



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

Interrogación 3 - PAUTA

ICS 3213 Gestión de Operaciones
Sección 1 y Sección 2 – 1^{er} semestre 2019
Prof. Alejandro Mac Cawley
Prof. Jorge Morales

Instrucciones:

- Poner nombre y número de lista a todas y cada una de las hojas del cuadernillo.
- Responder todas las preguntas en el espacio asignado y no descorchetear sus hojas en ningún momento durante la prueba.
- La prueba consta de 3 secciones.
- 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 puntos de bono 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.
- Este curso adscribe el Código de Honor establecido por la Escuela de Ingeniería el que es vinculante. Todo trabajo evaluado en este curso debe ser propio. En caso de que exista colaboración permitida con otros estudiantes, el trabajo deberá referenciar y atribuir correctamente dicha contribución a quien corresponda. Como estudiante es su deber conocer la versión en línea del Código de Honor (<http://ing.puc.cl/codigodehonor>).

Firma Alumno

¡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. 2 ptos si es verdadera, 0.5 falso, 1.5 explicacion adecuada

1. Si en el juego de la cerveza se compartiera perfectamente la información y se coordinara el sistema, el costo del sistema seria de 0.

Falso, a pesar de poder coordinar el sistema completo y de compartir perfectamente la información el costo del sistema seria de \$150. Se debe mantener algo de inventario en proceso.
2. La principal diferencia entre los modelos de localización de centro de gravedad versus el de punto de equilibrio es que el primero supone que los costos de transporte son iguales para cada opción, mientras que el segundo modelo requiere los costos específicos de transporte para cada alternativa.

Verdadero.
3. El modelo de localización basado en ranking de factores permite comparar lugares distintos y una decisión, sin embargo, tanto los ponderadores como los puntajes otorgados a cada ubicación pueden ser sesgados.

Verdadero
4. La variabilidad no puede ser manejada en una sala de urgencia debido a la naturaleza del proceso.

Falso, se demostró en EEUU que si se publicaba los tiempos de espera en urgencia y se les permitía a los pacientes que no tenían urgencias reales (Eg esguinces, dolor de guata, etc.) “tomar hora” en la urgencia y reducir sus tiempos, se podía manejar la variabilidad de las llegadas.
5. Para un sistema en régimen, si usted dispone de las cantidades de inventario frente a cada máquina y el throughput del sistema, puede determinar el tiempo de ciclo.

Verdadero
6. Al comparar dos equipos y analizar sus tiempos medios entre fallas, siempre voy a elegir aquel equipo que tenga un mayor tiempo entre fallas.

Falso, debo también analizar el tiempo medio de reparación y su variabilidad.
7. En un sistema con línea de espera, los tiempos son proporcionales al nivel de congestión del sistema.

Falso, los tiempos crecen exponencialmente.

8. La estructura de “cross-dock” es más común de encontrarse en empresas de courier o correo.

Verdadero

9. Al agregar la demanda en un solo lugar como es el caso del centro de distribución, siempre generara beneficios, como el caso del risk pooling.

Falso, primero se aumenta el riesgo debido a que se junta todo el inventario en un solo lugar y segundo, si no hay covarianza negativa no se disminuirá el nivel de inventario.

10. Si soy un retailer como Falabella, Cencosud o Walmart, una estrategia para reducir costos sería el contratar un 3PL o third party logistic provider para tercerizar la logística.

Falso, para estas empresa la logística es parte central de sus negocios por lo que el tercerizarla llevaría a aumentar sus costos.

PARTE II (20 puntos) Responda las siguientes dos preguntas relacionadas con el libro “La Meta”.

a) (10 puntos) Alex recuerda una conversación con Jonah en la cual hablan de cuatro tipos de tiempo que los inventarios pasan al interior de la planta. Por favor mencione y explique a que se refiere cada tipo de los cuatro tiempos que mencionan. En base a esos tiempos, justifique e indique el efecto que tiene el tamaño de lote sobre estos tiempos y cuál es el tamaño correcto para lograr la meta de la empresa.

Parte de lo que Jonah me contó la noche pasada está en relación con el tiempo que el material pasa dentro de la fábrica. Se pueden distinguir cuatro tipos de tiempos, desde que el material entra en la fábrica, hasta que sale por el otro extremo, convertido en producto terminado.
Uno de ellos es el tiempo de preparación, tiempo que el material espera a que un determinado recurso esté preparado para procesarlo. Otro es el tiempo de proceso, en el que el material es transformado en otro nuevo, cuyo valor ha aumentado.
El tercer periodo es el tiempo en cola, o tiempo que el material ha de esperar a que un recurso que se encuentra ocupado en otra tarea previa, la termine.
Y el cuarto es el tiempo de espera, en el que el material espera, no a un recurso, sino a otros materiales con los que tiene que ser ensamblado.

