



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Optimización Para Ingeniería

Docente: Cristian Guarnizo Lemus

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*



Alcaldía de Medellín



Contenido

1. Que es la optimización y como la usamos?
2. Ejemplos de problemas de optimización – básicos.
3. Clasificación y problemas de la optimización.

Definición: Optimización Numérica

Optimización (en el día a día):

Mejora de una buena solución por intuición, fuerza bruta o basada en decisiones heurísticas.

Optimización Numérica (Matemática):

Encontrar la mejor solución posible usando una formulación matemática del problema y un método de solución numérica riguroso/heurístico.

A menudo el termino **programación matemática** se emplea como una alternativa a la optimización numérica. Esta expresión data mucho antes que los computadores. El termino *programming* se refería a la solución del planeamiento de problemas (planning problems).

Formulación de Problema de Optimización

La formulación general de problemas de optimización consiste de:

- Las **variables** (también llamadas variables de decisión, grados de libertad, parámetros, ...)
- Un **modelo matemático** para describir el sistema a ser optimizado.
- **Restricciones adicionales** sobre la solución optima, incluyendo limites de las variables.

La función objetivo puede ser **minimizada** o **maximizada**.

Formulación de Problema de Optimización

- La función objetivo describe una medición económica (costos de operación, costos de inversión, beneficio, etc.), o tecnológica, o ...
- El modelado matemático de los resultados del sistema en modelos a ser agregados en el problema de optimización como **restricciones de igualdad**.
- Un **modelo matemático** para describir el sistema a ser optimizado.
- Las **restricciones adicionales** (mayoritariamente desigualdades lineales) resultan, por ejemplo de:
 - Limitaciones específicas del equipo o la planta (capacidad, presión, etc.)
 - Limitaciones del material (límite de explosión, punto de ebullición, etc.)
 - Requerimientos del producto (calidad, etc.)
 - Recursos (disponibilidad, calidad, etc.)

Solución a problemas de Optimización

Que define una solución de un problema de optimización?

- Aquellos valores de las **variables influenciadoras** (variables de decisión o grados de libertad) son buscados, de tal manera que maximicen o minimicen una función objetivo.
- Los valores de los grados de libertad deben **satisfacer** el **modelo matemático** y **todas sus restricciones adicionales** como, por ejemplo, limitaciones en recursos o físicas al valor del óptimo.
- Típicamente la solución es un **compromiso** entre los **efectos opuestos**. En el diseño de procesos, por ejemplo, costos de inversiones pueden ser reducidos mientras se incrementa el costos de operación (y viceversa).

Aplicaciones de la Optimización

La optimización es usada ampliamente en ciencia e ingeniería, y en particular en procesos y sistemas de energía.

- **Decisiones de negocios** (determinación de un portafolio de productos, selección de la ubicación de sitios de producción, análisis de inversiones competidoras, etc.)
- **Decisiones de diseño: Procesos, planta y equipamiento** (estructura de un proceso o planta de conversión de energía, puntos favorables de operación, selección y dimensiones del equipo principal, modos de operación de un proceso, etc.)
- **Decisiones operacionales** (ajustes del punto de operación ante variaciones de condiciones ambientales, planeamiento de la producción, control para la mitigación de perturbaciones y seguimiento del set-point, etc.)
- **Identificación del modelo** (estimación de parámetros, diseño de experimentos, selección del modelo, etc.)



Contenido

1. Que es la optimización y como la usamos?
2. Ejemplos de problemas de optimización – básicos.
3. Clasificación y problemas de la optimización.

Ejemplos cortos

- Ingeniería: **diseño y operación.**
- Investigación de operaciones: ejemplo **aerolíneas**
 - Como **gestionar rutas**: resulta en **problemas lineales inmensos (LPs)**.
 - Como asignar el valor de un ticket aéreo?
 - Debería la aerolínea siempre buscar tener sus aviones llenos?
 - Se debe considerar la incertidumbre, típicamente como una **formulación estocástica**.
- **Navegación de sistemas**: Como ir desde A hasta B en el tiempo mas corto (o la distancia mas corta, consumo mas bajo de combustible o ...)
- **Exitosos procesos naturales** que no usan métodos numéricos
 - Evolución de las especies.
 - Comportamiento de los animales.
 - Procesos de equilibrio en la naturaleza, maximizar la generación de entropía.

