



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Interrogación 3

ICS 3213 Gestión de Operaciones
Sección 2 – 1^{er} semestre 2014
Prof. Alejandro Mac Cawley

Instrucciones:

- Poner nombre y número a todas y cada una de las hojas del cuadernillo.
- No descorchetear el cuadernillo en ningún momento durante la prueba.
- La prueba consta de 4 partes. Debe contestar cada una de las preguntas en el espacio asignado.
- No se permiten resúmenes de clases, ni de casos, ni formularios.
- Se descontará 10 puntos por no cumplir alguna de estas instrucciones.
- La prueba tiene 120 + 6 puntos y dura 120 minutos.
- No se pueden utilizar laptops ni celulares.
- Se leerá la prueba al comienzo de clases y después se permitirán preguntas en voz alta. Posteriormente en la mitad de la prueba se volverá a permitir preguntas en voz alta. No se permitirán preguntas fuera de estos intervalos. Si su duda persiste indique el supuesto y continúe.

¡Muy Buena Suerte!

PARTE I. (20 puntos) Sección verdadero o falso. Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F). En caso de ser falsas, indique la razón.

1. En una bodega que tiene áreas de temperatura ambiente y temperatura controlada, al optimizar el uso del espacio de ambas áreas debemos dedicar el mismo esfuerzo.

Falso, dado que el espacio en el área de temperatura contralada es significativamente más caro que el de no controlada, el esfuerzo en optimizar el uso del espacio debe ser mayor en el área de temperatura controlada.
2. Al aumentar la rotación del inventario de 5 a 7 veces por año se necesitará más espacio en la bodega.

Falso, de acuerdo con el modelo fluido al aumentar la rotación del inventario se requiere de menor espacio.
3. Para optimizar el área de reserva, se debe aumentar la altura de los racks a lo máximo posible que permita la carga de los mismos.

Falso, al aumentar la altura en la cual se localizan los SKU también se aumenta el tiempo requerido para colocar y buscar los productos. Por lo que el aumento en la eficiencia del uso del espacio puede verse contrarrestado por el mayor tiempo requerido para recuperar el producto, por lo que no se optimiza el área de reserva.
4. El aumentar la capacidad de apilar los pallets, en las bodegas a piso, nos lleva a disminuir la profundidad óptima.

Verdadero.
5. En el juego de la cerveza, la habilidad de reaccionar del sistema, y en específico del minorista, ante cambios en la demanda es de 12 semanas o ciclos.

Verdadero.
6. Cuando hay racionamiento en la oferta, como el caso del vino Premium explicado en clases, no es posible hacer nada para disminuir el efecto látigo.

Falso, es posible manejar el racionamiento mediante e manejo de la oferta, por medio de alocar la producción a los distintos clientes y mantenerlos informados sobre las disponibilidades. Todo esto conlleva a disminuir el efecto látigo.
7. En sistemas congestionados o de alta utilización, la disminución en la variabilidad tendrá menores efectos en el tiempo de flujo promedio que para sistemas no congestionados o de baja utilización.

Falso, la disminución de la variabilidad tendrá mucho mayor efecto en sistemas congestionado que en sistemas no congestionados.
8. Bajo la visión moderna de calidad, si todos los procesos y partes se encuentran dentro de los rangos de aceptación, el sistema está entregando un producto de calidad.

Falso, en la visión moderna la calidad robusta indica que cualquier desviación del objetivo es una pérdida de calidad. Como ejemplo, si todos los componentes del sistema se encuentran en el rango mínimo de aceptación al integrar los componentes, el producto puede presentar fallas.
-

9. La gran diferencia entre el TQM y el Six-Sigma es que el segundo además de enfocarse en la calidad se concentra en disminuir la variabilidad del sistema productivo.

Falso, la gran diferencia entre TQM y Six-Sigma es que el segundo también se enfoca en los procesos.

10. Para disminuir las “brechas” en la calidad del servicio se debe aumentar el marketing de la empresa para que mejore la percepción del cliente de la empresa.