Nombrar cada tiempo, 0.2, desarrollar la explicación de cada uno +1.3 ptos; efecto tamaño lote, +2, tamaño correcto, +2

Si dejamos en la mitad el lote, también dejaremos en la mitad el tiempo de proceso de este lote. Eso significa reducciones paralelas en las colas y las esperas. Y reducir a la mitad estos últimos, lleva a reducir a la mitad, aproximadamente, el tiempo total que pasa el material en la fábrica. Y reducir a la mitad el tiempo que pasan las piezas...
— ... significa reducir los ciclos de fabricación —explico—. Al estar menos tiempo aguardando en el montón, la velocidad del flujo de materiales aumenta.
— Y con ciclos más cortos, los clientes reciben antes sus pedidos —señala Lou

b) (10 puntos) Después de todo lo que ha vivido Alex y su equipo, ellos logran establecer un círculo virtuoso para atacar las restricciones del sistema. Indique las etapas de este círculo, comentando cada una de ellas. También determinan reglas o principios que son necesarios observar para lograr la meta de la organización. Nombre al menos 3 de estas reglas o principios y explique brevemente como el seguirlas conlleva al logro de la meta.

1. Identificar el o los cuellos de botella del sistema.
2. Explotar el o los cuellos de botella.
3. Subordinar todas las demás decisiones al paso 2
4. Elevar el o los cuellos de botella.
5. No permitir que la inercia se imponga.

Principios:

- La atención debe centrarse en equilibrar el flujo y no en equilibrar la capacidad.
- La maximización de la producción y la eficiencia de cada recurso no maximiza la producción de todo el sistema.
- Una hora perdida en un cuello de botella o un recurso restringido es una hora perdida para todo el sistema. En contraste, una hora ahorrada en un recurso que no constituye un cuello de botella en un espejismo, porque no contribuye a que todo el sistema sea más productivo.
- Se necesita inventario sólo al frente de los cuellos de botella para impedir que queden ociosos, y frente a los puntos de ensamblaje y envío para proteger los programas de los clientes. Debe evitarse generar inventarios en cualquier otra parte.
- El trabajo, trátese de materiales, información que se procesará, documentos o clientes, debe introducirse en el sistema sólo con la frecuencia que los cuellos de botella lo necesiten. Los flujos del cuello de botella deben ser iguales a la demanda del mercado. Ajustar todo de acuerdo con el recurso más lento minimiza el inventario y los gastos de operación.

- Activar un recurso que no constituye un cuello de botella (usarlo para mejorar la eficiencia que no incrementa la producción) no es lo mismo que utilizar el recurso cuello de botella (que sí conduce a una mejor producción). La activación de los recursos que no constituyen cuellos de botella no puede incrementar la producción ni promover un mejor desempeño de las mediciones financieras descritas en la tabla 7.1.
- Toda inversión de capital debe considerarse desde la perspectiva de su impacto global en la producción (P), inventario (I) y gastos de operación (GO).

PUNTAJE:

CICLO VIRTUOSO

1 ptos por nombrar cada etapa

0.4 ptos por explicar cada etapa

TOTAL: 7 PTOS

REGLAS/PRINCIPIOS

Se aceptó cualquier combinación de tres reglas/principios propuestos arriba

0.5 ptos por nombrar cada regla/principio

0.5 ptos por explicar cada regla/principio

TOTAL: 3 PTOS

Total pregunta b): 10 ptos

PARTE III (80 Puntos): Ejercicios. Responda las siguientes 4 Preguntas

Pregunta 1 (10 Puntos)

¿Qué es el efecto látigo en las cadenas de abastecimiento? ¿Comente al menos dos causas que conllevan a que se presente el efecto látigo? Usted jugó el juego de la cerveza ¿Qué aspectos de la dinámica del juego conllevan a que se presente el efecto? ¿Qué hizo Barrilla para poder reducir el efecto látigo y por qué estas acciones llevan a atacar las causa raíz del efecto látigo?

Es el efecto que se produce a lo largo de la cadena de abastecimiento como consecuencia de pequeños cambios observados en la demanda (respuestas con criterio y cercanía, considerar ok) + 2ptos

Causas variadas: falta de información, múltiples estimaciones de demanda por distintos jugadores, lead times grandes, etc. (max 3 ptos)

Aspectos: (3 al menos, max 3 ptos)

- Falta de información entre eslabones
- Lead time prolongado
- Memoria de demanda
- Tamanos de lotes grandes

Barilla:

- Intento adminsitrar en forma central la informacion de la cadena, (1 pto)

Ataca la causa principal porque el manejar la informacion centralizada, evita la especulacion y generacion de variabilidad a lo largo de la cadena por ajustes individuales. La visibiliad del stock en todos los centros mejora entonces la captura de margenes (1 pto)

Pregunta 2 (10 Puntos)

En clases se estudió la variabilidad en los procesos productivos y se analizó como la variabilidad se propaga. Utilizando las fórmulas y la materia vista en las clases de variabilidad, demuestre matemáticamente la existencia del efecto látigo en las cadenas de abastecimiento.

