Nombre: ________________________________ Número Lista de Alumno:_____ Sección: ① Prof. A. Mac Cawley ② Prof. I. Alarcón

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

Interrogación 3

ICS 3213 Gestión de Operaciones
Sección 1 y Sección 2 – 1er semestre 2016
Prof. Alejandro Mac Cawley
Prof. Isabel Alarcón

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 3 secciones. 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 110 puntos y dura 110 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!

Nombre: ________________________________ Número Lista de Alumno:_____ Sección: ① Prof. A. Mac Cawley ② Prof. I. Alarcón

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. Las variables competitivas y técnicas de un lugar son de igual importancia a la hora de tomar la decisión de localización de un centro de distribución o planta.

   Falso. Las variables técnicas son de mayor importancia ya que se debe verificar factibilidad técnica de un lugar en primera instancia para luego evaluar las variables competitivas.

2. Algunos de los actores que afectan la decisión de localización son el marco macroeconómico, las barreras gubernamentales y los competidores.

   Verdadero.

3. Tanto la variabilidad como la incertidumbre son fenómenos caracterizables, lo que nos permite crear mecanismos de control.

   Falso. La variabilidad si y es por esta razón que se ven los mecanismos del curso para tratarla, sin embargo, la incertidumbre no es un fenómeno caracterizable.

4. La ley de Little nos permite encontrar una relación entre la tasa de llegada, la cantidad de unidades en el sistema y el tiempo en el sistema independiente del proceso de llegada/servicio, disciplina en la cola y estado del sistema.

   Falso. La ley de Little efectivamente nos permite encontrar la relación independiente de la situación en la que nos encontremos a excepción del estado del sistema, este debe encontrarse necesariamente en estado de equilibrio.

5. Frente a un sistema de tiempos de llegadas y atención exponencial, con $\rho = 2/3$ y tiempo de atención promedio de 2 minutos, el tiempo medio de espera en cola será de 1 minuto.

   Falso. Corresponde a 4 minutos.

6. El coeficiente de variación nos permite comparar la variabilidad de distintos elementos en aspectos que la varianza no podría.

   Verdadero.

7. El efecto látigo se debe a la falta de información sobre la demanda en la cadena de abastecimiento, por lo tanto, el transmitir esta información eliminará el efecto látigo en la cadena.

   Falso. Efectivamente esa es una de las razones por la que se produce el efecto látigo. Sin embargo, transmitir la información solo disminuirá el efecto, no lo eliminará completamente.

8. En el juego de la cerveza, el impacto de un cambio en la demanda de los clientes sería percibido por la fábrica luego de un periodo de 3 semanas.

Falso. Será percibido luego de 6 semanas.

9. En el caso de University Health Services: Walk-in Clinic, uno de los principales problemas que afectaba el servicio a los pacientes, antes de implementar el nuevo sistema, eran los altos tiempos de espera. Sin embargo, debido a los altos tiempos de espera estos tenían una baja variabilidad, permitiendo que no existieran casos de espera extremos.

Falso. Debido a la naturaleza de los procesos, como estaba organizado el flujo de los pacientes y la gran cantidad de citas personales con los doctores existía una alta variabilidad en los tiempos de espera, donde existía un alto porcentaje de pacientes que esperaban cantidades muy superiores a la media.

10. El problema que enfrentaba Barilla SpA. era la constante fluctuación de la demanda, lo que fue solucionado mediante la implementación del sistema DJIT. Este sistema planteaba que Barilla debía determinar las cantidades de productos a enviar y las fechas de envíos, dejando a los distribuidores sin poder de decisión al respecto.

Verdadero.

Nombre: ________________________________ Número Lista de Alumno:_____ Sección: ① Prof. A. Mac Cawley ② Prof. I. Alarcón

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

a) (6 puntos) Jonah explica a Alex que los productos pueden pasar por cuatro tiempos en lo que dura su estadía en la fábrica y que el "siguiente paso lógico" consiste en reducir a la mitad el tamaño de los lotes en los recursos no cuello de botella. ¿Cuáles son los cuatro tiempos descritos en el libro? ¿Cuáles se pretende atacar? ¿Qué se logra con esto? ¿Qué efectos tuvo sobre los trabajadores?

