

# **Proyecto de sistematización de compras**

**Módulo de extensión:Aplicaciones solidarias basadas en sistemas de gestión de contenido**

**Ingeniería en Producción - Facultad de ingeniería, UDELAR**



**Estudiantes:**

Valentina De Marino

Julieta Oberti

**Tutores:**

Camila Condon

Pedro Piñeyro

# Contenido

Introducción	3
Objetivo	3
Metodología	4
Conjuntos	5
Variables de decisión	6
Parámetros	6
Restricciones	7
Función objetivo	8
Validación	8
Posibles mejoras	9
Conclusión	9
Anexo	10

# Introducción

El siguiente informe pretende establecer un sistema de planificación de compras en base a las necesidades y restricciones para satisfacer la demanda de las redes de ollas y merenderos populares.

## Objetivo

Para esta sistematización de compras es importante describir que los usuarios de la misma serán los integrantes de la comisión de acopio, distribución y transporte, y los proveedores. Como objetivo principal nos planteamos cubrir con productos básicos las ollas y merenderos y así optimizar los tiempos de las personas voluntarias.

Lo que queremos es llegar a un modelo matemático que ayude a la Coordinadora Popular Solidaria a planificar la compra de insumos para cada red de ollas de modo que todas reciban productos básicos para administrar, coherentes con la cantidad de porciones que entregan.

Se intenta en el modelo complementar nutricionalmente la cantidad de productos entregados mientras que el monto disponible nos lo permita.

La función objetivo es tomar decisiones con respecto a qué proveedores se comprará en cada red, minimizando el costo asociado a la distribución de dichos productos.

## Metodología

Utilizaremos un modelo de programación lineal mixto, y utilizaremos la herramienta de GLPK para resolverlo. La decisión fue tomada ya que este modelo nos permite evaluar distintas posibilidades varias veces y permite con facilidad aplicar cambios.

Consideramos que es una manera rápida de seleccionar la mejor combinación de proveedores y productos, y si el día de mañana se incorporará la posibilidad de un nuevo proveedor o la incorporación de un nuevo producto sería sencillamente adaptable.

Además nos permite planificar con un horizonte de tiempo que también se puede ajustar, para este caso tomamos planificación mensual porque consideramos que era un buen análisis para alimentos no perecederos.

Por último estamos considerando el precio de realizar un pedido el cual se puede asociar a mantener al proveedor, al transporte desde ese proveedor al punto de acopio y cualquier otro gasto vinculado al pedido.

Para la realización de este modelo necesitaremos definir conjuntos y parámetros, y determinar cuáles serán nuestras variables de decisión y así poder generar una función objetivo y las debidas restricciones. A continuación definiremos los mismos.

# Conjuntos

- ❖ P es el conjunto de productos

$$P = \{1, \dots, p\}, p \in P$$

- ❖ K es el conjunto de categorías de productos, cada categoría contiene un subconjunto de P

$$K = \{B, L, ST, A, E\}$$

donde B es básicos, L legumbres, ST Salsa de tomate, A aceite y E enlatados. En las redes también se maneja la categoría de verduras volumen y verduras condimento pero consideramos que se deben tratar aparte por ser alimentos perecederos.

A continuación la tabla que denota las categorías

p	k	Producto	Proveedor	Proveedor	Proveedor
1	B	Arroz	Coopar	Tiki	
2	B	Fideos	Puritas	Adria	
3	B	Polenta	La Abundancia		
4	L	Lentejas	La Abundancia		
5	L	Porotos	La Abundancia		
6	L	Garbanzos	La Abundancia		
7	ST	Salsa de Tomate	Conaprole	Pontevedra	Deambrosi
8	A	Aceite	Tiki		
9	E	Choclo	Tiki		
10	E	Arvejas	Tiki		
11	E	Jardinera	Tiki		

Cabe destacar que el uso de las categorías es importante ya que si se contara con poco capital se puede decidir no comprar de determinada categoría con el fin de abaratar costos. Además el modelo contempla la posibilidad de suprimir de manera sencilla (eliminandolo de los datos o poniéndole un valor de demanda igual a cero).

