

**Instituto Tecnológico de Buenos Aires**

**TESIS DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Simulador de una cadena de  
supermercados”**

**Agustín Rodríguez Varela**

**Tutor: Ing. Julio García Velasco**

**2005**

# Contenidos

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>4</b>
I. Descripción del problema y modelo conceptual	4
II. Modelo de datos	4
III. El simulador	4
IV. Caso de análisis: Las ventajas del Simulador	5
Próximos pasos	5
 <b>I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y MODELO CONCEPTUAL</b>	 <b>6</b>
 <b>1. SITUACIÓN ACTUAL</b>	 <b>8</b>
Definición del nivel de servicio óptimo	9
Determinación de políticas y indicadores operativos	10
Versatilidad para prueba de proyectos nuevos	10
 <b>3. MODELO CONCEPTUAL</b>	 <b>11</b>
<b>Descripción de la generación de la demanda</b>	<b>11</b>
<b>Descripción de la operación logística</b>	<b>13</b>
1. Segmentación por producto y por boca:	18
2. Priorización de productos por cuantificación de su necesidad:	18
3. Segmentación del pool de pedidos por capacidad de los vehículos	18
4. Competencia con camiones potenciales de otras rutas	19
5. Despacho de camiones	19
<b>Descripción de la generación de resultados</b>	<b>20</b>
Ingresos	20
Gastos	20
Resultado	23
 <b>II. EL MODELO DE DATOS</b>	 <b>24</b>
 <b>1. INPUTS</b>	 <b>25</b>
Propiedades de los productos	25
Análisis estadísticos	26
Estudios del consumidor	30
Variables que definen costos de operación	31
Variables operativas	32
 <b>2. OUTPUT</b>	 <b>32</b>
Output comercial	32

Output operativo	33
Output económico	33
<b>III. EL SIMULADOR</b>	<b>35</b>
<b>Sus partes</b>	<b>36</b>
Generación de entidades	37
Generación de entidades	38
Generación de demanda, consumo e impacto comercial	41
Armado de camiones potenciales con productos priorizados	53
Competencia de camiones potenciales, despacho y abastecimiento	55
Otros módulos	57
<b>IV. CASO DE ANÁLISIS: LAS VENTAJAS DEL SIMULADOR</b>	<b>59</b>
Consideraciones previas	62
Determinación del tiempo de Warm up	63
Medición de la variabilidad de la corrida	63
Optimización de las variables de ajuste	67
Verificación de los indicadores estadísticos	70
Análisis comparativo de los dos modelos	70
<b>Consideraciones finales sobre la simulación en la gestión</b>	<b>79</b>
<b>Próximos pasos</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>

# Resumen ejecutivo

El trabajo presentado contiene el desarrollo de un simulador de abastecimiento para una cadena de supermercados. El mismo describe la operación logística de distribución de productos desde el centro de distribución de la cadena hasta las sucursales. El proyecto se divide en cuatro etapas que se resumen a continuación

## I. Descripción del problema y modelo conceptual

Se definieron todas las relaciones lógicas que generan tanto el entorno como la operación misma. Esto involucra: la generación de la demanda, el consumo y comportamiento del cliente ante faltantes de stock, la priorización de pedidos para la distribución del día y la designación de vehículos (recurso escaso) desde el centro de distribución

El análisis se limita a esta etapa de la cadena de abastecimiento asumiendo una total disponibilidad de los productos en el centro de distribución

Se destaca, como virtud de la utilización del Simulador, la posibilidad de congeniar , bajo un solo modelo optimizador, la operación comercial y logística. Esto permite al usuario conocer el nivel de servicio óptimo de la operación

## II. Modelo de datos

Se describen los pasos requeridos para la generación del input del Simulador. Se diferencian en dos clases, la información dura, muy accesible por la cadena en sus bases de datos (costos, ventas históricas, etc.) y la información cualitativa, que requiere llevar a cabo análisis ad hoc para definir parámetros de algunos submodelos del simulador (Comportamiento del consumidor, Análisis de la demanda, etc.)

## III. El simulador

Se explica, de manera conceptual, el desarrollo de los algoritmos necesarios para la codificación del programa. Se identifican cuatro grandes grupo del proceso:

- Generación de entidades

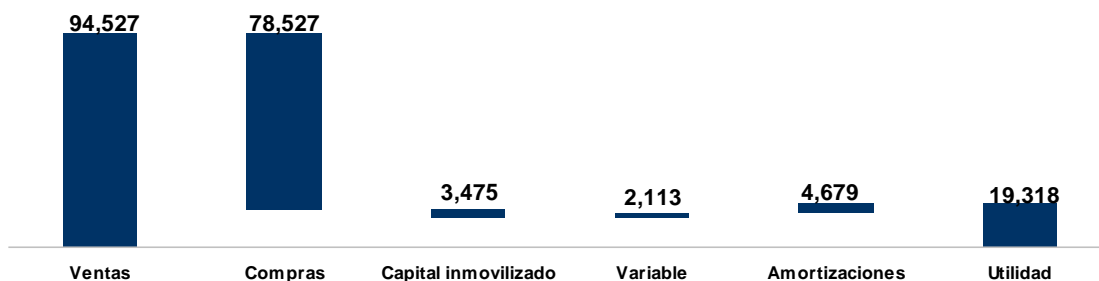
- Generación de la demanda, consumo e impacto comercial
- Armado de camiones potenciales con productos priorizados
- Competencia de camiones potenciales, despacho y abatecimiento

#### IV. Caso de análisis: Las ventajas del Simulador

Se realizó un análisis comparativo de la performance de la operación mediante dos políticas de abastecimiento diferentes. Una optimizada con métodos tradicionales de definición de stocks, y la otra utilizando las prestaciones del Simulador.

Como consecuencia se alcanzaron resultados favorables, tanto en el rendimiento económico como en la satisfacción del cliente:

Escalera comparativa de ambos modelos:



El nivel de servicio aumentó de 95,5% en la optimización convencional, a 99,1% para el ajuste mediante el modelo. Se debe entender que quedan excluidos los quiebres generados por otros distribuidores y se asume completa disponibilidad de productos en el centro de distribución

#### Próximos pasos

El simulador es una herramienta e mejora continua, ya en su primer desarrollo se plantean algunas potenciales mejoras y complementos:

- Inclusión de distintos tamaños de transportes
- Integración de la actividad en el centro de distribución
- Profundización de modelos de demanda y comportamiento del cliente

I

## **Descripción del problema y modelo conceptual**

El proceso de abastecimiento de una cadena de supermercados es sumamente complejo y exige una importante estructura para dirigirlo y operarlo eficientemente. Actualmente la gestión de esta etapa en la cadena de valor intenta equilibrar distintos costos interrelacionados, sin embargo, es difícil predecir el efecto de un cambio en los criterios de trabajo por el inabarcable entramado de relaciones de causa y efecto que definen al proceso.

Ante este panorama se decidió atomizar parte de la gestión del abastecimiento con dos objetivos, reducir el campo de trabajo y permitir una especialización de los operadores logísticos en su entorno de influencia. Esto dio a lugar al método tradicional de reposición de stock en las bocas, que consiste en controlar las existencias desde las mismas y generar pedidos al centro de distribución, encargado de satisfacer a todas las sucursales. Dicho esquema define un corte de información entre el individuo que conoce los stocks y el encargado de despacharlos.

En este trabajo se desarrollará una herramienta de gestión, orientada a la toma de decisiones, políticas de trabajo e innovaciones en los criterios de decisión que influyen en la operación diaria. Dicha herramienta consistirá en una simulación preparada ad hoc para una cadena de supermercados, que servirá de laboratorio de prueba para evaluar cambios en la operación logística, así como algunas decisiones comerciales.

Las etapas de análisis incluyen:

- Descripción del problema y modelo conceptual
- Modelo de datos
- El Simulador
- Caso de análisis: Las ventajas del Simulador

# 1. Situación actual

El esquema de distribución actual consiste en la intervención de distintos operadores que cumplen funciones similares realizando pedidos desde las sucursales al centro de distribución y un coordinador central que genera las acciones requeridas para su abastecimiento, tomando decisiones sobre la utilización óptima de los recursos escasos.

Existen dos áreas principales interesadas en el proceso de abastecimiento, una es la responsable del abastecimiento cuyas funciones incluyen determinar niveles de stock, recursos a designar, puntos de reorden, stock de seguridad y selección de rutas entre otros. Otra, en el área comercial, es responsable por la operación de ventas, selección de surtido y estrategias comerciales para enfrentar la fuerte competencia del supermercado.

El negocio gira en torno a esta última actividad, que es el valor agregado que una cadena realiza sobre sus productos y la que tiene mayor impacto en el cliente. De alguna manera la logística es una tarea soporte a la operación comercial

Los procesos que pueden ser mejorados con la herramienta diseñada en este proyecto: son, ya que plantea un cambio cualitativo en el método de análisis del impacto de las acciones relacionadas

- Definición del nivel de servicio óptimo
- Determinación de políticas y ratios optimizadores
- Versatilidad para prueba de proyectos nuevos



## Definición del nivel de servicio óptimo

El abastecimiento es un soporte de la actividad comercial, por lo que los operadores comerciales definen objetivos que, una vez discutidos, serán cumplidos por los operadores:



Cuadro 1.1 – Optimización convencional (conceptual)

La única relación entre estas áreas se genera en la parte comercial al definir objetivos de nivel de servicio a los encargados del proceso logístico. Es decir que se genera un corte en el modelo de optimización a través de la definición de este objetivo. Como consecuencia, la operación encontrará, idealmente, un rendimiento basado en la optimización de las dos partes y no el óptimo de todo el negocio.

Se priorizan productos según el impacto que genera su falta en góndola al cliente. El esquema actual de trabajo no maneja la verdadera rentabilidad de los esfuerzos logísticos que se llevan a cabo para mantener los objetivos de cumplimiento propuestos.

### ¿Por qué no se decide utilizando un modelo de óptimo conjunto?

La independencia entre unos y otros se debe a la incapacidad de la cadena de obtener una relación precisa entre sus acciones operativas y el efecto comercial real de las mismas.

El Simulador cuenta con la gran ventaja de poder abarcar un modelo integral del negocio, eliminando la necesidad de separación a través del nivel de servicio

## **Determinación de políticas y indicadores operativos**

Para modelar los procesos de abastecimiento, se utilizan diferentes parámetros para tomar decisiones como lead time, variabilidad de la reposición, demanda y variabilidad de la demanda.

De esta manera se genera una representación esquemática de la realidad para tomar decisiones como stock de seguridad, días de stock, etc. A su vez, la operación misma permite ajustar estos parámetros para mejorar los resultados basándose en la experiencia adquirida.

Sin embargo, la interacción entre los distintos productos, restricciones y requerimientos de las distintas sucursales, llevan a que este modelo diste de la realidad y por ende no se tenga conocimiento del rendimiento óptimo.

Al final del trabajo se evaluará cómo incide el uso de la herramienta en la optimización de la operación.

## **Versatilidad para prueba de proyectos nuevos**

En la actualidad la aplicación de nuevas propuestas o cambios rupturistas en la operación, debe atravesar un proceso de aceptación interna con el fin de determinar la efectividad de dicho cambio.

La experiencia del personal es la única herramienta para determinar si se debe correr el riesgo de un nuevo procedimiento, siendo imposible predecir el impacto económico del cambio. La aceptación se convierte en un proceso subjetivo con una fuerte componente política y el riesgo se maximiza en el caso de requerirse una inversión previa.

**Esta situación genera una inercia al cambio producto de una característica de la gestión, que puede considerarse como una ineficiencia y una oportunidad de mejora.**

Las principales virtudes de la herramienta que se desarrollará en este trabajo, son una propuesta para asistir a la cadena en la mejora de los procesos mencionados.

### 3. Modelo conceptual

A continuación se describirá conceptualmente cuál es el problema que debe describir el modelo, desde la generación de la demanda hasta la distribución de los productos demandados.

El proceso se dividió en tres partes principales: la demanda, la operación logística y la generación de ingresos y egresos económicos.

La discriminación se debe a que estas partes pueden segmentarse en: una prácticamente independiente de las decisiones de la gestión (**El Entorno**); otra totalmente apalancada por las políticas asumidas (**La Gestión**); y la tercera que contempla el objetivo del negocio (**El Objetivo**)

A su vez la demanda es la disparadora del proceso generando la mayor variabilidad y definiendo las decisiones que debe tomar el operador logístico.



#### ***Descripción de la generación de la demanda***

La cadena simulada tiene 25 bocas de las que 19 se encuentran en GBA y las 6 restantes en la costa atlántica.

Se simularon 500 productos diferentes que se corresponden en cantidad con una cadena de autoservicios. Se debe considerar que la simulación solo abarcará a los productos distribuidos por el centro de distribución propio de la cadena.

Si bien la distribución de terceros es importante, no interactúa con el abastecimiento propio, pudiendo considerarse operaciones independientes. Esto implica que para cada producto en cada boca existirá un valor esperado de la demanda así como una variabilidad.

En este efecto, es donde impacta la importancia del producto para el cliente. Se aplica de manera simplificada a través de la relación “consumo medio por acto de compra y cuántas veces debe faltar ese producto para que el cliente abandone la cadena”.

Se tomó como suposición que inicialmente el negocio cuenta con 50.000 clientes.

### ***Descripción de la operación logística***

La misión de la gerencia logística de una cadena de supermercados es realmente un desafío diario de una complejidad ineludible. Su objetivo consiste en asegurar la reposición de entre alrededor de 1.500 ítems para pequeños supermercados de proximidad a 25.000 productos para una sucursal de hipermercado.

Como si esto no fuera suficiente, estos productos tienen diferentes comportamientos, son perecederos, refrigerados, estacionales, promocionales, estratégicos, etc.

En este esquema la gerencia debe equilibrar varias fuerzas de rentabilidad, objetivos de marketing, políticas de la empresa, demandas de proveedores y ruptura de la relación con los mismos. Estos factores muestran que se deben tener procedimientos suficientemente estrictos como para que la magnitud de la operación no supere al operador y suficientemente flexibles como para responder a todas las necesidades del contexto.

El abastecimiento es un proceso de agregado de valor ya que aproxima al producto al cliente y lo ubica en un entorno favorable para su venta. Como ingreso a esta transformación, se encuentran los productos en el centro de distribución (CD) propio del supermercado. Si bien la cadena es más larga, el modelo desarrollado se limita a esta etapa asumiendo que los productos están siempre disponibles en el CD.

Queda como una futura mejora expandirse aguas arriba para abarcar de manera más integrada todo el proceso.

Si bien el nivel de servicio perfecto es imposible, la eficiencia de la gestión logística puede ser evaluada en función de este ratio. Un estudio de la asociación que controla la asignación de códigos de barra – EAN - sobre problemas en la distribución en Argentina, puede dar un panorama de la situación actual:

En capital federal, el formato minimercado mostró 8.034 artículos faltantes de los 48.702 medidos. Este valor de 16,5% es muy alto con respecto al resto del país, mostrando una dificultad en la distribución de la ciudad. El 84,9% de los faltantes fueron por responsabilidad de la cadena, mientras que el resto es atribuible al proveedor.

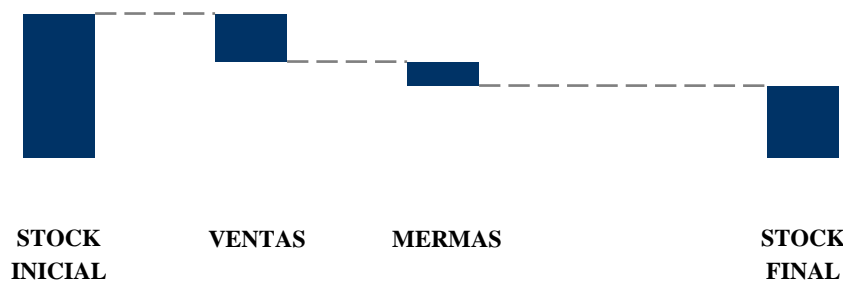
El 24,33% de los productos vendidos en supermercados de la Capital son distribuidos por el fabricante. Es decir que algunas marcas se encargan de transportar sus propios ítems a todas las sucursales de sus clientes. Esto se da generalmente con los productores más importantes o los proveedores de productos perecederos que deben garantizar el buen estado de la mercadería.

De cualquier manera, algunos productores otorgan un descuento en el valor de compra del producto a las cadenas, que prefieren distribuir sus productos con recursos propios. Dicho descuento se llama “descuento logístico” y es una decisión de la cadena aprovecharlo o no. Eso dependerá de la relación entre sus costos de abastecimiento y el monto del descuento.

Estos productos quedan fuera del análisis de este trabajo, pero se debe entender que de alcanzarse una reducción de los costos de abastecimiento, la relación de los mismos con el descuento ofrecido cambiaría, y se podría aprovechar la oferta de los fabricantes lo que modificaría la proporción de productos distribuidos por el proveedor.

En el esquema tradicional de abastecimiento, el responsable logístico de cada sucursal dispara pedidos al centro de distribución y proveedores directos en función de sus conocimientos de stock.

Los mismos se determinan utilizando datos de ventas totalmente informatizados, reportes de mermas y pérdidas de productos, y una visión continua del depósito por parte de los repositorios, que permite ajustar el valor de stock, ya que posibles errores en la información producirían una gran incertidumbre de los mismos. Gráficamente:



Los procedimientos típicos de disparo de pedidos son dos: reposición con frecuencia constante y reposición por cantidad fija.

En el esquema de frecuencia constante, el repositor de stock observa sus existencias en intervalos de tiempo fijos y genera un pedido con un volumen tal que se alcance un nivel

máximo predeterminado. La adopción de este procedimiento se justifica a través de una reducción de costos de operación, ya que el operador no requiere un constante conocimiento del stock, sino que adquiere información del mismo en momentos puntuales.

Sin embargo este esquema, al no reaccionar ante variaciones de la demanda, es muy sensible a su variabilidad, y por ende requiere mayores stocks de seguridad para tener un nivel de servicio razonable. Esto se debe a que el repositor está expuesto a una incertidumbre de un ciclo, más el tiempo de reposición, porque solamente observa su estado en estos intervalos.

En la reposición por cantidades fijas se debe tener un conocimiento constante de los niveles de stock y en el momento en que éstos se encuentran por debajo de un límite definido, se genera el pedido por una cantidad también prefijada.

En este caso, la ventana de incertidumbre se reduce al tiempo de reposición por lo que el stock de seguridad es mucho menor. Sin embargo, en la mayoría de los casos se deben asumir grandes costos operativos por la necesidad de tener conocimiento constante de los stocks.

En este punto las cadenas de supermercado tienen la ventaja de tener avanzados sistemas de información, que le permiten monitorear sus existencias de manera casi automática. Posiblemente la mayor oportunidad en reducción de costos de este tipo, radique en el uso de un buen sistema de reporte de mermas y pérdidas que, a través de una mejor determinación de los stocks por entradas y salidas, requiera un menor monitoreo por parte de los repositores.

De esta manera, al final del día existirá un conjunto de ítems en condición de reposición con sus volúmenes correspondientes, información que será transmitida al distribuidor (propio o del proveedor).