Ejemplos cortos

- Ingeniería: **diseño y operación.**
- Investigación de operaciones: ejemplo **aerolíneas**
 - Como **gestionar rutas**: resulta en **problemas lineales inmensos (LPs)**.
 - Como asignar el valor de un tiquete aéreo?
 - Debería la aerolínea siempre buscar tener sus aviones llenos?
 - Se debe considerar la incertidumbre, típicamente como una **formulación estocástica**.
- **Navegación de sistemas**: Como ir desde A hasta B en el tiempo mas corto (o la distancia mas corta, consumo mas bajo de combustible o ...)
- **Exitosos procesos naturales** que no usan métodos numéricos
 - Evolución de las especies.
 - Comportamiento de los animales.
 - Procesos de equilibrio en la naturaleza, maximizar la generación de entropía.

Chequeo

- Que constituye un problema de optimización?
- Que problemas típicos se encuentran?
- Por que típicamente buscamos un compromiso en la optimización?
- Cual es la diferencia entre un programa no-lineal, problema de control optimo, y un programa estocástico?

Optimización Binivel en pregrado

max great papers

Constraints:

- # nervous breakdowns < OSHA limit
- sponsors happy



Variables:

- Pressure
Where are my paperz?
- Encouragement
Occasional free beer and food

max slack

max social impact

min graduation time

max papers



Constraints:

- sleep > 4hrs
- pay rent
- keep funding



Variables:

- work load
- free lunch schemes
- seem busy schemes



Contenido

1. Que es la optimización y como la usamos?
2. Ejemplos de problemas de optimización – básicos.
3. Clasificación y problemas de la optimización.

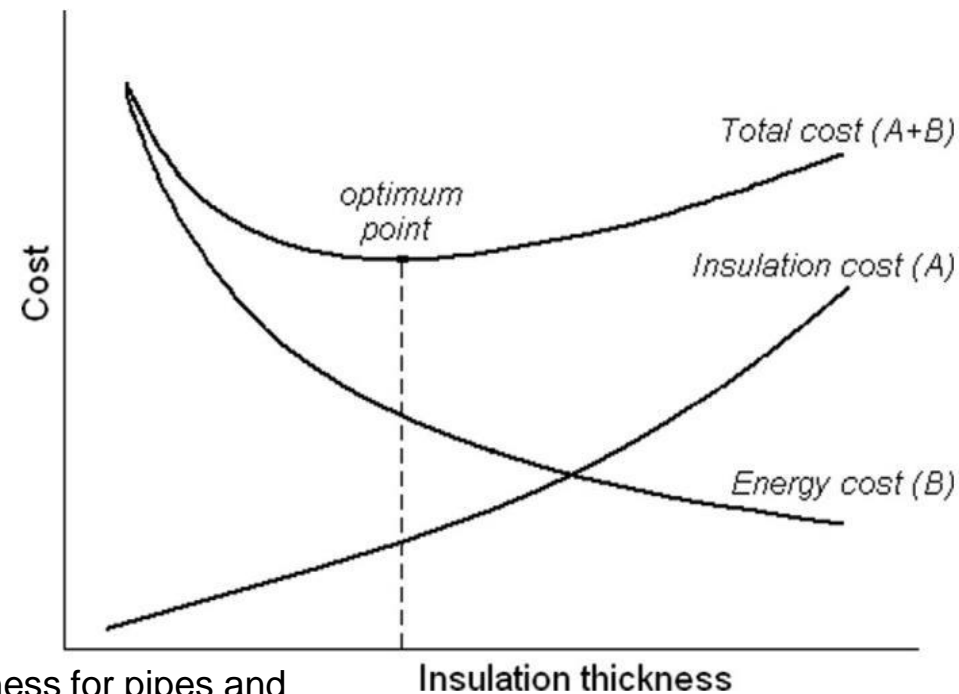
Ejemplos: diseño de una tubería

- Un fluido de temperatura de 600°C fluye a través de una tubería.
- Las pérdidas de calor en la superficie debe ser balanceados por calentamiento adicional.
- Los costos de calentamiento (**costos operacionales**) son proporcionales a la pérdida de calor, que puede ser reducida por la instalación o aislamiento (**costos de inversión**).