Utilizando la formula $(c_s)^2 \approx \rho^2(c_e)^2 + (1 - \rho^2)(c_a)^2$ se puede demostrar la propagación de la variabilidad. La idea es que muestren que la corriente de salida de un proceso alimenta al siguiente, siendo la variabilidad de arribo, y eso hace que el crecimiento de la variabilidad se vaya acumulando.

La puntuación es:

- Sin uso de formula como la anterior pero con una vision matemática, llegando a cerrar la demostración (puntaje completo)
- Usando expresiones numéricas, sin sustento de formulas, 70% del puntaje
- Bosquejos poco claros, sin puntaje

Pregunta 3 Elija UNA de las siguientes dos preguntas (20 Puntos)

Pregunta a)

Usted debe decidir en qué lugar localizar su fabrica productiva. Después de un análisis exhaustivo ha llegado a la conclusión de que solo 3 lugares se ajustan a sus necesidades. Los tres lugares difieren en sus costos fijos del terreno, la habilitación de las instalaciones y sus costos variables, asociados a el transporte por unidad. A continuación, se detallan los costos fijos y variables de cada ubicación:

| Lugar | A | B | C |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Costo Fijo | \$ 41.200 | \$ 60.000 | \$ 62.000 |
| Costo Variable (\$/unidad) | 2,1 | 1,5 | 1,1 |

- a) (12 puntos) Si la demanda del proceso productivo actualmente (comienzo año 1) se encuentra en 12.000 unidades y se espera que al comienzo del año 5 se encuentre en 32.000 unidades y el crecimiento de la demanda es lineal ¿Qué localización elegiría? ¿Qué nivel productivo al año 5 lo dejaría indiferente entre una ubicación y otra, suponiendo nuevamente un crecimiento lineal de las ventas?
- b) (8 puntos) Si usted puede en cualquier momento comprar cada ubicación (Dada por los costos fijos de la tabla anterior) y venderlas, a un menor valor que la compra, dado que no recupera la inversión en la habilitación. Siendo el precio de venta en cualquier momento del tiempo, de \$ 38.000 para la ubicación A, \$ 55.000 para la ubicación B y de \$ 60.000 para la ubicación C. Con esta nueva información ¿Cambia su decisión de localización obtenida en a) para el nivel de producción de 32.000 unidades al comienzo del año 5? Si usted puede negociar el precio de venta de solo una ubicación ¿Hasta que precio de venta cambia la decisión obtenida en a)?

Pregunta b)

Usted es el dueño de una cadena de retail que vende dos productos (P1 y P2) en sus dos tiendas (T1 y T2). Las demandas de cada producto en cada tienda para los últimos 6 años y su promedio han sido las siguientes:

| Producto | Tienda | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Promedio | Desv. Estándar |
|----------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|----------|----------------|
| P1 | T1 | 10.000 | 9.000 | 6.500 | 9.500 | 7.000 | 10.500 | 8.750 | 1.635,5 |
| P1 | T2 | 8.000 | 9.000 | 11.500 | 8.500 | 11.000 | 7.500 | 9.250 | 1.635,5 |
| P2 | T1 | 6.000 | 3.000 | 7.000 | 5.000 | 6.500 | 3.500 | 5.167 | 1.633,0 |
| P2 | T2 | 8.000 | 4.000 | 7.000 | 2.000 | 7.500 | 3.500 | 5.333 | 2.483,3 |

Usted esta evaluando la posibilidad de construir un centro de distribución (CD), lo cual le permitiría centralizar el inventario de los productos P1 y P2 en el centro y no **manejar** inventario en las tiendas. Si usted ocupa un modelo de revisión continua en sus tiendas y piensa utilizar el mismo en el CD, el costo de emitir un pedido es fijo y de \$500 (\$/pedido) y el costo de inventario es de \$2,5 (\$/unidad en inventario/ano). El proveedor es ultra rápido por lo que una vez que pide le llega en un par de horas. Usted desea mantener un nivel de servicio de un 95%. Si el costo de operar/mantener el centro de distribución es fijo y de \$9.000 (\$/año)

- a) (10 puntos) Desde un punto de vista del costo de inventario ¿Construye el centro de distribución? ¿Centralizaría el inventario de los dos productos en el centro? En ambos casos demuestre matemáticamente su decisión.
- b) (10 puntos) Si también tiene un ahorro de costos de transporte anuales por consolidar la carga en el centro de \$0,5 por unidad de P1 y de P2 que pasa por el centro de distribución anualmente. ¿Cambia esto su decisión obtenida en a)? ¿Qué nivel de ahorro por pasar por el CD lo dejaría indiferente entre cambiar y no cambiar la decisión obtenida en a)?

