

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación

Plan Maestro de Gestión de Transporte para la Unidad de
Logística a Granel de la Cooperativa de Productores de Leche
Dos Pinos

Tomo 1

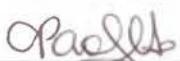
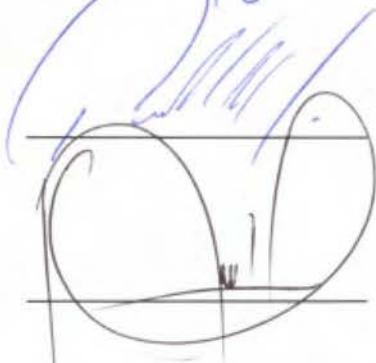
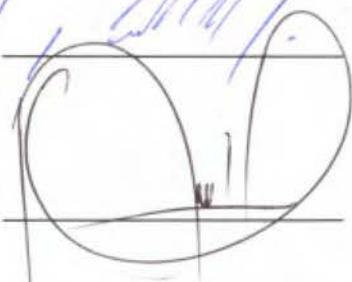
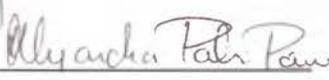
Guillermo Aguilar Cartín

Víctor Torres Rivera

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Abril, 2016

Aprobación del proyecto

Miembro del Tribunal	Firma	Fecha
Inga. Paola Gamboa Hernández <i>Representante de la Dirección</i>		22/04/2016
Inga. Melissa Pizarro Aguilar, M.Sc. <i>Directora del Comité Asesor</i>		26/04/2016
Inga. Randall Murillo Solano <i>Contraparte, Dos Pinos</i>		
Inga. Roberto Quirós Vargas, Dr. <i>Asesor Técnico</i>		26/4/2016
Inga. Alejandra Pabón Páramo, M.Sc. <i>Profesora Lectora</i>		22 abril 2016

Dedicatoria Guillermo Aguilar

En primer lugar quiero agradecer a mis padres por el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida. Sin la ayuda y guía de ambos, nada de esto hubiera sido posible.

Quiero agradecer a Víctor, por su amistad y excelente trabajo, no solo en este proyecto, si no a lo largo de todos los años universitarios.

A mis profesores, por de cada uno de ellos aprendí lecciones que me han ayudado a mejorar como profesional y ser humano.

En especial a la profesora Melissa y el profesor Roberto, los cuales probaron al máximo mi paciencia, pero que a la vez nos guiaron de manera excelente para obtener un resultado del cual me considero muy orgulloso.

A todos mis amigos en la universidad y en Ingeniería Industrial, los cuales directamente e indirectamente me ayudaron y me impulsaron a concluir mis estudios.

A mi tía Ileana, ya que sin ella en ningún momento hubiera elegido Ingeniería Industrial como la carrera que quería estudiar.

A nuestra contraparte Randall, por su paciencia y guía a lo largo de todo el proyecto.

Y un agradecimiento muy especial a la Universidad de Costa Rica, el cual fue el lugar que me permitió vivir una experiencia durante muchos años que no todas las personas tienen el placer de poder contar.

Dedicatoria Víctor Torres

Esto va dedicado a Dios todo poderoso, porque sin Él no soy nadie y es quien me ha permitido llegar hasta aquí. A mi madre, quien siempre ha estado allí apoyándome desde pequeño, gracias. A mi compañero de proyecto y amigo Guillermo, que sin su apoyo no hubiera logrado este triunfo. A mi familia, mi novia y a todas las personas que siempre han creído en mí. Gracias a la mejor Universidad, gracias Universidad de Costa Rica por formarme como el profesional que soy hoy. Este es un gran paso, mas solo el inicio de lo que espero sea un largo y exitoso camino.

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”

Filipenses 4:13

Resumen Gerencial

El presente proyecto se desarrolla en la Unidad Logística a Granel (ULG) de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, la cual fue fundada en el año 2004 con el fin de apoyar la distribución del producto a granel de la Planta de Alimentos Balanceados a cada uno de los asociados productores de leche.

El proyecto da inicio con la evaluación de la situación actual de la ULG en búsqueda de posibles oportunidades de mejora o una problemática que afecte a la organización. Luego de entrevistas con el personal de la ULG se encuentra que se tiene un proceso de transición de los asociados en cuanto a la forma con la que se les distribuye el producto. Dicho proceso busca promover que los asociados que reciben el alimento en presentación de sacos, cambien a un modo de recepción a granel; es por esto, que se decide orientar el proyecto a la distribución a granel y no a la distribución en sacos. Además, se encuentra que un 65% del producto es distribuido a fincas de la división norte del país y que esta división cuenta con un 68% del total de fincas a las que se les distribuye el producto a granel, por lo que además se decide orientar el proyecto hacia la división norte, la cual incluye las zonas de Aguas Zarcas, Ciudad Quesada, Fortuna, Monterrey, Muelle, Pital, Venecia y Zarcero.

Posteriormente se continúa con la evaluación para encontrar posibles oportunidades de mejora, tomando como base el Plan Maestro de Transporte de Edward Frazelle (2002), el cual es un modelo teórico de buenas prácticas de transporte en una organización de clase mundial. Se encuentra que actualmente la ULG no cuenta con un diseño de rutas con fundamento teórico matemático, sino que se cuenta con rutas que históricamente se han ido adaptando a las necesidades operativas por la entrada y salida de nuevos asociados, y que el origen de estas rutas es completamente empírico. Además, se encuentra preliminarmente que los controles llevados a cabo son insuficientes y que no se utiliza la información disponible para la toma de decisiones.

En la evaluación preliminar del estado de programación de rutas de la ULG, se encuentran 55 rutas que presentan puntos fuera de zona, que corresponden a fincas que no se encuentran asignadas a la zona geográfica más cercana, lo que responde a una mala asignación de estas a las determinadas zonas geográficas definidas. Una premisa de la ULG es procurar que en la ejecución de las rutas no exista cruce de fincas de diferentes zonas en una misma zona geográfica, sin embargo se encuentra que esto si ocurre en el periodo de tiempo analizado, el cual es de Octubre de 2013 a Marzo de 2014. Combinando el caso de los puntos fuera de zona con el cruce de zonas en la ejecución de las rutas, el gasto extra debido a estos factores asciende a \$5 197 460 durante seis meses, lo cual representa, en el mismo período de tiempo, el 5,2% del gasto total en gasolina, o el 30% de los salarios ordinarios de los choferes, o el 41% del pago de horas extra a los choferes.

A partir de lo anterior se determina que el método en que se diseñan las rutas de distribución del producto a granel genera un mayor gasto en combustible, el cual corresponde al 50,59% de los gastos mensuales de la ULG; esta situación también aumenta los costos de operación de transporte y distribución, y consecuentemente se genera un mayor gasto para sus asociados, quienes son los que pagan el costo de

distribución del producto desde El Coyol hasta sus fincas. Lo anterior es la problemática que se decide abarcar en este proyecto.

La etapa de diagnóstico da inicio con la evaluación del marco legal aplicable a la organización. Al realizar la revisión de estos documentos se evidencia el cumplimiento del 100% de la normativa, tanto general como específica, esto mediante la comprobación en sitio de la legislación y entrevistas a los colaboradores de la ULG.

De la evaluación del marco legal se identifican dos principales restricciones de importancia para considerar en las fases posteriores del proyecto: restricciones de manejo del producto impuesto por el Certificado Veterinario de Operación (CVO) otorgado por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) y la capacidad máxima legal de carga de los camiones. La primera de ellas establece que no se puede realizar combinación de diferentes tipos de productos en un mismo compartimento del camión, o la combinación de un mismo tipo de producto solicitado por distintos asociados, es decir no es posible combinar productos ni pedidos en un mismo espacio. Considerando esta restricción, a pesar de que se tienen niveles mínimos de cumplimiento para la utilización de la capacidad del camión (85% por camión), la imposibilidad de realizar combinaciones de productos ni pedidos en un mismo compartimento ocasiona que los camiones no hagan sus viajes completamente llenos (en promedio viajan a un 79% de su capacidad), debido a que depende de la cantidad de producto que el asociado solicite y el consecuente espacio ocupado. La segunda restricción establece que la carga real que se realice a los camiones nunca debe exceder a la carga legal permitida, por lo que aunque se busca tener al menos un 85% de utilización de los camiones, no es permitido bajo ninguna circunstancia exceder lo establecido en el marco legal. La capacidad máxima es diferente para cada camión, oscilando entre 14 100 y 17 100 kilogramos para los camiones de Dos Pinos y entre 10 000 y 18 000 kilogramos para los externos.

Posteriormente, se continúa con la evaluación de los procesos que se tengan establecidos en la ULG. Se encuentra que no se cuenta con procesos documentados en la organización, tanto para actividades de programación de rutas, la ejecución de las rutas y el control de operaciones, por lo que se procede a realizar el mapeo de los mismos, para esto se utiliza una variación del diagrama SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Client); el cual es una herramienta para realizar la representación gráfica de un proceso, permitiendo visualizar de manera sencilla los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (Asociación Española para la Calidad, 2015). Se considera una variación ya que se decide agregar el actor que realiza cada actividad dentro del proceso identificando tres principales procesos dentro de la ULG: Ciclo de Vida del Producto a Granel, proceso de nivel 0; Programación de rutas, proceso de nivel 1; y Carga del camión, proceso de nivel 2. Es importante destacar que en esta etapa se realiza un mapeo de los procesos actuales que se consideran claves dentro del modus operandi actual de la ULG, para este punto no se realiza diseño de ningún tipo.

Seguidamente se continúa con el perfilado de información en el que se realiza una descripción detallada de los aspectos relacionados al asociado, fincas, zonas geográficas y camiones. El asociado es el único cliente de la ULG, y es el encargado de realizar los pedidos de alimento y a su vez realizar la recepción de este en cada una de las fincas. De la gama de productos que se distribuyen, se encuentra que el Vap Feed Granel es el alimento de mayor solicitud por los asociados, obteniendo un 65,55% del total de los kilogramos solicitados a la ULG. Además, se evidencia que no todos los asociados solicitan el alimento con

la misma frecuencia de pedido, encontrando cuatro diferentes tipos de frecuencias semanales, variando desde una semana hasta cuatro semanas, siendo la frecuencia de cada dos semanas en las que más solicitan productos los asociados.

Dentro del análisis de las zonas geográficas y fincas se encuentra que existe una fuerte correlación entre la cantidad de fincas, cantidad de visitas y la cantidad de producto distribuida en una zona, con coeficientes de relación superiores al 96,7 %. Se obtiene a la zona de Aguas Zarcas como la de mayores valores de estos tres aspectos, con un 27 % del total de fincas, 25 % del total de visitas o viajes y un 24 % del total de kilogramos distribuidos.

Como primer paso del perfilado de los camiones y proveedores de transporte, se describe la tipología de los camiones con los que la ULG cuenta para realizar la distribución del producto. Actualmente la organización cuenta con 10 camiones subcontratados y 8 camiones propios, siendo la primera clasificación aquella en la que ULG paga a un tercero o proveedor de transporte externo por la prestación del servicio de transporte del producto desde El Coyol hasta las fincas de los asociados; el segundo tipo de camiones son completamente propiedad de la ULG. Cada camión, de cualquiera de las dos clasificaciones, posee una determinada cantidad de compartimentos, que corresponden al área designada para el almacenamiento del producto desde que se realiza la carga del alimento hasta que es entregado en las fincas de los asociados. Se tienen dos tipos de camiones: de cinco o de seis compartimentos o campos. Sumado a esto se encuentra que dependiendo del producto que se trate, este va a tener un volumen específico a ocupar en el camión, lo que significa que algunos productos van a ocupar más o menos espacio que otros en el camión, lo cual debe ser considerado al momento de realizar la programación de las rutas.

Existe un total de cinco camiones en los que la capacidad de carga definida por la ULG es mayor a la capacidad legal máxima permitida, por lo que la empresa puede incurrir en faltas legales por este aspecto. Analizando la utilización de los viajes realizados con los camiones, se encuentra que un 60 % de los viajes de Diciembre del 2013 a Noviembre del 2014, fueron realizados de manera subutilizada, sin cumplir la meta de 85 % de utilización de camión definida por la ULG. Además, los camiones de Dos Pinos oscilan entre un 45 % y 60% de viajes con una utilización menor a la meta, y el camión con mayor subutilización presenta un 96% de subutilización, siendo de un proveedor externo. Un 86% de los viajes subutilizados se encuentran entre un 60% y un 85% de uso de la capacidad y un 14% entre un 60% y 0%. Esto es una situación indeseable, ya que significa enviar los camiones con una cantidad significativa de espacio vacío que pudo haber sido aprovechado de una mejor manera.

Complementando lo anterior, se cuantifica la cantidad de viajes que incumplen los límites de capacidad establecidos por la ley, obteniendo que un total de 404 viajes fueron realizados utilizando un camión con un peso total que excede lo establecido en el marco legal; esta cifra representa un 10% de los viajes totales. Al realizar viajes que exceden los límites legales se expone a la ULG al pago de multas, así como otras posibles repercusiones negativas como desgaste de los camiones, entre otros. Es importante destacar que el objetivo y equilibrio que debe existir por parte de la ULG es alcanzar la máxima utilización posible, sin exceder la capacidad legal máxima permitida de los camiones, y garantizado el nivel de servicio para el asociado, al cual no se le debe de incumplir bajo ninguna de circunstancia en la entrega de los pedidos. Por último se encuentra que la ULG tiene una alta dependencia del transporte subcontratado pues en

conjunto, los proveedores de transporte externo distribuyen más de 65% de los kilogramos de los productos demandados por el asociado, en comparación con un 31% de los camiones internos de la ULG.

Uno de los aspectos más importantes del proyecto es el análisis de la programación de rutas actual de la ULG. En un inicio se realiza el análisis del método de asignación de fincas a zonas geográficas; para esto es importante resaltar que en cada una de estas zonas se ubica un Almacén Agroveterinario, el cual se encuentra en el centro de la población, y es con este punto como referencia que se ubican actualmente las fincas por parte de la ULG. Además se define que uno de los requisitos es que construyan las rutas de manera que se entregue producto en fincas que se encuentren en las mismas zonas geográficas. Se busca que esto se realice de esta forma para que se visiten lugares cercanos entre ellos, tratando de disminuir las distancias recorridas, y así incurrir en menos gastos.

Al analizar la metodología actual de cómo se asignan las fincas a las zonas geográficas se obtiene como resultado que no se sigue ningún método o procedimiento, y por ende no se tienen criterios de asignación que ayuden a realizar esta operación. La asignación se hace según la preferencia de los asociados, es decir, si la finca de un asociado está ubicada en Ciudad Quesada, esta persona puede elegir que se asigne a la zona geográfica de Ciudad Quesada, o a cualquiera otra que decida. Al no seguir ningún procedimiento con criterios apropiados, se pueden presentar problemas a la hora de programar las rutas.

Para analizar los problemas que se pueden presentar a raíz de esta situación se procede con la caracterización de la distribución de fincas en las zonas, identificando tres casos asociados a esta mala asignación: El cruce de zonas, la diferencia entre centros actuales y calculados, y los puntos fuera de zona. Con el primer caso, el cruce de zonas, se procede a trazar un radio desde el centro actual de la zona hasta la finca más alejada, realizando este ejercicio para todas las fincas. Si luego de realizar esto, se encuentran intersecciones entre los radios de una o más zonas, se determina que se cuenta con cruce de zonas. El cruce de zonas entre fincas se presenta al menos una vez en las ocho zonas estudiadas. Con el segundo caso se calculan los centros de gravedad para cada una de las zonas geográficas, esto a partir de las coordenadas geográficas de cada una de las fincas dentro de la zona. A partir de este centro y el centro utilizado por la ULG se realiza una resta, para conocer la diferencia en kilómetros que existen entre ambas referencias; dicha diferencia existe en cada una de las ocho zonas estudiadas. Como último caso se tienen los puntos fuera de zona, entiéndase los puntos que no se encuentran asignados a la zona geográfica más cercana. Se encuentran un total de 59 fincas mal asignadas, esto representa un 23% del total de las fincas existentes.

Es importante destacar que los tres casos presentados anteriormente repercuten en la programación de rutas. Para cuantificar de qué manera se presenta esta repercusión se procede a analizar 225 rutas, dentro de las cuales se encuentran 118 veces los puntos fuera de zona y 70 rutas que presentan cruce de zona; esto se traduce en 28 975 kilómetros extra recorridos y 65 136 minutos extra utilizados. Cuantificando la cantidad de kilómetros recorridos, el costo por estos casos asciende a los \$9 700 000 y para los minutos utilizados corresponde a \$3 255 000 por el pago de horas extra a los choferes, obteniendo un total de \$12 955 000 de gasto innecesario por motivo de puntos fuera de zona y cruces de zona presentados en la ejecución de las rutas.

Como último análisis de la programación de rutas se procede a evaluar la metodología que se utiliza actualmente por la ULG. Se encuentra que existe una mala asignación de las fincas a las zonas geográficas, pues debe considerarse que se busca que los viajes se ejecuten con las fincas que se encuentren dentro de una misma zona, y si las fincas se encuentran asignadas a almacenes ajenos a su verdadera zona geográfica se incurre en recorridos extra. Además se halla que el programador de rutas no verifica la veracidad de la información de las fincas que está programando; por ejemplo, en una programación de una ruta que incluye fincas solamente de Aguas Zarcas, se desconoce si realmente se ubican geográficamente Aguas Zarcas o no. A raíz de esto, queda en evidencia el riesgo existente de programar rutas que incluyan fincas con una mala asignación a los almacenes sumado al desconocimiento del programador.

Posteriormente se realiza una evaluación de los controles existentes a las operaciones. Se encuentran dos tipos de controles, el primero de ellos es un control realizado a los choferes, que consiste en la verificación de que el chofer no realice recorridos fuera del comportamiento normal de una ruta, esto lo miden con la comparación contra rendimientos históricos del camión; en caso de que se tenga un rendimiento muy desviado del comportamiento estándar de los datos, se considera que se tiene una desviación que servirá para cuestionar al chofer. Se considera que el enfoque de este control no es el adecuado ya que es para evitar robos de gasolina y el uso del camión para otras actividades, y falta ampliar su alcance. El segundo de los controles encontrados es el realizado a la entrega del producto, con el cual se busca medir el cumplimiento que se le da al asociado en la entrega del pedido. Se considera que este control obedece a medidas reactivas en vez de ser una cadena de controles a lo largo del proceso. Aunado a esto, se considera que existen otras variables que deben ser monitoreadas, y que pueden serlo con la información que se plantea recopilar, tal como lo es la capacidad utilizada del camión, el estado de actividad o inactividad de las fincas, entre otras.

Continuando con la etapa de diagnóstico, se procede a realizar un análisis de los costos de la ULG. Los costos operativos son los que representan un mayor gasto para la organización, siendo el combustible el de mayor aporte, con un 44,53 % de los costos totales. Este gasto se encuentra directamente relacionado a los recorridos en kilómetros realizados en los viajes, por lo que una eventual disminución de la cantidad de kilómetros recorridos repercute directamente en una disminución en el consumo de este recurso y consecuentemente una disminución en los gastos totales. En relación a esto, se encuentra que no se tiene clara la información utilizada para el método actual de cálculo del costo de distribución cobrado al asociado, lo cual genera incertidumbre en las operaciones, pues se desconoce si se está cobrando correctamente. Es por esto que se considera que se debe proponer una nueva metodología de cálculo del costo.

Tras el análisis realizado durante todas las etapas del proyecto, se obtienen un total de 44 variables que se consideran como críticas en su participación en la programación de rutas y en las operaciones en general de la ULG. Dentro de estas variables se encuentran insumos y restricciones a los que se deben ajustar las operaciones. A partir de la valiosa información obtenida, se da inicio con la etapa de diseño, en donde se desarrolla un Plan Maestro de Transporte para la ULG, cuyo objetivo es no solo plasmar los conceptos teóricos de esta metodología, sino operativizar los mismos mediante herramientas para la programación

y diseño de rutas, el perfilado de información y controles a toda la cadena de valor, todo bajo una premisa de mejora continua.

Primeramente se inicia con el planteamiento del modelo conceptual del Plan Maestro de Transporte para la ULG. Con este modelo se desea brindar una explicación integral de lo que se pretende implementar en la organización. En el mismo se explican los procesos sustantivos involucrados en el Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, los cuales son la Programación de Rutas, la Carga del Camión y la Ejecución del Transporte, todo esto asociado a un costo de distribución, el cual es el que se cobra al asociado por el servicio de transporte del producto. De estos procesos sustantivos se generan fuentes de información, dentro de los cuales se incluyen variables encontradas en la etapa de diagnóstico, que sirven como insumo para generar métricas que sirvan para realizar un proceso de Perfilado de Información relevante para la organización. También dentro de las posibles fuentes de información se tienen restricciones a las que se debe ajustar el modelo como lo son la capacidad máxima legal de los camiones y la restricción de acomodo del producto, entre otras. Además se propone un proceso de Control y Mejora, que consiste en indicadores y actividades que promueven el control sobre todas las etapas del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, para que de esta manera exista una mejora continua sobre todas las operaciones involucradas en la ULG.

El modelo conceptual debe acoplarse a la práctica en el día a día de la ULG, para esto se debe determinar los procesos que mejor se ajusten a las necesidades de la organización. Para determinar estos procesos se utiliza la metodología BPM de análisis de mejora de procesos que abarca desde el levantamiento de los existentes hasta el rediseño o el diseño completamente desde cero de procesos según corresponda. Este análisis fue aplicado a los procesos encontrados en diagnóstico: Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, Programación de Rutas y Carga del Camión. Asimismo, se realiza un diseño completamente desde cero de procesos que vienen a complementar las operaciones y que responden a una necesidad propia del modelo propuesto como lo son los procesos de Ejecución del Transporte, Definición de Zonas y Asignación de Fincas, Perfilado de Información, y Control y Mejora.

El proceso de Perfilado de Información, abarca desde la extracción de la información a analizar hasta la toma de decisiones con base en la información presentada. Su propósito es tanto analizar la información existente, así como determinar la necesidad de creación de una nueva categoría de perfilado, esto con el fin de no limitar la información a la situación actual, pues la información debe estar en constante actualización. Las categorías definidas para el perfilado son pedido de producto, costo de distribución, rutas, zonas geográficas, asociados, y flotilla.

Dentro del proceso de Programación de Rutas se encuentra como principales oportunidades de mejora la automatización de la programación de rutas diaria, la cual consiste de los viajes a realizar para la entrega del producto a granel a las diferentes fincas de los asociados. Conjuntamente, se identifica la necesidad de una etapa previa en la que se realice la correcta asignación de las fincas de los asociados a las zonas geográficas definidas. Los viajes que se realizan basados en la distribución de zonas geográficas de la ULG presentan cruces de zonas, puntos fuera de zonas y recorridos extra por la ausencia de este paso. Es por lo anterior que se propone la inclusión de un subproceso de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas dentro del proceso de Programación de Rutas. Este subproceso permite la actualización de las zonas geográficas y la asignación de las fincas a dichas zonas con criterio técnico basado en las posiciones

de cada una. Para la definición de las nuevas zonas geográficas a considerar en la programación de rutas y la respectiva asignación de las fincas existentes a esas nuevas zonas, se utiliza la técnica del análisis de conglomerados, cuyo propósito es descubrir la existencia de grupos homogéneos naturales que pueden existir, es decir, poder definir cuales datos deben agruparse debido a sus condiciones, que en este caso el criterio a utilizar es la cercanía entre los puntos. Primeramente se utilizan los algoritmos jerárquicos para determinar la cantidad de grupos necesarios para agrupar las fincas, obteniendo que el número que más se ajusta a las necesidades es de ocho grupos. Posteriormente con el algoritmo de k medias se asignan las fincas a cada grupo siguiendo el criterio establecido, obteniendo finalmente las nuevas zonas definidas con las respectivas fincas asignadas. Es importante destacar que la distribución de los centros de las nuevas zonas y la asignación de las fincas a esas zonas es completamente distinta de las zonas actualmente definidas para la distribución, con esto se eliminan los puntos fuera de zona y el cruce de zonas en la ejecución de las rutas, y así se obtiene un menor recorrido de kilómetros extra innecesarios.

Sumado a la nueva distribución de fincas, se debe determinar el tipo y tamaño de flotilla que más le conviene a la ULG de acuerdo a sus necesidades actuales y futuras. A raíz de entrevistas con el personal de la ULG se encuentra que por problemas de calidad del servicio de los proveedores subcontratados, la organización desea a un mediano plazo, que su flotilla sea completamente propia, es decir terminar la relación laboral con proveedores externos. Por lo anterior se procede a determinar la cantidad de camiones necesaria de camiones propios para subsanar la cantidad de kilogramos que actualmente distribuye la flotilla subcontratada. De acuerdo a proyecciones de la ULG, la necesidad de compra es de tres camiones nuevos, sin embargo, basado en la demanda de kilogramos del periodo desde Octubre de 2013 hasta Setiembre de 2015 la cantidad real a adquirir debe ser de cinco camiones.

En lo que respecta a la automatización de la programación de rutas, la propuesta se divide en dos etapas, cada una de ellas con su respectivo algoritmo. El primero de ellos consiste en la creación de posibles rutas a ejecutar diariamente, considerando todas las restricciones que han sido mencionadas a lo largo del trabajo, tales como las legales, de espacio, disponibilidad de camiones, y las preferencias de transporte. El resultado de este algoritmo son distintos grupos de rutas. Cada uno de ellos corresponde al grupo de rutas que cumple con el requisito de asignar todos los pedidos que deben ser entregados en un día determinado por zona geográfica. El algoritmo contempla la posibilidad de que no todos los pedidos sean asignados, pero siempre busca asignar todos de acuerdo a los recursos disponibles. El nombre del algoritmo mencionado es Algoritmo de Generación de Rutas (AGR).

La segunda etapa consiste de un algoritmo que se encarga de la evaluación de los grupos de rutas generados en el primer algoritmo, llamado Algoritmo de Evaluación de Rutas (AER). El mismo utiliza los criterios de distancia y tiempo, para calificar a cada una de las rutas y al sumar la calificación de todas las rutas se obtiene la calificación del grupo. El objetivo de calificar a los distintos grupos de rutas es seleccionar la configuración final que debe ser ejecutada, de acuerdo a la menor calificación obtenida. A menor calificación se obtendrá una menor cantidad de distancia y tiempos invertidos en ruta. Previo a la calificación final el algoritmo brinda un secuenciamiento sugerido de la ruta. El secuenciamiento, que se entiende como el orden en el que se van a visitar las fincas, se realiza basado en el Algoritmo de Dijkstra, que considera la distancia entre los puntos de una ruta, partiendo de un punto de origen, que en este caso es El Coyol de Alajuela.. Como insumos principales del algoritmo de evaluación de rutas se tienen la matriz

de tiempos y la matriz de distancias, las cuales tienen información del tiempo y distancia existente entre las fincas y la ULG en El Coyal, estos datos son vitales para la elaboración de la programación.

Seguidamente se continúa con la propuesta de una nueva metodología para el cálculo del costo de distribución a cobrar al asociado. Se plantea que mediante un costo por kilómetro obtenido de la relación entre los ingresos de un día y los kilómetros recorridos en un día, se pueda determinar el costo a cobrar por cada una de las rutas, esto al multiplicar el total de kilómetros obtenidos para una ruta determinada por el costo por kilómetro. Posteriormente de acuerdo al porcentaje relativo de aporte de cada asociado a los kilogramos y kilómetros totales de la ruta, así se le asigna el costo de distribución a pagar, siendo esta una opción más justa, realista y actualizada, en comparación con la metodología actual de cálculo de costo de distribución.

Todos los procesos anteriores se desarrollan bajo el marco de un proceso de Control y Mejora de las operaciones. Este proceso se encuentra basado en la norma INTE 01-01-01-05 "Guía para la implementación de sistemas de indicadores". A partir de las métricas definidas en el perfilado de información, se determina cuáles de estas métricas pueden ser denominados indicadores, siguiendo el criterio de que sean medibles, cuantificables y alcanzables para la organización. Estos indicadores están asociados a todos los procesos de la ULG, para de esta manera garantizar una cultura de mejora continua en todo el alcance de las operaciones, y están asociados a temáticas financieras, de productividad, de calidad y de tiempo de respuesta.

El desarrollo teórico y conceptual del proyecto debe ser planteado de manera práctica, buscando que se ajuste a las actividades diarias de la ULG, es por esta razón que se desarrolla una herramienta programada que apoya cada uno de los procesos definidos. De esta manera se tiene los módulos de perfilado de información, control y mejora, definición de zonas geográficas y asignación de fincas, configuración de la flotilla, costo del envío y programación de rutas. Para garantizar que tanto las necesidades como los requerimientos de los potenciales usuarios se cumplan, se realiza una ingeniería de requerimientos basada en la metodología DORCU, definiendo que requerimientos funcionales y no funcionales son esperados en el desarrollo de este producto.

Una vez realizadas las propuestas en la etapa de diseño, se procede a la etapa de validación del proyecto que tiene como propósito validar el Plan Maestro de Transporte propuesto ULG con el fin de comprobar la mejora en la gestión de la operación de distribución de alimento a granel. Para esto se propone realizar una comparación entre la programación de rutas real realizada por la ULG en el periodo de tiempo de Octubre de 2013 a Setiembre de 2015 contra las programaciones de rutas generadas por el módulo de programación de rutas de la herramienta propuesta. Para lograr lo anterior, primeramente se realiza una definición de los escenarios a seleccionar para comprobar la funcionalidad de la herramienta. Se analiza gráficamente el comportamiento de la cantidad de fincas visitadas por mes, encontrando que se tienen dos poblaciones de datos, por lo que se decide tratar por separado cada una. La primera de ellas se extiende desde Octubre de 2013 hasta Setiembre de 2014, y la segunda de ellas de Octubre de 2014 hasta Setiembre de 2015, ambas compuestas por un periodo de 12 meses. Dentro de cada población se decide seleccionar un mes de alta, media y baja cantidad de visitas. Posteriormente dentro de cada mes se decide seleccionar una semana de alta, media y baja cantidad de visitas, realizando el mismo análisis por día para

cada una de las semanas definidas. Se obtiene finalmente un total de 50 días distintos que a los que se les realizara la comparación entre la programación real contra la calculada por la herramienta.

Para determinar los beneficios cuantitativos de la herramienta, se procede a realizar la comparación de escenarios, y se obtiene una reducción total de 7% de los kilómetros recorridos, un 7% de los minutos transcurridos y un 12% de los litros consumidos, lo cual se traduce en un ahorro de ₡28 662 348 para la organización en un periodo de un año. Además se obtiene un aumento total de la utilización promedio en los camiones de un 4%, pasando de un 73 a un 77%, además proponiendo una nueva meta de utilización basado en análisis estadístico, la cual es de 65% de utilización, y no el 85% que se tiene como meta actualmente. Adicionalmente, se encuentra una reducción promedio del 12% en el costo del envío, y en ningún caso se obtiene un costo de envío propuesto mayor al de la ULG. Esta reducción se respalda por el hecho de que los gastos promedio por mes disminuyen de ₡42 408 198 a ₡37 319 214, lo que corresponde a una reducción del 12%.

Dentro de los beneficios cualitativos de la herramienta se encuentran: a) la ejecución automática de la programación de rutas, la cual ya no tendrá que ser realizada por el programador de rutas; b) la reproducibilidad de la herramienta a otras divisiones geográficas, si bien el proyecto se encuentra focalizado en división norte de las zonas geográficas, lo planteado puede ser extendido a las otras divisiones geográficas; c) la herramienta permite la modificación y actualización de aspectos esenciales en la programación de rutas como lo son los productos, camiones y fincas; y d) se da una reducción del impacto ambiental, entre otros beneficios.

Índice

Introducción	29
Capítulo I. Propuesta de proyecto	31
1 Justificación del proyecto	31
1.1 Breve descripción de la empresa	31
1.2 Alcance del Proyecto	32
1.3 Enunciado del problema	32
1.4 Justificación del problema	32
1.4.1 Situación actual Programación de rutas en la Unidad Logística Granel	34
1.5 Beneficios teórico-prácticos	37
1.5.1 Beneficios para la sociedad	37
1.5.2 Beneficios para la organización	37
2 Objetivo general	37
3 Indicadores de éxito	38
4 Limitaciones	39
5 Marco de referencia teórico	39
5.1 Importancia del transporte para la logística	39
5.2 Plan Maestro de Transporte	39
5.3 Perfilado de actividades de transporte y minería de datos	42
5.4 Medidas de desempeño de transporte	42
5.4.1 Costos del transporte	42
5.4.2 Justificación del concepto de aprovechamiento de recursos	43
5.5 Diseño de la red logística	43
5.5.1 Diseño de Rutas	43
5.6 Planeación y gestión del envío	44
5.7 Gestión de la flotilla	44
5.8 Gestión del transportista	44
5.9 Sistema de gestión del transporte	45
5.10 Diseño y desarrollo de la organización del transporte	45
5.11 Relación del Plan Maestro de Transporte con el ciclo PHVA de mejora continua	45
6 Metodología General	48
7 Cronograma	54
Capítulo II. Diagnóstico	57
8 Objetivos del diagnóstico	57
8.1 Objetivo general	57
8.2 Objetivos específicos	57
9 Metodología de diagnóstico	58

10	Descripción del marco legal y procesos asociados a la ULG	60
10.1	Evaluación de la ULG respecto a documentos legales aplicables	60
10.2	Levantamiento de procesos asociados a la Unidad Logística Granel	60
10.2.1	Procesos identificados	61
10.2.2	Análisis de valor agregado de los procesos	63
10.3	Gestión de la información en la ULG	64
	<i>Boleta de despacho a granel</i>	65
10.4	Hallazgos de la descripción del marco legal y los procesos	66
#1	Restricción de acomodo del producto	66
#2	Restricción de paso vehicular	66
#3	Capacidad máxima definida por ley	66
#4	Inexistencia de una definición documentada de procesos	67
#5	Dificultad para modelar información	67
11	Perfilado de información relacionada con la ULG: descripción detallada de datos relacionados con el asociado, fincas, zonas geográficas y camiones	67
11.1	El asociado: Cliente de la ULG	68
11.2	Comportamiento de la demanda	68
11.3	Frecuencia de pedido del asociado	72
11.4	Zonas geográficas y fincas	73
11.5	Camiones y proveedores de transporte	74
11.5.1	Tipología del camión utilizado para el transporte del producto a granel	75
11.5.2	Descripción de la capacidad de la flotilla	77
11.5.3	Utilización de la capacidad de los camiones	79
11.5.4	Comparación entre proveedores de transporte	84
11.6	Hallazgos del perfilado de actividades de transporte y minería de datos	88
#6	Importancia de Vap Feed Granel para la ULG	88
#7	Influencia del volumen específico de los productos en el acomodo en los compartimentos	88
#8	Variación de la demanda de producto a granel	88
#9	Frecuencias y actividad de las fincas	88
#10	Correlación entre fincas, kilogramos distribuidos y visitas realizadas	88
#11	Utilización inadecuada de los camiones	89
#12	Dependencia de la ULG del transporte subcontratado	89
12	Diseño de rutas	89
12.1	Análisis de la metodología de asignación de fincas a zonas geográficas	89
12.2	Caracterización de distribución de fincas en las zonas geográficas	90
	Caso 1. Cruce de zonas	90
	Caso 2. Comparación de centro actual y centro calculado	93
	Caso 3. Puntos fuera de zona	93
12.3	Evaluación de las rutas actuales	94
12.4	Evaluación de la metodología de programación de rutas	97
12.5	Hallazgos del diseño de rutas	98
#13	Ausencia de un diseño de rutas	98
#14	Ausencia de una metodología de asignación de fincas a las zonas geográficas	98
#15	Metodología deficiente de programación de rutas	98

#16	Tiempo disponible de los camiones	98
#17	Ventana de tiempo de entrega	98
13	Controles a las operaciones	99
13.1	Control a los choferes	99
13.2	Control en el cumplimiento de entrega del producto	99
13.3	Hallazgos de los controles de las operaciones	100
#18	Falta de robustez del control a los choferes	100
#19	Alcance insuficiente del control de cumplimiento de entrega del producto	100
#20	Controles insuficientes	100
14	Análisis de costos de la ULG	100
14.1	Costo del producto transportado	101
14.2	Hallazgos análisis de costos	102
#21	Costos de operación elevados	102
#22	Falta de un método estandarizado para el cálculo del costo del flete	102
15	Definición de variables presentes en el ruteo de la Unidad Logística Graneles	102
16	Resumen de hallazgos	106
17	Oportunidades de mejora	109
17.1	Desarrollar un método de asignación de fincas	109
17.2	Desarrollar un método de definición de zonas geográficas	109
17.3	Construir un diseño de rutas robusto	109
17.4	Elaborar una metodología de programación de rutas	109
17.5	Desarrollar un proceso de control y mejora y sus indicadores	109
17.6	Plantear una herramienta para el análisis de información	110
17.7	Definir una metodología robusta para el cálculo del costo del flete	110
18	Conclusiones Etapa de Diagnóstico	110
Capítulo III. Diseño		111
19	Objetivos del diseño	111
19.1	Objetivo general	111
19.2	Objetivos específicos	111
20	Metodología de diseño	112
21	Modelo Conceptual del Plan Maestro de Transportes	114
21.1	Características del enfoque basado en procesos y su relación con el modelo conceptual	114
21.2	Aspectos internos y externos	118
21.3	Fuentes de información	119
21.4	Perfilado de Información	120
21.5	Programación de rutas	121
21.5.1	Definición de zonas geográficas y asignación de fincas	121
21.5.2	Definición del tamaño y tipo de flotilla	122
21.6	Carga del camión	122
21.7	Ejecución del transporte	123
21.8	Costo del Envío	123

21.9	Control y mejora	123
22	Enfoque basado en procesos: Sustento de la ejecución del modelo conceptual planteado	125
22.1	Análisis de los procesos existentes	128
22.1.1	ESIA aplicado a los procesos de la ULG	129
22.1.2	Diseño de procesos nuevos: Método de la hoja en blanco	129
23	Fuentes de Información	130
23.1	Insumos del Plan Maestro de transporte	130
23.2	Restricciones del Plan Maestro de Transporte	132
24	Perfilado de información	133
24.1	Proceso de Perfilado de Información	133
24.2	Planteamiento del perfilado de información	136
25	Operaciones de la ULG	141
25.1	Programación de Rutas	141
25.2	Planteamiento de la Metodología para la Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	146
25.2.1	Metodología a utilizar	146
25.2.2	Resultados: Algoritmos de jerarquización para la definición de conglomerados	147
25.2.3	Uso de K-Medias para definir las zonas geográficas y asignar las fincas	148
25.2.4	Resultados	149
25.3	Determinación del tamaño y tipo de flotilla necesaria para la ULG	152
25.3.1	Enfoque actual y futuro de la flotilla de la ULG: adquisición de nuevos camiones	152
25.3.2	Análisis de la demanda y disponibilidad actual de camiones	153
25.3.3	Disponibilidad actual de camiones	156
25.3.4	Planteamiento de escenarios	157
25.3.5	Necesidad real de compra de camiones a incluir en flotilla propia	158
25.4	Planteamiento de programación	158
25.4.1	Algoritmo de generación de rutas	161
	Asignar pedidos mismas zonas o cercanos	164
25.4.2	Algoritmo de evaluación de rutas	169
25.5	Carga del Camión	174
25.6	Ejecución del Transporte	176
25.7	Registros asociados a los procesos	178
	# de entrega (s) a visitar	180
26	Costo del envío	181
26.1	Método de cálculo actual	181
26.2	Propuesta de cálculo del costo del envío	182
26.2.1	Distribución de gastos en el mes	182
26.2.2	Costo por kilómetro	182
26.2.3	Ingresos por ruta y costo por asociado	183
27	Control y mejora de las operaciones	184
27.1	Proceso de control y mejora de las operaciones	184
27.2	Planteamiento del Control y Mejora de las operaciones	188
27.3	Selección de los indicadores	189