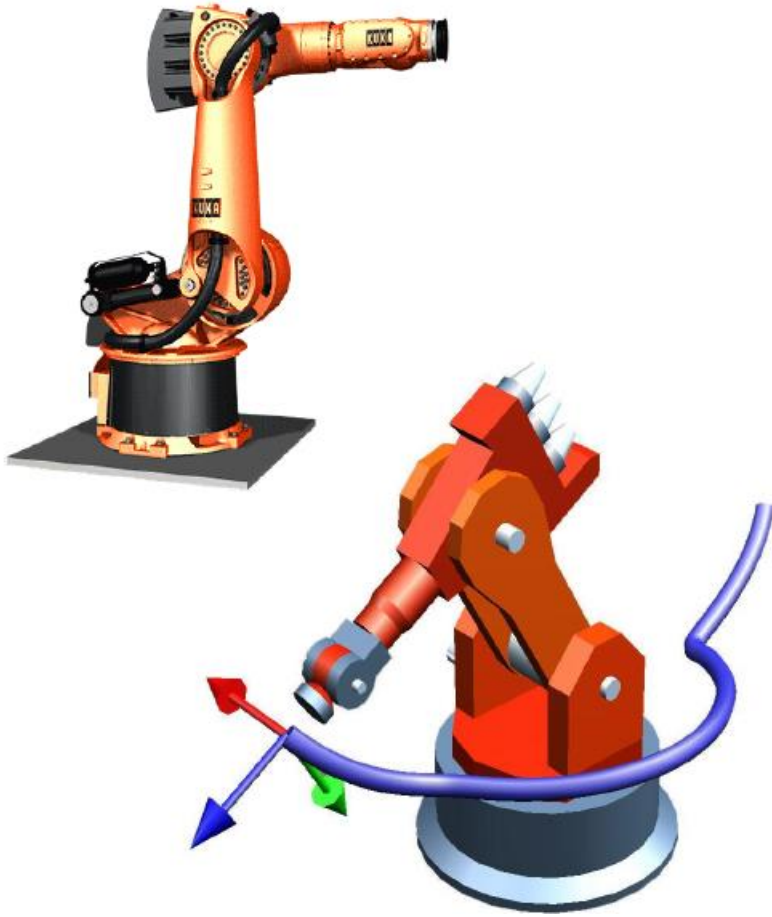


Ejemplos: diseño de una tubería

- El objetivo es determinar el mejor compromiso entre el costos del calentamiento adicional y el costo del aislamiento adicional.
- La función objetivo corresponde al **costo total (anualizado)**.
- El grado de libertad es el **grosor o espesor del aislamiento**.



Ejemplo: Planeamiento optimo del movimiento de Robots



Tarea:

- Transporte y posicionamiento preciso de una pieza, por ejemplo durante el ensamblaje.

Objetivos:

- Tiempo de ciclo corto para producción, por ejemplo, minimización del tiempo de transporte a través del planeamiento del movimiento optimo.
- Posicionamiento correcto de un pieza durante ensamblaje.
- Sin coaliciones durante el movimiento.

Ejemplo: Optimización de la operación de Reactor

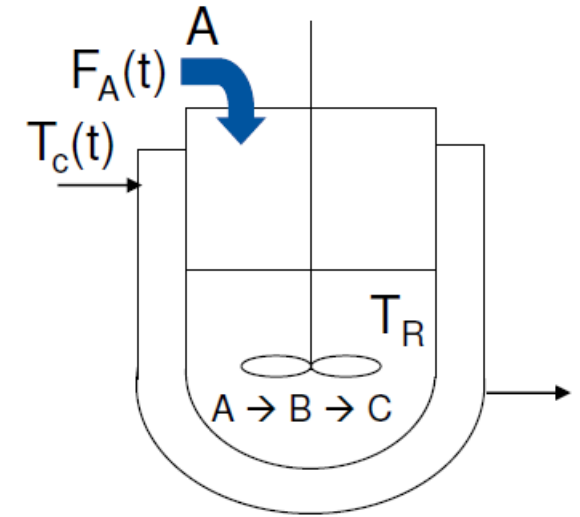
En un reactor, un producto B debe ser manufacturado de acuerdo a un esquema de reacción.



