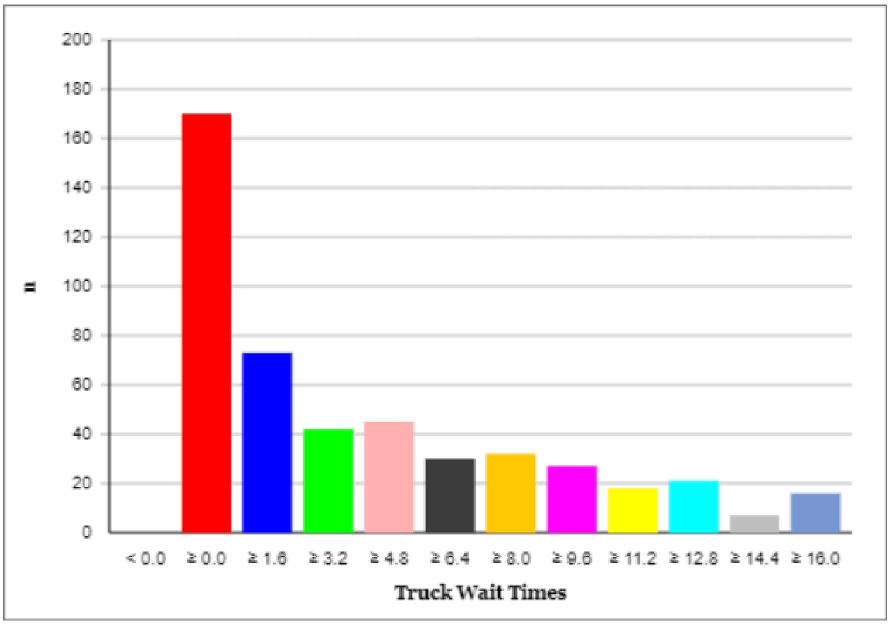


Fig. 2: tiempos de espera de los camiones

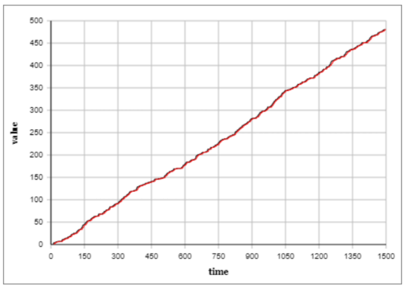
Como se puede ver en la figura que nos proporciona el report (Fig.2) sobre las esperas de los camiones en la cola, la mayoría no tienen que esperar.

1.2. Modificar la simulación para un escenario con cuatro grúas de carga. ¿Cuál es el tiempo medio de espera?

Como era de esperar, al añadir cuatro grúas el tiempo medio de espera baja a **0.116 min** (Fig,3), casi cero, siendo la cola máxima cuatro camiones. En contraste, la cola Idle VC tiene una media de espera de **8.333 min**.

TimeSeries

Title	(Re)set	Start	End	Obs	First	Last	Min	Max	Group	Color
arrived	0.0000	0.0	1500.0	481	1.0	481.0	1.0	481.0	default	
finished	0.0000	0.0	1500.0	481	1.0	481.0	1.0	481.0	default	



top

Queues

Title	Qorder	(Re)set	Obs	QLimit	Qmax	Qnow	Qavg.	Zeros	max.Wait	avg.Wait	refus.
Truck Queue	FIFO	0.0000	481	unlimit.	4	0	0.04251	428	3.6500	0.1166	0
idle VC Queue	FIFO	0.0000	428	unlimit.	4	4	2.39241	1	35.5500	8.3333	0

top

Fig.3: Información de la serie temporal y colas

Podemos ver en la gráfica de la serie temporal (Fig.3) que las llegadas coinciden siempre con las salidas, ya que a efectos prácticos no hay esperas.

1.3. Si el tiempo de servicio no fuese uniforme sino una exponencial de media 4.0 para el escenario inicial de dos grúas de carga, ¿cuál sería el tiempo medio de espera?