Respuesta

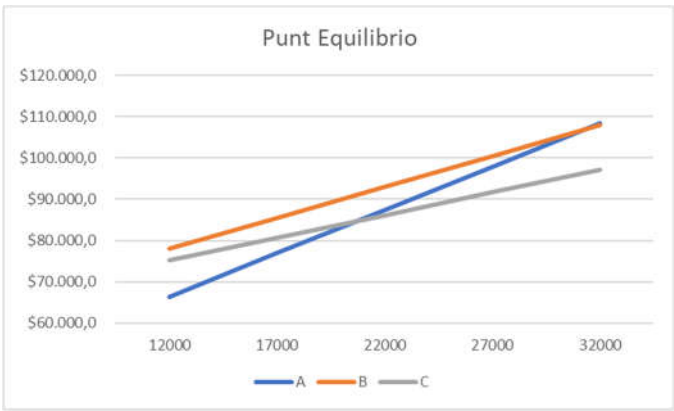
Respuesta pregunta a)

Si graficamos los tres lugares obtenemos:

Por ende vamos a evaluar A contra C.

El punto de equilibrio entre los dos es 20.800 Unidades
Con un valor de \$84.880.-

Beneficio A y no en C = $(\text{Base} \cdot \text{Altura}) / 2$
 $((20.800 - 12.000) \cdot (84880 - 66400)) / 2 = \$81.320.200$
Beneficio en C y no en A =
 $((32000 - 20.800) \cdot (108400 - 97200)) / 2 = \$62.720.000$



Me conviene colocarme en A. Beneficio \$18.592.000
Para determinar la indiferencia en beneficio debe ser igual al costo. Determinamos una función entre A y C
 $A-C=(41.200-62.000)+(2,1-1,1)Q=-20.800 + Q$.

Determinamos la ecuación de beneficios:
 $((-20.800+Q)*(Q-20.800))/2=81.320.200$
Despejamos Q y obtenemos que con 33.552,41 queda indiferente entre A y C.

Observación:
Esta grafica corresponde a los beneficios acumulados:

| Instalacion | Demanda | A | B | C |
|-------------|---------|--------------|--------------|-------------|
| 1 | 12000 | \$ 66,400.0 | \$ 78,000.0 | \$ 75,200.0 |
| 2 | 17000 | \$ 76,900.0 | \$ 85,500.0 | \$ 80,700.0 |
| 3 | 22000 | \$ 87,400.0 | \$ 93,000.0 | \$ 86,200.0 |
| 4 | 27000 | \$ 97,900.0 | \$ 100,500.0 | \$ 91,700.0 |
| 5 | 32000 | \$ 108,400.0 | \$ 108,000.0 | \$ 97,200.0 |

Para hacerlo con la superficie bajo curva, deberían ser costos por ano. Eso se puede escribir como:
 $\text{Costo Total}=\text{Costo ano 1} + \text{costo ano 2}+ \text{costo ano 3}...\text{= Costo en cada momento es el costo acumulado del sistema, la tabla anterior}$
Es decir que la tabla anterior es en realidad el calculo del costo total. De acuerdo a ese razonamiento en el acumulado es mejor C que A. Creo que en la pauta hay una observación, que es la diferencia entre los triángulos:

Zona demanda<Pto Equilibrio

| | | |
|-----------------|------------|------------|
| | 2.1 | 1.1 |
| | Curva A | Curva C |
| Demanda | 12000 | 12000 |
| DPEq | 20880 | 20880 |
| Costo D1 | 66400 | 75200 |
| Costo PEQ | 84880 | 84880 |
| Area Triangulo | 82051200 | 42979200 |
| Base Rectangulo | 589632000 | 667776000 |
| TOTAL | 671683200 | 710755200 |
| | | 1.058 |
| | | |
| | 2.1 | 1.1 |
| | Curva A | Curva C |
| Demanda | 32000 | 32000 |
| DPEq | 20880 | 20880 |
| Costo D1 | 84880 | 84880 |
| Costo PEQ | 108400 | 97200 |
| Area Triangulo | 130771200 | 68499200 |
| Base Rectangulo | 943865600 | 943865600 |
| TOTAL | 1074636800 | 1012364800 |
| | | 0.942 |
| | | |
| TOTALES | 1746320000 | 1723120000 |
| | | 0.987 |

Es conveniente C, que es lo mismo que sale del calculo anterior. Este calculo por superficie da números mas grandes pero finalmente da el mismo resultado que si se hace la evolución del acumulado.

El punto de produccion al final del periodo para sean similares los costos acumulados seria:

$$Q \cdot Cv[A] + Instalacion[A] = Q \cdot Cv[C] + I[C]$$

$$Q = (I[c] - I[a]) / (Cv[a] - Cv[c])$$

$$Q = 20800$$

Ok con ese punto, respecto al nivel de costos, no es preguntado, por lo que no lo valoraríamos en la pauta.