Donde C es un subproducto indeseable.

Problema de Optimización:

- La selectividad de la reacción puede ser maximizada sobre el lote por medio de la manipulación de **la dosis del reactivo A** y **la temperatura de la reacción**.
- Los grados de libertad son **funciones del tiempo**.
- Como en planeamiento del movimiento de un robot, este es un problema **planeamiento optima de la trayectoria**.

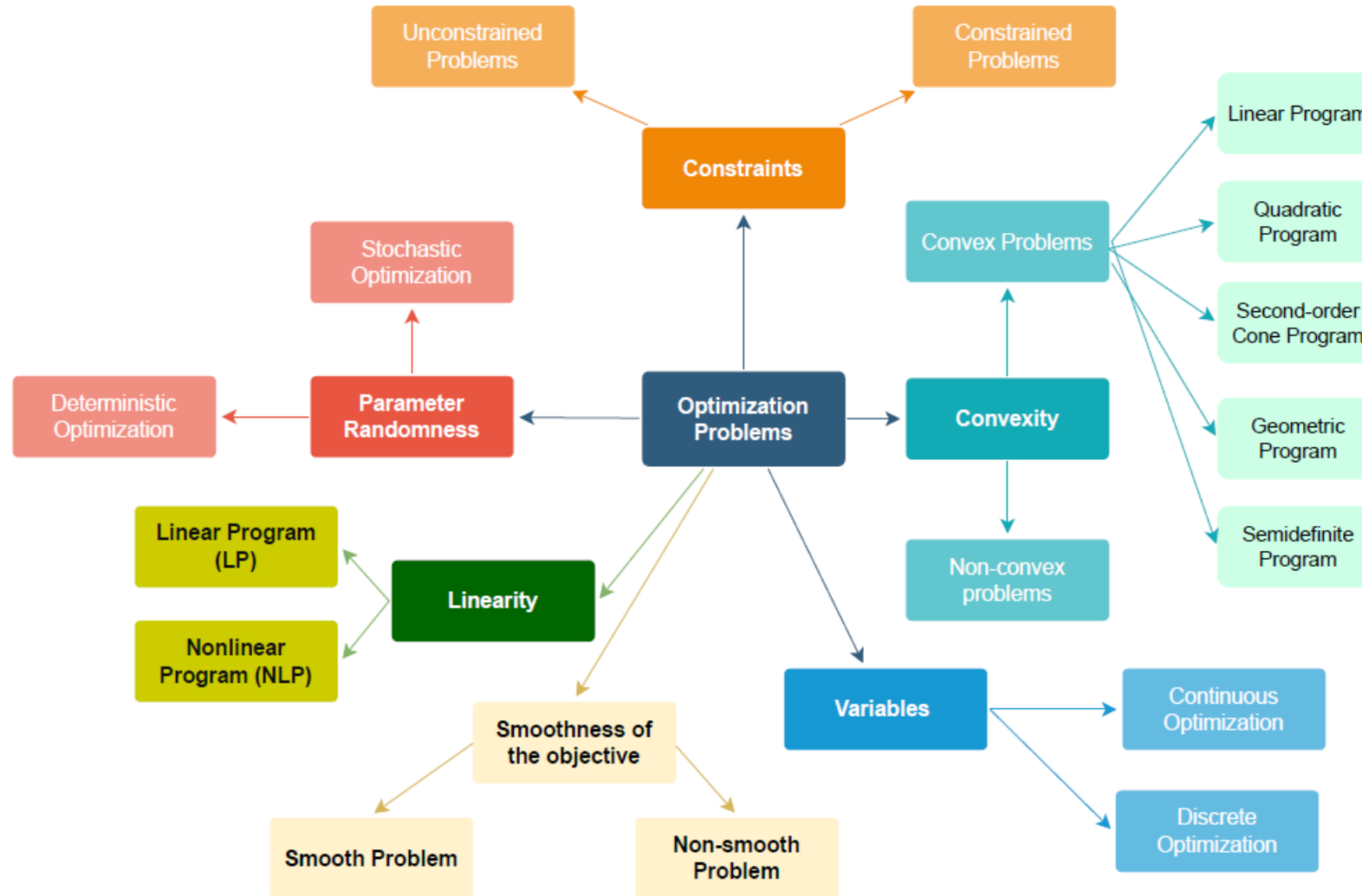




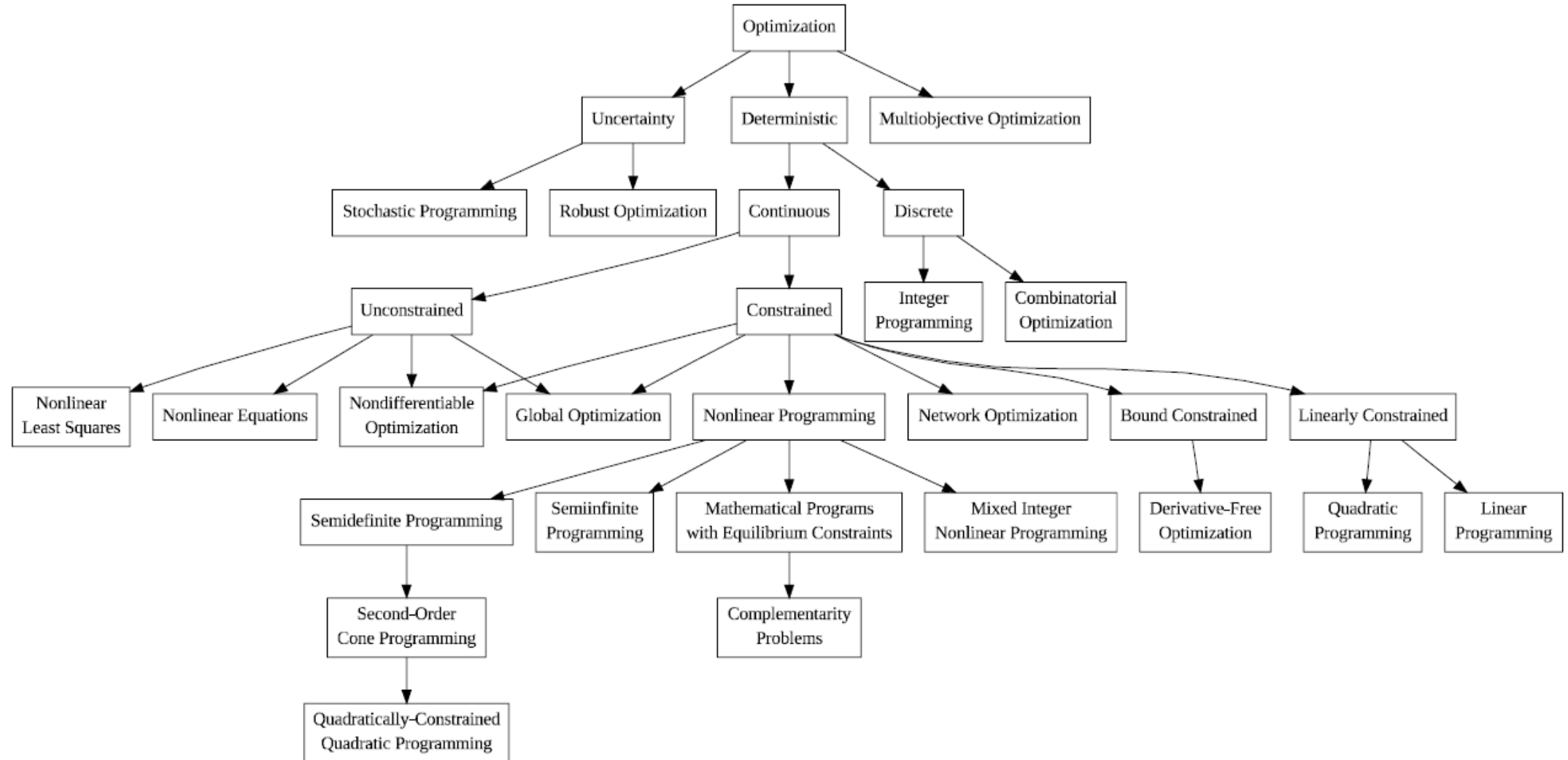
Contenido

1. Que es la optimización y como la usamos?
2. Ejemplos de problemas de optimización – básicos.
3. Clasificación y problemas de la optimización.