Podría existir algún criterio de optimización de capacidad del camión, imponiendo un volumen mínimo al pedido de la sucursal. Sin embargo debe considerarse que el vehículo abastecerá a más de una boca en su ruta, por lo que el costo extra de alcanzar a una sucursal puede ser muy bajo, minimizando la necesidad de imponer una restricción de volumen mínimo.

Una vez delegada la responsabilidad de la distribución al centro a través del pedido, se deben administrar los recursos de la cadena para cumplir con las distintas bocas. Se transmite al centro de distribución la variabilidad de la demanda, generada por variación de

ventas, que se suma a una exigencia adicional propia del proceso dada por una probabilidad de superposición de pedidos.

Dicha condición es un criterio discreto en cuanto al tamaño del stock, esto genera una demanda súbita al centro y una posible acumulación de productos en esta condición puede ser una carga excesiva para la distribución, imposibilitando al operador cumplir en fecha con su cliente: la sucursal.

Las sucursales se agrupan en rutas de distribución. Dichos conjuntos se definen con criterios que posibilitan la llegada de un camión en la ventana horaria de recepción en las sucursales. El concepto detrás del agrupamiento, radica en el costo marginal de alcanzar una sucursal. Es decir, si la boca 5 espera un pedido y la boca 3 se encuentra camino a la boca 5, se puede aprovechar el viaje para abastecer a ambas sucursales. En otras palabras el costo marginal de llegar a la boca 3, cuando existe un pedido de la boca 5, es nulo o muy bajo.

Bajo este esquema, las rutas deben “competir” en necesidad entre sí, para definir cuál de ellas tiene mayor prioridad y por ende le será asignado el recurso limitado que es el vehículo. Para describir todo el procedimiento de armado de camiones se mostrará un diagrama de flujo conceptual del problema:



**PEDIDOS INDIVIDUALES DE CADA SUCURSAL DE UNA RUTA**



Cuadro 1.3 – Esquema de priorización de pedidos

A continuación se describirán estos pasos:

### **1. Segmentación por producto y por boca:**

Luego de recibir todos los pedidos de las sucursales pertenecientes a una ruta, se dividen en unidades mínimas de productos y bocas. Es decir, que se tendrá un conjunto de productos con un destino y cantidad asignados al mismo.

Se toma como criterio que si se despacha un producto a una boca, se enviará la cantidad total requerida por la boca. Esta es la razón por la que la unidad: **producto – cantidad – destino**, es indivisible bajo este criterio.

### **2. Priorización de productos por cuantificación de su necesidad:**

Una vez armado el pool de productos pedidos se procede a ordenarlos según alguna magnitud definida denominada “necesidad”. Este valor se representará mediante una función que incluirá variables genéricas a definir por el operador. Éstas, pueden ser: impacto en el cliente, margen del producto, nivel de stock remanente, etc.

**Esta función es el mayor avance que provee el simulador, permitiendo realizar ensayos de prueba y error para optimizar el negocio.**

### **3. Segmentación del pool de pedidos por capacidad de los vehículos**

Una vez ordenados las unidades (producto – cantidad – destino) se agrupan manteniendo el orden jerárquico, de manera tal que cada conjunto ocupe el volumen de un camión.

Se tomaron dos simplificaciones importantes. Una es la adición simple de volúmenes de los distintos productos sin considerar la geometría de los mismos en el armado de la carga. Otra, es que todos los transportes son del mismo tipo y por ende cuentan con la misma capacidad de carga.

A estos grupos de pedidos se los denominará “camiones potenciales”, ya que, como se explicará a continuación, existe la posibilidad de que integren la carga de algún camión despachado ese día.

#### **4. Competencia con camiones potenciales de otras rutas**

Dado que todos los procesos descriptos anteriormente se realizan de manera independiente para cada ruta, se tendrá como salida de los mismos, un conjunto de camiones potenciales asignados a cada una.

Los vehículos son recursos limitados, que comparten todas las rutas; en esta etapa todos los camiones potenciales competirán entre sí para definir cuáles de ellos se despacharán en el día.

La variable de selección podría ser la misma que se utilizó para la priorización de productos integrada en toda la carga a transportar.

Es conveniente hacer una aclaración sobre el armado de las cargas. De los pasos 3. y 4. se puede inferir que si dos camiones se despachan para la misma ruta, el armado de los mismos será caótico en cuanto a la distribución de los productos.

Por ejemplo, el modelo induciría a creer que un mismo producto se transportará separadamente en dos camiones para un mismo destino. En estos casos, el operador requerirá de otro algoritmo de ordenamiento de carga que no se incluye en el modelo porque simplemente no afecta los resultados.

Lo importante para este análisis es que todos esos productos se despacharán y llegarán a destino.

#### **5. Despacho de camiones**

En esta última etapa, se transportan los productos a los destinos y en cantidades definidas. Esto se representa como un aumento del stock del producto en la boca y su consecuente disminución de necesidad.

En el esquema diseñado, todos los camiones están de vuelta en el centro de distribución al final de la jornada, esto implica que todos los transportes están disponibles para despacho todos los días.

## ***Descripción de la generación de resultados***

Esta etapa se puede dividir en dos grandes grupos, ingresos y gastos. Si bien estos grupos parecen evidentes en el esquema de distribución, existen algunos puntos que merecen ser mencionados:

### **Ingresos**

Los ingresos se reducen simplemente a la venta de productos. Este evento se dispara cuando un producto es demandado y se encuentra en stock.

Se debe entender que los ingresos dependen en su mayor parte de la demanda: si esta cae en demasía por una pérdida de clientes el resultado se vería directamente afectado.

La pérdida de ingresos tiene dos causantes fundamentales, una de corto plazo que es la falta de producto en stock. La otra es de largo plazo y contempla pérdidas futuras de la demanda producida por una insatisfacción recurrente de los clientes, producida por la misma razón: falta de producto en stock

### **Gastos**

Los gastos asociados al abastecimiento de una cadena de supermercados se pueden dividir en tres grupos:

- Gastos de operación
- Gastos Financieros
- Compras

Cada uno de estos gastos está asociado a algún recurso que limita su magnitud y en algunos casos la determina.

Los egresos considerados en el Simulador son aquellos marginales a cambios de criterios, es decir que no considera gastos de estructura o fijos, que sean independientes a cualquier decisión en la operación o comportamiento de la demanda

## GASTOS DE OPERACIÓN

Relacionado al recurso “camión” se puede hacer una segmentación más:

- Costos variables con la distancia recorrida:
  - Gasto de combustible
  - Desgaste del vehículo y mantenimiento por kilómetro recorrido
  - Peajes pagados en el recorrido
  - Amortización (si se considera recambio por kilómetros recorridos)
  
- Costos fijos por tenencia:
  - Mantenimiento preventivo
  - Amortización del bien (si se considera recambio por tiempo de vida)
  - Salario del conductor

## GASTOS FINANCIEROS:

En este grupo se incluirá el capital inmovilizado en stocks que se encuentran en las sucursales. No abarca al stock del centro de distribución porque no se busca optimizar la operatoria del mismo, sino el aprovechamiento de los recursos en las bocas.

El recurso asociado a este gasto es la capacidad financiera de la empresa, ya que la magnitud del mismo está asociada al capital de trabajo, que se cubre con financiamiento a largo plazo.

El gasto financiero se obtendrá a través de la aplicación de una tasa de interés diaria y al stock valuado con el costo de compra, ya que tener grandes stocks implica adelantar la compra de productos y ese será su impacto económico.

#### COMPRAS:

Aquí se incluyen los costos de compra de los productos que se activan una vez que el ítem sale del centro de distribución. El modelo contempla la situación de borde al tener al principio de la corrida stock activado que no fue computado como compra, y a su vez, en el final, hay productos comprados que no fueron vendidos.

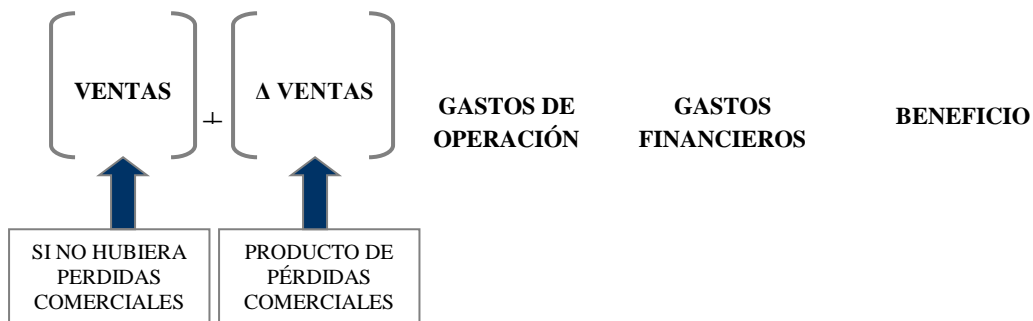
Dado que no es equilibrado computar estos gastos se los eliminará para contabilizar este rubro.

## Resultado

Finalmente el resultado de la corrida y el objetivo de optimización de la misma, se puede resumir en la ecuación a continuación:

$$\text{VENTAS} - \text{COMPRAS} - \text{GASTOS DE OPERACIÓN} - \text{GASTOS FINANCIEROS} = \text{BENEFICIO}$$

Sin embargo se aplicará una modificación con el objetivo de aislar el impacto negativo comercial por pérdida de ventas:



De esta manera queda determinada la función objetivo a maximizar en cada modelo, así como el indicador de comparación entre los dos esquemas de abastecimiento.

## **II**

### **El modelo de datos**



# 1. Inputs

La información requerida por el Simulador incluye datos totalmente accesibles para una cadena de supermercados, así como información que deberá obtenerse de análisis específicos como encuestas al consumidor.

**Es por eso que este trabajo no intenta aplicar la simulación en un caso real sino solo desarrollar la herramienta.**

**Si bien no se contó con datos reales provenientes de las cadenas de supermercados, su razonabilidad fue corroborada a través de contactos directos con especialistas.**

A continuación se detallará toda la información requerida:

## Propiedades de los productos

En primer lugar, se encuentra la información disponible en las bases de datos de las cadenas de supermercados, por lo que su disponibilidad está prácticamente garantizada. Esto incluye:

- Volumen del producto
- Costo
- Precio de venta (para simplificar se tomó igual en todas las sucursales)
- Cantidad de productos en la unidad mínima de transporte. Se entiende por este concepto al contenedor que define la cantidad mínima a transportar
- Categoría. Esta característica pretende agrupar productos por similitud para el consumidor, es decir que más allá de la marca y formato del envase, el contenido es similar

## Análisis estadísticos

Se analizarán los inputs utilizados para simular la demanda. La cantidad de productos hace inverosímil un análisis profundo de cada ítem, por lo que se deberán asumir criterios homogéneos para la obtención de parámetros estadísticos.

La primera salvedad del análisis es que la información utilizada para definir los parámetros de la demanda se basan en datos de consumo. Esto genera un desvío, ya que el cliente no siempre consume los que demanda (dependerá de la existencia del producto en góndola), pero se puede asumir esta aproximación si el nivel de servicio no es muy bajo

Sin embargo, es importante que el modelo de generación de la demanda sea representativo de la realidad en todas las jerarquías (producto, categoría, total demanda) y abarque fenómenos de estacionalidad que tienen gran influencia en la operación logística. Para esto se desarrolló un modelo de demanda que, si bien es simplificado, incluye conceptos básicos para construir la actividad del negocio.

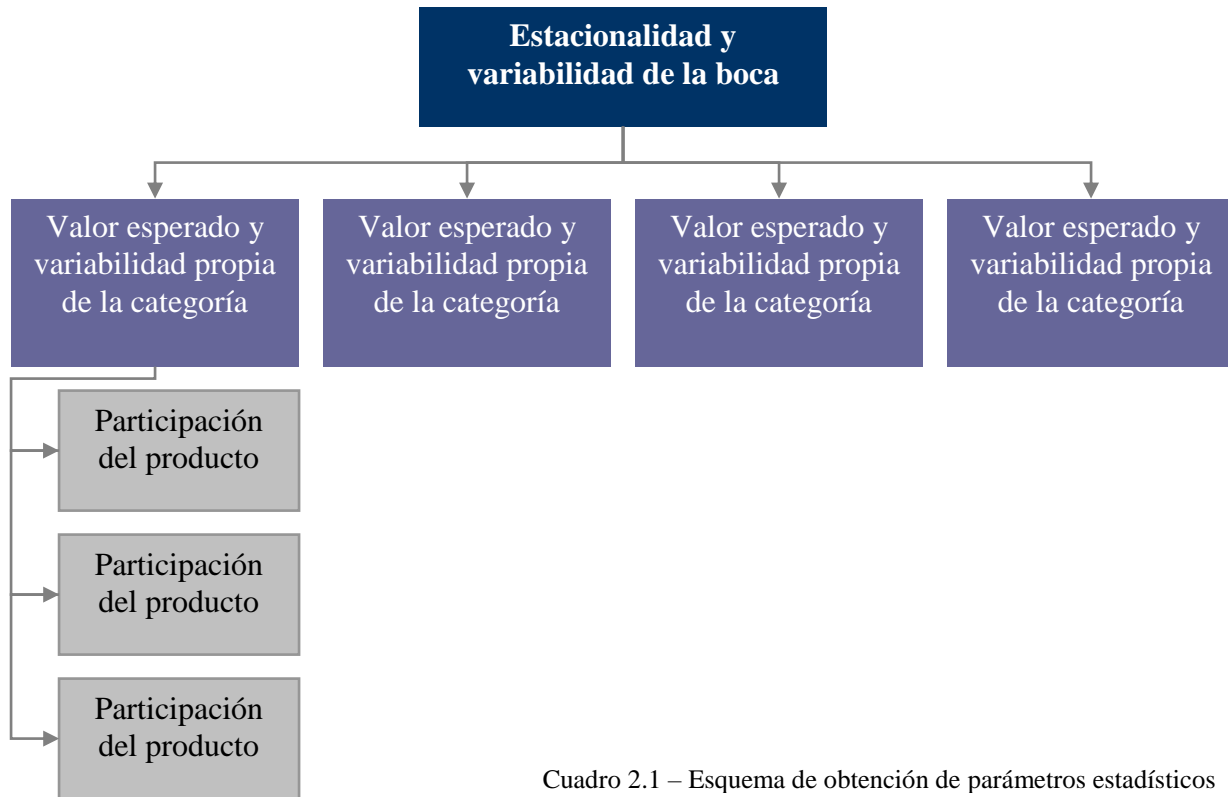
De existir algún modelo de demanda de mayor profundidad o detalle, el Simulador tiene la capacidad de incorporarla. **Es por esto que no se hizo foco en los análisis soporte del programa (generación de la demanda, comportamiento del cliente, etc.), sino en la generación del mismo.**

En primer lugar se definió a la demanda de la categoría como la base para la construcción de las demandas de los productos. Se asumió este esquema porque se considera que el consumidor decide primero qué categoría debe adquirir y luego selecciona la marca y formato.

Dado que las participaciones de los productos en la categoría son bastante estables, se puede asignar el valor esperado de la demanda y gran parte de su variabilidad a la demanda de la categoría.

Por otro lado, existen factores que influyen fuertemente en la demanda total de las cadenas, como puede ser un día específico de la semana o promociones en productos importantes que atraigan clientes a las sucursales, generando un desvío similar en todas las categorías. Se asignó de esta manera una estacionalidad semanal con un desvío relacionado, que se aplicará en todas las demandas de productos.

El esquema a continuación describe el modelo propuesto:



Cuadro 2.1 – Esquema de obtención de parámetros estadísticos

Es de suma importancia para la simulación que el modelo de demanda sea coherente a nivel producto, pero es indispensable que, como resultado, se obtenga para todo el negocio, una variabilidad total similar a la realidad. Para esto se diseñó un esquema de obtención de parámetros que intenta concretar este objetivo:

- Demanda esperada diaria por categoría y por boca. A continuación se describirá el método recomendado:
  1. Se deberá obtener la demanda media diaria, en volumen, de la categoría en análisis para esa boca en el mismo período de estudio pero un año antes.
  2. Se obtendrá el crecimiento de esta categoría con respecto al año anterior, determinando en los últimos seis meses el crecimiento de la categoría en cada mes relativo al año anterior. La media de estos crecimientos podría tomarse como indicador para el período de análisis.

3. Aplicando este crecimiento se tendría la demanda esperada de la categoría en volumen.

El método planteado busca eliminar hechos que distorsionen la tendencia. Como productos nuevos que tienen poca historia o cambios recientes en la importancia del producto.

Sin embargo, el análisis deberá contemplar si en los últimos tres meses, el producto tuvo promociones importantes que no estarán en el análisis o cualquier causa asignable que se espere modifique la estimación.

- Estacionalidad semanal de la demanda total en volumen de cada boca:

Se deberá obtener la estacionalidad de la demanda a través de regresión multivariable discreta, utilizando semanas que no tengan una causa asignable de variación (ej. Navidad).

El período de evaluación dependerá de la variabilidad y el nivel de servicio requerido.

Si no existe un crecimiento importante del negocio se puede asumir la estacionalidad como la diferencia media de las ventas para un día de la semana con respecto a la esperanza media diaria del período analizado

- Variabilidad de la estacionalidad total diaria en volumen:

Se restará de la historia la tendencia dejando solamente la estacionalidad. La dispersión de dicha estacionalidad para cada día de la semana será utilizada en el modelo.

De esta manera, cada día se generará la estacionalidad del día con la esperanza y dispersión de dicho valor obtenidas anteriormente.

El cociente entre la estacionalidad del día y el valor esperado del día, se aplicará a cada demanda de cada producto, buscando representar de la forma más ajustada la evolución del negocio.

- Variabilidad de la demanda por categoría por boca:
  1. A las ventas históricas de la categoría se le restará, de manera porcentual, la variación de las ventas totales del día con respecto a la demanda esperada media diaria. De esta manera se eliminarían efectos de variabilidad total y estacionalidad.
  2. De la evolución de ventas resultante se obtendrá la dispersión de la categoría
  
- Construcción de los parámetros por producto y por boca
  1. El valor esperado de la demanda de un producto será la participación de dicho producto en el valor esperado de la demanda en volumen de su categoría, luego se convierte volumen a unidades.
  2. Para obtener la variabilidad, se aplicará un cálculo que es aproximado y busca mantener la variabilidad correspondiente a su categoría, asumiendo una distribución normal de las variables. Si bien no se utilizará dicha distribución, la cantidad de ítems que componen cada categoría convergen a una distribución normal, por lo que puede asumirse:

$$\sigma_i = \sigma_{categoría} \times \sqrt{Participación(\%)}$$

Siendo:

$\sigma_i$  : Desvío estándar del producto

$\sigma_{categoría}$  : Desvío estándar de la *categoría*

*Participación(%)* : Participación del producto en la demanda

Deberá realizarse una conversión de volumen a unidades aplicando el cuadrado de la relación entre ambas.

La distribución de probabilidad utilizada para simular la demanda de cada producto será de tipo Gamma con parámetros Alfa y Beta que se ajusten al valor esperado y el desvío estándar obtenidos previamente para cada producto. La selección de dicha distribución radica en la no negatividad de la variable y la aproximación de la misma a una distribución normal cuando el desvío relativo es bajo.

## Estudios del consumidor

Como soporte a la simulación, se deberán realizar varios estudios del comportamiento del consumidor ante un faltante en góndola.