Pregunta b

Ahora puedo vender la localización A con una pérdida de \$3.200 y comprar C a un costo de \$62.000. Lo que me entrega un costo de cambio de \$65.500. Como los beneficios de cambiar de ubicación son de \$62.720.000, son mucho mayores que el costo del terreno. Por ende me conviene cambiarme y el precio máximo que estoy dispuesto a pagar por la ubicación C es de $\$62.720.000 - \$3.200 = \$62.716.200.-$

Observación: Este problema se podría resolver en forma directa como:

Solución con C: tiene el costo mas bajo por unidad movida, y tiene un costo inicial de inversión.

Si primero invierto en A: como invertir en A, tiene un recuperio, que es menor que el costo, entonces siempre invertir en A es aumentar el costo de inversión de C.

Por otro lado si proceso en A, como el costo de unitario es mas caro que en la C, nunca dominaría a C.

Entonces: si me veo obligado a invertir y desinventir en A, estaría aumentando el costo inicial de inversión, y no me convendría pasar ni una unidad, porque es mas caro unitariamente. Es decir no me conviene Tomar la opción de compra-venta

Una forma de calculo es:

$$Q \text{ total} = 32000 = Q[a] + Q[c] \rightarrow \text{procesados en cada lugar}$$

Costo de estrategia Cpra-Vta < costo punto a

$$\text{Costo total} = Q[a] \cdot 2.1 + (I[a] - V[a] \cdot \text{Opción}[a]) + Q[c] \cdot 1.1 + (I[c] - V[c] \cdot \text{Opción}[c])$$

$$\text{Opción}[a] = 1$$

El limite es el costo acumulado de la opción C al final de los 32000 unidades que es 97200.

Se puede aplicar entonces el modelo anterior:

$$97200 > Q[a] \cdot 2.1 + (41200 - 3200 \cdot 1) + (32000 - Q[a]) \cdot 1.1 + (62000 - 2000 \cdot 0)$$

$$97200 > Q[a] \cdot 2.1 + (38000) + (32000 - Q[a]) \cdot 1.1 + (60000)$$

$$97200 > Q[a] \cdot 2.1 + 38000 + 60000 + 32000 \cdot 1.1 - 1.1Q[a]$$

$$97200 > Q[a] \cdot 1.0 + 38000 + 60000 + 32000 \cdot 1.1 = 1.0 \cdot Q[a] + 133000 \rightarrow (97200 - 133000) / 1.0 > -35200$$

$$X < -35200$$

La solución no tiene sentido. Por lo que en números tampoco es conveniente cambiar la locación y comprar-vender

Pregunta B)

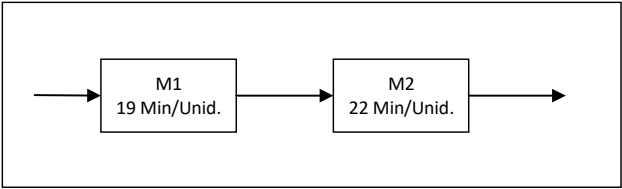
Primero se debe analizar la integración de ambos mercados

Nombre: _____ Número Lista de Alumno: _____ Sección: _____

| Producto | Tienda | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Promedio | Desv. Estándar | | |
|---|-------------------|--|------------|------------|------------|-------------|--------------|------------------------------|----------------|--------------|--|
| P1 | T1 | 10.000 | 9.000 | 6.500 | 9.500 | 7.000 | 10.500 | 8.750 | 1.635,5 | | |
| P1 | T2 | 8.000 | 9.000 | 11.500 | 8.500 | 11.000 | 7.500 | 9.250 | 1.635,5 | | |
| Centralizar P1 | | 18.000 | 18.000 | 18.000 | 18.000 | 18.000 | 18.000 | 18.000 | - | | |
| P2 | T1 | 6.000 | 3.000 | 7.000 | 5.000 | 6.500 | 3.500 | 5.167 | 1.633,0 | | |
| P2 | T2 | 8.000 | 4.000 | 7.000 | 2.000 | 7.500 | 3.500 | 5.333 | 2.483,3 | | |
| Centralizar P2 | | 14.000 | 7.000 | 14.000 | 7.000 | 14.000 | 7.000 | 10.500 | 3.834,1 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | P1 | P1 | | P2 | P2 | | | P1 | P2 | | |
| | T1 | T2 | Total | T1 | T2 | Total | | Centralizado | Centralizado | | |
| Costo Pedido | 500 | 500 | | 500 | 500 | | | 500 | 500 | | |
| D | 8750,00 | 9250,00 | | 5166,67 | 5333,33 | | | 18000,00 | 10500,00 | | |
| Costo Inv | 2,5 | 2,5 | | 3,2 | 3,2 | | | 2,5 | 3,2 | | |
| Q* | 1870,82869 | 1923,53841 | 3794,3671 | 1270,66256 | 1290,99445 | 2561,65701 | | 2683,28157 | 1811,422093 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Stock Segur. | 0 | 0 | | 0 | 0 | | | 0 | 0 | | |
| Nro Pedidos | 5 | 5 | | 5 | 5 | | | 7 | 6 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Costo TOTAL | \$ 4.838,5 | \$ 4.904,4 | \$ 9.743,0 | \$ 4.533,1 | \$ 4.565,6 | \$ 9.098,7 | | \$ 6.854,10 | \$ 5.898,28 | | |
| | | | | | Total | \$ 18.841,6 | | | Total | \$ 12.752,38 | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | Beneficio | \$ 6.089,23 | | |
| Como el costo anual es de 9000 NO conviene colocar el centro. | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Pregunta b) | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Si el costo adicional es de | \$ 2.910,77 | por el centro | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Pasan por el centro | 28500,00 Unidades | | | | | | | | | | |
| Dado el ahorro de 0,5 ben | \$ 14.250 | total por lo que genera un beneficio final del centro de | | | | | \$ 11.339,23 | por ende construyo el centro | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Un ahorro de | \$ 0,10 | me deja indiferente. | | | | | | | | | |