27.3.1	Elección de los indicadores con base en el Perfilado de Información	190
27.4	Registros asociados	195
28	Herramienta programada PMT	196
28.1	Ingeniería de requerimientos de la herramienta	196
28.2	Diseño y programación de la herramienta	197
28.2.1	Módulo del Perfilado de Información	198
28.2.2	Módulo de Control y Mejora	198
28.2.3	Módulo de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	199
28.2.4	Módulo de Configuración de Flotilla	199
28.2.5	Módulo de Costo del Envío	199
28.2.6	Módulo de programación de rutas	199
29	Conclusiones Etapa de Diseño	200
Capítulo IV Validación		201
30	Objetivos de validación	201
30.1	Objetivo General	201
30.2	Objetivos específicos	201
31	Metodología de Validación	202
32	Funcionamiento e interfaz del módulo de programación de rutas	203
32.1	Correcto funcionamiento de la herramienta: validación de la herramienta	203
32.2	Interfaz de la herramienta	203
32.3	Iteraciones en el programa	205
32.3.1	Definición de la cantidad de iteraciones	206
33	Resultados de la validación del PMT propuesto	206
33.1	Perfilado de Información y Control y Mejora	206
33.2	Programación de rutas	206
34	Plan de implementación del sistema	208
35	Funcionalidad del PMT	209
35.1	Consideraciones brindadas por la contraparte de la ULG	209
36	Beneficios asociados al sistema	210
36.1	Cuantitativos	210
36.1.1	Selección de escenarios	210
36.1.2	Resultados obtenidos y comparación: ruteo actual ULG y planteado	212
36.2	Cualitativos	217
36.2.1	Ejecución automática del diseño y programación de rutas	217
36.2.2	Reproducibilidad de la herramienta a las otras zonas geográficas.	217
36.2.3	Flexibilidad de modificación de productos, camiones y fincas	218
36.2.4	Insumo para la toma de decisiones y perfilado de información	218
36.2.5	Ventaja competitiva para la ULG	218
36.2.6	Reducción del impacto ambiental	218
36.2.7	Cumplimiento del peso legal de los camiones	219

37	Conclusiones Etapa de Validación _____	219
	<i>Conclusiones Generales</i> _____	220
	<i>Bibliografía</i> _____	221
	<i>Entrevistas</i> _____	223
	<i>Glosario</i> _____	224
	<i>Apéndices</i> _____	225
	<i>Anexos</i> _____	225

Índice de cuadros

Cuadro 1. Presupuesto de la ULG, Octubre 2013-Marzo 2014.	34
Cuadro 2. Cruce de Zonas	36
Cuadro 3. Metodología General: Etapa de Diagnóstico	48
Cuadro 4. Metodología General: Etapa de Diseño	51
Cuadro 5. Metodología General: Etapa de Validación	53
Cuadro 6. Cronograma: Etapa de Diagnóstico	54
Cuadro 7. Cronograma: Etapa de Diseño	55
Cuadro 8. Cronograma: Etapa de Validación	56
Cuadro 9. Metodología de diagnóstico	58
Cuadro 10. Documentos y registros identificados	65
Cuadro 11. Aspectos incluidos en el perfilado de información	67
Cuadro 12. Productos distribuidos al asociado	68
Cuadro 13. Coeficientes de variación para pedidos mensuales de Vap Feed Granel	70
Cuadro 14. Estado de actividad de las fincas	72
Cuadro 15. Índices de actividad por finca	72
Cuadro 16. Frecuencia de pedido de las fincas	73
Cuadro 17. Proporción de visitas realizadas a las zonas geográficas en la ejecución de los viajes	73
Cuadro 18. Análisis de correlación entre la cantidad de visitas y la cantidad de producto distribuido	74
Cuadro 19. Relación de volumen entre los productos distribuidos y Vap Feed Granel	77
Cuadro 20. Descripción de los camiones utilizados en la ULG	78
Cuadro 21. Análisis del cumplimiento del límite legal	79
Cuadro 22. Comparación de utilización ULG con utilización legal	80
Cuadro 23. Subutilización de los camiones	81
Cuadro 24. División de los viajes subutilizados	82
Cuadro 25. Contabilización de viajes subutilizados	82
Cuadro 26. Cuantificación de viajes que exceden los límites legales de carga del camión	83
Cuadro 27. Prueba Kruskal Wallis para la comparación entre los proveedores de transporte	84
Cuadro 28. Cantidad de visitas promedio por camión por proveedor de transporte	85
Cuadro 29. Cantidad de producto distribuido por proveedor de transporte	86
Cuadro 30. Hallazgos relacionados a la descripción de los camiones en el periodo de estudio	86

Cuadro 31. Dinero pagado por la distribución del producto por tipo de proveedor de transporte	87
Cuadro 32. Composición de zonas geográficas	90
Cuadro 33. Distancia a la finca más alejada	90
Cuadro 34. Cruce de zonas	92
Cuadro 35. Diferencia entre centro de gravedad geográfico y centro actual	93
Cuadro 36. Información incluida en el registro de rutas	95
Cuadro 37. Resultados de la evaluación de rutas	96
Cuadro 38. Rendimientos de camiones de Dos Pinos.	96
Cuadro 39. Desglose de gastos de la ULG de octubre de 2013 a marzo de 2014	101
Cuadro 40. Variables tomadas en cuenta en la bibliografía consultada	103
Cuadro 41. Variables descartadas	104
Cuadro 42. Resumen de hallazgos	106
Cuadro 43. Metodología de Diseño	112
Cuadro 44. Componentes del modelo conceptual	119
Cuadro 45. Categorías de perfilado planteadas	121
Cuadro 46. Clasificación de los procesos existentes y nuevos	127
Cuadro 47. Insumos	130
Cuadro 48. Restricciones	132
Cuadro 49. Categorías de perfilado planteadas	136
Cuadro 50. Aspectos incluidos en el perfilado de información	138
Cuadro 51. Comparación entre zonas actuales y las zonas propuestas	149
Cuadro 52. Coordenadas geográficas de los centros de gravedad de las nuevas zonas geográficas definidas	150
Cuadro 53. Análisis de variación de la demanda	154
Cuadro 54. Máximo, mínimo y medida de tendencia central de la demanda diaria de producto	155
Cuadro 55. Camiones disponibles y sus capacidades de carga	156
Cuadro 56. Configuraciones de camiones	157
Cuadro 57. Planteamiento de escenarios	157
Cuadro 58. Necesidad real de cantidad de camiones	158
Cuadro 59. Variables del algoritmo	163
Cuadro 60. Eliminación de información	178
Cuadro 61. Registro Programación de Rutas	178
Cuadro 62. Registro Boleta de despacho a granel	179

Cuadro 63. Registro Ejecución de la ruta _____	180
Cuadro 64. Costo de la ruta _____	183
Cuadro 65. Cálculo de contribución por finca _____	183
Cuadro 66. Distribución del costo de la ruta _____	184
Cuadro 67. Elección de los indicadores _____	191
Cuadro 68. Indicadores planteados para las operaciones de la ULG. _____	192
Cuadro 69. Registro de problemas y errores conocidos _____	195
Cuadro 70. Relación de los módulos de la herramienta con los procesos diseñados y partes del PMT planteado	196
Cuadro 71. Metodología de Validación _____	202
Cuadro 72. Parámetros a ingresar para programar rutas _____	205
Cuadro 73. Resultado de la programación de rutas _____	207
Cuadro 74. Plan de implementación del Plan Maestro de Transporte para la ULG _____	208
Cuadro 75. Selección de escenarios _____	212
Cuadro 76. Distribución de frecuencias para los escenarios _____	212
Cuadro 77. Comparación de resultados obtenidos _____	213
Cuadro 78. Reducción porcentual de los parámetros _____	213
Cuadro 79. Resumen de beneficios cuantitativos obtenidos con el PMT _____	214
Cuadro 80. Comparación de camiones propios contra subcontratados _____	214
Cuadro 81. Resultados de utilización de la flotilla _____	215
Cuadro 82. Estadística descriptiva de la utilización de la capacidad _____	215
Cuadro 83. Ejemplo de metodología de Costo de Distribución _____	216

Índice de figuras

Figura 1. Punto 263 fuera de zona	35
Figura 2. Comparación de distancia desde un punto a la zona geográfica más cercana en comparación a la que se encuentra asignada.	36
Figura 3. Modelo de mejora continua de un sistema de gestión de calidad	41
Figura 4. Ciclo PHVA aplicado al Plan Maestro de Transporte	46
Figura 5. Proceso de orden de alimento a granel	62
Figura 6. Tipología de un camión de 6 compartimentos utilizada para el transporte	76
Figura 7. Interior del área de almacenaje de un camión de 5 compartimentos	76
Figura 8. Cruce de zonas geográficas	92
Figura 9. Estructura actual de procesos	115
Figura 10. Estructura de procesos propuesta	116
Figura 11. Modelo conceptual PMT	117
Figura 12. Ciclo BPM.	126
Figura 13. Lógica de funcionamiento del análisis ESIA	128
Figura 14. Proceso Perfilado de Información	135
Figura 15. Proceso de Programación de Rutas	143
Figura 16. Subproceso de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	145
Figura 17. Zonas geográficas asignadas a las nuevas zonas geográficas	151
Figura 18. Generación y evaluación de rutas	160
Figura 19. Algoritmo de generación de rutas	165
Figura 20. Diagrama de flujo de algoritmo de evaluación de rutas	170
Figura 21. Funcionamiento del Algoritmo de Dijkstra	171
Figura 22. Esquema aplicando al Algoritmo de Dijkstra	172
Figura 23. Funcionamiento del Algoritmo de Dijkstra	173
Figura 24. Proceso de Carga del Camión	175
Figura 25. Proceso de Ejecución del Transporte	177
Figura 26. Proceso Control y mejora de las operaciones	186
Figura 27. Subproceso de elaboración de indicadores	187
Figura 28. Metodología diseño e implementación de un sistema de indicadores	189
Figura 29. Metodología DORCU para la ingeniería de requerimientos	197
Figura 30. Módulo de programación de rutas: Ingreso de Orden	204
Figura 31. Módulo de programación de ruta: Modificación de variables	204

Índice de gráficos

Gráfico 1. Demanda de Vap Feed Granel de diciembre 2013 a noviembre 2014 _____	70
Gráfico 2. Gráfico de cajas para la comparación de proveedores de transporte _____	85
Gráfico 3. Resumen del diagnóstico _____	108
Gráfico 4. Coeficientes para el algoritmo Vinculación inter grupos por cada conglomerado _____	147
Gráfico 5. Comportamiento de la demanda de producto a granel (media diaria) desde Octubre 2013 hasta Setiembre 2015. _____	153
Gráfico 6. Comportamiento de la demanda de producto a granel (media total mensual) desde Octubre 2013 hasta Setiembre 2015. _____	154
Gráfico 7. Cantidad de fincas visitadas desde octubre 2013 a setiembre 2015 _____	211

Lista de acrónimos

1. ULG: Unidad Logística Graneles
2. PAB: Planta de Alimentos Balanceados
3. CVO: Certificado Veterinario de operación
4. SIPOC: Diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers)
5. UTS: Unidad de Transporte de Suministros
6. PHVA: Metodología de mejora continua Planificar Hacer Verificar Actuar
7. MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes
8. SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal
9. AVA: Análisis de Valor Agregado.
10. PMT: Plan Maestro de Transporte

Introducción

El transporte generalmente representa el elemento individual más importante en los costos de logística para la mayoría de las empresas, y se ha observado que absorbe entre uno y dos tercios de los costos totales de la logística (Frazelle, 2002). Un problema frecuente en la toma de decisiones es reducir los costos de transporte y mejorar el servicio al cliente encontrando los mejores caminos que debería seguir un vehículo en una red de carreteras que minimicen el tiempo o la distancia. El transporte es un área de decisiones clave en la logística y que representa el mayor porcentaje de los costos logísticos de una organización (Ballou, 2004).

Para la Unidad Logística Granel (ULG) de la Cooperativa de Productores de leche de la Dos Pinos, el combustible representa el 50,59 % de los gastos de la unidad, el cual se consume en los viajes que se realizan para la distribución del producto a granel hasta las fincas de cada uno de los asociados de la Dos Pinos. Los servicios brindados por la ULG son exclusivamente de transporte de productos, por lo que la planificación, operación y control de los aspectos relacionados al transporte como el control de la flota, programación de rutas y la elaboración y control de indicadores son claves para la reducción de costos y el aprovechamiento de los recursos. Para esto, la organización se encuentra en una constante búsqueda de acciones que le faciliten la ejecución de las operaciones y promuevan el ahorro de recursos que se traduzcan en un mayor ahorro para los asociados, quienes son los que pagan por el servicio de transporte del producto.

El presente documento pretende apoyar dicha búsqueda mediante un análisis integral de las operaciones de la ULG para determinar las oportunidades de mejora que tengan un impacto significativo en el *modus operandi* de la organización, lo cual se apoya por una propuesta que reduce los gastos de la organización y el aprovechamiento de recursos como el combustible.

El análisis mencionado se presenta en cuatro capítulos que permite examinar de manera integral la situación actual de la Unidad Logística Granel. En el primer capítulo se presenta un diagnóstico preliminar de la organización y una delimitación de la temática principal del proyecto. En esta primera etapa se expone una breve descripción de la empresa; el alcance específico del proyecto, y la razón de la escogencia de orientar el proyecto a la ULG; la problemática que posee la organización actualmente y los beneficios teórico-prácticos a alcanzar con la propuesta de proyecto. Se plantea el objetivo general que posee el análisis a realizar, así como un marco de referencia teórico que sirve como respaldo y guía en el abordaje de las oportunidades de mejora que se identifican.

En el segundo capítulo se realiza un proceso de diagnóstico donde se caracterizan los procesos actuales de las operaciones de la ULG, se realiza una descripción y perfilado de información de datos relacionados con el asociado, fincas, zonas geográficas y camiones; se realiza una evaluación del proceso de programación y diseño de rutas, así como de las rutas que actualmente se ejecutan por la empresa; se evalúan los controles existentes en las operaciones así como los costos más importantes. Por último se proponen las principales oportunidades de mejora que se encuentran durante este capítulo.

En el tercer capítulo del documento se presenta el diseño del proyecto, en el que se expone una solución a la problemática, donde se abarcan las oportunidades de mejora que se identificaron en el diagnóstico. Primeramente se presenta el modelo conceptual, con el cual se plantea una solución integral que abarca el rediseño de procesos existentes y diseño de procesos desde cero que vienen a complementar las operaciones de la ULG y a apoyar una ideología de mejora continua. Específicamente el modelo propone un proceso de control y mejora de las operaciones, soportado por indicadores que tienen alcance en toda la cadena de valor y con registros y metodologías que apoyan el control y mejora constante. Además se diseña una herramienta que facilita el perfilado de la información y la toma de decisiones en relación al asociado, las fincas, las zonas geográficas y los camiones y una herramienta que apoya el proceso de programación y diseño de rutas, proceso sustantivo de la organización. Posteriormente se presenta una nueva metodología para el cálculo del costo de distribución.

Por último en el cuarto capítulo del documento, se valida la funcionalidad de las herramientas propuestas. Se expone la metodología que se implementa en esta etapa, así como los escenarios y consideraciones a tomar en cuenta para poner a prueba los cambios en los procesos. Se realiza una comparación de los resultados que presenta la herramienta de programación de rutas, contra los resultados históricos obtenidos de la programación realizada con el proceso de programación de rutas actual, esto con el fin de evidenciar las mejoras y beneficios cuantitativos y cualitativos que se pueden alcanzar con la implementación de las propuestas planteadas.

Capítulo I. Propuesta de proyecto

1 Justificación del proyecto

1.1 Breve descripción de la empresa

Cooperativa de Productos de Leche, Dos Pinos R.L¹ fue fundada el 26 de agosto de 1947. La empresa cuenta con 570 productos, dentro de los cuales se pueden mencionar diferentes tipos de leches, helados, yogurt, quesos, cremas lácteas y bebidas no lácteas como jugo de naranja, entre otros.

Dentro de la empresa se encuentra el Departamento de Recolección, el cual se encarga de realizar viajes con camiones a cada una de las fincas de los asociados productores de leche, y recoger la leche para transportarla a la planta del Coyal. Dentro de este departamento, se encuentran dos divisiones: la Unidad Logística Granel (ULG) y la Unidad de Transporte de Suministros (UTS), las cuales encarga de transportar alimento para el ganado de los asociados productores de leche. En relación con la ULG, se refiere a la distribución que se realiza del alimento a granel directamente desde las instalaciones, que se ubican en El Coyal de Alajuela, hasta cada una de las fincas de los asociados. La UTS se refiere a la distribución en sacos del alimento desde dichas instalaciones hasta los Almacenes Agroveterinarios de la empresa y posteriormente a cada una de las fincas.

La ULG empezó siendo parte de la Planta de Alimentos Balanceados (PAB), la cual se encarga de asesorar en materia de nutrición del ganado lechero a los asociados (productores de leche de la Dos Pinos) y de fabricar y distribuir los alimentos especiales que estos soliciten; dicha planta da inicio a sus operaciones en el año 2004 y a partir de 2006 se traslada al Coyal de Alajuela, donde opera actualmente. Actualmente la Unidad Logística a Granel trabaja en conjunto con la PAB sin embargo ya no se encuentra dentro de dicha unidad organizacional. Tanto la PAB como la ULG surgen debido al deseo que tenía la empresa de internalizar la operación de distribución de alimentos a granel y en sacos, con el objetivo de tener más control sobre la cadena de valor, y no dejar en manos de terceros la distribución del alimento a sus asociados. Esto se realiza debido a que un análisis de costo beneficio determina que genera más ventajas a la empresa el tener un área dedicada a gestionar la distribución del producto y su respectiva flotilla (Gonzalez, 2014). En el año 2014 se da una reestructuración organizacional y es en este momento que la Unidad Logística Granel pasa a formar parte del Departamento de Recolección.

El objetivo empresarial para el ULG es que los costos de sus operaciones sean iguales a los ingresos, obtenidos mediante el pago de los asociados por el costo de distribución del alimento, por lo que este departamento no busca el lucro, sino un servicio de calidad y al menor precio posible para sus asociados. Cuenta con tres personas en la jefatura, y siete choferes, quienes manejan los ocho camiones propios de la empresa. Parte de la distribución se terceriza a cinco proveedores externos, tres de los cuales se

¹ A partir de ahora llamada “empresa”

encuentran contratados, y otro se utiliza en caso de eventualidades; entre los cinco proveedores externos cuentan con 10 camiones que son puestos a disposición de la empresa. La jefatura es la encargada de la programación y el diseño de las rutas para la distribución del producto, el cual se entrega en cuatro divisiones geográficas:

- Norte: Aguas Zarcas, Ciudad Quesada, Fortuna, Monterrey, Muelle, Pital, Venecia, Zarcero.
- Coyol: Alajuela, Cartago, Coronado, Heredia, San José.
- Guanacaste: Guayabo, Liberia, Tilarán, Nandayure.
- Atlántica: Guápiles y Río Frío.

1.2 Alcance del Proyecto

El proyecto se enfoca en la Unidad Logística Granel, pues actualmente la empresa tiene un proceso de transformación que busca que a todas las fincas atendidas, se les realice la distribución de alimento a granel y no en sacos. Este es un proceso que ha venido en crecimiento desde el inicio de operaciones, siendo así que en el año 2004 se tenían 40 fincas con silos a las que se les distribuía producto, y en la actualidad se tiene un total de 586 fincas de un total de 2000. Para recibir el servicio a granel los asociados han invertido en la instalación de silos en cada una de sus fincas.

Se decide trabajar con las fincas encontradas en la división norte. Las zonas que se encuentran en esta división geográfica corresponden a un 68% de las fincas totales, a las cuales se les distribuye el 65,4% del producto. Para más detalle sobre la distribución de fincas y la cantidad de producto distribuido, ver Apéndice 1.

Se considera que debido a la similitud de características entre las divisiones geográficas, el análisis llevado a cabo en la división norte es reproducible para las tres divisiones geográficas restantes. Entre dichas características similares se encuentran la utilización de los mismos camiones, la distribución del mismo producto, condiciones de infraestructura en cuanto a carreteras, condiciones climatológicas y geográficas, entre otros. Lo anterior sin dejar de considerar condiciones específicas de las fincas.

1.3 Enunciado del problema

El método en que se diseñan las rutas de distribución del producto a granel genera un mayor gasto en combustible, aumentando los costos de operación de transporte y distribución, y consecuentemente se genera un mayor gasto para sus asociados.

1.4 Justificación del problema

La empresa contaba en sus inicios con distintos proveedores externos para la distribución de producto a granel los cuales se encargaban individualmente de todos los clientes (asociados) de la ULG. Los proveedores diseñaban empíricamente cada ruta, de acuerdo con la necesidad de los clientes, y sin responder a ningún criterio técnico de diseño de rutas, ni teniendo una coordinación entre ellos,

resultando en que una vez que se decide internalizar este proceso y se unifican todas las rutas de los proveedores externos, se enfrenta una situación indeseable (Gonzalez, 2014). Al iniciar las operaciones de transporte y distribución del producto a granel, no se realiza un rediseño de rutas, sino que se empieza a trabajar con lo que manejan los proveedores externos, haciendo ajustes menores al sistema, y sin basarse en ningún criterio teórico o sistémico, solo en experiencia propia y empirismo.

Aunado a esto, los controles asociados al gasto de gasolina y duración de rutas se basan en el criterio experto; se cuenta con la información, pero esta no se analiza y no se utiliza para la toma de decisiones. Por ejemplo:

- Dos Pinos cuenta con una estación de gasolina propia, por lo que los camiones son cargados dentro de la empresa. La indicación que se les da a los choferes es que cuando vuelven de hacer una ruta deben llenar el tanque del camión. La estación registra la cantidad de litros que se le suministra al camión al ser llenado, además el kilometraje que registra al llegar a la estación. Actualmente utilizan esta información para controlar el accionar de los choferes y que no estén cometiendo actos ilícitos, al analizar si se tiene un comportamiento fuera de lo esperado en alguno de los viajes, sin embargo no se hace un análisis profundo de la información.
- La estimación de la duración de las rutas es completamente empírica, por ejemplo, para la ruta de San Carlos se estima una duración entre 5 y 7 horas, pero esto no se ha medido de manera confiable, resultando en que el control que se les da a la duración de las rutas no es estandarizado. Al ocurrir esta situación, no se puede dar un seguimiento correcto al consumo de gasolina, ya que si no se sabe con exactitud la duración y kilometraje de la ruta (considerando también la distancia que se recorre en la misma) no se puede saber cuánto diésel se necesita para realizar ese viaje, y por lo tanto no se puede saber si hay un gasto extra en este insumo.

Para determinar en cuál de los recursos es que la empresa tiene más gastos, se presenta en detalle el desglose del presupuesto de los meses de octubre 2013 a marzo 2014² de las operaciones.

² Se utiliza este lapso de tiempo ya que corresponde a los datos suministrados por la empresa al momento de realizar esta etapa del proyecto.

Cuadro 1. Presupuesto de la ULG, Octubre 2013-Marzo 2014.

Jefatura		
Descripción	Colones	%
Salarios	(₡ 13 609 721)	6,88%
Cargas Sociales	(₡ 6 364 239)	3,22%
Operativo		
Combustibles	(₡ 100 064 576)	50,59%
Mantenimiento	(₡ 34 014 215)	17,20%
Salarios	(₡ 17 673 858)	8,94%
Salarios Extraordinarios	(₡ 12 734 738)	6,44%
Consumo de Llantas	(₡ 12 484 838)	6,31%
Otros Transporte	(₡ 831 828)	0,42%
Total		(₡ 197 778 013)

Fuente: ULG Dos Pinos

De la información anterior se aprecia que los recursos más relevantes, es decir, con mayor porcentaje de contribución a los gastos de la división, son el combustible con un 50,59 % del presupuesto total, seguido del mantenimiento y los salarios con un 17.20% y un 8.94% respectivamente. El combustible, el mantenimiento y el gasto en llantas son recursos que están asociados directamente a las rutas y el diseño y ejecución de las mismas, convirtiéndose en recursos en los cuales se gasta más dinero, y por lo tanto, en los que más impacto y ahorro se puede tener, siendo de vital importancia enfocar el proyecto hacia el estudio de estos aspectos.

1.4.1 Situación actual Programación de rutas en la Unidad Logística Granel

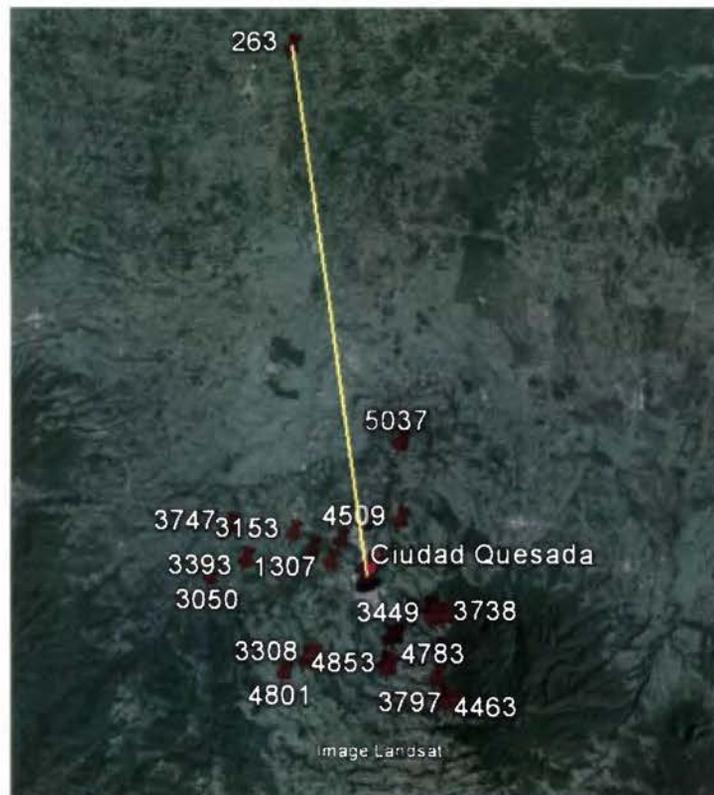
Las fincas se asignan a una zona geográfica, para luego ser incluidas en las rutas correspondientes. Estas rutas buscan que la combinación de fincas sean exclusivo de una zona, es decir no combinar las mismas, para así poder mantenerse en una misma zona geográfica, con el fin de evitar traslados innecesarios. Al analizar la información suministrada de las programaciones de las rutas y las posiciones geográficas de las fincas de los asociados, se encuentra lo siguiente:

- Caso 1: Fincas mal asignadas a las zonas geográficas

En el caso 1 se ejemplifica con la finca 263, la cual se encuentra asignada a la zona geográfica de Ciudad Quesada, sin embargo este punto se encuentra alejado tanto del centro de la zona como de los demás puntos asignados a esta, tal y como se aprecia en la figura 1. El punto 263 se encuentra a 36 km del centro de Ciudad Quesada, identificado con una "i", mientras que el punto más lejano de la agrupación identificado con el código 5037 se encuentra a una distancia de 7,31 km, por lo que existe una diferencia de distancia de más de 28 km respecto a este punto, por lo que el punto 263 se encuentra lejos del resto de los puntos de la zona. A las fincas con esta condición se les denomina puntos fuera de zona. Ver el Apéndice 2 para los 37 casos encontrados.³

³ Para esto se mapearon cada una de las fincas utilizando el programa *Google Earth*.

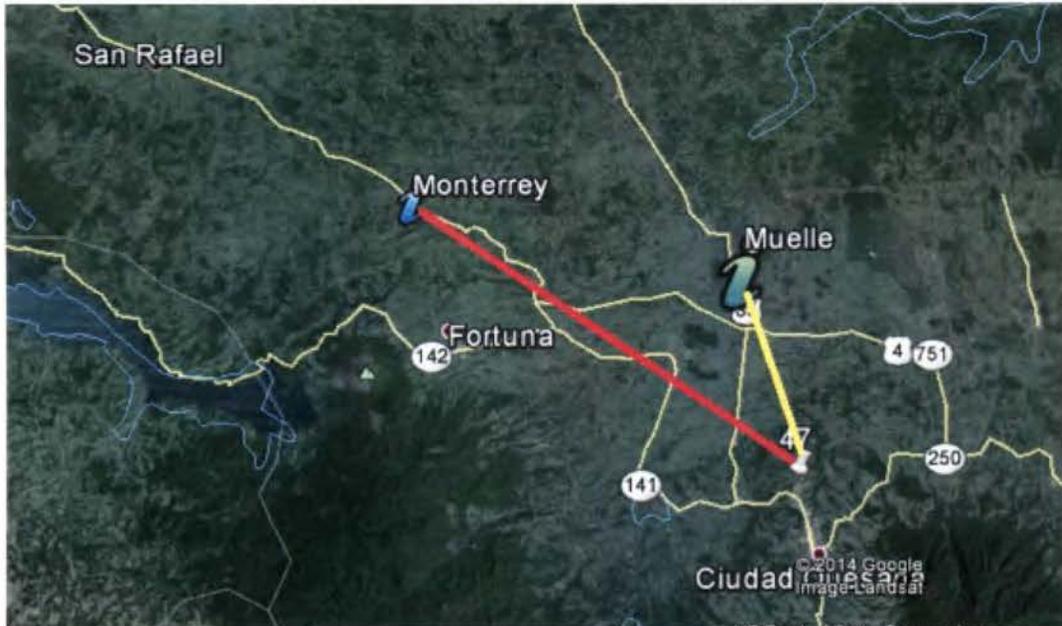
Figura 1. Punto 263 fuera de zona



- Caso 2: Fincas mal asignadas a las zonas geográficas

Como se puede apreciar en la figura 2, el punto 47 (alfiler blanco) se encuentra más cercano a la zona geográfica de Muelle que a la de Monterrey, a la cual se encuentra asignada. A la primera existe una distancia de 13 km, mientras que a la segunda se encuentra a una distancia de 31 km, por lo que el punto 47 debe haber sido asignado a la zona de Muelle y no a la de Monterrey. Ver Apéndice 3 para los 16 casos encontrados.

Figura 2. Comparación de distancia desde un punto a la zona geográfica más cercana en comparación a la que se encuentra asignada.



A las fincas que cumplan el primero o el segundo caso se les denomina “puntos fuera de zona”. Estos hallazgos tienen implicaciones a nivel de las rutas que se diseñan y se ejecutan, ya que al estar asignadas a una zona a la cual geográficamente no pertenecen, generan recorridos de distancia extra al momento de ejecutar las rutas.

- Caso 3: Inclusión de fincas de distintas zonas geográficas en la ejecución de las rutas actuales

Se encuentran 36 rutas que no cumplen el principio de que todos los clientes incluidos en una ruta sean exclusivos de una misma zona geográfica, sino que se encuentra que en una misma ruta se visitan fincas de distintas zonas, a esto se le llama cruce de zonas. Ejemplo de esto es la ruta presentada a continuación, donde las tres fincas de la ruta pertenecen a diferentes zonas, lo cual genera una distancia extra recorrida. Esta distancia se calcula desde el punto más alejado de la ruta hasta el punto más cercano a este. De esta manera se calcularon las distancias extra para todas las rutas analizadas.

Cuadro 2. Cruce de Zonas

Código de Finca	Zona a la que pertenece	Distancia extra recorrida
2356	Venecia	58,9
4879	Zarcero	
3915	Aguas Zarcas	

Al analizar los meses de octubre del 2013 a marzo del 2014, se identifican 55 rutas que están constituidas por alguno o varios de los 3 casos explicados. La cantidad de kilómetros extra, causados por el empirismo con el cual se diseñan las rutas, ascienden a 11 232 km, lo cual con un rendimiento de camión de 1,34 kilómetros por litro, y un precio de ₡620 por litro de diésel, asciende a ₡5 197 460 para el periodo en estudio, esto representa el 5,2% del gasto total en gasolina, o el 30% de los salarios ordinarios de los choferes, o el 41% del pago de horas extra a los choferes.

Además del gasto en combustible, se tiene un gasto de tiempo por los kilómetros extra recorridos. Con la ayuda del programa *Google Earth* se estima que el tiempo perdido es 191 horas, con lo cual se pueden realizar 31 viajes de una duración promedio de 6 horas. Esto representa un gasto de ₡721 980 en horas pagadas a los choferes, además de un costo de oportunidad de ₡4 464 000 en el pago de fletes a camiones externos, con una utilización promedio de 12 000 kg por camión y un costo promedio de ₡12 por kg enviado. Un análisis más detallado se puede consultar el Apéndice 4.

Se debe considerar que el único gasto tomado en cuenta es el del combustible, salarios y fletes, se dejan de lado los gastos generados por desgaste del camión, desgaste de llantas y aceite, además de que la propuesta puede ser reproducible a las demás divisiones geográficas; estos aspectos al ser contemplados podrían aumentar el beneficio de la mejora para la organización.

1.5 Beneficios teórico-prácticos

1.5.1 *Beneficios para la sociedad*

- Promover el ahorro de combustible en la utilización de los camiones para generar impactos ambientales positivos al disminuir la emanación de gases contaminantes.
- El transporte forma parte de los costos agregados del producto entregado a cada cliente. Al promover que durante el transporte se utilicen menos recursos como el combustible, se promueve el cumplimiento del objetivo empresarial de mantener un costo del flete bajo para sus asociados y a la vez no lucrar con este servicio y así mejorar relaciones con los clientes y la armonía en la cadena de valor.

1.5.2 *Beneficios para la organización*

- Disminuir costos operativos asociados a la distribución del producto.
- Promover la continuidad del negocio, al eliminar los costos innecesarios que ponen en peligro la razón de ser de la ULG
- Aprovechar de una mejor manera de los recursos operativos de la ULG.

2 Objetivo general

Mejorar la gestión de las operaciones del transporte de alimento a granel de la empresa Dos Pinos, con el propósito de aumentar el aprovechamiento de los recursos utilizados, para garantizar la continuidad de la Unidad Logística Granel.

3 Indicadores de éxito

A continuación se presentan los indicadores seleccionados para medir el éxito del proyecto:

Indicador	Tipo de Indicador	Justificación	¿Cómo medirlo?	Unidad
Gasto de combustible global	Cuantitativa	Es una herramienta de control para el consumo de combustible por ruta, el cual es el recurso más significativo en relación al total de gastos de la ULG	Cantidad de combustible consumida en relación a la cantidad de kilómetros recorridos en las rutas analizadas	Colones
Precio del flete	Cuantitativa	El flete es el único ingreso de la ULG y en este se reflejan todos los gastos, por lo que es un indicador integral en cuanto al aprovechamiento recursos consumidos	Cada finca tiene un costo de flete asociado, el cual es directamente proporcional al consumo de recursos de la ULG, por lo que se compara los costos que determinan el flete, al momento de realizar el diagnóstico y luego al momento de realizar la validación del proyecto	Colones
Indicador de evaluación de la gestión de la ULG	Cualitativa	Es una herramienta integral que sirve para medir el éxito del proyecto y los beneficios generados en la gestión de la Unidad Logística Granel	<p>Medir el porcentaje de mejora en las preguntas relacionadas a cada uno de los puntos teóricos establecidos en el PMT, mediante la aplicación de una encuesta que evalúe el desempeño de la gestión de la Unidad Logística Granel.</p> <p>Se aplica la encuesta en el diagnóstico para evaluar el desempeño de la ULG en la actualidad, luego se vuelve a aplicar al momento de la validación del proyecto para medir la mejora en la gestión de las operaciones</p> <p>Comparar resultados y medir el éxito del proyecto</p> <p>La encuesta se aplica a los colaboradores de la ULG involucrados con la programación de rutas</p>	Porcentaje

4 Limitaciones

No aplica.

5 Marco de referencia teórico

5.1 Importancia del transporte para la logística

Para Chopra, et al. "El éxito de una cadena de suministro está cercanamente relacionado a un apropiado uso del transporte." (Chopra & Meindl, 2010).

Relacionado a lo anterior, Ballou (2004) expresa que "un problema frecuente en la toma de decisiones es reducir los costos de transporte y mejorar el servicio al cliente encontrando los mejores caminos que debería seguir un vehículo en una red de carreteras que minimicen el tiempo o la distancia" (Ballou, Administración de la cadena de suministro, 2004). Esto es primordial para los intereses de la ULG, pues al reducir distancias recorridas y tiempos en carretera se pueden minimizar los costos de transporte, lo que permite otorgar un producto de menor costo de distribución al asociado.

5.2 Plan Maestro de Transporte

La criticidad del transporte está demostrada, y es debido a esta situación que se debe gestionar este tema de la manera correcta, para asegurar el éxito de esta actividad tan esencial en la cadena de suministro, y en general para el desempeño de la organización. Para lo anterior, se define un Plan Maestro de Transporte (PMT), el cual guía a una empresa a una solución óptima de transporte para su cadena de suministro (Frazelle, 2002). Este plan incluye cinco operaciones relacionadas al transporte, las cuales son:

- El diseño de la red de transporte
- Administración del envío
- Administración de la flota
- Administración del transportista
- Administración de carga

Estas actividades se realizan en la Unidad Logística Granel, por lo que son a estas operaciones las que el plan maestro de transporte busca mejorar la forma en que se gestionan, y por ende aumentar el aprovechamiento de los recursos utilizados en estas operaciones. Estas cinco actividades se contemplan dentro del plan maestro de transporte, mediante una metodología que incluye ocho actividades, las cuales son:

1. Perfilado de actividades de transporte y minería de datos.
2. Medición de desempeño del transporte.
3. Diseño de la red logística.
4. Planeación y gestión del envío.
5. Gestión de la flota.

6. Gestión del transportista.
7. Sistemas de gestión del transporte.
8. Diseño y desarrollo de la organización del transporte.