Para resolver esta cuestión, se ha modificado el código de la clase VancarrierModel.java, cambiando la distribución uniforme usada para generar los tiempos de servicio por una distribución exponencial negativa de media 4:

Primero declaramos las variables:

```
//private ContDistUniform serviceTime; // No se usa en el ejercicio 1.3
private ContDistExponential serviceTimeExp; // Usamos exponencial
```

Cambiamos la implementación del método que devuelve el tiempo de servicio:

```
    public double getServiceTime() {
        // return serviceTime.sample();
```

```
        return serviceTimeExp.sample();
    }
```

Y sustituimos la creación de la distribución uniforme por la distribución exponencial con media 4 en el método init():

```
serviceTimeExp = new ContDistExponential(this, "ServiceTimeStreamExp",
4.0, true, false);
```

El resultado del tiempo medio de espera con distribución exponencial es de **1.083 min** (Fig.5), menos que con la distribución uniforme. Esto se debe a que al ser una distribución exponencial, la mayoría de las veces el tiempo de servicio tiene valores bajos (Fig.4), por lo que tiene sentido que el tiempo de espera medio sea menor que antes.

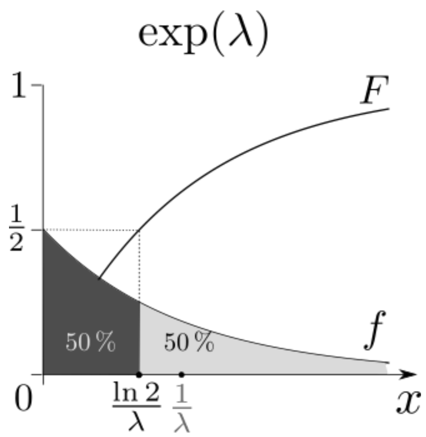


Fig.4: Mediana en la distribución exponencial

max.Wait	avg.Wait
18.1000	1.0833
37.8333	6.6166

Fig.5: esperas de las colas en distribución exponencial

1.4. Para este último escenario, ¿se podría calcular de forma analítica el tiempo medio de espera y el número medio de camiones esperando? Comparar los resultados con los datos simulados.

En el caso de usar el escenario de tiempo de servicio siguiendo una distribución exponencial, estaríamos hablando de un ejemplo tipo **M/M/2**, para el cual sí existen técnicas analíticas exactas. En nuestra simulación el tiempo medio de espera y el número de camiones esperando es:

Queues

Qmax	Qnow	Qavg.	Zeros	max.Wait	avg.Wait
6	0	0.26487	240	18.1000	1.0833
2	0	1.06013	0	37.8333	6.6166

Fig.6: resultados de la cola con distribución exponencial

En el caso de M/M/2, la ecuación para calcular de forma analítica el tiempo de espera medio es:

$$W = \frac{\lambda^2}{\mu(4\mu^2 - \lambda^2)}$$

Que utilizando nuestros datos de λ=¼ y μ=¼ nos da W=1.3 min de espera media, lo cual cuadra con nuestra simulación en la que nos daba 1.08 (Fig.6).

En cuanto al número medio de camiones esperando, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$L = \frac{\lambda^3}{\mu(4\mu^2 - \lambda^2)}$$

Que con nuestros datos nos da un total de 0.33 camiones esperando, cercano a los resultados de nuestra simulación (Fig.6) en la que tenemos 0.26 camiones de media esperando.

2. Cuestiones parte 2

En el anexo se describe el modelo diseñado con diagramas uml para cada evento, en los que se ha seguido el diseño que aparece en el tutorial de Desmoj.

2.1. ¿Cuál es el tiempo medio de espera global del cliente? Desglosa este tiempo entre lo esperado en la cola y lo esperado a que se prepare la comida.

Para obtener el tiempo esperado en la cola utilizamos el tiempo medio de espera en la cola de clientes, mientras que para obtener el tiempo esperado a que se prepare la comida usamos el tiempo medio de espera en la cola de dependientes con comanda asignada, ya que los dependientes esperan en esa cola desde que han tomado la comanda hasta que la comida se ha preparado (Fig. 8).

Queues

Title	Qorder	(Re)set	Obs	QLimit	Qmax	Qnow	Qavg.	Zeros	max.Wait	avg.Wait
Clientes Queue	FIFO	0.0000	199	unlimit.	122	117	65.0665	3	571.6666	324.3333
Idle Dependientes Queue	FIFO	0.0000	3	unlimit.	3	0	0.01896	1	17.3500	9.4666
Dependientes con comanda Queue	FIFO	0.0000	197	unlimit.	3	2	2.19154	0	75.0333	16.6333
Idle Cocineros Queue	FIFO	0.0000	32	unlimit.	1	0	0.05272	0	12.1500	2.4666

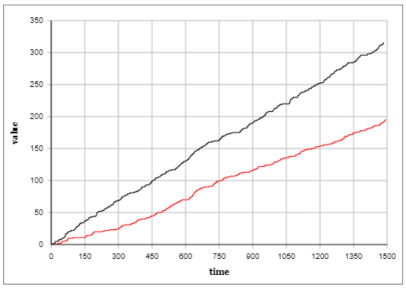
Fig.8: tiempos de espera en las colas

La simulación nos indica que el tiempo medio de espera de los clientes en la cola es de 324.33 minutos, mientras que el tiempo a que se prepare la comida es 16.63 minutos, dando un total de **341.96 min de espera global media**.

