

## PROYECTO OPTIMIZACIÓN 2022-1

### Resolución de problema real de optimización

Profesores:

R. Cuadrado, J. González, G. Méndez, S. Vasquez y F. Verastegui.

## Descripción general del proyecto

Este documento describe el proyecto semestral del curso ICS1113 cuyo objetivo es entrenar al alumno en un proceso real de toma de decisión apoyado por técnicas de optimización y herramientas de software. Este proyecto deberá ser ejecutado en grupos de mínimo cinco y máximo seis alumnos, donde los integrantes de cada grupo pueden pertenecer a diferentes secciones del curso. Cada grupo debe buscar y seleccionar un problema atractivo relacionado con el desafío de este semestre. Este problema debe ser planteado, modelado analíticamente y resuelto mediante software de optimización (interfaz Python + Gurobi). Además, la solución obtenida debe ser analizada y validada. También, este proyecto busca fortalecer las habilidades de comunicación oral y escrita de cada alumno, por lo que el grupo deberá presentar reportes técnicos concisos y realizar una video-presentación final ejecutiva de su proyecto.

## Desafío de este semestre

Este semestre el desafío será diseñar un modelo de optimización y su respectiva herramienta computacional que ayude a planificar decisiones en nuestra sociedad. En particular, el grupo podrá escoger entre dos temas:

### I. Desarrollo Sostenible

El cambio climático es una amenaza inminente en la década actual. Las Naciones Unidas han acordado que a modo de tener alguna chance de poder sobrellevar este fenómeno, la temperatura global no debe elevarse a más de 1.5 grados centígrados y por tanto, se deben repensar nuestros modelos de desarrollo y ajustarse para cumplir este requisito.

El desafío consiste en diseñar un modelo matemático implementado computacionalmente que ayude a optimizar el uso de recursos, tanto materiales como energéticos en sus diversos usos. Algunos ejemplos de potenciales proyectos son:

- Desechos Industriales: Optimizar la gestión de recursos y disminuir la cantidad de residuos generados.
- Uso energético: Reducir la demanda energética optimizando el uso energético en algún sector de producción.
- Generación de energía: Optimizar procesos de generación energética renovable a modo de que sean más eficientes, por ejemplo, el posicionamiento de los paneles solares a modo de tener mayor cobertura durante el día, el posicionamiento de generadores eólicos a modo de operar más tiempo, etc.

- Extracción de recursos naturales: Optimizar la extracción de recursos naturales a modo de que sea más eficiente. Es decir, se pueda extraer lo mismo pero dañando una menor parte del ecosistema.
- Disposición de desechos: Optimizar la forma en que se desechan los residuos, ya sea a nivel industrial como hogar, por ejemplo, optimizando el alcance de compostaje, reciclaje o reutilización a modo de tener mejor accesibilidad y capacidad.

## II. Seguridad Vial

Según la OMS, cada año mueren 1,3 millones de personas a causa de accidentes de tránsito, lo cual le cuesta a la mayoría de los países el 3% de su PIB y representa la principal causa de mortalidad entre los niños y jóvenes de 5 a 29 años. Además, la Asamblea General de las Naciones Unidas ha fijado la meta de reducir a la mitad, de aquí a 2030, el número de defunciones y lesiones causadas por accidentes de tránsito.

El desafío consiste en diseñar un modelo matemático implementado computacionalmente que ayude a optimizar la implementación de sistemas que mejoren la seguridad vial. Algunos ejemplos de potenciales proyectos son:

- Casetas de vigilancia: Se puede optimizar su distribución según el nivel de peligro que se presente en determinadas zonas.
- Postes de luz: Es más probable que ocurran asaltos o accidentes en las calles cuando no se tiene visibilidad. Por esto, se propone maximizar la iluminación en las vías. Para esto, es necesario distribuir de forma óptima los postes de luz. A esto se le puede agregar un sentido ecológico si se busca ocupar la menor cantidad de energía posible.
- Lomos de toro y vallas de disminución de velocidad: Se puede crear un sistema que optimice el posicionamiento físico de lomos de toro y de vallas de disminución de velocidad, con el fin de prevenir accidentes causados por exceso de velocidad.
- Controles de velocidad: Se puede formular un modelo que ayude a minimizar la cantidad de conductores que sobrepasan los límites de velocidad permitidos a partir de un correcto funcionamiento de los puntos de control y de un aumento de la cantidad de estos puntos.