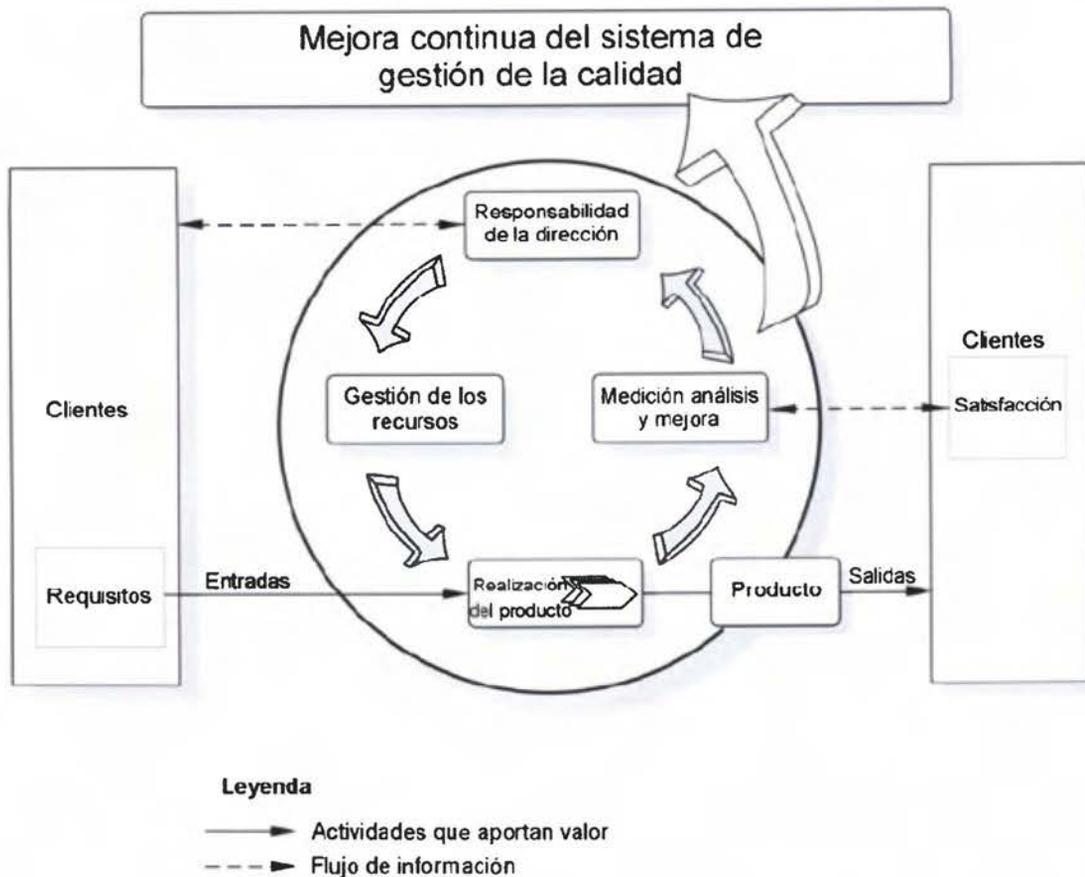
Estas actividades mencionadas anteriormente se explican en los próximos apartados, procurando detallar por qué se consideran relevantes y aptas para la realidad de la organización.

Por otro lado, se complementa la metodología del Plan Maestro de Transporte, siguiendo un modelo de sistema de gestión con enfoque a procesos, donde es aplicada la metodología Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), que puede describirse resumidamente como (INTE/ISO, 2008):

- Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: Implementar los procesos diseñados para la organización.
- Verificar: Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.
- Actuar: Tomar acciones para la mejora continua del desempeño de los procesos.

Se debe seguir ciertos aspectos del modelo de un sistema de gestión basado en procesos, el cual es representado en la siguiente figura.

Figura 3. Modelo de mejora continua de un sistema de gestión de calidad



Fuente: Norma ISO 9001:2008

La razón por la cual se incorpora tanto el concepto de gestión, como la metodología PHVA, es porque complementan al Plan Maestro de Transporte, el cual carece de la mejora continua dentro de su propuesta sistemática, temática de vital importancia en el desempeño de una organización. Estos aspectos son:

- La medición del desempeño de las operaciones, desarrollando procesos de control aptos para las operaciones, que establezcan indicadores que midan el desempeño de manera confiable.
- La mejora continua que debe existir en la organización, que se da a partir del análisis de la información recolectada en la medición del desempeño de la organización. Se debe establecer mecanismos sistematizados para garantizar la mejora continua de la Unidad Logística Granel.
- El flujo de información que debe existir como eje transversal en todas las operaciones de la ULG, es decir, que lo que se realice en la planificación sea llevado a cabo en el día a día de las operaciones de transporte, que estas sean medidas de manera correcta, la información se recolecte y se analice, de manera que sirva de insumo para la mejora continua.

5.3 Perfilado de actividades de transporte y minería de datos

El perfilado de actividades debe ser preciso, exhaustivo y representativo del presente y el futuro de la actividad de transporte para dar soluciones de confianza. Dentro de la información que debe contener está la frecuencia de los envíos, peso por envío, valor económico por envío, requerimientos de tiempo en tránsito, entre otros (Frazelle, 2002). Esta actividad es importante, ya que no se tiene una base de datos organizada que incluya estos aspectos, la cual es vital para caracterizar a la ULG. Actualmente se cuenta con esta información registrada, sin embargo está desorganizada. Por ejemplo, se conoce, por experiencia del personal, la frecuencia en la cual piden los clientes, sin embargo esto no se asocia entre clientes de la misma zona geográfica, perdiéndose la posibilidad de una oportunidad de mejora.

5.4 Medidas de desempeño de transporte

Según Gutiérrez y de la Vara (2009) “un aspecto fundamental en una organización es decidir qué y cómo se va medir su salud y desempeño”. Para la ULG es esencial poder medir el desempeño de los insumos relevantes, ya que actualmente se realiza de manera empírica, generando incertidumbre sobre la realidad de las operaciones de transporte. Un sistema de medidas logísticas debe incluir cuatro categorías: económico, productividad, calidad y tiempo de respuesta (Frazelle, 2002).

5.4.1 Costos del transporte

El transporte generalmente representa el elemento individual más importante en los costos de logística para la mayoría de las empresas, y se ha observado que absorbe entre uno y dos tercios de los costos totales de la logística (Ballou, Administración de la cadena de suministro, 2004).

Por su parte, Chopra et al. respalda lo anterior afirmando que “El transporte es un área de decisiones clave en la mezcla de la logística, y que absorbe en promedio, un porcentaje más alto de los costos de logística que cualquier otra actividad logística (Chopra & Meindl, 2010).

Ballou (2004) expresa que cuando el consignatario es dueño del servicio (por ejemplo una flotilla de camiones), los costos del servicio son una asignación de los costos relevantes a un envío particular. Estos costos relevantes incluyen rubros como:

- Combustible
- Mano de obra
- Mantenimiento
- Depreciación de equipo
- Costos administrativos

En la ULG, el insumo que genera más costos es el combustible. Una disminución en el consumo de este recurso, derivado de una disminución en la distancia recorrida en las rutas genera un impacto positivo, pues actualmente representa un 50.59% del total de los costos operativos de la ULG.

5.4.2 *Justificación del concepto de aprovechamiento de recursos*

En el objetivo general se plantea aumentar el aprovechamiento de los recursos utilizados en las operaciones de la ULG, por lo tanto se debe explicar que se entiende por aprovechamiento. La definición de aprovechamiento es la acción y efecto de aprovechar, que a su vez es emplear útilmente algo, hacerlo provechoso o sacarle el máximo rendimiento posible (Real Academia Española, 2014). Esta definición es la que se ajusta al proyecto planteado, ya que se busca mejorar las operaciones de transporte, mediante la metodología planteada, y sacarle el máximo provecho posible a los recursos. Por ejemplo, en el combustible, al recorrer la distancia extra que se identifica, no se está dando un aprovechamiento adecuado a este recurso, por lo que se busca aumentar el aprovechamiento de este y todos los recursos que se puedan abarcar en el alcance del plan maestro de transporte.

5.5 *Diseño de la red logística*

El diseño óptimo de una red logística minimiza el total de costos asociados al transporte, almacenamiento y mantenimiento de inventario mientras se satisface los requerimientos del cliente (Frazelle, 2002).

Para buscar la distribución óptima de la red, Frazelle (2002) plantea diez pasos, los cuales empiezan por evaluar la actualidad del desempeño de la red, luego diseñar una base de datos para esta red, a partir de la cual se generan diversas alternativas de solución y se genera un modelo de optimización, utilizando herramientas informáticas, que luego son puestas en práctica en el día a día de la organización.

Actualmente la red de la ULG está constituida por sus instalaciones en El Coyol y por las fincas a las cuales distribuye producto. Actualmente existe la figura del almacén, el cual actualmente funciona actualmente como un centro de llamadas el cual registra los pedidos de los asociados, por lo que no es un punto físico a tomar en consideración dentro de la distribución del producto a granel. La condición anterior sí existe en relación a la distribución en sacos (funcionan como almacenamiento temporal), sin embargo esto se encuentra fuera del alcance del proyecto.

5.5.1 *Diseño de Rutas*

Existen principios para hacer una buena programación y diseño de rutas, los cuales son expuestos por Ballou (2004). Algunos de estos aplican directamente a la actualidad de Dos Pinos, ya que algunos se respetan y otros no. Los principios que se presentan a continuación son los que aplican más directamente a la actualidad de la ULG.

Los camiones deben ser cargados con volúmenes de parada que estén lo más cercano unos de otros. Las rutas de los camiones deben formarse alrededor de agrupaciones de paradas que estén cerca unas de otras, esto para reducir al máximo el tiempo de viaje. Actualmente las rutas de Dos Pinos se organizan por zonas geográficas, esto para que las paradas estén lo más cercano posible, sin embargo, se encuentran rutas que están mezcladas entre zonas geográficas, aumentando el kilometraje y el tiempo de viaje.

Una parada que está a gran distancia de una agrupación de ruta es candidata para un medio alternativo de transporte. Esto se ve claramente en la figura 1, donde se evidencia un punto de la zona de Ciudad

Quesada a mayor distancia de la agrupación, por lo que este punto es candidato para formar parte de otra zona, y por ende, otra ruta.

5.6 Planeación y gestión del envío

Un envío es el conjunto de órdenes que viajan juntas. La planeación de los envíos es el proceso por el cual se eligen frecuencias de envíos, y la asignación de órdenes para estos envíos, además del tipo de transporte, ruta, entre otros (Frazelle, 2002).

Este es uno de los aspectos de mayor relevancia en el día a día de la ULG, ya que al distribuir a casi 600⁴ clientes, el planeamiento de los envíos consume mucho tiempo. Para empezar, cada cliente tiene su frecuencia de pedido, que varía entre 8, 15, 22 días o 1 mes. Además, para el transporte de estos envíos, existen diferentes tipos de camiones, y un gran número de rutas posibles, que varían en distancia y tiempo. Al lidiar con estas variables, y todas las opciones que estas presentan, las posibilidades de combinaciones de envíos son amplias, haciendo esta labor bastante compleja.

5.7 Gestión de la flotilla

Las actividades que abarca la gestión de flotilla incluyen la configuración y dimensionamiento de la flotilla, la adquisición de vehículos nuevos, el mantenimiento y el rastreo a los mismos (Frazelle, 2002).

La configuración y el dimensionamiento se refieren la determinación de la cantidad mínima de vehículos que tienen que ser empleados para cumplir con los requerimientos de los pedidos que despachan, además de si la organización debe funcionar con una flotilla subcontratada, propia o una combinación de ambas. La ULG cuenta actualmente con 8 camiones propios y con 10 camiones de proveedores externos de transporte, con los cuales se cuenta para la programación diaria de rutas.

En cuanto a la adquisición de nuevos vehículos, se tiene que el camión más viejo es del 2009, y el más nuevo del año 2013. En el año anterior se compraron 2 vehículos, al igual que el tras anterior. El mantenimiento de estos se realiza en talleres externos a la organización, y la forma de rastreo de los camiones es por medio de comunicación con el chofer.

5.8 Gestión del transportista

La gestión del transportista incluye el monitoreo del desempeño, la selección, negociaciones, y programas de capacitación del transportista. Esta actividad incluye la selección de personal y de las empresas contratadas para el transporte, lo cual es importante mas no asunto crítico para la organización. Además que estos procedimientos no solo involucran a la ULG, sino también a departamentos externos, que tienen sus propias políticas de contratación. Sin embargo, medir, controlar y mejorar el desempeño de los choferes mientras realizan su trabajo es importante para la ejecución de los envíos que se realizan, más cuando los choferes influyen directamente en el recorrido que se realiza, cuanto se dura, y por ende cuanto combustible se gasta.

⁴ Entre las 4 divisiones geográficas

5.9 Sistema de gestión del transporte

Los sistemas de gestión del transporte se refieren a *software* o programas que se encargan de apoyar la gestión del transporte, de manera electrónica. Esta actividad de la metodología no es tomada en cuenta a la hora de realizar el Plan Maestro de Transporte, ya que lo que explica esta actividad es como elegir un *software* adecuado y que características debe tener, de una manera muy general y poco personalizada. Se decide hacer un Plan Maestro de Transporte estudiando las restricciones de la Unidad Logística Granel, así como los requerimientos de su personal, el *software* propuesto es hecho a la medida, por lo que esta parte de la metodología si se realiza, pero no como se explica por parte del autor, que propone la adquisición de un software genérico para una organización.

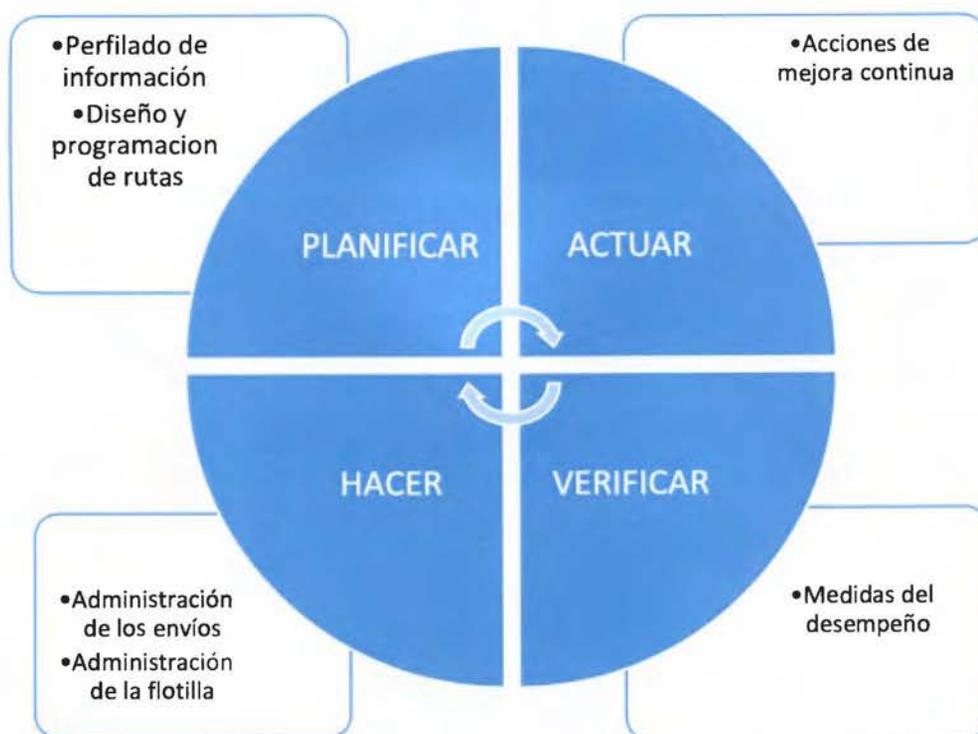
5.10 Diseño y desarrollo de la organización del transporte

Se mencionan ciertas iniciativas muy específicas para mejorar el desempeño organizacional de una empresa de transporte, por ejemplo programas para mejorar la relación con los transportistas o empresas de transporte contratadas, entrenamiento y certificación en la gestión del transporte, certificación de conductores, entre otras iniciativas. Esta parte de la metodología no se toma en cuenta, ya que la propuesta va enfocada al funcionamiento interno de la organización, y no hacia recomendación de programas o iniciativas externas a este, que ayuden a mejorar su desempeño.

5.11 Relación del Plan Maestro de Transporte con el ciclo PHVA de mejora continua

En la Figura 4 se expresa la relación existente entre el Ciclo de mejora continua y el Plan maestro de Transporte propuesto para la ULG.

Figura 4. Ciclo PHVA aplicado al Plan Maestro de Transporte



En la primera de las etapas, la planificación, se tienen dos de las actividades contempladas en el PMT. Tanto el perfilado de información como el diseño de rutas, son base esencial para la planificación de la Unidad Logística Granel, esto debido a que con el diseño de rutas, se cuenta una base de las carreteras a utilizar, fincas a distribuir, camiones a utilizar, entre otros aspectos que tienen relación directa con programación de las rutas, además que con el perfilado de información se construye una base de datos organizada que sirve como insumo para conocer de una manera estructurada los principales aspectos relacionados a esta, principalmente en relación a las fincas, a las zonas geográficas y a los camiones.

En lo que respecta a la etapa "hacer", se involucran la planeación y administración de los envíos, así como la administración de la flotilla, siendo estas, actividades de un carácter más operativo que las mencionadas anteriormente en la primera etapa. Con estas actividades del PMT, se ejecutan tareas primordiales en las operaciones de la ULG, tales como frecuencias de los viajes, ruta a utilizar, entre otros las cuales buscan asegurar el cumplimiento del objetivo empresarial de la ULG.

En relación a la etapa de medidas del desempeño, se considera que actualmente en la ULG, se tiene una importante brecha entre lo que se debería de controlar y lo que se controla realmente, por ejemplo en el caso ya mencionado del control del combustible. Al tener medidas de desempeño relacionadas se facilita la gestión de las operaciones para la ULG, puesto que se puede medir el desempeño y rendimiento real de los camiones, y así se determinan las principales oportunidades de mejora.

Una vez que se determinan las principales oportunidades de mejora en los procesos gracias a las medidas de desempeño, se procede a ejecutar acciones correctivas, para solucionar a la brevedad posible las situaciones indeseables encontradas, así como acciones preventivas para tratar de que dichos oportunidades puedan acatarse y los posibles errores no se vuelvan a cometer en el proceso, además de tratar de disminuir su impacto para las operaciones, en caso de que se presente el inconveniente, respondiendo así a un ciclo de mejora continua.

Como se menciona anteriormente, el flujo de información en el modelo y para la ULG es de vital importancia, pues los productos desarrollados en la etapa de planificar (diseño de rutas y perfilado de actividades) son insumos de la etapa de hacer, y así sucesivamente. La actividad principal de la ULG se desarrolla en torno al diseño y programación de las rutas, de allí la importancia de definir los controles asociados a dicha actividad y del resto de operaciones que soportan su ejecución, lo cual actualmente no se realiza de una manera efectiva y eficiente. El flujo de información debe presentarse de manera transversal a lo largo de las etapas.

Cuadro 3. Metodología General: Etapa de Diagnóstico

Metodología de Diagnóstico				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Caracterizar las operaciones de la ULG y las variables internas y externas que influyen en su funcionamiento desde un marco legal y de proceso	Recopilar la información útil sobre los documentos legales aplicables al tipo de producto distribuido y evaluar su cumplimiento	Identificar y evaluar el cumplimiento de la legislación, así como conocer el funcionamiento de la ULG	Recopilación de documentos, Entrevistas	Compendio de leyes generales sobre transporte y su cumplimiento
	Realizar un levantamiento procesos asociados a la ULG y evaluar el valor que agregan a los grupos de interés.		Mapeo de procesos, SIPOC, Análisis de Valor Agregado	Compendio de leyes específicas aplicables al producto distribuido y su cumplimiento Compendio de leyes relacionadas con la circulación de camiones: peso y restricción vehicular y su cumplimiento
Caracterizar el flujo de la información presente en la ULG	Describir los documentos y registros utilizados por su papel en las operaciones de distribución de producto a granel	Explicar detalladamente las entradas y salidas, así como la función y almacenamiento de la documentación dentro de las operaciones de transporte a granel	Listado maestro de documentos, SIPOC	Procesos esenciales diagramados / Documentos y registros relacionados con las operaciones de Logística a Granel / Actores críticos identificados/ Actividades analizadas Documentos y registros identificados y caracterizados
Realizar un perfilado de las variables internas que influyen en las operaciones de la ULG	Efectuar un perfilado de las variables relacionadas a las operaciones de la ULG datos relacionados con los asociados, fincas, zonas geográficas y camiones.	Obtener una mayor comprensión del papel de los actores principales involucrados en las operaciones de la ULG	Entrevistas, Minería de datos	Asociados y fincas caracterizadas
				Zonas geográficas caracterizadas
				Camiones caracterizados

Metodología de Diagnóstico				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Caracterizar y evaluar el método utilizado para llevar a cabo la asignación de fincas, el diseño de rutas y su programación	Analizar la forma de asignación de cada finca a una zona	Determinar su funcionalidad actual e identificar aspectos significativos por tomar en consideración para un futuro diseño	Entrevistas	Método de asignación de fincas a zonas geográficas comprendido y caracterizado
	Caracterizar la distribución geográfica de fincas en las zonas asignadas		Herramientas de posicionamiento geográfico Google Earth, Ecuación de Haversine	Fincas ubicadas geográficamente, Puntos fuera de zona identificados, Cruce de zonas identificados
	Evaluar el diseño de las rutas actuales		Herramientas de posicionamiento geográfico, Google Earth, Minería de Datos	Rutas identificadas y evaluadas
	Evaluar la metodología de programación de rutas utilizada en la actualidad		Entrevistas	Metodología de programación de rutas comprendida y caracterizada / Requisitos de programación identificados
Identificar los controles asociados a los procesos de la ULG	Identificar los controles utilizados por la ULG para dar seguimiento a sus operaciones	Determinar la funcionalidad de los controles que se realizan actualmente	Entrevistas	Controles identificados y analizados
Determinar los costos más significativos para la ULG	Realizar una descripción y análisis de los costos de la ULG	Relacionar los costos identificados con la problemática encontrada	Minería de datos	Desglose de costos de la ULG
Definir las variables que se presentan en la ejecución de las operaciones de la ULG	Identificar de los apartados anteriores las variables presentes a lo interno y externo de las operaciones de la ULG	Determinar su criticidad en el desempeño de los procesos y la relación que existe entre ellas, y su relevancia para el diseño	SIPOC, entrevistas, revisión bibliográfica, mapeo de procesos, Análisis de Valor Agregado, Herramientas de posicionamiento geográfico, Minería de Datos	Matriz de variables identificadas
	Ponderar por importancia futura en el diseño a las variables identificadas		Revisión bibliográfica, Matriz multicriterio	Matriz de variables ponderadas

Metodología de Diagnóstico				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
	Definir las relaciones existentes entre las variables seleccionadas		Matriz de Relaciones	Matriz final de variables elegidas, Matriz de Relaciones
Sintetizar la información obtenida en el diagnóstico	Definir oportunidades de mejora con base en los hallazgos identificados	Generar las oportunidades de mejora que atacaran el problema	Levantamiento de Oportunidades de Mejora	Oportunidades de mejora identificadas

Cuadro 4. Metodología General: Etapa de Diseño

Metodología de Diseño				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Diseñar el modelo conceptual de Plan Maestro de Transporte para la gestión de operaciones y controles de la ULG	Identificar restricciones del PMT	Obtener las entradas, salidas y restricciones del PMT, así como interrelación	Mapa Conceptual / Revisión bibliográfica / Entrevistas	Modelo conceptual del PMT definido (insumos, restricciones, lógica de funcionamiento, productos y diagramación del modelo conceptual)
	Identificar los insumos necesarios requeridos para desarrollar el PMT			
	Definir los productos que se deben entregar con el PMT			
	Definir la interrelación de los insumos, restricciones y productos en el funcionamiento del PMT			
Diseñar el Plan Maestro de Transporte para la ULG	Diseñar los procesos para la gestión de las operaciones de transporte de la ULG	Mejorar los controles y gestión de las operaciones, así como facilitar la toma de decisiones	BPM/ BPA / BPMN /Mapeo de Procesos/ Ficha técnica de proceso / SIPOC	Procesos diseñados (diagramación) / Registros asociados a los procesos Proceso de Programación de Rutas
	Definir una metodología para el perfilado de información y su proceso asociado, para el análisis de datos		Análisis estadístico / Revisión bibliográfica BPM/ BPA / BPMN /Mapeo de Procesos/ <i>Data Mining</i>	Proceso de Perfilado de Información, Perfilado de Información, Base de Datos
	Diseñar un Proceso de Control y Mejora de las operaciones de la ULF		INTE 01-01-01-05 Guía para la implementación de sistemas de indicadores / Revisión bibliográfica BPM/ BPA / BPMN /Mapeo de Procesos	Proceso de Control y Mejora, Proceso de Elaboración de Indicadores, Indicadores propuestos
	Diseñar la metodología para la definición de las zonas geográficas a utilizar en la ULG		Revisión bibliográfica / Algoritmos de Conglomerados / Modelado Matemático	Definición de las zonas geográficas, Metodología de Definición de Zonas Geográficas

Metodología de Diseño				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
	Definir una metodología para la asignación de las fincas de los asociados a las zonas geográficas			Asignación de las fincas a las zonas geográficas definida, Metodología de Asignación de fincas
	Diseñar una metodología que permita plantear distintas configuraciones de flotilla basándose la situación actual y futura de la ULG		Análisis de escenarios	Configuración de flotilla recomendada de acuerdo a la situación futura de la ULG
	Definir una metodología para el cálculo del costo del envío del producto a granel a las fincas		Benchmarking (departamento de recolección) / Revisión bibliográfica	Metodología para el cálculo del costo del envío del producto a granel, Costo del envío definido
	Diseñar un algoritmo para la generación y evaluación de rutas ejecutar por los camiones de la ULG		Algoritmo degeneración, evaluación y clasificación de las rutas	Programación y diseño de rutas diario
Diseñar la herramienta programada	Diseñar el módulo de Perfilado de Información	Apoyar la ejecución del Plan Maestro de Transporte en las actividades diarias de la ULG.	Metodología DORCU, Programación en diferentes lenguajes (Visual Basic y Java)	Herramienta programada, Módulos diseñados, Interfaz gráfica diseñada
	Diseñar el módulo de Control y Mejora			
	Diseñar el módulo de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas			
	Diseñar el módulo de Programación de Rutas			
	Diseñar el módulo de Configuración de Flotilla			
	Diseñar el módulo de Costo del Envío			

Cuadro 5. Metodología General: Etapa de Validación

Metodología de Validación				
Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Garantizar el adecuado funcionamiento de la programación de los módulos propuestos para la generación de rutas, el perfilado de información, control y mejora y el cálculo del costo del flete en la herramienta de apoyo desarrollada.	Comparar los resultados generados por la herramienta contra la programación de rutas real de la ULG en distintos escenarios.	Comprobar la pertinencia de los resultados generados por la herramienta programada y que esta funcione de acuerdo a las necesidades y requerimientos planteados	Generación de escenarios Comparación de escenarios reales y propuestos	Metodologías y herramientas validadas en cuanto a funcionalidad y salidas.
	Evaluar los resultados asociados a los módulos, como el Cálculo del Costo, Perfilado de Información y Control y Mejora.		Evaluación exhaustiva de la herramienta	
	Verificar el funcionamiento de los módulos con los colaboradores de la ULG.		Entrevistas Iteraciones de prueba	
Determinar y comprobar los beneficios asociados al Plan Maestro de Transporte propuesto	Cuantificar los beneficios cuantitativos asociados al Plan Maestro de Transporte planteado para la ULG	Demostrar el cumplimiento de los objetivos, indicadores de éxito del proyecto así como la aplicabilidad del Plan Maestro de Transporte	Entrevistas Generación de escenarios Comparación de escenarios reales y propuestos	Indicadores del éxito del proyecto determinados Beneficios cuantificados Beneficios cualitativos descritos
	Describir los beneficios cualitativos asociados al Plan Maestro de Transportes planteados para la ULG			
	Diseñar un plan de capacitación para los colaboradores de la ULG			
Capacitar a la contraparte y los colaboradores de la ULG respecto al PMT y el impacto en la organización.	Desarrollar el plan de capacitación con los colaboradores de la ULG	Con el fin de asegurar el entendimiento y correcta utilización del modelo y la herramienta planteada	Diseño de Capacitación	PMT validado y entendido Colaboradores capacitados
	Evaluar la comprensión del modelo y la herramienta planteada.		Ejecución de Capacitación Evaluación de conocimientos	

7 Cronograma

Cuadro 6. Cronograma: Etapa de Diagnóstico

Metodología de Diagnóstico		
Objetivo	Actividad	Duración en semanas
Caracterizar las operaciones de la ULG y las variables internas y externas que influyen en su funcionamiento desde un marco legal y de proceso	Recopilar la información útil sobre los documentos legales aplicables al tipo de producto distribuido y evaluar su cumplimiento	1
	Realizar un levantamiento procesos asociados a la ULG y evaluar el valor que agregan a los grupos de interés.	2
Caracterizar el flujo de la información presente en la ULG	Describir los documentos y registros utilizados por su papel en las operaciones de distribución de producto a granel	1
Realizar un perfilado de las variables internas que influyen en las operaciones de la ULG	Efectuar un perfilado de las variables relacionadas a las operaciones de la ULG datos relacionados con los asociados, fincas, zonas geográficas y camiones.	3
Caracterizar y evaluar el método utilizado para llevar a cabo la asignación de fincas, el diseño de rutas y su programación	Analizar la forma de asignación de cada finca a una zona	1
	Caracterizar la distribución geográfica de fincas en las zonas asignadas	1
	Evaluar el diseño de las rutas actuales	4
	Evaluar la metodología de programación de rutas utilizada en la actualidad	1
Identificar los controles asociados a los procesos de la ULG	Identificar los controles utilizados por la ULG para dar seguimiento a sus operaciones	1
Determinar los costos más significativos para la ULG	Realizar una descripción y análisis de los costos de la ULG	1
Definir las variables que se presentan en la ejecución de las operaciones de la ULG	Identificar de los apartados anteriores las variables presentes a lo interno y externo de las operaciones de la ULG	1
	Ponderar por importancia futura en el diseño a las variables identificadas	1
	Definir las relaciones existentes entre las variables seleccionadas	1
Sintetizar la información obtenida en el diagnóstico	Definir oportunidades de mejora con base en los hallazgos identificados	1
Duración total		20

Cuadro 7. Cronograma: Etapa de Diseño

Metodología de Diseño		
Objetivo	Actividad	Duración en semanas
Diseñar el modelo conceptual de Plan Maestro de Transporte para la gestión de operaciones y controles de la ULG	Identificar restricciones del PMT	0.5
	Identificar los insumos necesarios requeridos para desarrollar el PMT	0.5
	Definir los productos que se deben entregar con el PMT	0.5
	Definir la interrelación de los insumos, restricciones y productos en el funcionamiento del PMT	0.5
Diseñar el Plan Maestro de Transporte para la ULG	Diseñar los procesos para la gestión de las operaciones de transporte de la ULG	2
	Definir una metodología para el perfilado de información y su proceso asociado, para el análisis de datos	0.5
	Diseñar un Proceso de Control y Mejora de las operaciones de la ULF	0.5
	Diseñar la metodología para la definición de las zonas geográficas a utilizar en la ULG	1
	Definir una metodología para la asignación de las fincas de los asociados a las zonas geográficas	1
	Diseñar una metodología que permita plantear distintas configuraciones de flotilla basándose la situación actual y futura de la ULG	1
	Definir una metodología para el cálculo del costo del envío del producto a granel a las fincas	1
	Diseñar un algoritmo para la generación y evaluación de rutas ejecutar por los camiones de la ULG	4
Diseñar la herramienta programada	Diseñar el módulo de Perfilado de Información	2
	Diseñar el módulo de Control y Mejora	1
	Diseñar el módulo de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	2
	Diseñar el módulo de Programación de Rutas	4
	Diseñar el módulo de Configuración de Flotilla	1
	Diseñar el módulo de Costo del Envío	1
Duración total		24

Cuadro 8. Cronograma: Etapa de Validación

Metodología de Validación		
Objetivo	Actividad	Duración en semanas
Garantizar el adecuado funcionamiento de la programación de los módulos propuestos para la generación de rutas, el perfilado de información, control y mejora y el cálculo del costo del flete en la herramienta de apoyo desarrollada.	Comparar los resultados generados por la herramienta contra la programación de rutas real de la ULG en distintos escenarios.	1
	Evaluar los resultados asociados a los módulos, como el Cálculo del Costo, Perfilado de Información y Control y Mejora.	1
	Verificar el funcionamiento de los módulos con los colaboradores de la ULG.	1
Determinar y comprobar los beneficios asociados al Plan Maestro de Transporte propuesto	Cuantificar los beneficios cuantitativos asociados al Plan Maestro de Transporte planteado para la ULG	1
	Describir los beneficios cualitativos asociados al Plan Maestro de Transportes planteados para la ULG	0.5
	Diseñar un plan de capacitación para los colaboradores de la ULG	0.5
Capacitar a la contraparte y los colaboradores de la ULG respecto al PMT y el impacto en la organización.	Desarrollar el plan de capacitación con los colaboradores de la ULG	0.5
	Evaluar la comprensión del modelo y la herramienta planteada.	0.5
Duración total		6

Capítulo II. Diagnóstico

8 Objetivos del diagnóstico

8.1 Objetivo general

Analizar la gestión de las operaciones asociadas a la distribución del alimento a granel de la ULG y su impacto en el costo del transporte del producto, con el fin de identificar oportunidades de mejora que generen un mejor aprovechamiento de los recursos.

8.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar las operaciones de la ULG y variables internas y externas que influyen en su funcionamiento desde un marco legal y de proceso, para identificar y evaluar el cumplimiento de la legislación, así como conocer en detalle el funcionamiento de la ULG.
2. Caracterizar el flujo de la información presente en la ULG, con el fin de explicar detalladamente las entradas y salidas, así como la función y almacenamiento de la documentación en las operaciones de transporte a granel.
3. Realizar un perfilado de las variables internas que influyen en las operaciones de la ULG, con el propósito de obtener una mayor comprensión del papel de los actores principales involucrados en las operaciones de la ULG.
4. Caracterizar y evaluar el método utilizado para llevar a cabo la asignación de fincas, el diseño de rutas y su programación, a fin de determinar su funcionalidad actual e identificar aspectos significativos por tomar en consideración para un futuro diseño.
5. Identificar y evaluar los controles asociados a los procesos de logística a granel, para determinar la funcionalidad de los que se realizan actualmente.
6. Determinar los costos más significativos para la ULG, con el fin de relacionar los mismos con la problemática encontrada
7. Definir las variables que se presentan en la ejecución de las operaciones de la ULG, con el fin de determinar su criticidad en el desempeño de los procesos y la relación existente entre ellas.
8. Sintetizar la información obtenida en el diagnóstico con el propósito de generar las oportunidades de mejora derivadas del problema planteado.

Cuadro 9. Metodología de diagnóstico

Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Caracterizar las operaciones de la ULG y las variables internas y externas que influyen en su funcionamiento desde un marco legal y de proceso	Recopilar la información útil sobre los documentos legales aplicables al tipo de producto distribuido y evaluar su cumplimiento	Identificar y evaluar el cumplimiento de la legislación, así como conocer el funcionamiento de la ULG	Recopilación de documentos, Entrevistas	Compendio de leyes generales sobre transporte y su cumplimiento
				Compendio de leyes específicas aplicables al producto distribuido y su cumplimiento
	Realizar un levantamiento procesos asociados a la ULG y evaluar el valor que agregan a los grupos de interés.		Mapeo de procesos, SIPOC, Análisis de Valor Agregado	Compendio de leyes relacionadas con la circulación de camiones: peso y restricción vehicular y su cumplimiento
				Procesos esenciales diagramados / Documentos y registros relacionados con las operaciones de Logística a Granel / Actores críticos identificados/ Actividades analizadas
Caracterizar el flujo de la información presente en la ULG	Describir los documentos y registros utilizados por su papel en las operaciones de distribución de producto a granel	Explicar detalladamente las entradas y salidas, así como la función y almacenamiento de la documentación dentro de las operaciones de transporte a granel	Listado maestro de documentos, SIPOC	Documentos y registros identificados y caracterizados
Realizar un perfilado de las variables internas que influyen en las operaciones de la ULG	Efectuar un perfilado de las variables relacionadas a las operaciones de la ULG datos relacionados con los asociados, fincas, zonas geográficas y camiones.	Obtener una mayor comprensión del papel de los actores principales involucrados en las operaciones de la ULG	Entrevistas, Minería de datos	Asociados y fincas caracterizadas
				Zonas geográficas caracterizadas
				Camiones caracterizados
Caracterizar y evaluar el método utilizado para llevar a cabo la asignación de fincas, el diseño de rutas y su programación	Analizar la forma de asignación de cada finca a una zona	Determinar su funcionalidad actual e identificar aspectos significativos por tomar en	Entrevistas	Método de asignación de fincas a zonas geográficas comprendido y caracterizado

Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
	Caracterizar la distribución geográfica de fincas en las zonas asignadas	consideración para un futuro diseño	Herramientas de posicionamiento geográfico Google Earth, Ecuación de Haversine	Fincas ubicadas geográficamente, Puntos fuera de zona identificados, Cruce de zonas identificados
	Evaluar el diseño de las rutas actuales		Herramientas de posicionamiento geográfico, Google Earth, Minería de Datos	Rutas identificadas y evaluadas
	Evaluar la metodología de programación de rutas utilizada en la actualidad		Entrevistas	Metodología de programación de rutas comprendida y caracterizada / Requisitos de programación identificados
Identificar los controles asociados a los procesos de la ULG	Identificar los controles utilizados por la ULG para dar seguimiento a sus operaciones	Determinar la funcionalidad de los controles que se realizan actualmente	Entrevistas	Controles identificados y analizados
Determinar los costos más significativos para la ULG	Realizar una descripción y análisis de los costos de la ULG	Relacionar los costos identificados con la problemática encontrada	Minería de datos	Desglose de costos de la ULG
Definir las variables que se presentan en la ejecución de las operaciones de la ULG	Identificar de los apartados anteriores las variables presentes a lo interno y externo de las operaciones de la ULG	Determinar su criticidad en el desempeño de los procesos y la relación que existe entre ellas, y su relevancia para el diseño	SIPOC, entrevistas, revisión bibliográfica, mapeo de procesos, Análisis de Valor Agregado, Herramientas de posicionamiento geográfico, Minería de Datos	Matriz de variables identificadas
	Ponderar por importancia futura en el diseño a las variables identificadas		Revisión bibliográfica, Matriz multicriterio	Matriz de variables ponderadas
	Definir las relaciones existentes entre las variables seleccionadas		Matriz de Relaciones	Matriz final de variables elegidas, Matriz de Relaciones
Sintetizar la información obtenida en el diagnóstico	Definir oportunidades de mejora con base en los hallazgos identificados	Generar las oportunidades de mejora que atacaran el problema	Levantamiento de Oportunidades de Mejora	Oportunidades de mejora identificadas

10 Descripción del marco legal y procesos asociados a la ULG

10.1 Evaluación de la ULG respecto a documentos legales aplicables

El cumplimiento legal de la normativa aplicable al campo de la logística, y en especial en el transporte de mercadería, es de suma importancia para el desempeño de la ULG, esto con el fin de no incurrir en faltas que puedan afectar la operación de una empresa.

