



SISTEMA DE APOYO PARA LA TOMA DE DECISIONES LOGÍSTICAS EN LA INDUSTRIA DE LA CARNE A TRAVÉS DE SIMULACIÓN

Candela Lucía Martínez ¹
Milagros Rolón ²
María Analía Rodríguez ³

RESUMEN: La característica dinámica de la cadena de suministros (CS) subraya la importancia de contar con indicadores de gestión que permitan direccionar eficientemente la toma de decisiones en niveles administrativos y gerenciales. Específicamente para el área de transporte de la carne, se propone la herramienta de simulación para reflejar la variación en los costos logísticos totales y unitarios frente a diversas decisiones operativas y de estructura, así como posibles variaciones aleatorias de los parámetros de costo. El objetivo del presente trabajo consiste en el modelado de una herramienta que permita la combinación del análisis dinámico que nos brinda la simulación de eventos discretos, con un sistema informático de fácil integración a los sistemas existentes en la empresa. El modelo de simulación diseñado se incorporaría en trabajos futuros a la herramienta informática de estimación de costos relacionados al transporte de carne, desarrollada anteriormente por el grupo de trabajo.

PALABRAS CLAVES: Simulación; Toma de decisiones; Costos logísticos; Transporte de carne.

¹ Estudiante de Ingeniería Industrial - GEMPRO (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe), Argentina. E-mail: cande.martinez2@gmail.com

² Ingeniera Industrial, Doctora en Ingeniería en Sistemas, investigadora externa, GEMPRO (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe), Argentina. E-mail: rolon.milagros@gmail.com

³ Ingeniera Industrial, Doctora en Ingeniería en Sistemas, docente investigadora, IPQA (Universidad Nacional de Córdoba, CONICET) y GEMPRO (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe), Argentina. E-mail: r_analia@santafe-conicet.gov.ar

1 INTRODUCCIÓN

Resulta hoy innegable que el diseño e implementación de tecnologías de la información es uno de los elementos que otorgan valor a los sistemas productivos, favoreciendo al crecimiento sostenido de la economía. Por otro lado, las exigencias para mantenerse competitivos, hacen que la gestión de costos en la cadena de suministros (CS) sea cada vez más compleja. Las empresas deben elegir las estrategias logísticas que mejor se adecúen a sus necesidades y les permitan operar del modo más eficiente (Jane, 2011). La gestión en las CS no sólo incide en los tiempos y las formas de entrega sino que también repercute en sus costos logísticos (Rasamit, 2003).

En el estudio previo del grupo de trabajo, se ha realizado un análisis de la CS de la carne y desarrollado un modelo de costeo ABC (del inglés Activity Based Costing, Kaplan y Cooper, 1987). Se han definido las fuentes de recursos que originan los costos y las alternativas tanto en materia de gestión como de infraestructura que condicionan su modalidad en fijos o variables. En función de este análisis, se han desarrollado ecuaciones de costos para esta industria (Rolon et al., 2015).

Como segunda parte del trabajo se ha desarrollado un programa informático en lenguaje Java (versión 8.0), para el análisis de costos relacionados al transporte de carne. El objetivo del mismo fue favorecer la obtención de forma sencilla y amigable para el usuario, de resultados numéricos que expresaran el costo del servicio de transporte de la carne por medio del aporte que realizan las distintas actividades desarrolladas, así como también de indicadores cuyo seguimiento aumentara el conocimiento de la situación de la empresa en materia de sus costos logísticos (Rolón-Harjunkoski et al., 2015). Sin embargo, aunque el software es propicio para obtener indicadores económicos, no resulta práctico para poder evaluar diversos escenarios y alternativas en forma simultánea, y la influencia de los parámetros de entrada en las variables de costos.

Por otro lado, los modelos de procesos de negocios, tales como las decisiones de costos en la CS, son demasiado complejos y dinámicos como para ser entendidos y analizados sólo por métodos matemáticos (Fullana Belda y Urquía Grande, 2009). En este sentido, la interacción de los recursos con los procesos y servicios sobre el tiempo se traduce en un gran número de escenarios imposibles de abarcar y valorar sin la ayuda de un modelo de simulación computarizado. Mediante la simulación se recogen datos como si se estuviera observando el mundo real, y los datos así generados se utilizan para estimar la performance del sistema.

Guerrero Hernández y Henriques Librantz (2014) han planteado la simulación como herramienta para la toma de decisiones simulando los procesos logísticos en sí, planteando una simulación de eventos discretos y efectuando un experimento con distintos escenarios. Dentro del mercado de transporte, SeaRates LP (2017), además de ser una plataforma de bolsa de carga en línea, es una herramienta que permite optimizar la distribución de carga y espacio en los contenedores. Asimismo, World Freight Rates (2017) proporciona una herramienta útil para el cálculo de costos de fletes.

En lo que se refiere a la determinación de costos por simulación, Erdman (1993) menciona las pautas que deben cumplir los modelos de simulación para planificación empresarial y algunos factores a tener en cuenta. En el área de costos de transporte, son a nuestro saber pocas las propuestas de herramientas de simulación. En el software online del simulador del costo de transporte de mercancías por carretera (Eusko Jaurlaritza, 2017), se detalla la estructura de costos para el área de transporte, pero los datos de salida son estáticos, su modificación requiere volver a ingresar los datos de entrada y “correr” nuevamente el modelo, no brindando ningún tipo de análisis de los datos de salida. El simulador de costos de SIP Consultors (2017), utiliza para el costo de producción y margen de venta de cerdos, parámetros de referencia para

comparar con los simulados, mostrando en cada costo no sólo un resultado sino dos, resaltando la diferencia entre el costo calculado con los dos juegos de parámetros (parámetros de referencia y de simulación). Por otro lado, en el tablero de comando propuesto por Quinodoz (2008) se plantea la necesidad del análisis de sensibilidad de las variables externas más importantes de la empresa, y relaciones entre las variables de entrada y salida. Sin embargo, en el trabajo sólo se presentan los resultados obtenidos sin el desarrollo del modelo completo de simulación, ni la descripción del simulador utilizado.

