

## Segunda Entrega

### 1. Objetivo:

El alumno debe ser capaz de desarrollar un árbol de decisiones que represente el problema. Esto a partir de las decisiones que deben ser tomadas antes de la planificación de la cosecha.

Se espera que el alumno sea capaz de resolver el modelo planteado de una manera determinística, pero a su vez en donde se evalúan distintos escenarios.

### 2. Metodología para el desarrollo del proyecto:

En primera instancia, se debe elaborar un árbol de decisiones, a partir de la materia vista en clases.

El alumno deberá implementar el modelo matemático de planificación de la cosecha entregado, utilizando la herramienta Gurobi desde Python. El modelo entregado por parte del alumno debe ser escrito en Gurobi, para luego al correr el programa se pueda obtener la solución óptima.

Para ello deberán utilizar las instancias proporcionadas que contienen el siguiente formato:

**InstanciaCosechaNºreplicaNº.xlsx**

A su vez, se les proporcionará a los alumnos un archivo `rw_excel.py` el cual podrán utilizar haciendo uso de las tres funciones que este contiene:

1. `sets_list`
2. `param_dicc`
3. `wr_var`

Estas funciones les serán de mucha utilidad para definir las listas de las variables independientes del problema (Índices), para definir los diccionarios de los parámetros, y para finalmente la escritura de los resultados obtenidos en un archivo Excel.

### 3. Entregables:

Para la corrección del trabajo hecho por los alumnos, estos deberán hacer entrega de lo siguiente:

- a) **Árbol de decisión** que se entrega el día **Viernes 9 de Junio**
- b) **Reporte** que se entrega el día **Viernes 9 de Junio**, el cual debe contener:
  - 1) **Resumen:** breve resumen del trabajo, resultados obtenidos.
  - 2) **Introducción:** breve descripción de los objetivos y los problemas a abordar.
  - 3) **Metodología:** se debe explicar el trabajo realizado.
  - 4) **Análisis:** explicar y analizar los resultados obtenidos.
  - 5) **Conclusiones:** brevemente sintetizar el trabajo realizado y los resultados obtenidos.

- c)* **Codigo**
- d)* **Archivos Excel con respuestas**

#### 4. **Evaluación**

Para la evaluación de esta entrega, se considerará que el arbol de decisión sea correctamente elaborado, y a su vez la calidad del reporte, es decir, que tenga la información completa y que se haya logrado implementar el modelo en Gurobi de manera correcta. No es valido entregar resultados parciales, debe entregar la solución completa para todas las instancias que se le han entregado. De lo contrario, la nota del proyecto es automaticamente 1.

Debe entregar en formato pdf el arbol de decisión y el reporte. Por su parte, el codigo se entrega en formato .py y junto a este los archivos Excel que contienen las respuestas las instancias. Considerar la entrega de todo en formato .zip.

# Arbol de Decisión

Para la elaboración del arbol de decisiones, consideramos la situación previa a la que se ven enfrentados los agricultores. A diferencia del modelo matematico, aquí los agricultores deben decidir que es lo que se va a plantar. Por lo que a partir de la información proporcionada a continuación debe elaborar un arbol de decisiones de modo que los agricultores tomen la decisión más adecuada.

Usted como consultor debe escoger que producto se va a plantar para las proximas dos temporadas. En el mercado actualmente, hay alta demanda de dos productos: pimientos y tomates. El costo en la primera temporada para plantar pimientos es de 200 millones de pesos y de tomates es de 150 millones. Para la segunda temporada se consideran los siguientes escenarios posibles en relación al costo de los productos:

	Pimiento	Tomate	Probabilidad
Baja	180	120	0,4
Mantiene	200	150	0,4
Sube	300	220	0,2

Si usted decide que se debe plantar pimientos en las dos temporadas, se pueden vender por un total de 700 millones, si decide plantar tomates las dos temporadas, se pueden vender po 600 millones, mientras que si decide plantar una temporada cada producto, se pueden vender po 500.

Adicionalmente, se sabe que puede haber problemas con la plantación para la siguiente temporada si se cambia de producto. Esto sucede el 20% cuando se cambia de pimiento a tomate, y el 50% de las veces cuando se cambia de tomate a pimiento. En estos casos los productos pierden todos su valor.