A continuación las agrupaciones según presupuesto, donde G1 sería las categorías a utilizar cuando el presupuesto es menor y G3 cuando es mayor.

$$G_1 = \{B, L, ST\},$$

$$G_2 = \{B, L, ST, A\},$$

$$G_3 = \{B, L, ST, A, E\}.$$

- ❖ T es el conjunto de meses

$$T = \{1, \dots, 12\}, t \in T$$

- ❖ J es el conjunto de proveedores

$$J = \{1, \dots, j\}, j \in J$$

# Variables de decisión

Para este modelo utilizaremos las siguientes variables:

- $x_{tjp}$  que referirá a la cantidad de producto  $p$  a comprar al proveedor  $j$  en el período  $t$
- $S_{tk}$  representando la cantidad de unidades de la categoría  $k$  a mantener en stock en el período  $t$
- $z_{tj}$  que será 1 cuando se le compre al proveedor  $j$  en el período  $t$  y 0 sino
- $w_{tjp}$  que será 1 cuando se le compre al proveedor  $j$  el producto  $p$  en el período  $t$  y 0 sino. Esta variable se usará como auxiliar para definir algunas restricciones.

# Parámetros

Definimos una unidad como el equivalente a una olla que rinda 100 porciones.

A modo de ejemplo, para la primera red a analizar, la del Cerro, se sirven 7800 porciones por semana, es decir 31200 por mes, equivalente a 312 unidades. El monto disponible para la red del Cerro, equivale a un 22.6% del presupuesto total.

Los parámetros considerados para este modelo son los siguientes:

- $D_{tk}$  es la cantidad necesaria de un producto en unidades, de la categoría  $k$  en el mes  $t$ . Para su utilización en la elaboración de una unidad, como indica el cuadro 1.
- $M$  es una cota superior a definir por ejemplo como la suma de las capacidades de todos los proveedores.
- $CV_{jp}$  es la capacidad de venta de cada producto  $p \in P$  del proveedor  $j \in J$ , en unidades.
- $Lm_{jp}$  es el lote mínimo del producto  $p$  del proveedor  $j$  en unidades
- $C_{jp}$  es el costo por unidad del producto  $p \in P$  del proveedor  $j \in J$  en pesos uruguayos.
- $SI_p$  es el stock inicial del producto  $p$  en unidades.
- $SS_{tk}$  es el stock de seguridad de la categoría  $k$  para el mes  $t$  en unidades, que decidimos corresponda a lo necesario para una semana.
- $CD$  es la capacidad del depósito en metros cúbicos.
- $F_{jp}$  costo de fraccionamiento unitario en pesos uruguayos, a definir por los puntos de acopio, en función del gasto en fraccionamiento. Se le puede asociar no sólo el gasto de materiales sino de horas de trabajo de los voluntarios. Depende del proveedor ya que consideramos que en parte depende de la forma en la que viene empaquetado el producto.
- $B_{jp}$  bonificación unitaria del producto  $p$  del proveedor  $j$  en pesos uruguayos.

- $PP_{tj}$  es el precio de hacer un pedido al proveedor j en el período t en pesos uruguayos. Como mencionamos anteriormente puede incorporarse a este precio el costo de transporte, el costo de mantener al proveedor y cualquier otro gasto asociado al pedido.
- $V_k$  es el volumen que ocupa una unidad de la categoría k en promedio, en metros cúbicos.

Cuadro 1: Receta tipo

UB	UL	UVV	UST	UA	UVC	UE
5	5	10	5	1	1	1

## Restricciones

Cubrir la demanda

$$s_{(t-1)k} + \sum_j \sum_{p \in K} x_{tjp} = D_{tk} + s_{tk} \quad \forall k \in K, \forall t \in T$$

Capacidad del depósito

$$\sum_{k \in K} \frac{s_{tk}}{V_k} \leq CD \quad \forall t \in T$$

Stock de Seguridad

$$s_{tk} \geq SS_{tk} \quad \forall k \in K, \forall t \in T$$

Lote mínimo

$$Lm_{jp} * w_{tjp} \leq x_{tjp} \quad \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T$$

Capacidad de venta del proveedor

$$x_{tjp} \leq CV_{jp} * w_{tjp} \quad \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T$$