Dichos trabajos pueden llevarse a cabo mediante encuestas u observaciones en las sucursales. Actualmente existe un análisis realizado por EAN llamado “Faltantes de mercadería en góndola” que arroja ciertos valores útiles, pero no tiene el nivel de detalle que requiere el Simulador.

Este análisis de EAN provee un panorama inicial de quién es el principal responsable del faltante de mercadería y, a grandes rasgos, cuál es la actitud del consumidor ante una situación de este tipo.

La encuesta realizada arrojó los siguientes resultados en referencia al comportamiento del cliente:

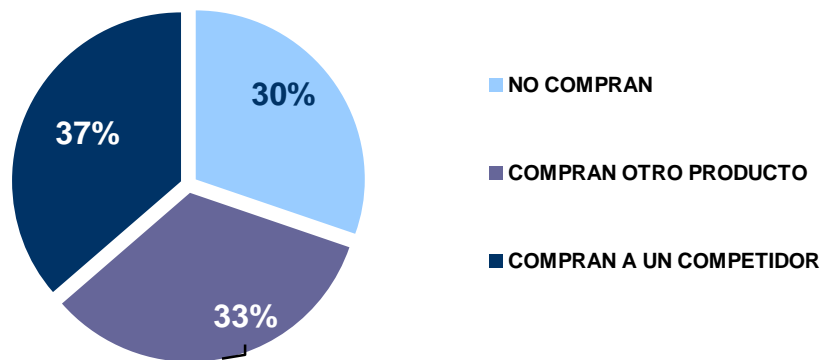


Gráfico 2.2 – Resultado de la encuesta de mercado realizada por EAN

El resultado parece mostrar un gran impacto de corto plazo como consecuencia del faltante, ya que sólo el 37% de los consumidores no muestran una fidelidad tan fuerte a la marca como para abandonar la compra.

También se deduce un importante impacto estratégico por la cantidad de clientes entregados a la competencia, dada su fuerte aceptación de la marca buscada.

Los inputs específicos del modelo se describen a continuación:

- Actitud del cliente ante una demanda insatisfecha del primer producto elegido. A través de un análisis del comportamiento del cliente se deberá definir en qué proporción los consumidores deciden elegir una segunda marca o no comprar ningún sustituto.
- Actitud del cliente ante una demanda insatisfecha del segundo producto elegido
- Segmentación de categorías según su impacto en el consumidor. La división de categorías ayudaría a identificar qué productos tienen mayor prioridad en el despacho.
- Impacto a largo plazo en el cliente ante un faltante de mercadería. Se deberá definir en qué medida se pierden clientes a medida que empeora el nivel de servicio de la operación.

Se decidió utilizar como indicador un impacto por categoría. Según la categoría demandada el cliente será más o menos tolerante ante el faltante en góndola.

Como indicador se deberá definir cuántas veces debería faltar el producto para que el consumidor decida cambiar de supermercado y, de esta manera, se constituya una pérdida de demanda futura.

Si bien este esquema está simplificado, la precisión dependerá de la profundidad del análisis cualitativo que se realice como soporte al Simulador.

## **Variables que definen costos de operación**

Aquí se incluyen los inputs que definen costos de operación y adquisición de recursos.

- Costos variables despacho y transporte para cada ruta. Se deben considerar todos los rubros definidos anteriormente.
- Costos fijos por adquisición de camiones.
- Tasa de descuento de la empresa (WACC)

## **Variables operativas**

Constituyen la palanca de gestión del negocio. Son principalmente las variables a modificar para optimizar la operación

- Punto de reorden.
- Criterios de asignación de prioridad (margen, días desde que fue pedido, etc.).
- Ocupación mínima del camión para despacho.
- Distribución de las rutas

## **2. Output**

La salida estará conformada por una serie de parámetros que tienden describir la la operación de abastecimiento en su totalidad para satisfacer cualquier requerimiento del usuario:

### **Output comercial**

Son los ratios que describen la eficacia de la operación en la satisfacción del cliente:

- Demanda total
- Clientes perdidos
- Nivel de servicio perfecto. El porcentaje de la demanda que fue abastecida en el primer intento del cliente
- Nivel de servicio final. El porcentaje de la demanda que fue abastecida luego de las sucesivas etapas en el árbol de decisión del consumidor.



- Demanda insatisfecha nivel 1. La demanda total insatisfecha en el primer intento
- Demanda insatisfecha nivel 2. La demanda total insatisfecha en el segundo intento
- Demanda insatisfecha nivel 3. La demanda total insatisfecha en el tercer intento
- Demanda perdida nivel 1. La demanda perdida por clientes insatisfechos en el nivel 1 que prefirieron no comprar otro producto
- Demanda perdida nivel 2. La demanda perdida por clientes insatisfechos en el nivel 2 que prefirieron no comprar otro producto
- Demanda perdida nivel 3. La demanda perdida por clientes insatisfechos en el nivel 3 que prefirieron no comprar otro producto

También se incluyen los totales de demanda perdida e insatisfecha.

### **Output operativo**

- Evolución diario de niveles de stock (utilizado para determinar la estabilidad de la simulación).
- Mínimo, máximo y promedio de camiones utilizados por día.
- Seguimiento del stock inicial y final de un producto en particular
- Nivel de ocupación de los camiones despachados

### **Output económico**

Se refiere a los drivers de rendimiento económico con la desagregación necesaria:

- Ventas.
- Gastos financieros por inmovilización de capital.
- Gastos de transporte por uso de camiones.
- Gastos de activación de transportes

- Compras.
- Facturación perdida por falta de stock y pérdida de clientes.
- **Utilidad**

**Este último indicador se utilizó como objetivo a maximizar**

### **III**

## **El Simulador**

Diseñado en ARENA 5.0 aprovechó los recursos que propone el software para simplificar la programación y permitir así la aplicación de todos conceptos del esquema de relaciones.

El desafío de esta simulación en particular, es el manejo del volumen de información necesario para una construcción bottom up del modelo, que busca replicar las pequeñas actividades para generar los números macro.

Se profundizó en el manejo de matrices que permite el ARENA, desafiando los límites del programa en cuanto al uso de grandes bases de datos.

### ***Sus partes***

En la realidad descripta, las rutas se completan en menos de un día, lo que permitió realizar una actualización por jornada. Es decir que, luego del consumo de productos, se decide sobre el despacho de camiones y la mercadería a distribuir. Al día siguiente, el transporte está de vuelta para el próximo despacho.

De esta manera se repite un proceso diario que tiene variaciones por condiciones iniciales y aleatoriedad de las variables. Los grandes bloques del modelo son:

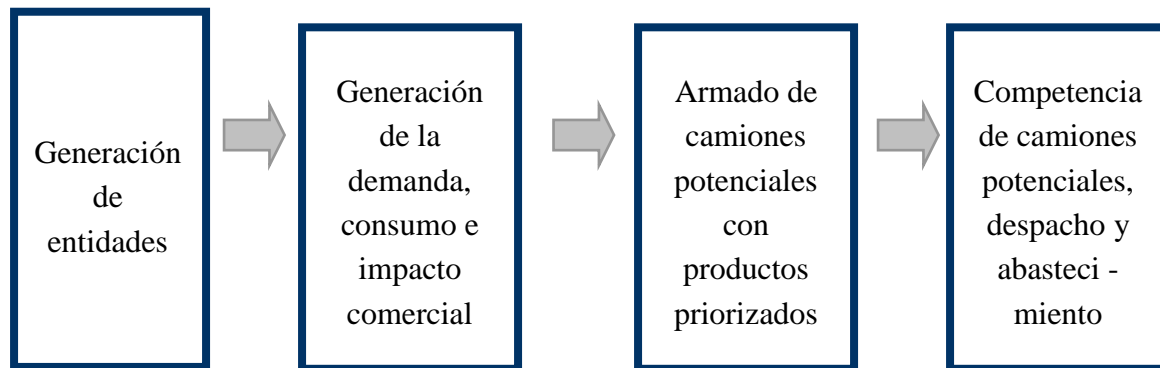


Gráfico 3.1 – Los bloques del Simulador

## Etapas del Simulador

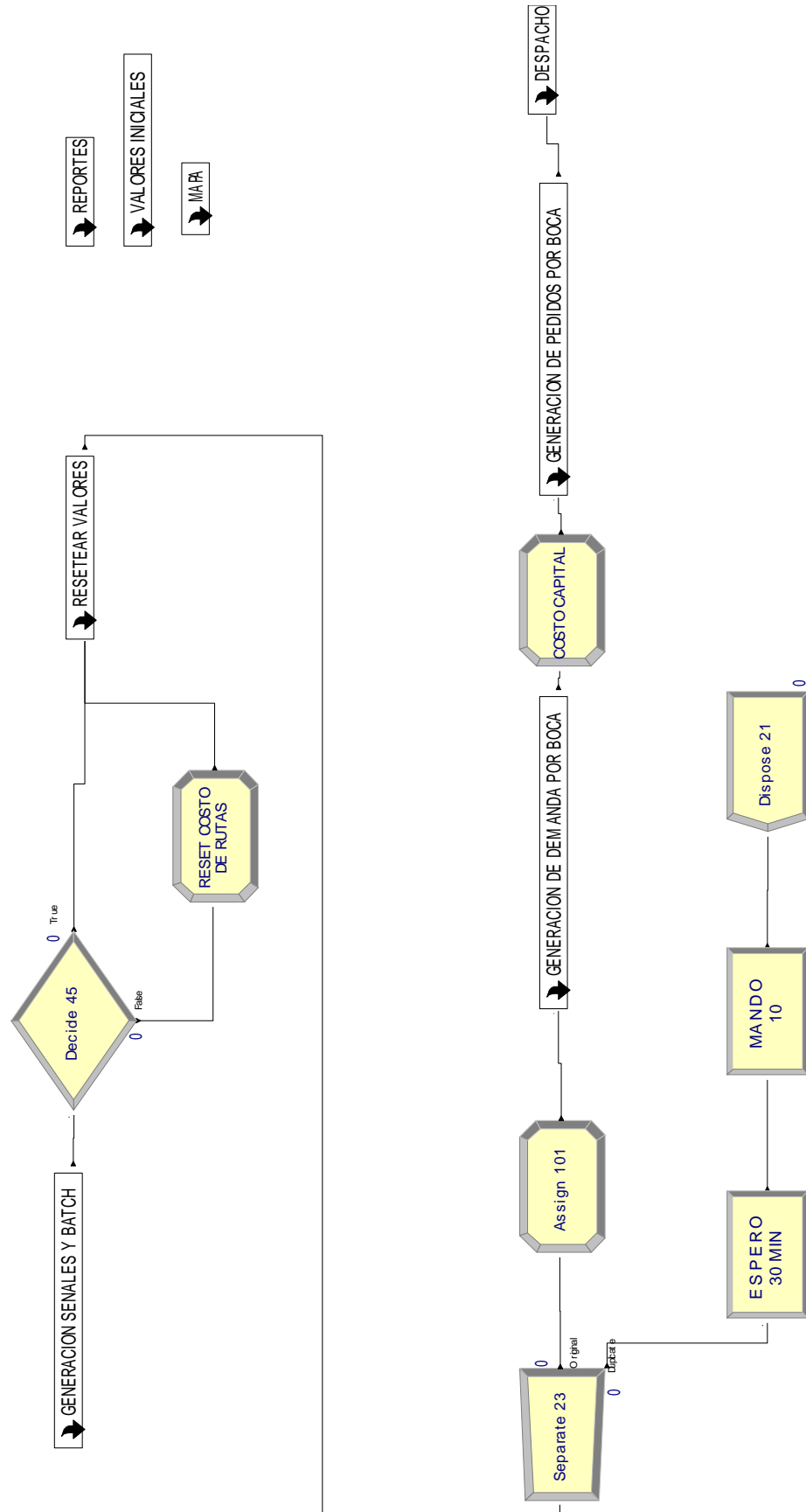


Gráfico 3.2 – Flujograma principal

## Generación de entidades

La entidad es un concepto fundamental de la simulación. Básicamente consiste en un elemento que recorre el flujo del programa disparando instrucciones y transportando datos propios. Adicionalmente el ARENA 5.0 tiene algunas funciones que trabajan sobre las entidades como el armado de colas, priorización, esperas, etc.

Este proceso marca el inicio del día. Dado que el modelo debe representar la situación de todos los productos en todas las bocas, se deben realizar cálculos para cada unidad producto-boca, es decir, que si hay 25 bocas y 500 productos por boca se deberá operar las 12.500 combinaciones de productos y boca para definir la necesidad de stock, demanda, etc..

La simulación cuenta con dos esquemas de trabajo que se asignaron a cada bloque por razones de simplicidad en la programación.

El primero consiste en una entidad que recorre el lazo de programación 12.500 veces hasta completar los procesos. Sin embargo, por momentos, se determinó conveniente trabajar con 12.500 entidades que atraviesan las etapas una detrás de la otra. Es por esto que en este módulo se generan todas las entidades que se utilizarán en etapas posteriores.

Al final del día, todas las entidades generadas son dadas de baja, por lo que su generación es un proceso diario en tiempos de simulación.

Una vez integradas, se les asignan propiedades asociadas al producto y la boca como, por ejemplo, el código de producto o el volumen mínimo de transporte. La información que perdurará al final del día se almacena en matrices de datos de 500 x 25, si es un dato referido a productos por boca.

A continuación se muestran los tipos de matrices según la información que contienen:

- La información referida a cada producto en cada boca requiere matrices de 500 x 25 (500 productos en 25 bocas)
- Si se deben representar características del producto en sí, como el volumen, se requerirán matrices de 500 x 1
- También es necesario incluir propiedades de las categorías de productos, este modelo cuenta con 50 categorías, por lo que la información de categorías para cada boca se almacena en matrices de 50 x 25 y la descripción de las categorías requiere matrices de 50 x 1

- Existen además matrices referidas a otros conceptos como rutas o bocas que cuentan con el mismo tratamiento

Otra función importante de este módulo es el relevamiento de indicadores del proceso.

Antes de procesar la jornada se almacenan algunas variables que servirán al análisis de performance. Existen dos tipos de indicadores, aquellos que se miden con recurrencia diaria y los que se toman al final de la corrida.

El primer grupo cuenta con dos variables que permitirán definir el período de “warm up”, la primera variable muestra la evolución del stock total, es decir la suma de unidades de productos en stock de todas las bocas. Si bien ésta no tiene validez para el análisis, su evolución sirve de indicador de estabilidad de la simulación.

Cada corrida requiere condiciones iniciales que pueden no guardar relación con la operación normal del Simulador. Es por eso que se deben excluir los primeros días del análisis. Para corroborar que el período de “warm up” es suficiente y no excesivo, se definió al stock acumulado como criterio de estabilidad.

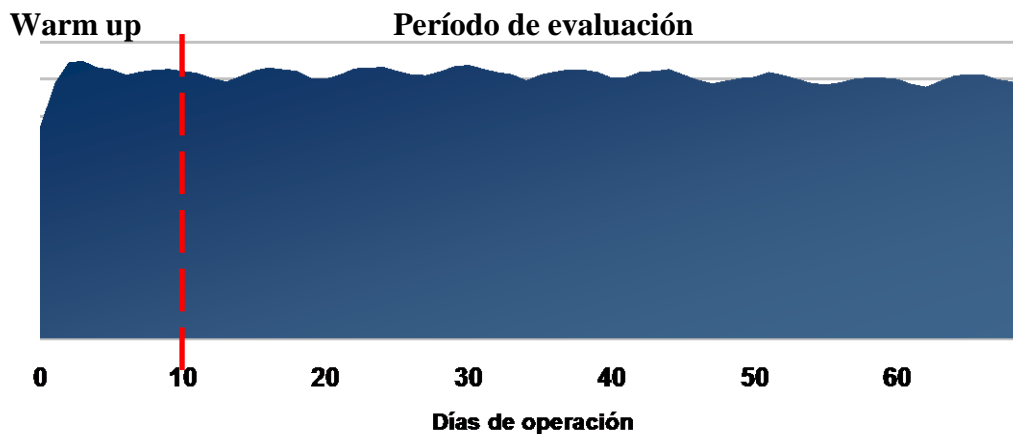


Gráfico 3.3 – Evolución de stock total

La segunda variable recurrente destaca la cantidad de productos que tienen nivel de stock nulo en todas las bocas. Se busca a través de este indicador reforzar el concepto de estabilización de las variables. Si, por ejemplo, se mostrara que hasta el día 10 no hubo quiebres de stock y, desde ese momento, esta situación se da cada 5 días, se podría argumentar que el modelo no estaba en régimen hasta el día 10.

El segundo grupo de variables se releva al final de cada corrida y se trata de magnitudes, en general, acumulativas:

### **Económicas**

- Costo variable por trayecto
- Amortización acumulada de vehículos
- Costo por inmovilización de capital
- Ventas en pesos

### **Operativas**

- Nivel de servicio perfecto
- Nivel de servicio final
- Demanda insatisfecha en volumen acumulada insatisfecha (nivel 1)
- Demanda insatisfecha en volumen acumulada insatisfecha (nivel 2)
- Unidades vendidas como primer opción del cliente
- Unidades vendidas como segunda opción del cliente
- Unidades vendidas como tercer opción del cliente
- Volumen vendido
- Volumen no vendido por cliente insatisfecho (nivel 1)
- Volumen no vendido por cliente insatisfecho (nivel 2)
- Volumen no vendido por cliente insatisfecho (nivel 3)
- Demanda total en unidades



- Mínima utilización de camiones
- Máxima utilización de camiones
- Utilización media de camiones
- % de ocupación de cada vehículo despachado

El módulo de generación de entidades incluye también la aplicación de condiciones iniciales de existencias.

Dado que los tiempos de cada corrida son extensos, es importante reducir el período de “warm up”. Para esto se buscaron condiciones iniciales que acerquen los indicadores de estabilidad a valores de régimen. Se ubicaron así todos los niveles de stock iniciales a 1,4 días de demanda.

Adicionalmente, este módulo realiza otras tareas como reseteo de variables y cálculos entre variables de entrada como factores de conversión (ej. unidades – volumen).

## **Generación de demanda, consumo e impacto comercial**

Siguiendo con la descripción del flujo del programa, se genera luego la demanda por producto y boca, utilizando una distribución gamma con parámetros obtenidos de datos históricos.

Para este módulo se decidió aplicar un esquema de una entidad, repitiendo el lazo de programación 12.500 veces, es decir que los procesos explicados aquí se repetirán otras tantas veces por día.

El módulo puede dividirse en tres partes: demanda, consumo e impacto comercial y definición de necesidades.

## **Demanda:**

El proceso de generación de demanda está alineado con la metodología de determinación de variables aleatorias explicada anteriormente. Se buscó que el modelo represente de la mejor manera tanto el comportamiento de los productos como el del negocio en general.

Se entendió, para el diseño de este modelo, que el driver principal de la demanda de una boca es la cantidad de clientes que llegan a la misma. Es decir que la variabilidad en ventas se verá afectada principalmente por este indicador. Se representa este efecto en el modelo al simular una estacionalidad semanal con un comportamiento aleatorio. Sobre ese volumen de clientes se deberán distribuir las ventas individuales de los productos, es decir en qué proporción esos clientes consumirán cada producto.