No es necesario trabajar alguno de los problemas específicos dados como ejemplo. Son potenciales áreas de estudio y formas de abordar el proyecto. El grupo puede dedicarse a su problema específico si está dentro de lo exigido en este proyecto.

Este semestre el proyecto cuenta con el **sello IPCh** (Ingeniería Para Chile). Este es parte de un voluntariado que busca incorporar trabajos y proyectos de la Escuela con un fin social. **Se programarán algunas presentaciones de ponentes especialistas** que están enfrentando algunos de estos desafíos y que podrían ayudar a los grupos a inspirarse, seleccionar un tema y dirigir su búsqueda de información. Estas charlas se anunciarán con anticipación y se realizarán vía Zoom los Jueves a las 17:00 hrs.

## Condiciones al problema y modelo escogido

El modelo del problema que cada grupo escoja debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Ser suficientemente complejo como para que no resulte fácil resolverlo por intuición, inspección visual, en lapiz y papel o con gráficos.
2. El uso de variables y restricciones debe ser eficiente y compacto. El grupo se debe preocupar por no definir variables o restricciones redundantes, datos innecesarios o variables innecesariamente

integrales. Se espera que todo el modelo esté entrelazado y que no sea posible separarlo en dos o más modelos equivalentes de menor dimensión. Se recomienda consultar al ayudante a cargo de su grupo en caso de tener dudas con respecto a este punto.

3. No se permiten modelos enteros y no lineales a la vez. Los problemas enteros y no lineales son significativamente más difíciles, por eso el requerimiento. Tampoco se recomienda un uso excesivo de variables enteras, pues un modelo entero también es considerablemente más difícil que un modelo continuo.
4. El problema y modelo deben ser realistas. Si bien no se exige plantear un problema con datos reales, debe al menos ser ideado con supuestos realistas y justificables en los parámetros, restricciones y objetivos.
5. El grupo debe justificar **cuantitativamente** que su modelo puede generar valor (por ejemplo, dinero, justicia, ahorro de tiempo, bienestar social, sustentabilidad, mejor uso de recursos, etc.). Una forma de hacer esto es comparar la propuesta de planificación optimizada contra la toma de decisiones que estaría haciendo la organización actualmente.
6. Se premiará a aquellos proyectos cuyos modelos tengan un grado de **creatividad**. En este sentido, plantear un problema estándar de libro o visto en clases, no cumple con los objetivos. Problemáticas trabajadas por más de un grupo es un signo de un proyecto poco creativo.
7. Se premiará a aquellos proyectos que **usen datos reales** o que su problema sea fruto de **colaborar con una organización real**.

## Pasos en el proyecto

En el desarrollo del proyecto el grupo deberá seguir los siguientes pasos:

- a) Seleccionar un problema adecuado: Se debe contextualizar el problema, definirlo a grueso modo y discutir por qué es valioso resolverlo. Discutir brevemente los datos requeridos: ¿Cómo obtendría o simularía la información relevante?
- b) Describirlo en palabras: explicar con detalle el problema, las decisiones involucradas, el objetivo que persigue y todas sus restricciones asociadas.
- c) Modelar el problema: formular matemáticamente el modelo de optimización, indicando claramente lo que significa cada elemento. Debe estar definido de forma algebraica y ser agnóstico a datos particulares.
- d) Definir una (o más de una) instancia de datos, es decir, conjuntos de valores de los parámetros correspondientes a un escenario específico del problema que hayan elegido.
- e) Resolver una instancia usando la interfaz Python-Gurobi: explicar su código, entregar respaldo de la codificación del problema y presentar un resumen de los resultados obtenidos.
- f) Validar el resultado: deben verificar que los resultados obtenidos son consistentes con lo esperado y justificar que la solución tiene sentido para resolver la problemática real sobre la cual fue diseñada.
- g) Hacer análisis de sensibilidad postoptimal: analizar qué sucede al realizar modificaciones sobre parámetros relevantes. Por ejemplo, cambios en recursos de restricciones, costos en la función objetivo, inclusión de nuevas restricciones, entre otros. Esto depende, por supuesto, del contexto. Se espera que realicen, a través de esto, un análisis crítico de sus resultados y deduzcan lecciones sobre el comportamiento de su modelo frente a cambios potenciales del escenario.