Plantee y resuelva el arbol de decisines que permita determinar que producto se debe plantar en cada temporada de manera de maximizar el valor esperado de lso beneficios.

# Modelo Matemático

## Modelo de Planificación de la Cosecha con Escenarios

Consideramos el problema de planificación de la cosecha y distribución de productos mediante rutas consolidadas que sirven a  $I$  huertos y que entregan la carga consolidada a una única instalación. Cada huerto produce  $K$  productos, con el fin de simplificar el modelo, utilizamos los patrones de cosecha como la unidad básica de planificación. Cada patrón de cosecha tiene diferentes necesidades de mano de obra y da lugar a diferentes cantidades de cosecha. A continuación, el problema de decisión de la cosecha consiste en determinar el momento y el patrón de cosecha que debe utilizar cada agricultor para que los beneficios sean maximizados. Por lo tanto, el problema se convierte en que patrón de cosecha (si es que hay alguno) usar cada día para cosechar toda la fruta que está madura ese día. Suponemos que solo se puede utilizar un patrón para cada parcela plantada. Según los productos plantados, se espera un cierto volumen de productos que serán cosechados en cada huerto. La mano de obra disponible para cada huerto es restringida, y por cada caja de producto cosechada es necesario ciertas horas de mano de obra, lo que también equivale a cubrir una hectárea de producto en cada huerto. Cada producto tiene una demanda mínima que debe ser cubierta. Nuestro objetivo es maximizar los beneficios para los agricultores, asumiendo un determinado precio para los productos que se envían a su mercado así como un determinado precio del producto. Los productos cosechados se transportan a una instalación de empaquetado, por lo que también consideramos los costos de transporte correspondiente. A diferencia de la primera entrega, en este caso se resolverá el problema considerando  $S$  escenarios, siendo en este caso 3 (pesimista, normal, optimista), para los cuales cambian los valores de ciertos parámetros. La notación empleada se describe con más detalle a continuación:

### Conjuntos:

$t \in T$  : periodos de planificación (días).  
 $k \in K$  : productos.  
 $i \in I$  : huertos.  
 $v \in V$  : patrón de cosecha.  
 $s \in S$  : escenarios.

### Parametros:

$AP_{ik}$  : área total plantada del producto  $k$  en huerto  $i$ .  
 $EH_{tikvs}$  : cosecha esperada en periodo  $t$  del producto  $k$  del huerto  $i$  con el patrón  $v$  en el escenario  $s$ .  
 $SH_{tv}$  : si el patrón  $v$  es requerido para la cosecha en el periodo  $t$ .  
 $VS_{tk}$  : porcentaje del producto  $k$  que es descartado en el periodo  $t$ .  
 $LAH_{it}$  : horas de trabajo disponible para la cosecha en el periodo  $t$  en el huerto  $i$ .  
 $LRH_{ik}$  : horas necesarias para cosechar una caja de producto  $k$  en el huerto  $i$ .  
 $LBH_{iks}$  : horas necesarias para cubrir una hectárea de producto  $k$  en el huerto  $i$  en el escenario  $s$ .  
 $MOP$  : máxima horas de trabajo por huerto  
 $D_{kt}$  : cantidad mínima a enviar de producto  $k$  en periodo  $t$ .  
 $P_{tk}$  : precio producto  $k$  en periodo  $t$ .  
 $PS_{kt}$  : precio producto  $k$  cotizado en periodo  $t$ .  
 $CH_k$  : costo de cosechar una caja de producto  $k$ .  
 $Clabor$  : costo de una hora de trabajo en los huertos.  
 $Ct_i$  : costo estimado de transportar una caja al centro de consolidado desde  $i$ .  
 $Cap$  : capacidad de los camiones  
 $\theta_s$  : probabilidad ocurrencia del escenario  $s$ .

### Variables:

$X_{tikvs}$  : area cosechada del producto  $k$  en el huerto  $i$  con el patron de cosecha  $v$  en el periodo  $t$  en el escenario  $s$ .

$QH_{tiks}$  : cajas cosechadas del producto  $k$  de el huerto  $i$  en el periodo  $t$  en el escenario  $s$ .

$NTF_{ts}$  : numero de camiones necesarios para enviar el total de lo cosechado al centro en el periodo  $t$  en el escenario  $s$ .