Es importante aclarar que existe un gran potencial de mejora del modelo a través del refinamiento de la simulación de la demanda. Sin embargo, este proyecto no hará foco en los análisis que soportan al Simulador sino al desarrollo en sí de la herramienta.

A continuación se presenta el flujograma de generación de demanda del Simulador:

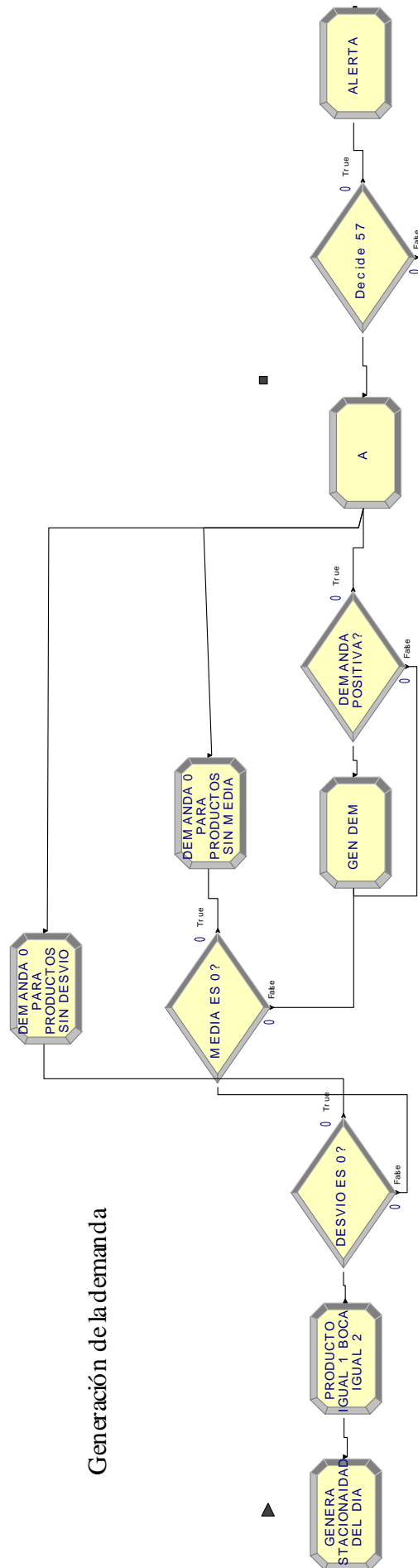


Gráfico 3.4 – Fluograma de generación de la demanda

Este esquema arroja resultados muy distintos a un modelo de aleatoriedad independiente entre ítems, ya que en este último las variabilidades son totalmente compensadas convergiendo a un modelo de resultados globales muy estable. A continuación se muestra el esquema de generación de la demanda por producto y boca

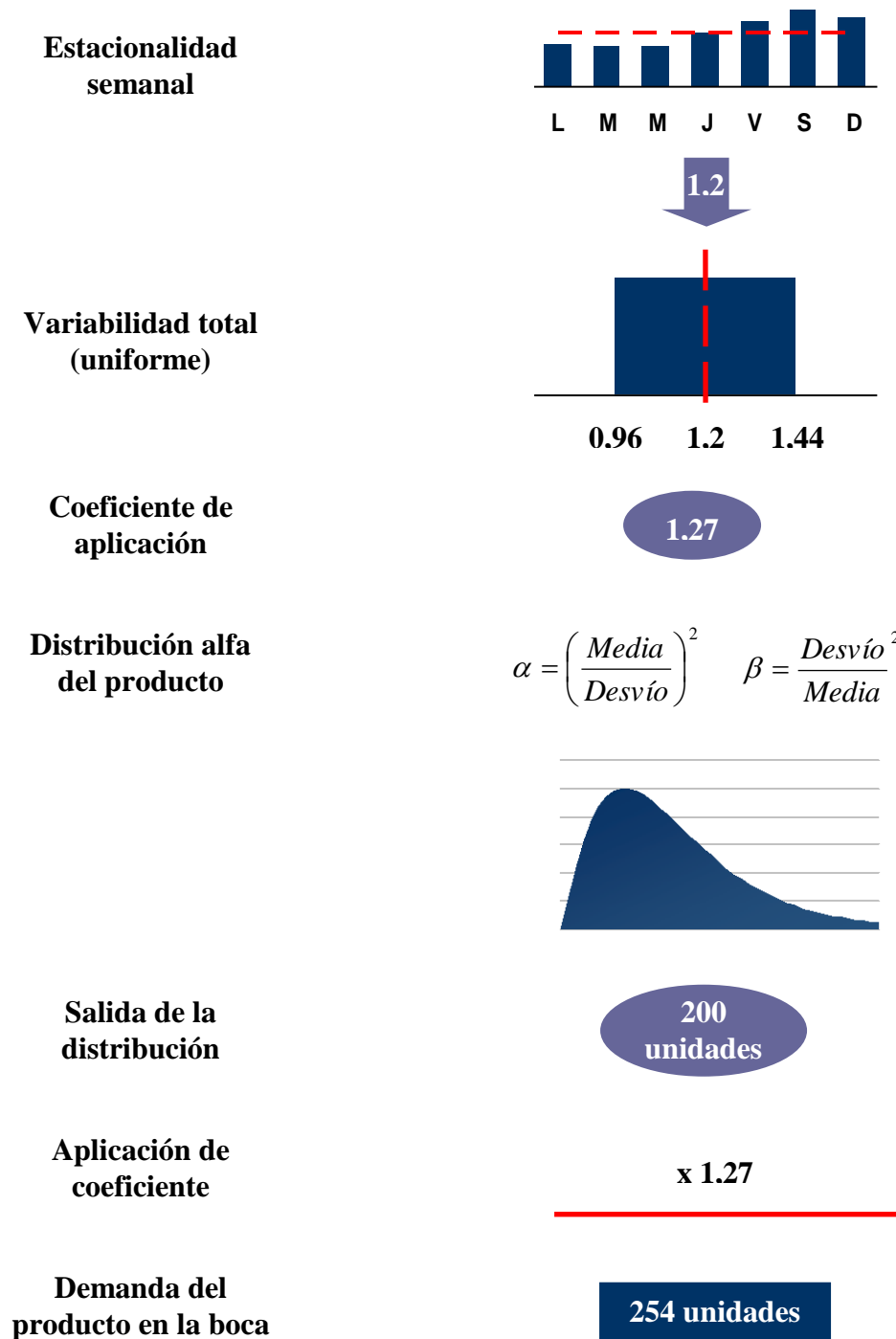


Gráfico 3.5 – Esquema conceptual de la generación de la demanda

El resultado final se aproxima al entero más cercano para no dividir las unidades demandadas

### **Consumo e impacto comercial:**

El algoritmo fue diseñado para describir lo mejor posible, el comportamiento del cliente ante una falta del producto que busca en góndola.

Se definieron tres acciones como árbol de decisión del consumidor:

- Su primera acción es elegir un producto y buscarlo.
- Ante una insatisfacción la segunda acción del cliente puede ser la selección de otro producto de la categoría o no comprar.
- Si se repite esta situación para el segundo producto el cliente puede (tercera acción) no comprar o llevarse el producto que encuentre en stock sin importar la marca.

De no haber productos de la categoría en góndola el cliente no tiene otra opción que no comprar.

El árbol de decisión a continuación intenta resumir el algoritmo utilizado:

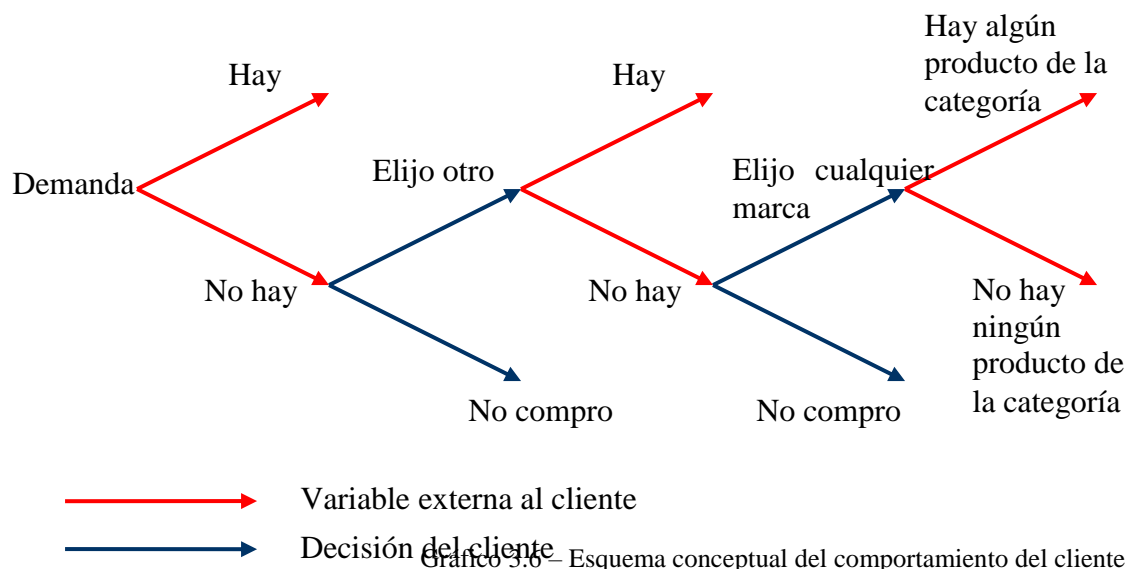


Gráfico 3.6 – Esquema conceptual del comportamiento del cliente

Cada vez que el cliente se decide por otro producto diferente al que buscó en góndola, se utilizó la participación de los otros productos y se derivó el volumen que hubiera comprado el cliente a otro producto de la misma categoría.

Es importante aclarar que si bien esta explicación está hecha por cliente, la simulación trabaja con demandas totales diarias, es decir, que el volumen de demanda insatisfecha se distribuye en las demandas medias de los otros productos, para representar la nueva decisión de los clientes insatisfechos.

El árbol de decisión muestra el primer impacto económico del faltante de stock, que es la “no venta” de los productos que no se encontraron en góndola y el cliente decidió no reemplazarlo.

Adicionalmente, la simulación cuenta con otro impacto de largo plazo que es muy difícil de estimar, pero ignorarlo implicaría un subdimensionamiento del impacto económico por faltantes de stock.

De esta manera, cada vez que un cliente decide no comprar, se considera que en alguna medida ese consumidor está insatisfecho y la imagen de la cadena se ve deteriorada. Si esto se repite con regularidad, la cadena perdería clientes produciendo una caída de la demanda total de productos.

Este fenómeno fue simulado tomando en consideración que la magnitud del impacto no es la misma para todas las categorías. A modo de ejemplo: no es lo mismo que falte un envase de litro y medio de una gaseosa de primera marca a que haya un quiebre de una marca de esencia de vainilla.

Es por eso que se dividió a los productos en 5 niveles de impacto. Los diferentes niveles representan cuántas veces, en promedio, debería faltar ese producto para que el cliente decida cambiar de cadena de supermercado.

También se asumió que una insatisfacción de tercer nivel, es decir la tercera opción del cliente tendrá un impacto mayor que una de primer nivel, ya que significaría que no hay productos de la categoría en góndola. Esto es lo que hay que evitar!!!

Si bien el efecto del impacto comercial es estimado, es importante considerarlo. Podría ser de mucha utilidad para evaluar si se requerirá segmentar los criterios de reposición por producto y en qué medida se deberá favorecer a los más importantes sin excederse.

El consumo de productos se representa en una caída del stock en la misma cantidad de la demanda del día. Una vez actualizadas las existencias, se estará en condiciones de definir la necesidad de cada producto.

A modo indicativo se muestra un bosquejo del complejo flujograma que describe este proceso en el Simulador:

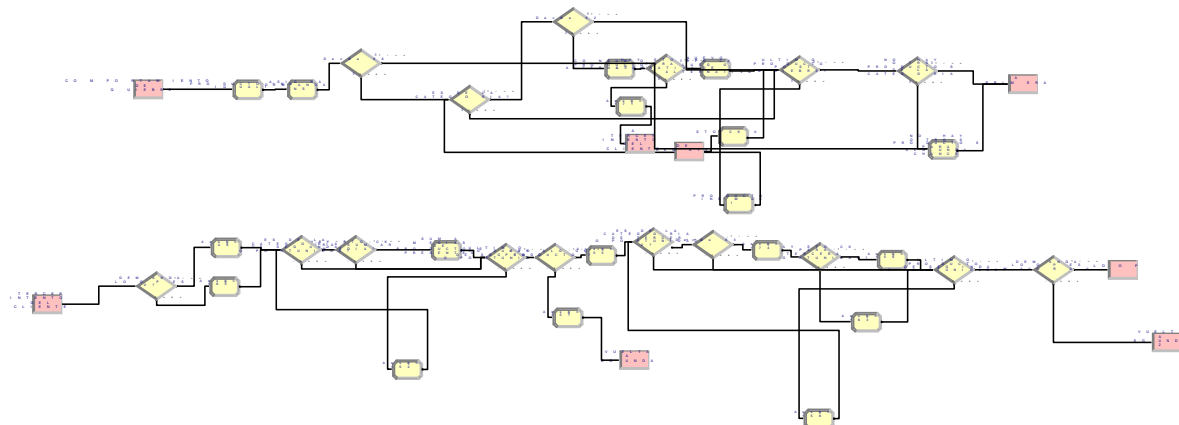


Gráfico 3.7 – Flujograma del comportamiento del cliente

## **Definición de necesidades**

Es el concepto primario para la distribución. Es el indicador de peso de cada producto para dedicarle un recurso escaso: el transporte.

Es importante entender que este valor debe ser definido únicamente con información accesible por el centro de distribución. Es decir que, si el factor que determina la necesidad es el stock del producto en la boca, deberá existir algún sistema informático que transmita este dato al centro de distribución para que tome la decisión de despacho.

Los efectos abarcados por el Simulador en cuanto al comportamiento del cliente, permiten conocer el impacto que una función de necesidad puede implicar en muchos frentes. Por ejemplo, dado que el impacto comercial del faltante de todos los productos de una categoría es muy fuerte (como se mostró en el capítulo anterior), la función de necesidad podría incluir una alerta por simultaneidad de requerimientos de productos de la misma categoría en una boca determinada.

**Es en este tipo de facilidades que la simulación se destaca sobre otros criterios de optimización.**

En principio, la definición de la necesidad persigue un esquema de niveles de stock que cuenta con dos parámetros fundamentales, el stock máximo y el nivel de reposición:



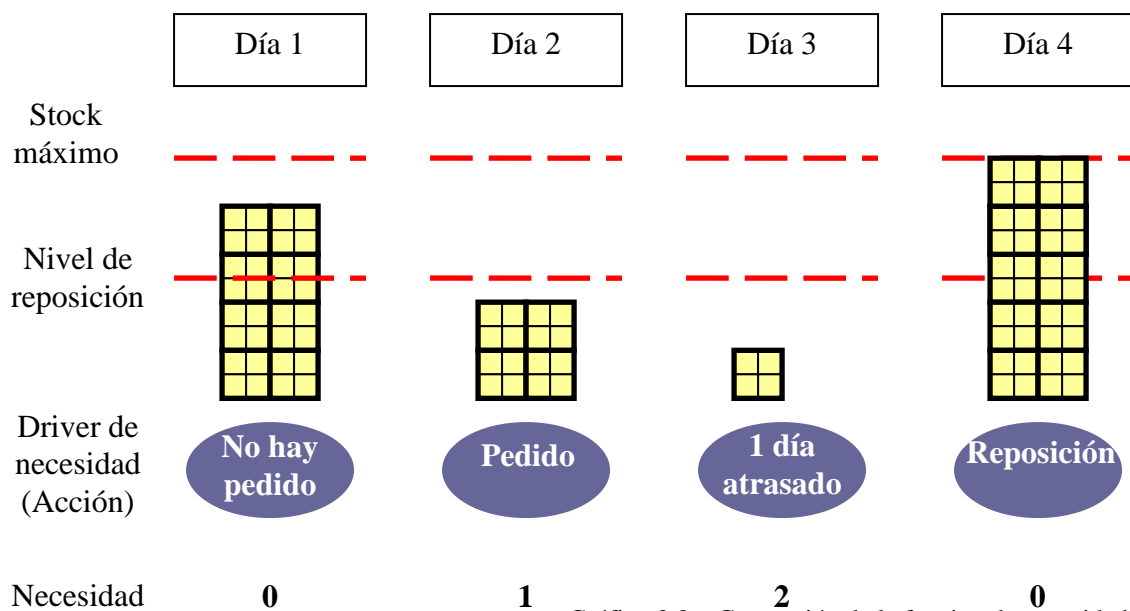


Gráfico 3.8 – Generación de la función de necesidad (tradicional)

En el esquema de arriba se ve cómo se genera la necesidad en un modelo tradicional de reposición.

Se diseñó además un modelo con reposición centralizada, donde el centro de distribución conoce los niveles de stock de todas las bocas, permitiéndole una mejor designación de recursos y una asignación de necesidad más refinada.

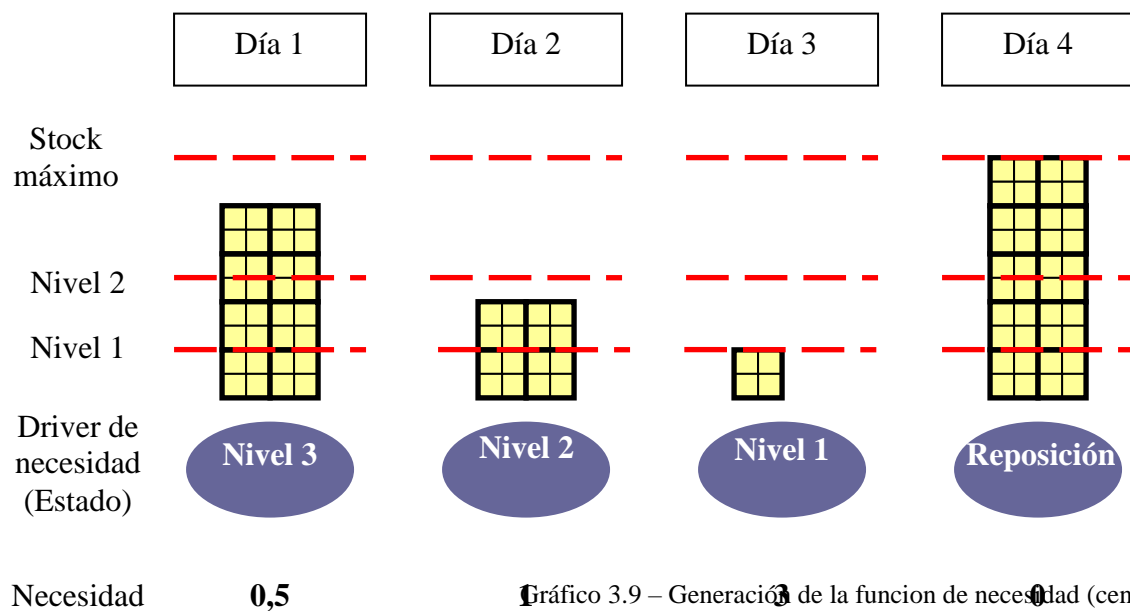


Gráfico 3.9 – Generación de la función de necesidad (centralizado)

Como se puede ver, el esquema de información centralizada es diferente. En este caso no es el pedido lo que dispara la necesidad sino el nivel de stock. Esto le permite al CD optimizar su función de necesidad con más grados de libertad, tanto modificando el impacto de cada nivel como definiendo niveles a discreción.

