



**Universidad de los Andes**

**Departamento de Ingeniería Industrial**

**Tarea 1 – IIND 4115 – Flujo en Redes**

Profesores: David Álvarez, Camilo Gómez

Instructores: Oscar Guaje, Jorge Huertas

**Fecha de entrega: jueves 27 de septiembre (en clase).**

### **Instrucciones y Reglas**

- El proyecto será realizado en grupos de 3 personas.
- La solución de cada uno de los problemas debe contener:
  - Breve descripción del problema (características, supuestos, etc.)
  - Formulación matemática rigurosa (conjuntos, parámetros, variables de decisión, función objetivo y restricciones)
  - **Síntesis de resultados y salidas en formato fácilmente entendible (tablas, gráficas, etc.).**
  - Conclusiones
  - Anexos (modelos debidamente documentados, ejecutables, datos de entrada y de salida y toda la información de soporte que sustente su trabajo).
- Los archivos anexos y una copia digital del reporte deben ser adjuntados en el link que estará habilitado en *sicuplus*
- La entrega debe hacerse en un **reporte ejecutivo de no más de 6 páginas**; toda información adicional que no corresponda al modelamiento debe ir en forma de anexo (tablas grandes, pseudo-código, etc.).
- El reporte escrito **debe ser auto-contenido, conciso y preciso (se penaliza todo relleno)**.
- El reporte deberá entregarse impreso (a doble cara) en la fecha especificada.
- En el reporte se debe indicar cuál de los integrantes del grupo sube los archivos de soporte al link de *sicuplus*.
- La calificación del reporte se verá afectada si en éste no se demuestra una comprensión clara del problema que resuelve, si no es claro, si está en desorden o si los archivos anexos no funcionan correctamente.
- Cualquier sospecha de fraude académico será manejado de acuerdo al reglamento de la universidad.

## Parte 1 (50 puntos): Marguerite Shuttle

Marguerite es un servicio de autobuses para el transporte de estudiantes, profesores, personal administrativo y público general, en la Universidad de Stanford, en California, EE.UU. Actualmente el sistema opera 21 rutas que cubren estaciones a lo largo del campus, así como centros de interés en las cercanías del campus. La Figura 1 muestra el mapa de los servicios y estaciones del sistema actualmente.