Esta espera tan elevada se debe a que no hay suficientes empleados para seguir el ritmo de llegada de los clientes, como se puede observar en la serie temporal de la simulación (Fig.9). El ritmo al que llegan los clientes es superior al ritmo de salida.

TimeSeries

Title	(Re)set	Start	End	Obs	First	Last	Min	Max	Group	Color
arrived	0.0000	0.0	1500.0	316	1.0	316.0	1.0	316.0	default	
finished	0.0000	0.0	1500.0	196	1.0	196.0	1.0	196.0	default	



top

Fig.9: serie temporal de llegadas/salidas de clientes

2.2. ¿Cuál es el porcentaje de tiempo que los dependientes están ociosos?

Teniendo en cuenta que la simulación dura 1500 minutos, el porcentaje de tiempo que los dependientes están ociosos es **prácticamente cero** (Fig.8), ya que como se mostró antes los clientes llegan más rápido de lo que se van, por lo que los dependientes no pasan a estar ociosos y siempre hay otro cliente que atender.

Sin embargo, el tiempo máximo de espera en la cola de dependientes ociosos es de 17.35 minutos (Fig.8).

2.3. ¿Cuál es el porcentaje de tiempo que los cocineros están ociosos?

En nuestra simulación el hecho de que sólo haya un cocinero es el **cuello de botella** y el motivo por el cual no se puede seguir el ritmo de llegada de clientes, ya que las llegadas llevan una distribución exponencial de 5 minutos y sólo el tiempo de cocina tiene distribución de media 7, habiendo sólo un cocinero.

Por tanto el porcentaje de tiempo ocioso de los cocineros es **casi cero** también, con un máximo de 12.15 minutos (Fig.8).

2.4. Si el McBurger tiene sólo 5 empleados, ¿Cuál es la configuración más eficiente para minimizar el tiempo de servicio global? Considere como se repartirían los empleados entre dependientes y cocineros.

De las cuatro posibles combinaciones de cinco empleados para Independientes-Ncocineros, la más eficiente es la 3-2 (3 dependientes - 2 cocineros). Se puede ver de manera visual al comparar las series temporales de cada combinación que las mejores distribuciones son 2-3 y 3-2, con resultados muy parejos, siendo la **2-3 la mejor** (Fig.11).