Falso, para disminuir las brechas el Marketing no juega un rol. Para disminuir las brechas debemos establecer procesos claros y estructurados para la prestación de servicios, medir que los procesos son adecuadamente ejecutados por nuestros trabajadores y finalmente, que la percepción del cliente se ajuste a sus expectativas.

PARTE II (15 puntos) Responda 1 de las siguientes 2 preguntas relacionada con el libro “La Meta”. Solo se corregirá una pregunta.

- a) Alex no podía dormir ya que a pesar que había aumentado la producción, disminuido el inventario y mejorado el cumplimiento de las órdenes, el costo por unidad había subido significativamente. ¿Por qué si todos los indicadores han mejorado, los costos por unidad subieron? ¿Qué es lo que lleva a esto? ¿Cómo lo solucionaría?

Respuesta:

El problema de Alex es un problema contable, ya que previo a la mejora en la planta ellos producían más de algunos productos, pero estos terminaban como inventarios de productos en proceso o terminados, por lo que sus costos se diluyen en un mayor número de unidades (costo unitario mayor). Ahora produce un menor número de unidades, pero todo se transforma en throughput y por ende en ventas. Por ende al producir “menos” se diluyen los costos de mano de obra en menos unidades y por ende el costo unitario aumenta.

La forma de contrarrestar esto es por medio de analizar los costos totales del proceso: Mano de obra + Insumos + Inventario o tomar un costo unitario por unidad vendida o throughput del sistema. Este mecanismo evitaría el esconder el costo de inventario y trabajo en proceso.

- b) Alex, Bob y Ralph desarrollan 5 pasos para poder mejorar los indicadores. Indique los 5 pasos desarrollados por Bob y Ralph. Comente cómo aplicaron cada uno de estos pasos en la planta.

Respuesta:

Los 5 pasos son: Paso 1: Identificar los cuellos de botella, Paso2: Decidir cómo explotar los cuellos de botella, Paso 3: Subordinar el proceso productivo al cuellos de botella, Paso 4: Elevar los cuellos de botella del sistema, Paso 5: Si en un paso anterior algún cuello de botella ha sido “eliminado” o “roto” volver al paso 1.

Debe discutir cómo se aplicó en la planta. Como ejemplo puede ser la maquina NCX10

PARTE III (15 puntos) Responda las siguientes dos preguntas de las lecturas.

- a) (7.5 ptos.) Según el texto The Bullwhip Effect in Supply Chains, el efecto látigo puede tener diversas causas. Explique tres de ellas. ¿Por qué es importante para los Gerentes conocer las causas? Para cada una de las causas explicadas, de un ejemplo de cómo estas pueden influir en las decisiones de una empresa.

Respuesta:

Proyecciones de la demanda basadas en información histórica, observaciones, percepciones y desconfianza.

Tiempos entre órdenes muy largos, múltiples pronósticos.

Órdenes por lotes, problemas con los proveedores por órdenes muy frecuentes, problemas por la variabilidad de la demanda con órdenes periódicas, altos de transporte.

Fluctuación de precios por compras anticipadas, promociones, descuentos y términos contractuales especiales.

Juegos de racionamiento y escasez, que producen falta de información.

(4.5 puntos, 1.5 puntos c/u)

- b) (7.5 ptos.) En el paper Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, los autores derivan matemáticamente las causas del efecto látigo. ¿Cómo se relacionan estas causas entre sí? ¿Cuáles son los supuestos que hacen en la formulación inicial y cómo a partir de ellos derivan las causas? De dos ejemplos, distintos a los de la lectura, de cómo se puede contrarrestar el efecto látigo.

Respuesta:

La proyección de la demanda y las órdenes por lotes se relacionan entre sí porque ambas son impulsadas por cada miembro de la cadena para gestionar y optimizar sus operaciones internas.