Cuatro tiempos de espera
- Tiempo de preparación
- Tiempor de procesamiento
- Tiempo en cola
- Tiempo en espera por ensamble

Se pretende atacar el tiempo en cola frente a los cuellos de botella y el tiempo que deben esperar por ensamble los productos que no pasan por cuellos de botella.

Se logra reducir el tiempo total de estadía en la fábrica y con esto aumentar el throughput.

Trabajadores más activos debido a menor tiempo de espera entre lotes. Flujo de trabajo más parejo

b) (7 puntos) En la reunión, Alex indica que la fábrica se debe dirigir a través de cinco pasos y en virtud de tres objetivos. ¿Cuáles son los cinco pasos? ¿Cuáles son los tres objetivos?

Pasos a seguir mejoramiento continuo
- Identificar cuellos de botella
- Decidir cómo explotar estos cuellos
- Subordinar todo el proceso al cuello de botella
- Elevar los cuellos de botella del sistema
- Si se ha superado el cuello de botella, volver al paso 1

Tres objetivos
- Maximizar el throughput
- Minimizar inventario
- Minimizar los costos operativos

c) (7 puntos) A medida que la empresa cumplía con los objetivos propuestos en la pregunta anterior, el costo por unidad aumentaba. ¿Por qué sucede esto según Lou? ¿Por qué el índice de los costos unitarios no está bien? ¿Qué medida se tomó para mejorar la situación?

Porque disminuye el inventario y la cantidad de productos en las líneas, y como el costo total se divide en menos unidades, el costo por producto aumenta. Esto en realidad es un error contable, ya que se hacen bajo la suposición de que los trabajadores están siempre completamente ocupados, lo que no es verdad. Su potencial no es individual y aislado, existe dependencia. La medida es considerar el costo total y no el unitario

Nombre: ________________________________ Número Lista de Alumno:_____ Sección: ① Prof. A. Mac Cawley ② Prof. I. Alarcón

PARTE III (70 Puntos): Ejercicios. Responda las siguientes 2 Preguntas

1.- (40 Puntos) Una compañía minera está evaluando ampliar su capacidad de producción mediante la construcción de una nueva planta de procesamiento de mineral. Dentro de las decisiones de este plan de ampliación, a usted se le ha encargado determinar la ubicación de la planta y seleccionar el mejor proyecto de inversión para la ampliación de esta. La minera le entregó los siguientes datos de ubicación y material transportado de las instalaciones que intervienen en el proceso:

	Coordenada		
Instalación	**x**	**y**	**Material transportado**
Rajo	100	200	350
Correa transportadora	200	150	100
Relave	300	300	400
Stock de mineral	150	100	80

a) (5 puntos) Determine la ubicación de la planta utilizando el método de Centro de Gravedad.

b) (17 puntos) La compañía cuenta con una cartera de N proyectos de inversión para la ampliación de la planta. Cada proyecto cuenta con una estructura de costos compuesta de una inversión inicial y costos de operación de la forma:

$$c_i = A_i x + b_i \qquad \forall\, i = 1 \dots N$$

Además, cada proyecto tarda un intervalo de tiempo d_i entre la puesta en marcha y el comienzo de la producción. Los expertos de la compañía proyectan que la demanda de mineral entre hoy (t=0) y el fin de la vida de la mina (t=T) aumentará de manera lineal:

$$q(t) = q_0 + \alpha t$$

Considerando que la estructura de costos de la planta actual es $c_0 = A_0 x + b_0,\ b_0 \leq b_i$. Plantee un modelo de optimización para determinar en qué proyecto se debe invertir y en qué periodo se realizará la inversión. Resuelva para el caso N=3, $q_0 = 5$, $\alpha = 6$, T=10 y los parámetros entregados en la tabla:

i	A_i	b_i	d_i
0	10	50	-
1	8	100	2
2	7	200	1
3	6	500	1

c) (18 puntos) Repita el ejercicio anterior, pero ahora considere que la demana aumentará de manera exponencial:

$$q(t) = q_0 e^{\alpha t}$$

Respuesta de la Parte III Pregunta 1:

a)

$$C_x = \frac{\sum Material * Coordenada_X}{\sum Material} = 200$$

$$C_y = \frac{\sum Material * Coordenada_y}{\sum Material} = 226$$

Respuesta de la Parte III Pregunta 1 (Continuación):

b) Se debe considerar que los costos totales corresponden a la integral de la composición de c(q(t)) entre t=0 y t=T. Dado que $b_0 \leq b_i$, las únicas inversiones relevantes son en las que la curva de costos cruce la curva de costos actuales c_0. Sea t_i^c el tiempo en que la curva c_i intercepta a c_0. Entonces los costos totales dado que se realiza la inversión i vienen dados por:

$$CT_i = \int_{t=0}^{t=t_i^c} c_0(q(t))dt + \int_{t=t_i^c}^{t=T} c_i(q(t))dt$$

La función objetivo a minimizar es entonces:

$$\min_{x_i} \sum_{i=1}^{N} x_i * CT_i$$

s.a.

$$x_i = binaria$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_i = 1$$

$$0 \leq t_i^c \leq T$$

Donde t_i^c se define como la solución de la intersección de las curvas de costo:

$$A_0(q_0 + \alpha t) + b_0 = A_i(q_0 + \alpha t) + b_i$$

Despejando,

$$t_i^c = \left(\frac{b_i - b_o}{A_0 - A_i} - q_0\right) * \frac{1}{\alpha}$$

En el óptimo, y dado que el proyecto demora d_i se debe hacer la inversión en el periodo:

$$t^* = \left(\frac{b_i - b_o}{A_0 - A_i} - q_0\right) * \frac{1}{\alpha} - d_i$$

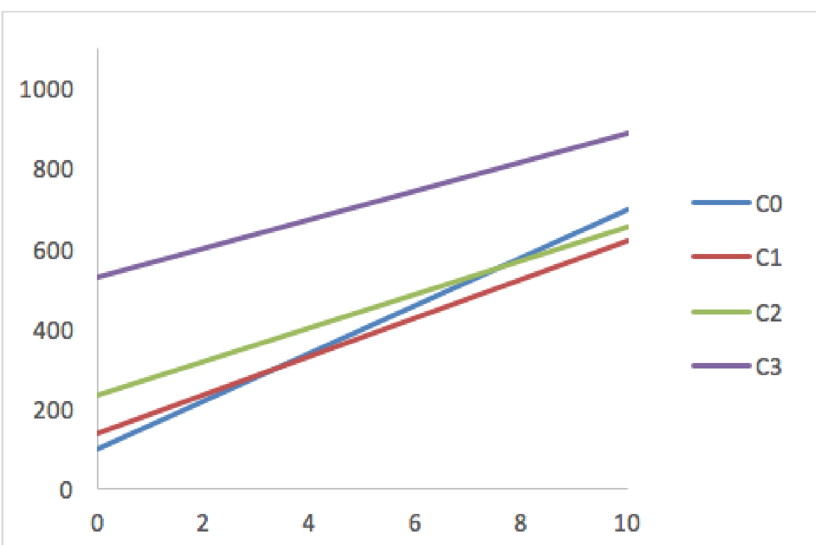
Caso T=3:

Con la ecuación anterior calculamos los puntos de intersección entre $c_1, c_2\ y\ c_3$ con c_0:

i	t_i^c
1	3.3
2	7.5
3	18

Notamos que para i=3 la intersección es después de t=10, por lo tanto se descarta de inmediato.

Gráficamente tenemos:



Respuesta de la Parte III Pregunta 1 (Continuación):

Calculamos para i=1:

$$C_1 = \int_0^{3.3} 10 * (5 + 6t) + 50\, dt + \int_{3.3}^{10} 8 * (5 + 6t) + 100\, dt = 3733$$

Para i=2:

$$C_2 = \int_0^{7.5} 10 * (5 + 6t) + 50\, dt + \int_{7.5}^{10} 7 * (5 + 6t) + 200\, dt = 4087$$

Por lo que la recomendación es hacer la inversión 1, invirtiendo en t=3.3-2=1,3.

