PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA
ICT-2904 Ingeniería de Sistemas de Transporte
Profesores: Felipe Delgado – Ricardo Giesen –Juan Carlos Herrera —
Juan Carlos Muñoz – Sebastián Raveau – Hugo Silva
Segundo Semestre 2017

Interrogación N° 1

Tiempo total: 2 horas.

INSTRUCCIONES

- Se recomienda leer cuidadosamente toda la prueba antes de comenzar.
- Sólo se permite el uso de calculadoras no programables. No se permite tener dispositivos que permitan almacenar información ni comunicación con terceros.
- La prueba tiene 100 puntos en total y los puntajes de cada pregunta están indicados al comienzo de cada una. Se presupone un tiempo de 1 minuto por punto, pero se entregarán 120 minutos para responder la prueba.
- Deben contestar todas las preguntas (de la 1 a la 5) en hojas separadas.

PREGUNTAS:

1) **(15 Puntos en total)** Responda <u>brevemente</u> las siguientes preguntas:

   a) **(5 Puntos)** Apoyándose con un diagrama explique los efectos de largo plazo en el círculo vicioso de transporte público, indicando dos medidas que podría aplicar para evitar que estos efectos de largo plazo se produzcan.

   b) **(5 Puntos)** Considerando las macrovariables (T, A y F) y sus relaciones, analice los impactos esperados en el corto, mediano y largo plazo de la construcción de ciclovías dentro de una ciudad determinada. Para efectos de sus análisis considere que a los principales ejes de la ciudad se les quita una pista actualmente destinada a los vehículos particulares, para construir la red de ciclovías.

   c) **(5 Puntos)** Considere que una nueva aerolínea está interesada en entrar a operar en el mercado entre las ciudades de Lannisport y Gultown. Actualmente, para viajar entre este par de ciudades existen dos opciones: un servicio de buses que demora 10 horas y cobra una tarifa de $20.000 o viajar en auto con un tiempo promedio de viaje de 8 horas y un costo total incluyendo bencina y peaje de $45.000.
   A usted lo contratan de esta nueva aerolínea para evaluar dos posibles servicios para conectar este par de ciudades:

   - un vuelo directo entre Lannisport y Gultown con un tiempo total de viaje estimado de 5 horas.
   - un vuelo entre Lannisport y Duskendale con tiempo de 3 horas, más un viaje de Duskendale y Gultown de 3.5 horas. Considere que la escala es de 2 horas y que todos los tiempos son percibidos de la misma manera..

   Para cada uno de los servicios planteados anteriormente, cuál debería ser la tarifa mínima a cobrar de manera que el nuevo servicio sea no dominado por las opciones actuales.

2) **(21 Puntos en total)** Para viajar entre dos ciudades existen dos modos: auto y tren. A partir de las elecciones de 550 viajeros se estimó un modelo Logit Multinomial con la siguiente función de utilidad representativa para ambos modos

$$V_{iq} = -0,3 \cdot Tiempo_{iq} - 0,2 \cdot Costo_{iq}.$$

Considere tres individuos que experimentan los siguientes tiempos y costos:

Individuo	Tiempo Auto	Tiempo Tren	Costo Auto	Costo Tren
1	3	2	4	10
2	5	1	20	10
3	3	1	5	10

a) **(6 puntos)** Calcule la probabilidad agregada de elegir auto, realizando enumeración muestral.

b) **(6 Puntos)** Obtenga el error asociado a calcular la probabilidad agregada de elegir auto siguiendo un enfoque inocente, en vez de realizar una enumeración muestral.

c) **(6 Puntos)** ¿Cuánto debiera ser el costo del tren para que el individuo 1 esté indiferente entre ambos modos (i.e. tenga 50% de probabilidad de elegir cada uno)?

d) **(3 Puntos)** Si usted quisiera aplicar un modelo Probit Multinomial, con la misma función de utilidad y los mismos datos, ¿qué problema práctico tendría?

3) **(24 Puntos en total)** Usted desea predecir la cantidad de viajes generados en dos zonas. Como variables explicativas para la generación de viajes, usted utiliza el ingreso y el tamaño del hogar. Para explicar la generación de viajes, usted estima modelos de Análisis de Categorías y de Regresión Lineal.

