



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Departamento de Ingeniería Industrial

IN44A Investigación Operativa  
Profs: P. Rey, D. Sauré, A. Shilkrut.  
Aux: C. Berner, J. Guajardo, M. Guajardo,  
P. Hernández.

## Tarea 2

### Objetivos

En la segunda tarea se busca simular el proceso que se describe a continuación, entendiéndolo de forma completa con el fin de poder realizar un análisis del mismo y propuestas de mejora. Esto contempla que los alumnos aprendan la utilización de un software de simulación.

### Contenidos

El balneario *El Tabitorss* ha alcanzado su apogeo en popularidad los últimos años. Lo anterior se debe principalmente a las bellas y refinadas playas vírgenes, que no presentan ningún tipo de alteración del medio ambiente. Debido a esto, se espera para este verano un incremento considerable en el flujo de vehículos en la ruta desde Santiago hacia el mencionado paraíso, por lo que el alcalde *Rey Saurón Chucrut*, se encuentra muy preocupado por los recursos adicionales que le generarán los peajes que se cobran en dicho trayecto. Por lo anterior, le ha solicitado a un equipo investigador, del cual usted forma parte, que le entregue una estimación de las posibles utilidades, junto con propuestas de mejora (con respecto a la situación actual). Para lo anterior el alcalde le proporciona los antecedentes actuales de los peajes.

Existen dos tipos de visitantes al paraíso *El Tabitorss*. El primero, son grupos familiares que actualmente llegan al peaje con tiempos que se distribuyen exponencialmente a una tasa  $\lambda = 100 \text{ autos/hora}$ . El segundo tipo, son autos de jóvenes desenfrenados que aprovechan su tiempo libre para ir al paraíso a disfrutar del tiempo libre. Ellos actualmente llegan al peaje a exceso de velocidad a una tasa  $\mu = 50 \text{ autos/hora}$  (Su distribución también es exponencial). Entre tanto, antes de llegar al peaje siempre se encuentran los nobles carabineros, comandados por el veterano y recientemente condecorado *Patriciux*. Preocupados por la seguridad de la carretera, detienen para chequeo de documentos con probabilidad  $p = 0.1$  a cada vehículo y se demoran un tiempo constante, e idéntico para cada auto de 5 minutos en realizarlo. En caso de que un vehículo sea chequeado, existe una probabilidad  $q = 0.25$  de que el detenido vaya a dar a la comisaria. Lo anterior se puede dar debido a que los padres de familia no presentan los documentos al día o bien los jóvenes presentan un posible estado de ebriedad, siendo requeridos para realizar una alcoholemia. Los autos que son detenidos y pueden proseguir, se unen a los autos que no fueron detenidos rumbo a la plaza de peaje.

Justo antes de llegar a dicha plaza de peaje, existe la posibilidad de salir de la carretera y parar a almorzar, en el conocido local de Don José, famoso por las parrillas y

rápido servicio. Para esto, se debe pagar un peaje de salida de \$1.200. En caso de no parar y seguir por la carretera rumbo al paraíso se debe pagar la módica suma de \$2.000 en el peaje principal. Se sabe que quienes toman la salida hacia el restaurante, lo hacen por dos razones: Las familias lo hacen para ir a comer al afamado local y los jóvenes, para aprovechar el atajo secreto hacia el paraíso, que es más lento, pero permite el ahorro de los \$800 de diferencial. Se sabe que de los autos totales (familias y jóvenes eufóricos) que vayan por la ruta principal, un 30% de ellos tomará la salida antes mencionada (70% se mantiene en la ruta al paraíso y pasará por el peaje principal). Los autos familiares que tomen esta ruta pasarán al restaurante de *Don José* a comer y serán atendidos por el mismísimo dueño, con una tasa que se distribuye exponencialmente de media 5 minutos/cliente. Posteriormente, estos deberán retornar a la carretera pagando otro peaje de valor \$1.000 por concepto de retorno a la ruta rumbo a *El Tabitorss*. Vale destacar que ningún auto familiar toma la ruta económica y que ningún auto juvenil se detiene a “bajonear” en el local de *Don José*.