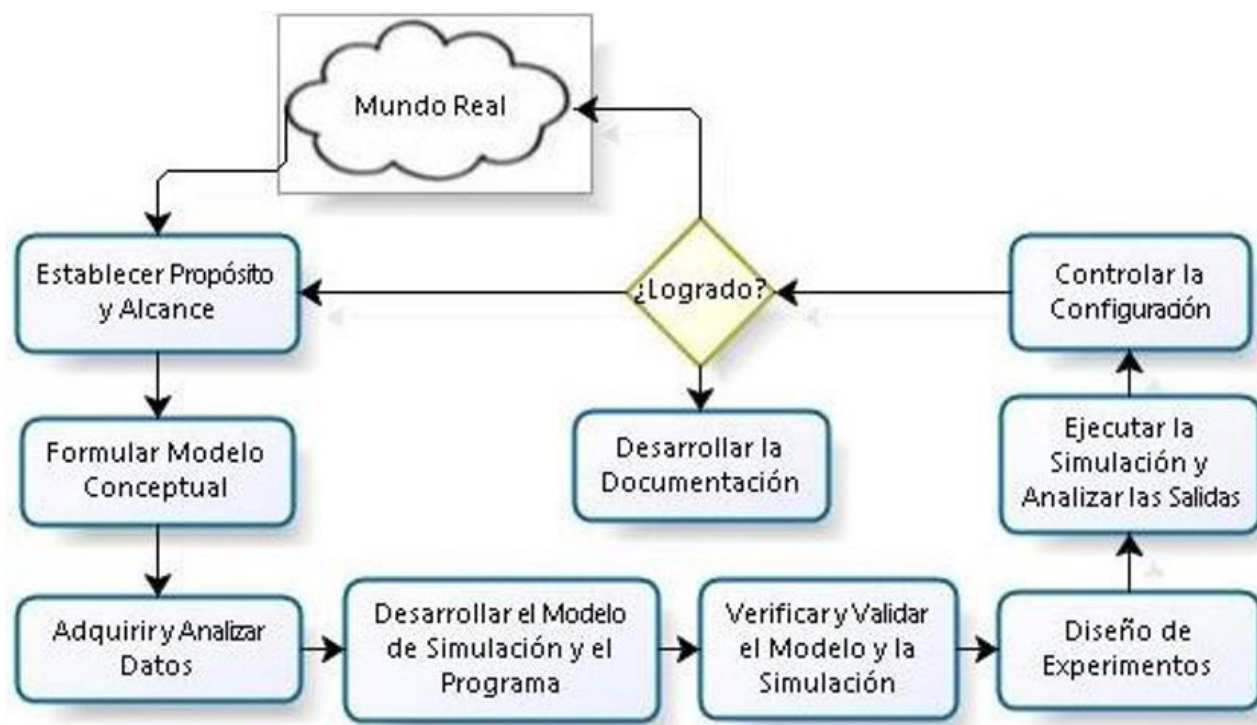
El objetivo principal de este trabajo es abordar la temática de la simulación como herramienta para la toma de decisiones en el ámbito de los costos logísticos, específicamente para el transporte de la carne. El mismo se enfoca en definir y desarrollar el propósito y alcance de la simulación, en el modelado conceptual del sistema y en el desarrollo de un diseño de experimentos para el análisis de sensibilidad. Se centra por un lado en cómo presentar la información de costos disponibles para facilitar la toma de decisiones de los responsables de costos, y por el otro, en qué tipo de análisis estadístico se requiere incorporar y cómo hacerlo en el sistema actual, sin hacer hincapié en los códigos y programación. Luego, en trabajos futuros se propone continuar con el proceso para lograr la implementación de la simulación en el software de análisis de costos.

2 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo del programa de análisis de costos es el método iterativo-incremental (Larman, 2003) donde el proyecto se planifica en diversos bloques temporales llamados iteraciones. Se comienza con un modelo simple y en cada iteración se añaden detalles y/o complejidad según sea necesario hasta que alcance la representación adecuada para el problema.

En particular, el proceso de incorporación de la simulación al software (proceso de ciclo de vida del modelado y simulación propuesto por Loper (2015)), como se observa en la Figura 1, tiene como primer paso establecer el propósito y el alcance del modelo (comprendido en la sección 3), para lo que se define el objetivo, se describe el proceso y los escenarios a investigar. El siguiente paso es formular el modelo conceptual, donde se describe lo que se va a presentar y cómo, las variables involucradas (descriptas en la sección 4) y las relaciones matemáticas y lógicas (abarcadas en trabajos anteriores (Rolon et al., 2015)). El tercer paso es adquirir y analizar datos, se definen cuáles son los datos necesarios y cómo recopilarlos (esto fue desarrollado previamente por Rolon et al. (2015) pero sin realizarse la recolección de los mismos). El desarrollo del modelo de simulación y el programa se propone para trabajos futuros, en el que se programará el modelo conceptual en lenguaje de programación Java para incorporarlo al software y para lo que se deberá verificar y validar el modelo y la simulación en cada paso del proceso. En el diseño de experimentos (desarrollado en la sección 5) se deciden los escenarios a simular, la cantidad de corridas y las interfaces necesarias para llevarse a cabo, lo que permite apreciar el comportamiento del sistema variando los datos de entrada. Los siguientes pasos consisten en ejecutar la simulación y analizar las salidas, controlar la configuración y documentar el sistema.

Figura 1: Proceso de modelado y simulación.



Fuente: Loper, M. L. (2015)

3 PROPÓSITO Y ALCANCE DE LA SIMULACIÓN

Como se dijo anteriormente, el objetivo principal del trabajo es abordar la temática de la simulación como herramienta para la toma de decisiones en el ámbito de los costos logísticos para el transporte de la carne.

En este trabajo se desarrolla un modelado conceptual del sistema y un diseño de experimentos para un análisis de sensibilidad. Se planea ejecutar la simulación partiendo del software desarrollado para el sistema de costeo ABC al servicio de transporte en la industria de la carne (Rolón-Harjunkoski et al., 2015), de manera de posibilitar la integración de este análisis dinámico en los sistemas informáticos existentes en la empresa. Es decir, la propuesta no es utilizar un simulador que trabaje de forma aislada, sino implementar la simulación en el software desarrollado en Java por el grupo de trabajo, que es de fácil integración a los sistemas actuales de las empresas del rubro, como los sistemas ERP. La simulación se centrará en un análisis de sensibilidad y un análisis de causa-efecto de las variables de entrada y salida (análisis dinámico). En este sentido, los decisores en el ámbito de costos de transporte podrían explorar nuevas políticas y decisiones de estructura, sin necesidad de “arriesgar” el sistema real. Por otro lado, con esta herramienta podrían testearse hipótesis acerca de cómo y por qué ocurren ciertos fenómenos, para analizar su factibilidad.

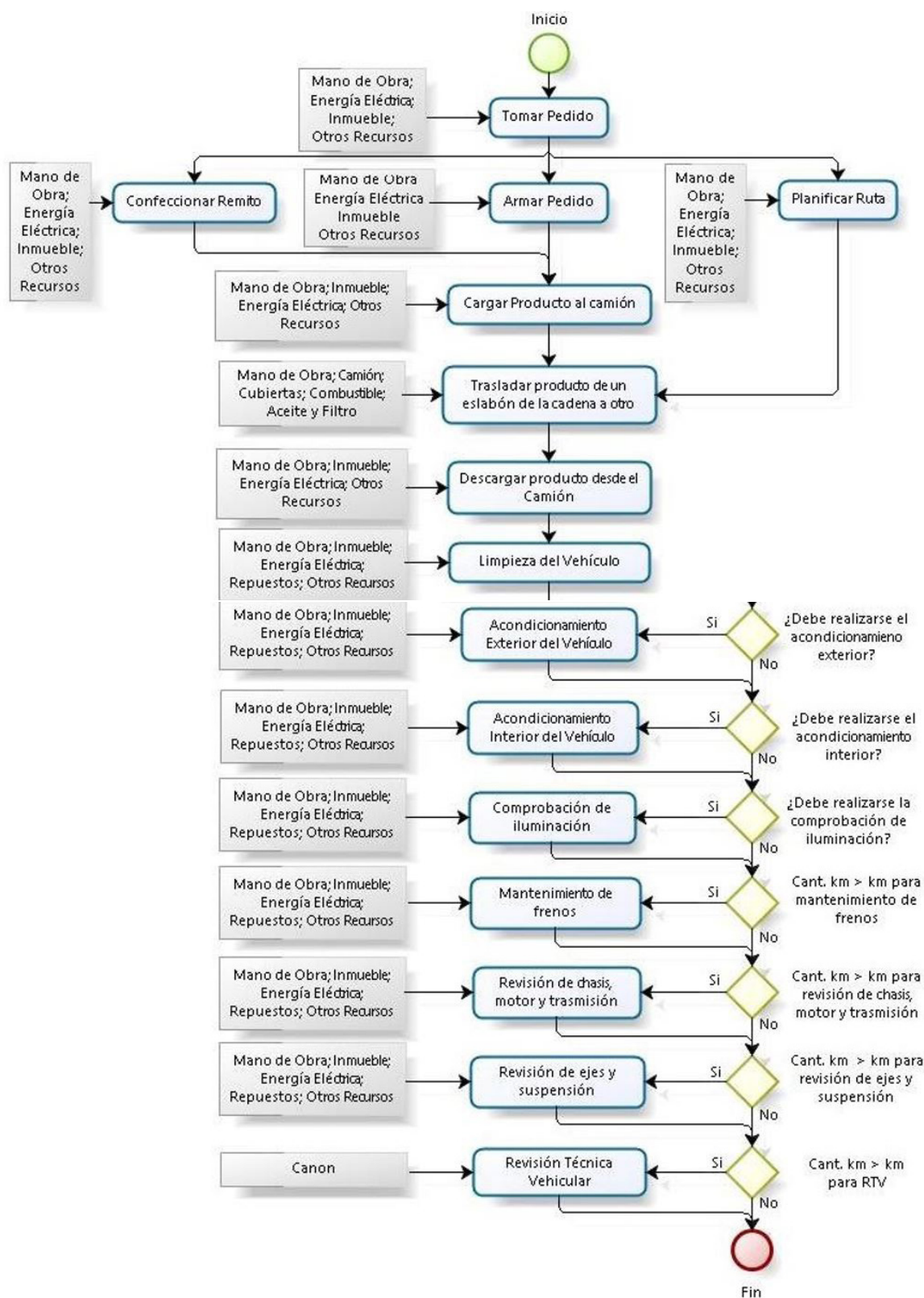
Específicamente el simulador permitirá reflejar el impacto de decisiones estratégicas como incorporación de personal, aumento/disminución en la flota de camiones, aumento/disminución del precio del servicio, y variables externas, como posibles fluctuaciones de precios.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de transporte de carne incluye en total 15 actividades, siendo 3 actividades