El juego de razonamiento y la variación de precios se relacionan entre sí porque ambos reflejan la reacción de los miembros de la cadena frente a las variaciones del mercado. (2 puntos)

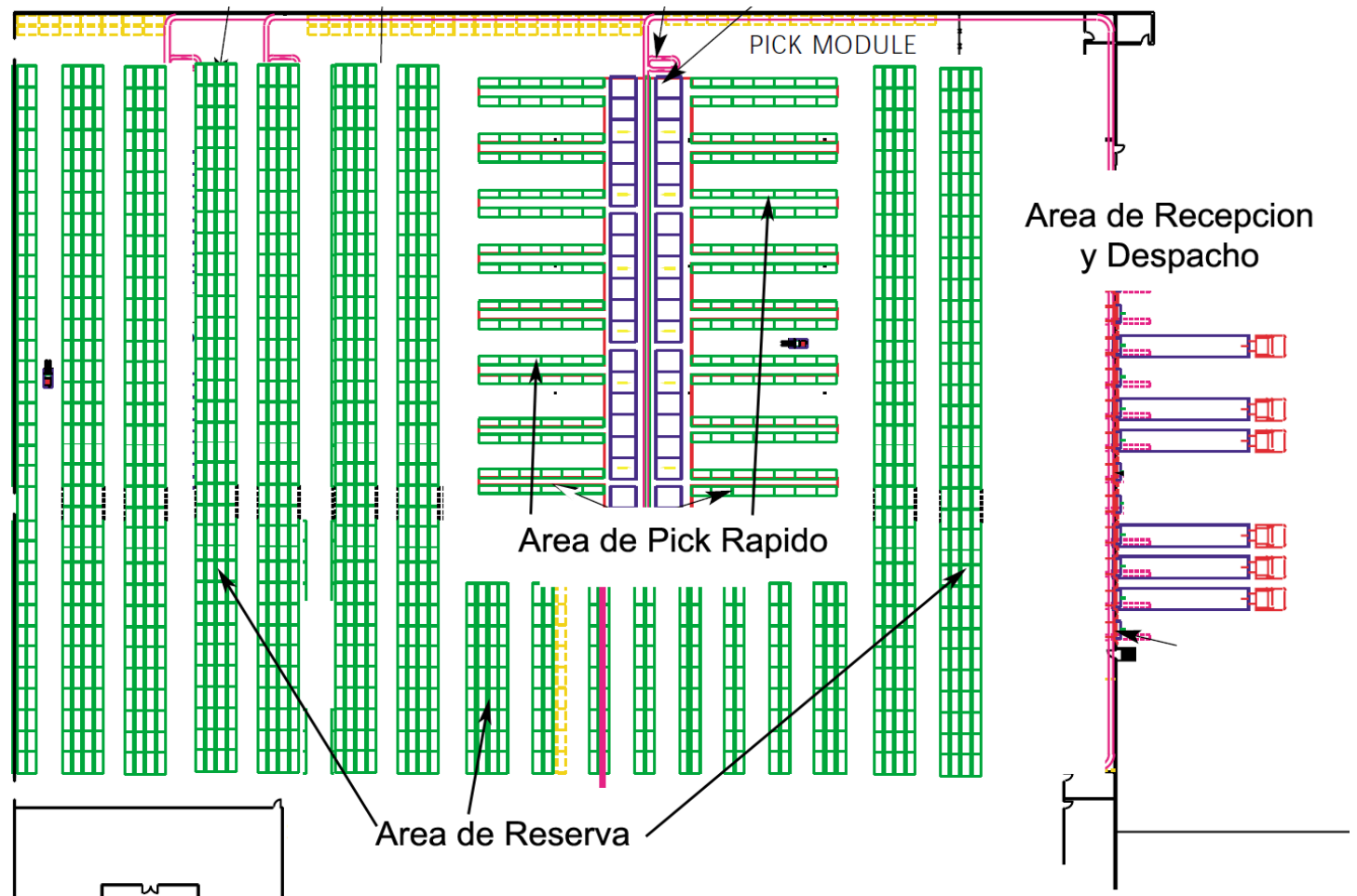
Los supuestos que realizan son el uso de una política de revisión periódica, las demandas pasadas no influyen en los pronósticos (el pedido es igual a la demanda del período anterior), el reabastecimiento es infinito con un tiempo fijo entre pedidos, no hay costos fijos de por poner una orden y el costo de los productos es constante en el tiempo. (2 puntos)