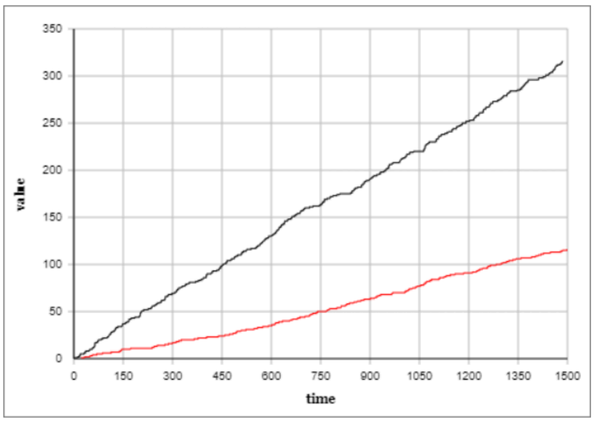


Fig. 10: 1 dependiente - 4 cocineros

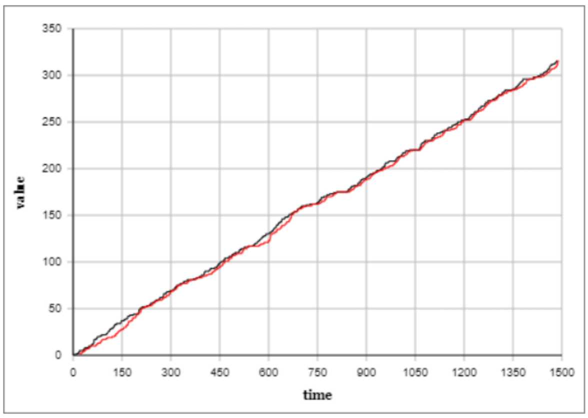
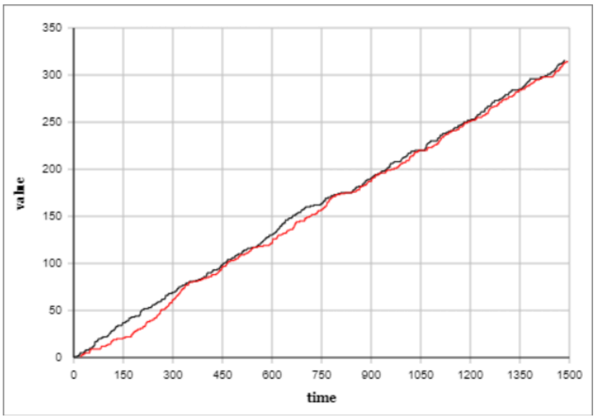


Fig. 11: 2 dependientes - 3 cocineros



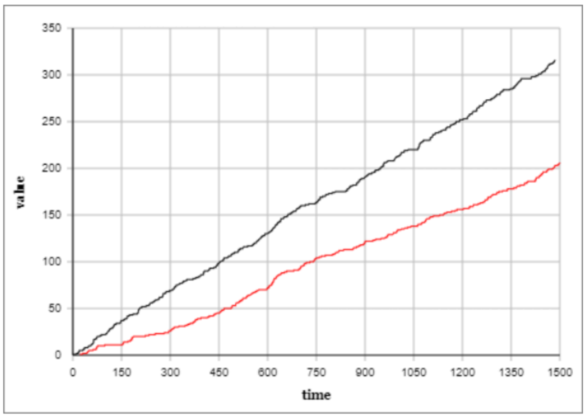


Fig. 12: 3 dependientes - 2 cocineros

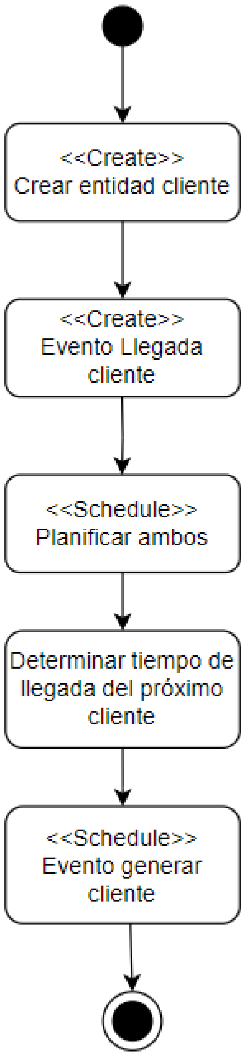
Fig.13: 4 dependientes - 1 cocinero

Se puede observar como la más eficiente es la 2-3 (Fig.11), ya que la línea roja que indica las salidas está la más próxima a la negra de llegadas durante la simulación. En comparación, la espera media global de 2-3 ha sido de **10.55** min mientras que la de 3-2 ha sido de 19.95 min.