A partir del modelo de Análisis por Categorías, usted obtiene las siguientes tasas promedio de viajes por hogar:

	2 o menos Personas	3 o más Personas
Ingreso Bajo	6 viajes/hogar	10,5 viajes/hogar
Ingreso Alto	8,5 viajes/hogar	13 viajes/hogar

A partir del modelo de Regresión Lineal, usted obtiene la siguiente expresión:

$$\text{Viajes por Hogar} = 1,3 + 2 \cdot \text{Ingreso}[millones] + 1,5 \cdot \text{Personas en el Hogar}$$

a) **(8 Puntos)** Obtenga el total de viajes generados por la zona 1 de acuerdo con el modelo de Análisis por Categorías, si la zona 1 posee la siguiente composición de hogares:

	2 o menos Personas	3 o más Personas
Ingreso Bajo	90 hogares	95 hogares
Ingreso Alto	150 hogares	110 hogares

b) **(8 Puntos)** Obtenga el total de viajes generados por la zona 2 de acuerdo con el modelo de Regresión Lineal, si la zona 2 posee 320 hogares, cuyo ingreso promedio es $1,3 millones y están compuestos en promedio por 3,1 personas.

En el marco de otro estudio (independiente del anterior), usted desea obtener la matriz de viajes más probable entre otro conjunto de zonas.

	Destino 1	**Destino 2**	**Destino 3**	O_i
Origen 1				4
Origen 2				2
D_j	2	3	1	

c) **(8 Puntos)** ¿Cuál es la matriz más probable? (Por simplicidad, considera sólo las matrices con viajes enteros).

4) **(20 Puntos en total)** Considere el modelo de intercambio con dos localidades visto en clases. Si no es factible transportar unidades del bien, se produce y se consume en ambas localidades y el precio de equilibrio competitivo en la localidad 1 es p_1 y en la localidad 2 es p_2, con $p_1 > p_2$. Una vez que es factible el transporte del bien, se observa que hay intercambio y que solamente en una de las dos localidades el excedente total (consumidores y productores) aumenta. Usando gráficos apropiados de una explicación posible para este fenómeno.

5) **(20 Puntos en total)** Responda las siguientes preguntas:

a) **(8 Puntos)** En una vía los autos circulan por la pista izquierda a velocidad v_a y los buses lo hacen por la pista derecha a velocidad v_b. Las respectivas densidades son k_a y k_b. En t=0 comienza a llover. Por esta razón, tanto los autos como los buses reducen su velocidad de forma instantánea y al mismo tiempo a un factor p (es decir, la nueva velocidad es $v_i' = pv_i$, donde $i=a,b$). ¿Cómo se compara la densidad y el flujo total para t<0 versus t>0? Justifique.

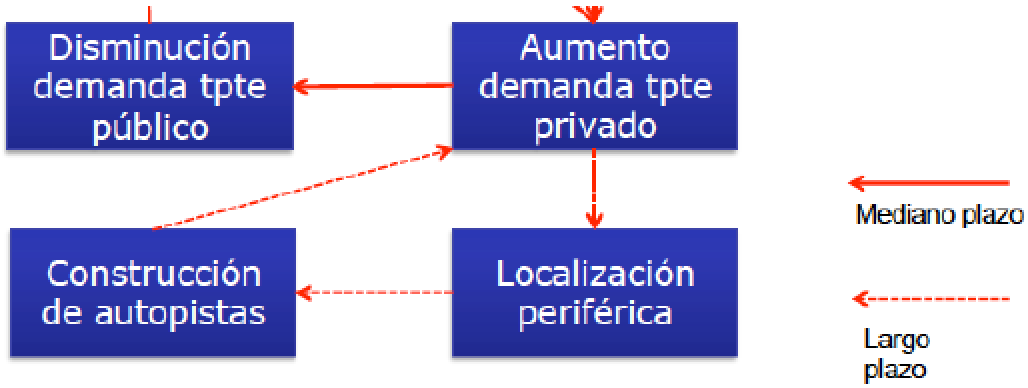
b) **(8 Puntos)** En una vía rige la siguiente relación v-k: $v_s(k) = 60\left(1 - \frac{k}{180}\right)^2$.