Las causas se derivan relajando estos supuestos uno a uno. (1.5 puntos)

Ejemplos. (2 puntos)

PARTE IV (70 Puntos): Ejercicios. Responda las siguientes 3 Preguntas

1.- (20 puntos) Usted tiene el siguiente plano de un centro de distribución de un importante distribuidor de partes de automóvil. En el plano se detallan las áreas de reserva, la cual está compuesta de racks de dos pallets de profundidad. Se detalla el área de pick rápido en donde se hacen los picks por unidad. Finalmente se detalla el área de recepción y despacho con sus puertas.



Con esta información indique al menos 4 problemas del diseño de este centro de distribución. Para cada problema debe: primero, comentar sobre la razón que le lleva a señalar ese problema y como afecta la eficiencia y productividad del centro y segundo, comentar la forma de como solucionaría dicho problema.

Respuesta Pregunta 1:

- 1.- La orientación de los racks del área de reserva no va de acuerdo al área de despacho. Genera ineficiencias en tiempo.
- 2.- El área de pick rápido se encuentra bloqueada por el área de reserva y con mal acceso al área de recepción y despacho. Mover el área de pick rápido.
- 3.- La orientación del área de pick rápido no permite un flujo rápido hacia el área de recepción y despacho.
- 4.- No hay pasillos intermedios en el área de reserva que permitan el paso de un pasillo a otro, aumentando el movimiento del personal. Colocar pasillos intermedios.
- 5.- Solo hay puertas de recepción y despacho a un lado, para aumentar la cantidad de lugares con mejor acceso es posible colocar puertas de recepción y despacho a un lado y otro.
- 6.- Una bodega de productos automotrices, los productos son de distinto tipo (Motores, cultatas, vidrios, etc) y solo se observan dos tipos de áreas.

Si hay otras críticas justificadas también se consideran.

2.- (25 Puntos) Considere la siguiente información:

SKU	Picks	Demanda (pallets)	Demanda Pallets completos	# Min (pallet)	# Max (pallets)
A	100	8	20	3	40
B	100	40	1	1	Desconocido
C	100	20	20	2	10
D	10	1	1	2	2

- a) Suponga que le toma 1 minuto hacer el pick de la zona frontal y 2 minutos de la zona de reserva. La reposición del pallet le toma 3 minutos. Si se permiten *picks* de cajas y pallets completos en la zona frontal y cada posición tiene una profundidad de 2 pallets, calcule los beneficios de colocar cada SKU en la zona de *picking* frontal. **(7 puntos)**
- b) Si la zona de *picking* frontal tiene una cantidad limitada de 10 posiciones ¿En qué orden y cuántas ubicaciones usaría para cada SKU? **(6 puntos)**

Suponga que dispone de 10 m³ de espacio en una zona de *picking* rápido, que se surte de un área de reserva. Los siguientes SKU son candidatas a ingresar a la zona y su actividad es la siguiente:

SKU	picks/mes	unidades/mes	unidades/caja	m ³ /caja
A	1000	2000	20	1
B	300	1200	6	3.5
C	250	4000	10	0.5

- c) Suponga que ha decidido colocar las 3 SKU en la zona de *picking* rápido. Si el costo por *pick* en la zona rápida es de \$0.1, ¿cuál es el costo total de esta asignación? **(3 puntos)**
- d) Suponga ahora que puede elegir cualquier combinación de SKU para asignarlos a la zona de *picking* rápido y el resto queda en la zona de reserva. Si el costo por *pick* en la zona de reserva es de \$0.25 y el costo por cada *restock* es de \$1, ¿qué SKU asignaría a la zona de *picking* rápido si su objetivo es minimizar el costo total? **(7 puntos)**
- e) Si no tiene espacio para el área de reserva en su bodega (sólo *picking* rápido) y tiene la posibilidad de arrendar este espacio, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar? **(2 puntos)**
- f) **(Pregunta Bono – 6 puntos)** Se tiene un conjunto I de SKU’s con una cantidad p_i de picks por unidad de tiempo y un flujo f_i por unidad de tiempo, que han sido elegidos para ser colocados en la zona de picking rápido. Suponga que para cada SKU se considera un stock de seguridad ss_i . ¿Qué fracción de espacio debe asignar a cada SKU si el espacio total es V ?