- h) Valorar cuantitativamente el potencial que proporcionaría su solución al ser implementada en la organización escogida. Por ejemplo: ahorro de costos, aumento de ventas, reducción de tiempos, aumento de clientes atendidos, ahorro de tiempo en planificadores de solución, etc. Este punto está fuertemente ligado con la función objetivo escogida.

## Aspecto administrativos

### Grupos

El trabajo será realizado en grupos. Es responsabilidad de cada grupo:

- Formarse.
- Coordinar reuniones grupales y mantener un trabajo adecuado a lo largo del semestre. Esto incluye establecer liderazgos necesarios dentro del grupo, planificar el trabajo, agendar reuniones, repartir y asignar responsabilidades entre los integrantes del grupo y resolver conflictos internos.
- Mantener buenas relaciones de trabajo entre los integrantes del grupo.
- Redistribuir y mantener el trabajo en caso de perder a integrantes del grupo debido a un abandono del curso. En casos críticos (múltiples abandonos) el equipo docente podría reasignar grupos que hayan quedado muy disminuidos, pero **no hay garantía de que esto suceda**.

### Entregas

Los grupos deberán realizar las siguientes tres entregas de acuerdo a lo que se especifica, como máximo en las fechas indicadas. Estas fechas de entrega son imposterables, deben desde ya comenzar a trabajar y organizarse para cumplirlas. Se penalizará entregas atrasadas.

#### Entrega 1: Miércoles 20 de abril

Consiste en un informe que describa en detalle el problema elegido y el modelo, es decir, las etapas a, b y c. Deberá indicar las referencias apropiadas si corresponde. El archivo PDF del informe debe ser subido al cuestionario respectivo en la Web del curso, a más tardar ese mismo día. El objetivo de este informe es que los ayudantes puedan evaluar el problema escogido, su modelo y entregarles un feedback apropiado para la siguiente entrega. Si el proyecto propuesto por el grupo no cumple, o cumple pobremente, las condiciones discutidas, entonces el corrector **rechazará el proyecto**. Esto implica que el problema, el modelo o ambos deberán ser reformulados para la segunda entrega. En este caso la entrega 1 tendrá nota 3,5 como máximo.

#### Entrega 2: Viernes 20 de mayo

Corresponde a un segundo informe que cubre los puntos a, b, c, d, e y f. El objetivo es corregir el informe anterior en base a la retroalimentación recibida e incluir los puntos adicionales. Después de esta entrega no hay posibilidad de alterar la idea general del proyecto. El archivo PDF del informe, así como los archivos computacionales utilizados con su modelo, deben ser subidos (comprimidos) al cuestionario respectivo en la Web del curso, a más tardar ese mismo día.

Para aquellos grupos con reportes rechazados en la entrega 1, deberán realizar una presentación oral de 10 minutos al equipo docente (en un horario por determinar), **pudiendo su proyecto ser rechazado nuevamente**. En este caso la entrega 2 tendrá nota 3,5 como máximo.

### Entrega 3: Viernes 17 de junio

Esta entrega consiste en el informe completo, es decir, hasta el punto h. A su reporte debe adjuntar los archivos fuente del código y subirlos al cuestionario respectivo en la Web del curso, a más tardar ese mismo día.