i. Determine el flujo máximo que se puede observar en esa vía.
ii. Si los vehículos circulan a 15 km/h, ¿cuál es el intervalo promedio que se observa en cualquier punto de esa vía?

c) **(4 Puntos)** Se postula que si todos los vehículos que circulan en un vía fueran autónomos, la velocidad se mantendría constante independiente de qué tan separados en el espacio están los vehículos entre sí. ¿Qué tipo de relación q-k se obtendría en este caso? ¿Qué valor de flujo máximo se podría alcanzar en este caso?

Pregunta 1

a)

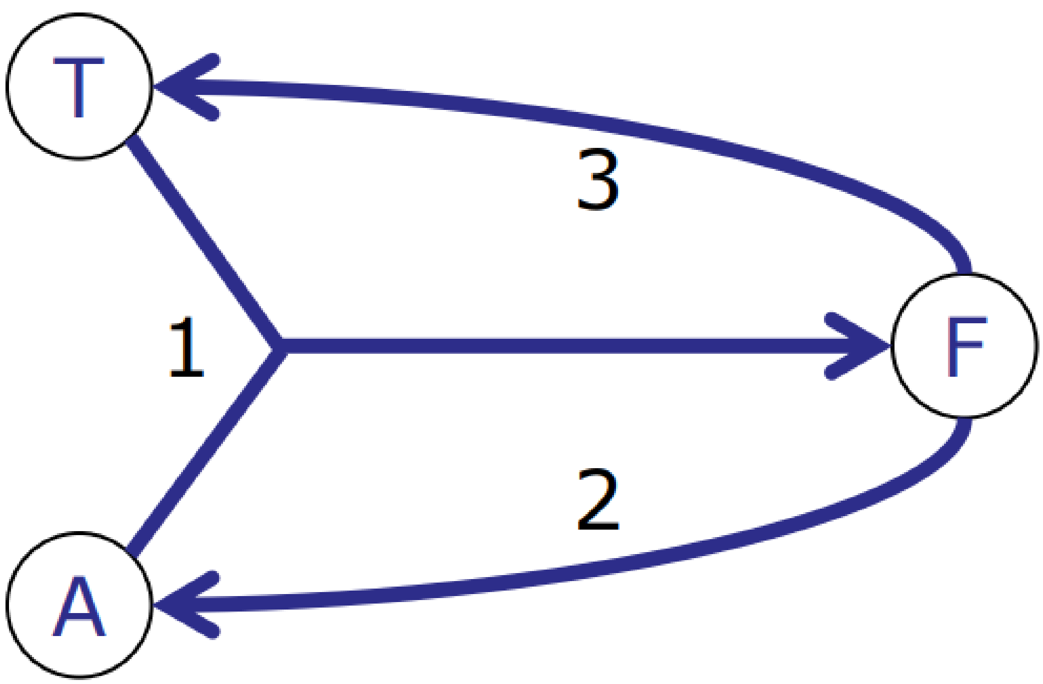


Ejemplo medidas: trenes de cercanía, que sea más caro circular en vehículo privado, entre otros.

2 pts diagrama

1,5 pts cada medida

b)



0,5 pts el diagrama o descripción de él

Corto plazo: relación tipo 1 A y T influyen a F [0,5 pts]. Ej: congestión vehicular [1 pto]

Mediano-largo plazo: relación tipo 3 F influye a T [0,5 pts]. Ej: nuevas formas de operación de los buses [1 pto]

Largo plazo: relación tipo 2 F influye a A[0,5 pts]. Ej: creación de parques [1 pto]

c)

la tarifa mínima es $0 pesos para ambos casos [5 pts]

pero si hablan de tarifa máxima también se considero correcta, en este caso, el vuelo directo nunca es dominado y el con escala debe tener un Pmax=$45.000 [5 pts]

Pregunta 2

a) Cálculo probabilidad de elegir auto según enumeración muestral

Individuo	V_A	V_T
1	- 1,7	- 2,6
2	- 5,5	- 2,3
3	- 1,9	- 2,3

Incógnita	**Resultado**
P_{A1}	0,71095
P_{A2}	0,03917
P_{A3}	0,59869
P_A	0,4496 – 45%