c) Se debe considerar que los costos totales corresponden a la integral de la composición de c(q(t)) entre t=0 y t=T. Dado que $b_0 \leq b_i$, las únicas inversiones relevantes son en las que la curva de costos cruce la curva de costos actuales c_0. Sea t_i^cel tiempo en que la curva c_i intercepta a c_0. Entonces los costos totales dado que se realiza la inversión i vienen dados por:

$$CT_i = \int_{t=0}^{t=t_i^c} c_0\big(q(t)\big)dt + \int_{t=t_i^c}^{t=T} c_i(q(t))dt$$

La función objetivo a minimizar es entonces:

$$\min_{x_i} \sum_{i=1}^{N} x_i * CT_i$$

s.a.

$$x_i = binaria$$
$$\sum_{i=1}^{N} x_i = 1$$
$$0 \leq t_i^c \leq T$$

Donde t_i^c se define como la solución de la intersección de las curvas de costo:

$$A_0\big(q_0 e^{\alpha t_i^c}\big) + b_0 = A_i\big(q_0 e^{\alpha t_i^c}\big) + b_i$$

Despejando,

$$t_i^c = \ln\left(\frac{b_i - b_0}{(A_o - A_i) * q_0}\right) * \frac{1}{\alpha}$$

En el óptimo, y dado que el proyecto demora $d_i$se debe hacer la inversión en el periodo:

$$t^* = \ln\left(\frac{b_i - b_0}{(A_o - A_i) * q_0}\right) * \frac{1}{\alpha} - d_i$$

Caso T=3:

Con la ecuación anterior calculamos los puntos de intersección entre $c_1, c_2\ y\ c_3$ con c_0:

i	t_i^c
1	0.3
2	0.4
3	0.5

Respuesta de la Parte III Pregunta 1 (Continuación):

Calculamos para i=1:

$$C_1 = \int_0^{0.3} 10 * (5 * e^{6t}) + 50\, dt + \int_{0.3}^{10} 8 * (5 * e^{6t}) + 100\, dt = 7.61 * 10^{26}$$

Para i=2:

$$C_2 = \int_0^{0.4} 10 * (5 * e^{6t}) + 50\, dt + \int_{0.4}^{10} 7 * (5 * e^{6t}) + 200\, dt = 6.66 * 10^{26}$$

Para i=3

$$C_3 = \int_0^{0.5} 10 * (5 * e^{6t}) + 50\, dt + \int_{0.5}^{10} 6 * (5 * e^{6t}) + 500\, dt = 5.71 * 10^{26}$$

Por lo que la recomendación es hacer la inversión 3, invirtiendo en t= 0.5 – 1 = - 0.5. Cómo no se puede inveritr en tiempo negativo, se debe hacer la inversión en t = 0, es decir, ahora.

2.- (30 Puntos) Alfa es una empresa que se dedica al transporte de pasajeros entre Santiago y el aeropuerto de esa ciudad. Comenzó su actividad hace dos años y está formada por 4 amigos que han invertido en 9 autos/taxi. Se han organizado para cubrir zonas en Santiago y hacen transportes al aeropuerto. La disponibilidad de los automóviles es variable durante el día, al igual que los pedidos que reciben. Dado que sus zonas son especialmente las comerciales céntricas y de oficinas, durante el fin de semana no brindan servicios.

En la tabla se muestran algunos datos relevados desde sus planillas de trabajo:

Bloque horario	Franja horaria	Demanda media (# viajes) en Zona en franja	# Autos que cubren el servicio en la franja horaria	CVa	CVs
1	8:00 a 14:00	35	4	2	5
2	14:01 a 16:00	27	6	2	5
3	16:01 a 23:00	85	6	2	7
4	23:00 a 8:00	45	3	1	1.5

En la tabla se indica la variabilidad del tiempo de arribo de las solitudes de los clientes (CVa) y la variabilidad que presentan los viajes (CVs). En promedio cada taxi demora 20 minutos por cada viaje. Sakasegawa (1977) propone una aproximación al tiempo de espera para sistemas G/G/c dada por:

$$W_q \approx \left(\frac{{CV_a}^2 + {CV_s}^2}{2}\right)\frac{\rho^{\left(\sqrt{2c+2}\right)-1}}{c(1-\rho)}\frac{1}{\mu}$$