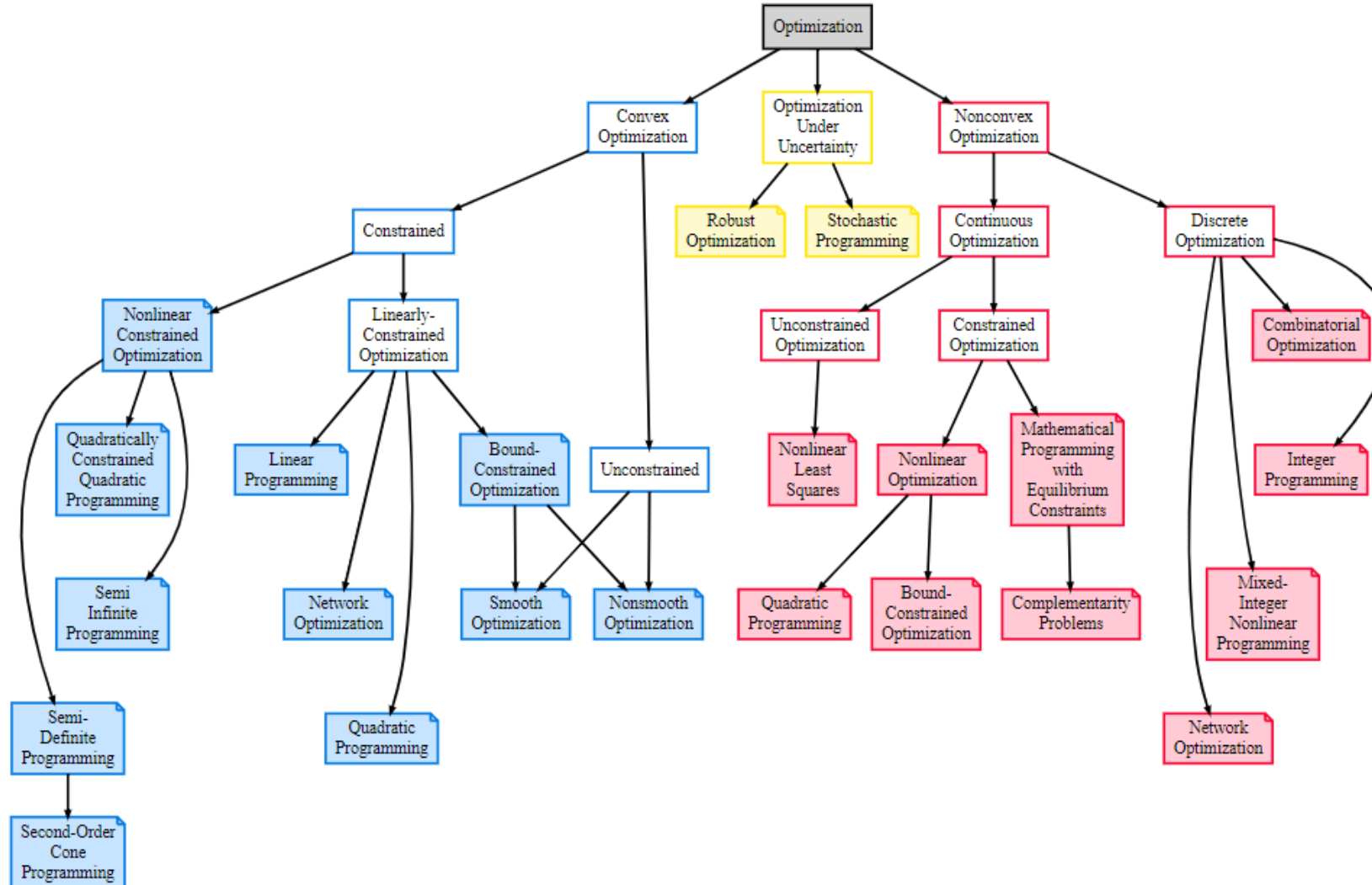
Clasificación



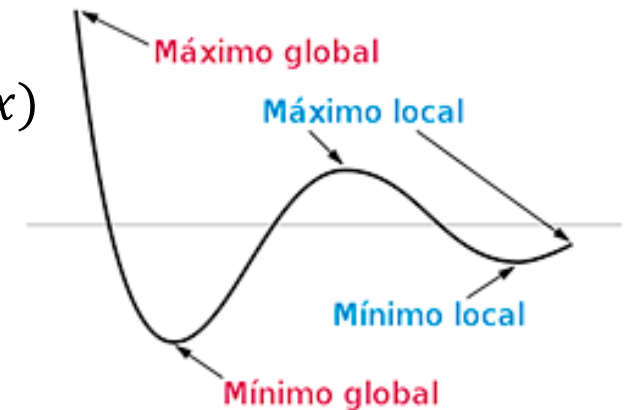