Distribución de puntaje:

- Cálculos de V_A/V_T: 2 puntos
- Cálculos de P_{Ai}: 2 puntos
- Cálculo probabilidad 45%: 2 puntos

b) Cálculo probabilidad elegir auto, según enfoque inocente

En primer lugar, se calculan los promedios de las variables:

T_A	T_T	C_A	C_T
3,6666	1,333	9,666	10

A partir de los datos obtenidos se calcula:

- V_A= -3,0333
- V_T=-2,4
- P_A=0,346755
- Error absoluto= 10,3%
- Error relativo=22,9%

Distribución de puntaje:

- Cálculo promedios: 1 punto
- Cálculo V_A/V_T: 1,5 puntos
- Cálculo P_A: 1,5 puntos
- Cálculo error: 2 puntos

c) Costo tren para que el individuo 1 esté indiferente

$$Va = Vt$$

$$Ct1)\ 5{,}5$$

Distribución de puntaje:

- Plantear V_T=V_A: 3 puntos
- Cálculo C_{T1}: 3 puntos

d) Problema práctico de aplicar ProbitMultinomial

$$P_{iq} = \int_{\varepsilon_{iq}=-\infty}^{\infty} \int_{\varepsilon_{1q}=-\infty}^{\varepsilon_{iq}+V_{iq}-V_{1q}} \int_{\varepsilon_{2q}=-\infty}^{\varepsilon_{iq}+V_{iq}-V_{2q}} \cdots \int_{\varepsilon_{nq}=-\infty}^{\varepsilon_{iq}+V_{iq}-V_{nq}} f\left(\varepsilon_{iq}, \varepsilon_{1q}, \varepsilon_{2q}, \cdots, \varepsilon_{nq}\right) \cdot d\underline{\varepsilon}$$

- f(ϵ) ~ Normal Multivariada (1,5 puntos)
- Implicancias de lo anterior: inexistencia de forma cerrada (1,5 puntos)

** Puntaje sujeto a una buena argumentación

Pregunta 3

a) Análisis por categorías (8 puntos):

	2 o menos personas	3 o mas personas	Total
Ingreso Bajo	6*90=540 viajes	10.5*95=997.5 viajes	1537,5
Ingreso Alto	8.5*150=1275 viajes	13*110=1430 viajes	2705

Total=4242.5

[Puntuación]

4 puntos por abordar correctamente el ejercicio.
4 puntos por llegar al valor correcto.

b) Regresión Lineal (8 puntos):

Datos: 320 hogares con ingreso promedio de 1.3 millones y compuesto por 3.1 personas. Remplazando en la RL da 8.55 viajes por hogar. Eso por los 320 hogares que hay, da un total de 2736 viajes.

[Puntuación]
4 puntos por obtener el valor para la cantidad de viajes promedio por hogar.
4 puntos por multiplicar por la cantidad de hogares para obtener la cantidad total de viajes generados por la zona 2.

c) ¿Cuál es la matriz más probable? Solo con viajes enteros (8 puntos):

	D1	D2	D3	Oi
O1				4
O2				2
Dj	2	3	1	6

Utilizamos la maximización de la entropía.

Vemos los distintos estamos meso y luego vemos cual tiene mayor entropía (o cantidad de estados micro).

Meso1:

	D1	D2	D3	Oi
O1	2	2	0	4
O2	0	1	1	2
Dj	2	3	1	6

W*=6!/(2!*2!*0!*0!*1!*1!)= 180

Meso2:

	D1	D2	D3	Oi
O1	2	1	1	4
O2	0	2	0	2
Dj	2	3	1	6

W*=6!/(2!*1!*1!*0!*2!*0!)= 180

Meso3:

	D1	D2	D3	Oi
O1	1	3	0	4
O2	1	0	1	2
Dj	2	3	1	6

W*=6!/(1!*3!*0!*1!*0!*1!)= 120

Meso4:

	D1	D2	D3	Oi
O1	1	2	1	4
O2	1	1	0	2
Dj	2	3	1	6

W*=6!/(1!*2!*1!*1!*1!*0!)= 360

Meso5:

	D1	D2	D3	Oi
O1	0	3	1	4
O2	2	0	0	2
Dj	2	3	1	6

W*=6!/(0!*3!*1!*2!*0!*0!)= 60

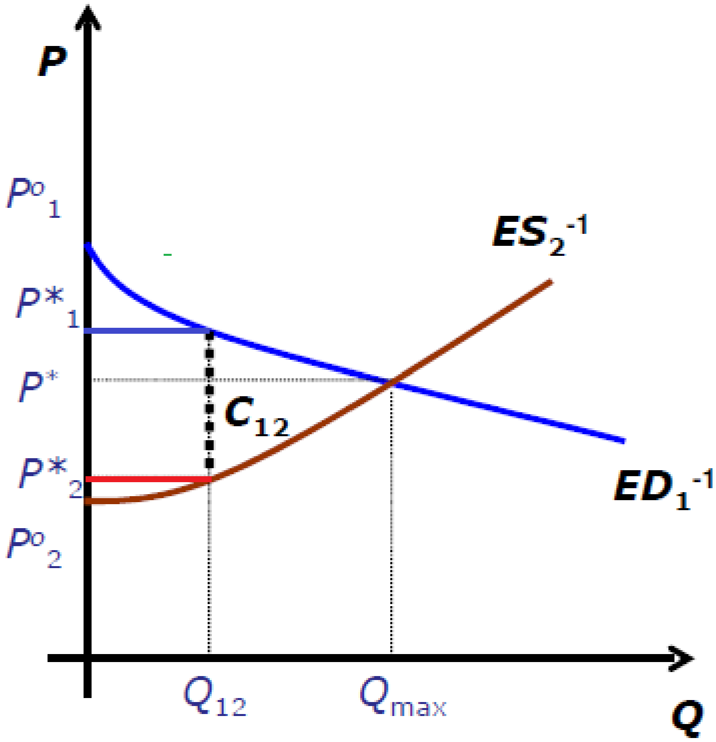
Por lo tanto, la matriz más probable es la 4 ya que es la con mayor entropía.

[Puntuación]

1 punto por hacer cada una de las 5 matrices y calcular su entropía.
1 punto por tener correcta cual es la matriz más probable.
2 puntos por justificar bien porque la matriz es la más probable.

Pregunta 4

¿Cómo puede no haber excedente en una región?

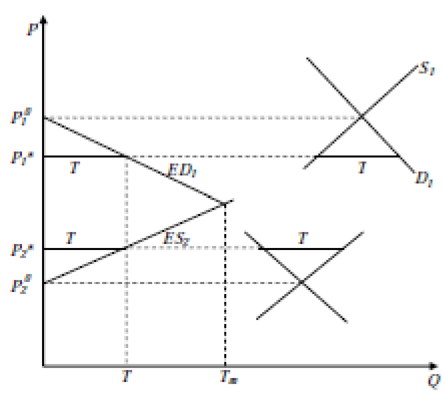


Si el precio de intercambio en alguna de las regiones fuera igual de la situación inicial, alguno de los dos triángulos (azul para la región importadora, rojo para la exportadora) colapsaría, y su área sería igual a 0 por lo que no habría beneficio social neto en dicha región.

Ahora bien, qué debe pasar con las curvas de O y D para que ocurra esto?

Esto requiere que ES^{-1} o ED^{-1} sea horizontal hasta la cantidad intercambiada, lo que implica una curva de demanda (o de oferta) perfectamente elástica hasta el punto de equilibrio.

En la ilustración de abajo (Jara-Díaz, 2007) se ve más claro:



Pregunta 5

a) Como el cambio de velocidad es instantáneo, el espaciamiento entre los vehículos se mantiene, por lo tanto, la densidad también, entonces tenemos que $k'_a = k_a$ y $k'_b = k_b$. Como la densidad es aditiva, la densidad total para t<0 es igual a la densidad total para t>0.