Pregunta 4 (40 Puntos):

Usted es dueño de una farmacéutica y tiene un proceso compuesto por dos máquinas en serie, como se detalla en la siguiente imagen:



El insumo debe ser abierto una vez que llega el pedido del cliente al sistema, con el objetivo de verificar calidad, pasando a M1 que le hace un tratamiento especial al producto y finalmente pasa a M2 en donde es estabilizado y terminado. El insumo es sensible al ambiente y debe pasar el menor tiempo desde que es abierto hasta que sale de M2, donde está estabilizado. Calidad indica que el insumo no debería pasar más de 140 minutos en promedio en todo el proceso. Si M1 requiere de 19 minutos para terminar cada trabajo, con una distribución general del proceso y con un coeficiente de variación de 0.25. Estudios de capacidad indican que el cuello de botella es M2 con una capacidad de procesar un trabajo en 22 minutos, con una distribución general del proceso y un coeficiente de variación del proceso de 0.25. Si las ordenes llegan al proceso con una tasa de 17 unidades por minuto, distribuidos general y con un coeficiente de variación de 1.

- a) (15 puntos) Suponiendo que los trabajos llegan a M2 a la tasa en que produce M1, con esta información: ¿Se cumple la restricción de que el producto no espere en promedio más de 140 minutos en promedio todo el proceso? ¿Cuánto tiempo espera el insumo? Muestre todos sus cálculos.
- b) (10 puntos) Adicionalmente, usted determina que M2 presenta fallas con un tiempo medio entre fallas de 36 horas y un tiempo medio de reparación de 3 horas, con un coeficiente de variación del tiempo de reparación de 0.5. Por estas fallas ¿Cuánto aumenta el tiempo de permanencia de las unidades? ¿Se viola la restricción de 140 minutos?
- c) (15 puntos) Suponiendo el caso inicial en que M2 no falla, calidad le indica que ahora hay una función de perdida de valor para la empresa por cada minuto que espera el producto en el proceso o en cola, dado por la función $CE(t) = e^{0,02 \cdot t}$, sienta CE(t) el costo de espera en miles de dólares y t el tiempo que pasa el insumo en el proceso. Si usted puede aumentar la capacidad de producción de M1 o M2 o ambas, disminuyendo el tiempo de procesamiento, a un costo de \$15.000 por cada minuto que disminuye el tiempo de proceso de M1, con un máximo de reducción de 11 minutos. Por otro lado, un costo de \$14.000 por cada minuto que disminuye el tiempo de proceso de M2, con un máximo de reducción de 10 minutos. Plantee un modelo de optimización que permita determinar la espera optima del producto.

ENUNCIADO ORIGINAL

17 minutos/unidad

- a) El desarrollo lleva a un rho de CB=1, lo que da tiempos de espera promedios con tendencia a infinito. Esto viola el tiempo máximo de espera en proceso de 140 minutos.
Desarrollo de cálculos: 10 ptos, conclusiones y discusión +5 ptos
- b) La restricción se viola ya con anterioridad. Al incrementar los tiempos del M2, con la falla, determina que el Cv se incrementa, y se llena mas tempranamente el sistema.
Calculos de Cv -> +4 ptos
Calculos de A -> 3 ptos
Conclusión -> 3 ptos
- c) Un modelo aproximado es:

Min COSTO TOTAL

Min (CE(t) + I1 + I2)

Minimiza Costo, y con ello la variable sera el tiempo de espera optima

CE=e^(0.02t)

Total Investment <I1 + I2

x1*b1+a1=I1<15000

x2*b2+a2=I2<14000

Reexpresion de la rampa

W1= llegada + M1 + zona intermedia + M2

VUT1=V.U.(te-x1)

VUT2=V.U.(te-x2)