Adicionalmente, la centralización permite al centro de distribución despachar productos con baja necesidad, simplemente para mejorar la ocupación de los vehículos. **En el esquema tradicional esto no era factible porque el distribuidor no tenía conocimiento sobre los stocks y por lo tanto no sabía si había capacidad para agregar productos que no fueron pedidos.**

Nuevamente se presenta un bosquejo de esta etapa del Simulador:

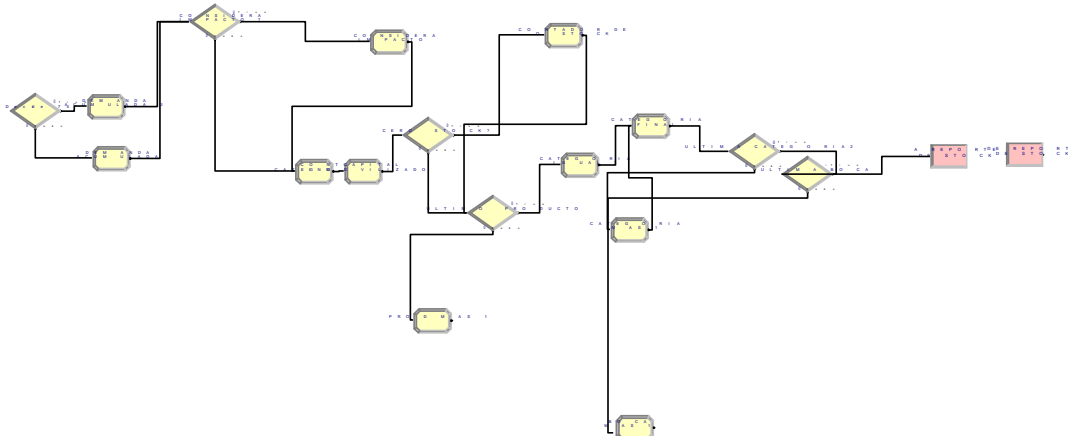


Gráfico 3.10 – Flujograma de generación de necesidad

Realizando pruebas cortas en el modelo centralizado, se determinó una función de necesidad eficaz en su objetivo de detectar productos que entrarían en falta absoluta de stock.

Se definió una necesidad de cero cuando el stock se encuentra sobre un nivel definido y se aplicó, a partir de este punto, un crecimiento de pendiente creciente a medida que éste disminuye. Adicionalmente se aplicó una necesidad extra cuando el producto tiene cero stock:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Necesidad} & \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ \left[ \frac{(\text{Stock} - \text{Stockmax})}{\text{Demanda media}} \right]^5 \\ \left[ \frac{\text{Stockmax}}{\text{Demanda media}} \right]^5 \times 2 \end{array} \right. & \begin{array}{l} \text{Si stock} > \text{stock min} \\ \text{Si stock} < \text{stock min} \\ \text{y} \\ \text{stock} > 0 \\ \text{Stock} = 0 \end{array}
 \end{array}$$

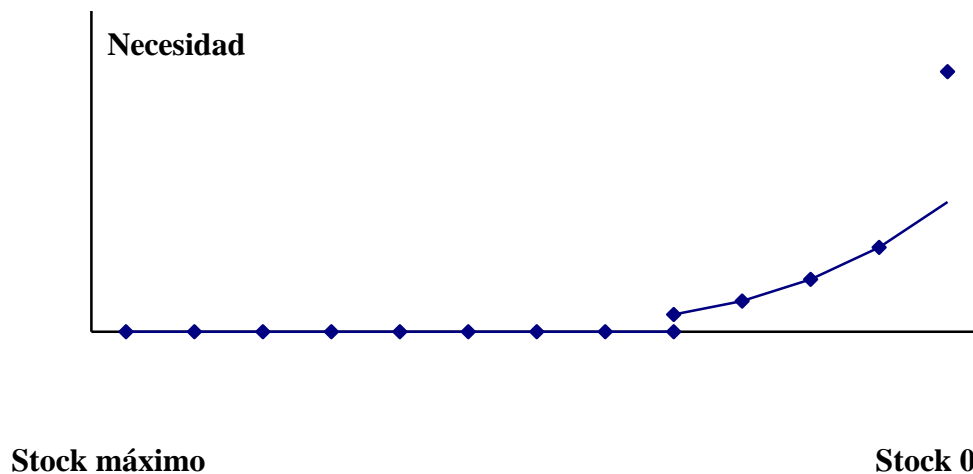


Gráfico 3.11 – Función óptima de necesidad (centralizado)

Para determinar los niveles, en ambos modelos se utilizaron como criterio, los días de demanda de cada producto en cada boca. Estos coeficientes son variables de a optimizar.

Las necesidades de cada producto en cada boca se almacenan en una matriz de 500 x 25, esta información será clave para el próximo módulo del programa.

## Armado de camiones potenciales con productos priorizados

Este es el módulo de mayor complejidad en la simulación. Consiste en el ordenamiento de necesidades de manera tal de tomar la mejor decisión en el armado y despacho de camiones.

Para aprovechar las facilidades del ARENA 5.0 en el tratamiento de colas se utilizó un esquema de flujo de entidades donde cada una representa a un producto en una boca, llevando al manejo de 12.500 entidades.

Cada entidad lleva consigo toda la información relevante del producto y la boca, así como la cantidad de unidades requeridas para que se complete el nivel de stock máximo definido para ese producto en esa boca y la necesidad determinada anteriormente y archivada en una matriz.

El bosquejo de flujograma en el Simulador es:

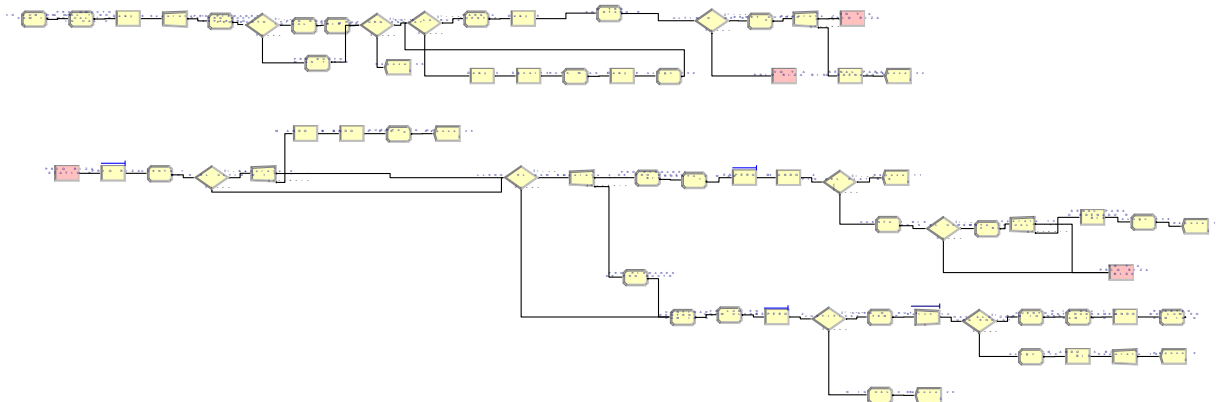


Gráfico 3.12 – Flujograma de armado de camiones potenciales

Es importante entender el esquema de competencia entre productos que debió aplicarse a la simulación.

En primer lugar, todos los productos de una ruta competirán entre ellos para ingresar al primer camión potencial. Para esto, se ordenan las entidades según su necesidad y se ingresan una a una al camión potencial hasta que éste queda saturado.

El volumen requerido por cada producto es el necesario para llevar el nivel de stock al máximo definido (que es una variable importante de ajuste). El esquema simplificado del algoritmo se muestra a continuación:

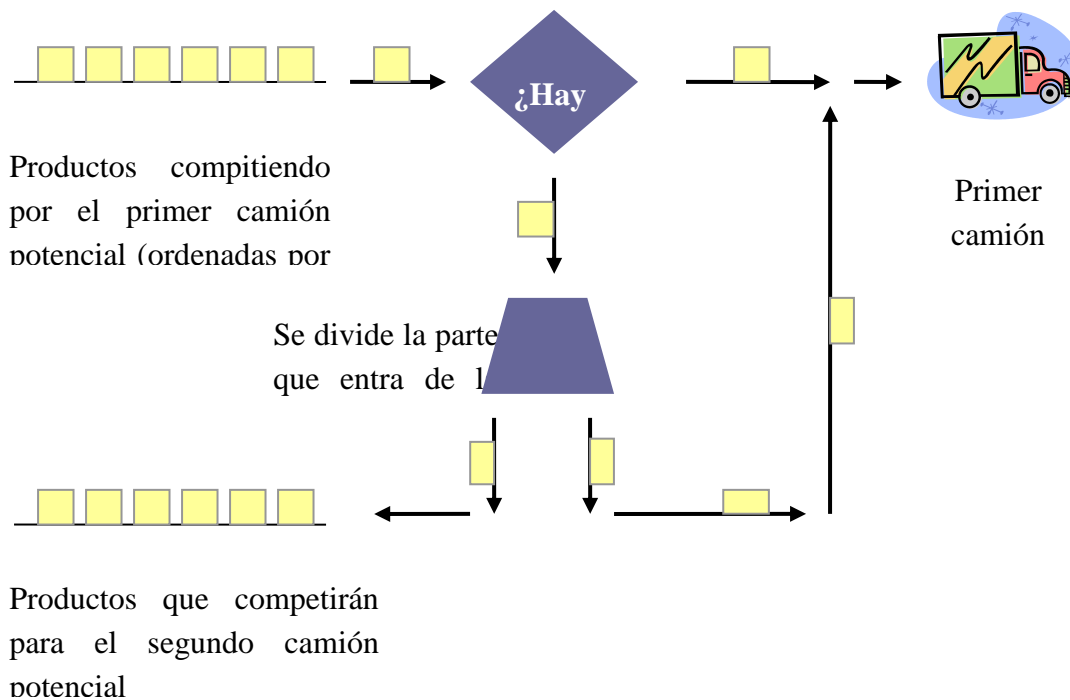


Gráfico 3.13 – Esquema conceptual del armado de camiones

Una vez que todos los productos atraviesan el primer estadio, se inicia la competencia por el segundo camión potencial con los productos remanentes.

Este ciclo se repite hasta que todos los productos se encuentran dentro de algún camión potencial. Una vez que se arriba a esta situación, se inicia nuevamente el proceso con productos de la segunda ruta.

Es evidente que el primer camión potencial será el que acumule mayor necesidad en sus productos por el orden en que se armaron.

Para programar el armado de camiones se utilizan facilidades provistas por el ARENA 5.0 para agrupar entidades en una que represente este camión potencial.

También se aprovecharon las funciones de armados de colas para ordenar las entidades en el proceso. Es importante aclarar que, si bien el esquema resumido es simple, el programa

cuenta con muchos contadores y funciones intermedias haciéndolo mucho más complejo de lo que parece en dicho esquema.

Al final del proceso se forma una cola nueva de camiones potenciales que será la base para que compitan las rutas por los vehículos disponibles.

### **Competencia de camiones potenciales, despacho y abastecimiento**

Una vez ordenados los camiones potenciales de todas las rutas se inicia un proceso simple de selección.

Se aplica a cada camión potencial una función de necesidades incorporadas a sus productos, por ejemplo: la suma de necesidades.

Se define entonces que el camión que suma el mayor índice de necesidad en sus productos, tomará el lugar prioritario en la cola de competencia. Luego se corta la cola conservando el mismo número de camiones potenciales que camiones reales y se descarta el resto.

Cada camión recorre la ruta que le corresponde vaciando su contenido e incrementando los niveles de stock a medida que recorre las sucursales.

Como se dijo antes, cada camión tiene tiempo de recorrer una única ruta por día; de cualquier manera el Simulador es flexible a un cambio en este esquema, permitiendo que un camión realice varios viajes en una jornada. Flujograma del Simulador:

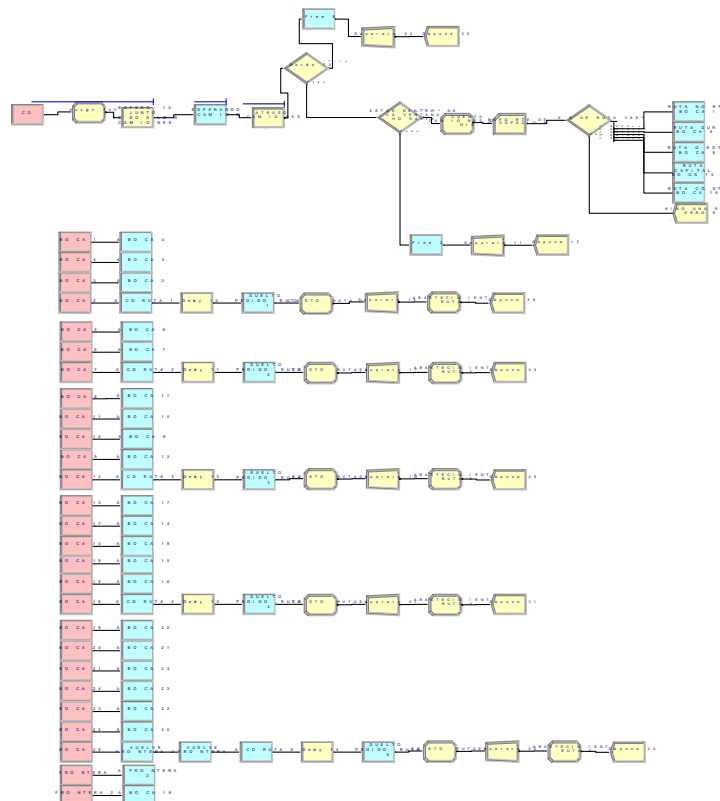


Gráfico 3.14 Flujograma del despacho de camiones

Se desarrollaron para esta simulación cinco rutas de las cuales cuatro son de GBA (Zona norte, Zona Sur, Zona Oeste y Capital) y la quinta recorre la costa atlántica.

Una vez transcurridas todas las operaciones se descartan las entidades del modelo limpiándolo para comenzar un día nuevo y repetir el proceso.



## Otros módulos

El Simulador cuenta además con módulos que no son parte del proceso principal:

### Cálculo de variables económicas

Se definen día a día los sumideros de recursos de transporte, amortización de camiones y capital inmovilizado. El costo de transporte se genera al realizar un viaje en una ruta, obviamente dependerá de la distancia recorrida (combustible y desgaste) y los peajes que se interpongan. Consecuentemente la ruta atlántica será la de mayor costo por viaje.

Para obtener el costo por capital inmovilizado, se suma todo el stock valorizado en las bocas de la cadena y se aplica una tasa diaria y se suma día a día este valor. Este es un costo de oportunidad y se fundamenta en un concepto de costo de capital, por lo que no generaría egresos reales contables aunque sí financieros, representados en la construcción del capital de trabajo de la operación. Si bien el cálculo no es idéntico, se buscó una representación económica de este fenómeno para hacerlo comparable con los otros ratios operativos.

Finalmente, se consideró el costo de adquisición de los productos. Para eliminar las condiciones especiales al inicio y al final de la ciclo de simulación, se activaron las compras de los productos una vez vendidos. Esto permite asegurar que este gasto está asociado exclusivamente a los productos vendidos y no incluye la adquisición de productos que quedarán en stock, así como la venta de artículos que no fueron comprados por encontrarse en el stock inicial de la corrida.

El esquema utilizado para la evaluación de la rentabilidad es sólo de tipo económico, que permite identificar fácilmente las fuentes y sumideros de valor.

Sin embargo se podría asumir adicionalmente un enfoque financiero que considere la compra de vehículos y stock, la operación y la reventa de los activos adquiridos al final de la corrida. Descontando los flujos generados con la WACC se definiría un valor actual de la operación que considere de manera mas precisa los efectos indicados arriba. Esta es otra oportunidad de mejora del modelo, la de generar dos métodos de rentabilidad del negocio, uno económico y otro financiero.

## Diseño de la interfase gráfica

Se diseñó una interfase para que el usuario pueda monitorear cómo se despachan los camiones día tras día. Lamentablemente, el volumen de información manejado no permite que se actualice la imagen en tiempo real, pero si se reduce la cantidad de productos se puede observar, en forma cualitativa, cómo opera el modelo:

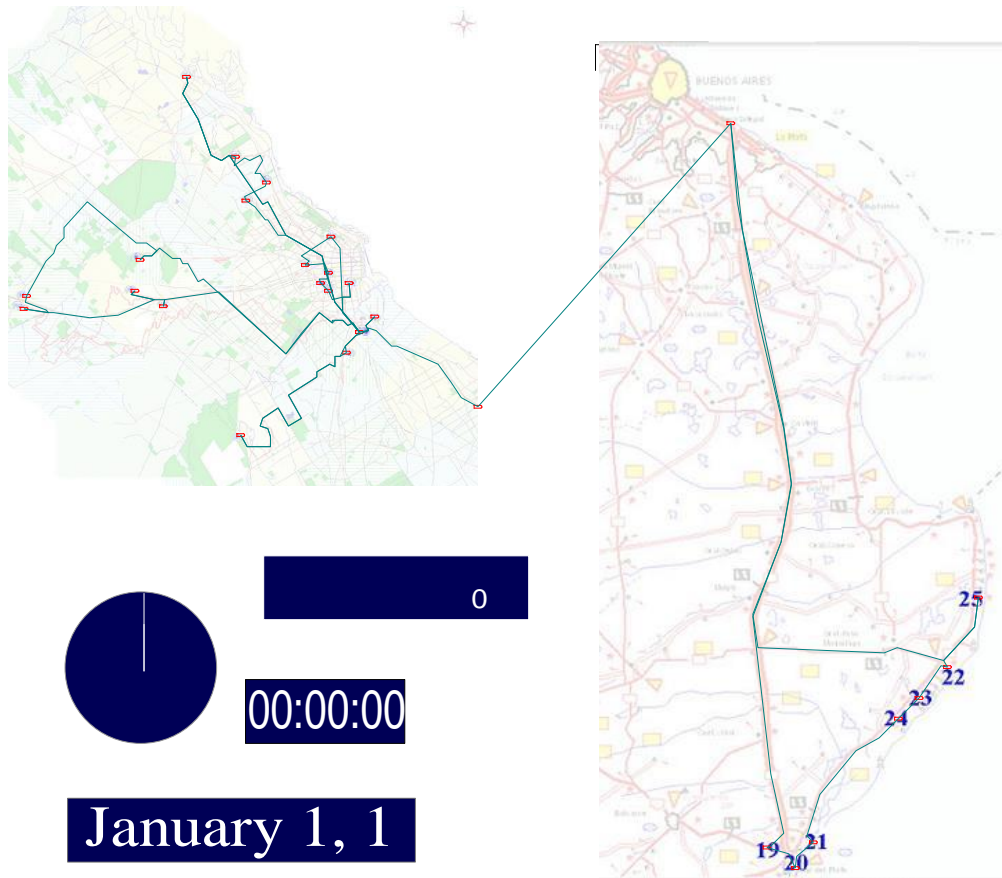


Gráfico 3.15 Vista del programa: Mapa

## **IV**

**Caso de análisis:**

**Las ventajas del Simulador**

Para mostrar la utilización del Simulador como herramienta de gestión, se instrumentará un análisis a modo de ejemplo de lo que esta aplicación puede dar.