### Presentación Final

Corresponde a realizar una presentación final efectiva y resumida que contenga la información de su proyecto. Debe incluir motivación y definición del problema, modelación del problema, estimación de datos, solución y análisis más relevante (análisis de sensibilidad), valoración de su solución y conclusiones. El grupo debe escoger a uno de sus integrantes como el encargado de presentar. Se espera que todos los integrantes del grupo asistan a la presentación salvo situaciones excepcionales las cuales deben ser aprobadas por su profesor. Cualquier alumno del grupo deberá estar preparado para responder las preguntas que les hagan profesores o ayudantes. El archivo de presentación a utilizar deberá ser enviado antes de la presentación, en plazos y formatos a informar. La asistencia a la presentación final es de carácter obligatorio para todos los integrantes. Una inasistencia de cualquier integrante del grupo debe ser conversada y aprobada por el profesor a cargo antes de la presentación. De no ser así, el alumno tendrá la nota mínima en la presentación (no así su grupo). Se darán más detalles (de formato y dinámica de presentación, por ejemplo) en el momento oportuno.

### Sobre el formato de los reportes

En cuanto a las entregas, se exige un nivel profesional en cuanto a presentación, estructura, redacción, ortografía, etc. Debe estar justificado, letra Arial tamaño 12 (para word), interlineado 1,5 y ajustarse al formato de la portada que será publicado en la Web del curso. Se exige utilizar un editor de ecuaciones (no escribir ecuaciones como texto). Se recomienda utilizar  $\text{\LaTeX}$  para sus reportes, pues facilita escribir modelos matemáticos. Se subirá una portada para  $\text{\LaTeX}$  en la web del curso con la letra e interlineado que se deben ocupar. Los informes que no cumplan con estas normas de presentación serán penalizados. Los datos, resultados de sensibilidad y recomendaciones entregadas por la solución propuesta deberán ser presentados de forma resumida y comprensible.

### Calificación:

- Entrega 1: Corresponde al 15 % de la nota final del proyecto.
- Entrega 2: Corresponde al 35 % de la nota final del proyecto.
- Entrega 3: Corresponde al 30 % de la nota final del proyecto.
- Presentación final : Corresponde al 20 % de la nota final del proyecto.

Después de cada entrega, se realizará una evaluación entre los integrantes de cada grupo, a través de un medio que será informado de forma oportuna. Cada integrante asignará como máximo 5 puntos a cada uno de sus compañeros (sin incluirse a sí mismo), de modo que se calculará un ponderador por integrante para cada entrega como sigue:

$$P = \text{Puntos otorgados por compañeros} / (5 \times (\text{Cantidad Integrantes} - 1))$$

Notar que este ponderador va entre 0 y 1, por lo que corresponde a un castigo. Nadie subirá su nota con el ponderador. Además, si uno o más integrantes no responden la evaluación de pares, se asumirá que reparten 5 puntos a cada uno de sus compañeros. La nota final del proyecto (NP) será:

$$NP = 0,15 \times P_1 \times E_1 + 0,35 \times P_2 \times E_2 + 0,30 \times P_3 \times E_3 + 0,2 \times P_4 \times E_4,$$

donde  $P_i$  es el ponderador de cada entrega e  $E_i$  es la nota de cada entrega para  $i = 1, 2, 3, 4$  siendo  $E_4$  la presentación final.

## Apoyo de Ayudantes

A cada grupo se le asignará un ayudante para consultas específicas y guía en el desarrollo del proyecto. La información de contacto del ayudante será entregada de forma oportuna. **Será requisito para aprobar el curso tener mínimo una reunión con el ayudante asignado antes de la Entrega 2.** Es su responsabilidad contactar al ayudante y agendar la reunión. La ayudante coordinadora del proyecto es Javiera Gebhardt. Consultas relativas al proyecto deberán hacerse en primera instancia a su ayudante asignado y en segunda instancia a Javiera ([javieragr@uc.cl](mailto:javieragr@uc.cl)).

## Talleres

Se entregará material y realizarán talleres computacionales de Python-Gurobi con previo aviso.