Cv1, Cv2, y otros

X1 y x2 son las variables de decisión de manera que implican el tiempo que se disminuirá para obtener un optimo de costo

ENUNCIADO MODIFICADO

Desarrollo de cálculos: 10 pts, conclusiones y discusión +5 pts

| | | | |
|----------------|-------------|------------|-------------------------|
| | Llegada | M1 | M2 |
| un/espera | | | |
| vel (un/min) | 17 | 19 | 22 |
| Tiempo medio | 0.058823529 | 0.05263158 | 0.04545455 |
| Cv | 1 | 0.25 | 0.25 |
| | CTq M1 | CTq M2 | |
| Ca | 1 | 0.49948034 | |
| Ce | 0.25 | 0.25 | |
| un/min proceso | 19 | 22 | |
| un/min llegada | 17 | 17 | |
| Rho | 0.894736842 | 0.77272727 | |
| Te | 0.052631579 | 0.04545455 | |
| V | 0.53125 | 0.1559903 | |
| U | 8.5 | 3.4 | |
| T | 0.052631579 | 0.04545455 | |
| CT q | 0.237664474 | 0.02410759 | 0.26177207 Tiempo total |

| | |
|----------------|------------|
| Mf | 2160 |
| Mr | 180 |
| Cr | 0.5 |
| Co | 0.25 |
| A | 0.92307692 |
| | |
| Te M2 Falla | 0.04924242 |
| Ce^2 | 351.54179 |
| Ce | 18.7494477 |
| | |
| | |
| | CTq M2 |
| Ca | 0.49948034 |
| Ce | 18.7494477 |
| un/min proceso | 22 |
| un/min llegada | 17 |
| rho | 0.77272727 |
| te | 0.04924242 |
| | |
| V | 175.895635 |
| U | 3.4 |
| T | 0.04924242 |
| | |
| VUT | 29.4491935 |
| TOTAL | 29.686858 |

Desarrollo ok + 8 puntos
Resultado numérico +2 pts

Pregunta c) Modelo

Min COSTO TOTAL
Min (CE(t) + I1 + I2)

Minimiza Costo, y con ello la variable sera el tiempo de espera optima

CE=e^(0.02t)

Total Investment <I1 + I2

x1*b1+a1=I1<15000
x2*b2+a2=I2<14000

Reexpresion de la rampa

W1= llegada + M1 + zona intermedia + M2

VUT1=V.U.(te-x1)
VUT2=V.U.(te-x2)

Cv1, Cv2, y otros

Formulario

$$Q_w = \sqrt{\frac{2C_0D}{C_h}}$$

$$CT = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

$$R = d \times L + z_{\alpha} \sigma \sqrt{L}$$

$$R = d * L$$

$$Q^* = d \times (T + L) + z_{\alpha} \sigma \sqrt{(T + L)} - I_{existente}$$

$$C_x = \frac{\sum d_{ix}V_i}{\sum V_i} \quad C_y = \frac{\sum d_{iy}V_i}{\sum V_i} \quad c_T = \frac{\sigma}{t} = \frac{\sqrt{\text{Var}(T)}}{E(T)}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad \rho = \frac{\lambda}{c\mu} \quad L = \lambda \times W \quad c_T = \frac{\sigma}{t} = \frac{\sqrt{\text{Var}(T)}}{E(T)}$$

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

$$WIP = TH \times TC \quad L = \lambda * W \quad A = \frac{m_f}{m_r + m_f}$$

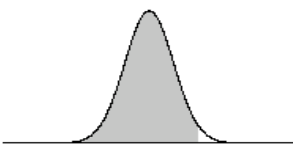
$$t_e = \frac{t_o}{A} \quad \sigma^2_e = \left(\frac{\sigma^2_o}{A}\right) + \frac{(m_r + \sigma^2_r)(1 - A)t_o}{Am_r} \quad c^2_e = \frac{\sigma^2_e}{t_e^2} = c^2_o + (1 + c^2_r)A(1 - A)\frac{m_r}{t_o}$$

$$t_e = t_o + \frac{t_s}{N_s} \quad \sigma^2_e = \sigma^2_o + \frac{\sigma^2_s}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} t_s^2 \quad c^2_e = \frac{\sigma^2_e}{t_e^2} \quad CT_q = \underbrace{\left(\frac{C_a^2 + C_e^2}{2}\right)}_{\hat{V}} \underbrace{\left(\frac{\rho}{1 - \rho}\right)}_{\hat{U}} \underbrace{t_e}_{\hat{T}}$$

$$(c_s)^2 \approx \rho^2(c_e)^2 + (1 - \rho^2)(c_a)^2 \quad L_q = \frac{\rho}{1 - \rho} \times Prob(N > c)$$