Se deben identificar restricciones y regulaciones específicas a las actividades de transporte que realiza la empresa en estudio, ya que son tanto estas restricciones como las que aplican a cualquier vehículo o las de manera general a la ciudadanía, las que moldean la forma en cómo se realizan las operaciones de distribución del alimento a granel y el diseño por realizar. En el presente apartado se incluye un listado de la normativa general para cualquier empresa que se encuentre dentro de ámbito de logística y transporte, así como regulaciones específicas para el transporte de producto a granel. Asimismo, se analiza el cumplimiento de dicha normativa y las posibles repercusiones que esto podría tener en la etapa de diseño.

La metodología de recolección de información consiste en revisión de fuentes bibliográficas y entrevistas con el encargado de la programación de rutas de la ULG y personal del departamento de Asesoría Legal del Ministerio de Obras Públicas y transportes (MOPT). En el Apéndice 5 se presentan las leyes y reglamentos que se consideran aplicables para la distribución del producto a granel, además de un resumen del contenido de dichos documentos en relación con la ULG.

Al realizar la revisión de los documentos mencionados en el Apéndice 5, se evidencia el cumplimiento del 100% de la normativa, tanto general como específica, esto mediante la comprobación en sitio de la legislación y entrevistas a los colaboradores de la ULG⁵. Además se identifican tres restricciones de importancia por considerar para las fases posteriores del trabajo: restricciones en fechas especiales, restricciones de manejo del producto impuesto por el Certificado Veterinario de Operación (CVO) otorgado por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) y capacidad máxima legal de carga de los camiones, las cuales se pueden consultar en el Apéndice 5 y se explican con mayor detalle en la Sección 3.4 donde se describen los hallazgos.

10.2 Levantamiento de procesos asociados a la Unidad Logística Granel

En este apartado se presentan los procesos asociados a las operaciones de la ULG, así como un análisis de valor agregado (AVA) de las actividades de estos procesos. Lo anterior se realiza mediante entrevistas al personal, recopilación de información pertinente, y trabajo de campo para corroborar lo recopilado.

⁵ (Carpio, 2014) (Herrera Ruíz, Legislación aplicable a la ULG, 2014)

Actualmente, la ULG no cuenta con una definición documentada de los procesos, por lo que se debe realizar el levantamiento de insumos para poder desarrollar esta etapa.

Es importante mencionar que los procesos se pueden clasificar en procesos de orden superior o nivel 0 y sus procesos de orden inferior, nivel 1, 2⁶ o subprocesos. Un proceso es irrespetuoso de la estructura, es decir es transversal a las unidades organizacionales, se ejecuta por más de una, sin importar el nivel que presente, mientras que un subproceso se ejecuta por una sola unidad organizacional (Arrieta, 2015).

Para el levantamiento de los procesos de la ULG, se utiliza una variación un diagrama SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Client*), el cual es una herramienta para realizar la representación gráfica de un proceso, permitiendo visualizar de manera sencilla los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (Asociación Española para la Calidad, 2015). Se considera una variación ya que se decide agregar el actor que realiza cada actividad dentro del proceso. Las seis partes implicadas (*Advanced Integrated Technologies Group*, 2015) en esta herramienta se describen a continuación:

- Proveedor (*Supplier*): proporciona la entrada a una determinada actividad del proceso.
- Entrada (*Input*): recursos que las actividades del proceso requieren.
- Proceso (*Process*): conjunto de actividades interrelacionadas que transforman las entradas en salidas.
- Salida (*Output*): producto o servicio resultado del proceso.
- Cliente (*Client*): quien utilice la salida. Generalmente otro proceso.
- Actor: ejecuta una determinada actividad del proceso.

10.2.1 *Procesos identificados*

Se logran identificar tres procesos dentro de la ULG:

1. Proceso Nivel 0: Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel.
2. Proceso Nivel 1: Programación de Rutas
3. Proceso Nivel 2: Carga del Camión

Se decide utilizar un diagrama SIPOC para describir de manera más específica todos los procesos identificados. Los diagramas pueden ser consultados en el Apéndice 6.

Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel

Se identifica un proceso nivel 0 llamado “Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel”, comprendido por siete de las etapas presentes desde que se realiza la solicitud de la orden y posterior entrega de un pedido de alimento a granel. Es dentro de este proceso que se encuentran las actividades sustantivas de la ULG. A continuación se identifica a un alto nivel la secuencia de dichas etapas:

⁶ 1 hasta n niveles inferiores según sea necesario. Usualmente n=3 como máximo.

Figura 5. Proceso de orden de alimento a granel



A continuación se presenta una breve explicación de las siete etapas:

1. **Recepción del pedido:** se da inicio a un pedido de producto a granel cuando uno o más asociados realizan una solicitud vía telefónica a un Almacén Agroveterinario de cada zona geográfica, el cual se registra en el sistema de información empresarial, y que posteriormente el programador de la ULG consolida de forma diaria.
2. **Programación de rutas:** esto se realiza el día anterior a la fecha de entrega del producto, y consiste en definir las rutas que los camiones van a seguir el día siguiente para distribuir el producto a granel a los asociados, así como asignarles la hora que van a ser cargados de producto.
3. **Producción del pedido:** el programador de la ULG envía los pedidos que deben producirse a la PAB, donde se realiza dicha actividad.
4. **Carga del camión:** una vez que los diferentes productos son elaborados, estos se cargan en los diferentes camiones que llegan a la PAB.
5. **Distribución del pedido:** los camiones salen de las instalaciones de Dos Pinos rumbo a las fincas de los asociados, en diversas zonas del país.
6. **Despacho del pedido:** una vez que se realiza el viaje, se entrega y descarga el producto en los silos, o infraestructura similar, colocados en las fincas de los asociados.
7. **Regreso del camión:** una vez descargado el pedido en los silos de las fincas de los asociados, el camión regresa para ser cargado nuevamente o para empezar al día siguiente.

La ULG tiene relación directa con todas las etapas con excepción de la carga del camión y la producción del producto, esto debido a que el responsable de la ejecución de ambas es la PAB.

Proceso de Programación de Rutas

Es el proceso *core* de la ULG, en el cual se planifica la entrega del producto al asociado. Con una correcta programación de rutas, se aumentan las posibilidades de que el asociado reciba el producto

a tiempo y completo. Una inadecuada programación de rutas repercute en una deficiente calidad del servicio al asociado, de allí la importancia de este proceso. El diagrama de proceso del mismo puede ser consultado en el Apéndice 6.

Carga del camión

La carga del producto a los camiones se realiza por la PAB. El proceso se ejecuta casi en su totalidad por este departamento, pues la única participación de la ULG se da en la determinación de los camiones a utilizar según los pedidos realizados y el orden de los campos en los que debe llenar el camión. El diagrama de proceso del mismo puede ser consultado en el Apéndice 6.

Una vez que se realizan los diagramas SIPOC para todos los procesos, se logran identificar los actores clave para las operaciones de la ULG, los cuales son los siguientes:

- Asociado: dueño de una o varias fincas que se ubican en una determinada zona geográfica, quien inicia el proceso al realizar el pedido de alimento a granel y da el visto bueno cuando recibe el producto.
- Almacenes Agroveterinarios: son los que registran el pedido en el sistema de información empresarial. Estos almacenes son los que transmiten el pedido a la ULG.
- Programador de la ULG: realiza la programación de las horas de carga y de las rutas. Además envía las solicitudes de alimento a granel a la PAB para su producción.
- Planta de Alimentos Balanceados: elabora el producto a partir de la materia prima conocida como concentrados. El encargado del cuarto de control de la PAB realiza la carga del camión.
- Choferes: apoyan al encargado del cuarto de control en la carga del camión. Posteriormente llevan el alimento y junto con cada asociado descargan el producto y registran la entrega conforme del mismo. Por último, ejecutan el viaje de regreso a la planta en El Coyol y entregan los documentos en las oficinas de la ULG para ser almacenados.

Como se menciona anteriormente, el proceso inicia con el pedido de un asociado, quien cuenta con un código único que identifica a la finca o fincas que posea, llamado número de entrega. Este número de entrega tiene una zona geográfica asociada, la cual se asigna la primera vez que el asociado realiza un pedido. La forma en que se da esta asignación no se basa en alguna metodología que tome en cuenta criterios que garanticen una buena elección. Esta metodología se discute en el Apartado 4.1. Análisis de la metodología de asignación de fincas a zonas geográficas.

10.2.2 Análisis de valor agregado de los procesos

Para analizar el proceso, se aplica un Análisis de Valor Agregado, el cual es una evaluación detallada de cada paso del proceso, definiendo si contribuye o no con los requerimientos y necesidades de los grupos de interés (Arrieta, 2015). Con esta herramienta se determina el valor agregado por cada actividad, y se reduce o elimina las actividades que no aportan valor al proceso. Los resultados se detallan en el Apéndice 7.

Se determina que cada una de las actividades es esencial para todos los procesos. La única actividad que se considera no brinda valor, es el registro del pedido por parte de los Almacenes Agroveterinarios, debido a que este se podría registrar directamente en la ULG o en el sistema de información. Sin embargo, el personal de la ULG carece de tiempo para realizar actividades

adicionales a las actuales, además el hecho de diseñar una plataforma para que los asociados realicen los pedidos costaría dinero, lo anterior asumiendo que los asociados tomen de buena manera la transición de solicitarle a los Almacenes Agroveterinarios realizar el pedido directamente a la ULG.

10.3 Gestión de la información en la ULG

En el apartado anterior se definen las entradas y salidas dentro del proceso Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel y específicamente en el de Programación de Rutas; todo esto conlleva un flujo de información que atraviesa a través de los distintos actores, sean dentro de la Dos Pinos o externo a la organización. Esta información tiene una función, una forma de almacenaje y detalles específicos que caracterizan las operaciones de la ULG.

Algunos de estos son documentos en formato físico o registros electrónicos, por lo que es necesario definir ciertos aspectos relacionados con esta información como son:

- Nombre del documento.
- Tipo de documento: sea electrónico o físico y plataforma en que se almacena.
- Creador: el encargado de crear esta información.
- Usuario.
- Función.
- Información que contiene el documento.
- Proceso en el que interviene.

A continuación se presenta un resumen de lo mencionado anteriormente para cada documento identificado; el cuadro completo puede ser encontrado en el Apéndice 8.

Cuadro 10. Documentos y registros identificados

#	Nombre del documento	Tipo de documento / registro	Creador	Usuario	Función	Proceso en el que interviene	Observaciones
1	Solicitud de alimento a granel	Llamada/registro electrónico	Asociado	ULG	Activa el proceso	Recepción del pedido	
2	Facturación de almacenes	Registro electrónico	Sistema de Información	ULG	Insumo para la programación de rutas	Recepción del pedido/Programación de rutas	Reporte de sistema de información <i>Legacy</i>
3	Consolidado de pedidos	Registro electrónico	Programador ULG		Insumo para la elaboración del pedido a granel de producción	Recepción del pedido/Programación de rutas	Hoja de Excel
4	Pedido a granel de producción	Registro electrónico	Programador ULG	PAB	Insumo para la producción del producto	Producción del pedido	Pedido a través del sistema de información <i>Legacy</i>
5	Boleta de despacho a granel	Documento físico	PAB	Chofer, Asociado	Garantía para el asociado de que el producto fue cargado con el peso solicitado	Carga del camión/Despacho del pedido	
6	Manifiesto de carga de producto a granel	Documento físico	PAB	Chofer, Asociado	Información general para el asociado sobre el pedido realizado / Archivo de ciclo de vida pedidos de producto a granel	Carga del camión/Despacho del pedido	
7	Programación de rutas	Registro electrónico	Programador ULG	ULG	Registro de control de la ejecución de las rutas	Programación de rutas	Hoja de Excel

Existen tres tipos de documentos o registros que pueden ser almacenados, y de tres formas diferentes:

- Electrónico, almacenado en el sistema de información de la empresa.
- Archivo de Excel, almacenado electrónicamente en los servidores de las oficinas de la ULG.
- Físico, almacenado en las oficinas de la ULG.

Con el documento número 7, llamado “Programación de Rutas”, se busca consolidar todos los documentos anteriores, ya que toda la información que pasa por los distintos procesos identificados se llega a registrar en este documento, el cual sirve de respaldo para atender cualquier eventualidad que se presente durante la operación normal. Es este registro electrónico el que sirve como insumo para la gran mayoría del diagnóstico del presente proyecto, debido a que contiene toda la información generada diariamente y durante todos los meses del año.

Es importante resaltar que este documento es de carácter recopilatorio e informativo, por lo cual es fácil de usar y entender, tanto para el programador de rutas como para los encargados de la planta de producción o cualquier colaborador que desee usarlo. Sin embargo, no facilita la extracción de información para su posterior análisis. Por lo tanto para utilizarlo como entrada para una posterior minería de datos, se debe depurar, con el fin de procesar y obtener los resultados que sirven como insumo en el presente proyecto.

10.4 Hallazgos de la descripción del marco legal y los procesos

#1 Restricción de acomodo del producto

Se tienen niveles mínimos de cumplimiento para la utilización de los compartimentos (85% por camión), lo cual se condiciona por la restricción del CVO, la cual imposibilita realizar combinaciones de productos en un mismo compartimento. Lo anterior ocasiona que los camiones no hagan sus viajes completamente llenos (en promedio viajan a un 79% de su capacidad), debido a que depende de la cantidad de producto que el asociado solicite y el consecuente espacio que se ocupa en los compartimentos.

#2 Restricción de paso vehicular

Se tienen restricciones de paso a distintas horas en determinadas carreteras, además de la limitación de paso en fechas especiales. Sin embargo, debido al horario de entrega de producto, el cual tiene como hora límite las 6 p.m., además del sentido de la vía (desde San José), esta restricción no afecta a la programación de rutas, ya que a esa hora y en ese sentido no circulan camiones de la ULG. Las restricciones en detalle se encuentran en el Anexo 1.

#3 Capacidad máxima definida por ley

La carga real que se realice a los camiones nunca debe exceder a la carga legal permitida, por lo que aunque se busca tener al menos un 85% de utilización de los camiones, no es permitido bajo ninguna circunstancia exceder lo establecido en el marco legal. La capacidad máxima es diferente para cada camión, oscilando entre 14100 y 17100 kilogramos para los camiones de Dos Pinos y entre 10000 y 18000 kilogramos para los externos.

#4 Inexistencia de una definición documentada de procesos

Al iniciar la fase de diagnóstico se enfrenta la situación de la inexistencia de procesos documentados, a un nivel general en toda la ULG, tanto para actividades de programación de rutas, como para cuando se ejecutan las mismas.

Sumado a lo anterior, no existe un proceso de control de las operaciones, donde se lleve un registro de indicadores, ya sea mensual o trimestral, sino iniciativas aisladas (las cuales se incluyen en el apartado 13. Controles a las operaciones). Tampoco se identifica un proceso de mejora continua, en el cual se tomen decisiones para el mejoramiento de la ULG y sus operaciones.

#5 Dificultad para modelar información

Se enfrenta una gran dificultad para modelar la información suministrada por la ULG, debido a que el proceso para la extracción y el posterior tratamiento de los datos es muy laborioso, que al final brinda resultados pero consume una cantidad importante de tiempo.

11 Perfilado de información relacionada con la ULG: descripción detallada de datos relacionados con el asociado, fincas, zonas geográficas y camiones

Frazelle (2002) establece que un perfilado de información de transporte debe ser preciso, exhaustivo y representativo sobre la actividad de transporte actual y futura para que el análisis conlleve a soluciones de transporte confiables. Además menciona que se debe obtener una base de datos organizada que sirva como insumo para dichas soluciones, la cual debe contemplar ciertos aspectos y estas se pueden relacionar con tres actores de la ULG: el asociado y sus fincas, las zonas geográficas y los camiones, o con otros temas que se abarcan en este documento. Idealmente debe contemplar los siguientes aspectos:

Cuadro 11. Aspectos incluidos en el perfilado de información

#	Variable	Apartado
1	Volumen por cada producto distribuido	Asociado y sus fincas
2	Frecuencia de los pedidos	Asociado y sus fincas
3	Peso de los pedidos distribuidos	Asociado y sus fincas
4	Clasificaciones de los productos	Asociado y sus fincas
5	Costo asociados a la distribución del producto	Analizado en apartado 7.1.
6	Cantidad de visitas	Zonas Geográficas
7	Capacidad de los proveedores de transporte	Camiones y proveedores de transporte
8	Ventanas de tiempo entre los puntos de origen y de destino	Mencionado en Apartado 15
9	Estadísticas de entregas a tiempo de los camiones	Mencionado en apartado 13.2
10	Reclamos y pedidos no entregados	Mencionado en apartado 13.2
11	Tiempos de viaje	Analizado en apartado 12.3
12	Distancias recorridas	Analizado en apartado 12.3

Para esta etapa se realiza un perfilado de las variables relacionadas con los asociados, los camiones y las zonas geográficas, los restantes se analizan a detalle en otros apartados. La metodología de trabajo consiste en construir una base de datos organizada a partir de la información del documento “Programación de rutas” suministrado por la ULG, la cual comprende el período desde diciembre de 2013 a noviembre de 2014; además se realizan entrevistas al personal de la ULG. Se selecciona dicho periodo debido a que al momento de realizar esta etapa del proyecto, fue la información que había sido suministrada, además de que se deseaba analizar un año de comportamiento, para garantizar una mayor representatividad de la información.

11.1 El asociado: Cliente de la ULG

El único tipo de cliente que posee la ULG es el asociado de la empresa, quien es el propietario de las fincas donde tiene lugar la producción de la leche que a la postre es recolectada por la empresa para su posterior tratamiento y utilización en la elaboración de productos lácteos. El horario de recepción de producto del asociado en las fincas oscila entre las 5 a.m. y las 5 p.m. Cada asociado posee una o más fincas con silos instalados, que es donde se realiza el despacho del producto, y cada finca posee un código específico asignado, llamado número de entrega.

A continuación se analiza el volumen de los productos solicitados así como el comportamiento de la demanda y los factores que influyen en este fenómeno. Seguidamente se estudia la frecuencia de pedido de los asociados, categorizándolos entre una a cuatro semanas.

11.2 Comportamiento de la demanda

El cliente paga por el servicio de distribución del producto a granel, el cual se clasifica en distintos productos según la necesidad de alimentación del ganado. En el Cuadro 12 se muestra la frecuencia de pedido de los productos, esto con el fin de determinar cuál es el más solicitado. Este punto se relaciona con el establecimiento de una clasificación de los pedidos y su respectiva frecuencia como lo exige el PMT. En total se manejan pedidos de 29 diferentes productos.

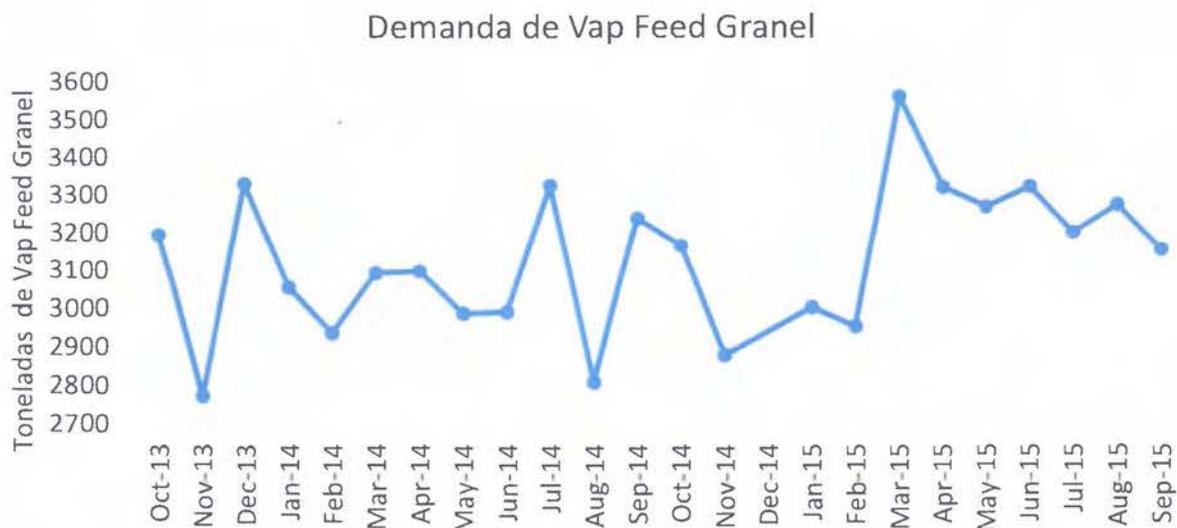
Cuadro 12. Productos distribuidos al asociado

#	Producto	Kilogramos solicitados	Porcentaje de Kilogramos solicitados
1	Vap Feed Granel	36,992,006	65.55%
2	Vap Feed Especial Granel	3,372,976	5.98%
3	Apolo 16 % Gr	2,275,480	4.03%
4	Suplemax Kg	2,115,000	3.75%
5	Perfecta Granel	1,923,060	3.41%
6	Vap Feed Peletizado Granel	1,722,530	3.05%
7	Vap Feed Levadura Granel	1,393,690	2.47%
8	Inicio Lactancia Granel	935,570	1.66%
9	Predilecta Granel	750,660	1.33%
10	Vap Rb Granel	677,890	1.20%

#	Producto	Kilogramos solicitados	Porcentaje de Kilogramos solicitados
11	Enelac C/Lev Especial	526,990	0.93%
12	Enelac Granel	515,580	0.91%
13	Enelac Levadura Granel	447,810	0.79%
14	Desarrollo Terneras Granel	440,610	0.78%
15	Desarrollo Rb Granel	422,770	0.75%
16	Complete Gr	389,440	0.69%
17	Peletizada Especial Granel	387,300	0.69%
18	Vap Feed C/ Lev Especial	322,990	0.57%
19	Fase 1 Granel	149,810	0.27%
20	Crapid Granel	147,000	0.26%
21	Ultra Feed Granel	114,530	0.20%
22	Suplemilk Gr	106,470	0.19%
23	Peletheno Granel	86,680	0.15%
24	Perfecta Especial Granel	63,150	0.11%
25	Productora Leche Granel	49,620	0.09%
26	Maíz Molido Granel	43,540	0.08%
27	Destilado De Maíz Granel	37,290	0.07%
28	Enelac Especial Granel	15,520	0.03%
29	Vap Peletizado Especial Granel	6,900	0.01%

El producto más solicitado por el asociado a las fincas es el Vap Feed Granel, esto debido a que es el concentrado de menor precio y suple las necesidades básicas nutricionales del ganado sin importar la etapa en la que se encuentre. Si se desea brindar una alimentación más especializada, para cada etapa o necesidad nutricional, es cuando se recurre a las distintas variaciones del concentrado entre otras gamas del producto Vap Feed Granel, con lo cual consecuentemente se obtiene una mejor calidad de la leche. En el Gráfico1 se puede apreciar que la demanda de este producto oscila a lo largo del año, comportamiento que se explica más adelante.

Gráfico 1. Demanda de Vap Feed Granel de diciembre 2013 a noviembre 2014



Para analizar estadísticamente el comportamiento de la demanda del producto, se procede a estudiar este fenómeno de forma mensual, diaria y de forma agregada en el periodo analizado.

Se examina el comportamiento de los datos de la demanda de Vap Feed Granel aplicando pruebas de ajuste a distintas distribuciones, resultando en todos los casos probados, un rechazo de la hipótesis nula de ajuste a alguna distribución conocida, por lo que no se encuentra un comportamiento asignable a los datos. Sin embargo, debido a la cantidad de datos con los que se cuenta, más de 300 para el periodo en estudio, se aplica el Teorema de Límite Central, con el cual se puede hacer un supuesto de que la población sigue una distribución normal y cuya aproximación es buena siempre y cuando el tamaño de la muestra sea mayor o igual a 30 datos (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007). Estableciendo este supuesto, se pudo calcular una media de la demanda en kilogramos y un coeficiente de variación asociado, como se presenta a continuación:

Cuadro 13. Coeficientes de variación para pedidos mensuales de Vap Feed Granel

	(1) Media (kg)	(2) Desviación estándar entre días intrames (kg)	Coeficiente variación entre días intrames= (1)/(2)
dic-13	132981 (máximo)	56400	42%
ene-14	117999	47181	40%
feb-14	123023	54340	44%
mar-14	119661	56175	47%
abr-14	130455	59520	46%
may-14	115153	55662	48%
jun-14	120262	49071	41%
jul-14	123259	49216	40%

	(1) Media (kg)	(2) Desviación estándar entre días intrames (kg)	Coefficiente variación entre días intrames= (1)/(2)
ago-14	112876	45360	40%
set-14	117783	49071	42%
oct-14	117886	48548	41%
nov-14	115762 (mínimo)	41513	36%
Anual	120591	51005	42%

En la primera columna del Cuadro 13 se aprecia el promedio del tamaño de los pedidos diarios despachados para cada mes, con un valor máximo de 132.981 kilogramos en diciembre 2013 y un mínimo de 115.762, para un rango de 20.105 kilogramos. Al analizar la relación que existe entre el rango y el promedio anual, se tiene un coeficiente de variación de 17%, lo que indica que en general la variación es pequeña si se compara con el promedio del tamaño de los pedidos.

Se procede a ampliar el nivel de detalle de los datos anteriormente presentados, para lo cual se estudia el comportamiento de cada mes por separado. Para verificar el comportamiento mensual, se calculan los coeficientes de variación, estableciendo la relación entre la desviación estándar mensual y el tamaño promedio del pedido para cada uno de los meses, cuyos valores oscilan entre un 36% y un 48%, con un promedio de 42%, y solo un valor se encuentra por debajo del 40%. Al asumir un comportamiento normal para los pedidos de Vap Feed Granel, se puede interpretar que mensualmente, la cantidad de kilogramos que los asociados solicitan varían casi en la mitad del promedio del tamaño del pedido, lo cual indica que mes a mes se tiene una alta variación en los pedidos del producto Vap Feed Granel. Estos cambios en la demanda, y el comportamiento presentado en el Gráfico 1 se deben a agentes externos a la ULG, en específico a aspectos relacionados con los asociados y sus fincas. A continuación se explica qué puede influir en este comportamiento (Ledezma Villalta & Herrera Ruiz, 2015):

- **Tamaño del hato:** es la cantidad de vacas que posee un asociado en su(s) finca(s). La cantidad es variable a lo largo del año y entre cada una de las fincas, debido a que las vacas pueden morir, venderse o prestarse, entre muchas otras razones. No se cuenta con registros donde se conozca el tamaño del hato de las fincas estudiadas, puesto que es una variable que está cambiando constantemente.
- **Necesidades alimentarias del ganado:** dependiendo en qué parte del ciclo de vida se encuentra una determinada cantidad de vacas, así van a ser sus necesidades nutricionales, las cuales varían en cantidad y tipo de alimento. No se cuenta con información para determinar esta variable.
- **Capacidad instalada en la finca para almacenar producto:** se cuenta con información para determinar cuántos asociados tienen algún equipo similar a un silo, sin embargo no hay forma factible de saber con exactitud la capacidad tienen estos equipos de almacenamiento en cada una de las fincas.

Estas variables además de influir en el tamaño y comportamiento de la demanda del producto solicitado, también influyen en la frecuencia en la que el asociado realiza sus pedidos. El comportamiento de la frecuencia en la que el asociado pide el producto es explicado a continuación.

11.3 Frecuencia de pedido del asociado

El asociado puede realizar sus pedidos en frecuencias desde una a cuatro semanas. Para poder definir las frecuencias, se utilizan los pedidos realizados por cada uno de los asociados, en el período estudiado, los cuales la organización registra en el documento “Programación de Rutas”. Se tabula la información de cada uno de los números de entrega, porque es en las fincas donde se distribuye el producto. Es importante recordar que los asociados pueden tener más de una finca, por lo que la frecuencia se asocia a las fincas y sus números de entrega.

Como primer resultado se obtiene que no todas las fincas se encuentran activas, lo que significa que tienen un periodo mayor a 2 meses de no realizar ningún pedido, mientras que las que sí realizan pedidos se denominan activas. A continuación se presentan el estado de actividad de las fincas.

Cuadro 14. Estado de actividad de las fincas

Estado de actividad de las fincas		
Activo	328	83%
Inactivo	67	17%
Total	395	100%

Luego de definir cuáles fincas se encuentran activas, se calculan los índices de actividad para cada una de ellas, de forma trimestral. Si en el tercer mes no se realiza ningún pedido, la finca se considera inactiva, mostrando un 0% como resultado. Dichos índices pueden ser consultados en el Apéndice 9. A continuación se presenta un extracto de dicha tabla.

Cuadro 15. Índices de actividad por finca

Índice de actividad por finca			
# entrega	Zona	Estado actual	% Actividad
4457	AGUA ZARCAS	activo	100.00%
4542	AGUA ZARCAS	inactivo	0.00%
4577	AGUA ZARCAS	activo	100.00%

Como se puede apreciar en el ejemplo anterior, hay dos fincas en las que se realiza al menos un pedido en los últimos tres meses y otra que no realiza un pedido en estos tres meses y por esto se muestra inactiva, es decir un 0% de actividad.

A partir de las fincas activas se determina la frecuencia de pedido, con lo cual se confirma que las frecuencias son cuatro, desde una hasta cuatro semanas. Sin embargo, existen fincas que no exhiben un patrón definido, ya que cambiaron su frecuencia de pedido durante el tiempo estudiado. A continuación se presenta un cuadro donde se resumen los resultados.

Cuadro 16. Frecuencia de pedido de las fincas

Frecuencia de pedido		
Frecuencia	Cantidad de fincas	Porcentaje
1 semana	25	7%
2 semanas	208	63%
3 semanas	88	27%
4 semanas	3	1%
indefinido	5	2%
Total	328	100%

Las variables que pueden afectar la frecuencia de pedido se mencionan en el apartado 4.1.1. Comportamiento de la demanda, siendo estas el tamaño del hato, las necesidades alimentarias de las vacas y el tamaño de almacenamiento en cada una de las fincas. Es importante destacar que la vida útil del alimento es de un mes, lo cual se relaciona con que el tiempo más largo para solicitar alimento sea de cuatro semanas.

11.4 Zonas geográficas y fincas

En la actualidad la ULG no cuenta con rutas definidas por ejecutar, solamente tiene las fincas identificadas en las distintas zonas geográficas. Los viajes se realizan directamente desde las instalaciones de la empresa en El Coyol de Alajuela hasta las fincas de los asociados; una vez despachado de producto, los camiones se regresan a las instalaciones de El Coyol.

Dentro de la división norte, los camiones visitan un total de 382 fincas distribuidas en 8 zonas geográficas, siendo Aguas Zarcas la zona más visitada como se aprecia a continuación.

Cuadro 17. Proporción de visitas realizadas a las zonas geográficas en la ejecución de los viajes

Zonas geográficas	Porcentaje de visitas a lo largo de año	Cantidad de visitas a lo largo del año
Aguas zarcas	25%	2646
Zarcero	19%	2037
Ciudad Quesada	17%	1779
Venecia	13%	1325
Monterrey	8%	886
Fortuna	8%	805
Pital	5%	553
Muelle	5%	507
Total	100.00%	10538

Con el fin de analizar la relación del comportamiento de la demanda de producto por zona en relación con la cantidad de visitas por zona, se procede a realizar un análisis de correlación de dichas variables, para comprobar si la cantidad de visitas es proporcional a la cantidad de producto distribuido en las fincas.

Cuadro 18. Análisis de correlación entre la cantidad de visitas y la cantidad de producto distribuido

Zonas geográficas	(1) Cantidad de fincas	(2) Cantidad de visitas	(3) Cantidad de producto (kg)	Coefficientes de correlación
Aguas zarcas	103	2646	13 547 314	Entre (1) y (2)= 97.45%
Zarcero	64	2037	9 682 577	
Ciudad Quesada	70	1779	11 605 589	
Venecia	47	1325	7 046 310	Entre (1) y (3)= 96.7%
Monterrey	31	886	4 364 322	
Fortuna	33	805	3 909 900	
Pital	10	553	3 311 170	Entre (2) y (3)= 97.18%
Muelle	24	507	2 983 940	
Total general	382	10538	56 451 122	

Al obtener los coeficientes de correlación anteriores, donde el menor es de 96.7%, estadísticamente se comprueba que existe una alta relación entre la cantidad de visitas realizadas a las zonas, la cantidad de producto distribuido en ellas y la cantidad de fincas por zona, por lo que en términos generales queda evidenciado que las zonas más visitadas corresponden a las que más producto se les distribuye y las que más fincas poseen.

11.5 Camiones y proveedores de transporte

Dentro del PMT se establece la gestión de la flotilla como una de las actividades esenciales. Los aspectos que abarca la gestión de flotilla incluyen la configuración y dimensionamiento de la flotilla, la adquisición de vehículos nuevos, el mantenimiento y el rastreo de estos (Frazelle, 2002).

- Tamaño y forma de adquisición de la flotilla: actualmente la ULG posee tres tipos de camiones disponibles para realizar la distribución del producto: los internos de la ULG, los subcontratados por la ULG y los propios de cada asociado que envían a El Coyol para recoger el producto. Entre camiones internos y subcontratados se cuenta con un total de 18 camiones.
- Mantenimiento y seguridad de la flotilla: definido por el taller de mantenimiento, mediante un análisis semanal que se le da al kilometraje.
- Identificación, rastreo y comunicaciones de los camiones: cada camión cuenta con una placa única que sirve para identificarlo, además, en cuanto a la comunicación, la ULG se comunica con cada uno de los conductores de los camiones vía radio frecuencia. En lo que respecta al rastreo de los camiones actualmente no se realiza, pero sí se cuenta con una iniciativa de colocar GPS en cada camión, sin embargo al momento de realizar esta etapa del proyecto no se ha implementado dicha iniciativa.

11.5.1 Tipología del camión utilizado para el transporte del producto a granel

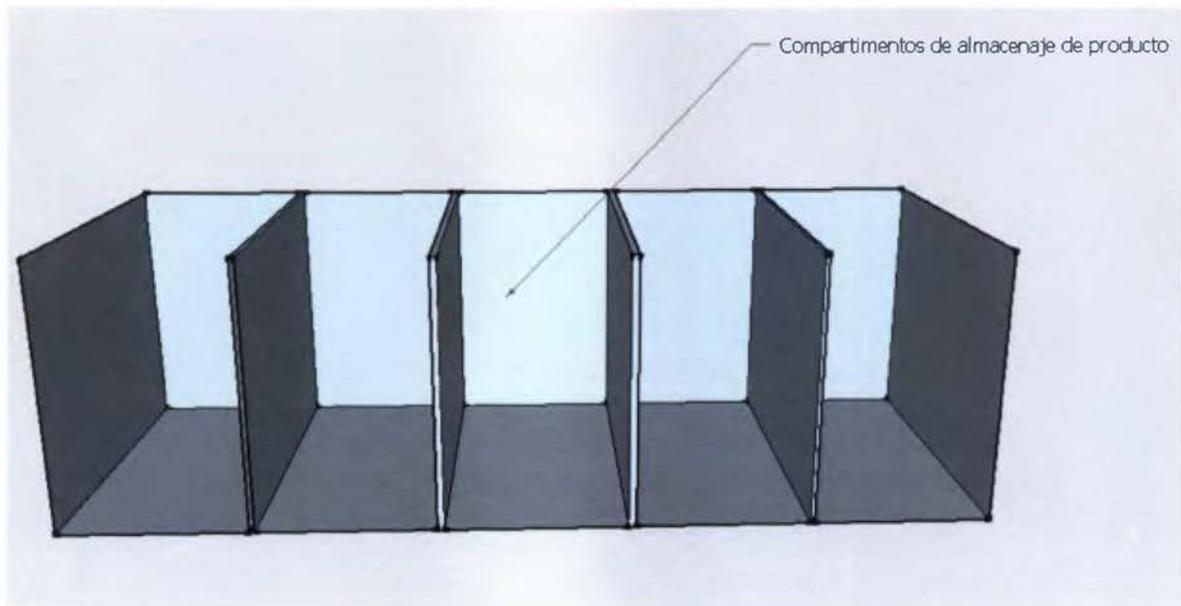
Cada camión, ya sea internos de la ULG, subcontratados o propios del asociado se encuentra compuesto de compartimentos, mediante los cuales se almacena el producto para la distribución a las fincas. Dentro de los tipos de camiones se tienen dos para realizar la distribución: camiones de 5 campos (compartimentos) y de 6 campos (compartimentos). La tipología del camión y los compartimentos se presenta a continuación.

Figura 6. Tipología de un camión de 6 compartimentos utilizada para el transporte⁷



Fuente: ULG Dos Pinos

Figura 7. Interior del área de almacenaje de un camión de 5 compartimentos



⁷ Externamente un camión de 5 campos y de 6 campos es muy similar. La principal diferencia recae en la cantidad de compartimentos.

Los compartimentos de los camiones corresponden al área designada para el almacenamiento del producto desde que se realiza la carga del alimento hasta que es entregado en las fincas de los asociados. La capacidad de los compartimentos de los camiones es primordial al momento de realizar el diseño de las rutas, esto para analizar si los pedidos pueden entregarse en un determinado camión. En relación con lo anterior, es importante destacar que cada producto cuenta con un volumen específico distinto, algunas de ellas muy similares a Vap Feed Granel, sin embargo hay otros cuyos volúmenes ocasionan un menor o mayor aprovechamiento del espacio dentro de los compartimentos y por ende del camión. A continuación se presentan la relación de los volúmenes de los productos con el Vap Feed Granel, el cual es el producto estrella distribuido, con un 65.55% a la contribución total de demanda de productos. En el Apéndice 10, se pueden consultar los valores de los volúmenes específicos para todos los productos.

Cuadro 19. Relación de volumen entre los productos distribuidos y Vap Feed Granel

Producto	Factor de relación
Perfecta especial granel	1.03
Apolo 16 % gr	0.99
Complete gr	1.00
Vap feed granel	1.00
Vap feed c/ lev especial	0.98

Fuente: Planta de Alimentos Balanceados

A pesar de que los demás productos tienen una demanda mucho menor que el Vap Feed Granel, se deben considerar las características volumétricas de cada uno de ellos al momento de realizar el cálculo de la cantidad de campos a necesitar por cada pedido. Esto es importante porque, por citar un ejemplo, el encargado de la programación de las rutas tiene más práctica en el cálculo los campos con el producto estrella, pero si llega un pedido de un producto mucho más voluminoso como el peleteno, se necesitan más campos en el camión para el acomodo; de no hacerlo así se pierde una posible utilización al no considerar el volumen en la programación.