Aunque inicialmente todos atendían zonas bien demarcadas, con el correr del tiempo los clientes han empezado a cambiar los puntos de partida y salida. Eso les ha llevado a sea posible hacer viajes FUERA DE ZONA, donde las condiciones de tránsito, seguridad y accesos, son dispares. El salir FUERA DE ZONA lleva a un aumento en un 20% de la demanda media. Estos viajes se distribuyen: un 15% en la franja 1, 15% en la franja 2, 50% en la 3 y el 20% en la 4. Los tiempos FUERA DE ZONA cambian por los factores mencionados, permitiendo que un auto FUERA DE ZONA pueda atender solo 1.5 viajes por hora.

Los socios tienen como política que sus autos/taxis estén un 90% utilizados, ya que eso permite dar un buen servicio y tener viajes. Actualmente están evaluando si el salir fuera de la zona es una adecuada política; pero no saben si tomar una medida definitiva sobre esto tendrá impactos negativos sobre su negocio.

Por ende, le piden a usted que responda las siguientes preguntas:

a. (8 ptos.) ¿Cuál es la tasa de ocupacion de los taxis? Determine los tiempos promedios de espera para el bloque más congestionado. ¿Se sigue la política de utilización de Alfa? ¿Debería cambiar la asignación de taxis por franja? ¿Por qué?
b. (8 ptos.) Si los socios deciden hacer viajes FUERA DE ZONA ¿Cuál es la tasa de ocupacion de los taxis si no se cambia el número de autos en servicio? Suponga que los tiempos de espera para cada franja horaria deben mantenerse similares a los del punto a, en un rango de +/-30%. ¿Que flota de taxis asignaría para cada franja horaria? Recalcule los Wq y en caso de hacer supuestos defínalos claramente.
c. (14 ptos.) Si los socios determinan que el costo de espera de cada cliente es de C_q [$/min] pesos por minuto esperando. Por otro lado, determinan que cada unidad porcentual (1%) de disminución en su nivel de utilización tiene costo C_u [$/(unidad %)] y es posible aumentar el número de taxis por bloque a un costo de C_k [$/taxi/bloque], lo que claramente aumentaría el nivel de servicio. Plantee un modelo de programación matemática que permita: determinar el número óptimo de taxis a tener por bloque horario, nivel de utilización optimo y también determinar si debemos o no hacer viajes FUERA DE ZONA.

Respuesta de la Parte III Pregunta 2:

a) Los tiempos de espera se calculan utilizando la siguiente fórmula junto con la presentada en el enunciado.

$$Utilización = \rho_j = \frac{v_j * tm}{NA_j * h_j * 60}$$

ρ_j = Utilización por franja horaria j
v_j = demanda de viajes en la franja horaria j
tm = tiempo medio de viaje
NA_j = numero de autos en servicio en la franja horaria j
h_j = numero de horas en la franja horaria j

Franja	Horas totales	Utilizacion	Wq medio (min)
1	6	48.6%	29.66
2	2	75.0%	87.86
3	7	67.5%	92.26
4	9	55.6%	8.32

Luego, se determina la tasa de utilización de los taxis:

Item	Valor	Unidad	Fórmula
Tiempo medio de viaje	20	min/viaje	Dato
Viajes por hora	3	viajes/hora	60/Tiempo medio de viaje
Horas taxi disponibles al dia	105	horas de viaje/dia	Sum{(Naj*hj)}
Demanda media de viajes al dia	192	viajes medios/dia	Sum{vj}
Horas de viajes en taxi utilizadas al dia	64	horas de viaje/dia	Demanda media de viajes al dia*Tiempo medio de viaje
Utilizacion media de taxis en central	61.0%		Horas de viajes en taxi utilizadas al dia/Horas taxi disponibles al dia

Horas totales de taxis comprados	216	horas de viaje/dia	#taxis * 24 horas
Utilizacion media de la flota	29.6%		Horas de viajes en taxi utilizadas al dia/Horas totales de taxis comprados

La utilización en central llega al 61%. La utilización media de la flota es de 30%. Se deberían reordenar los taxis de manera de tener una mayor utilización. A su vez es necesario incrementar la cantidad de viajes para alcanzar una mayor utilización total.