primarias (cargar el producto al camión, descargar el producto del camión y trasladar el producto), y el resto actividades secundarias, cuyo costo se asigna luego a las primarias. En la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo de la secuencia de las operaciones junto con los recursos de costos consumidos por las actividades para el servicio de transporte de la carne, lo que permite una mayor comprensión del proceso.

Figura 2: Diagrama de flujo de actividades.



Fuente: Elaboración propia

4 MODELO CONCEPTUAL

4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables de entrada se pueden clasificar en variables de naturaleza estocásticas o determinísticas. En nuestro caso de estudio, las variables estocásticas, entendidas como un conjunto especificado de valores que siguen una probabilidad específica⁴ (Law y Kelton, 1991), son las siguientes: Cantidad de km totales recorridos; Cantidad de viajes realizados en el mes; Proporción de tiempo que los administrativos dedican a las actividades de tomar pedidos, confeccionar remitos y planificar ruta; Proporción de tiempo que los trabajadores de carga y descarga dedican a las actividades de cargar el producto, descargar el producto y armar pedidos; Proporción de tiempo que los trabajadores de mantenimiento dedican a las actividades de acondicionamiento exterior e interior del vehículo, revisión de chasis, motor y transmisión, mantenimiento de frenos, comprobación de iluminación, revisión de ejes y suspensión y limpieza del vehículo.

Por otro lado, las variables determinísticas pueden ser, variables estructurales: Cantidad de operarios de carga y descarga, de operarios de mantenimiento, administrativos y de choferes; Cantidad de camiones; Cantidad de recursos de limpieza, administrativos, de carga y descarga, para preparación de pedidos y de mantenimiento; Cantidad de repuestos en las diferentes actividades; Precio de prestación del servicio por km recorrido; Precio de la propiedad; Precio de adquisición de cada camión. O variables no estructurales: Frecuencia de cambio de aceite y filtro; Proporción de espacio físico que se dedica a cada actividad; Cantidad de acondicionamientos interiores y exteriores; Cantidad de comprobaciones de iluminación; Toneladas de carne transportadas; Cantidad de km recorridos por chofer; Cantidad de cubiertas por camión; Sueldo de cada trabajador; Comisión por km recorrido por chofer; Precio del seguro de cada camión; Arancel de habilitación SENASA por camión; Precio del combustible; Precio de cada cubierta; Precio cambio de aceite y filtro; Canon anual por camión para revisión técnica vehicular; Costo en energía eléctrica; Precio de cada recurso; Precio de cada repuesto.

Luego, los **parámetros** del modelo son los siguientes: Consumo de combustible de cada camión; Vida útil: de la estructura física; de cada camión; de las cubiertas; de cada recurso; y de cada repuesto de las actividades de mantenimiento.

Por otro lado, los **inductores** del modelo de costeo⁵, son cantidades de: Pedidos realizados en el mes; Viajes realizados en el mes; Pedidos transportados por viaje; Distancias recorridas en el mes (en km); Acondicionamientos exteriores e interiores realizados en el año; Comprobaciones de iluminación realizadas en el mes.

Mientras que las variables de salida son: Costo total mensual; Beneficio total mensual; Rentabilidad; Costo unitario por km recorrido; Costo unitario de una tonelada de carne por km recorrido; Costo promedio por viaje; Costo total y unitario de cada actividad primaria y secundaria; Costo total de mano de obra; Costo total de actividades de mantenimiento, de administración y de carga y descarga; Costo total en energía eléctrica; Costo total en recursos;

⁴ La distribución de probabilidad que siga cada variable depende de la distribución de probabilidad de los datos, por lo que para poder identificarla se debe realizar una recolección de datos, y en base a éstos se elegirá la distribución de probabilidad que mejor los represente, lo cual se verifica con una prueba de bondad de ajuste.

⁵ Se refieren a los factores que se han utilizado en el modelo de costeo ABC para vincular las actividades y los objetos de costos (miden cómo se incurre en un costo, permitiendo la incorporación de los costos de las actividades al costo de los productos).

Costo total en repuestos; Costo total en combustible.

Los cálculos de costos de cómo las variables de entrada son transformadas en variables de salida fueron desarrollados en trabajos anteriores (Rolon et al., 2015). A modo de ejemplo se puede mencionar que para calcular el costo de la actividad cargar el producto se deben tener en cuenta costos de: mano de obra (en función de la remuneración fija de los trabajadores de carga y descarga y la fracción de tiempo dedicado); espacio físico (amortización, en base a su valor y vida útil, de la proporción utilizada); recursos (según su valor y vida útil); energía eléctrica para iluminación (dado por el costo de energía y el espacio físico utilizado); y el aporte del costo de actividades secundarias relacionadas.

4.2 INCORPORACIÓN AL SOFTWARE

En el programa desarrollado por el grupo de trabajo (Rolón-Harjunkoski et al., 2015), el ingreso de datos de las variables estructurales se realiza a través de un diseño modular de interfaz principal, y los valores de las variables no estructurales se ingresan gracias al uso de interfaces respectivas a ese grupo de variables. En los resultados se muestran los costos del servicio de transporte en la industria de carne. Entre ellos incluye los costos totales mensuales y los costos unitarios por km recorrido, de tonelada de carne por km recorrido y por actividad. Además muestra en forma gráfica su composición, según diferentes clasificaciones e indicadores económicos útiles para toma de decisiones. En el mismo software se propone añadir la posibilidad de realizar una simulación de modo que se vinculen los valores actuales con los propuestos, valorando las diferencias que pudiera haber en las variables de salida. De esta manera, el programa contará con análisis estadístico para evaluar las relaciones causa-efecto de las variables de entrada sobre las variables de salida del sistema.

5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para realizar el análisis de sensibilidad se seleccionaron las variables no estructurales que tienen mayor impacto en los resultados y generan los mayores costos totales.