+ [2 puntos por decir que la densidad es igual]

+ [2 puntos por justificación (en palabras o en un gráfico)]

Para el flujo, utilizamos la relación fundamental, en donde:

$$q'_a = k'_a v'_a \,; \qquad q'_b = k'_b v'_b$$

$$q'_a = k_a p v_a \,; \qquad q'_b = k_b p v_b$$

$$q'_a = p q_a; \qquad q'_b = p q_b$$

Como el flujo también es aditivo, tenemos que el flujo total para t>0, denominado como q' es igual a pq, con q el flujo total para t<0, en donde $q' < q$ puesto que p<1.

+ [2 puntos por utilizar la relación fundamental]

+ [2 puntos por obtener el flujo final]

b) Por la relación fundamental sabemos que $q(k) = kv_s(k)$ y que el flujo máximo se obtiene encontrando la densidad crítica y reemplazando en la función del flujo, para esto primero derivamos el flujo con respecto a la densidad e igualamos a cero para encontrar la densidad crítica:

$$q(k) = 60k\left(1 - \frac{k}{180}\right)^2$$

$$\frac{dq}{dk} = 60\left(1 - \frac{k}{180}\right)^2 - \frac{2}{3}k\left(1 - \frac{k}{180}\right) = 0$$

$$60\left(1 - \frac{k}{180}\right) = \frac{2}{3}k$$

$$60 - \frac{1}{3}k = \frac{2}{3}k$$

$$k_c = 60$$

$$q_{MAX} = q(k_c = 60) = 3600\left(1 - \frac{60}{180}\right)^2 = 1600$$

+ [2 puntos por encontrar la densidad crítica al derivar el flujo]

+ [2 puntos por encontrar el flujo máximo]

Ahora nos dicen que la velocidad es de 15 km/h, por lo que debemos encontrar la densidad a la que ocurre esa velocidad:

$$15 = 60\left(1 - \frac{k}{180}\right)^2$$

$$\frac{1}{4} = \left(1 - \frac{k}{180}\right)^2$$
$$\frac{1}{2} = 1 - \frac{k}{180}$$
$$\frac{k}{180} = \frac{1}{2}$$
$$k = 90 \text{ veh/km}$$

Notar que descartamos la solución negativa, debido a que no puede haber velocidad negativa. Ahora debemos saber que el flujo es igual al inverso del headway promedio, por lo que, para calcular el intervalo promedio en cualquier punto de la vía, calculamos el flujo para la densidad anterior y luego obtenemos su inversa.

$$q(k = 90) = 90 \times 15 = 1350 \text{ veh/h}$$
$$\bar{h} = \frac{1}{q} = 7.41 \times 10^{-4} \text{h/veh}$$

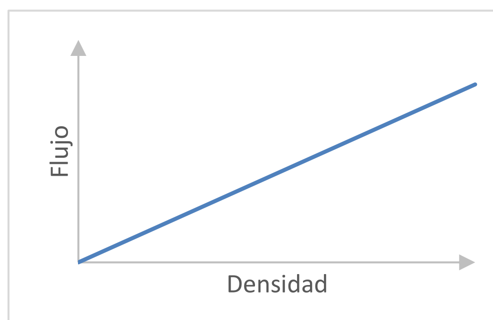
+ [2 puntos por obtener la densidad a partir de la velocidad]

+ [2 puntos por obtener el headway a partir del flujo]

c)

Por enunciado, como los vehículos van a velocidad constante independiente del espaciamiento, tenemos que la velocidad espacial no depende de la densidad de la vía, y con la relación fundamental $q = kv$, obtendríamos una relación q-k lineal creciente, con pendiente igual a la velocidad a la que los vehículos.

Gráficamente sería:



El valor del flujo máximo correspondería a cuando se alcance la densidad de taco de la vía, en donde los autos a pesar de estar muy pegados entre sí mantienen la misma velocidad, por lo que $q_{MAX} = k_j v$. Si tomamos valores razonables de densidad de taco y velocidad (por ejemplo 150 veh/km y 80 km/h respectivamente), tendremos un flujo máximo de 1200 veh/h

+ [2 puntos por explicar y/o graficar la relación q-k]

+ [2 puntos por calcular el flujo máximo con un ejemplo]