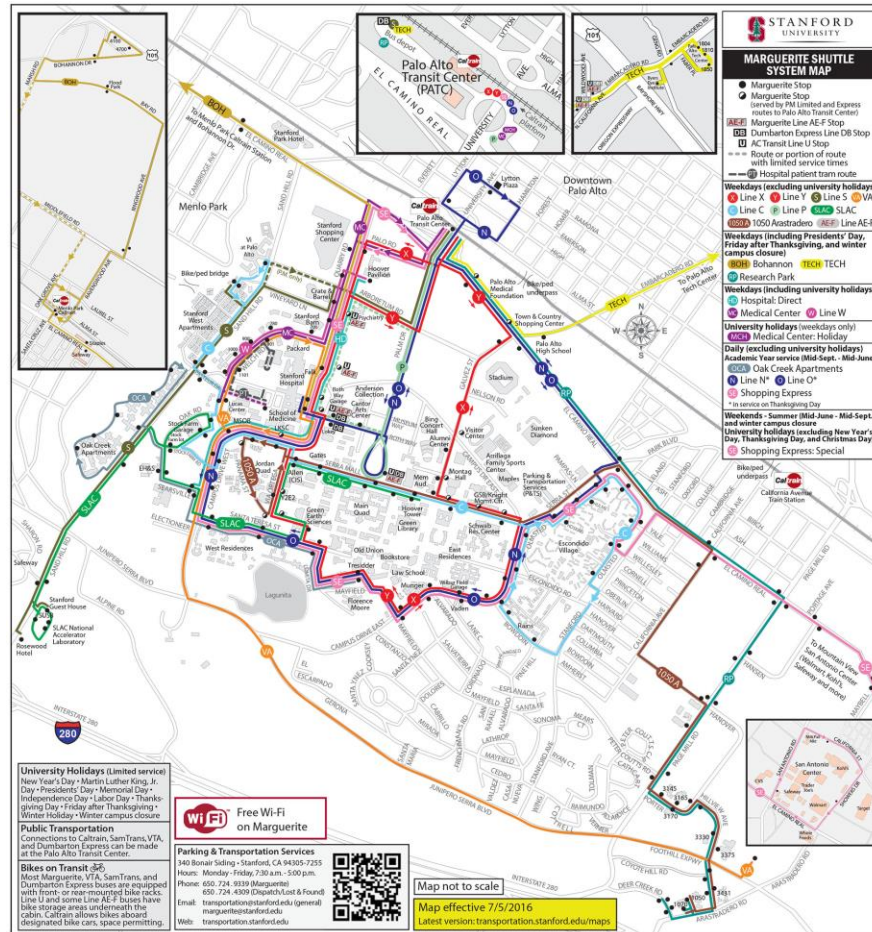


Figura 1: Mapa de Stanford, CA.  
Fuente: <https://transportation.stanford.edu/>

Dado que los principales usuarios del sistema son los estudiantes de la Universidad, la administración del sistema de transporte de Stanford está interesada en realizar un diagnóstico de la operación del sistema en particular para los días laborales en horas de la mañana, períodos en los que se moviliza la mayor cantidad de usuarios. Para esto, usted cuenta con la programación de los autobuses de 8 de las rutas que operan durante los períodos de interés. La Tabla 1 contiene un fragmento de la información disponible para la ruta **W**, que consiste en los tiempos en los que el bus se detiene en cada una de las estaciones de su trayecto. La información relacionada con el resto de las rutas se encuentra en el archivo adjunto 'Marguerite\_data.xlsx'.

Hoover Pavilion Garage	Stanford Barn (700 Welch Rd)	780 Welch Rd	1000 Welch Rd	Hoover Pavilion Garage
06:30 a. m.	06:34 a. m.	06:35 a. m.	06:36 a. m.	06:45 a. m.
06:45 a. m.	06:49 a. m.	06:50 a. m.	06:51 a. m.	07:00 a. m.
07:00 a. m.	07:04 a. m.	07:05 a. m.	07:06 a. m.	07:15 a. m.
07:15 a. m.	07:19 a. m.	07:20 a. m.	07:21 a. m.	07:30 a. m.
:	:	:	:	:
08:30 a. m.	08:34 a. m.	08:35 a. m.	08:36 a. m.	08:45 a. m.
08:45 a. m.	08:49 a. m.	08:50 a. m.	08:51 a. m.	09:00 a. m.
09:00 a. m.	09:04 a. m.	09:05 a. m.	09:06 a. m.	-

Tabla 1: Cronograma de la ruta W (ejemplo)

El propósito del estudio de diagnóstico es poder realizar recomendaciones a los usuarios del sistema sobre la ruta más rápida que pueden tomar para desplazarse de una estación a otra. Debido a que una ruta no realiza paradas en todas las estaciones del sistema, es posible que un usuario deba realizar uno o más transbordos para llegar a su destino, y dado que este servicio se ofrece de forma gratuita, realizar un transbordo no conlleva una molestia para los usuarios. Sin embargo, debe tener en cuenta que **para realizar un transbordo el usuario debe llegar a la estación por lo menos un minuto antes de que el autobús que va a abordar llegue a la estación.**

Use sus conocimientos de flujo en redes y optimización para resolver este problema. Tenga en cuenta que la estación de origen, la hora de arribo a dicha estación, y la estación de destino son parámetros de entrada en su solución. La salida respectiva es el(los) servicio(s) que se debe(n) tomar para ir a la hora dada por parámetro desde la estación de origen hasta la de destino especificadas y la hora de llegada a la estación de destino. Para esto, usted deberá:

- (15 puntos)** Plantear el problema como una red identificando claramente sus componentes. Muestre gráficamente algunos fragmentos de la red que permitan entender su modelaje. Explique claramente qué representa cada nodo y cada arco dentro de su modelaje.
- (15 puntos)** Formular y resolver el problema de programación lineal con estructura de redes identificando claramente conjuntos, parámetros, variables de decisión y función objetivo. Sea riguroso en la formulación matemática. Utilice archivos de entrada y de salida para resolver el problema.

- c) **(10 puntos)** Encuentre el(los) servicio(o) necesario(s) para los siguientes escenarios. Presente sus resultados de forma entendible y en un formato amigable.