Stock inicial

$$s_{0k} = \sum_{p \in K} SI_p \quad \forall k \in K$$

Determinación si se le compra o no al proveedor

$$Mz_{tj} \geq \sum_{p \in P} x_{tjp} \quad \forall j \in J, \forall t \in T$$

Definición de las variables

$$\begin{aligned} x_{jpt} &\geq 0 && \forall j \in J, \forall p \in P, \forall t \in T \\ s_{tk} &\geq 0 && \forall j \in J, \forall k \in K \\ z_{jt} &\in \{0; 1\} && \forall j \in J, \forall t \in T \\ w_{jtp} &\in \{0; 1\} && \forall j \in J, \forall t \in T, \forall p \in P \end{aligned}$$

## Función objetivo

$$\min \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} (C_{jp} - B_{jp} + F_{jp}) * x_{tjp} + \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} P_{tj} * z_{tj}$$

La función objetivo es minimizar los costos. Los costos se dividen en costos de pedido y costos unitarios.

## Validación

Para implementar el modelo lo pasamos a lenguaje GLPK como se podrá ver en el anexo. Luego ingresamos una serie de datos e hicimos algunas pruebas para poder validar el modelo. Para hacerlo decidimos trabajar sólo con los productos de la categoría Básicos.

Hicimos una primera validación en la que pusimos un precio unitario menor para el arroz comprado a Coopar y así comprobar que se decidiera, en caso de que lo demás sea igual, el precio unitario menor.

Luego restringimos la capacidad de venta del proveedor para que la decisión sea primero comprar lo más barato y luego completar con algo de precio superior pero que permitiera cubrir la demanda.

Por último pusimos precios de pedir altos y capacidad de venta no tan restringida para que la decisión fuera comprar y mantener en stock siempre que la capacidad del depósito lo permitiera.

## Posibles mejoras

Dentro de las mejoras de este modelo se encuentra la bonificación por lotes y no lineal. Sabemos que la simplificación de la bonificación unitaria no es tan fiel a la realidad, pero para complejizar el modelo primero debemos asegurarnos que realmente se llegue a compras que tengan una bonificación considerable.

Para determinar compras por lotes se debería definir un  $n$  discreto que dependa del proveedor para asociarlo al costo de fraccionamiento y a la venta por los Lotes del proveedor. Luego se podría asociar también a las bonificaciones con ayuda de alguna otra variable auxiliar. Todos estos cambios implicarían un modelo bastante más complejo y quizás de mayor dificultad a la hora de manejar datos, por lo cual decidimos que en esta primera instancia no se consideraría.

Otro aspecto que se podrá mejorar es la realización de compras balanceadas en productos. Es decir, por más que, por ejemplo, lo más barato sea comprar arroz siempre, poder sistematizar las compras de forma tal que en un período determinado, alguna vez haya fideos.

Por último, este modelo está basado en una única red, estaría bueno en un futuro poder ampliarlo a toda la Coordinadora Popular Solidaria.

## Conclusión

Este proyecto es la continuación de un proyecto anterior, al que nosotros quisimos aportar nuestras herramientas y nuevos enfoques para a partir de la complementación generar un modelo práctico.

La idea es que este modelo permita ayudar a sistematizar las compras y sirva de apoyo a la hora de tomar decisiones, sobretudo como una herramienta para evaluar alternativas. Creemos que a pesar de las posibles mejoras, ya mencionadas, podrá ser de gran ayuda en un primer acercamiento.

Sabemos que, lamentablemente, el alcance de las redes es muy amplio e incluye varios barrios con distintas características y realidades, de todas formas sostenemos que nuestro modelo es lo suficientemente flexible y adaptable.

Como estudiantes de ingeniería en producción, el acercamiento a un problema de esta envergadura, que incluye aspectos sociales y económicos y que afecta en gran medida a la población de nuestro país, y más aún en el contexto de pandemia, fue una oportunidad muy desafiante y a la vez motivante. Agradecemos poder haber participado y el apoyo de nuestros tutores y personas involucradas en el módulo de extensión.