$QS_{tiks}$  : cajas descartadas del producto  $k$  desde el huerto  $i$  en el periodo  $t$  en el escenario  $s$ .

$OPL_{its}$  : horas de trabajo contratada en el huerto  $i$  en el periodo  $t$  en el escenario  $s$ .

$HS_{tis}$  : cosecha realizada en el huerto  $i$  en el periodo  $t$  en el escenario  $s$ .

$$YQ_{tiks} : \begin{cases} 1, & \text{si se cosecha en huerto } i \text{ el producto } k \text{ en periodo } t \text{ en el escenario } s \\ 0, & \text{sino} \end{cases}$$

$CTcarga_s$  : Costo de la carga que se transportara de producto en el escenario  $s$  en el escenario  $s$ .

### Funcion Objetivo:

$$\begin{aligned} &Max \sum_s \sum_t \sum_i \sum_k QH_{tiks} P_{kt} \theta_s + \sum_s \sum_t \sum_i \sum_k QS_{tiks} PS_{kt} \theta_s \\ &- \sum_s \sum_t \sum_i (LAH_{it} + OPL_{its}) Clabor \theta_s - \sum_s \sum_t \sum_i \sum_k CH_k QH_{tiks} \theta_s - \sum_s CTcarga_s \theta_s \end{aligned}$$

### Restricciones:

$$CTcarga_s = \sum_t \sum_i \sum_k Cap YQ_{tiks} Ct_i \quad \forall s \quad (1)$$

$$QH_{tiks} = \sum_v X_{tikvs} EH_{tikvs} \quad \forall t, i, k, s \quad (2)$$

$$QH_{tiks} \leq Cap \quad \forall t, i, k, s \quad (3)$$

$$QS_{tiks} = \sum_v X_{tikvs} EH_{tikvs} VS_{tk} \quad \forall t, i, k, s \quad (4)$$

$$\sum_k QH_{tiks} LRH_{ik} + \sum_k \sum_v SH_{tv} X_{tikvs} LBH_{iks} \leq LAH_{it} + OPL_{its} \quad \forall t, i, s \quad (5)$$

$$\sum_i QH_{tiks} \geq D_{kt} \quad \forall k, t, s \quad (6)$$

$$\sum_v \sum_t X_{tikvs} \leq AP_{ik} \quad \forall i, k, s \quad (7)$$

$$OPL_{its} \leq MOP \quad \forall i, t, s \quad (8)$$

$$\sum_i \sum_k \frac{QH_{tiks}}{Cap} \leq NTF_{ts} \quad \forall t, s \quad (9)$$

$$\sum_k QH_{tiks} = HS_{tis} \quad \forall t, i, s \quad (10)$$

$$\sum_k YQ_{tiks} Cap \geq HS_{tis} \quad \forall t, i, s \quad (11)$$

$$X_{tikvs}, QH_{tiks}, QS_{tiks}, OPL_{its}, HS_{tis}, CTcarga_s \geq 0 \quad \forall t, i, k, v, s$$

$$NTF_{ts} \in \mathbb{Z} \quad \forall t, s \quad (13)$$

$$YQ_{tiks} \in \{0, 1\} \quad \forall t, s \quad (14)$$

La función objetivo maximiza los beneficios de vender los productos normales y cotizados menos el costo de mano de obra, cosecha y transporte. La restricción (1) indican la cantidad de carga a ser transportada. La restricción (2) indica que la cantidad cosechada depende de el area de cosecha acorde al patron y la cosecha esperada. La restricción (3) limita la cantidad de cosecha a la capacidad del camion. La restricción (4) indica que la cantidad de producto descartado depende del area de la cosecha acorde al patron, la cosecha esperada y la cantidad descartada estimada. La restricción (5) limita la cantidad cosechada a la cantidad de mano de obra disponible. La restricción (6) indica que la cantidad enviada al destino debe al menos ser la minima cantidad demandada. La restricción (7) limita el área de la cosecha por patron al total del area plantada. La restricción (8) indica que la cantidad de mano de obra extra es limitada al maximo de horas de trabajo por dia. La restricción (9) define el numero de camiones necesarios para el transporte del total de la cosecha al centro de empaquetado. La restricción (10) indica la cantidad cosechada. La restricción (11) indica la cantidad cosechada por huerto. Las restricciones (12), (13) y (14) indican la naturaleza de las variables.