11.5.2 Descripción de la capacidad de la flotilla

Para la programación de las rutas se cuenta con un total de 18 camiones entre internos de la ULG y subcontratados, como se aprecia a continuación⁸:

⁸ En relación con los camiones propios de cada asociado, los camiones utilizados para la programación varían a conveniencia del asociado. De la información analizada se lograron identificar 10 camiones propios de los asociados entre los pedidos realizados.

Cuadro 20. Descripción de los camiones utilizados en la ULG

Placa de camión	Proveedor	Campos	Capacidad ULG	Capacidad Legal útil	Cap. ULG – Cap. Legal
152388	Dos Pinos	5	14950	16100	1150
152444	Dos Pinos	5	14950	17100	2150
152445	Dos Pinos	5	14950	16300	1350
156024	Dos Pinos	6	15180	17700	2520
158154	Dos Pinos	6	15180	17400	2220
158715	Dos Pinos	5	14950	17700	2750
159582	Dos Pinos	6	15180	14800	-380
159927	Dos Pinos	6	15180	14100	-1080
134665	Davalexcla	5	14950	16600	1650
154914	Leonel	6	17940	16200	-1740
160522	Leonel	5	14950	10010	-4940
162343	Leonel	5	14950	11900	-3050
137418	Osman	6	17940	14870	-3070
137443	Osman	6	17940	14870	-3070
134388	Osvaldo	6	17940	14000	-3940
142746	Osvaldo	5	14950	14000	-950
133391	Transilo	5	16100	14000	-2100
145985	Transilo	5	14950	18000	3050

En la primera columna se detalla la placa, seguida del proveedor del transporte, así como la cantidad compartimentos posee cada camión. En la próximas dos columnas se tienen dos tipos de capacidades:

- La capacidad legal útil: el peso máximo del camión con carga es definido por ley, esto se encuentra en la tarjeta de pesos y dimensiones que cada camión posee, la cual es emitida por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). En este documento se definen tres cantidades: el peso del camión vacío, el peso del camión cargado en su totalidad y por ende la capacidad útil por camión.
- La capacidad determinada por la ULG: cada vehículo de 5 compartimentos puede cargar 2990 kilogramos por compartimento, para un total de 14950. Por otro lado, cada camión de 6 compartimentos puede contener 2530 kilogramos por compartimento para un total de 15180 kilogramos. Los camiones número 11, 13, 15, 16, 17 tienen condiciones especiales en sus compartimentos por lo que pueden cargar mayor cantidad de producto.

La última columna muestra la diferencia entre las dos capacidades mencionadas anteriormente. Como se puede notar, existen diferencias negativas (identificadas en color rojo), es decir que la capacidad determinada por la ULG es mayor a la legal, sin embargo se debe estudiar la utilización real de los camiones para determinar si existe un incumplimiento en ese aspecto.

Como se ha mencionado, la meta de la programación de rutas respecto a la utilización del camión es de un 85% respecto de la capacidad determinada por la ULG. A continuación se presenta una tabla donde se determina si esa meta incumple el límite legal establecido.

Cuadro 21. Análisis del cumplimiento del límite legal

Placa de camión	Proveedor	85% Cap. ULG	Cap. Legal - 85% Cap. ULG
152388	Dos Pinos	12708	3393
152444	Dos Pinos	12708	4393
152445	Dos Pinos	12708	3593
156024	Dos Pinos	12903	4797
158154	Dos Pinos	12903	4497
158715	Dos Pinos	12708	4993
159582	Dos Pinos	12903	1897
159927	Dos Pinos	12903	1197
134665	Davalexcla	12708	3893
154914	Leonel	15249	951
160522	Leonel	12708	-2698
162343	Leonel	12708	-808
137418	Osman	15249	-379
137443	Osman	15249	-379
134388	Osvaldo	15249	-1249
142746	Osvaldo	12708	1293
133391	Transilo	13685	315
145985	Transilo	12708	5293

De lo anterior se concluye que la meta del 85% de utilización no es apropiada para cinco camiones externos, por lo que se debe reconsiderar este parámetro para la etapa de diseño, debido a que si se continúa con las prácticas actuales se puede incurrir en faltas legales. En el siguiente apartado se estudia la cantidad de viajes que sobrepasaron este límite.

Un factor importante relacionado con los camiones, es que el asociado tiene preferencias sobre quién desea que le entregue el alimento en su finca, es decir, puede seleccionar cualquier modalidad de transporte (ULG, subcontratado o propio) para la distribución, lo cual debe ser una variable por tomar en consideración en el diseño y programación de las rutas. A pesar de que esta es una práctica que la ULG desea eliminar, esta condición se mantiene en la actualidad, por lo que se debe evaluar en la etapa de diseño si es la mejor opción para el desempeño de las operaciones de la ULG.

11.5.3 Utilización de la capacidad de los camiones

En el presente apartado se estudia la utilización de los 18 camiones a disposición de la ULG en el período establecido; dicha información que puede consultarse en el Apéndice 11. En primera instancia se analiza el comportamiento de los datos de carga en kilogramos por cada viaje realizado de distintas formas: individualmente por camión, agrupando por tipo de transporte (Dos Pinos y tercerizado), y consolidando todos los datos; se realizan pruebas de ajuste a distintas distribuciones, resultando en todos los casos probados, un rechazo de la hipótesis nula de ajuste a alguna distribución conocida, por lo que no se encuentra un comportamiento asignable a los datos. Sin embargo, debido a la cantidad de datos con

los que se cuenta, más de 52 para cada camión, se aplica el Teorema de Límite Central, en el cual se puede hacer un supuesto de que la población sigue una distribución normal y cuya aproximación es buena siempre y cuando el tamaño de la muestra sea mayor o igual a 30 datos. Estableciendo este supuesto, se pudo calcular una media de la carga en kilogramos por cada viaje realizado a lo largo del período estudiado.

Es importante resaltar que una de las metas de la programación de la ULG es superar el 85% de utilización en los camiones que reparten el producto, tanto para los propios de la ULG y los subcontratados, pero no para los propios del asociado, sobre los cuales no se tiene ningún control. A continuación se presenta la información relacionada a la utilización de los camiones por cada viaje realizado.

Cuadro 22. Comparación de utilización ULG con utilización legal

Placa de camión	Proveedor	Carga Promedio (kg)	σ carga (kg)	Utilización ULG Promedio	σ utilización ULG (%)	C.V. carga y utilización
152388	Dos Pinos	11,900	2,971	80%	20%	25%
152444	Dos Pinos	11,910	2,591	80%	17%	22%
152445	Dos Pinos	11,843	2,482	79%	17%	21%
156024	Dos Pinos	12,000	3,002	79%	20%	25%
158154	Dos Pinos	12,506	2,671	82%	18%	21%
158715	Dos Pinos	12,047	2,685	81%	18%	22%
159582	Dos Pinos	12,418	2,412	82%	16%	19%
159927	Dos Pinos	12,382	2,698	82%	18%	22%
154914	Leonel	11,947	2,171	67%	12%	18%
162343	Leonel	10,695	1,876	72%	13%	18%
137418	Osman	13,777	3,120	77%	17%	23%
137443	Osman	14,044	2,625	78%	15%	19%
134388	Osvaldo	13,571	2,439	76%	14%	18%
142746	Osvaldo	12,130	2,093	81%	14%	17%
133391	Transilo	13,139	2,608	82%	16%	20%
145985	Transilo	13,136	2,282	88%	15%	17%
134665	Davalexcla	12,793	1,893	86%	13%	15%
Promedio total		12,485	2,507	79%	16%	20%

Las primeras dos columnas sirven para identificar qué camión se analiza, seguido de la carga promedio por viaje de cada camión. Seguido se muestra la desviación estándar por cada viaje realizado, que es en promedio 2507 kilogramos, con un valor máximo de 1876 kilogramos y un máximo de 3120 kilogramos, sin embargo esta información se debe relacionar con la capacidad del camión.

Es por esta razón que también se calcula la utilización promedio por viaje según lo establecido por la ULG, la cual es la relación entre la carga y la capacidad. Del Cuadro 22 se puede ver que solo dos camiones sobrepasan la meta del 85% que se establece para la programación de las rutas, y que los camiones de Dos Pinos alcanzan un promedio de 80%.

Para analizar más a fondo la relación que existe entre las desviaciones y promedios calculados se obtiene el coeficiente de variación, el cual es igual tanto para la carga promedio como para la utilización. Con los resultados obtenidos se interpreta que la desviación representa un 20% de la utilización promedio, lo cual equivale a un compartimiento de un camión. La importancia de esta información radica en que al no alcanzar la meta establecida, se tiene espacio libre desperdiciado en los viajes realizados para la distribución del producto.

Es por esta razón que es esencial estudiar la subutilización que existe en relación con la utilización deseada para los camiones, la cual es del 85%. A continuación se presenta un cuadro con la subutilización para cada camión a disposición de la ULG.

Cuadro 23. Subutilización de los camiones

Proveedor	Placa	Cap. ULG Total	Carga Real	Utilización ULG	Subutilización	
Dos pinos	152388	14950	11876	80%	5%	Sí
Dos pinos	152444	14950	11890	80%	5%	Sí
Dos pinos	152445	14950	11934	79%	6%	Sí
Dos pinos	156024	15180	12084	79%	6%	Sí
Dos pinos	158154	15180	12510	82%	3%	Sí
Dos pinos	158715	14950	12048	81%	4%	Sí
Dos pinos	159927	15180	12421	82%	3%	Sí
Dos pinos	159582	15180	12457	82%	3%	Sí
Davalexcla	134665	14950	12752	86%	0%	No
Leonel	162343	14950	10204	67%	18%	Sí
Leonel	154914	17940	11959	72%	13%	Sí
Leonel	160522	14950	11584	77%	9%	Sí
Oswaldo	134388	17940	13584	78%	8%	Sí
Oswaldo	142746	14950	12150	76%	9%	Sí
Osman	137418	17940	13751	81%	4%	Sí
Osman	137443	17940	14081	82%	3%	Sí
Transilo	133391	16100	13109	88%	0%	No
Transilo	145985	14950	13164	88%	0%	No

Como se aprecia, en promedio 15 de los 18 camiones, se encuentran subutilizados, de acuerdo con el parámetro de 85% definido por la ULG, sin embargo es importante considerar que la distribución de producto a granel, al ser un servicio al asociado, se debe mantener un nivel de servicio y enviarle lo que solicite para cuando lo solicite, por lo tanto los pedidos pequeños como por ejemplo de 3680 kilogramos que hay que enviarlos en 2 campos del camión, hace que se disminuya el porcentaje de utilización. Lo que actualmente busca el programador de rutas es como mínimo que todos los campos vayan ocupados, aunque no precisamente llenos (Herrera, 2015).

Debido a que los promedios son sensibles a valores extremos, se procede a analizar más a profundidad la clasificación de los viajes, es decir, conocer cuántos viajes se realizaron entre distintos porcentajes de utilización. A continuación se presenta un cuadro donde se cuantifican la cantidad de viajes subutilizados y en los que sí se cumple la meta de utilización.

Cuadro 24. División de los viajes subutilizados

Placa de camión	Proveedor	Cantidad de viajes	Cantidad de viajes que superan el 85% de utilización	Cantidad de viajes subutilizados	% de viajes que superan el 85% de utilización	% de viajes subutilizados
154914	Leonel	369	13	356	4%	96%
162343	Leonel	61	7	54	11%	89%
160522	Leonel	317	85	232	27%	73%
134388	Oswaldo	290	89	201	31%	69%
137443	Osman	318	112	206	35%	65%
142746	Oswaldo	414	161	253	39%	61%
152445	Dos Pinos	174	70	104	40%	60%
137418	Osman	52	22	30	42%	58%
152444	Dos Pinos	217	93	124	43%	57%
156024	Dos Pinos	170	76	94	45%	55%
158715	Dos Pinos	170	77	93	45%	55%
152388	Dos Pinos	69	32	37	46%	54%
133391	Transilo	323	163	160	50%	50%
159927	Dos Pinos	197	104	93	53%	47%
159582	Dos Pinos	205	109	96	53%	47%
158154	Dos Pinos	251	137	114	55%	45%
134665	Davalexcla	173	109	64	63%	37%
145985	Transilo	288	188	100	65%	35%
Totales		4058	1647	2411	-	-
		100%	41%	59%		

En el período estudiado se identifican un total de 4058 viajes, de los cuales 2411 son subutilizados, es decir casi un 60% de las entregas hechas presentan determinada cantidad de espacio vacío en el camión. Se puede visualizar que los camiones de Dos Pinos oscilan entre un 45% y 60% de viajes con una utilización menor a la meta, y que el camión con mayor subutilización presenta un 96% de subutilización, siendo de un proveedor externo. Al encontrar una cantidad tan significativa de viajes subutilizados, es lógico cuestionar si la meta establecida por la ULG es adecuada, es decir, si el valor de 85% de utilización es el correcto. A continuación se presenta una tabla con la distribución de los viajes subutilizados con el fin de analizar más a fondo lo encontrado, y poder identificar casos más críticos de subutilización.

Cuadro 25. Contabilización de viajes subutilizados

Placa de camión	Proveedor	Viajes entre 85% y 60% de utilización	Viajes entre 60% y 40% de utilización	Viajes entre 40% y 20% de utilización	Viajes entre 20% y 0% de utilización
154914	Leonel	260	88	4	4
162343	Leonel	50	2	1	1
134388	Oswaldo	176	22	3	0
160522	Leonel	219	6	6	1
137443	Osman	183	19	4	0
137418	Osman	20	9	1	0

Placa de camión	Proveedor	Viajes entre 85% y 60% de utilización	Viajes entre 60% y 40% de utilización	Viajes entre 40% y 20% de utilización	Viajes entre 20% y 0% de utilización
152445	Dos Pinos	94	4	2	4
158715	Dos Pinos	82	3	4	4
142746	Osvaldo	226	24	1	2
156024	Dos Pinos	78	5	1	10
159927	Dos Pinos	81	3	2	7
152444	Dos Pinos	108	7	2	7
152388	Dos Pinos	31	1	3	2
133391	Transilo	141	6	7	6
159582	Dos Pinos	83	6	3	4
158154	Dos Pinos	98	4	4	8
134665	Davalexcla	60	1	1	2
145985	Transilo	87	4	5	4
Totales		2077	214	54	66

Un 86% de los viajes subutilizados se encuentran entre un 60 y un 85% de uso de la capacidad, dejando un 14% entre un 60% y 0%, lo cual es una situación indeseable, ya que significa enviar los camiones con una cantidad significativa de espacio vacío que pudo haber sido aprovechado de una mejor manera.

Por último se cuantifica la cantidad de viajes que incumplen los límites de capacidad establecidos por la ley. Un total de 404 viajes fueron realizados con un camión con un peso que excede lo establecido en el marco legal, lo que representa un 10% de los viajes totales. Al realizar viajes que exceden los límites legales se expone a la ULG al pago de multas, así como otras posibles repercusiones negativas como desgaste de los camiones, entre otros. Dicha información se presenta en el cuadro a continuación.

Cuadro 26. Cuantificación de viajes que exceden los límites legales de carga del camión

Placa de camión	Proveedor	Cantidad de viajes	Cantidad de viajes que sobrepasan el límite legal	Porcentaje de viajes que sobrepasan el límite legal
154914	Leonel	369	4	1%
162343	Leonel	61	0	0%
134388	Osvaldo	290	15	5%
160522	Leonel	317	26	8%
137443	Osman	318	26	8%
137418	Osman	52	4	8%
152445	Dos Pinos	174	0	0%
158715	Dos Pinos	170	18	11%
142746	Osvaldo	414	1	0%
156024	Dos Pinos	170	110	65%
159927	Dos Pinos	197	53	27%
152444	Dos Pinos	217	0	0%
152388	Dos Pinos	69	12	17%
133391	Transilo	323	11	3%

Placa de camión	Proveedor	Cantidad de viajes	Cantidad de viajes que sobrepasan el límite legal	Porcentaje de viajes que sobrepasan el límite legal
159582	Dos Pinos	205	44	21%
158154	Dos Pinos	251	27	11%
134665	Davalexcla	173	0	0%
145985	Transilo	288	53	18%
Totales		4058	404	-
		100%	10%	-

A pesar de que lo más importante en el servicio brindado por la ULG es abarcar las necesidades presentes en las fincas de los asociados, y mantener buena relación con ellos, no se debe dejar de lado este parámetro, pues se trata de recurso que puede ser utilizado de una mejor manera. La subutilización debe ser eliminada de los viajes realizados en la medida de lo posible, pues evidentemente en pedidos de emergencia o mientras se tenga restricciones de acomodo del producto, la subutilización en cierto porcentaje se mantiene.

11.5.4 Comparación entre proveedores de transporte

Se procede a comprobar si los proveedores externos de transporte y los camiones internos de la ULG son utilizados por igual o si estadísticamente se tienen diferencias significativas que respaldan lo contrario. Se obtuvo que los datos no mantienen un comportamiento normal, por lo que se opta por realizar una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, la cual es el homólogo no paramétrico a un análisis de varianza de un factor. El análisis de normalidad puede ser consultado en el Apéndice 12. Se utilizaron los datos de cantidad de visitas diarias realizadas por los camiones de cada proveedor en un periodo de 12 meses, obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro 27. Prueba Kruskal Wallis para la comparación entre los proveedores de transporte

Prueba de Kruskal-Wallis: Cantidad de visitas vs. Proveedor

Prueba de Kruskal-Wallis en Cantidad de visitas

Proveedor	N	Mediana	Clasificación del promedio	Z
Davalexcla	196	4.000	698.5	-4.64
DP	293	12.000	1288.0	16.68
Leonel	249	8.000	1163.8	10.93
Oldemar	87	3.000	428.4	-9.25
Osman	241	3.000	551.8	-10.23
Osvaldo	296	5.000	812.1	-1.53
Propio	70	1.000	130.0	-12.54
Transilo	271	5.000	838.0	-0.51
General	1703		852.0	

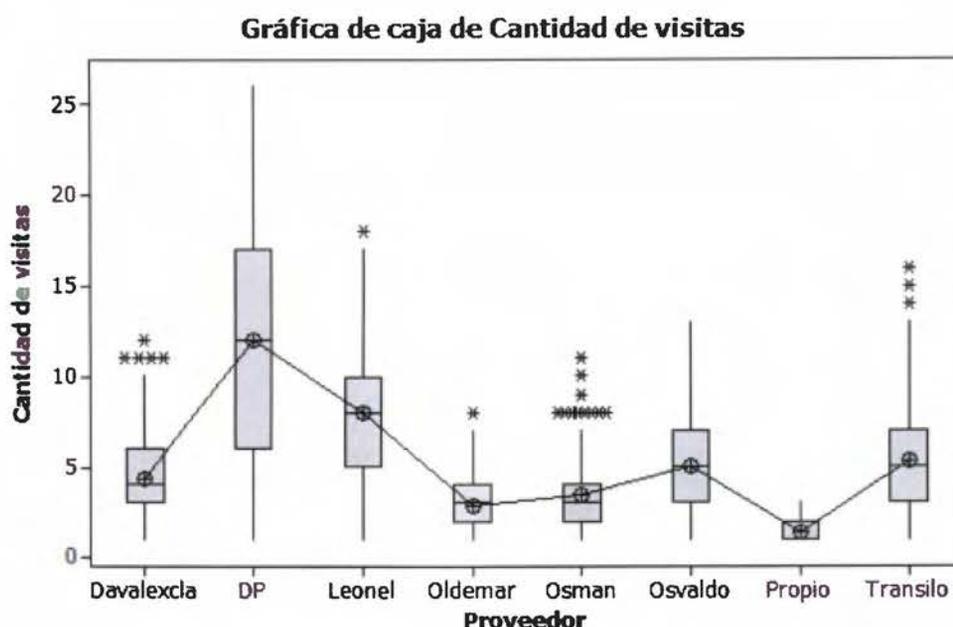
H = 656.98 GL = 7 P = 0.000

H = 663.23 GL = 7 P = 0.000 (ajustados para los vínculos)

Del análisis se obtiene un valor p de 0.000 lo que ratifica la hipótesis alternativa de desigualdad de la mediana de cantidad de visitas entre los proveedores de transporte, por lo que estadísticamente se

determina que los camiones no son utilizados por igual para realizar las visitas a las fincas, tal y como se comprueba con el siguiente diagrama de cajas, en el cual se aprecia la diferencia a nivel de tendencia central y variación entre los proveedores.

Gráfico 2. Gráfico de cajas para la comparación de proveedores de transporte



En el Gráfico 2 se aprecia algunos valores atípicos dentro del análisis de cada proveedor, esto significa que algunos días del año se visitaron más las fincas en relación con los demás días. Si se toma en consideración la cantidad de camiones que posee cada uno de los proveedores, y se calcula una razón cantidad de vistas por camión, los resultados son los siguientes:

Cuadro 28. Cantidad de visitas promedio por camión por proveedor de transporte

Transporte	Mediana diaria	Cantidad de camiones	Cantidad de visitas por camión
Dos Pinos	12	8	1.5
Leonel	8	3	2.67
Osvaldo	5	2	2.5
Transilo	5	2	2.5
Davalexcla	4	1	4
Osman	3	2	1.5
Oldemar⁹	3	1	3

⁹ Este proveedor no trabaja con la ULG desde Octubre de 2014, sin embargo fue analizado ya que aparece en el período estudiado. Para los camiones propios no se analiza, pues se desconoce la cantidad exacta.

Como se aprecia, considerando la cantidad de camiones por proveedor, el proveedor de transporte que posee una mayor mediana de visitas diarias por camión es el de transporte Oldemar y no Dos Pinos.

Además, analizando el papel de los proveedores de transporte en cuanto a la distribución de producto se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro 29. Cantidad de producto distribuido por proveedor de transporte

Proveedor	Cantidad de producto (kg)	Contribución por proveedor	Contribución por tipo de proveedor
Dos Pinos	17 643 389	31.75%	31.75%
Leo	8 982 090	16.16%	66.24%
Osvaldo	8 960 004	16.12%	
Transilo	8 100 197	14.57%	
Osman	5 189 482	9.34%	
Davalexcla	4 284 390	7.71%	
Oldemar	1 294 670	2.33%	
Propio	1 121 770	2.02%	2.02%
Total general	55 575 992	100%	100%

Individualmente, por cada proveedor, los camiones internos de la ULG, corresponden a los que mayor cantidad de producto distribuye a las fincas. Sin embargo, si se agrega la contribución de todos los proveedores externos y se compara contra la flotilla de la ULG, se obtiene que el 66.24% del producto transportado a las fincas es distribuido mediante transporte subcontratado, lo que deja en evidencia la alta dependencia a los proveedores de transporte externo que posee la ULG en la actualidad.

El siguiente corresponde a un cuadro resumen con la descripción de los camiones y su respectiva relación con las zonas geográficas y fincas.

Cuadro 30. Hallazgos relacionados a la descripción de los camiones en el periodo de estudio

Característica	Cantidad	Condición
Camión más utilizado (con más visitas realizadas a las fincas)	154914	973 veces
Zona que más visita el camión más utilizado	Zarcero	418 veces
Finca que más visita el camión más utilizado	4536	26 veces
Camión que más producto transporta	142746	5021710 kg
		Subcontratado

Característica		Cantidad	Condición
Proveedor de transporte que más producto transporta	ULG	20291649 kg	-
Proveedor de transporte que más fincas visita	ULG	4022 veces	-

De lo anterior es importante destacar que a pesar de que de manera agregada los camiones internos de la ULG son los que más producto transportan y viajes realizan, respondiendo a la correlación peso transportado-cantidad de visitas comprobada en el apartado 3.2, a un nivel individual el camión más utilizado es el de placa 154914 y el que más producto transporta el de placa 142746, y ambos corresponden a camiones subcontratados. Lo anterior también comprueba la dependencia de la ULG por el transporte subcontratado, por lo que tanto los camiones internos como externos deben ser considerados como recursos por utilizar en el diseño. Además se aprecia que la zona más visitada por el camión 154914 corresponde a la zona de Zarceró, lo que deja en evidencia que en general este camión posee un nivel de actividad importante en relación con esta zona, sin embargo a nivel individual la finca más visitada es de la zona de Fortuna. A pesar de que una zona en general posea la mayor cantidad de visitas, no se debe descuidar las fincas de las zonas menos visitadas.¹⁰

Por último se presenta una comparación entre los ingresos de los proveedores de transportes. Se analizan los camiones de Dos Pinos y los subcontratados dejando por afuera a los propios de los asociados, ya que por esos no se toma en cuenta el costo del flete.

Es importante recordar que los fletes de los camiones de Dos Pinos son los únicos ingresos de la ULG, y que el pago que realiza el asociado por el flete de un camión subcontratado se transfiere íntegramente a los proveedores, por lo que no se considera un gasto ni un ingreso. A continuación se presenta la información relacionada con los fletes realizados en el período estudiado.

Cuadro 31. Dinero pagado por la distribución del producto por tipo de proveedor de transporte

Proveedor / Mes	Dos Pinos	Suma Proveedores Externos
dic-13	¢48,627,641	¢45,879,707
ene-14	¢45,722,961	¢48,026,161
feb-14	¢40,925,433	¢47,583,809
mar-14	¢47,540,902	¢45,651,128
abr-14	¢48,978,402	¢46,143,090
may-14	¢45,299,572	¢50,765,606
jun-14	¢44,494,920	¢47,791,953
jul-14	¢46,737,132	¢53,181,064
ago-14	¢46,596,295	¢41,784,853
sep-14	¢49,836,964	¢42,190,620

¹⁰ Fortuna se encuentra dentro de las 3 zonas menos visitadas como se aprecia en el Cuadro 17.

Proveedor / Mes	Dos Pinos	Suma Proveedores Externos
oct-14	₡52,411,708	₡40,031,257
nov-14	₡54,371,088	₡39,831,257
Total	₡517,171,930	₡509,029,249

Desde el principio del período hasta julio de 2014 no se presenta un comportamiento creciente en los ingresos por parte de los camiones de Dos Pinos, sin embargo, se puede notar que a partir de agosto de 2014 disminuyen los ingresos por parte de los proveedores externos y aumentan los propios, para que el total al final sea mayor por ₡9 000 000 para los camiones de Dos Pinos, lo que respalda la intención de la ULG de ir disminuyendo paulatinamente el uso de proveedores externos de transporte.

11.6 Hallazgos del perfilado de actividades de transporte y minería de datos

#6 Importancia de Vap Feed Granel para la ULG

Vap Feed Granel es el producto por excelencia solicitado por el asociado. La demanda de este producto supera por más de 10 veces al segundo producto más solicitado, por lo que se espera que este sea usualmente el producto por considerarse en la programación de las rutas.

#7 Influencia del volumen específico de los productos en el acomodo en los compartimentos

Algo importante por considerar es que se debe tomar en cuenta con anticipación cualquier cambio de producto en la programación de rutas que signifique un cambio significativo en el volumen total del producto. Como se explica con anterioridad, los volúmenes específicos varían entre algunos productos, ya sea que ocupan más o menos volumen en los campos del camión.

#8 Variación de la demanda de producto a granel

Se tiene una variación intra-mensual en cuanto al pedido del producto, lo cual es ocasionado por las necesidades específicas de producto en cada una de las fincas. Este comportamiento a nivel de variabilidad se mantiene muy estable a lo largo del año tal y como se aprecia en el Cuadro 13 Coeficientes de variación para pedidos mensuales de Vap Feed Granel.

#9 Frecuencias y actividad de las fincas

Se identifican 4 tipos de frecuencias de pedido de los asociados: desde una hasta cuatro semanas, de las cuales la que se presenta en la mayoría de las fincas, con un 63%, es la frecuencia quincenal. Además se tiene un 2% con frecuencia indefinida y 83% se encuentra inactivas. La relación frecuencia-actividad es importante, pues en el momento en el que un asociado deja de realizar pedidos para una determinada finca, automáticamente pasa al estado de inactiva.

#10 Correlación entre fincas, kilogramos distribuidos y visitas realizadas

Existe una correlación directa entre cantidad de fincas, kilogramos y visitas realizadas a las fincas en las 8 zonas geográficas. Se obtienen coeficientes de relación casi del 100% en las 3 relaciones bipartitas, lo que determina estadísticamente que la zona que más fincas posee es la zona que más producto solicita y más visitas recibe y viceversa.

#11 Utilización inadecuada de los camiones

El marco ideal para la utilización de los camiones es que no sea tan alta que llegue al punto de incumplimiento legal, ni tan baja que se encuentre en niveles de subutilización calculados, donde 1 de cada 2 viajes está por debajo de la meta de 85% de uso de la capacidad. Además, un 10% de los viajes realizados sobrepasan el límite legal, de los cuales un 65% corresponde a camiones propios de Dos Pinos.

#12 Dependencia de la ULG del transporte subcontratado

La ULG tiene una alta dependencia del transporte subcontratado en la actualidad. Esto queda en evidencia al tener que los camiones que más visitas realizan y más producto transportan corresponden a camiones subcontratados. Además de manera agregada, los proveedores de transporte externo distribuyen más de 65% de los productos demandados por el asociado, en comparación con un 31% de los camiones internos de la ULG.

12 Diseño de rutas

Para buscar la distribución óptima de la red, Frazelle (2002) plantea 10 pasos por considerar en la elaboración de un PMT, entre los cuales primero es realizar una evaluación del diseño de rutas actual para posteriormente diseñar una base de datos (como segundo paso), a partir de la cual se generan diversas alternativas de solución, incluyendo variables necesarias que se deben considerar en su diseño. En este apartado se realiza la evaluación del diseño de rutas, posteriormente en el Apartado 8, se plantean las variables necesarias para la conformación de la base de datos utilizada en el diseño de la herramienta.

12.1 Análisis de la metodología de asignación de fincas a zonas geográficas

Para empezar con el análisis del método de asignación de fincas a zonas geográficas es importante resaltar que en cada una de estas zonas se ubica un Almacén Agroveterinario, el cual se encuentra en el centro de la población, y es con este punto como referencia que se ubican actualmente las fincas por parte de la ULG.

En el proceso de programación de rutas, la ULG define que uno de los requisitos es que construyan las rutas de manera que se entregue producto en fincas que se encuentren en las mismas zonas geográficas. Se busca que esto se realice de esta forma para que se visiten lugares cercanos entre ellos, tratando de disminuir las distancias recorridas, y así incurrir en menos gastos.

La forma en cómo se asigna cada finca a una zona geográfica repercute directamente en la programación de las rutas y en su construcción, ya que el programador asume que esta asignación se realiza de la manera correcta, y así al definir una ruta, las fincas que la componen están en la misma zona geográfica, y por ende se localizan cerca unas de otras.

Al analizar la metodología actual de cómo se asignan las fincas a las zonas geográficas se obtiene como resultado que no se sigue ningún método o procedimiento, y por ende no se tiene criterios de asignación que ayuden a realizar esta operación. La asignación se hace según la preferencia de los asociados, es decir,

si la finca de un asociado se ubica en Ciudad Quesada, esta persona puede elegir que se asigne a la zona geográfica de Ciudad Quesada, o a cualquiera otra que decida.

Al no seguir ningún procedimiento con criterios apropiados, se pueden presentar problemas a la hora de realizar la programación de rutas, y pueden darse casos en los que se definan rutas que en un principio son de la misma zona, pero a la hora de estudiar a detalle la ubicación geográfica de cada finca, queda en evidencia que no se realiza de esta manera. El análisis de la asignación de las fincas se realiza en el apartado que sigue; las repercusiones que esto tiene en las rutas, en tiempo, gasto de combustible y dinero corresponden al Apartado 4.3. Evaluación de las rutas actuales.

12.2 Caracterización de distribución de fincas en las zonas geográficas

Las zonas geográficas estudiadas corresponden a las que se incluyen en la División Norte, lo cual fue definido en el alcance de la propuesta de proyecto. Dichas zonas se componen de la siguiente manera:

Cuadro 32. Composición de zonas geográficas

Zona	División	# entrega (cantidad de fincas)	% individual
Aguas Zarcas	Norte	103	27%
Ciudad Quesada	Norte	70	18%
Zarcero	Norte	64	17%
Venecia	Norte	47	12%
Fortuna	Norte	33	9%
Monterrey	Norte	31	8%
Muelle	Norte	24	6%
Pital	Norte	10	3%
Total		382	

Al realizar la caracterización de las zonas geográficas se obtienen tres casos (cruce de rutas, comparación entre centro actual y centro calculado y puntos fuera de zona), los cuales son explicados en este apartado.

Caso 1. Cruce de zonas

Lo primero que se realiza es identificar qué tan amplias son estas zonas, trazando una distancia en línea recta desde su centro hasta la finca más alejada, esto con el fin de contener todas las fincas. A continuación se presenta un cuadro con la información.

Cuadro 33. Distancia a la finca más alejada

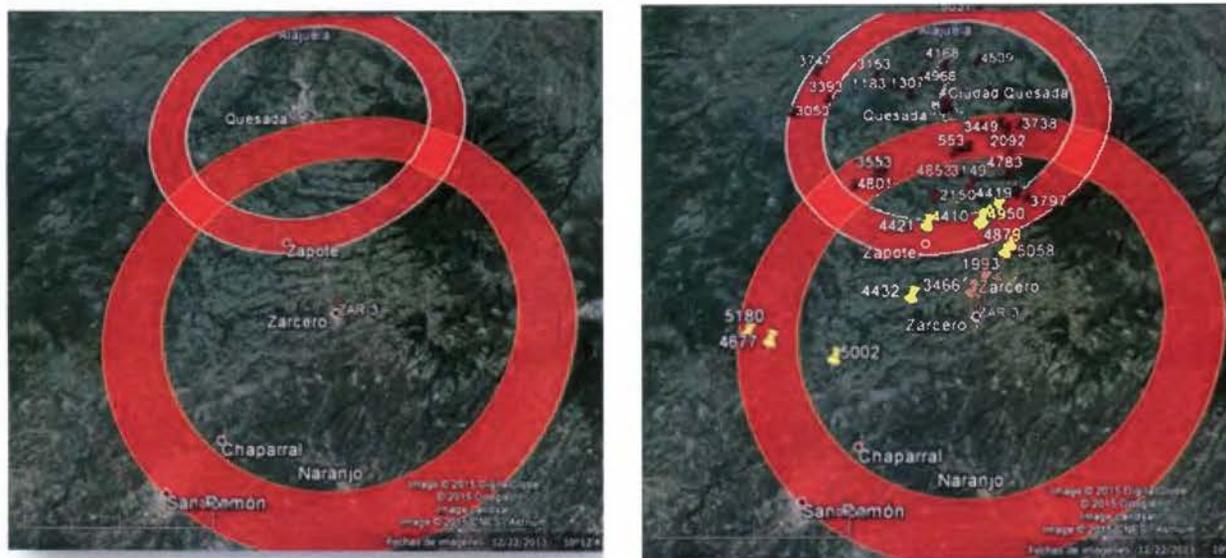
Zona	Distancia a la finca más alejada (km)
Aguas Zarcas	18.5
Ciudad Quesada	11
Zarcero	14.5
Venecia	12.6
Fortuna	16.2
Monterrey	12.3

Zona	Distancia a la finca más alejada (km)
Muelle	36.8
Pital	8.4

Se procede a trazar radios del tamaño de dichas distancias, teniendo como inicio el centro de cada zona geográfica y como fin el punto más alejado. Con estas longitudes se construyen circunferencias que contienen todas las fincas dentro de cada zona geográfica, esto con el fin de poder visualizar de mejor manera la composición y tamaño de cada área.

De dicho análisis se concluye que existen cruces de zonas, es decir, la circunferencia de una zona geográfica se traslapa con la de una o más zonas geográficas. Más específicamente, hay fincas ubicadas entre dos zonas que están adyacentes, y estas se localizan dentro otra circunferencia a la cual está asignada, como se puede ver en la figura a continuación.

Figura 8. Cruce de zonas geográficas



En la parte izquierda de la imagen anterior se muestra el cruce que existe entre las zonas de Zarcero y Ciudad Quesada, que se puede ver por el traslape entre los dos anillos de color rojo. Esto significa, que el punto más lejano de la Zona de Ciudad Quesada se encuentra dentro de la Zona de Zarcero y de la misma manera para el caso contrario.

En la parte derecha de la imagen se muestran las fincas de ambas zonas; de color amarillo las de Zarcero y de color rojo las de Ciudad Quesada. Se puede notar que las fincas de color rojo están ubicadas dentro de la Zona de Zarcero, y sucede lo mismo para las fincas de Zarcero dentro de la Zona de Ciudad Quesada.

Se trazan todas las circunferencias de las zonas geográficas, encontrando cruces en todas las áreas. A continuación se muestra un cuadro con la información del cruce de las zonas estudiadas.

Cuadro 34. Cruce de zonas

	AZ	Z	CQ	V	F	MO	MU	PI
Aguas Zarcas (AZ)			X	X				X
Zarcero (Z)			X					
Ciudad Quesada (CQ)	X	X					X	
Venecia (V)	X							X
Fortuna (F)						X		
Monterrey (MO)					X		X	
Muelle (MU)						X		
Pital (PI)	X			X				

De este análisis se puede interpretar que las zonas están mal definidas o también que las fincas están mal asignadas, porque no tiene sentido tener cruces de zonas cuando esto significa un mayor recorrido del que se realizaría dentro de una misma zona geográfica, porque si no el hecho de realizar la definición de zonas pierde su sentido inicial. El cruce de zonas entre fincas se presenta al menos una vez en las 8 zonas estudiadas.

Caso 2. Comparación de centro actual y centro calculado

Como se menciona anteriormente, la posición del centro fue asignada arbitrariamente al Almacén Agroveterinario de cada zona, que por lo general se ubica en el centro de la población. Es por esta razón que se decide comprobar si estos puntos coinciden con el centro del área al cual fueron asignados.

Se decide calcular el centro de gravedad geográfico, el cual es un punto calculado a partir de los promedios de longitudes y latitudes de cada finca (GeoMidPoint, 2015). Los resultados obtenidos son coordenadas geográficas que se comparan con los centros actuales.

Cuadro 35. Diferencia entre centro de gravedad geográfico y centro actual

Zona Geográfica	Diferencia entre Centro de Gravedad y Centro actual (km)
Aguas Zarcas	4.5
Ciudad Quesada	1
Zarzero	3.37
Venecia	2.47
Fortuna	7.2
Monterrey	1.76
Muelle	5.41
Pital	1.57

Como se puede ver, sí existe diferencia entre los centros de zona actuales y los calculados a partir del centro de gravedad geográfico. Esto no genera ningún problema directamente, sin embargo, es a partir del centro que se empiezan a construir las zonas, y que posteriormente puede generar problemas durante la programación de las rutas.