Las variables no estructurales no son controlables y permiten analizar el impacto que tendría una fluctuación externa de los precios. Basándose en el principio de Pareto conocido como “Ley 80-20” el cual reconoce que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del efecto (el 80%); y el resto de los elementos generan muy poco del efecto total (Gutiérrez Pulido, 2006), el estudio se centra en los elementos que producen el 80% de los costos, siendo éstos los costos en combustible y en mano de obra. Además se incluyen variables estructurales importantes para la toma de decisiones como la incorporación o despido de personal, la incorporación o venta de camiones y el precio de prestación del servicio. De esta manera, las 12 variables a analizar son: Precio del combustible; Sueldo fijo del chofer; Comisión por km del chofer; Sueldo del administrativo; Sueldo del personal de carga y descarga; Sueldo del personal de mantenimiento; Precio de prestación del servicio; Cantidad de choferes; Cantidad de administrativos; Cantidad de operarios de carga y descarga; Cantidad de operarios de mantenimiento; Cantidad de camiones.

Para cada variable se propondrán hasta 3 escenarios, a partir de los cuales el software realizará un análisis de varianza y evaluará si las situaciones planteadas representan cambios significativos en las variables de respuesta. De ser así, se mostrarán los valores y las modificaciones en las variables de salida y se podrá apreciar gráficamente la relación entre distintas variables.

El Análisis de Sensibilidad permite apreciar el impacto que causa en los resultados, la variación de determinados parámetros o variables del modelo, sin afectar el sistema real. Este análisis se llevará a cabo a través de experimentos de simulación, en el que se varía datos de entrada para cada ejecución y se observa el comportamiento del sistema. A continuación se describen las variables a analizar y las diferentes interfaces a incorporar al software para realizar el análisis de sensibilidad y se muestran en forma general los principales resultados a obtener.

5.1 VARIABLES PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para realizar el análisis de sensibilidad se seleccionaron las variables no estructurales que tienen mayor impacto en los resultados y generan los mayores costos totales.

Las variables no estructurales no son controlables y permiten analizar el impacto que tendría una fluctuación externa de los precios. Basándose en el principio de Pareto conocido como “Ley 80-20” el cual reconoce que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del efecto (el 80%); y el resto de los elementos generan muy poco del efecto total (Gutiérrez Pulido, 2006), el estudio se centra en los elementos que producen el 80% de los costos, siendo éstos los costos en combustible y en mano de obra. Además se incluyen variables estructurales importantes para la toma de decisiones como la incorporación o despido de personal, la incorporación o venta de camiones y el precio de prestación del servicio. De esta manera, las 12 variables a analizar son: Precio del combustible; Sueldo fijo del chofer; Comisión por km del chofer; Sueldo del administrativo; Sueldo del personal de carga y descarga; Sueldo del personal de mantenimiento; Precio de prestación del servicio; Cantidad de choferes; Cantidad de administrativos; Cantidad de operarios de carga y descarga; Cantidad de operarios de mantenimiento; Cantidad de camiones.

Para cada variable se propondrán hasta 3 escenarios, a partir de los cuales el software realizará un análisis de varianza y evaluará si las situaciones planteadas representan cambios significativos en las variables de respuesta. De ser así, se mostrarán los valores y las modificaciones en las variables de salida y se podrá apreciar gráficamente la relación entre distintas variables.

5.2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA

Al análisis de la varianza (ANOVA) es el método estadístico que permite analizar la significancia estadísticas de varios factores (Law y Kelton, 1991), siendo los factores las variables de entradas definidas en la sección 5.1. Para el ANOVA se planteará un diseño unifactorial que permitirá estimar los efectos individuales de los factores en la variable de respuesta y un diseño multifactorial para dos factores que mostrará los efectos que producen las interacciones de las variables de entrada.

La variable de respuesta del ANOVA será el Beneficio Total, ya que integra todos los costos individuales y los ingresos, y permitirá conocer los efectos globales de los escenarios planteados. Para cada escenario se efectuarán 3 repeticiones, siendo 9 corridas por variable (N° corridas = N° factores x N° niveles x N° repeticiones = $1 \times 3 \times 3$) y como son 12 variables, se realizarán como máximo 108 corridas, pudiendo ser menos si se analizan menos factores. Y si se incluye el análisis multifactorial, se le sumarán 18 corridas más (2 factores x 3 niveles x 3 corridas). El software hará visible al usuario los efectos de cada nivel de los factores, es decir, cuánto aumentan o disminuyen los beneficios totales para cada escenario. Asimismo, se mostrará el resultado del ANOVA especificando los factores significativos para la variable de respuesta.

5.3 GRÁFICOS

Como resultado, el software realizará gráficas que vinculen distintos factores. Los tipos de gráfico que se podrán obtener son los siguientes:

- Gráfico de cada variable en el que muestra en ordenadas el beneficio total y en abscisas los 3 niveles seleccionados. Éste permitiría identificar el mejor y el peor escenario de la variable analizada.

- Gráfico de interacción de variables. En el eje de ordenadas la variable de salida, en el eje de abscisas los escenarios de una variable y en el cuerpo del gráfico, en diferentes colores, los escenarios de otra variable. Tendría la ventaja de poder apreciar la mejor y la peor combinación de escenarios para las variables involucradas.

- Gráfico de relación de todas las variables de entrada. En el eje de ordenadas se muestra el beneficio total, en el eje de abscisas el porcentaje de variación de las variables y en diferentes colores se grafican las variables de entrada. Para realizarlo se podrían modificar los valores originales de las variables de entrada disminuyendo su valor hasta un 20% y aumentándolo hasta un 20%. Para el gráfico de las variables discretas, correspondientes a decisiones estructurales, los valores evaluados se modificarían en una unidad entera desde -2 a +2. Este gráfico comparará el análisis de sensibilidad de cada variable, permitiendo distinguir fácilmente las variables cuya fluctuación tienen un mayor impacto en el beneficio total.