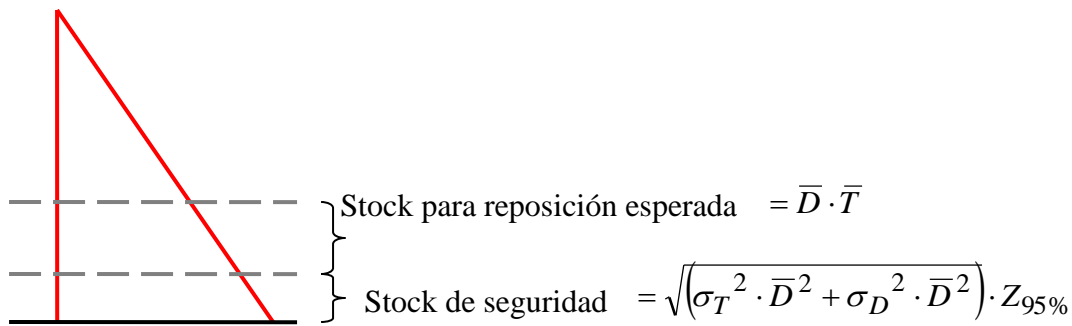
A su vez, se mostrarán los estudios estadísticos requeridos para corroborar la validez de dicho análisis. Si bien el análisis será breve mostrará todas las etapas de análisis requeridas para una conclusión de este tipo

El objetivo de este caso será analizar los beneficios operativos de la utilización del Simulador. Para esto se compararán resultados de un esquema de optimización convencional y la metodología que requiere el Simulador para obtener el óptimo esquema de funcionamiento del negocio.

Esto implica que se utilizará la herramienta con dos objetivos diferentes. En el caso de optimización convencional, el Simulador servirá para representar la realidad de la aplicación de las palancas de gestión definidas por métodos que nada tienen que ver con el programa. En el segundo caso, la herramienta no solo evaluará resultados sino que será utilizada para definir estos parámetros de ajuste, buscando optimizar la rentabilidad del negocio.

Como se explicó anteriormente una diferencia entre los dos modelos es el objetivo de optimización. En el primer caso, la metodología de definición de parámetros operativos se conectaba con la gestión comercial a través del nivel de servicio. Para este caso se definió como política de servicio cumplir, en un 95% de las veces, con la demanda de todos los productos.

Para lograr esto con herramientas convencionales se debe definir el punto de reorden así como el stock máximo de cada producto. Para el primer parámetro se utilizó la fórmula que define el stock de seguridad, que puede verse en el esquema a continuación:



Siendo.

D: demanda diaria

T: Lead time

Para obtener el lead time medio y su variabilidad se realizaron algunas corridas previas al análisis. Esto representaría la información histórica de la cadena con respecto a estos parámetros. Se obtuvo de esta manera un período medio de abastecimiento de 0,7 días (desde que finaliza el consumo hasta que se repone el stock) y una variabilidad de 0,8.

Debe aclararse que el modelo de stock de seguridad se basa en una distribución normal, que el modelo no simula. Sin embargo es una aproximación que se acepta en la operación común de los almacenes.

Esta fórmula se aplicó para cada producto en cada boca y se corrió el modelo. El esquema de abastecimiento fue el tradicional, que utiliza la función de necesidad explicada anteriormente.

Para el esquema optimizado con el Simulador se diseñó un proceso de análisis que tiene una justificación estadística de acercamiento al óptimo. En este caso el objetivo de ajuste no fue el nivel de servicio son la utilidad del ejercicio. Esto permitió contemplar la totalidad de los impactos de la gestión en la definición de los parámetros de operación.

Se aplicó un modelo de abastecimiento centralizado que permite al distribuidor conocer todos los niveles de stock para priorizar sus pedidos. El simulador mismo probó que esta metodología es más eficiente que la tradicional, razón por la cual se decidió su utilización.

El modelo cuenta con cuatro fuentes de costos: la compra de camiones, el capital inmovilizado en stock, los costos variables de transporte y la pérdida de ventas por quiebre de stock. Es por eso que el objetivo de cualquier esquema de abastecimiento será el de reducir existencias, requerir la menor cantidad de camiones, realizar la menor cantidad de viajes posibles y maximizar el nivel de servicio.

Es evidente que los cuatro intereses son conflictivos entre sí por lo que las magnitudes de cada uno definirán el punto óptimo de trabajo. Es por eso que se eligió el siguiente esquema de trabajo para seleccionar el modelo de gestión óptimo del negocio



Gráfico 4.1 Pasos para la optimización con el Simulador

Este proceso se realizará únicamente en el optimizado por el Simulador. El objetivo consiste en obtener el modelo óptimo dentro del esquema evaluado y mantener la rigurosidad estadística del análisis.

## Consideraciones previas

Previo al desarrollo de las pruebas se detectaron las variables de ajuste más significativas del modelo. El concepto englobado por dichas variables son los grados de libertad que tienen los operadores logísticos para optimizar el proceso de abastecimiento. Para ser lo más neutrales posibles con los modelos bajo análisis se optimizaron los dos esquemas con estas variables para utilizar el mejor valor de cada caso. Las variables seleccionadas son:

- Nivel de stock máximo
- Niveles de stock indicadores de necesidad o reposición
- Cantidad de camiones

La selección de cantidad de días e la corrida se decidió teniendo en consideración el tiempo de “warm up” y el hecho de que una corrida más larga disminuye la variabilidad de la misma, exigiendo de esta manera, una muestra de menor tamaño. Si la corrida no demandara tanto tiempo se podría elegir un período de un año, sin embargo esto tomaría alrededor de 70 minutos por corrida, complicando el relevamiento estadístico necesario. Es por esto que se utilizaron períodos de análisis de tres meses más “warm up”

## **Determinación del tiempo de Warm up**

Para esta etapa los modelos deben estar definidos. Con el objetivo de reducir el tiempo de calentamiento se aplicaron stocks iniciales aleatorios para cada producto procurando imitar un estado normal de operación lo antes posible. Se definieron variables de ajuste a priori con criterios de razonabilidad. Este estado servirá para definir el tiempo de “warm up” y los tamaños de las muestras, a su vez, será considerado como base para los futuros ajustes de variables.

Los resultados en la evolución del stock total para los dos modelos se muestran a continuación. Se puede ver que es razonable tomar tiempos de “warm up” de 10 días.

## **Medición de la variabilidad de la corrida**

El objetivo de determinar la variabilidad de la corrida es el de definir el tamaño de las muestras requeridas para alcanzar un intervalo de confianza satisfactorio en la estimación del valor esperado de los resultados.

Para conocer el intervalo se requieren dos parámetros fundamentales: la variabilidad y la forma de la distribución de probabilidad. Hasta ahora no se ha determinado la distribución de resultados de cada corrida, tradicionalmente en situaciones de este tipo se generan pequeños grupos muestrales (20 a 30 corridas) y se considera a cada uno de estos grupos como un elemento da análisis. Este proceso garantiza la forma de la distribución ya que los grupos muestrales, por el teorema central del límite, manifestarán una distribución gaussiana.

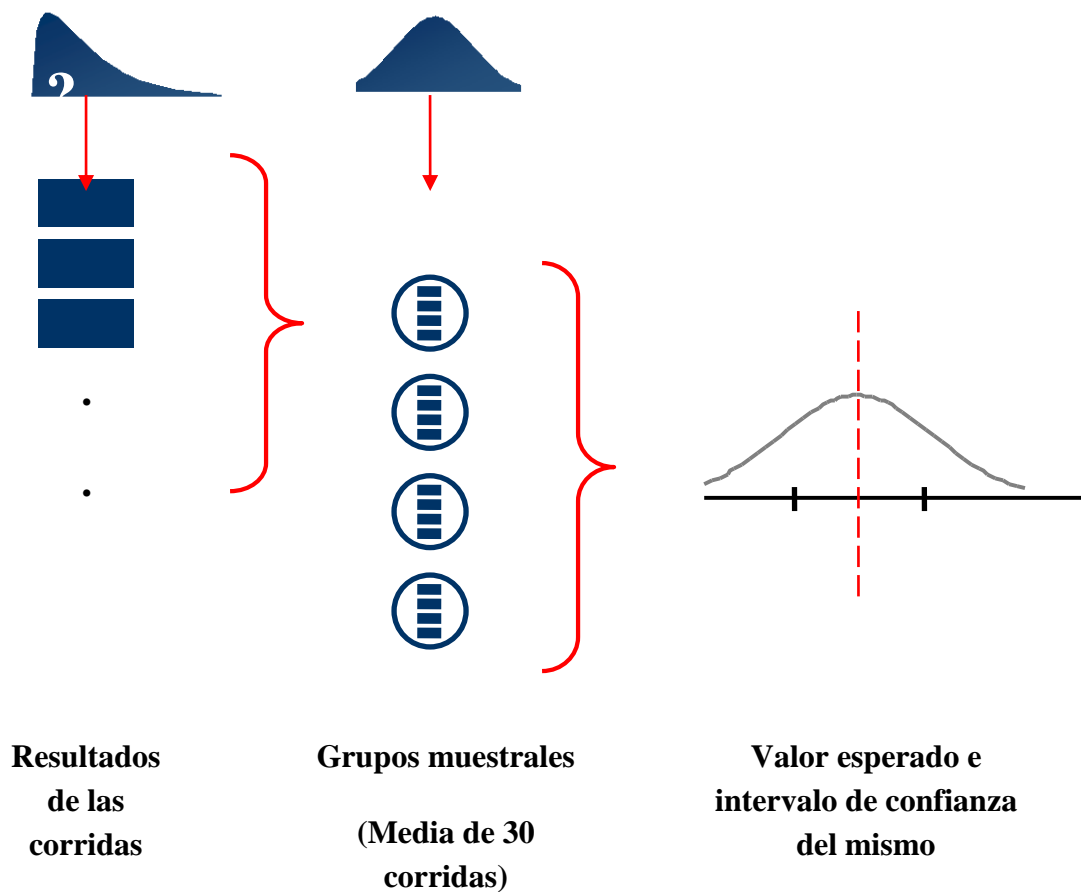


Gráfico 4.2 Esquema convencional de normalización de la smuestras  
Si bien este proceso cuenta con fundamentos estadísticos sólidos, requiere una gran cantidad de corridas haciendo inviable el análisis en un tiempo razonable. Se debe considerar que este proceso de obtención de esperanza con intervalo de confianza deberá repetirse para cada combinación de variables de ajuste necesaria.

Si se aplican los 12 segundos por día de simulación para 30 corridas de 70 días se requerirá un tiempo real de 420 minutos por muestra. Es por esto que se decidió un método alternativo de aproximación al valor esperado. El mismo consiste en un análisis previo que determine la forma de la distribución de probabilidad de cada corrida. Para esto se corrió el modelo 100 veces y se levantó un histograma de frecuencias. Una vez realizado se adaptó el mismo a una distribución razonable que lo describa. El resultado de esta etapa se puede ver a continuación.

Este análisis se realizó con el caso centralizado, entendiéndose que la forma de la distribución de probabilidad sería similar en ambos casos.



Se definieron segmentos para la construcción el histograma que incluyan la misma cantidad de observaciones (14) determinando de esta manera siete grupos. Las catorce observaciones divididas por el segmento que ocupan definió la frecuencia observada por unidad de medida y se le asignó dicho valor al punto medio de cada segmento. La variable relevada fue la utilidad del período ya que será el valor objetivo de la simulación y el tiempo de procesamiento de las 100 corridas fue de 786 minutos. El histograma resultante se puede ver a continuación.

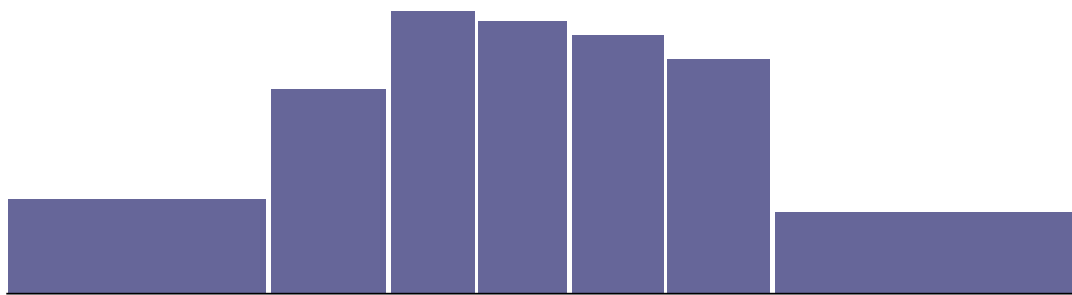


Gráfico 4.3 Histograma de frecuencias relevado

Para realizar el ajuste a una distribución de probabilidad se prefirió comparar con distribuciones conocidas. La función de probabilidad que mostró mejor ajuste a la curva fue la distribución normal, que puede considerarse razonable ya que la utilidad, a grandes rasgos, está compuesta por la suma de demandas diarias que tiene una distribución gamma y rápidamente convergerá a la normal. Además no existen en la simulación situaciones de saltos discretos como podría ser alguna probabilidad de crisis que irrumpa con la tendencia del negocio. El gráfico a continuación muestra la bondad del análisis. De realizarse un número mayor de corridas el ajuste sería más preciso, pero el coeficiente de correlación de 0,971 muestra que el análisis es suficiente.

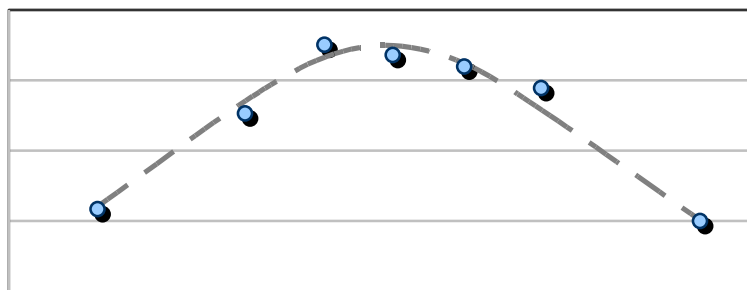


Gráfico 4.4 Ajuste a distribución normal

Se debe entender que no se está concluyendo que los resultados de la simulación persiguen un comportamiento gaussiano, sino que se deduce del análisis que asumir esa premisa no llevará a grandes errores en las estimaciones de intervalos de confianza y, por otro lado, será de utilidad para la aplicación de la prueba de Tukey que se llevará a cabo más adelante.

Aprovechando la generación de observaciones se obtuvo la variabilidad del modelo que, obtenida a partir del desvío estándar se estimó en 4.293 y la utilidad media fue de 279.777 . Con esta información se está en condiciones de definir el tamaño de las muestras tomando como objetivo un intervalo de precisión del 5% y un nivel de confianza del 95%. Asumiendo entonces una distribución normal del proceso se aplica la ecuación:

$$n = \left( \frac{Z \cdot \sigma}{X \cdot \text{Precisión}} \right)^2$$

Siendo:

N: Tamaño de la muestra

Z: Variable de distribución normal que acumula el 97,5% de probabilidad (Si bien debería utilizarse la distribución de Student, una muestra de 100 observaciones es suficiente para aproximar a la normal)

$\sigma$ : Desvío estándar de la muestra

X: Media de la muestra

Así se obtiene una muestra requerida de 2 elementos para alcanzar la precisión objetivo. Para cubrir el procedimiento por cambios en la variabilidad como consecuencia de modificaciones en las variables de ajuste se tomarán muestras de 3 observaciones.

La baja variabilidad del modelo favorece a la precisión, la causa de esta reducida incertidumbre se explica por la repetición en la generación de la demanda que compensa sus desvíos día a día. Es por eso que cuanto más larga sea la simulación, menor será la dispersión de sus resultados

## **Optimización de las variables de ajuste**

Las variables de ajuste seleccionadas pueden dividirse en dos grupos, las referentes a la utilización de los vehículos y las relacionadas con los niveles de stock. En cuanto a los camiones se define la cantidad a través de la definición del recurso “transport” tal como lo facilita el ARENA 5.0.. También se incluyó la posibilidad de prohibir el despacho de camiones con un nivel de ocupación menor a algún valor predeterminado. Realizando pequeñas corridas previas se definió este valor en 60% de la capacidad de los camiones para todos los escenarios.

En el otro grupo se encuentran los niveles indicadores de stock para cada producto. Se decidió tomar una política común para todos los productos a través de los días de demanda de cada producto. Por ejemplo para el caso base del esquema centralizado se utilizaron 3 días de demanda para definir el techo de stock y 2 días de demanda para determinar el nivel de inicio de la necesidad.

Al utilizarse un criterio tan general se muestran oportunidades de mejora en la definición de stocks, por ejemplo se podrían incluir términos que incluyan el precio del producto y el impacto que genera en el consumidor para lograr una mayor cobertura por productos de alto margen, bajo costo y alto impacto cuyo quiebre generaría grandes costos y un mayor nivel de stock no tendría mayor incidencia económica.

De cualquier forma profundizar en estos aspectos generaría un análisis de ajuste muy extenso por el gran número de combinaciones posibles.

El primer paso consistió en realizar una preevaluación de los ajustes razonables a realizarse, se generaron entonces alrededor de 10 escenarios de una muestra cada uno con corridas de 30 días y se eligieron los más representativos en cuanto a variaciones en los resultados. Así pudo definir una tabla de análisis con las variables de ajuste que contenga las combinaciones aplicadas para cada caso

A partir de ese resultado parcial se generaron muestras de tres corridas y 60 días cada una. Los resultados más relevantes se muestran a continuación:

Escenario	Stock max (Días de demanda)	Stock min (Días de demanda)	Camiones disponibles	Utilidad promedio resultante
<b>1</b>	3	2	3	271.118
<b>2</b>	3	2	4	279.847
<b>3</b>	6	2	3	307.650
<b>4</b>	6	2	4	301.885
<b>5</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>312.523</b>

Cuadro 4.5 Resultados de las cobinaciones de las variables de ajsute

El próximo paso es verificar que las diferencias entre los escenarios sean significativas ante la variabilidad del modelo. Para esto se utilizó el método de Tukey de comparación de medias. Si bien la utilización del procedimiento no afectará el resultado final, le proporciona una formalidad al análisis al comprobar que la mejora en el resultado del negocio no se debe a un hecho fortuito sino a una combinación óptima en el manejo de los grados de libertad del negocio.