Caso 3. Puntos fuera de zona

Aunado a lo anterior, se realiza un análisis para corroborar que la distancia que existe entre cada finca y su zona geográfica asignada es la menor distancia. De esta manera se corrobora que las fincas están asignadas correctamente a una determinada zona geográfica.

Mediante las coordenadas de latitud y longitud, se localizan cada una de las fincas y los centros establecidos para cada zona geográfica. A partir de esta información, se aplica la fórmula de Haversine, con la cual se obtiene como resultado la distancia en línea recta entre dos puntos en un plano o superficie (Kansas State University, 2015). La ecuación se plantea de la siguiente forma.

$$Distancia = \left\{ \cos^{-1} \left(\cos(\text{Rad}(90 - La1)) \right) \right. \\ \left. * \cos(\text{Rad}(90 - La2)) + (\sin(\text{Rad}(90 - La1))) * \cos(\text{Rad}(Lo1 - Lo2)) \right\} * R$$

Donde:

- Latitud 1: la latitud de determinada finca
- Latitud 2: la latitud de determinado centro geográfico
- Longitud 1: la longitud de determinada finca
- Longitud 2: la longitud de determinada centro geográfico
- R: radio del planeta Tierra
- Rad: radianes

Se calculan las distancias de cada finca a cada zona geográfica, con las cuales se obtienen la distancia mínima y se compara con la distancia que hay entre la finca y la zona que tiene asignada actualmente.

Se hallan 59 fincas mal asignadas, es decir, que la distancia de la finca a la zona geográfica asignada no es la menor. Esto representa un 23% del total de las fincas existentes. El cuadro con la información mencionada puede ser encontrado en el Apéndice 13.

12.3 Evaluación de las rutas actuales

Las rutas actualmente son establecidas por el programador, tratando de seguir los siguientes requisitos:

- Construir las rutas de forma que se entregue producto en fincas que se encuentren en la mismas zonas geográficas
- Acomodar el pedido de forma que se tenga en cuenta que no se pueden mezclar productos ni pedidos de clientes
- Calcular que la capacidad utilizada del camión tiene que ser mínima de 85%
- Entregar la totalidad del pedido del asociado, es decir un 100% del cumplimiento de la orden
- Se deben asignar los camiones de diferentes formas:
 - Existen asociados que han contratado sus propios proveedores, por lo que los pedidos de estos deben ser entregados por dichos transportistas
 - Existen asociados que solo reciben camiones de la Dos Pinos
 - Por condiciones de las carreteras y/o entradas en las fincas, se deben asignar camiones de 6 o 5 campos, dependiendo de la situación
 - Existen asociados que cuentan con su propio camión, por lo que se debe programar que este camión le entregue el producto

En la actualidad no existe un registro o algún tipo de documento donde se cuente con una lista de rutas definida ni actualizada, sino que el programador de rutas realiza la combinación de los viajes de acuerdo con su propio criterio, y las cambia de acuerdo con lo que surge en el día a día de las operaciones de la ULG, por lo que no hay una base establecida y sistemática de rutas que se sigan al presente.

Dichas rutas nunca han sido evaluadas bajo algún criterio, ya sea la duración total de la ruta, la duración entre fincas que componen la ruta, la distancia entre fincas que componen la ruta o algún otro, por lo que no se puede definir si es la mejor opción para las necesidades.

Esta etapa se divide en dos partes, la recolección y esquematización de la información para definir las rutas, y luego la evaluación de estas. Como punto de partida se identifican y registran las rutas seguidas actualmente, con el propósito de generar una base de datos. Para esto se utilizan los registros del documento “Programación de Rutas” de los meses analizados, el cual se conforma de las programaciones diarias realizadas durante los doce meses estudiados. Esta información se consolida en un solo archivo y se extrae las rutas asociados a cada finca o número de entrega. Una vez que se obtuvo la lista de todas las rutas se compararon entre ellas para omitir los duplicados. Como resultado se obtuvieron 225 rutas, además de las veces que estas fueron realizadas en el periodo estudiado.

Se procede a cuantificar los kilómetros recorridos totales en la ejecución de los viajes realizados, así como su respectiva duración, esto con ayuda del programa *Google Earth* y puede ser consultado en el Apéndice 14. Del consolidado de programación de rutas generado, se conoce las fincas visitadas por cada camión en cada uno de los viajes, sin embargo no se tienen registros del secuenciamiento de visitas de cada uno de los camiones, es decir se desconoce cuál finca se visita de primero por lo que se asumió una distribución en la forma de una gota de agua¹¹, la cual es la mejor forma de realizar una ruta (Ballou, Administración de la cadena de suministro, 2004).

La información de la base de datos de registro de las rutas recolectada es:

Cuadro 36. Información incluida en el registro de rutas

Número de ruta	Número consecutivo asignado a cada una de las 225 rutas identificadas
Fincas presentes en la ruta	Número de entrega de cada una de las fincas visitadas en cada una de las rutas
Distancias	Se incluyeron todas las distancias presentes en la ruta: <ul style="list-style-type: none"> • De la planta en El Coyol a la primera finca visitada • De la primera finca visitada a la segunda finca visitada • De la segunda finca a la tercera y así para N cantidad de fincas • De la última finca devuelta a la planta en El Coyol • Distancia total: suma de todas las distancias
Duraciones	Las duraciones asociadas a cada una de las distancias mencionadas anteriormente, así como la duración total.

Una vez completada la primera etapa se procede con la evaluación de las rutas obtenidas. Al igual que lo realizado en el Capítulo I. Propuesta de Proyecto, se analiza cuáles de estas rutas presentan cruce de zonas o puntos fuera de zonas, o ambos. La presencia de alguno de los dos aspectos mencionados son la evidencia del empirismo al construir la rutas, ya que esto genera recorridos extras en los que se incursiona, que representan pérdidas de tiempo y costos adicionales. Los resultados se muestran en un cuadro resumen a continuación¹².

¹¹ Realizar una ruta en forma de gota es ordenar los viajes de modo que se asemeje a una gota de agua, teniendo como inicio y fin de la gota el punto inicial y final de la ruta.

¹² Las rutas identificadas pueden ser consultadas en el Apéndice 14.

Cuadro 37. Resultados de la evaluación de rutas

Cantidad de rutas	225
Cantidad de rutas con Puntos Fuera de Zona	118
Cantidad de rutas con Cruces de Zonas	70
Cantidad de Kilómetros extra recorridos	28.975
Cantidad de minutos extra utilizados	65.136

Un paso previo a la cuantificación monetaria, es el cálculo de los rendimientos de los camiones. En el caso de los camiones propios se cuenta con información suministrada por el taller de mantenimiento de Dos Pinos y de la estación de servicio donde se carga el diésel. Sin embargo, para los camiones propios no fue posible realizar una evaluación respaldada por análisis de datos, por lo que se consulta a un experto en el tema.

Se lleva registro del kilometraje de los camiones después de cada viaje, así como los litros de combustible, sin embargo esto empieza a partir de Diciembre 2014, por lo que el rendimiento calculado es para ese mes. El rendimiento es el resultado de dividir la suma del total de litros consumidos entre la suma de kilómetros recorridos. A continuación se presenta los rendimientos correspondientes a los camiones de Dos Pinos.

Cuadro 38. Rendimientos de camiones de Dos Pinos.

Camión	Litros consumidos	Kilómetros recorridos	Rendimiento (l/km)
1105	1.638	2.996	1.8
1106	4.877	9.263	1.9
1206	2.717	4.759	1.8
1239	5.290	10.533	2.0
1318	5.544	9.866	1.8
1331	4.565	7.424	1.6
1332	4.474	8.590	1.9
1086	4.949	8.243	1.7

Al estudiar el comportamiento de los datos, tanto de kilómetros como de litros, se encuentra que no se acercan a ninguna distribución. Sin embargo, por el tamaño de las muestras, 366 y 197 respectivamente, se puede aplicar el Teorema del Límite Central y asumir un comportamiento normal. Por lo que es válido utilizar el rendimiento como un promedio de los mostrados anteriormente, es decir 1.8 litros por kilómetro.

Al no conocer los rendimientos de los camiones externos, se consulta al encargado del taller de mantenimiento sobre esta información. Se estima que el rendimiento tiene que ser menor al de los camiones de Dos Pinos, esto por el uso que se les da, la diferencia en años, entre otros, por lo que se utiliza un rendimiento de 1.3 litros por kilómetro para cada camión externo. Como se evidencia en el apartado 3.3 donde se comparan los proveedores de transporte, un 36% de las visitas es realizado por camiones de Dos Pinos y un 64% por camiones externos, por lo que el rendimiento utilizado para calcular la cantidad

de litros totales consumidos en recorridos extras es la multiplicación de esos porcentajes por cada uno de los rendimientos y su posterior suma, es decir 1.48 litros por kilómetro.

A partir de los kilómetros extras recorridos, y con los rendimientos definidos, se calcula que se utilizaron un total de 19.578 litros de diésel, con un precio de ₡493 el litro, equivale a ₡9 700 000 a precios del periodo analizado. Hay que tener en consideración que al momento de realizar el mismo cálculo para la evaluación preliminar el costo del litro de diésel es de ₡620, por lo que ha disminuido considerablemente, sin embargo esto no le resta importancia a este hallazgo.

Sumado al gasto incurrido en gasolina se tiene una cantidad de tiempo asociado a las distancias recorridas. Se tiene un total de 65136 minutos que se utilizaron para estos viajes, es decir, 1 085 horas. A partir de esta cantidad y sabiendo que el pago por hora extra es de ₡3 000, este monto asciende a ₡3 255 000.

Sumando el gasto por combustible utilizado en las distancias extras y el tiempo laborado como horas extras, se obtiene un monto de ₡12 955 000.

12.4 Evaluación de la metodología de programación de rutas

Frazelle (2002) establece la planificación y gestión de los envíos como parte esencial de un PMT. Un envío¹³ es el conjunto de órdenes que viajan juntas. La planeación de los envíos es el proceso por el cual se eligen frecuencias de envíos, y la asignación de órdenes para estos envíos, además del tipo de transporte y ruta, entre otros. Dentro de los aspectos a planificar y controlar en relación a los envíos, se tienen:

- Planificación de la frecuencia de los envíos: la frecuencia en que se realizan los envíos depende directamente de la frecuencia con la que el asociado realice sus pedidos, los cuales pueden ser realizados desde semanal hasta mensualmente.
- Programación de las rutas: la programación de las rutas de la ULG es realizada diariamente, respondiendo a las necesidades de los pedidos efectuados por los asociados al Almacén Agroveterinario correspondiente. Esta programación es necesaria para que exista una coordinación con la Planta de Alimentos Balanceados (PAB) en relación a la necesidad o no de producción de los distintos productos
- Administración de la carga: el programador de rutas determina los campos necesarios para realizar la distribución de un determinado pedido, de acuerdo con las características específicas del producto solicitado y los camiones disponibles para realizar el envío.
- Rastreo de la carga: actualmente no se realiza un seguimiento formal de la carga a lo largo del proceso de distribución, sin embargo se tienen iniciativas del establecimiento de tecnología GPS para realizarlo, aunque no había nada implementado en el momento de realizar esta etapa del proyecto.

Tras la evaluación realizada, los hallazgos más importantes a destacar son:

¹³ Para efectos del presente proyecto, un envío son los pedidos distribuidos en una ruta. Un envío puede tener varios pedidos, los cuales se distribuyen a diferentes fincas.

- La presencia de un Almacén Agroveterinario como intermediario entre la ULG y el asociado tiene repercusiones directas al momento de programar las rutas, si existe una mala asignación al almacén, pues los viajes buscan ejecutarse con las fincas que se encuentren dentro de una misma zona (almacén), y si las fincas se encuentran asignadas a almacenes ajenos a su verdadera zona geográfica, esto ocasiona recorridos extra.
- El programador de rutas no verifica la veracidad de la información de las fincas que está programando, es decir, si realiza por ejemplo una programación de una ruta que incluye fincas solamente de Aguas Zarcas, este desconoce si realmente son de Aguas Zarcas o no. En este punto queda en evidencia el riesgo existente de programar rutas que incluyan fincas con una mala asignación a los almacenes sumado al desconocimiento del programador.

12.5 Hallazgos del diseño de rutas

#13 Ausencia de un diseño de rutas

Actualmente no se cuenta con un registro de las rutas utilizadas, por lo que se crea una base de las rutas utilizadas, obteniendo un total de 225. Dichas rutas presentan inconsistencias, causadas tanto por la falta de metodología para asignación de fincas como por la deficiencia en la programación, pero también por no realizar un rediseño del ruteo en el momento en que la ULG empieza a realizar la distribución de alimento a granel.

#14 Ausencia de una metodología de asignación de fincas a las zonas geográficas

No existe una metodología definida y basada en criterios de peso para poder asignar las fincas a las zonas geográficas en la que verdaderamente están ubicadas. Esto genera repercusiones negativas en la programación de rutas realizada diariamente, lo cual se evidencia con el caso de puntos fuera de zona.

#15 Metodología deficiente de programación de rutas

Se tienen deficiencias en cuanto a la metodología para la programación de rutas lo que ocasiona problemas a la hora de su ejecución como el cruce de zonas y la subutilización de los camiones. Se incumple la premisa de la ULG acerca de la no combinación de zonas geográficas, pues dentro de la información analizada se encuentran al menos un cruce de zonas en la programación de todos los días del periodo analizado. Se realizan combinaciones inadecuadas de fincas en las rutas, generando recorridos extras, ocasionando un uso inadecuado de combustible y tiempo.

#16 Tiempo disponible de los camiones

Los camiones se encuentran disponibles siempre y cuando el tiempo de la ruta en la que se necesita el camión sea menor al tiempo disponible del camión para realizar nuevos viajes. El tiempo disponible de un camión en un día son aproximadamente 11 horas, considerando que el último viaje debe salir de Coyol como máximo a las 3 pm.

#17 Ventana de tiempo de entrega

El horario de recepción del producto por parte del asociado es entre las 7 am y 5 pm todos los días de la semana.

13 Controles a las operaciones

13.1 Control a los choferes

Actualmente la ULG realiza dos controles principales dentro de sus operaciones. El primero de ellos es realizado para verificar el uso que el chofer le da al camión, ya sea en cuanto a los kilómetros recorridos o al consumo de combustible. La cantidad de kilómetros es obtenida de los camiones y registrada por la estación de servicio, además del consumo de combustible de los camiones por cada viaje realizado.

Lo anterior se comprueba analizando la existencia de desviaciones en el comportamiento histórico del rendimiento del camión en la ejecución de las rutas, el cual es un indicador que se calcula mediante la relación entre kilómetros recorridos y litros de combustible consumidos, esto con el fin de determinar si algún chofer está cometiendo algún acto ilícito ajeno a sus funciones dentro de la distribución del producto a granel. En caso de encontrar una desviación, se toman las medidas necesarias.

Por su parte el PMT propuesto por (Frazelle, 2002) establece que en cuanto a los controles a los choferes, se pueden establecer indicadores asociados a medir su productividad tales como el número de paradas, kilogramos transportados, y kilómetros recorridos por chofer, los cuales pueden ser incluidos en a los controles realizados por la ULG.

13.2 Control en el cumplimiento de entrega del producto

Actualmente se realizan dos controles en relación al cumplimiento de entrega al asociado, esto de manera mensual y desde el año 2013. Para cada uno de los controles se plantea un objetivo y se maneja un indicador para verificar el cumplimiento.

El objetivo del primer control es satisfacer las necesidades de los clientes con la entrega del alimento a granel y se mide con la cantidad de quejas recibidas mensualmente. El objetivo del segundo control es asegurar la entrega a granel solicitada, el cual se mide con el porcentaje de cumplimiento de pedidos entregados al cliente mensualmente.

Para el primer control se obtuvieron un total de nueve quejas en el período estudiado. A partir de octubre de 2014 se empieza a registrar la razón de la queja, lo que anteriormente no se realizaba. La meta establecida como óptima es no recibir quejas y la mínima es no recibir más de tres quejas al mes. Este criterio fue establecido a criterio de la parte administrativa de la ULG.

Para el segundo control se registra un porcentaje mensual, siendo el más bajo un 98.53% y el más alto un 99.9% en el cumplimiento de los pedidos para el período estudiado. La meta establecida como óptima es un 100% de entrega y la mínima un 97%. Actualmente el documento en el que se maneja este indicador solo presenta los porcentajes, pero no se tiene un total de entregas por mes, o la cantidad de entregas fallidas mensuales ni la razón del fallo.

13.3 Hallazgos de los controles de las operaciones

#18 Falta de robustez del control a los choferes

El enfoque de este control no es el adecuado ya que es para evitar robos de gasolina y el uso del camión para otras actividades, y falta ampliar su alcance. Con los datos registrados se puede realizar un estudio de cada ruta individualmente a lo largo del tiempo, analizando variaciones en las distancias recorridas y el combustible utilizado, así como seguimiento al aprovechamiento de diésel que le da cada camión.

#19 Alcance insuficiente del control de cumplimiento de entrega del producto

Con ambos controles se pretende medir el cumplimiento que se le da al asociado en la entrega del pedido. Sin embargo el alcance de ambos es insuficiente, además que obedecen a medidas reactivas en vez de ser una cadena de controles a lo largo del proceso. Por ejemplo se debe controlar que lo que se carga sea igual a lo solicitado, para lo cual se cuenta con información, sin embargo esta no es utilizada.

#20 Controles insuficientes

Solamente se identifican tres controles, dos de los cuales (registro de quejas y cumplimiento de la entrega del producto) están asociados al mismo aspecto. Existen otras variables que deben ser monitoreadas, y que pueden serlo con la información que en este momento se recopila, tal como lo es la capacidad utilizada del camión y la actividad de las fincas, entre otras.

14 Análisis de costos de la ULG

Frazelle (2002) menciona que dentro de las medidas de desempeño del transporte de un PMT, se encuentran las métricas financieras, las cuales al menos deberían incluir un desglose de los costos involucrados en las operaciones de transporte.

Por su parte (Ballou, Administración de la cadena de suministro, 2004) establece que en una flota de camiones de propiedad privada (entiéndase flotilla de camiones propia de la ULG), los costos por lo general se agrupan en tres amplias categorías: costos fijos, costos del operador y costos de operación de los vehículos. Los costos fijos son aquellos que no varían con la distancia que el vehículo recorre en el tiempo, como por ejemplo seguros asociados a los vehículos; los costos del operador tienen como resultado la compensación del conductor, los gastos comunes de este tipo son salarios ordinarios y extraordinarios y las cargas sociales; por último los costos de operación del vehículo son aquellos en que se incurre para mantener al vehículo en el camino, los gastos típicos son combustible, mantenimiento y similares. Estos costos diversos, pueden ser divididos entre el total de kilómetros recorridos por la flotilla, y luego entre el número de vehículos para obtener un costo promedio por kilómetro por vehículo. Debido a los diversos costos fijos existentes, el costo por kilómetro es sensible a la asignación y programación de rutas, que afectan el total de kilómetros recorridos (Ballou, Administración de la cadena de suministro, 2004).

A continuación se presenta el desglose de los costos de la ULG para el periodo de octubre de 2013 a marzo de 2014.

Cuadro 39. Desglose de gastos de la ULG de octubre de 2013 a marzo de 2014

Costos Fijos			
Descripción	Colones	Contribución al total de gastos	Contribución agregada
Salarios jefatura	₡13 609 720.50	6.06%	10.15%
Cargas Sociales	₡6 364 238.70	2.83%	
Seguros	₡5 831.36	0.03%	
Otros gastos de oficina	₡2 783 132.18	1.24%	
Costos del operador			
Salarios	₡17 673 858.40	7.87%	24.16%
Salarios Extraordinarios	₡12 734 738.35	5.67%	
Gastos personal (cargas sociales, viáticos)	₡23 884 908.75	10.63%	
Costos operativos			
Combustibles	₡100 064 575.80	44.53%	65.68%
Mantenimiento	₡34 014 215.32	15.14%	
Consumo de Llantas	₡12 484 838.37	5.56%	
Otros Transporte	₡1 022 134.44	0.45%	
Total		₡224 694 192.17	

Fuente: ULG Dos Pinos

De la información anterior se aprecia que los costos operativos más relevantes son los que representan un mayor porcentaje de contribución a los gastos de la unidad, dentro de estos gastos, el combustible es el gasto más significativo con un 44.53% de los gastos totales, seguido del mantenimiento y el consumo de llantas. El combustible, el mantenimiento y el gasto en llantas son recursos que están asociados directamente a las rutas y el diseño y ejecución de estas, convirtiéndose en recursos en los cuales se gasta más dinero, al transformarse en costos de operación y por lo tanto, en los que más impacto y ahorro se puede tener, siendo de vital importancia enfocar el proyecto hacia el estudio de estos aspectos.

No se deben dejar de lado los costos de los choferes, pues tomando en consideración que el problema planteado del proyecto son los traslados innecesarios ocasionados por el empirismo en el diseño de las rutas, los salarios extraordinarios son significativos, pues un incremento en el recorrido de kilómetros realizados en las distintas rutas, genera un incremento en este costo. Como se aprecia en el Cuadro 39, la cantidad de dinero cancelada por pago de salarios extraordinarios corresponde a un 72% del pago de salarios ordinarios, y corresponde al cuarto rubro con mayor aporte al total de gastos de la unidad.

14.1 Costo del producto transportado

Los costos de la ULG tienen una relación directa con costo del producto transportado, que es el precio que paga el asociado por el transporte del producto a granel desde El Coyol de Alajuela hasta cada una de las fincas, y representa el único ingreso para la ULG. Lo anterior porque un eventual incremento significativo de los costos de la unidad, significaría un aumento en el costo de producto transportado, lo cual tiene repercusión directa en la economía de cada uno de los asociados. Dicho aumento (en caso que sea

necesario ser aplicado) responde a la política que se mantiene de no tener ganancias, es decir, que los ingresos de la unidad sean iguales a sus gastos.

En la actualidad la ULG utiliza un costo por kilogramo de producto transportado, el cual es multiplicado por la cantidad de kilogramos solicitados en cada pedido, y así se factura el monto total por cancelar por pedido. Este costo es distinto para cada finca, aunque sí es similar entre fincas de una misma zona geográfica. Sin embargo, al momento de realizar esta etapa del proyecto, la ULG desconoce el método exacto de cálculo y las variables exactas consideradas para realizar el cálculo de este costo, es decir, actualmente se desconoce si se está cobrando de más o de menos al asociado, sino solamente se utilizan valores previamente definidos por administraciones pasadas. Lo anterior genera incertidumbre en las operaciones, al desconocer con certeza si realmente se están teniendo pérdidas, ganancias o se está brindando un costo de transporte de producto justo al asociado.

Es importante resaltar que los cambios a la constante utilizada para el cálculo del costo de distribución son muy sensibles, ya que Dos Pinos como cooperativa trata solidariamente a sus asociados más pequeños, ayudándoles con un cobro subvencionado del flete. Es decir, a un asociado que tiene una finca pequeña, pero ubicado a una distancia considerable, se le realiza un ajuste a la tarifa del flete.

14.2 Hallazgos análisis de costos

#21 Costos de operación elevados

Los costos de operación representan el 65.68% de los costos totales de la ULG, siendo el combustible el costo más significativo para esta gama de costos y para la contribución total de los gastos totales de la unidad. Este gasto se encuentra directamente relacionado a los recorridos en kilómetros realizados en los viajes, por lo que una eventual disminución de la cantidad de kilómetros recorridos repercute directamente en una disminución en el consumo de este recurso y consecuentemente una disminución en los gastos totales.

#22 Falta de un método estandarizado para el cálculo del costo del flete

Para el cálculo del costo del flete se utiliza un costo por kilogramo transportado, el cual es variable para cada una de las zonas y las fincas. Esto es ajustado cuando sea necesario para cumplir con la política de no generar ganancias por parte la ULG; sin embargo estos cambios no obedecen a un cambio en el cálculo inicial de esta constante, porque no se cuenta con una metodología clara para el cálculo de esta constante.

15 Definición de variables presentes en el ruteo de la Unidad Logística Graneles

En cada una de las etapas se identificaron variables presentes tanto a lo interno de las operaciones de la ULG, como aspectos externos que moldean la forma en que se realizan estas actividades. Es de suma importancia determinar la criticidad de dichas variables, y la relación que existe entre ellas, ya que es el insumo principal para el diseño que se realiza posteriormente.

Una solución óptima para actividades logísticas tales como el transporte de bienes incluye variables como los requerimientos en cuanto a ventanas de tiempo establecidas por el cliente, en cuanto al volumen de

la mercadería entregada, la frecuencia de pedidos en un determinado tiempo, o la capacidad de los contenedores (Frazelle, 2002).

Por otro lado, el proceso de programación de rutas de la ULG se asemeja mucho a un modelo conocido como el Problema de Ruteo de Vehículos, el cual es un problema de optimización de operaciones logísticas de transportes, y su propósito es el diseño óptimo de las rutas que utilizaran una flota de vehículos para entregar un producto a una cantidad de clientes determinados (Baldacci , Maria, & Daniele, 2008).

Frazelle (2002) también plantea que el problema de rutas puede ser expresado como un modelo matemático, incluyendo restricciones tales como el tiempo de rutas, capacidad de vehículos, puntos de inicio y final o restricciones de infraestructura.

Ambas fuentes consultadas abordan similarmente el tema de las variables por tomar en cuenta, por lo que se considera como marco de referencia para iniciar la definición de variables. A continuación se listan las principales variables citadas por los autores.

Cuadro 40. Variables tomadas en cuenta en la bibliografía consultada

1	Número de vehículos disponibles
2	Capacidad de estos vehículos
3	Lugares de destino (puntos de inicio, parada y final)
4	Demanda de cliente (comportamiento y tipo)
5	Distancia entre puntos
6	Tiempo de viaje entre puntos
7	Balance de rutas: asignar las rutas de modo que no se sobrecargue a los choferes
8	Requerimientos del cliente (ventanas de tiempo y casos especiales)
9	Restricciones de infraestructura
10	Frecuencia de envíos
11	Peso de los envíos
12	Tipo de proveedor de transporte (propio o subcontratado)
13	Costo del flete

Fuente: Frazelle (2002)

Luego de considerar la base de variables brindadas por las referencias bibliográficas consultadas, de cada una de las etapas descritas en el diagnóstico del proyecto se analiza la existencia de variables que se consideraran relevantes para el diseño de la solución. Estas se encuentran relacionadas al análisis de cumplimiento legal, la descripción de los procesos, el perfilado de actividades vinculadas al transporte, el diseño de rutas y los controles a las operaciones.

Una vez identificadas las variables en cada una de las etapas, se realiza un consolidado en el que se obtuvo un total de 44 variables. Con el objetivo de seleccionar las más importantes, se realiza una priorización con base en la criticidad para el modelo de diseño, tomando como base el criterio del grupo de trabajo en un escala de 1 a 5, siendo 1 lo menos crítico y 5 lo más crítico. Luego de la priorización se disminuya el número de variables de 44 a 31, como se describe en el siguiente cuadro.

magnitud diferentes, por lo que ciertos productos consumen más espacio (menor densidad específica implica un mayor volumen) que otros; un eventual cambio de producto en el pedido habitual del asociado puede provocar un cambio en la utilización de los compartimentos del camión y consecuentemente puede hacer la diferencia entre la ejecución o no ejecución de una determinada ruta.

21. Cumplimiento de la orden (al momento de carga): la cantidad de producto entregado no puede ser menor a lo ordenado por el asociado, es decir, la orden tiene que ser entregada un 100% completa.
22. Proveedor de transporte: sea propio de Dos Pinos, subcontratado o propio del asociado.
23. Placa de camión: para identificar al camión el cual se transporta el pedido y para darle trazabilidad a la entrega.
24. Rendimiento de los camiones: razón entre el gasto de litros de diésel por cada kilómetro recorrido.
25. Precio de flete por kilogramo: precio por cada kilogramo transportado.
26. Precio de flete total: el precio final del flete.
27. Centro de cada zona geográfica: las zonas actualmente están asignadas a una zona geográfica, la cual tiene un centro, que corresponde al centro de la localidad y del Almacén Agroveterinario, sin embargo en una eventual redefinición de las zonas, este centro debe ser definido nuevamente, por lo que debe ser considerado dentro del diseño.
28. Distancia al centro de cada zona geográfica.
29. Actividad de fincas: es de vital importancia como insumo para el diseño, quiere decir si las fincas se encuentran activas o no en cuanto a la solicitud de pedidos. Se consideran como inactivas las fincas que tienen un periodo mayor o igual a dos meses de no solicitar producto al momento de la programación de rutas.
30. Frecuencia de pedido de determinado producto.

16 Resumen de hallazgos

A partir de los hallazgos obtenidos a lo largo del diagnóstico se desarrollan las oportunidades de mejora, las cuales son la base del diseño a realizar. En total se encuentran 20 hallazgos, los cuales se pueden categorizar de distintas maneras, de acuerdo con lo siguiente:

- Con repercusión directa para el diseño.
- Con impacto probado para la organización.
- Sin repercusión en el diseño, ni impacto probado, sin embargo son importantes desde un punto de vista descriptivo del entorno en el cual se desarrolla la organización.

A continuación se presenta a modo de resumen la totalidad de los hallazgos encontrados, así como la clasificación para cada uno.

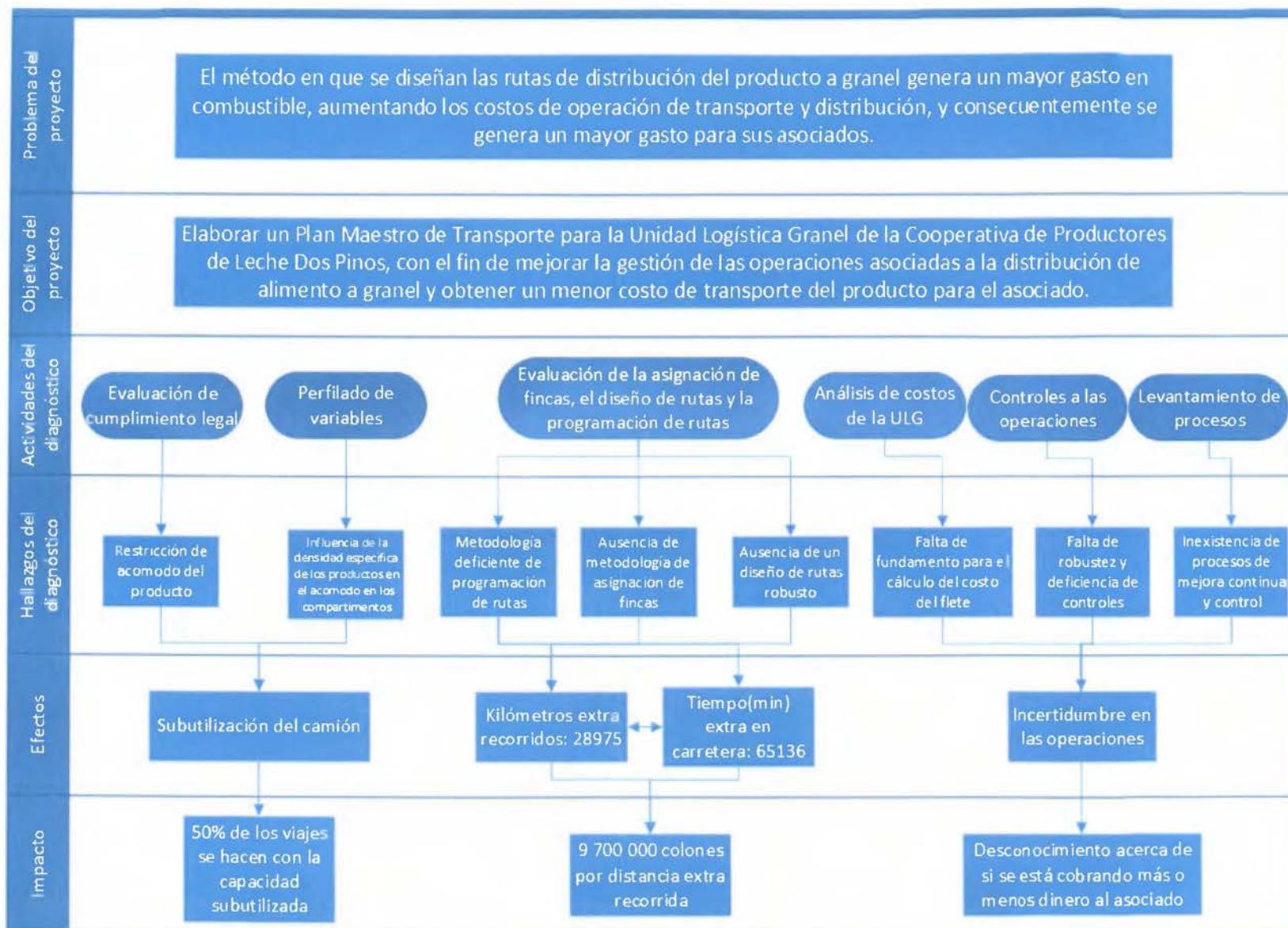
Cuadro 42. Resumen de hallazgos

Hallazgos	Impacto	Ligado al diseño	Descriptivos
Restricción de acomodo del producto	X	x	x
Inexistencia de procesos de mejora continua y control	X	x	x

Influencia del volumen específico de los productos en el acomodo de los compartimientos	X	x	x
Subutilización del camión	X	x	x
Ausencia de un diseño de rutas robusto	X	x	x
Ausencia de una metodología de asignación de fincas a las zonas geográficas	X	x	x
Metodología deficiente de programación de rutas	X	x	x
Falta de robustez del control a los choferes	X	x	x
Alcance insuficiente del control de cumplimiento de entrega del producto	X	x	x
Controles insuficientes	X	x	x
Falta de fundamento para el cálculo del costo del flete	X	x	x
Restricción de paso vehicular		x	x
Capacidad máxima definida por ley		x	x
Frecuencia y actividad de las fincas		x	x
Dificultad para modelado de información		x	x
Importancia del Vap Feed Granel para la ULG			x
Variación de la demanda de producto a granel			x
Correlación entre fincas, kilogramos distribuidos y visitas realizadas			x
Dependencia de la ULG del transporte subcontratado			x
Costos de operación elevados			x

Es importante hacer esta categorización debido a que algunos hallazgos al ser descriptivos o solamente están ligados al diseño y por lo tanto no son incluidos en el Gráfico 3, debido a que estos no se pueden ligar directamente a los efectos e impactos descubiertos. Dicho resumen se presenta a continuación. Luego, se definen las oportunidades de mejora planteadas, con su respectiva explicación y justificación, así como los hallazgos que motivaron su planteamiento.

Gráfico 3. Resumen del diagnóstico



17 Oportunidades de mejora

17.1 Desarrollar un método de asignación de fincas

A raíz de la ausencia de una metodología de asignación de fincas a zonas geográficas se visualiza la oportunidad de desarrollo de una propuesta que llene este vacío. Como se menciona anteriormente, no se cuenta con criterios para realizar la asignación de las propiedades de los asociados y esto genera problemas en su ubicación, que a la postre influye en el diseño de rutas y en la programación realizada diariamente.

17.2 Desarrollar un método de definición de zonas geográficas

Al identificar los cruces que existen entre las zonas geográficas actualmente definidas, se identifica la oportunidad de desarrollar un método de definición adecuado con criterios robustos para la creación de dichas zonas, sea redefiniéndolas o creándolas de cero.

17.3 Construir un diseño de rutas robusto

Actualmente no se cuenta con una base documentada de rutas, ni con las metodologías mencionadas anteriormente, lo que generan empirismo a la hora de realizar el ruteo de la ULG. Es por esto que se plantea la posibilidad de construir un diseño de rutas robusto, que sirva como base para las operaciones de transporte de la ULG.

17.4 Elaborar una metodología de programación de rutas

La programación de rutas realizada diariamente tiene que tomar en cuenta diversas variables, algunas contempladas por el programador y otras no. Actualmente la metodología que se utiliza para la programación de rutas es deficiente y genera problemas como los viajes subutilizados o recorrido de distancias innecesarias. Al encontrar esta deficiencia, se identifica la posibilidad de elaborar una metodología para la programación que debe ser realizada diariamente, basada en criterios apropiados, y tomando en cuenta todas las variables esenciales.

17.5 Desarrollar un proceso de control y mejora y sus indicadores

Se identifican dos controles actualmente realizados, que monitorean la entrega del producto y los gastos de gasolina inusuales. Estas son iniciativas aisladas, que no están planteados correctamente ni comprenden toda la cadena de valor del producto a granel. Aunado a esto, se identificaron otras variables que deben ser monitoreadas y que actualmente no se realiza, debido a que no se cuenta con un proceso de control. Es por estas razones que existe la oportunidad de desarrollar un proceso de control y mejora para monitorear las variables esenciales para el desempeño de las actividades de la ULG.

17.6 Plantear una herramienta para el análisis de información

Para poder realizar los análisis que en este capítulo se presentan se recurre a la extracción de la información de los documentos utilizados por los colaboradores de la ULG. La dificultad que se presenta al obtener estos datos y para poder utilizarlos fue considerable, por lo que es importante plantear una herramienta informática que facilite la recopilación, extracción y posterior análisis de la información, para posteriores estudios por parte de la ULG.

17.7 Definir una metodología robusta para el cálculo del costo del flete

La forma en como es calculado el costo de distribución carece de fundamento, ya que no se conoce el origen del cálculo de la constante utilizada para el cálculo del flete. Esto es de suma importancia porque afecta directamente a los asociados en cuanto al pago del flete se refiere, y a la ULG, puesto que corresponde a la única fuente de ingresos que posee. Debido a lo anterior se considera pertinente definir un método apropiado para calcular el costo de distribución, lo cual es esencial para el desempeño de las operaciones de transporte de alimento a granel.

18 Conclusiones Etapa de Diagnóstico

- La gestión empírica con la cual se maneja la distribución de alimento a granel provoca un desperdicio de combustible significativo, que asciende a los \$13 000 000 manuales, además del desaprovechamiento de 1086 horas de viajes.
- La falta de una metodología para la asignación de fincas, así como la deficiencia en la actual metodología de programación de rutas generan que el 50% de los viajes realizados caigan dentro de la categoría de subutilización, dejando en evidencia que la manera en cómo se programan los viajes no se ajusta a las necesidades de las ULG.
- La ausencia de controles robustos a lo largo de la cadena de valor del producto a granel, así como el desconocimiento del cálculo del costo por flete de producto a granel, el cual corresponde al único ingreso de la ULG, provocan incertidumbre en las operaciones y desconocimiento acerca de si se está cobrando más o menos dinero del debido a los asociados.

Capítulo III. Diseño

19 Objetivos del diseño

19.1 Objetivo general

Diseñar el Plan Maestro de Transporte para la Unidad Logística Granel de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos con el fin de mejorar la gestión de las operaciones de la distribución de alimento a granel y los costos de transporte del producto.