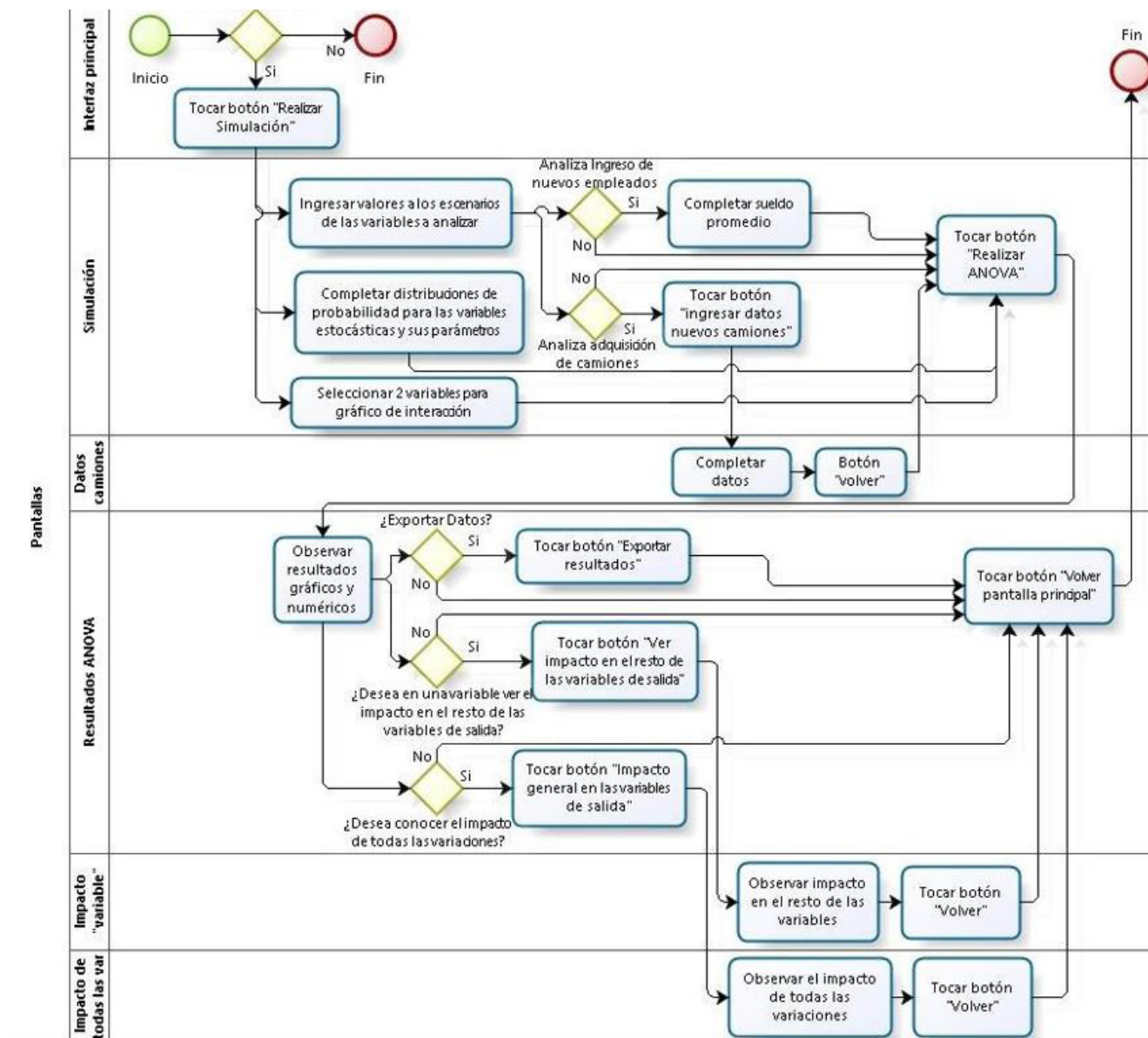
- Gráficos de torta para cada variable comparando los distintos escenarios. Muestra la distribución de costos de las actividades primarias, de las actividades secundarias y de los recursos más importantes. Permitirían determinar las principales fuentes de costos para cada variable según los escenarios propuestos.

A partir de estos gráficos, podría analizarse el impacto que produciría en las ganancias decisiones como: la incorporación o inhabilitación de un camión; modificación en la cantidad de personal; cambio de proveedores; y aumento del precio del combustible; permitiendo tomar decisiones en base a los resultados arrojados por las simulaciones, como por ejemplo, aumentar o disminuir el precio del servicio o modificar la estructura empresarial. Esto posibilitaría tener estipuladas de antemano acciones estratégicas a llevar a cabo dados ciertos contextos.

5.4 DESCRIPCIÓN DE LAS INTERFACES

Con el objetivo de realizar el análisis de sensibilidad es necesario incorporar al software las interfaces que permiten este análisis. En la Figura 3 se puede apreciar cómo se relacionan las mismas.

Figura 3: Diagrama de relaciones de interfaces.



Fuente: Elaboración propia

PANTALLA “SIMULACIÓN”

En la pantalla de inicio se deberá incluir un botón que se llame “Simulación”, del cual se abrirá una nueva pantalla, en donde se mostrarán todas las variables de entradas para la simulación, identificadas en la sección 5.1 como las más relevantes (6 estructurales y 6 no estructurales); y además, todas las variables estocásticas. En esta pantalla el usuario podrá dar nuevos valores a las variables sin afectar los cálculos de costos actuales, es decir que los valores de la pantalla principal no se verán afectados.

Para las variables de entrada el usuario tendrá la opción de introducir hasta 3 escenarios diferentes para cada variable, pudiendo plantear una situación optimista, una realista y otra pesimista. Si el usuario no introduce cambios en algún parámetro o en alguno de los escenarios se considera como que dicho parámetro o escenario no varía. Además, podrá seleccionar 2 variables que desee que se grafiquen para analizar su interacción (análisis multifactorial).

Por otro lado, para cada variable estocástica se deberá especificar el tipo de distribución

según una lista desplegable; la media; y la desviación estándar. Con respecto a los parámetros y el resto de las variables no incluidas en el análisis, éstas tomarán el valor actual correspondiente al indicado en la pantalla principal.

Una vez definido los valores, el usuario deberá clicar el botón “Realizar ANOVA”. A continuación se abrirá una nueva pantalla: “Resultados del ANOVA”, en la cual se mostrarán los resultados del análisis.

PANTALLA: “RESULTADOS ANOVA”

En esta pantalla se mostrará los resultados del análisis. Para cada variable seleccionada se podrá observar:

- Si la variable afecta significativamente a la variable de respuesta beneficio total.
- Para cada escenario propuesto se especifica en la primera fila el valor absoluto de las variables de salida debido a la variación individual de la variable de entrada, y en la segunda, la variación de éstos con respecto al valor original (correspondiente a los valores indicados en la pantalla principal) y el porcentaje que representa. Las variables de salida que se detallan son: el beneficio total, el costo total, la rentabilidad y una variable de salida considerada como más influyente para la variable analizada. Para conocer el impacto en todas las variables de salida que afecta, el usuario deberá clicar el botón “ver impacto en el resto de las variables de salida” y se abrirá una nueva pantalla donde se detallan los mismos.
- Gráfico de cada variable en el que muestra en ordenadas el beneficio total y en abscisas los 3 niveles seleccionados.

También se incluye el gráfico de interacción de las variables seleccionadas en la pantalla Simulación.

Una vez observado los resultados, existe la opción de exportar los datos a una planilla de cálculo, clickeando en el botón “Exportar resultados”.

OTRAS PANTALLAS

En otra pantalla se detallarán datos específicos a ingresar en caso de la incorporación de camiones; otra expone el impacto en todas las variables en los resultados si se incorporarían todos los escenarios 1, todos los escenarios 2 o todos los 3; y las pantallas de impactos de cada variables, en la que se muestra el impacto individual de cómo las variaciones propuestas para cada variable de entrada afectan a las variables de salida.

5.4 APLICACIÓN EN EL SISTEMA ACTUAL: EJEMPLO PRÁCTICO

A continuación se plantea la incorporación al sistema existente. El caso de estudio corresponde a una empresa de transporte de hacienda en pie. La misma cuenta con 4 choferes, cada uno asignado a un camión jaula simple con capacidad de 25 (tn), 2 administrativos, 6 operarios de mantenimiento y 2 empleados dedicados exclusivamente a la carga y descarga de los camiones. Cada trabajador cuenta con un sueldo fijo mensual y los choferes reciben también una comisión por cada kilómetro recorrido.

Para realizar el estudio se proponen 3 situaciones a analizar:

En la primera, se plantea el caso de que exista una posible suba del precio del combustible. Por este motivo, la empresa desea analizar cómo afectaría esto a sus costos y, si es necesario, una suba del precio de la prestación del servicio en su misma magnitud para contrarrestar el aumento.

En la segunda, la empresa está evaluando brindar una mayor comisión para los choferes, de

manera de incentivar su trabajo, sin que esto afecte significativamente las ganancias.

Y en la tercera, se desea evaluar en forma general cuáles son las variables que mayor impacto tienen en los resultados.

Entonces, se procede a ingresar los valores al sistema, tanto los valores de las variables estocásticas como las estructurales y no estructurales que se deseen modificar.