Un informante de la empresa le ha indicado que en las casetas de peaje de la ruta principal, que cobran \$2.000, existen 4 empleados que atienden cada uno a los vehículos en un tiempo distribuido exponencialmente de tasa  $\rho = 30$  clientes/hora. Con respecto a la plaza de salida hacia el restaurante, ésta cuenta con 2 empleados que atienden, cada uno en tiempos distribuidos triangularmente de mínimo 1 minuto, valor medio 1.5 minutos y tiempo máximo 5 minutos (el que ocurre cuando a la persona se le cae el dinero de la ventanilla).

En cuanto a la plaza de peaje de entrada o retorno a la ruta, se sabe que existe sólo un empleado llamado *Don Mario* que atiende a los clientes en un tiempo distribuido uniformemente de mínimo 0 minutos y máximo 6 minutos. Estos tiempos de atención se deberían a que *Don José* le paga a *Don Mario* para que este haga una entrevista a cada una de las personas que comió en el restaurante, con el fin de recopilar información para mejorar el servicio. Sin embargo, *Don Mario*, debido a que fue empleado del año en su categoría, se da ciertas licencias. A veces deja pasar pasajeros que no le agradan sin preguntarles nada. Como es muy bueno en la materia, demora tiempos cercanos a cero en la cobranza del peaje.

Un compañero *mateo* de su equipo de trabajo, le indicó a usted que el mejor software a ocupar para esta simulación es Arena, el cual se puede conseguir con los auxiliares de la empresa en la que Ud. trabaja. Sin embargo, dado que la empresa tiene recursos limitados, sólo se podrá conseguir la versión estudiante, por lo cual la simulación se deberá llevar a cabo para períodos que se ajusten a los límites de dicha versión y luego extrapolarlos para períodos de tiempos más largos. Una estimación de su amigo dice que deberá simular una hora de la situación actual.

El alcalde sabe que para el verano la situación actual se modificará, debido a la experiencia que tiene en este tipo de estimaciones. El sabe que las tasas de llegada de autos familiares aumentará a  $\lambda_1 = 110$  autos/hora, que la de jóvenes dicharacheros aumentará a  $\mu_2 = 65$  autos/hora, que ambos tiempos de llegada se seguirán distribuyendo exponencialmente y que las demás condiciones del problema no cambiarán. El alcalde le indica además, que el sueldo de un cobrador de peajes es de \$200.000 al mes y que este puede trabajar a los más 8 horas diarias (del total de 24 horas). Es por esto, que el alcalde le pide que Ud. modele la situación inicial y posteriormente la nueva y entregue ideas para

percibir una mayor utilidad que la que se está recibiendo actualmente. Además, le exige que le entregue la combinación óptima de cobradores en cada plaza de peajes. Como punto final el alcalde le pregunta cuanto se estaría dispuesto a pagar (análisis para la nueva situación) por una capacitación a cobradores del peaje principal, que les permitiría a los mismos, un aumento del 30% en sus tasas de atención (si atendía 10 clientes por hora, atenderá 13 después de ser capacitado).

Su amigo *mateo*, sabe que en caso de modelar la nueva situación en Arena, esta vez, Ud. lo deberá hacer para periodos de media hora y que deberá extrapolar estos resultados para completar los datos de un día entero, debido a que en caso contrario Arena se cae.

Por último el alcalde le informa que habitualmente el período de verano dura alrededor de 1 mes. Además le comenta que ha escuchado que en otros países se preocupan de algo llamado “calidad de servicio” y esta interesado en aplicar dichas iniciativas en su balneario.

## **Instrucciones Generales**

- La tarea debe ser desarrollada en grupos de máximo y mínimo 2 personas .
- Se debe entregar un informe escrito, detallando los pedidos del alcalde, el método utilizado para su estudio, sus propuestas, el diseño del modelo y copias de los resultados de la simulación realizada.
- Dicha entrega se debe realizar en la Secretaría Docente del Departamento a más tardar a las 17:00 hrs. del día Viernes 25 de Junio. Cada día de atraso será penalizado con 1 punto menos en la nota final.
- La fecha de entrega no será modificada.
- Recuerden cuidar ortografía, redacción y presentación de los informes.

Dudas y consultas a [crberner@ing.uchile.cl](mailto:crberner@ing.uchile.cl)