El procedimiento de Tukey es considerado un análisis a posteriori ya que no se cuenta con información previa al relevamiento de datos para determinar de antemano que un escenario será mejor o pero que otro. Esto lleva a realizar un análisis previo llamado el ensayo de prueba global que busca corroborar estadísticamente que hay suficiente información para determinar que los 5 escenarios no tienen el miso valor esperado. Se plantea de esta manera la hipótesis nula:

Ho)  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$  (para cada escenario)

La metodología requerida para este ensayo puede obtenerse “Inferencia estadística y diseño de experimentos” de Roberto Mariano García. Las hipótesis requeridas para la utilización de proceso son:

- La varianza es la misma para todas las poblaciones (homocedasticidad)
- La variable analizada se distribuye normalmente

Ambos supuestos son razonables para el experimento y, si bien no se comprobó fehacientemente la realidad de los mismos, se corroboró que el desvío sería pequeño

La muestra extraída lleva a la siguiente conclusión:

$$S'^2_{\bar{X}} = \frac{n}{1-p} \cdot \left( \sum_{i=1}^p \bar{X}_i^2 - p \cdot \bar{X}^2 \right) \qquad S^2 = \frac{1}{p} \cdot \left( \sum_{i=1}^p S_i^2 \right)$$

Siendo:

n = número de observaciones totales (15)

p = número de escenarios (5)

Se obtuvieron valores de  $S'^2$  de 4.926.330.283 y  $S^2$  de 32.307.953. De esta manera el cociente  $S'^2 / S^2$  arroja un valor de 152. Esta variable, siguiendo las hipótesis planteadas antes, persigue una distribución de Fisher con grados de libertad (p - 1) y (n - p) o 4 y 10. Para un nivel de significación del 0,5% el valor debería ser mayor a 7,95 por lo que se descarta la hipótesis global de igualdad de medias.

Una vez rechazada la hipótesis global se está en condiciones de realizar el test de Tukey. Para esto se aplica una ecuación que definirá cuál es la diferencia mínima requerida entre las muestras para considerar su apartamiento representativo.

$$d_c = q_{1-\alpha} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Siendo:

$d_c$ : Diferencia mínima significativa

$q_{1-\alpha}$ : recorrido studentizado con nivel de significación  $1-\alpha$

$S^2$ : Varianza residual

n: Número de observaciones por escenario

La varianza residual es, en este caso, el promedio de las varianzas de cada escenario. El recorrido studentizado (q) dependerá de la cantidad de escenarios P y los grados de libertad (n - P). exigiendo un nivel de significación del 95% se obtiene un q de 4,65.

De esta manera se obtiene la diferencia mínima significativa de 6.824. Existe una metodología de mayor potencia (Newman – Keuls) para realizar la comparación de medias pero es innecesaria dada la contundencia de este análisis.

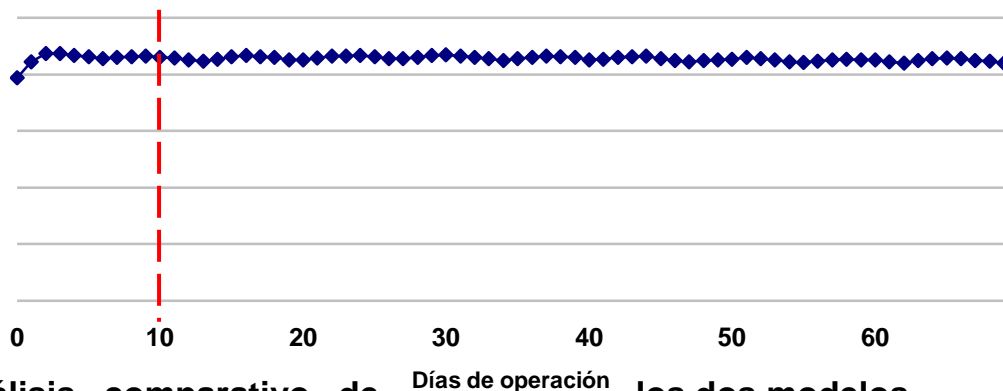
Las diferencias de medias son todas mayores a 6.824, con excepción de los casos 3 y 5. Esto solamente significa que no se puede garantizar con un 95% de probabilidad que un escenario sea mejor que el otro. De cualquier manera se asumirá el escenario 5 como el más eficiente de todos los ajustes centralizados.

**De esta manera se obtiene el escenario 5 en el caso que muestra uan utilidad de \$312.523**

## Verificación de los indicadores estadísticos

Una vez definidos los escenarios se debe corroborar que los parámetros utilizados para el análisis de confiabilidad estadística y validez de la simulación son extrapolables a los mismos. Así se obtiene nuevamente el tiempo de “warm up” y la variabilidad del modelo para redefinir la muestra que lleve al intervalo de precisión deseado. Utilizando las corridas se determinó una variabilidad de 5.684 con 10 grados de libertad (t de student = 1,8125) para las observaciones y se corroboró el tiempo de establecimiento de la simulación. La misma muestra es suficiente para obtener un intervalo de precisión del 2,0% con un nivel de confianza del 95%.

El gráfico a continuación muestra el establecimiento del stock total en un lapso inferior a los 10 días otorgados como tiempo de “warm up”



**Análisis comparativo de los dos modelos**  
Cuadro 4.6 Estabilización del modelo

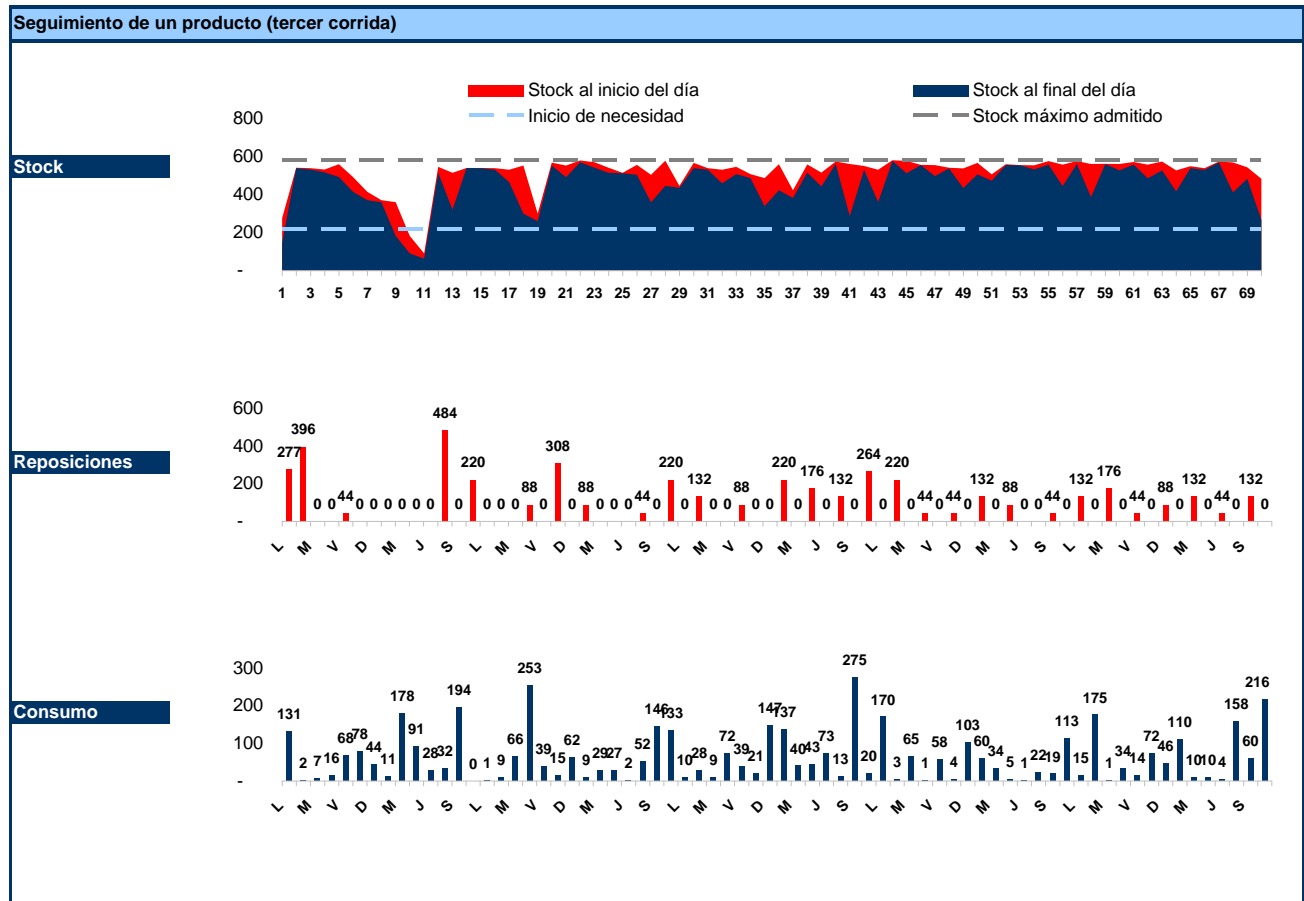
Una vez definidos los escenarios se está en condiciones de comparar la performance de la

operación en ambos casos para obtener el modelo óptimo de abastecimiento. Antes de asumir conclusiones generales se debe entender que ante la falta de información real de operación de cadenas de supermercados los resultados obtenidos por el modelo pueden no corresponderse con la realidad. Es por eso que esta sección busca realizar un análisis a modo de ejemplo y no intenta demostrar una optimización de la metodología de abastecimiento real en supermercados.

En primer lugar se repasarán cuáles fueron las diferencias sustanciales en el modelo que generaron las mejoras operativas. El esquema de abastecimiento centralizado, sumado al poder de optimización del Simulador, debería arrojar diferencias operativas relevantes. El impacto directo se notará en la evolución de los niveles de stock, la diferencia se centraría en los productos próximos a consumirse ya que el modelo centralizado debería ser más efectivo para detectarlos y solucionar el problema antes de producirse el quiebre.

Otra diferencia en los esquemas de reposición es que al contar el armador de transportes con información de niveles de stock no requeridos, tiene la posibilidad de agregar productos a los camiones para ocupar la totalidad de los mismos. Puede notarse en los niveles de stock que, aún estando sobre las líneas de generación de necesidad, cuentan con incrementos de existencias. Este fenómeno de reposición no requerida tendrá un impacto directo en la mejor utilización de los camiones y necesidad de stock, al reducir las posibilidades de simultaneidad de alerta de quiebre. Los gráficos a continuación ponen en evidencia estos dos comportamientos al presentar la evolución del stock de un producto en una boca.

Esquema optimizado por el Simulador



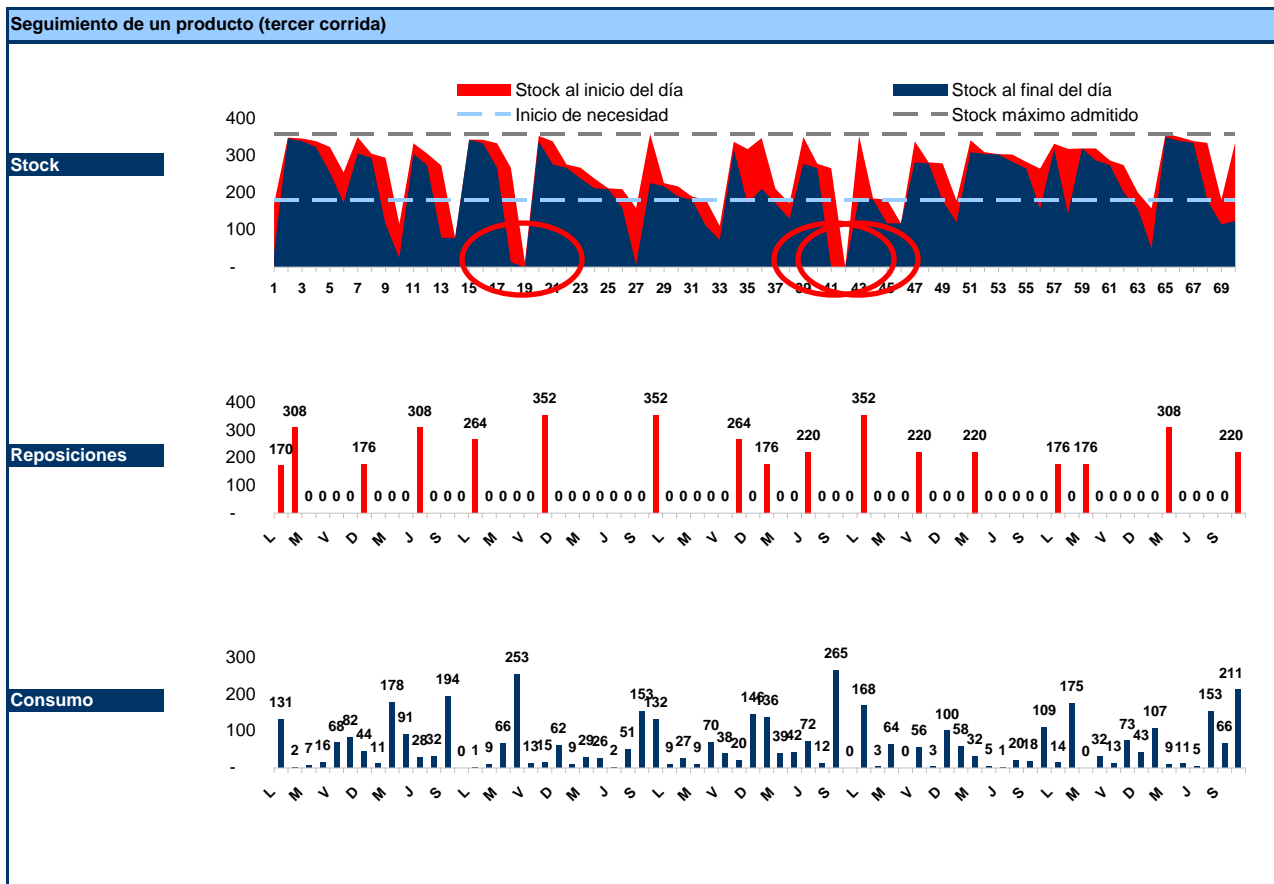
Cuadro 4.6 Salida del Simulador: Seguimiento de un producto

El esquema optimizado por el Simulador muestra una excelente performance para este producto, ya que no sufrió quiebres en los dos meses de análisis. Se puede ver como la centralización de pedidos permite un abastecimiento fluido, alejando el estado de los stocks del peligro de desabastecimiento.



A continuación se muestra el mismo análisis para el esquema optimizado con métodos convencionales.

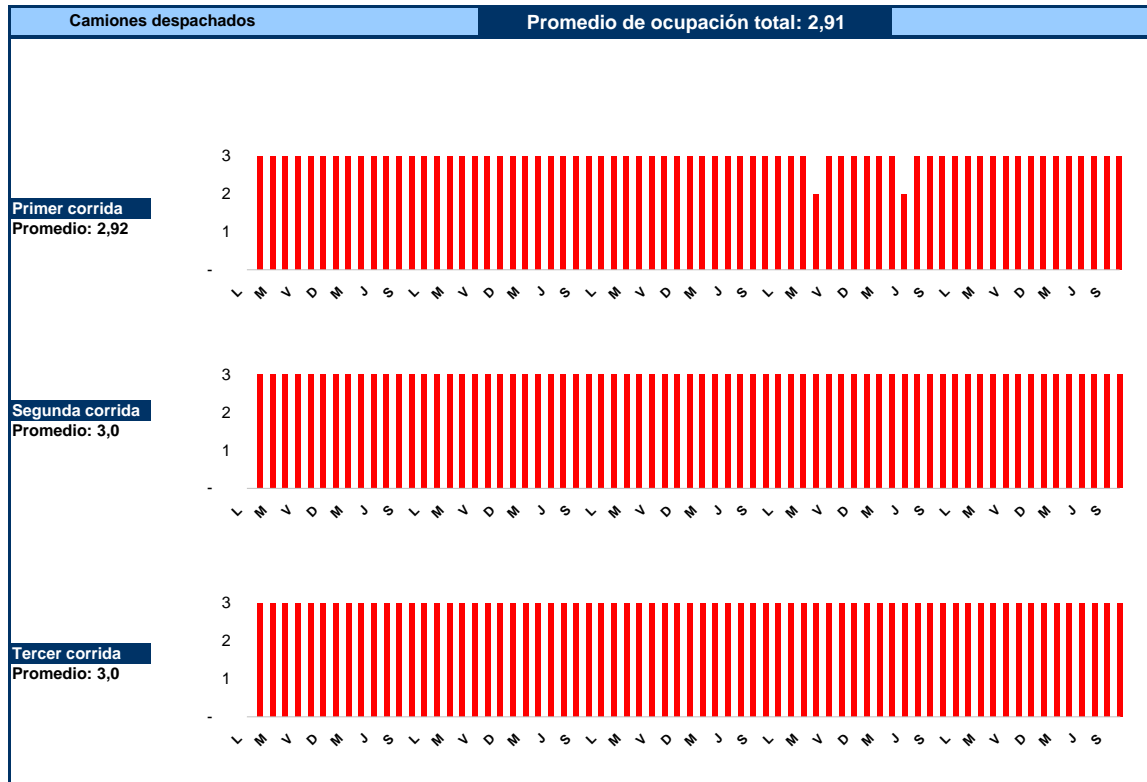
### Esquema optimizado con métodos convencionales



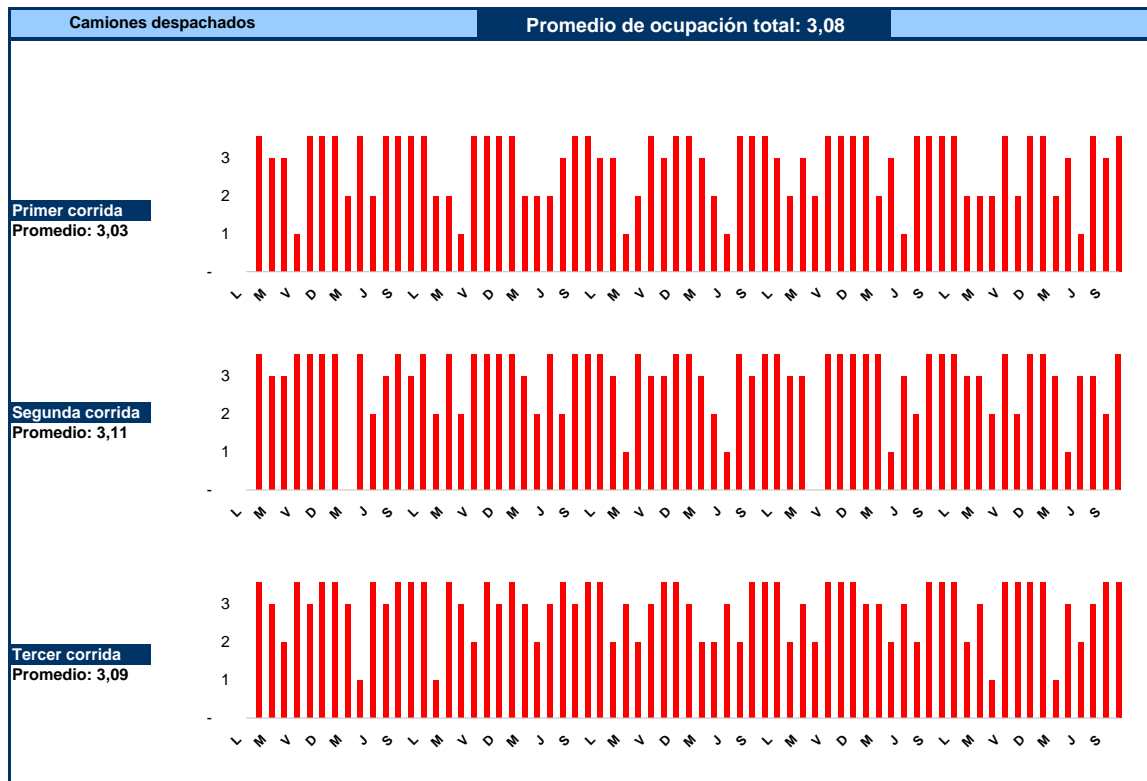
Se puede ver cómo el producto bajo análisis sufre tres quiebres en los sesenta días de estudio. La reposición tradicional aumenta la probabilidad de picos de necesidad, comprometiendo el éxito del abastecimiento

También se puede notar, en el despacho de camiones, que el modelo centralizado no permite la inoperancia de vehículos despachando continuamente la totalidad de camiones disponibles. El gráfico a continuación compara los dos esquemas.