Para la variable del precio del combustible se plantea una situación optimista (el precio se mantiene), una realista (el precio aumenta un 10%) y una pesimista (el precio aumenta un 20%); así también para la variable del precio de prestación del servicio se plantean 3 escenarios: el precio sube un 5%, el precio sube un 10% y el precio sube un 20%.

Y para la variable de la comisión por km del chofer, una situación en donde la misma no varíe, otra que aumente un 10%, y otra en la que se incremente un 20%.

En la Figura 4 se puede visualizar como sería el ingreso de estos valores al sistema.

Figura 4: Pantalla Simulación.

The screenshot displays a simulation configuration screen with the following sections:

- Escenario 1: Escenario 2: Escenario 3:** Headers for the three scenarios.
- VARIABLES ESTRUCTURALES:**
 - Precio del combustible [\$/lt]: 5%, 10%, 20%
 - Sueldo fijo chofer [\$/mes]: [dropdown]
 - Comisión por km del chofer [\$/km]: 0%, 10%, 20%
 - Sueldo personal administrativo [\$/km]: [dropdown]
 - Sueldo personal de carga y descarga [\$/mes]: [dropdown]
 - Sueldo personal de mantenimiento [\$/mes]: [dropdown]
- VARIABLES NO ESTRUCTURALES:**
 - Precio de prestación del servicio [\$/km]: 0%, 10%, 20%
 - Cantidad de choferes [choferes]: [dropdown]
 - Especificar: Sueldo promedio: [input], Comisión por km: [input]
 - Cantidad de administrativos [adm]: [dropdown]
 - Especificar: Sueldo promedio: [input]
 - Cantidad de operarios de carga y descarga [op cyd]: [dropdown]
 - Especificar: Sueldo promedio: [input]
 - Cantidad de operarios de mantenimiento [op mant]: [dropdown]
 - Especificar: Sueldo promedio: [input]
 - Cantidad de camiones [camiones]: [dropdown]
- VARIABLES ESTOCÁSTICAS:**
 - Cantidad de km totales recorridos por cada chofer: Normal [dropdown]
 - Chofer 1: $\mu=12000$ $\sigma=1000$
 - Chofer 2: $\mu=12360$ $\sigma=1200$
 - Chofer 3: $\mu=12120$ $\sigma=1100$
 - Chofer 4: $\mu=11927$ $\sigma=950$
 - Cantidad de viajes realizados al mes: Normal [dropdown], $\mu=150$, $\sigma=37$
 - Proporción de tiempo que los operarios dedican a cada actividad: [checkbox]
 - Operario de carga y descarga: Normal [dropdown]
 - Carga del producto al camión: $\mu=0,45$ $\sigma=0,1$
 - Descarga del producto al camión: $\mu=0,35$ $\sigma=0,1$
 - Armado de pedidos: $\mu=0,1$ $\sigma=0,05$
 - Operario de mantenimiento: Normal [dropdown]
 - limpieza del vehículo: $\mu=0,13$ $\sigma=0,02$
 - acondicionamiento exterior del vehículo: $\mu=0,15$ $\sigma=0,03$
 - acondicionamiento interior del vehículo: $\mu=0,05$ $\sigma=0,01$
 - revisión de chasis, motor y transmisión: $\mu=0,23$ $\sigma=0,05$
 - mantenimiento de frenos: $\mu=0,08$ $\sigma=0,03$
 - comprobación de la iluminación: $\mu=0,10$ $\sigma=0,01$
 - revisión de ejes y suspensión: $\mu=0,26$ $\sigma=0,07$
 - Operario administrativo: Normal [dropdown]
 - tomar pedido: $\mu=0,17$ $\sigma=0,05$
 - confeccionar remitos: $\mu=0,33$ $\sigma=0,12$
 - planificar ruta: $\mu=0,50$ $\sigma=0,17$
- GRÁFICO DE INTERACCIÓN DE VARIABLES:**
 - Eje de abscisas: \$ Combust [dropdown]
 - Cuerpo del gráfico: \$ Servicio [dropdown]
- Realizar ANOVA** button.

Fuente: Elaboración propia

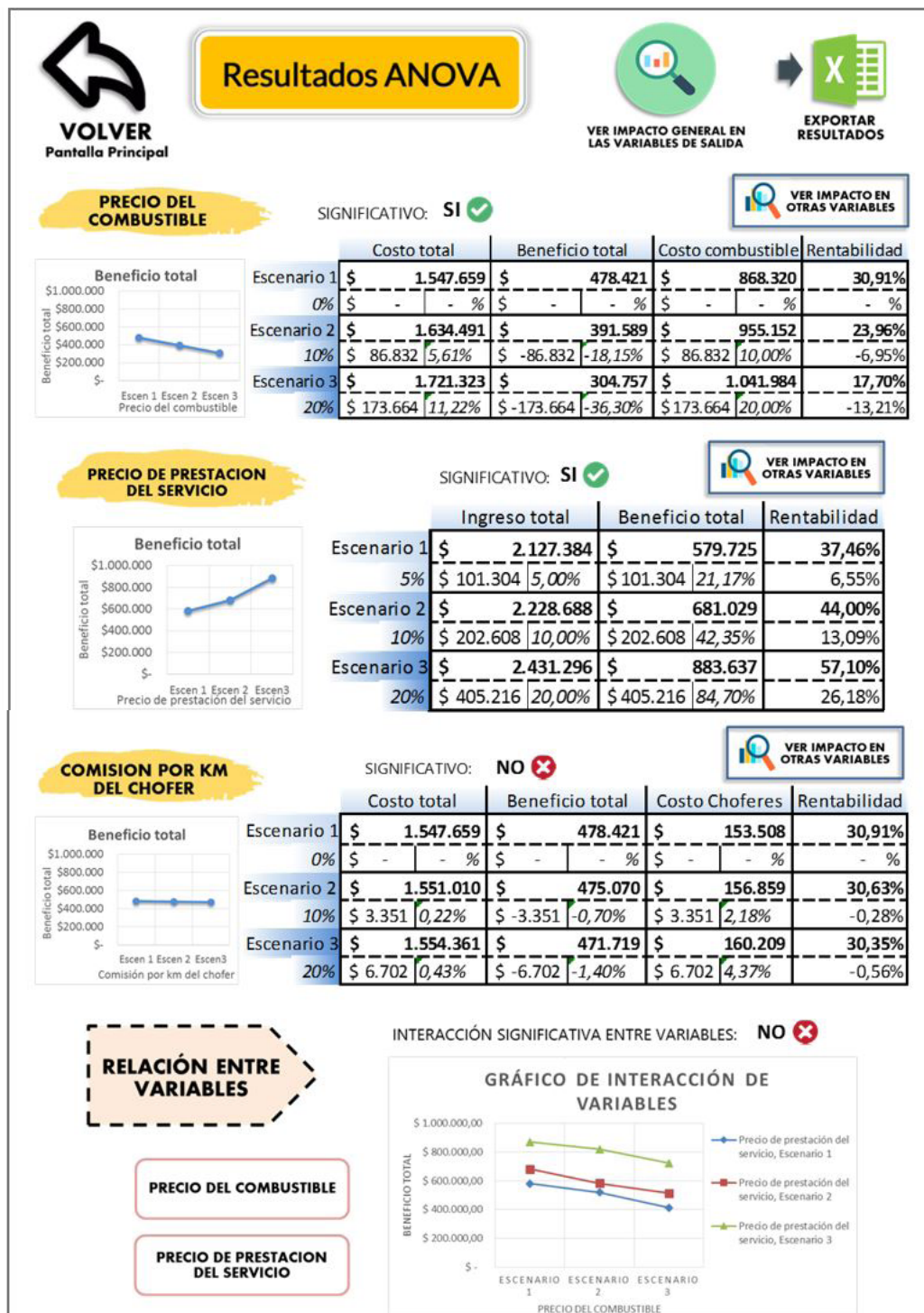
6 RESULTADOS

En base al modelado planteado en el trabajo, se podría llegar a los siguientes resultados:

En la Figura 5 se visualiza que las variaciones tanto del precio del combustible como del precio de prestación del servicio, son significativas para la variable de respuesta "beneficio total". Sin embargo, la interacción entre ambas variables no resulta significativa. Se observa

que para el segundo escenario planteado referente al “precio del combustible”, los beneficios de la empresa disminuyen un 18,15%; y en el tercer escenario bajan un 36,30%. Por otro lado, al aumentar el “precio de prestación del servicio” un 5%, considerando una demanda constante, los beneficios crecen un 21,17%; si este aumento es del 10%, los mismos alcanzan un 42,35%; y si el aumento es del 20%, se incrementan un 84,70%.

