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 – Patricia Galilea – Ricardo Hurtubia – Juan de Dios Ortúzar – Juan Carlos Herrera – Homero Larraín – Juan Carlos Muñoz – Luis Rizzi

Segundo Semestre 2016

Interrogación N° 2

Tiempo total: 2,5 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 83 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 150 minutos para responder la prueba.
- Las preguntas deben ser respondidas todas en hojas separadas. Quien no cumpla con esta normativa y/o no ponga su número de lista en todas las hojas verá descontada su nota final de la prueba.

Pregunta 1 (13 Puntos en total)

a) De acuerdo a lo visto en la lectura *Congestion Pricing: A Primer*, responda en forma concisa a las siguientes preguntas:
   i. **(4 puntos)** Indique qué significa el concepto de "HOV lanes" y de "HOT lanes", indicando claramente la diferencia entre ambos.
   ii. **(4 puntos)** ¿Qué argumentos se entregan en la lectura para concluir que aplicar tarificación por congestión en autopistas no debería necesariamente empeorar las condiciones de tráfico de las vías alternativas?

b) **(5 puntos)** Según su lectura de *The Psychology of Waiting Lines,* a qué corresponde el "*appointment syndrome*" (síndrome de la cita)

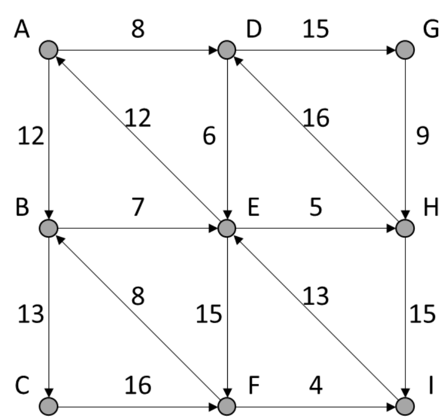
Pregunta 2 (10 Puntos en total)

En un arco de dos kilómetros de longitud rige la siguiente relación triangular: $q(k) = \min\{60k; 2250 - 15k\}$.

a) **(4 puntos)** Determine la función que representa el costo de circular por ese arco en función de la densidad, asumiendo que sólo el tiempo de viaje impacta en este costo.
b) **(2 puntos)** Demuestre que esta función de la parte a) es convexa creciente, es decir, que para valores altos de *k* crece más rápido.
c) **(2 puntos)** Calcule el costo cuando se observa una densidad de 100 veh/km.
d) **(2 puntos)** ¿Cómo cambiaría la función de la parte a) si, además, en este arco se cobra un peaje $P? Si la función no cambia, explique por qué.

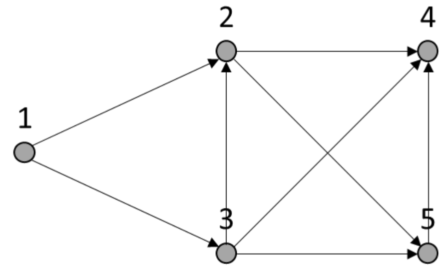
Pregunta 3 (20 Puntos en total)

Considere el siguiente grafo $G(N, A)$, sobre el cual se indica el tiempo de viaje asociado a cada arco, c_{ij}, con $(i, j) \in A$:



a) **(7 puntos)** Obtenga, aplicando el algoritmo de Dijkstra, el árbol de rutas mínimas y las distancias mínimas desde el nodo **D** hacia todos los demás nodos de la red. Construya una tabla que muestre las distancias y predecesores de cada nodo en cada iteración.
b) **(7 puntos)** El algoritmo de *Reverse Dijkstra* permite encontrar un árbol de rutas mínimas desde todos los nodos hacia un nodo en particular. El algoritmo consiste en aplicar Dijkstra pero inspeccionando los arcos entrantes de un nodo en lugar de los arcos salientes (o, equivalentemente, en aplicar Dijkstra sobre la misma red, pero invirtiendo previamente los arcos). Aplique el algoritmo de *Reverse Dijkstra* para determinar el árbol y las distancias mínimas desde todos los nodos hacia el nodo **D**. Construya una tabla como la de la parte a.
c) **(6 puntos)** Construya la matriz de distancias $\mathcal{D}^{\boldsymbol{D}}$, en la que cada elemento $d_{ij}^{\boldsymbol{D}}$ representa el costo mínimo de ir de i a j pasando por **D**, con $i \in N, j \in N$.

Pregunta 4 (20 Puntos en total)



a	c_a
$(1,2)$	$120+0,2\cdot f_{12}$
$(1,3)$	$110+0,2\cdot f_{13}$
$(2,4)$	$150+0,3\cdot f_{24}$
$(2,5)$	$130+0,2\cdot f_{25}$
$(3,2)$	$40+0,1\cdot f_{32}$
$(3,4)$	$120+0,2\cdot f_{34}$
$(3,5)$	$130+0,3\cdot f_{35}$
$(5,4)$	$50+0,1\cdot f_{54}$

w	T_w
$(1,4)$	600
$(1,5)$	700
$(3,4)$	500

Sobre la red que se entrega, con las funciones de costo por arco que se indican, se desea asignar la matriz de viajes que se indica.

a) **(8 puntos)** Considere la solución en la que 600 pasajeros viajan por la ruta 1-2-4, 700 por la ruta 1-3-5, y 500 por 3-4. Identifique en esta solución un usuario que no satisface las condiciones de equilibrio enunciadas en el primer principio de Wardrop. Obtenga una nueva solución realizando una reasignación del usuario antes identificado, y muestre que esta nueva solución posee un menor valor objetivo en el problema de optimización equivalente dado por la transformada de Beckmann.

b) **(6 puntos)** Plantee el problema de optimización equivalente que permite encontrar una asignación de equilibrio de usuarios para la red que se entrega.

c) **(6 puntos)** Proponga una red con funciones de costo adaptadas, tal que si asignáramos los viajes en esta red con estos nuevos costos, se obtendría una asignación óptima para el sistema.

Pregunta 5 (20 Puntos en total)

La tasa de llegada de vehículos a la entrada de un estacionamiento es:

$$\lambda(t) = \begin{cases} 20 - \dfrac{t}{6} & , 0 \leq \ t \leq 96 \\ \\ 4 & , 96 \leq t \end{cases}$$

, donde λ(t) está en vehículos por minuto, t en minutos y t = 0 representa 8:00AM.

Durante la primera hora la máquina o barrera de acceso alcanza una tasa de atención de 14 vehículos por minuto. Después de la primera hora se disminuye el número de máquinas que atienden vehículos, alcanzándose una tasa de atención de 6 veh/min. Asumiendo que la cola es D/D/1 con atención FIFO.

a) **(7 Puntos)** ¿Cuál es el largo de cola máximo y en qué instante se produce?
b) **(5 Puntos)** ¿En qué instante entra al estacionamiento el vehículo que llega en $t = 96$?
c) **(5 Puntos)** Determine el instante (hora) en que se disipa la cola.
d) **(3 Puntos)** Encuentre una expresión que permita calcular la demora total en la cola de entrada para todos los vehículos que llegan al estacionamiento.