3. Anexo

3.1. Evento generar cliente

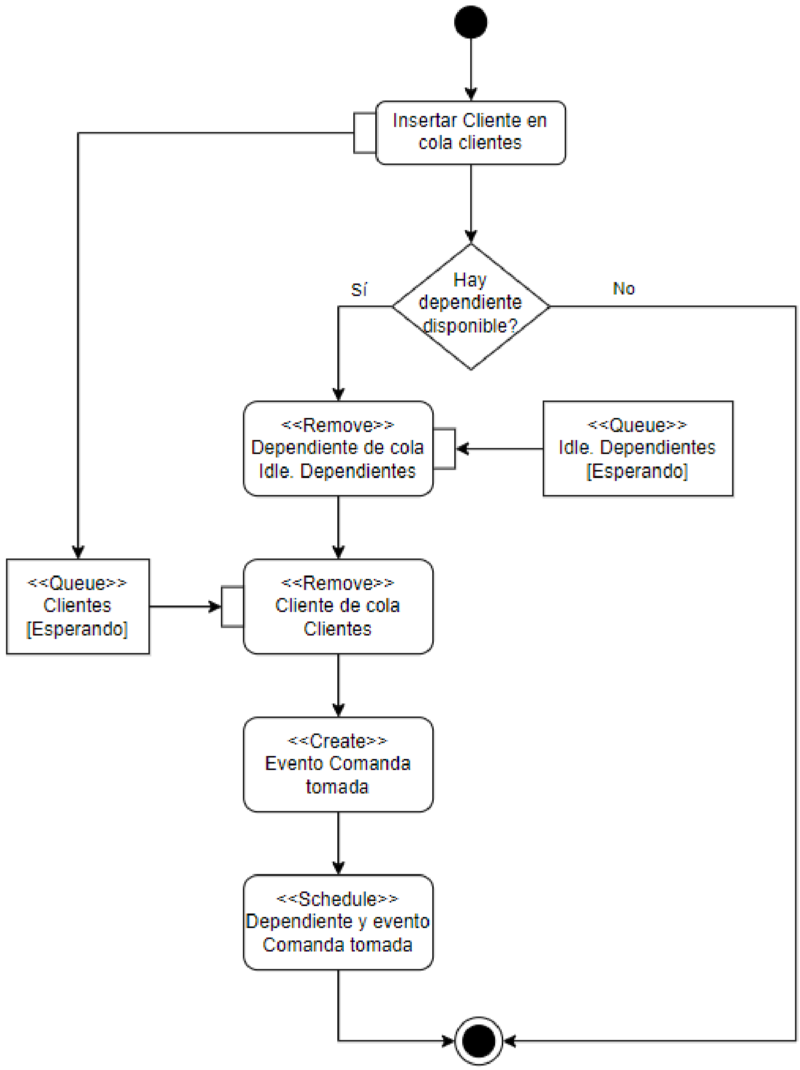
Evento encargado de ir generando clientes siguiendo la distribución exponencial de media 5 min, que se llama a sí mismo para generar cliente y al **evento Llegada cliente**.



3.2. Evento Llega cliente

Primero se inserta el cliente en la cola, y después se comprueba si hay un dependiente disponible en la cola Idle Dependientes, en cuyo caso el dependiente y cliente son retirados de las respectivas colas y se planifica el **evento Comanda tomada**.

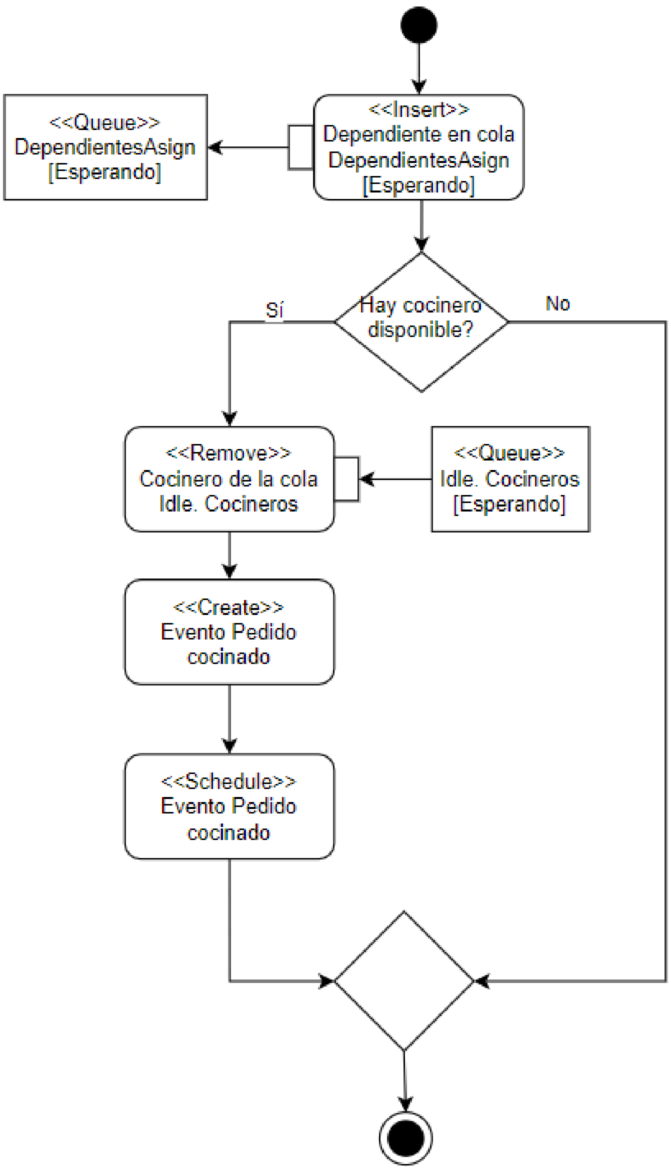
Si no hay dependiente disponible el cliente espera en la cola.