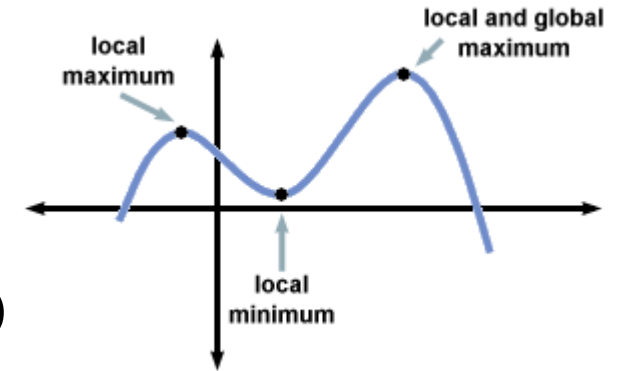
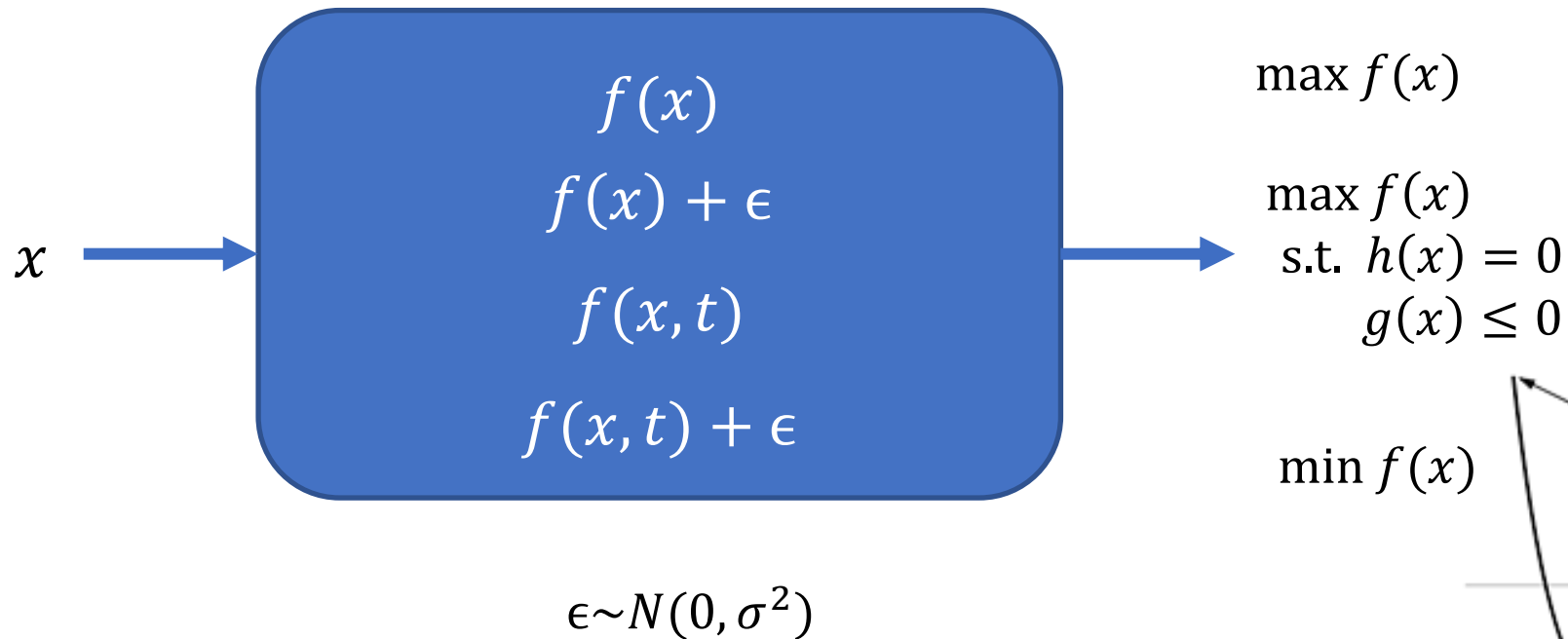
Clasificación