Figura 5: Pantalla Resultados del ANOVA



Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados, se puede observar que si el precio del combustible aumenta un 10%, no necesariamente se tendría que aumentar el precio de la prestación del servicio en ese mismo porcentaje. Con aumentar este precio un 5%, las ganancias ya superarían los mayores costos ocasionados por la suba del combustible.

Si el precio del combustible aumenta un 20%, se da una situación similar, un aumento del 20% en el precio de la prestación del servicio, superaría ampliamente los costos producidos por el aumento del combustible. En este caso, un aumento en el precio del servicio del 5% no alcanzaría a mantener la misma ganancia, por lo tanto habría que aumentar el precio del producto en un 10%, con lo que se superaría incluso las ganancias actuales.

La interacción entre las variables no es significativa, lo que indica que estas dos variables no dependen una de otra y, por tanto en este caso pueden tomarse decisiones en forma totalmente aislada.

Debe tenerse presente que el sistema de simulación analiza de forma individual los cambios en las variables, en consecuencia no determina cuál es el porcentaje exacto en que debería aumentarse el precio del servicio para obtener el mismo beneficio. Para determinar este porcentaje exacto debe aplicarse directamente el sistema de costos.

La ventaja del sistema de simulación en esta situación es tener una respuesta rápida ante posibles cambios en el mercado o cambios estructurales, mostrando información útil para la toma de decisiones estratégicas relacionadas a los costos de la empresa. Esta información tiene en cuenta variables externas, como en este caso el costo del combustible, o variables internas a la empresa que podrían ser modificadas a nivel gerencial.

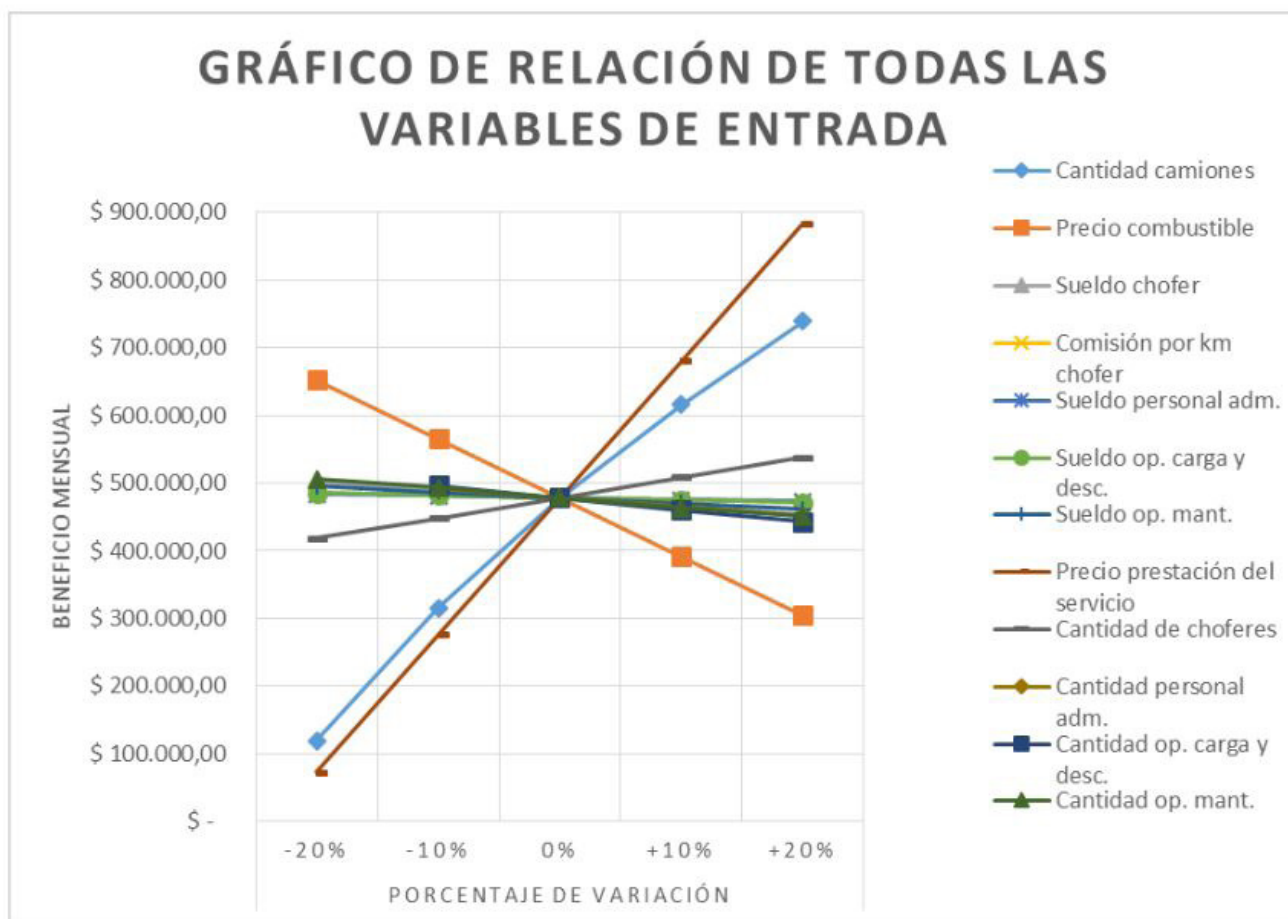
Asimismo, como se observa también en la Figura 5, las variaciones en el valor de la variable "comisión por km del chofer" no resultan significativas. Se puede notar en su gráfico que el beneficio total resulta casi invariable. Las situaciones planteadas representan una disminución en las ganancias de entre \$3.351 (0,70%) a \$6.702 (1,40 %) mensuales.

De esta manera podrían considerarse la decisión de, por ejemplo, incrementar el incentivo a los choferes. Esta disposición no afectaría significativamente los resultados y podría generar una mayor satisfacción en los empleados y posibles mejores rendimientos. Al aumentar la comisión, el chofer tiene un mayor incentivo para realizar más kilómetros, lo que podría resultar en una mayor cantidad de repartos en un menor tiempo. Por lo tanto, se generaría además una mejor eficiencia en la entrega y como consecuencia también aumentaría la satisfacción de los clientes.

Por otro lado, el gráfico de la Figura 6 permite visualizar cuáles son las variables que impactan mayormente en los resultados. Para acceder al mismo se debe presionar el botón "ver impacto general en las variables de salida", ubicado en la Pantalla de Simulación (Figura 5).