Respuesta Pregunta 2:

Para cada SKU se debe calcular el beneficio de ocupar la mínima cantidad de ubicaciones, todas ellas y las ubicaciones adicionales en el área de *picking* frontal. Como cada ubicación puede albergar 2 pallets, los valores de l_i y u_i son:

SKU	l_i	u_i
A	2	20
B	1	Desconocido
C	1	5
D	1	1

$$Beneficio_{min} = \frac{s * p_i - c_r * d_i}{l_i}$$

$$Beneficio_{max} = \frac{s(p_i + D_i)}{u_i}$$

$$Beneficio_{adic} = \frac{s * D_i + c_r * d_i}{u_i - l_i}$$

A continuación se presenta un resumen de los beneficios y la distribución de los SKU.

SKU/Beneficio	Mínimo	Máximo	Adicional
A	38	6	2,44
B	-20		
C	40	24	20
D	7	11	

SKU	Beneficio	Ubicaciones
C	40	1
A	38	2
C	20	4
D	11	1
A	2,44	18
B	-20	1

Lo más conveniente es colocar primero el SKU C en 1 ubicación, luego el SKU A en 2 ubicaciones, luego el resto del SKU C en 4 ubicaciones, luego el SKU D en 1 ubicación y finalmente una parte del SKU A restante en 2 ubicaciones.

c)

SKU	Picks	Costo Picks	vi	Restocks	Costo Restocks	Costo Total
A	1000	\$ 100	1,98	50,60	\$ 50,60	\$ 150,60
C	250	\$ 25	2,79	71,56	\$ 71,56	\$ 96,56
B	300	\$ 30	5,23	133,87	\$ 133,87	\$ 163,87
					Total	\$ 411,03

d)

En primer lugar hay que determinar la prioridad que tienen los SKU para ingresar a la zona de *picking* rápido:

SKU	Picks	fi	Eficiencia $\frac{p_i}{\sqrt{f_i}}$
A	1000	100	10
C	250	200	17,68
B	300	700	11,34

Luego, se calculan todas las combinaciones posibles:

SKU A y C en *picking* rápido, SKU B en reserva.

SKU	Picks	Costo Picks	vi	Restocks	Costo Restocks	Costo Total
A	1000	\$ 100	4,14	24,14	\$ 24,14	\$ 124,14
C	250	\$ 25	5,86	34,14	\$ 34,14	\$ 59,14
B	300	\$ 75			\$ -	\$ 75,00
					Total	\$ 258,28

SKU A en *picking* rápido, SKU B y C en reserva.

SKU	Picks	Costo Picks	vi	Restocks	Costo Restocks	Costo Total
A	1000	\$ 100	10,00	10,00	\$ 10,00	\$ 110,00
C	250	\$ 63			\$ -	\$ 62,50
B	300	\$ 75			\$ -	\$ 75,00
					Total	\$ 247,50

SKU A, B y C en reserva.

SKU	Picks	Costo Picks	vi	Restocks	Costo Restocks	Costo Total
A	1000	\$ 250			\$ -	\$ 250,00
C	250	\$ 63			\$ -	\$ 62,50
B	300	\$ 75			\$ -	\$ 75,00
Total						\$ 387,50

Lo más conveniente es asignar los SKU A a la zona de *picking* rápido y los SKU B y C a la zona de reserva.