3.3. Evento Comanda tomada

Al tener una comanda asignada, el dependiente entra en la cola de dependientes con comanda asignada y se comprueba si hay cocinero disponible en la cola Idle cocineros. En caso afirmativo, se retira al cocinero ocioso de la cola y se planifica el **evento Pedido cocinado**.

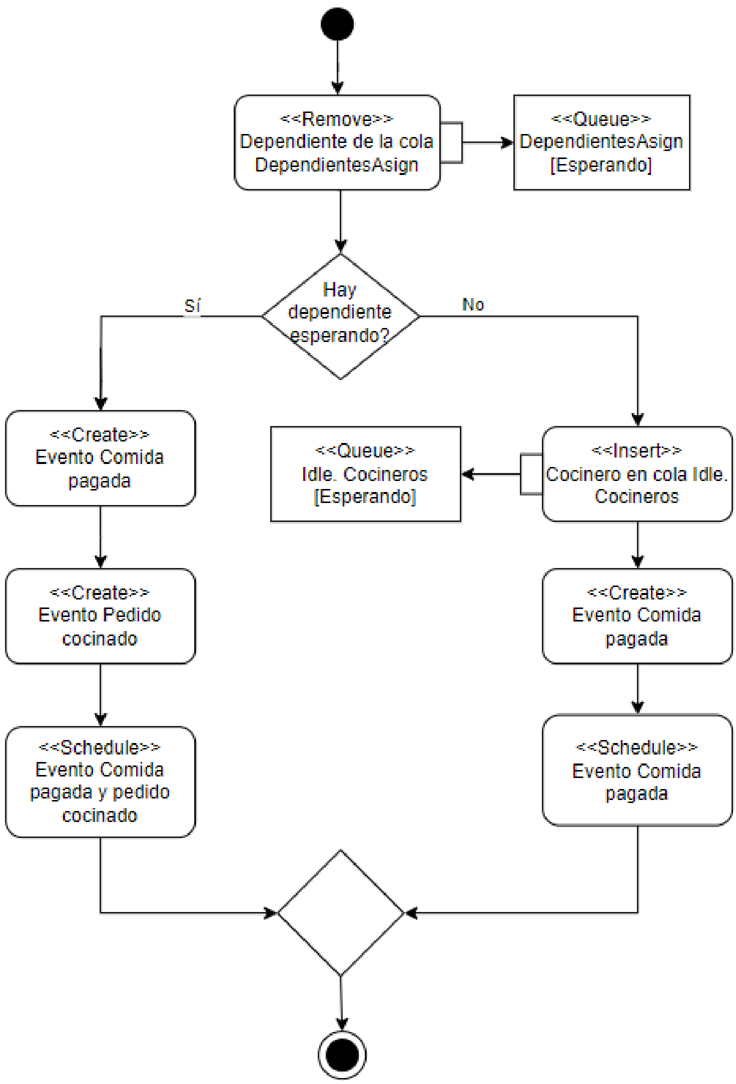
En caso de que no haya cocinero disponible el dependiente con cliente asignado queda a la espera en la cola.



3.4. Evento Pedido cocinado

El dependiente que había sido asignado al pedido es retirado de la cola de dependientes asignados ya que el pedido ha sido cocinado. En el caso de que haya otro dependiente esperando en la cola DependientesAsign se planifica otro **evento Pedido cocinado** ya que el cocinero ha terminado de cocinar el anterior pedido y puede empezar otro, aparte también se planifica el **evento Comida pagada** para el dependiente que preparó esta comida que fué retirado de la cola de dependientesAsign.

En caso de que no haya dependiente esperando a que se prepare su pedido, se inserta al cocinero en la cola Idle Cocineros y se planifica el **evento Comida pagada** del dependiente al que se preparó esta comida.



3.5. Evento Comida pagada

Finalmente, al haberse pagado la comida del anterior cliente, se comprueba si hay otro cliente esperando. En caso afirmativo, se retira al cliente de la cola de clientes y se planifica el evento Comanda tomada.

En caso de no haber más clientes esperando, se inserta al dependiente en la cola de dependientes ociosos.