La franja con mayor utilización es la número 2, en donde la ocupación es de un 75%. El tiempo medio de espera más grande es el de la franja 3 y es de es de 92 minutos.

b)Tenemos que:

Demanda media de viajes en Zona al día = 192 viajes
Demanda media de viaje Fuera de Zona al día = 38.4 viajes
Demanda Fuera de Zona = % nueva demanda*Demanda media de viaje Fuera de Zona al día

Tiempo medio de viaje en Zona = 20 min/viaje
Tiempo medio de viaje Fuera de Zona = 60 min /1.5 viaje = 40 min/viaje

Continuación respuesta de la Parte III Pregunta 2:

Cada franja horaria presenta tiempos medios variables en funcion de la cantidad de viajes fuera de zona que tiene.

Tiempo Medio = (% viajes FZ/TOTAL * Tiempo medio de viaje Fuera de Zona) + ((1-% viajes FZ/TOTAL) * Tiempo medio de viaje en Zona)

Así obtenemos las siguientes tablas:

Franja	Horas totales	% nueva demanda	Demanda Fuera de Zona	Demanda consolidada	% viajes FZ / TOTAL	Tiempo medio	# Autos cubriendo franja	Utilizacion	Wq medio (min)
1	6	**15%**	5.76	40.76	14%	22.83	4	64.6%	90.93
2	2	**15%**	5.76	32.76	18%	23.52	6	107.0%	-977.35
3	7	**50%**	19.2	104.2	18%	23.69	6	97.9%	4787.87
4	9	**20%**	7.68	52.68	15%	22.92	3	74.5%	28.45

Item	Valor	Unidad	Fórmula
Horas taxi disponibles al dia	105	horas de viaje/dia	Sum{(Naj*hj)}
Demanda media de viajes al dia	230.4	viajes medios/dia	Sum{vj}
Horas de viajes en taxi utilizadas al dia	89.6	horas de viaje/dia	Sum{vj*tmj}
Utilizacion media de taxis en central	85%		Horas de viajes en taxi utilizadas al dia/Horas taxi disponibles al dia

Horas totales de taxis comprados	216	horas de viaje/dia	#taxis * 24 horas
Utilizacion media de total de flota	41%		Horas de viajes en taxi utilizadas al dia/Horas totales de taxis comprados

Las utilizaciones con la dotación actual de automóviles por franja horaria, supera la capacidad instalada.

Para poder hacer frente a la necesidad de atender esos servicios es necesario redistribuir vehículos e incorporar otros. Sin embargo hay una restricción, que los Wq del punto b por franja horaria, Wq(j,b), sean similares a Wq de la parte a, Wq(j,a), en un rango +-30%. El procedimiento para ello es:
1 Considera como Wq(j,b,0)= Wq(j,a) de la parte a
2 Despeja de la ecuación de Wq(j,a) usando todos los datos del punto b (tiempo medio), rho(j,b,0)
3 De rho(j,b,0) despeja el numero de autos car(j,b,0), que es la única variable que no conoce
4 El numero de autos car(j,b,0) va a ser decimal. Entonces tienen que redondear y recalcular Wq(j,b,f)
5 Comparan si Wq(j,b,f) vs Wq(j,a). Y tiene que darle dentro del +/- 30%. No necesitan iterar, a la primera les da en todos.

Ahora la distribucion de autos car(j,b,f) obtenida cuando se cumple la condición anterior es: 5, 8,8,4

Franja	Horas totales	% nueva demanda	Demanda Fuera de Zona	Demanda consolidada	% viajes FZ / TOTAL	Tiempo medio	# Autos cubriendo franja	Utilizacion	Wq medio (min)
1	6	**15%**	5.76	40.76	14%	22.83	5	51.7%	26.95
2	2	**15%**	5.76	32.76	18%	23.52	8	80.3%	105.74
3	7	**50%**	19.2	104.2	18%	23.69	8	73.5%	108.67
4	9	**20%**	7.68	52.68	15%	22.92	4	55.9%	6.00