# Anexo

#Modelo de sistematización de compras

#

set P;

*/\*conjunto de productos\*/*

set K;

*/\*categorías de productos\*/*

set PO<sub>f</sub>K {K} within P;

*/\*productos en sus categorías\*/*

set T;

*/\*conjunto de períodos: meses\*/*

set J;

*/\*conjunto de proveedores\*/*

param M;

*/\*a definir\*/*

param CD;

*/\*capacidad del depósito en metros cúbicos\*/*

param D {t in T, k in K};

*/\* demanda en unidades de la categoría k en el período t\*/*

param CV{j in J, p in P};

*/\* capacidad de venta en unidades del producto p del proveedor j\*/*

param L<sub>m</sub> {j in J, p in P};

*/\* lote mínimo en unidades del producto p del proveedor j\*/*

param C {j in J, p in P};

*/\* costo de venta en pesos uruguayos del producto p del proveedor j\*/*

param S<sub>I</sub> {p in P};

*/\*stock inicial del producto p en unidades\*/*

param S<sub>S</sub>{t in T, k in K};

*/\* stock de seguridad en unidades de la categoría k en el período t\*/*

param F {j in J, p in P};

*/\*costo de fraccionamiento unitario del producto p para el proveedor j en pesos uruguayos\*/*

param B {j in J, p in P} ;

*/\*descuento de bonificación unitario para el producto p del proveedor j en pesos uruguayos\*/*

param PP {t in T, j in J} ;

*/\*precio de hacer un pedido al proveedor j en el período t en pesos uruguayos\*/*

param V {k in K};

*/\*volumen promedio de una unidad de la categoría k\*/*

var x { t in T, j in J, p in P} >= 0;

*/\*cantidad a comprar al proveedor j del producto p en el período t\*/*

var s {t in T union {0}, k in K} >= 0 ;

*/\*cantidad a dejar en stock de la categoría k en el período t\*/*

var z {t in T, j in J} binary;

*/\*si se le compra al proveedor j en el período t\*/*

var w {t in T, j in J, p in P} binary;

*/\*si se le compra al proveedor j en el período t el producto p\*/*

minimize costos:  $\sum\{t \text{ in } T, j \text{ in } J, p \text{ in } P\} (C[j,p]-B[j,p]+F[j,p])*x[t,j,p] + \sum\{t \text{ in } T, j \text{ in } J\} PP[t,j]*z[t,j];$

*/\*minimizar costos\*/*

s.t. demanda { t in T, k in K}:  $s[t-1,k] + \sum\{j \text{ in } J, p \text{ in } PO\text{f}K[k]\} x[t, j, p] = D[t,k]+s[t,k];$

*/\*cubrir la demanda\*/*

s.t. capacidad {t in T}:  $\sum\{k \text{ in } K\} s[t,k]/ V[k] \leq CD;$

*/\*capacidad del depósito\*/*

s.t. seguridad {t in T, k in K}:  $s[t,k] \geq SS[t,k];$

*/\*Siempre tener más que el stock de seguridad\*/*

s.t. Proveedor {t in T, p in P, j in J}:  $x[t,j,p] \leq CV[j,p]*w[t,j,p];$

*/\*No superar capacidad de venta del proveedor \*/*

s.t. LoteMinimo {t in T, p in P, j in J}:  $x[t,j,p] \geq Lm[j,p]*w[t,j,p];$

*/\*No comprar menos que el lote mínimo\*/*

s.t. Inicial {k in K}:  $s[0,k] \leq \sum\{p \text{ in } POfK[k]\} SI[p];$   
/\*Definición del stock inicial\*/

s.t. Decision {t in T, j in J}:  $M*z[t,j] \geq \sum\{p \text{ in } P\}x[t,j,p];$   
/\*Determinación si se le compra o no al proveedor\*/

# Esquema de datos

#

data;

set P:=

Arroz

Fideos

Polenta

Lentejas

Porotos

Garbanzos

SalsaDeTomate

Aceite

Choclo

Arvejas

Jardinera;

set K:= B L ST A E;

set POfK [B]:= Arroz Fideos Polenta;

set POfK [L]:= Lentejas Porotos Garbanzos;

set POfK [ST]:= SalsaDeTomate;

set POfK [A]:= Aceite;

set POfK [E]:= Choclo Arvejas Jardinera;

set T:= 1 2 3;

set J:=

Coopar

Tiki

Puritas

Adria

LaAbundancia

Conaprole





Deambrosi 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;

param PP: Coopar Tiki Puritas Adria LaAbundancia Conaprole Pontevedra

Deambrosi:=

1	100	200	500	200	800	650	720	260
2	100	200	500	200	800	650	720	260
3	100	200	500	200	800	650	720	260;

param V:= B, 6, L, 5, ST, 1, A,2, E,3;

end;