19.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar el modelo conceptual del Plan Maestro de Transporte para la gestión de operaciones de la ULG, con el fin de explicar el funcionamiento propuesto, justificar los componentes propuestos y las relaciones que existen entre ellos.
2. Diseñar procesos, metodologías y herramientas que permitan una posterior ejecución del Plan Maestro de Transporte propuesto para la en la ULG con el propósito de mejorar la gestión de las operaciones y facilitar la toma de decisiones.
3. Diseñar una herramienta programada con el fin de apoyar la ejecución del Plan Maestro de Transporte en las actividades diarias de la ULG.

Cuadro 43. Metodología de Diseño

Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Diseñar el modelo conceptual de Plan Maestro de Transporte para la gestión de operaciones y controles de la ULG	Identificar restricciones del PMT	Obtener las entradas, salidas y restricciones del PMT, así como interrelación	Mapa Conceptual / Revisión bibliográfica / Entrevistas	Modelo conceptual del PMT definido (insumos, restricciones, lógica de funcionamiento, productos y diagramación del modelo conceptual)
	Identificar los insumos necesarios requeridos para desarrollar el PMT			
	Definir los productos que se deben entregar con el PMT			
	Definir la interrelación de los insumos, restricciones y productos en el funcionamiento del PMT			
Diseñar el Plan Maestro de Transporte para la ULG	Diseñar los procesos para la gestión de las operaciones de transporte de la ULG	Mejorar los controles y gestión de las operaciones, así como facilitar la toma de decisiones	BPM/ BPA / BPMN /Mapeo de Procesos/ Ficha técnica de proceso / SIPOC	Procesos diseñados (diagramación) / Registros asociados a los procesos
	Definir una metodología para el perfilado de información y su proceso asociado, para el análisis de datos		Análisis estadístico / Revisión bibliográfica BPM/ BPA / BPMN /Mapeo de Procesos/ <i>Data Mining</i>	Proceso de Perfilado de Información, Perfilado de Información, Base de Datos
	Diseñar un Proceso de Control y Mejora de las operaciones de la ULF		INTE 01-01-01-05 Guía para la implementación de sistemas de indicadores / Revisión bibliográfica BPM/ BPA / BPMN /Mapeo de Procesos	Proceso de Control y Mejora, Proceso de Elaboración de Indicadores, Indicadores propuestos
	Diseñar la metodología para la definición de las zonas geográficas a utilizar en la ULG		Revisión bibliográfica / Algoritmos de Conglomerados / Modelado Matemático	Definición de las zonas geográficas, Metodología de Definición de Zonas Geográficas

Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
	Definir una metodología para la asignación de las fincas de los asociados a las zonas geográficas			Asignación de las fincas a las zonas geográficas definida, Metodología de Asignación de fincas
	Diseñar una metodología que permita plantear distintas configuraciones de flotilla basándose la situación actual y futura de la ULG		Análisis de escenarios	Configuración de flotilla recomendada de acuerdo a la situación futura de la ULG
	Definir una metodología para el cálculo del costo del envío del producto a granel a las fincas		Benchmarking (departamento de recolección) / Revisión bibliográfica	Metodología para el cálculo del costo del envío del producto a granel, Costo del envío definido
	Diseñar un algoritmo para la generación y evaluación de rutas ejecutar por los camiones de la ULG		Algoritmo degeneración, evaluación y clasificación de las rutas	Programación y diseño de rutas diario
Diseñar la herramienta programada	Diseñar el módulo de Perfilado de Información	Apoyar la ejecución del Plan Maestro de Transporte en las actividades diarias de la ULG.	Metodología DORCU, Programación en diferentes lenguajes (Visual Basic y Java)	Herramienta programada, Módulos diseñados, Interfaz gráfica diseñada
	Diseñar el módulo de Control y Mejora			
	Diseñar el módulo de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas			
	Diseñar el módulo de Programación de Rutas			
	Diseñar el módulo de Configuración de Flotilla			
	Diseñar el módulo de Costo del Envío			

21 Modelo Conceptual del Plan Maestro de Transportes

En este apartado se explica el modelo conceptual del PMT planteado para la ULG. Primeramente se detalla el proceso de Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Grael, y seguidamente se realiza el planteamiento de cada uno de los componentes que lo conforman y la representación gráfica de dicho modelo. El proceso Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Grael describe las actividades involucradas con las operaciones de la ULG, abarcando desde la realización del pedido por parte del asociado hasta el regreso del camión a las instalaciones del Coyol. Este proceso se limita al desarrollo de actividades directamente relacionadas con el pedido del producto. Para la etapa de diseño se propone complementar dichas actividades con dos aristas principales: el Perfilado de la Información y el Control y Mejora, ambos planteados como procesos de apoyo para las operaciones. El primero de ellos promueve una categorización de los datos y su análisis posterior para la toma de decisiones de acuerdo a la información obtenida, mientras que el segundo propone que se adopte una cultura de mejora continua en cada actividad del proceso de Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Grael.

El modelo conceptual propone el diseño y operativización de los nuevos procesos como apoyo para la ejecución de las operaciones, además de las mejoras para los procesos sustantivos que las soportan actualmente. El modelo propuesto es una solución integral que basa su ejecución en los procesos diseñados y rediseñados para la ULG, y que propone metodologías, registros y herramientas que abarcan y promueven el control y mejora continua, para la toma de decisiones operativas y estratégicas directamente relacionadas de las operaciones de la ULG.

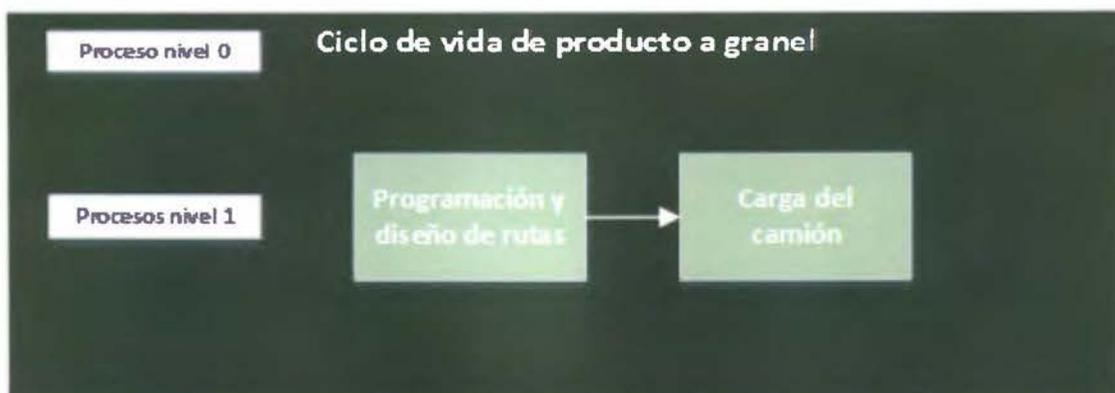
21.1 Características del enfoque basado en procesos y su relación con el modelo conceptual

La norma ISO 9001:2008 “Sistema de gestión de la calidad” promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que determinar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí (ISO, 2008). Debido a lo anterior es que se propone la adopción de un enfoque basado en los procesos organizacionales con el fin de que apoyen la ejecución del PMT para alcanzar el logro de los objetivos y un funcionamiento más eficaz conforme lo estipula la norma.

Las operaciones existentes son soportadas por la ejecución de procesos sustantivos, sumado a esto en el diseño del PMT se propone la introducción de dos nuevos procesos de apoyo. Los procesos sustantivos son los que caracterizan y diferencian una organización de otra, son los que agregan valor directamente al producto o servicio destinado para el cliente final, mientras que los procesos de apoyo sirven de soporte a los procesos sustantivos. Ambos se pueden clasificar en procesos de

orden superior o nivel 0 y sus procesos de orden inferior, nivel 1, 2¹⁵ o subprocesos. Un proceso es transversal a las unidades organizacionales y es llevado a cabo por más de una de ellas, sin importar el nivel que presente. Por otro lado, un subproceso es ejecutado por una sola unidad organizacional (Arrieta, 2015). A continuación se compara la estructura actual y propuesta para los procesos de la ULG.

Figura 9. Estructura actual de procesos



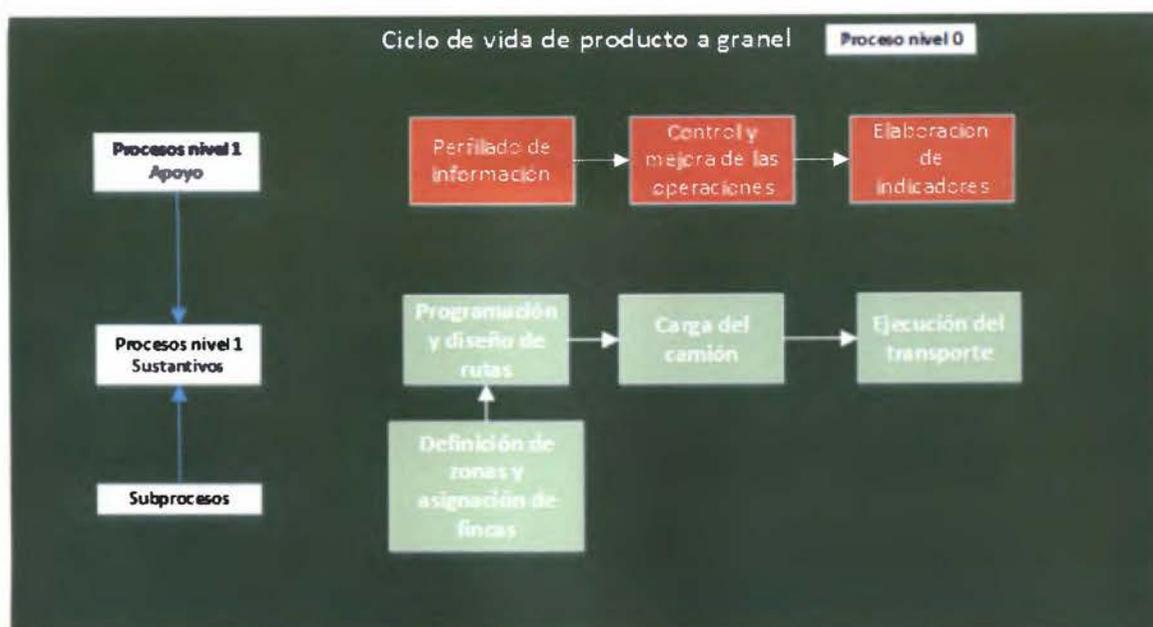
La Figura 9, muestra que en la etapa de diagnóstico se encontraron 2 procesos asociados a las operaciones de la ULG. El proceso nivel 0 que describe el Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, el cual incluye un proceso nivel 1 de programación y el diseño de las rutas, ambos considerados como procesos sustantivos. Además se tiene el proceso de carga del camión, el cual es ejecutado en su mayoría por la Planta de Alimentos Balanceados (PAB).

En la etapa de diagnóstico no se encuentra en los procesos, elementos que caractericen un proceso de mejora continua y control, y se encuentra una dificultad en el modelado y procesamiento de la información. Es decir, en las operaciones actualmente ejecutadas en la ULG no se tiene una cultura de mejora continua: Así mismo, la forma en la que se procesa la información es muy laboriosa e inclusive empírica. Además de lo anterior se descubre un desconocimiento la forma de cálculo del costo de distribución, ocasionando incertidumbre en las operaciones

Para subsanar las brechas encontradas en relación a las situaciones mencionadas, se introducen cuatro nuevos procesos, y se analiza cómo se pueden mejorar los procesos sustantivos existentes. Los procesos finales obtenidos son los siguientes.

¹⁵ Hasta n niveles inferiores según sea necesario. Usualmente n=3 como máximo.

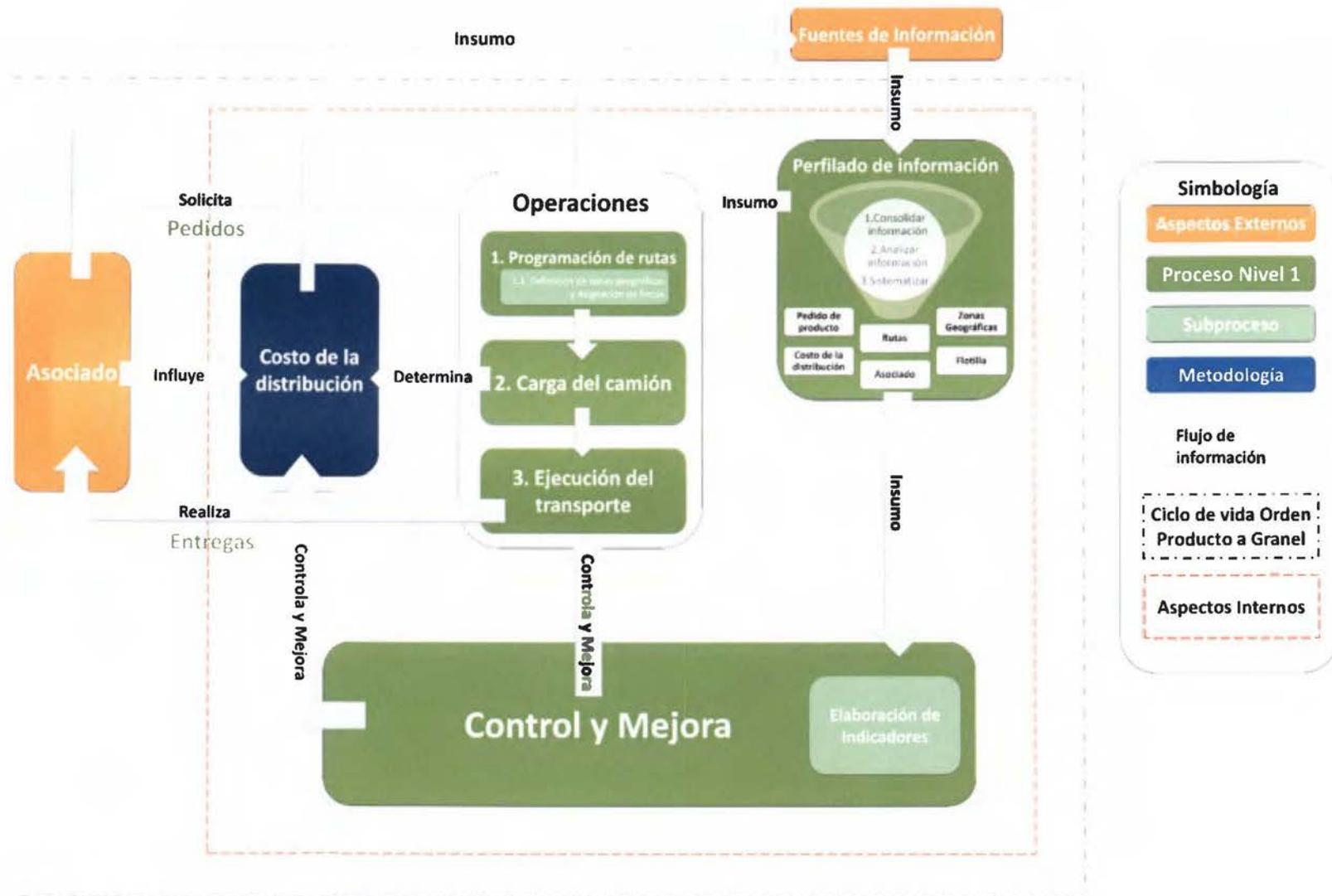
Figura 10. Estructura de procesos propuesta



En la Figura 10 se incluye el proceso de ejecución de transporte, el subproceso de definición de zonas y asignación de fincas dentro de los procesos sustantivos. El primero se incluye para brindar un mayor detalle y control desde que el camión sale de la planta de El Coyal, hasta que regresa luego de realizar la distribución, por otra parte el segundo se incluye para dejar abierta la posibilidad de asignación de nuevas fincas a las zonas geográficas definidas o actualización de estas. Así mismo, se incluyen dos nuevos procesos de apoyo: el Perfilado de Información y el Control y Mejora de las operaciones. Derivado de este último proceso se propone el proceso de Elaboración de Indicadores que sirve de complemento al proceso de Control y Mejora. Los indicadores miden las operaciones, para posteriormente controlarlas y poder mejorarlas.

El detalle de la metodología utilizada para el diseño de los procesos nuevos y el rediseño de procesos existentes, y su respectiva notación de diagramación pueden ser consultadas en el Apartado 3. Mientras que la lógica utilizada para la mejora de cada uno de los procesos existentes o creación de nuevos procesos puede ser consultada en cada uno de los apartados derivados del modelo conceptual.

Figura 11. Modelo conceptual PMT



21.2 Aspectos internos y externos

El modelo conceptual se divide en aspectos internos a la ULG (línea anaranjada) y externos a ella (color anaranjado). Todos los aspectos internos son considerados dentro del PMT planteado para la ULG, y son desarrollados en las partes que siguen al modelo. Por otro lado, los aspectos externos influyen a la ULG y las operaciones que este desarrolla.

Es importante realizar esta diferenciación entre aspectos externos e internos, con el objetivo de delimitar el alcance del modelo planteado y de la ULG. Se considera como aspectos externos a todo lo que rodea a la ULG, que influye en sus operaciones, pero que no se encuentra bajo su alcance y que por lo tanto, la ULG no puede tomar decisiones sobre estos. Por otra parte, los aspectos internos a la ULG son los que, si se encuentran a su alcance y sobre los que la organización tiene el poder para cambiar a partir de la toma de decisiones, y por ende son contemplados dentro del PMT.

Los asociados son los únicos clientes de la ULG, el cual realiza pedidos de alimento a granel. Cada asociado cuenta con al menos una finca ganadera, en la cual son entregados los pedidos solicitados. Es importante recordar que la ULG fue creada buscando un mayor control de la cadena de suministro de Dos Pinos, con un enfoque en el cual no se generan ganancias. Se pretende que los ingresos recibidos cubran los gastos de operación, pero con el objetivo primordial de brindar un servicio de calidad para el asociado. Es por esta razón que el asociado es la razón de la existencia de la organización.

Las fuentes de información son todas aquellas variables que pueden afectar las forma en cómo se trabaja actualmente en la ULG. Las leyes de tránsito, la red vial de nuestro país, los mismos pedidos de los asociados, son considerados dentro de estas fuentes de información. Es importante destacar que esta información no se encuentra categorizada de ninguna manera, y por lo tanto es el principal insumo del proceso de Perfilado de Información.

Aunque los aspectos externos excedan el alcance establecido, debe existir una relación entre lo externo y lo interno que asegure el buen desempeño de las operaciones de la ULG. Es primordial que se mantenga una constante comunicación con el asociado, ya que este es la razón *principal* de existencia de la ULG, y por lo tanto se le debe tomar en cuenta en sus decisiones. Por otro lado, se debe estar en constante revisión de las fuentes de información que podrían ocasionar cambios en la forma de operación de la ULG, teniendo una actualización periódica.

A continuación, se resumen y clasifican los componentes del modelo presentado:

Cuadro 44. Componentes del modelo conceptual

Componente	Tipo
Fuentes de información	Externo
Asociado	
Perfilado de información	Interno (PMT)
Control y Mejora	
<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de Indicadores 	
Operaciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Programación de Rutas <ul style="list-style-type: none"> ○ Definición de Zonas Geográficas ○ Asignación de fincas • Carga del camión • Ejecución del transporte 	
Costo del Envío	

Fuente: Frazelle (2002).

Es importante definir que los aspectos denominados como internos son descritos a partir del Apartado 2.3 hasta el Apartado 2.8, y explicados a un mayor detalle se presenta en el siguiente capítulo, ya que son los componentes del PMT y por ende el foco principal de la etapa de diseño.

21.3 Fuentes de información

La información fluye a través de todos los procesos de la ULG, y es el principal insumo para el proceso de Perfilado de Información. Esta información no está clasificada, ya que son aspectos externos al alcance de la ULG, por lo tanto, se propone una clasificación en variables que se categorizan a su vez en insumos o restricciones. La definición de variables para las fuentes de información fue realizada en el Apartado 8 del Capítulo II, a partir de distintas referencias bibliográficas.

Los insumos corresponden a distintas fuentes de información, como lo son el pedido o pedidos realizados por los asociados, la flotilla de camiones disponible para realizar la distribución, información relacionada a características de las fincas de los asociados, además de información específica de la zona geográfica donde se entrega el producto y el costo del envío.

Las restricciones a las que se debe ajustar el modelo provienen de aspectos definidos por ley, por las características de los camiones, condiciones específicas de las fincas y de la zona geográfica donde se entrega el producto a granel.

La lista completa tanto de insumos y restricciones es descrita en el Apartado 4. Es importante resaltar que estas variables se encuentran presentes en todos los procesos de la ULG, ya que esta información fluye a través de toda la organización y pueden ser encontradas en documentos y registros que recopilan la información fundamental del PMT.

21.4 Perfilado de Información

Los insumos y restricciones identificados en las fuentes de información funcionan como el principal insumo para todos los procesos de la ULG. Sin embargo, esta información no se encuentra categorizada de ninguna manera. Además, en el diagnóstico se evidencia que la información de la ULG se encuentra de manera desordenada, dificultando la extracción para el posterior análisis de la misma.

Por la razón descrita se propone un proceso que solucione lo indicado en el párrafo anterior. Según Frazelle (2002), un perfilado de información consiste en el análisis sistemático de información a partir de la categorización de la misma, de forma que se pueden identificar causas de los problemas, oportunidades de mejora, además de servir de base para la toma de decisiones.

El proceso clasifica los insumos y restricciones, esto a partir de la consolidación de la información de manera ordenada para su posterior análisis y sistematización, obteniendo como resultado seis categorías: pedido de producto, costo de la distribución, rutas, asociado, zonas geográficas y flotilla. La categorización realizada se fundamenta en dos pilares propuestos por Frazelle (2002): las categorías fundamentales para un lograr realizar un perfilado efectivo, así como los tipos de métricas que pueden ser utilizadas en cada una de estas categorías.

En primera instancia se utilizan las cuatro categorías macro indicadas por el autor, las cuales se adaptan a las necesidades encontradas. Dichas categorías son el diseño de rutas, gestión del envío de un determinado producto, gestión de la flotilla y gestión del flete.

Así mismo se agregan dos categorías para responder a las condiciones que presenta la ULG: el asociado y las zonas geográficas donde se encuentran las fincas.

En el Cuadro 44 se describen las seis categorías obtenidas a partir del análisis en el contexto de la ULG, diferenciando entre las planteadas por el autor y las nuevas que debieron ser definidas:

Cuadro 45. Categorías de perfilado planteadas

Categoría PMT	Categoría de perfilado	Detalle
Diseño de las rutas	Rutas	Relacionado a la ejecución de las rutas realizadas, tomando en cuenta tiempos de ejecución, estado de entregas, entre otros.
Gestión del envío	Pedido de producto	Características asociadas al producto enviado, como el tipo, nombre, cantidad.
Gestión de la flotilla	Flotilla	Características asociadas a la flotilla utilizada, si es propia o subcontratada, capacidad, rendimiento.
Gestión del flete	Costo del Envío	Características del costo del envío, por kilómetro, por zona geográfica y por ruta.
-	Asociado	Características del asociado relacionado a los pedidos que realiza.
-	Zona Geográfica	Características de la zona geográfica donde se entrega el pedido.

Una vez definidas las categorías debe existir una base de métricas que sirvan como insumo para llevar a cabo soluciones de transporte confiable mediante un perfilado de información que debe ser preciso, exhaustivo y representativo sobre la actividad de transporte actual y futura (Frazelle, 2002).

Para definir las métricas que sirven para generar una base de datos organizada, se consultan cinco referencias bibliográficas: Ballo (2004), Bowersox (2002), Carranza (2004), Chopra & Meindl (2008) y Frazelle (2002), los cuales son autores expertos en el tema del transporte y la distribución, obteniendo como resultado treinta y dos aspectos agrupados en las seis categorías definidas.

21.5 Programación de rutas

La programación de las rutas corresponde a la principal actividad realizada dentro de las operaciones de la ULG, esto porque es a partir de esta que se planifica la entrega del producto al asociado. Con una correcta programación de rutas, se pretende que el asociado recibe el producto a tiempo y completo, es decir, dentro de la ventana de tiempo establecida para el envío y entregando la cantidad de producto solicitada. Una inadecuada programación de rutas repercutiría en una deficiente calidad del servicio al asociado. Esto conlleva a la revisión y análisis de mejora del proceso de Programación de Rutas existente.

21.5.1 Definición de zonas geográficas y asignación de fincas

Actualmente se presentan zonas definidas empíricamente y fincas ubicadas fuera de zona, lo que repercute en el diseño y programación de rutas. Tanto la definición de zonas geográficas como la asignación de fincas a dichas zonas están relacionadas; primero deben definirse correctamente las zonas, tanto en cantidad como en configuración, para luego asignar las fincas, basándose en su ubicación geográfica.

Para lograr este objetivo se diseña un subproceso, el cual abarca la definición de zonas geográficas y posterior asignación de fincas a estas zonas. Para fundamentar de manera científica y cuantitativa

este proceso se recurre al análisis de conglomerados, con el objetivo de definir la cantidad correcta de zonas a partir en las fincas activas en un momento determinado.

Este análisis es una técnica estadística multivariante, que busca agrupar elementos tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos (De la Fuente, 2015), es decir, la agrupación de fincas que tienen ubicaciones geográficas similares.

En primera instancia se utilizan algoritmos jerárquicos para determinar la cantidad de conglomerados a definir. Dichos algoritmos entregan una jerarquía de divisiones del conjunto de elementos analizados en conglomerados y no requieren definir previamente la cantidad de conglomerados que se desean (De la Fuente, 2015).

A partir de la cantidad de conglomerados definidos por los algoritmos jerárquicos, se utilizan los algoritmos de partición, los cuales dividen el conjunto de elementos en k conglomerados, donde k es definido previamente por el experimentador, definiendo la composición de cada zona geográfica y asignando las fincas a cada una de estas.

21.5.2 Definición del tamaño y tipo de flotilla

El objetivo de determinar el tamaño de la flotilla es operar a través de flotilla propia o subcontratada con el menor número de camiones posibles para conseguir los requerimientos diarios, semanales, mensuales y anuales de distribución (Frazelle, 2002). Se debe determinar la configuración de flotilla que más le conviene a la ULG considerando sus necesidades actuales y futuras. En la actualidad la ULG opera con una flotilla de carácter mixto, incluyendo camiones propios, es decir que le pertenecen a la ULG, como también servicio de camiones subcontratados, a los cuales se les paga por el envío del producto. En los últimos meses la ULG ha tenido quejas por parte de los asociados por problemas con la entrega del producto, así como daños a la propiedad por el mal manejo de camiones subcontratados, es por esta razón que actualmente el departamento tiene como objetivo que toda la flotilla sea propia.

21.6 Carga del camión

El departamento encargado de realizar la producción y carga del producto a los camiones es la Planta de Alimentos Balanceados (PAB). Al darse esta situación, el mismo no es sujeto de análisis, pues se encuentra fuera del alcance del proyecto, limitado únicamente a las operaciones de la ULG, sin embargo, se incluye para facilitar la comprensión del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel.

La única influencia que posee la ULG sobre este proceso, es que determina cuáles son los campos a llenar y el orden en que se carga el alimento en ellos, sin embargo, la ejecución y verificación de la carga en el camión, no es ejecutado por la ULG, por lo que las modificaciones a este proceso son menores.

21.7 Ejecución del transporte

La falta de procesos documentados en la ULG, donde no se incluyen etapas restantes del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel¹⁶, es la razón principal de la creación del proceso de Ejecución del Transporte.

Este proceso describe desde la salida de los camiones de la planta de El Coyol, entrega los pedidos y el retorno a las instalaciones. Es importante resaltar que para la creación de este proceso se sigue la metodología BPM, se utiliza el método de la hoja en blanco y es diagramado a partir de la metodología BPMN.

El diseño de este proceso es primordial ya que las actividades abarcadas deben ser controladas y mejoradas. Es por esta razón que este proceso incorpora indicadores planteados en el proceso de Control y Mejora, así como los registros correspondientes para recopilar la información necesaria para la ejecución adecuada del mismo.

21.8 Costo del Envío

Dentro de la ULG no existe claridad en la forma de cálculo de costo que es cobrado a los asociados por el transporte del producto a cada una de sus fincas, ocasionado de esta manera incertidumbre en las operaciones, pues se desconoce si se le está cobrando de más o de menos al asociado. Es por esta razón que se plantea una nueva metodología para el cálculo del costo del envío y que el asociado pague lo justo por el transporte del producto. Esta solución se encuentra directamente relacionada la definición de las nuevas zonas geográficas, pues el costo del envío debe ser similar entre las fincas que se encuentran dentro de una misma zona.

21.9 Control y mejora

Debido a la falta de robustez en la temática de control y el alcance limitado de lo que se realiza actualmente, se propone un proceso de Control y Mejora, y un subproceso de Elaboración de Indicadores. Ambos se desarrollan a partir de la etapa de análisis de mejora y mediante la metodología de diseño de método de hoja en blanco. El primer proceso busca controlar los indicadores creados por el subproceso, promoviendo la toma de decisiones basada en información adecuada, además de corregir los problemas encontrados, todo esto buscando mejorar las operaciones de la ULG.

Tanto el Proceso de Control y Mejora como su subproceso se fundamentan en dos pilares fundamentales:

¹⁶ Dichas etapas restantes son la distribución del pedido, su despacho y el regreso del camión a las instalaciones.

- El enfoque de mejora continua y sus cuatro actividades principales: planificar, hacer, verificar y actuar (ISO, 2008). Específicamente para las actividades de verificar y actuar es necesaria la creación e implementación de este proceso, el cual propone la creación y monitoreo de indicadores que conlleven a la toma de decisiones, además de corregir los problemas encontrados y mejoren las operaciones de la ULG.
- La metodología "Diseño e implementación de un sistema de indicadores" planteada por la norma INTE 01-01-01-05 "Guía para la implementación de sistemas de indicadores". Esta metodología plantea cinco pasos para definir una base de indicadores y a la vez es la base del subproceso de Elaboración de Indicadores.

El Proceso de Control y Mejora tiene como principal insumo al proceso de Perfilado de Información, ya que este le brinda la categorización, métricas e información necesaria. A partir de estos insumos, el proceso controla y mejora a las operaciones y al costo del envío.

Para que el proceso de Control y Mejora genere los resultados esperados, se debe tener los tipos de métricas adecuados. Existen cuatro diferentes tipos para medir el desempeño de las actividades logísticas de una organización: las financieras, de productividad, de calidad y de tiempo de respuesta (Frazelle, 2002). Es a partir de esta clasificación de métricas que se realiza la selección de indicadores, la cual es la primera etapa de la metodología planteada por la norma INTE 01-01-01-5.

En esta etapa se entrelazan el proceso de Perfilado de Información y el de Control y Mejora, ya que el primero brinda al segundo las variables a considerar en la base de indicadores a proponer, así como la categorización de los mismos, siempre buscando obtener indicadores que obedezcan a las cuatro tipos de métricas definidos anteriormente.

Para determinar cuáles de los aspectos planteados en el Perfilado de Información corresponden a potenciales indicadores, se determinaron dos criterios de selección, el primero de ellos es la importancia de medición del variable para la ULG, y la posibilidad de establecimiento de una meta para la variable. Si el mismo cumple con una importancia de media a alta, además de la posibilidad de planteamiento de una meta de cumplimiento, es considerado un indicador, de lo contrario se clasifica como un aspecto descriptivo. Por medio de este análisis se definen 18 indicadores, de las treinta y dos variables contempladas en el Perfilado de Información.

Una vez definida la base de indicadores se procede con los siguientes pasos de la metodología planteada por la norma referenciada, definiendo aspectos como (INTECO / ISO, 2005):

- Forma de cálculo: definir la fórmula asociada para el cálculo del indicador.
- Definición de responsabilidades: determinar cuáles son los colaboradores encargados de recolectar y analizar la información, así como comunicar los resultados obtenidos y tomar decisiones a partir de estos.
- Definición de umbrales y objetivos: determinar los valores que se deben cumplir en tiempos determinados, sea mensual, trimestral, o como mejor se adapte a las necesidades la organización.

A partir de estos procesos es que se generan los registros a utilizar en los demás procesos, ya que estos deben contener la información requerida para alimentar adecuadamente al proceso de Control y Mejora.

22 Enfoque basado en procesos: Sustento de la ejecución del modelo conceptual planteado

Un proceso corresponde a una acción o sucesión de acciones continuas regulares, que ocurren o se llevan al cumplimiento de algún resultado, una operación continua o una serie de operaciones (Peppard & Rowland, 1996). Las organizaciones que adoptan un enfoque hacia los procesos encuentran que muchos de los pasos o actividades que conforman dichos procesos no tienen nada que ver con la entrega de los resultados requeridos, es decir, no agregan valor. Eliminar estos pasos innecesarios puede significar servir al cliente más rápidamente o a un costo más bajo. (Peppard & Rowland, 1996)

Con el fin de determinar los procesos necesarios para la ULG, se utiliza la metodología *Business Process Modeling* (BPM), la cual permite un ciclo con las fases de identificar y documentar, analizar, diseñar, implementar y monitorear los procesos de cualquier tipo de organización. La razón de la elección de esta metodología es que permite identificar los procesos necesarios para las operaciones de una organización, además de ser un mecanismo simple para modelar procesos, y a la vez suficientemente completo para manejar la complejidad inherente de los mismos. Lo anterior se complementa con su metodología de diagramación, conocida como *Business Process Modeling Notation* (BPMN), que brinda un elemento gráfico de fácil entendimiento para diagramar los procesos (White, 2015). Para mayor detalle consultar sobre la notación BPMN consultar el Anexo 2.

La metodología de BPM se muestra en la Figura 12, la cual muestra el ciclo de vida y las etapas a seguir, bajo una premisa de mejora continua. La etapa implementación del proceso se muestra en color verde ya que esta se realiza parcialmente por el equipo de trabajo al final del proyecto, pues la verdadera implementación se ejecuta por parte de la empresa, posterior a la validación del proyecto. Para mayor información y detalle sobre esta metodología consultar el Anexo 2.

Figura 12. Ciclo BPM.



Fuente: Hitpas (2012)

Estas dos primeras etapas se muestran en el Capítulo II. Diagnóstico, específicamente en el Apartado 3.2. En este, se presentan los procesos asociados a las operaciones de la ULG, utilizando como herramienta el diagrama SIPOC. Para la etapa de diseño se diagramaron los procesos existentes con la notación gráfica BPMN.

En primera instancia, se evidencia que la ULG no cuenta con una definición documentada de los procesos, por lo que primeramente se identificaron los procesos existentes y se procede a documentarlos. Los procesos identificados en diagnóstico son:

1. Proceso Nivel 0: Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel.
2. Proceso Nivel 1: Programación de Rutas.
3. Proceso Nivel 1: Carga del Camión

Dichos procesos se definen a partir del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, e incluye al proceso de Programación de Rutas y el proceso de Carga de los Camiones. Además, en la etapa de diagnóstico, específicamente en el Apartado 3.2, se logra identificar siete etapas generales comprendidas dentro del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel:

1. Recepción del pedido.
2. Programación de rutas.
3. Producción del pedido.
4. Carga del camión.
5. Distribución del pedido.
6. Despacho del pedido.

7. Regreso del camión.

Considerando las siete etapas del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel y los procesos identificados se evidencia que no se tienen procesos documentados suficientes que apoyen las siete operaciones que constituyen el Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel en la ULG. *Conjuntamente*, al querer implementar un PMT, que incluye control y mejora con la premisa de mejora continua, se deben diseñar procesos que apoyen la ejecución de estas metodologías. Al enfrentar esta situación es que se identifican qué nuevos procesos deben ser diseñados:

Una vez que se evidencia la necesidad de diseñar los procesos adecuados y cuáles son estos, se determina una clasificación para los procesos de la ULG.

- a. Procesos a los que se les puede realizar un rediseño sistemático: aplicar un rediseño a los procesos existentes.
- b. Diseño de nuevos procesos mediante el método de hoja en blanco: diseño completamente desde cero. Dentro de esta clasificación se incluyen los procesos a crear que actualmente realiza la ULG y que complementan las operaciones y los procesos que se crea para un PMT integrado con ideología de mejora continua.

Cuadro 46. Clasificación de los procesos existentes y nuevos

Proceso	Tipo	Categoría de proceso	Clasificación	Nivel	Justificación de clasificación
Programación de rutas	Existente	Sustantivo	Posibilidad de rediseño	1	Diseño existente sujeto a mejoras.
Carga del camión	Existente	Sustantivo	Descriptivo ¹⁷	1 ¹⁸	
Ejecución del transporte	Nuevo	Sustantivo	Posibilidad de un nuevo diseño	1	Debe apoyar la ejecución del PMT y el proceso de Control y Mejora.
Perfilado de información	Nuevo	Apoyo		1	
Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	Nuevo	Sustantivo		Subproceso	
Elaboración de indicadores	Nuevo	Apoyo		Subproceso	
Control y mejora	Nuevo	Apoyo		1	

Como se aprecia en el Cuadro 46, los procesos sustantivos existentes se encuentran sujetos a mejoras, mientras que se propone la creación de un proceso sustantivo, Ejecución del transporte, que complementan el proceso de Programación de Rutas. Además se proponen tres procesos de apoyo a los procesos sustantivos completamente nuevos: Perfilado de Información, Control y

¹⁷ Es descriptivo, pues es llevado a cabo en su mayoría por la PAB, y sus operaciones se encuentran fuera del alcance del proyecto.

¹⁸ Realizado en su totalidad por la PAB.

Mejora, y los subprocesos de Elaboración de Indicadores y Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas.

Es importante destacar que para el rediseño sistemático se tienen dos posibles resultados tras el análisis: el diseño *to be* y el diseño *as is*. Este último se considera debido a que existe la posibilidad que luego de analizar los procesos se determine que no es necesario realizarle modificaciones y no exista necesidad de mejora. Por su parte el único producto que puede generarse de la primera clasificación es un diseño *to be*, pues se trata de un diseño de un proceso completamente nuevo.

22.1 Análisis de los procesos existentes

El rediseño de un proceso existente o el perfeccionamiento de uno recién diseñado, se puede realizar desde tres puntos de vista: hacerlo mejor, más rápido y más barato. Mejor porque entrega niveles de satisfacción más altos a sus interesados, sobre a todo a los clientes¹⁹; más rápido porque se ejecuta tan rápidamente como sea posible para incrementar la capacidad de respuesta; y más barato porque lo hace a los niveles más altos de eficiencia. La última meta, aunque sea teórica para todas las empresas, es que todas sus actividades deben agregar valor para el cliente. Para llevar a cabo esto se deben desarrollar cuatro actividades: eliminar, simplificar, integrar y automatizar, o análisis ESIA (Peppard & Rowland, 1996):

Para este análisis se sigue una lógica de funcionamiento tal y como se explica en la Figura 13 y el Apéndice 16. Lo que se busca primero es eliminar actividades del proceso, posteriormente si no es posible eliminar se procede a simplificar, y así sucesivamente hasta llegar a la etapa de automatización.