Continuación respuesta de la Parte III Pregunta 2:

Item	Valor	Unidad	Fórmula
Horas taxi disponibles al dia	138	horas de viaje/dia	Sum{(Naj*hj)}
Demanda media de viajes al dia	230.4	viajes medios/dia	Sum{vj}
Horas de viajes en taxi utilizadas al dia	89.6	horas de viaje/dia	Sum{vj*tmj}
Utilizacion media de taxis en central	65%		Horas de viajes en taxi utilizadas al dia/Horas taxi disponibles al dia

Horas totales de taxis comprados	216	horas de viaje/dia	#taxis * 24 horas
Utilizacion media de total de flota	41%		Horas de viajes en taxi utilizadas al dia/Horas totales de taxis comprados

Para atender a los servicios extrazona es necesario redistribuir los automóviles de acuerdo a [1,2,3,4] → {5,8,8,4}

Se eleva el % de utilización operativa a 65%. Tambien se incrementa la ocupación total a 41%, pero esta lejos del objetivo.

c)
A -Variable de decisión: NA(j) numero de taxis finales por bloque horario j

CE= costo espera
CT= costo de poner taxis extras
CU= costo de utilización

Min {CE + CT+ CU}

$$CE = Costo\ espera\ clientes = C_q \sum_j Wq_j * v_{j,z} * X_z$$

Costo de espera clientes = costo un minuto de espera * tiempo total de espera. Tiempo total de espera es igual tiempo promedio de espera por franja horaria en minutos por el total de viajes en la franja j. Esto es todo independiente de la zona z

$$CU = Costo\ de\ no\ utilizacion = C_u \sum_j \frac{(0{,}9 - \rho_j)}{0{,}9} * 100$$

El costo de no utilización esta dado por el costo de un punto de no utilización vs el target (rho=0,9)
La alternativa de utilizar un solo rho medio, no permite discriminar por franja horaria

$$CT = Costo\ de\ taxis\ extras\ por\ bloque = C_k \sum_j (NA_j - NA_{j,0})$$

Costo de taxis extras= costo de poner taxis extras por bloque → NA(j) es el numero de taxis totales. Al restarlo del numero de taxis iniciales y afectarlo por el costo de un taxi extra por bloque j, logramos el costo de poner mas taxis por bloque

Aumentar el numero de taxis, aumenta el costo de la empresa, pero disminuye el tiempo de espera. Sin embargo también disminuye la ocupacion. Justamente al minimizar esta expresión que reúne los tres costos logramos determinar un NA(j) que cumple con los requerimientos del encabezado.

Continuación respuesta de la Parte III Pregunta 2:

s.a.

$$tiempo\ de\ espera\ media\ en\ franja\ j = \ Wq_j = \frac{({Cva_j}^2 + {Cvs_j}^2)}{2} \frac{\rho_j^{\sqrt{2*NA_j+2}-1}}{NA_j(1-\rho_j)} \frac{1}{\mu_j}$$

$$tiempo\ medio\ de\ viaje_j afectado\ por\ la\ zona\ z = \ tm_j = \frac{\sum_z v_{j,z} * tm_z * X_z}{\sum_z v_{j,z}}$$

$$\mu_j = \frac{1}{tm_j}$$

$$ocupación = uso/capacidad = \ \rho_j = \frac{\sum_z v_{j,Z} * tm_z * X_z}{NA_j * h_j * 60}$$

$$\rho_j \geq 0{,}9$$
$$\rho_j \leq 1$$
$$NA_j \geq 0$$
$$NA_j \in N$$
$$X_z = \{0{,}1\}\ \ con\ 1 = con\ extra\ zona$$

Parametros del problema

$$NA_{j,0}$$
$$tm_j$$
$$v_{j,z}$$
$$h_j$$
$$Cva_j$$
$$Cvs_j$$

Formulario

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} V_i}{\sum V_i} \qquad C_y = \frac{\sum d_{iy} V_i}{\sum V_i}$$

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

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

$$WIP = TH \times TC \qquad L=\lambda * W$$

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

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

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

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

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

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