Las variables más importantes para el caso de estudio son: el precio de prestación del servicio, la cantidad de camiones, el precio del combustible y, en menor medida, la cantidad de choferes.

Figura 6: Gráfico de relación de todas las variables de entrada.



Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se puede notar que el impacto generado en el beneficio total al realizar variaciones de igual magnitud en el precio del servicio, en la cantidad de camiones, en el precio del combustible o en la cantidad de choferes, es mucho mayor que si la variación ocurriera en las otras variables. Esto significa que al modificar en pequeña medida estas variables, los resultados cambian considerablemente.

Asimismo, si se realizan cambios en los sueldos fijos de los choferes, en los sueldos del personal administrativo, en los sueldos de los operarios de carga y descarga, en los sueldos de los operarios de mantenimiento, en la comisión por km de los choferes, en la cantidad de empleados administrativos, en la cantidad de operarios dedicados a la carga y descarga del camión o la cantidad de operarios dedicados al mantenimiento, los efectos generados en los resultados económicos son mínimos. Por lo tanto, se pueden modificar estas variables sin afectar en gran medida los beneficios actuales de la empresa, buscando beneficios intangibles y que, a mediano y largo plazo, generen como consecuencia aumentos en la calidad y en las ganancias.

7 DISCUSIÓN

El modelado propuesto del sistema de toma de decisiones logísticas basada en la simulación plantea:

Simular tendencias y eventos inesperados dentro del proceso de toma de decisiones relativas a los costos logísticos, a través del diseño de diferentes escenarios.

Evaluar distintas decisiones administrativas/operativas (como por ejemplo qué tipo de cubiertas se compran) y de estructura alternativas (cantidad de operarios a emplear, modificaciones en la flota de camiones, etc.).

Evaluar el impacto de las decisiones en los costos a través de relaciones causa-efecto.

Se propone continuar con el proceso de simulación para implementar el modelo propuesto en el software desarrollado en Java por el grupo de trabajo.

7 CONCLUSIONES

La propuesta de este trabajo es el modelado conceptual de la simulación y el desarrollo de un análisis de sensibilidad para el análisis de costos relacionados al transporte de la carne. Se plantea implementar la simulación en trabajos futuros como herramienta de análisis dinámico al sistema informático ya desarrollado, que posee como principal ventaja la fácil integración a los sistemas existentes en el ámbito industrial.

Esta propuesta pretende ser un instrumento útil para la toma de decisiones, posibilitando simular diferentes escenarios o eventos inesperados y apreciando el efecto que tiene en los resultados de costos. En este sentido, la incorporación de la simulación en el análisis sobre los costos del transporte de carne permitiría observar el impacto de ciertas decisiones de diseño y gestión, así como posibles variaciones en los parámetros de costos sobre los costos totales y unitarios, para facilitar la toma de decisiones en los mandos medios y altos. Un aspecto a destacar es que el trabajo no se limita al costeo de las empresas de transporte de carne, pudiendo ser extendido a otros rubros e industrias.

SUPPORT SYSTEM FOR LOGISTIC DECISION MAKING IN THE MEAT INDUSTRY THROUGH SIMULATION

ABSTRACT: The dynamic characteristic of the supply chain (CS) underlines the importance of having management indicators that allow the efficient management of decision making at administrative and managerial levels. Specifically for the meat transport area, the simulation tool is proposed to reflect the variation in total and unitary logistic costs in relation to various operational and structural decisions, as well as to possible random variations of the cost parameters. The objective of the present paper is to model a tool that allows the combination of the dynamic analysis that provides us the discrete-event simulation, with a computer system of easy integration to the existing systems in the company. The designed simulation model would be incorporated in future works to the previously developed computer tool for estimation of costs related to meat transport

KEYWORDS: Simulation; Decision making; Logistic costs; Transport of meat.

Originais recebidos em: 14/08/2018
Aceito para publicação em: 06/09/2018

REFERENCIAS

ERDMAN, D. Simulation Models for Business Planning and Economic Forecasting. En: SAS Global Forum Proceedings/SUGI 93. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc, 1993, pp. 291-297. ISBN 1-55544-550-0.

Eusko Jaurlaritz, Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. Simuladores y herramientas de transportes [en línea] [fecha de consulta: 25 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/transportes/simuladores/>

FULLANA BELDA, C. y URQUÍA GRANDE, E. 2009. Los Modelos de Simulación: Una Herramienta Multidisciplinar de Investigación. Encuentros multidisciplinares. 11(32), 37–48. ISSN 1139-9325.

GUERRERO HERNÁNDEZ, M. A., HENRIQUES LIBRANTZ, A. F. 2014. Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería. 22(2), 257–262. ISSN 0718-3291.

GUTIÉRREZ PULIDO, H. 2006. Diagrama de Pareto y estratificación. En: Calidad Total y Productividad. D.F., México: Mc.Graw-Hill Interamericana, pp. 177-186. ISBN 978-607-15-0315-2.

JANE, C. 2011. Performance Evaluation of Logistics Systems under Cost and Reliability Considerations. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 47(2), pp. 130-137. ISSN 1366-5545.

Java 8.0 [en línea]. Disponible en: <https://www.java.com>

KAPLAN, R., COOPER, R. 1987. Accounting and Management: A Field Study Perspective. Boston, Estados Unidos: Harvard Business School Press.

LARMAN, C. 2003. Iterative and Incremental Development: A Brief History. Computer. IEEE Computer Society. 36 (6), pp. 47–56. ISSN 0018-9162.

LAW, A. M, KELTON W. 1991. Simulation Modeling and Analysis. Singapur: Mc. Graw-Hill. ISBN 0-07-100803-9.

LOPER, M. L. 2015. The Modeling and Simulation Life Cycle Process. En: Modeling and Simulation in the Systems Engineering Life Cycle, Simulation Foundations, Methods and Applications. London: Springer, pp.17-27. ISBN 978-1-4471-5633-8.

QUINODOZ, J. 2008. Un tablero de control para empresas de producción lechera. Producir XXI. [en línea] 16(201), pp. 35–40. [fecha de consulta: 5 noviembre 2016]. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/instalaciones_tambo/133-tablero.pdf

RASAMIT, T. 2003. The Aggregate Analysis of Logistics Cost and Total Factor Productivity. Tesis de Maestría [en línea]. Massachusetts USA: Massachusetts Institute of Technology. [fecha de consulta 5 noviembre 2016]. Disponible en: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/28576#files-area>

ROLÓN, J., ASCÚA, L., ROLÓN-HARJUNKOSKI, M., TUCCI, V., RODRÍGUEZ, M.A. Diseño de sistema de costeo ABC al servicio de transporte en la industria de la carne. Primera Parte: Modelado del sistema de costos. En: Actas del VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Córdoba, Argentina, 2015. ISBN 978-987-1896-50-9.

ROLÓN-HARJUNKOSKI, M., ROLÓN, J., ASCÚA, L., TUCCI, V., RODRÍGUEZ, M.A. Diseño de sistema de costeo ABC al servicio de transporte en la industria de la carne. Segunda Parte: Desarrollo del programa informático para el análisis de costos. En: Actas del VIII Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Córdoba, Argentina, 2015. ISBN 978-987-1896-50-9.

SeaRates LP. Calculadora de carga [en línea] [fecha de consulta: 30 octubre 2016]. Disponible en: <https://www.searates.com/es/reference/stuffing/>

SIP Consultors. Simulador de Costes [en línea] [fecha de consulta: 30 octubre 2016]. Disponible en: <https://www.3tres3.com/simulador-de-costes>

World Freight Rates. Freight Calculator [en línea] [fecha de consulta: 30 octubre 2016]. Disponible en: <http://www.worldfreightrates.com>