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

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



$$P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z f(t) dt$$

Tabla de distribución normal estándar

| z | 0.00 | .01 | .02 | .03 | .04 | .05 | .06 | .07 | .08 | .09 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.0 | .5000 | .5040 | .5080 | .5120 | .5160 | .5199 | .5239 | .5279 | .5319 | .5359 |
| 0.1 | .5398 | .5438 | .5478 | .5517 | .5557 | .5596 | .5636 | .5675 | .5714 | .5753 |
| 0.2 | .5793 | .5832 | .5871 | .5910 | .5948 | .5987 | .6026 | .6064 | .6103 | .6141 |
| 0.3 | .6179 | .6217 | .6255 | .6293 | .6331 | .6368 | .6406 | .6443 | .6480 | .6517 |
| 0.4 | .6554 | .6591 | .6628 | .6664 | .6700 | .6736 | .6772 | .6808 | .6844 | .6879 |
| 0.5 | .6915 | .6950 | .6985 | .7019 | .7054 | .7088 | .7123 | .7157 | .7190 | .7224 |
| 0.6 | .7257 | .7291 | .7324 | .7357 | .7389 | .7422 | .7454 | .7486 | .7517 | .7549 |
| 0.7 | .7580 | .7611 | .7642 | .7673 | .7704 | .7734 | .7764 | .7794 | .7823 | .7852 |
| 0.8 | .7881 | .7910 | .7939 | .7967 | .7995 | .8023 | .8051 | .8078 | .8106 | .8133 |
| 0.9 | .8159 | .8186 | .8212 | .8238 | .8264 | .8289 | .8315 | .8340 | .8365 | .8389 |
| 1.0 | .8413 | .8438 | .8461 | .8485 | .8508 | .8531 | .8554 | .8577 | .8599 | .8621 |
| 1.1 | .8643 | .8665 | .8686 | .8708 | .8729 | .8749 | .8770 | .8790 | .8810 | .8830 |
| 1.2 | .8849 | .8869 | .8888 | .8907 | .8925 | .8944 | .8962 | .8980 | .8997 | .9015 |
| 1.3 | .9032 | .9049 | .9066 | .9082 | .9099 | .9115 | .9131 | .9147 | .9162 | .9177 |
| 1.4 | .9192 | .9207 | .9222 | .9236 | .9251 | .9265 | .9279 | .9292 | .9306 | .9319 |
| 1.5 | .9332 | .9345 | .9357 | .9370 | .9382 | .9394 | .9406 | .9418 | .9429 | .9441 |
| 1.6 | .9452 | .9463 | .9474 | .9484 | .9495 | .9505 | .9515 | .9525 | .9535 | .9545 |
| 1.7 | .9554 | .9564 | .9573 | .9582 | .9591 | .9599 | .9608 | .9616 | .9625 | .9633 |
| 1.8 | .9641 | .9649 | .9656 | .9664 | .9671 | .9678 | .9686 | .9693 | .9699 | .9706 |
| 1.9 | .9713 | .9719 | .9726 | .9732 | .9738 | .9744 | .9750 | .9756 | .9761 | .9767 |
| 2.0 | .9772 | .9778 | .9783 | .9788 | .9793 | .9798 | .9803 | .9808 | .9812 | .9817 |
| 2.1 | .9821 | .9826 | .9830 | .9834 | .9838 | .9842 | .9846 | .9850 | .9854 | .9857 |
| 2.2 | .9861 | .9864 | .9868 | .9871 | .9875 | .4878 | .9881 | .9884 | .9887 | .9890 |
| 2.3 | .9893 | .9896 | .9898 | .9901 | .9904 | .9906 | .9909 | .9911 | .9913 | .9916 |
| 2.4 | .9918 | .9920 | .9922 | .9925 | .9927 | .9929 | .9931 | .9932 | .9934 | .9936 |
| 2.5 | .9938 | .9940 | .9941 | .9943 | .9945 | .9946 | .9948 | .9949 | .9951 | .9952 |
| 2.6 | .9953 | .9955 | .9956 | .9957 | .9959 | .9960 | .9961 | .9962 | .9963 | .9964 |
| 2.7 | .9965 | .9966 | .9967 | .9968 | .9969 | .9970 | .9971 | .9972 | .9973 | .9974 |
| 2.8 | .9974 | .9975 | .9976 | .9977 | .9977 | .9978 | .9979 | .9979 | .9980 | .9981 |
| 2.9 | .9981 | .9982 | .9982 | .9983 | .9984 | .9984 | .9985 | .9985 | .9986 | .9986 |
| 3.0 | .9987 | .9987 | .9987 | .9988 | .9988 | .9989 | .9989 | .9989 | .9990 | .9990 |
| 3.1 | .9990 | .9991 | .9991 | .9991 | .9992 | .9992 | .9992 | .9992 | .9993 | .9993 |
| 3.2 | .9993 | .9993 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9994 | .9995 | .9995 | .9995 |
| 3.3 | .9995 | .9995 | .9995 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9996 | .9997 |
| 3.4 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9997 | .9998 |