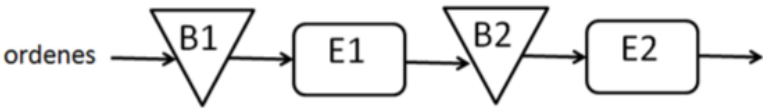
e) Estaría dispuesto a pagar la diferencia:

$$\pi = \$411,03 - \$247,50 = \$163,53$$

(Bonus – 6 puntos) Se tiene un conjunto I de SKU's con una cantidad p_i de picks por unidad de tiempo y un flujo f_i por unidad de tiempo, que han sido elegidos para ser colocados en la zona de picking rápido. Suponga que para cada SKU se considera un stock de seguridad ss_i . ¿Qué fracción de espacio debe asignar a cada SKU si el espacio total es V ?

$$v_i^* = ss_i + \left(\frac{\sqrt{f_i}}{\sum_j \sqrt{f_j}}\right)\left(V - \sum_j ss_j\right)$$

3.- (25 Puntos) Un sistema productivo consiste en dos estaciones de trabajo conectadas en serie, E1 y E2, como muestra la figura. Frente a cada estación existen áreas de almacenamiento (buffers), B1 y B2.



Las órdenes a procesar llegan a E1 (esperan en el buffer, si es necesario) son procesadas y pasan a E2. Si B2 se llena, entonces E1 debe parar y no puede seguir procesando e, igualmente, si B1 se llena, el sistema no puede recibir nuevas órdenes. Tanto E1 como E2 pueden procesar 55 órdenes por hora, pero son procesos variables. El coeficiente de variación de cada uno es de un 50%. Las órdenes llegan a este sistema a una tasa promedio de 50 órdenes por hora, con una variación de un 50%.

- a) (8 ptos.) Suponiendo primero que los buffer tienen “capacidad infinita”, determine aproximadamente cuánto sería el inventario en espera en estos y el tiempo medio de flujo estimado para una orden desde que entra hasta que sale del sistema.
- b) (4 ptos.) Suponga ahora que el buffer en E2 (es decir, B2) tiene un capacidad igual al valor del inventario en B2 estimado por usted en a), mientras que B1 sigue con capacidad infinita. ¿Qué pasará con el tiempo de flujo en el sistema? ¿Por qué? (No se requieren cálculos numéricos)
- c) (9 ptos) Luego de analizar exhaustivamente el inventario se aprecia que si el segundo buffer tuviera capacidad igual al inventario promedio, entonces se llenará un 5% de las veces. Estime cuanto aumentará el tiempo de flujo de las órdenes en el sistema, si la capacidad del B1 sigue siendo infinita.
- d) (4 ptos) Usted también ha decidido definirle una capacidad al primer buffer igual a la cantidad calculada en el punto anterior, y que denotaremos por C, de modos que ambos buffers tienen la mismas capacidad. ¿Qué pasará ahora con el tiempo de flujo total?¿Qué pasará con el thought-put neto del sistema? (No se requieren cálculos numéricos)

Respuesta Pregunta 3:

- a)
- Aquí hay que usar las relaciones de las “Física de la Fábrica”:

$$FT_q = \left(\frac{c_a^2 + c_e^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{\rho}{1 - \rho}\right) \cdot \left(\frac{1}{\mu}\right)$$

y la propagación de variabilidad:

$$(c_s)^2 \approx \rho^2(c_e)^2 + (1 - \rho^2)(c_a)^2$$

Para E1 los coeficientes de variación son 0,5. Tenemos además que $\rho = \frac{50}{55} = 0,91$. Luego el tiempo de espera en B1 se puede estimar como:

$$FT_q = \left(\frac{0,5^2 + 0,5^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{0,91}{1 - 0,91}\right) \cdot \left(\frac{1}{55}\right) = 0,0459 \sim 2,75 \text{ minutos}$$

Por la fórmula de Little, el inventario promedio en B1 se puede estimar en $50 \times 0,0459 = 2,3$ unidades. Ahora notemos que como la variación del servidor E1 y la de la entrada es la misma e igual a 0,5. Esta relación también se repite en los coeficientes de variación de los proceso. Además tenemos que la tasa de llegada λ sigue siendo el mismo, el cálculo para E2 es también el mismo. El tiempo de servicio promedio en E1 o E2 es de $1/\mu$, es decir, 0,018 horas que equivale a 1,09 minutos. Sumando tanto el tiempo de servicio como de espera que tenemos que el tiempo de flujo total se puede estimar en 7,68 minutos.