Escenario	Estación origen	Hora de salida	Estación destino
1	Main Quad (Campus Oval Side)	7:03 a.m.	Palo Alto Transit Center
2	Oak Creek Apartments	7:25 a.m.	Campus Dr
3	Y2E2 (Via Ortega)	8:50 a.m.	1000 Welch Rd
4	Palo Alto Transit Center	9:01 a.m.	Oak Creek Apartments
5	3170 Porter Dr	9:10 a.m.	3475 Deer Creek Rd

*Tabla 2: Escenarios a evaluar*

- d) **(10 puntos)** Además, la administración del sistema desea evaluar su viabilidad como mecanismo de evacuación en caso de emergencia, por lo que desea saber cuántas personas se pueden evacuar desde la estación de Main Quad (Memorial Church) hasta la estación Palo Alto Transit Center entre las 7:00 a.m. y las 8:00 a.m. (i.e., deben llegar a Palo Alto Transit Center antes de las 8:00 a.m.). Tenga en cuenta que los buses de Marguerite tienen una capacidad de 70 pasajeros ¿Cómo cambia su modelaje? Sea claro en los cambios que hay que hacer ¿Cuánta gente puede desplazarse entre las estaciones mencionadas en el intervalo de tiempo especificado?

## **Parte 2 (40 puntos): MOPTA 2018**

La competencia MOPTA-AIMMS se lleva a cabo anualmente en el marco de la conferencia MOPTA con el auspicio de la compañía AIMMS, y tiene como propósito retar a estudiantes de investigación de operaciones en todo el mundo con problemas de optimización aplicada. El Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes ha sido cuatro veces campeón en dicha competencia, lo cual ha contribuido al desarrollo de una cultura de excelencia alrededor de este tipo de concursos.

Esta parte del proyecto consiste en abordar el problema planteado en la última versión del concurso desde las técnicas propias del curso. Como material anexo, encontrarán el enunciado del proyecto y los archivos de datos correspondientes.

Para este punto, deberán plantear modelos de forma creativa, buscando reducir el problema (o partes del mismo) a problemas de Flujo en Redes. Por ejemplo, es válido dividir el problema en dos o más etapas, de tal forma que una o más de éstas puedan ser abordadas como problemas de redes. De igual forma, es posible usar un modelo de redes aplicado a una reducción o simplificación del problema completo, permitiendo producir rápidamente soluciones iniciales factibles (aún si éstas NO son soluciones óptimas del problema completo). Se espera que planteen, implementen y analicen los resultados de un modelo de redes que ataque (partes de) el problema a resolver.

- Para los modelos de redes es necesario describir explícitamente qué se modela en nodos y arcos, y cómo se construye el grafo a partir de la información original del problema (qué arcos se descartan como infactibles, etc.); tenga en cuenta que un modelo de redes no necesariamente responde a una red física, sino que permite modelar procesos o entidades abstractas que deben estar claras en el reporte.

- Es importante que expliquen explícitamente (si aplica) cómo se divide el problema, y cómo contribuyen los modelos de redes al problema completo (i.e., qué módulos hay, cómo se articulan algorítmicamente, qué entradas y salidas comparten, etc.); tenga en cuenta que problemas como el de asignación, transporte, o circulación son casos particulares de modelos de redes, por lo que están permitidos.
- Concluya sobre las ventajas y desventajas del uso de modelos de redes para este problema: qué restricciones resulta valioso encapsular en la estructura del grafo; qué condiciones del problema complican un modelo de redes; qué ganancia computacional se obtiene respecto al uso de optimización combinatoria (e.g., MIP), etc.

### **Parte 3 (10 puntos): Revisión de literatura**

---

Lea el artículo de Anderson *et al.* (2015). Realice un resumen del problema presentado. Describa detalladamente los modelos en redes presentados en el artículo.

Lea el artículo de Carresi *et al.* (1984). Realice un resumen del problema presentado. Describa detalladamente los modelos en redes presentados en el artículo.

### **Referencias**

Anderson, R., Ashlagi, I., Gamarnik, D., & Roth, A. E. (2015). Finding long chains in kidney exchange using the traveling salesman problem. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 112(3): 663–668.

Carraraesi, P., Gallo, G. (1984). Network models for vehicle and crew scheduling. *European Journal of Operational Research*. 16(2): 39-151.