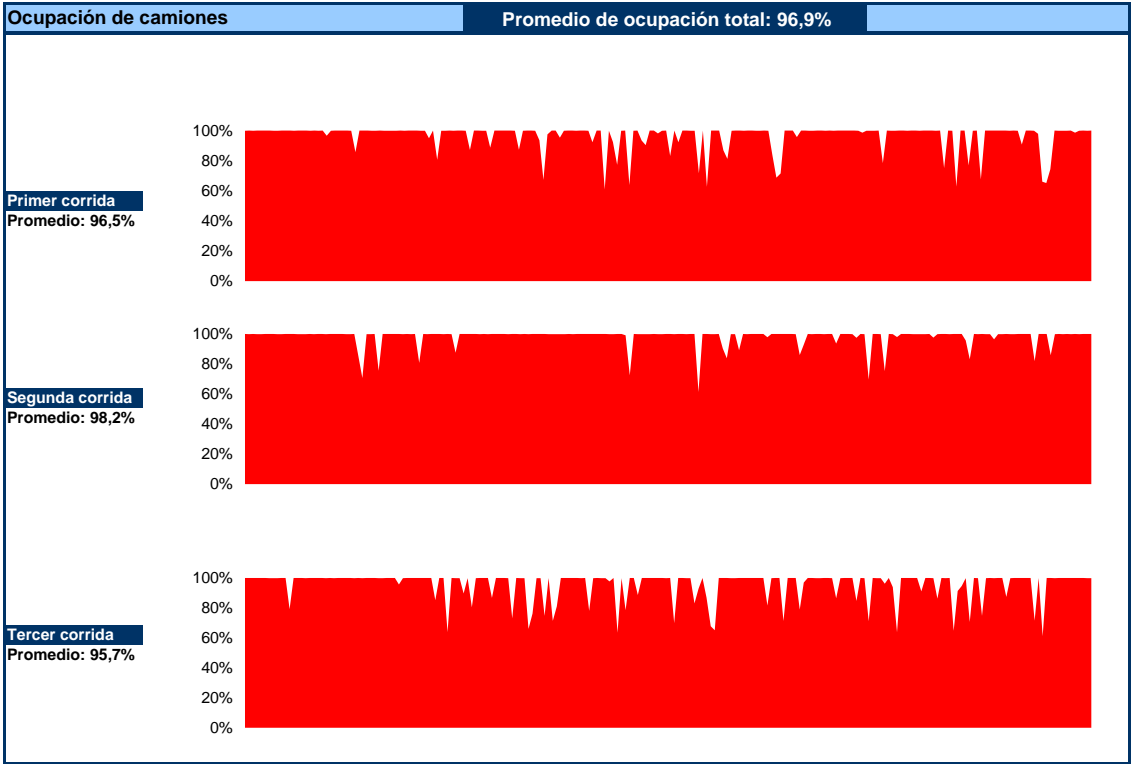
### Utilización de camiones en el esquema optimizado mediante el simulador



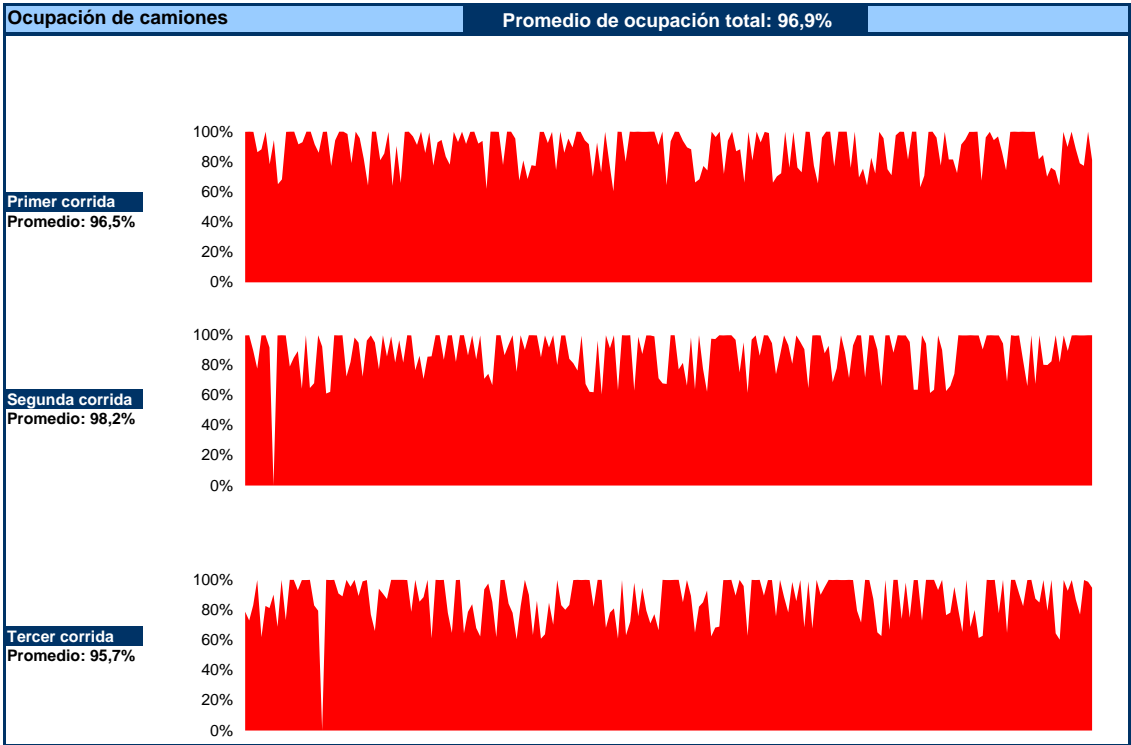
Utilización de camiones en el esquema optimizado con métodos convencionales



La salida muestra la evidente mejora operativa causada por la mejora en la ocupación media de los camiones despachados:

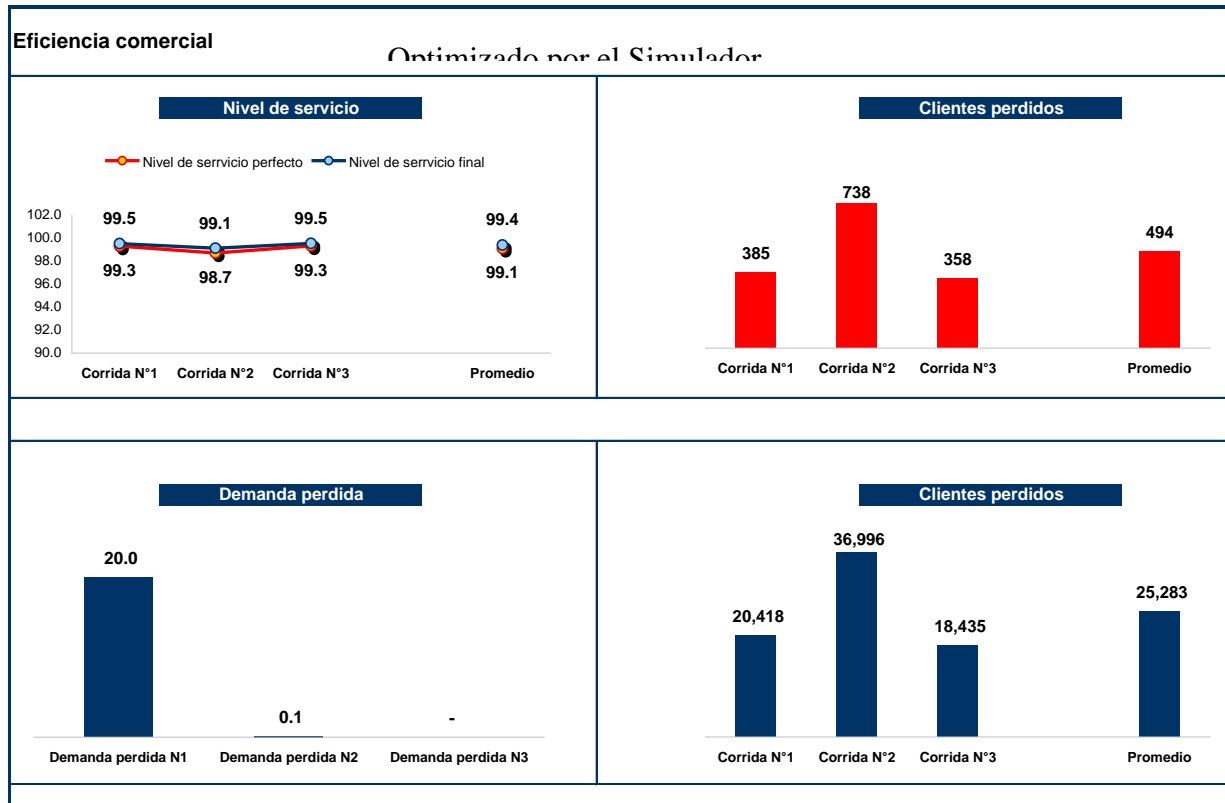


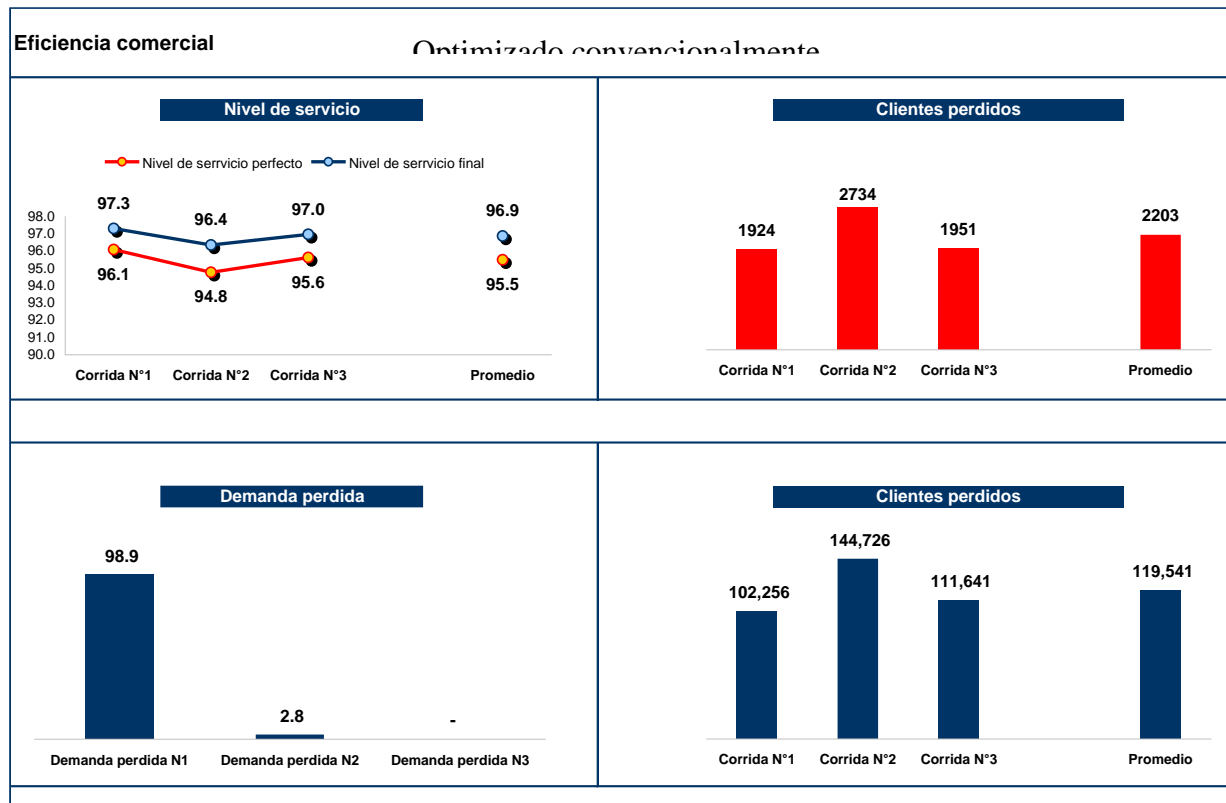
Esquema convencional



Esta eficiencia en la ocupación y utilización de camiones permitió transportar 4,5% más de volumen con un camión menos disponible.

Con respecto al impacto comercial de la operación los indicadores muestran una diferencia significativamente superior en el esquema propuesto:





Se debe entender que esto responde únicamente a los productos abastecidos desde el centro de distribución de la cadena, excluyendo la performance de productos distribuidos por el fabricante o terceros.

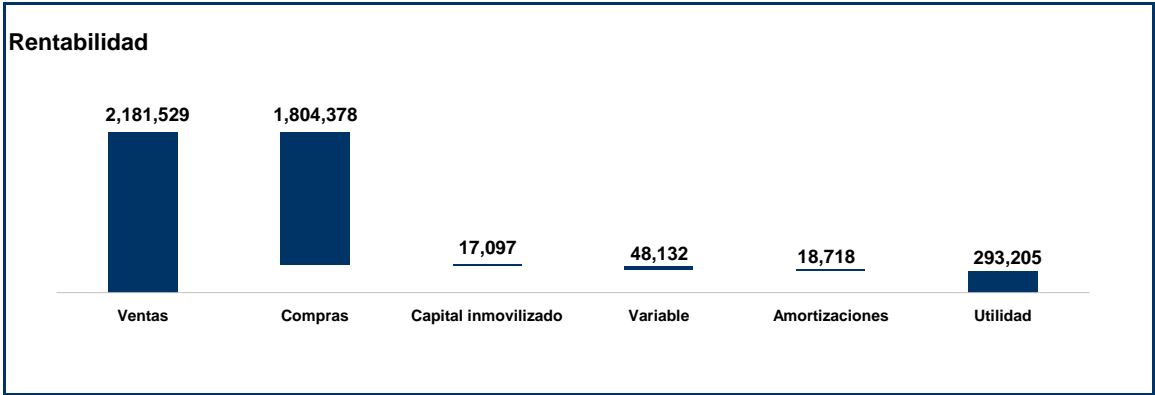
Se puede concluir entonces que el cambio en el modelo de abastecimiento permitió mejorar el nivel de servicio de manera rentable, hecho que tendrá un impacto alentador en el largo plazo de la operación.

A continuación se muestran los resultados económicos de ambos modelos:

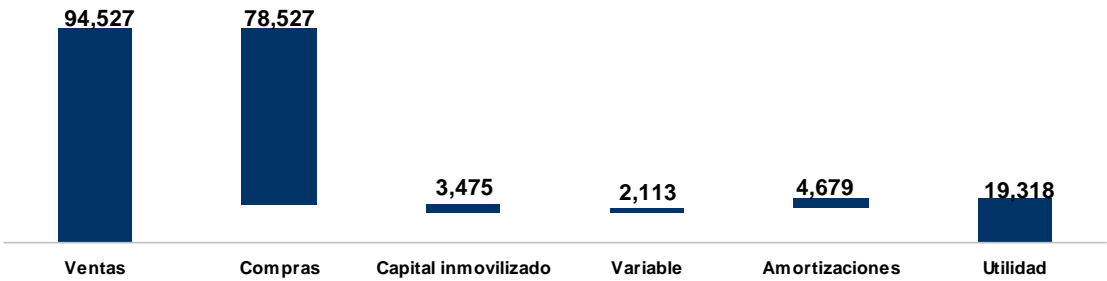
Esquema optimizado con el Simulador



Esquema optimizado con métodos tradicionales



El gráfico comparativo confeccionado a continuación muestra los focos de efficientización, producto del método de optimización:



Como se puede ver en el gráfico la generación de ventas superó ampliamente a los gastos asociados a la consecución de este objetivo. En el esquema convencional, cualquier asignación extra de recursos superaba el beneficio generado por los mismos. Esto surge de la dificultad creciente que tiene el esquema tradicional de abastecimiento para mejorar el nivel de servicio, es decir que el costo incremental por punto de servicio alcanzado tiene un comportamiento creciente, llevando a un ajuste óptimo que relega satisfacción del cliente para no generar costos excesivos.

Si bien este fenómeno se da también en el modelo centralizado su impacto es mucho menor y el punto de equilibrio da mayor prioridad al consumidor.

Si bien la variación de la utilidad es de solo el 6,2% de la misma, se debe entender que la gran diferencia en la satisfacción del cliente tiene un impacto de largo plazo y denota una mayor sustentabilidad del negocio por fidelización del cliente y ventajas competitivas.

Además, el esquema centralizado tiene aún muchas alternativas de optimización, complementando la función de necesidad con otras variables de ajuste que contemplen con mayor amplitud los diferentes impacto de la operación

### ***Consideraciones finales sobre la simulación en la gestión***

La simulación generada en este trabajo mostró la flexibilidad con la que cuenta este tipo de productos. Si bien se representa un esquema de negocio fundamentado lógicamente se debe entender que es imposible representar la realidad, es demasiado complicada. Si se busca con esta herramienta predecir el impacto de las acciones evaluadas con exactitud será muy difícil alcanzar dicho objetivo. La simulación no es más que una alternativa informática para contemplar todo el esquema lógico del negocio, tarea imposible de realizarse con métodos convencionales.

La interpretación de la simulación debe ser moderada en su contundencia, debería ser considerada como un elemento de análisis que acompañe a otros fundamentos para la realización de proyectos. Aún así la gran virtud de esta herramienta radica en su evolución y la capacidad de mejorarse con el tiempo de utilización. Sin duda una cadena de supermercados será capaz de refinar el modelo incluyendo conceptos nuevos que se descubrirán con la utilización y el paso del tiempo

## ***Próximos pasos***

El proyecto de situación requiere un proceso de mejora continua para refinar su performance y ampliar su campo de acción. Durante Este análisis se relevaron algunos puntos de mejora para este desarrollo en particular:

- Inclusión de distintos tamaños de transportes
- Integración de la actividad en el centro de distribución
- Profundización de modelos de demanda y comportamiento del cliente

De esta manera se abren nuevas opciones de mejora del software, poniendo en evidencia que la simulación generada en este proyecto es solamente el inicio de una aplicación que puede, alguna vez, convertirse en una herramienta clave de gestión para empresas con desafíos operativos



# Anexos

El código de programación se encuentra en formato digital únicamente por su extensión

Los resultados de la simulación se encuentran en planillas de Excel para su mejor lectura

Tambien se agrega el reporte de EAN sobre el comportamiento del consumidor

---

**Ing. Julio García Velasco**

**Firma del tutor**