Clasificación



Definición problema de optimización



Clasificación

Se pueden clasificar de acuerdo al tipo de function objetivo, restricciones y variables, en particular

- **Linealidad del function objetivo y restricciones:**
 - Lineal (LP) versus no lineal (NLP)
 - NLP puede ser convexa o no-convexa, suave o no-suave.
- **Variables discreta y/o continua:**
 - Programas enteros (IP) y programas entero-mixtos (MIP, MILP y MINLP)
- **Dependientes del tiempo:**
 - Optimización dinámica o programas de control óptimo (DO o OCP)
- **Modelos y variables estocásticas o determinísticas:**
 - Programas estocásticos, optimización semi-infinita.
- **Uni o multi – objetivo, un solo nivel, múltiples niveles**

Terminología

Un **problema de optimización: formulación matemática** para determinar la mejor solución posible de todas las soluciones factibles. Típicamente contiene una o múltiples funciones objetivo(s), variables de decisión, restricciones de igualdad y/o de desigualdad.

Un **algoritmo** es un procedimiento para solucionar un problema basados en realizar un secuencia de acciones específicas. Los términos **algoritmo** y **método de solución** se usan comúnmente.

Un **solver** es la implementación de un algoritmo en un computador usando un lenguaje de programación. A menudo el término '**solver**' y '**software**' se usan para describir los mismo.

Formulación de un problema

1. Determine las **variables** y el **fenómeno de interés** a través de un sistema de análisis.
2. Defina el criterio de optimización: funciones objetivos y restricciones.
3. Formule un modelo matemático del sistema y los grados de libertad (numero y naturaleza).
4. Identifique la clase del problema (LP, QP, NLP, MINLP, OCP, etc).
5. Seleccione o desarrolle un **algoritmo** ajustado al problema.
6. Soluciones el problema usando un **solver** numérico.
7. Verifique la solución a través de un análisis de sensibilidad, entienda los resultados.

Evaluación

Eventos evaluativos	Ponderación (%)	Fecha
E/P - Conceptos básicos y Optimización sin restricciones.	20	Semana 4
E/P - Optimización lineal.	20	Semana 6
E/P - Optimización no-lineal y Entera Mixta.	20	Semana 9
E/P - Optimización Métodos modernos de optimización Bayesiana y Heurística.	20	Semana 13
E/P - Optimización dinámica y basada en Machine Learning.	20	Semana 16



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

¡Gracias!

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*



Alcaldía de Medellín