- b)
- Ahora vamos a poner un buffer con capacidad de aproximadamente 3 unidades. Esto va a producir que cuando el buffer se llene, E1 tenga que parar. Cuando eso pasa, la cola de E1 aumenta, y este aumento si es significativo, el tiempo de flujo puede aumentar.

c) Podemos estimar que el buffer se llena un 5% del tiempo, entonces E1 se parará un 10% del tiempo, es decir su productividad disminuirá en un 5%. Esto es válido, desde luego, suponiendo que E1 esté ocupado siempre que dado que ρ es alto, esto es un supuesto razonable. De este modo, la tasa de servicio de E1 debería disminuir a un 95% de su valor original, es decir, a 52,25 unidades por hora. Con esto, el nuevo ρ es igual a $50/52,25=0,957$. El nuevo tiempo de espera en B1 es:

$$FT_q = \left(\frac{0,5^2 + 0,5^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,957}{1 - 0,957} \right) \cdot \left(\frac{1}{52,25} \right) = 0,106 \sim 6,39 \text{ minutos}$$

El tiempo original en B1 era de 2,75 minutos ahora existe un aumento de 3,61 minutos.

- e) Si ahora se restringe además B1 el resultado será que se producirá un fuerte rechazo de órdenes a la entrada del sistema. Esto se traduce en que el through-put neto de sistema podría disminuir de forma significativa.

Formulario

$\frac{k}{k+1}$	$Prof = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)\left(\frac{q_i}{z_i}\right)}$	$Prof = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)\left(\frac{1}{n}\right)\left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{z_i}\right)}$
-----------------	--	---

$Ben = sp_i - c_r d_i$	$Ben = s(p_i + D_i)$
------------------------	----------------------

$Beneficio_{min_A} = \frac{s * p_i - c_r * d_i}{l_i}$	$Beneficio_{max_A} = \frac{s(p_i + D_i)}{u_i}$
--	---

$Beneficio_{adic_A} = \frac{s * D_i + c_r * d_i}{u_i - l_i}$

$v_i^* = \left(\frac{\sqrt{f_i}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{f_j}}\right) V$	$\frac{\mathbf{p_i}}{\sqrt{\mathbf{f_i}}}$
---	--

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$
------------------------------	-------------------------------

$L = \frac{\rho}{1-\rho}, \quad W = \frac{1}{\mu(1-\rho)}$	$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho}, \quad W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$
--	---

$WIP = TH \times TC$

$A = \frac{m_f}{m_r + m_f}$	$t_e = \frac{t_o}{A}$	$\sigma^2_e = \left(\frac{\sigma^2_o}{A}\right) + \frac{(m_r + \sigma^2_r)(1-A)t_o}{Am_r}$
-----------------------------	-----------------------	--

$c^2_e = \frac{\sigma^2_e}{t_e^2} = c^2_o + (1 + c^2_r)A(1-A)\frac{m_r}{t_o}$

$t_e = t_o + \frac{t_s}{N_s}$	$\sigma^2_e = \sigma^2_o + \frac{\sigma^2_s}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} t_s^2$	$c^2_e = \frac{\sigma^2_e}{t_e^2}$
-------------------------------	--	------------------------------------

$(c_s)^2 \approx \rho^2(c_e)^2 + (1 - \rho^2)(c_a)^2$	$CT_q = \underbrace{\left(\frac{C_a^2 + C_e^2}{2}\right)}_{\hat{V}} \underbrace{\left(\frac{\rho}{1 - \rho}\right)}_{\hat{U}} \underbrace{t_e}_{\tilde{T}}$
---	---

$L = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(b+1)\rho^{b+1}}{1-\rho^{b+1}}$	$\lambda' = \lambda \left(\frac{1-\rho^b}{1-\rho^{b+1}}\right)$
--	---

$L_q = \frac{\rho}{1-\rho} \times Prob(N > c)$	$W_q = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)} \times Prob(N > c)$
--	---