Figura 13. Lógica de funcionamiento del análisis ESIA



Fuente: Hitpas (2012)

Específicamente con la aplicación del Análisis de Valor Agregado, cuyos resultados se pueden consultar en el Apartado 3.2 del Capítulo II y más específicamente en el Apéndice 7, con los

¹⁹ Asociados para la ULG

resultados obtenidos se determina que cada una de las actividades es esencial para el proceso de Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, así como para la Programación de Rutas y Carga de los Camiones. No se dan repeticiones en el proceso, ni se identifican actividades que no generen valor, excepto el registro del pedido.

22.1.1 ESIA aplicado a los procesos de la ULG

El análisis ESIA es aplicado a los procesos existentes identificados en la etapa de diagnóstico, tanto a las actividades que agregan o no agregan valor, como es el caso de la actividad de registro de pedido por parte de los almacenes. El ESIA es aplicado al proceso Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel y al proceso de Programación de Rutas, teniendo como criterio de decisión de ejecución del cambio la factibilidad de implementación del cambio por parte de la empresa. Para mayor detalle consultar el Apéndice 16.

Se tienen dos modificaciones propuestas²⁰:

1. La primera de ellas aplicable al proceso de Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, en la que se plantea la posibilidad de que el asociado solicite el pedido directamente a la ULG, eliminando la figura de los almacenes.
2. La segunda propuesta de modificación consiste en la necesidad de automatización de la actividad de la programación de rutas realizada por el programador de rutas de la ULG. Esta propuesta se explica con detalle en el Apartado 6.1.

22.1.2 Diseño de procesos nuevos: Método de la hoja en blanco

Para el diseño de procesos completamente nuevos se sigue la siguiente metodología. Primeramente se da un entendimiento de los procesos existentes, lo cual en este caso fue llevado a cabo en la etapa de diagnóstico, es decir, la etapa de levantamiento de Procesos y documentación del proceso. Posteriormente se determinan los procesos que deben ser creados, lo cual responde a la necesidad de la ULG de poseer procesos que apoyen las diferentes operaciones de distribución de producto a granel, así como sustentar los elementos planteados. Para lo anterior se definen las necesidades de creación de procesos a partir de dos principales aristas del proyecto:

1. Situación actual: oportunidades de mejora encontradas para la ULG en la etapa de diagnóstico y las brechas encontradas en el análisis de los procesos existentes, son sustentadas mediante la creación de dos nuevos procesos: el proceso de Ejecución del Transporte y el proceso de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas.
2. Puntos específicos mencionados en el modelo conceptual del PMT propuesto, los cuales deben apoyarse en la creación de procesos que soporten su ejecución y seguimiento, dentro los cuales se encuentran el proceso de Perfilado de información, el proceso de Control y Mejora.

El análisis y justificación de las modificaciones realizadas a cada proceso existente o bien la justificación de la creación de un proceso nuevo es especificado en los Apartados 5, 6, y 8. En estos

²⁰ Tras el análisis al proceso de carga del producto no se tienen propuestas de modificaciones, además es llevado a cabo en su mayoría por la PAB, y sus operaciones se encuentran fuera del alcance del proyecto.

se explican detalladamente las razones que motivaron al grupo de trabajo al diseño o rediseño de procesos de la ULG según fuera necesario.

23 Fuentes de Información

La información fluye a través de la ULG, y es el mayor insumo de cada uno de los procesos involucrados en el PMT. Esta información puede ser clasificada en variables, como fue realizado en el Apartado 8 del Capítulo II, en el cual se consultaron diferentes referencias bibliográficas con el fin de identificar la mayor cantidad de variables pertinentes al contexto de la ULG. Dichas variables pueden ser categorizadas en insumos y restricciones, las cuales influyen en las operaciones involucradas en la distribución del producto a granel.

Es importante resaltar que estas variables se encuentran presentes en todos los procesos de la ULG, ya que esta información fluye a través de toda la organización y pueden ser encontradas en documentos y registros que recopilan la información fundamental del PMT.

23.1 Insumos del Plan Maestro de transporte

Los insumos necesarios para el funcionamiento del PMT surgen de la definición de variables realizada en el Apartado 8 del Capítulo II. Dichas variables corresponden a distintas fuentes de información, como lo son el pedido realizado por los asociados, los camiones para realizar la distribución, información relacionada a la finca de los asociados, información específica de la zona geográfica donde se entrega el producto y el costo del envío.

En primera instancia, el asociado realiza un pedido, el cual se caracteriza por un tipo de producto, la cantidad requerida, el día que debe ser entregada, el volumen específico del producto y el cumplimiento de la orden. A la hora de realizar la programación de las rutas se deben tomar en cuenta la información relacionada a los camiones, las características de la finca del asociado y la zona geográfica donde se entrega. Finalmente, se utiliza el precio de la distribución por kilogramo específico de cada finca para calcular el costo del envío para cada una de las entregas realizadas.

A continuación se presentan los insumos necesitados para el PMT.

Cuadro 47. Insumos

Insumos	
1	# entrega
2	Ubicación geográfica específica de la finca
3	Actividad de fincas
4	Frecuencia de pedido de determinado producto
5	Fecha y hora de carga de los camiones
6	Proveedor de transporte
7	Placa de camión
8	Rendimiento de los camiones

Insumos	
9	Cantidad de camiones disponibles
10	Precio de flete por kilogramo
11	Precio de flete total
12	Cantidad del pedido cargado
13	Producto
14	Día de entrega
15	Cantidad del pedido solicitado
16	Volumen específico del producto
17	Cumplimiento de la orden
18	Distancias entre fincas
18	Duración entre fincas
20	Zona geográfica donde se entrega el producto
21	Centro de cada zona geográfica
22	Distancia al centro de cada zona geográfica

1. Número de entrega: se refiere al código con el cual se identifica a cada finca que posee un asociado. Esta información permite caracterizar las fincas.
2. Ubicación geográfica específica de la finca: donde se encuentra localizada la finca.
3. Actividad de fincas: Es de vital importancia como insumo para el diseño, quiere decir si las fincas se encuentran activas o no en cuanto a la solicitud de pedidos. Se consideran como inactivas las fincas que tienen un periodo mayor o igual a dos meses de no solicitar producto al momento de la programación de rutas.
4. Frecuencia de pedido de determinado producto: cada cuanto se pide un determinado producto a la ULG.
5. Fecha y hora de carga de los camiones: La hora en la cual los camiones pasan a la Planta de Alimentos Balanceados para ser cargados con el producto solicitado por el asociado.
6. Proveedor de transporte: sea propio de Dos Pinos, subcontratado o propio del asociado.
7. Placa de camión: para identificar al camión que transporta el pedido y para darle trazabilidad a la entrega.
8. Rendimiento de los camiones: razón entre el gasto de litros de diésel por cada kilómetro recorrido.
9. Cantidad de camiones disponibles: el número de camiones con los cuales cuenta la ULG para realizar las rutas de distribución de producto a granel.
10. Precio de flete por kilogramo: precio por cada kilogramo transportado.
11. Precio de flete total: el precio final del flete.
12. Cantidad del pedido cargado: siempre va a existir una diferencia entre la cantidad de producto que el asociado pide y lo que es cargado al camión, la cual se trata que sea la mínima, siempre y cuando la cantidad de producto cargado sea igual o superior al producto solicitado por el asociado.
13. Producto: se refiere al producto solicitado por el asociado.
14. Día de entrega: el asociado define el día en el cual debe ser entregado el producto que solicita. Usualmente es el día posterior a la realización del pedido.

15. Cantidad del pedido solicitado: la cantidad en kilogramos del producto que solicita el asociado. Es una variable crítica ya que esta cantidad define como realizar el acomodo de pedidos dentro del camión.
16. Volumen específico del producto: Los volúmenes específicos de los productos influyen directamente al momento de acomodar el producto en los compartimentos de los camiones, lo cual es vital considerar al momento de realizar la programación de las rutas ya que los productos difieren en esta característica, por lo que ciertos productos consumen más espacio (menor densidad específica implica un mayor volumen) que otros, lo que un eventual cambio de producto en el pedido habitual del asociado puede provocar un cambio en la utilización de los compartimentos del camión y consecuentemente puede hacer la diferencia entre la ejecución o no ejecución de una determinada ruta.
17. Cumplimiento de la orden (al momento de carga): la cantidad de producto entregado no puede ser menor a lo ordenado por el asociado, es decir, la orden tiene que ser entregada un 100% completa.
18. Distancias entre fincas: distancia en kilómetros que existe entre cada finca.
19. Duración entre fincas: tiempo que tardan los camiones de desplazarse de una finca a otra.
20. Zona geográfica donde se entrega el producto: Cualquiera de las 8 zonas geográficas de la división norte.
21. Centro de cada zona geográfica: las zonas actualmente están asignadas a una zona geográfica, la cual tiene un centro, que corresponde al centro de la localidad y del Almacén Agroveterinario, sin embargo en una eventual redefinición de las zonas, este centro debe ser nuevamente definido, por lo que debe ser considerado dentro del diseño.
22. Distancia al centro de cada zona geográfica: distancia de cada finca al centro de la zona geográfica donde se encuentra ubicado.

23.2 Restricciones del Plan Maestro de Transporte

Al igual que los insumos definidos en el apartado anterior, las restricciones a las que se debe ajustar el modelo propuesto corresponden a las identificadas en el Apartado 8 del Capítulo II. Las mismas provienen de aspectos definidos por ley, por características de los camiones, condiciones específicas de las fincas y de la zona geográfica donde se entrega el producto a granel. A continuación se presentan las restricciones a tomar en cuenta.

Cuadro 48. Restricciones

Variables	
1	Capacidad instalada de almacenamiento en la finca
2	Ventana de tiempo de entrega impuesto por el asociado
3	Cantidad de compartimientos por camión
4	Capacidad del camión (ULG)
5	Utilización máxima legal permitida del camión
6	Restricción de acomodo del producto en el camión
7	Capacidad de cada compartimiento del camión
8	Camiones aptos según condiciones específicas de acceso a fincas

Variables

9 Restricción de paso vehicular (horas, zonas y lugares)

1. **Capacidad instalada de almacenamiento en la finca:** cuantos kilogramos puede almacenar el equipo instalado en la finca, sea un silo o cualquier otro.
2. **Ventana de tiempo de entrega impuesto por el asociado:** El rango de horas en el cual el pedido debe ser entregado.
3. **Cantidad de compartimientos por camión:** un camión puede tener 5 o 6 compartimientos.
4. **Capacidad del camión:** cantidad de kilogramos de producto que puede ser cargado en los compartimientos del camión.
5. **Utilización máxima legal permitida del camión:** La carga real que se realice a los camiones nunca debe exceder a la carga legal permitida, por lo que aunque se busca tener al menos un 85% de utilización de los camiones, no es permitido bajo ninguna circunstancia exceder lo establecido en el marco legal. La capacidad máxima es diferente para cada camión, oscilando entre 14100 y 17100 kilogramos para los camiones de Dos Pinos y entre 10000 y 18000 kilogramos para los externos.
6. **Restricción de acomodo del producto:** Se tiene la imposibilidad de realizar combinaciones de productos en un mismo compartimento, esto debido a lo impuesto por el Certificado Veterinario de Operación impuesto por el SENASA.
7. **Capacidad de cada compartimiento del camión:** los camiones, dependiendo de la cantidad de compartimientos que tengan, tiene diferentes capacidades para dichos espacios.
8. **Camiones aptos según condiciones específicas de acceso a fincas:** Existen camiones que por condiciones mecánicas no pueden acceder a ciertas fincas, también por condiciones de acceso a las fincas, como por ejemplo que el camión sea demasiado largo o ancho para la entrada de algunas fincas, entre otros aspectos.
9. **Restricción de paso vehicular:** Se tienen restricción de paso por la carretera Bernardo Soto en los horarios entre 4:30 p.m. y 6:30 p.m. en el sentido desde San José, no se puede transitar por esta carretera hasta el cruce de la entrada a Grecia de Alajuela, por lo que los viajes a la división norte deben ser realizados en una ventana de tiempo distinta a la especificada.

Como se puede visualizar, existen similitudes tanto entre los insumos como las restricciones mencionadas, por lo que pueden ser agrupados en categorías. Esto es realizado a partir del Perfilado de Información.

24 Perfilado de información

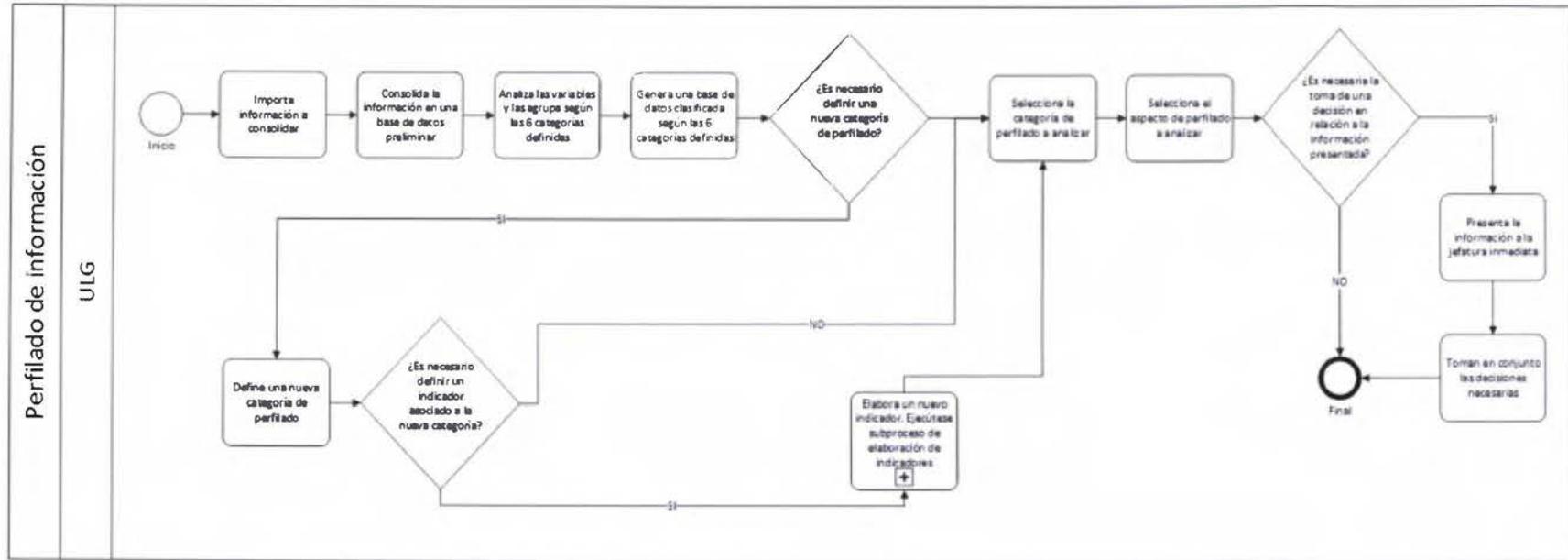
24.1 Proceso de Perfilado de Información

En el siguiente apartado se detalla el proceso de Perfilado de Información, el cual surge de la etapa de análisis de mejora y mediante la metodología de diseño de método de hoja en blanco. El proceso es diseñado completamente desde cero porque no se encuentra un proceso documentado que

permitiera el análisis de la información basado en los aspectos considerados como importantes para la ULG.

El proceso, abarca desde la importación de la información a analizar hasta la toma de decisiones con base en la información presentada. Su propósito es tanto analizar la información existente, así como determinar la necesidad de creación de una nueva categoría de perfilado, esto con el fin de no limitar la información a la situación actual, pues la información debe estar en constante actualización. A continuación se presenta el diagrama del proceso de Perfilado de Información.

Figura 14. Proceso Perfilado de Información



24.2 Planteamiento del perfilado de información

El perfilado de la información de las operaciones de la ULG consiste en el análisis sistemático de información a partir de la categorización, de forma que se pueden identificar causas de los problemas, oportunidades de mejora, además de servir de base para la toma de decisiones (Frazelle, 2002).

La categorización del perfilado de información se fundamenta en dos pilares propuestos por Frazelle (2002): las categorías planteadas como fundamentales para un lograr realizar un perfilado efectivo, así como los tipos de métricas que pueden ser utilizadas en cada una de estas categorías. Con base en estas referencias bibliográficas es que se analiza la pertinencia para cada categoría o tipo de información, y la relación que esta pueda tener con el contexto de la ULG, y así es como se plantea la base para el perfilado de información. Las categorías planteadas por el autor para realizar una correcta gestión del transporte incluyen:

- Diseño de las rutas
- Gestión del envío
- Gestión de la flotilla
- Gestión del flete

Las categorías a incluir dentro del Perfilado de Información se relacionan directamente con los puntos que comprende el PMT, adaptadas al contexto de la ULG. Además de estas categorías, se agrega la de asociado, ya que es la razón de ser de la unidad, y las zonas geográficas, que es donde se distribuye el producto. Las categorías a utilizar en el Perfilado de Información son explicadas a continuación:

Cuadro 49. Categorías de perfilado planteadas

Categoría PMT	Categoría de perfilado	Detalle
Diseño de las rutas	Rutas	Relacionado a la ejecución de las rutas realizadas, tomando en cuenta tiempos de ejecución, estado de entregas, entre otros.
Gestión del envío	Pedido de producto	Características asociadas al producto enviado, como el tipo, nombre, cantidad.
Gestión de la flotilla	Flotilla	Características asociadas a la flotilla utilizada, si es propia o subcontratada, capacidad, rendimiento.
Gestión del flete	Costo del Envío	Características del costo del envío, por kilómetro, por zona geográfica y por ruta.
-	Asociado	Características del asociado relacionado a los pedidos que realiza.
-	Zona Geográfica	Características de la zona geográfica donde se entrega el pedido.

El mismo autor plantea una base de información que debe ser recolectada para un Perfilado de Información de transporte. Los aspectos incluidos dentro de las categorías son los siguientes:

1. Volumen por cada producto distribuido
2. Frecuencia de los pedidos
3. Peso de los pedidos distribuidos
4. Clasificaciones de los productos
5. Costo asociados a la distribución del producto
6. Cantidad de visitas
7. Capacidad de los proveedores de transporte
8. Ventanas de tiempo entre los puntos de origen y de destino
9. Estadísticas de entregas a tiempo de los camiones
10. Reclamos y pedidos no entregados
11. Tiempos de viaje
12. Distancias recorridas

Según Frazelle (2002) se debe obtener una base de datos organizada que sirva como insumo para llevar a cabo soluciones de transporte confiable mediante un perfilado de información que debe ser preciso, exhaustivo y representativo sobre la actividad de transporte actual y futura. Es por esta razón que las variables mencionadas sirven como una base inicial para definir los aspectos a incluir en el perfilado.

El autor menciona tres características esenciales para realizar un Perfilado de Información que sea de utilidad, y es alrededor de estas que se diseñan las métricas a utilizar en el perfilado. A continuación se explica cómo estas características se ven reflejadas en el perfilado realizado:

- Representativo: los aspectos incluidos dentro del perfilado describen la totalidad de los procesos sustantivos de la ULG.
- Preciso: cada aspecto descrito dentro del perfilado tiene una categoría específica y una definición específica de lo que se quiere categorizar.
- Exhaustivo: se realiza un estudio a profundidad, consultando 5 de autores, los cuales plantean diferentes tipos de métricas, y es por esta razón que ninguna variable crítica se deja por fuera del estudio.

Los aspectos seleccionados para el Perfilado de Información son los siguientes:

Cuadro 50. Aspectos incluidos en el perfilado de información

#	Aspecto	Proceso en el que interviene	Categoría de perfilado	Descripción
1	Asociados nuevos	Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	Asociado	Determinar cuántos asociados han ingresado
2	% Asociados inactivos	Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	Asociado	Determinar cuántos asociados están en condición inactiva
3	Costo por kilómetro por camión	Ejecución del transporte	Costo del Envío	Determinar el costo asociado por cada kilómetro recorrido para cada camión de la flotilla
4	Costo por kilómetro por proveedor de transporte	Ejecución del transporte	Costo del Envío	Determinar el costo asociado por cada kilómetro recorrido para cada camión de un proveedor determinado
5	Costo del flete por proveedor de transporte	Ejecución del transporte	Costo del Envío	Determinar el costo asociado por cada entrega realizada por cada proveedor de transporte
6	Costo por kilómetro por ruta	Ejecución del transporte	Costo del Envío	Determinar el costo asociado a cada ruta realizada
7	Costo por kilómetro por zona	Ejecución del transporte	Costo del Envío	Determinar el costo asociado a cada zona geográfica
8	Clasificación de los productos según la cantidad de kilogramos transportados	Ejecución del transporte	Pedido de producto	Analizar el movimiento en kilogramos de cada producto para determinar los productos que mueven más cantidad de kilogramos
9	Pedidos no entregados	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar la cantidad de pedidos no entregados en relación a las visitas realizadas
10	Tiempos de viaje	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar el tiempo asociado a la ejecución de cada ruta
11	Distancias recorridas	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar las distancias recorridas por cada ruta
12	% de pedidos no asignados a rutas	Ejecución del transporte	Rutas, Asociado	Conocer el % de pedidos que por alguna razón no están siendo asignados a una ruta
13	% de viajes con incidentes	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar la cantidad de viajes en los cuales se presentaron incidentes
14	% entregas con quejas (general)	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar la cantidad entregas con alguna queja relacionada
15	% de entregas sin daños (asociado al producto)	Ejecución del transporte	Rutas, Pedido de producto, Asociado	Determinar la cantidad de entregas en las cuales el producto fue entregado sin daño alguno

#	Aspecto	Proceso en el que interviene	Categoría de perfilado	Descripción
16	% entregas a tiempo	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar la cantidad de entregas a tiempo
17	% salidas a tiempo (por chofer o camión propio)	Ejecución del transporte	Rutas, Flotilla	Determinar si el chofer salió de determinada a la hora establecida
18	% rutas perfectas	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar la cantidad de rutas perfectas
19	% entregas perfectas	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar el % de entregas perfectas: realizadas a tiempo, entregando el producto en cantidad y condiciones pactadas, sin quejas del asociado, en la finca correcta
20	Tiempo en tránsito	Ejecución del transporte	Rutas, Flotilla	Determinar el tiempo utilizado en cada ruta realizada
21	Variabilidad del tiempo en tránsito	Ejecución del transporte	Rutas, Flotilla	Determinar la variabilidad asociada al tiempo que se utiliza para realizar una ruta
22	Tiempo de descarga de producto	Ejecución del transporte	Rutas	Determinar el tiempo utilizado en realizar la descarga de los pedidos en las fincas
23	Tiempo detenido (por camión propio)	Ejecución del transporte	Rutas, Flotilla	Determinar el tiempo que pasa el camión detenido, que no está asociado a tráfico o descarga del producto
24	Tiempo por retrasos en tráfico (por camión propio)	Ejecución del transporte	Rutas, Flotilla	Determinar la cantidad de tiempo que transcurre en retrasos por tráfico
25	Frecuencia de los pedidos	Programación de Rutas	Asociado	Describir la frecuencia de pedido de cada asociado y de toda la población
26	Cantidad de visitas realizadas por camión (total y por zona)	Programación de Rutas	Flotilla, Zona geográfica	Cuantificar la cantidad de visitas realizadas por cada camión, total y diferenciado por zona geográfica
27	Cantidad de kilogramos entregados por proveedor de transporte (total y por zona)	Programación de Rutas	Flotilla, Zona geográfica	Cuantificar la cantidad de kilogramos entregados por cada proveedor de transporte, total y diferencia por zona geográfica
28	Cantidad de visitas realizadas por proveedor de transporte (total y por zona)	Programación de Rutas	Flotilla, Zona geográfica	Cuantificar la cantidad de visitas realizadas por cada proveedor de transporte, total y diferencia por zona geográfica
29	Cantidad de kilogramos distribuidos en las fincas	Programación de Rutas	Pedido de producto	Determinar que finca solicita la mayor cantidad de kilogramos de producto, sin importar el tipo

#	Aspecto	Proceso en el que interviene	Categoría de perfilado	Descripción
30	% utilización del camión	Programación de Rutas	Flotilla	Verificar la utilización a la que viajan los camiones (por proveedor y camión)
31	Capacidad de los proveedores de transporte	Programación de Rutas / Carga del camión	Flotilla	Determinar la capacidad real de transporte de cada camión de los proveedores de transporte
32	Cantidad cargada vs. Cantidad solicitada	Programación de Rutas / Carga del camión	Pedido de producto	Verificar si la cantidad cargada corresponde a la cantidad solicitada por el asociado

Los aspectos utilizados para el Perfilado de Información son utilizados en muchas decisiones de planificación logística, como base para el establecimiento de métricas y metas, diseño y programación de rutas, evaluación de subcontratación de servicios, planificación de la carga, tamaño y tipo de flotilla, monitoreo del transportista, entre otros aspectos (Frazelle, 2002). Para el caso de la ULG, lo especificado en el Perfilado de Información sirve como base para el planteamiento de los indicadores a utilizar para el control y mejora de las operaciones, lo cual consecuentemente conlleva a decisiones de planificación a mediano y largo plazo. Lo anterior se explica más adelante en el Apartado 8. Es importante resaltar que los indicadores anteriores se crean desde cero y para la mayoría no se cuenta con la información para calcularlos, específicamente los relacionados con el proceso de Ejecución del Transporte.

En relación a los indicadores que miden a los camiones, estos aplican para ambos tipos de proveedores, es decir los propios y los subcontratados. Aunque el enfoque de la ULG sea paulatinamente dejar de usar proveedores externos, es un proyecto a largo plazo, por lo que se debe de medir el desempeño de ambos tipos de transporte. Es por esto que se plantean diversos indicadores en la categoría de flotilla. Aunque actualmente no se cuenta con la información para calcularlos, se plantean los registros necesarios para recolectar la información pertinente para el cálculo de los mismos.

25 Operaciones de la ULG

En el siguiente apartado se presentan los procesos de la ULG directamente relacionados con las *operaciones para la distribución del producto a granel*: Programación de Rutas, Carga del Camión y Ejecución del Transporte.

Para el proceso de Programación de Rutas se explica la necesidad a la que responde este proceso, seguido del diagrama y la explicación del mismo. Dentro de este proceso se encuentra un sub proceso de suma importancia, como lo es la Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas. Este sub proceso es explicado mediante un diagrama de flujo y luego se realiza el planteamiento teórico que fundamenta su creación. Por último, se presenta el planteamiento teórico en el cual se basa la programación de rutas, es decir el modelo matemático en el cual se fundamentan las rutas a realizar por la ULG luego de implementar el PMT.

Para el proceso de Carga del Camión y Ejecución del Transporte, se detalla como surgieron estos procesos, ya que son nuevos en la ULG, y la necesidad a la cual responden. Ambos son presentados mediante un diagrama de flujo utilizando la simbología BPMN y se explica el flujo que siguen en ambos.

Por último se presentan los registros que se crean para apoyar la ejecución de estas operaciones, los cuales deben ser implementados en la organización, ya que en estos se recoge la información necesaria de dichos procesos y es el insumo para el Perfilado de Información y el proceso de Control y Mejora.

25.1 Programación de Rutas

El planteamiento del proceso de Programación de Rutas sigue la misma metodología BPM planteada en el Apartado 3. Este proceso responde a la falta de formalización y documentación que existe del proceso, además de que este se encuentra sujeto a mejoras. Es a partir de esta metodología que se decide realizar un rediseño sistemático a lo que presenta actualmente la ULG, con el objetivo de mejorar el proceso actual de programación de rutas.

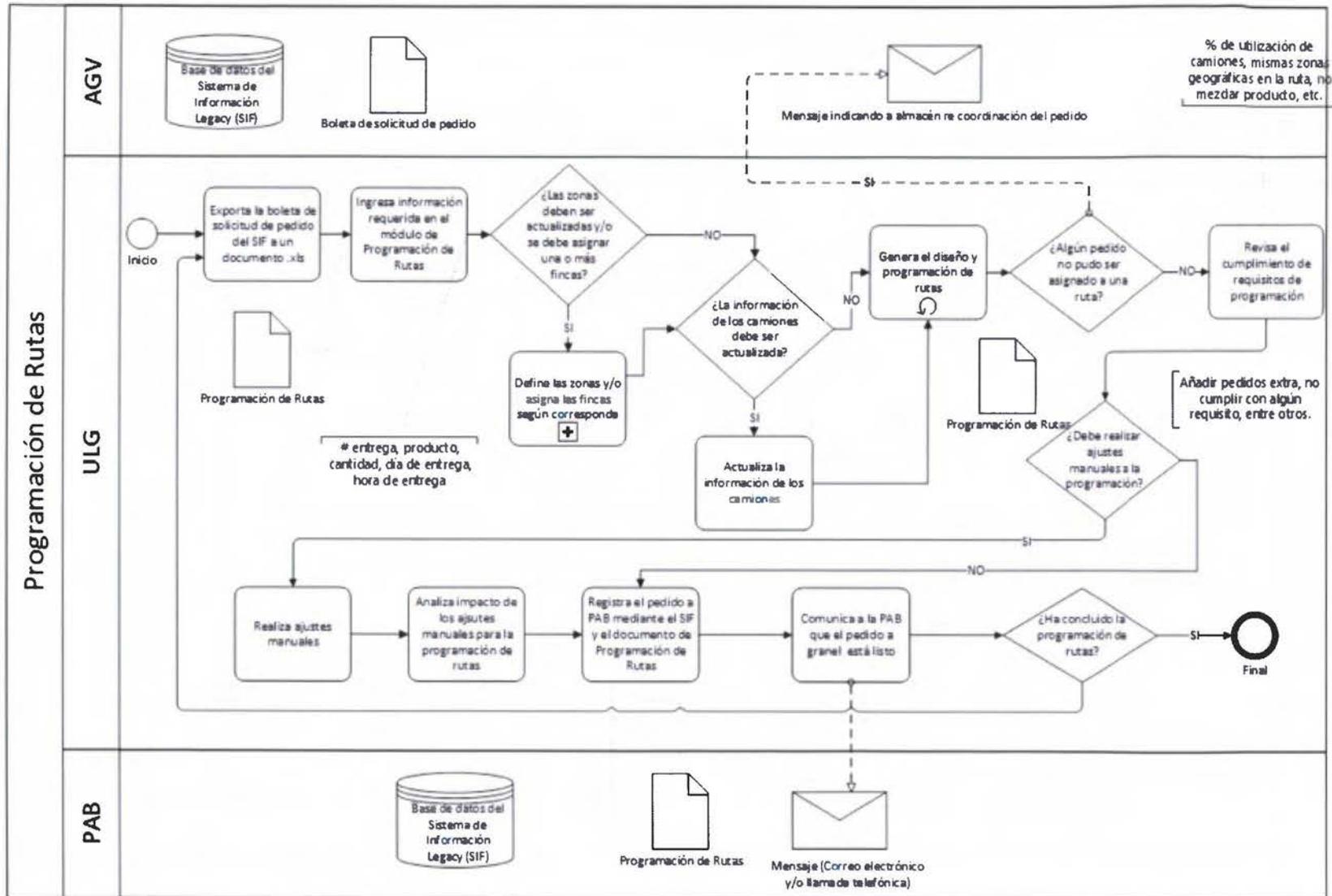
Al aplicar el análisis ESIA, es decir analizando las mejoras que se puede realizar al proceso, se identifica la necesidad de automatización de la actividad de generar el diseño y programación de rutas realizada por el programador de rutas de la ULG, lo que simplifica las labores del colaborador. Para lo anterior se tiene como requerimiento la creación de una herramienta que automatice esta operación.

Actualmente la programación de rutas que se realiza en la ULG necesita de un paso preliminar en el que se realice la correcta asignación de las fincas de los asociados a las zonas geográficas definidas. Los viajes ejecutados con la distribución de zonas geográficas actual presentan cruces de zonas, puntos fuera de zonas y recorridos extra por esta razón.

Por ello se propone la inclusión de un subproceso de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas dentro del proceso de Programación de Rutas. Este subproceso permite la actualización de las zonas geográficas y la asignación de las fincas a dichas zonas.

A partir de las propuestas planteadas, se realiza la construcción del proceso de Programación de Rutas, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Proceso de Programación de Rutas



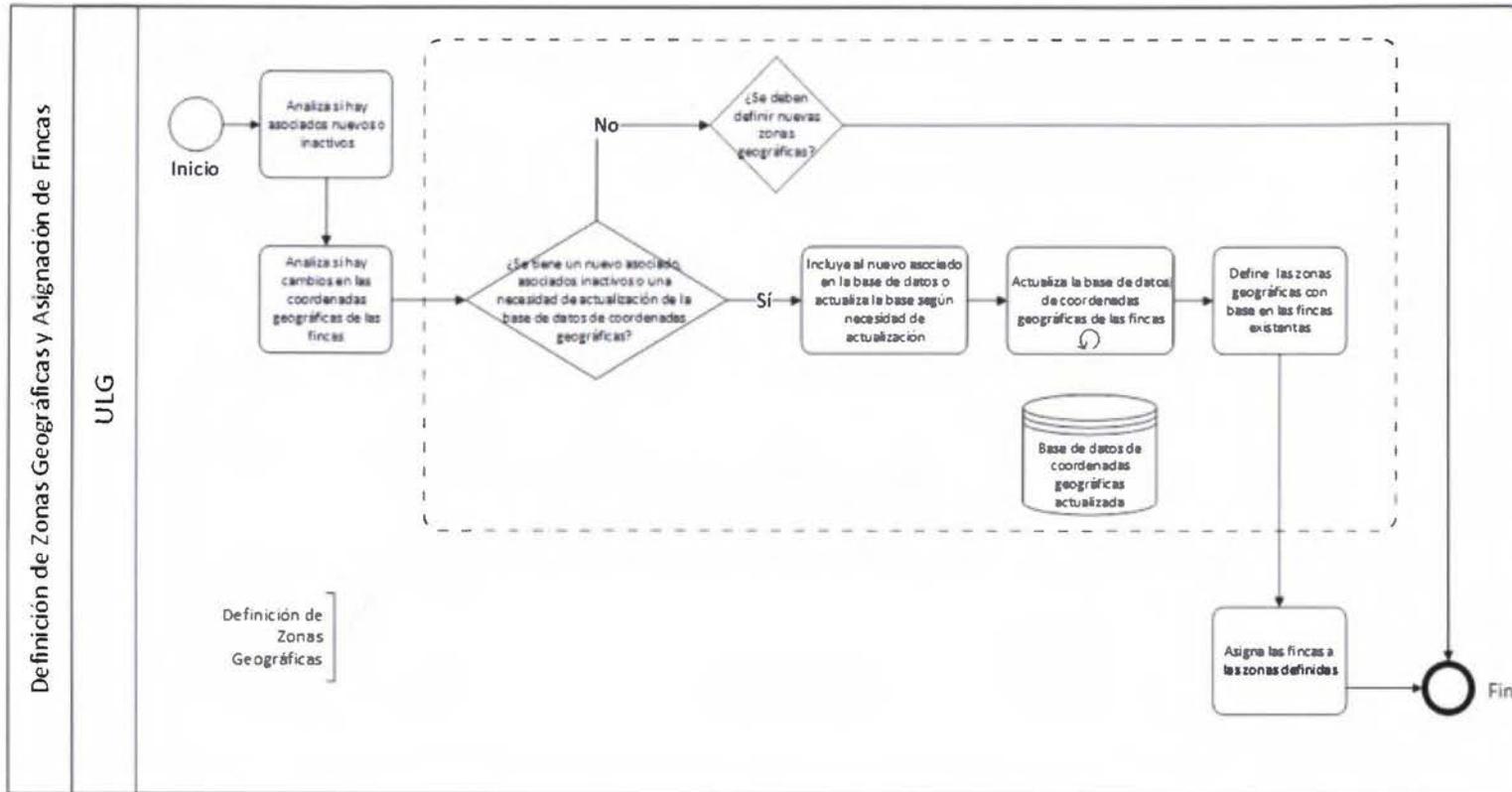
En la Figura 15 se aprecia el proceso rediseñado de Programación de Rutas. El proceso comienza cuando el programador de rutas genera el registro Programación de Rutas a partir del documento Facturación de Almacenes, donde se incluyen todos los pedidos a programar y concluye al realizar la debida programación de las rutas y enviar el registro Programación de Rutas a la PAB para que proceda con la carga de los camiones. Este proceso se realiza diariamente, con las ordenes de entrega del día siguiente, es decir, se programa un día antes a realizar la entrega del pedido, ya sea con camiones propios o subcontratados.

Existen tres modificaciones en relación al proceso original. La primera es que con el diseño deseado, el programador de rutas solamente necesita introducir la información necesaria en el módulo de programación de rutas y este proporciona el diseño y programación de rutas final. Posteriormente, la persona encargada de la programación, simplemente revisa que se cumplan los requisitos de programación mencionados, es decir, la programación y diseño de rutas ya no se fundamenta en el funcionario, sino en la herramienta programada.

La segunda es que actualmente se utilizan tres registros para la programación de rutas, las cuales son el consolidado de pedidos, el pedido a PAB y la programación de rutas. Estos tres registros se consolidan en uno solo denominado Programación de Rutas, el cual se detalla en el (Apartado 8.4). El principal beneficio es la simplificación que conlleva disminuir la cantidad de registros así como la eliminación de información que no genera valor o esta duplicada.

La tercera es la inclusión del subproceso de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas. Este subproceso abarca la definición de zonas geográficas a partir de las coordenadas geográficas de las fincas, para luego asignar cada finca a una zona determinada. Además, se deben incluir los camiones que realizan el transporte del producto a granel, ya que las características de estos influyen directamente en la programación de rutas. La Figura 16 muestra el subproceso.

Figura 16. Subproceso de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas



Se busca que las rutas sean programadas dentro de una misma zona, por lo que dependiendo de la configuración de las zonas definidas, así se distribuyen los puntos a visitar, además la cantidad y tipo de camiones a utilizar influyen en la configuración final de las rutas, si se consideran aspectos como la preferencia de transporte del asociado, la capacidad de los camiones, restricciones de acceso a determinadas fincas, entre otros.

25.2 Planteamiento de la Metodología para la Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas

Las zonas geográficas a las cuales pertenece cada una de las fincas fueron creadas empíricamente, y no se cuenta con un método para la definición de las zonas geográficas ni para la asignación de fincas a dichas zonas. A causa de esto es que se presentan los cruces de zonas y las fincas ubicadas fuera de zona.

Tanto la definición de zonas geográficas como la asignación de fincas a dichas zonas van ligados, ya que en primera instancia deben definirse la cantidad correcta de zonas, para que luego a partir de la distribución geográfica de todas las fincas presentes definir el tamaño y composición de estas zonas.

A partir de la revisión bibliográfica realizada se determina que la definición de zonas y asignación de fincas se realiza a partir de algoritmos propios del análisis de conglomerados. Este tipo de análisis es una técnica estadística multivariante, y la razón por la cual se escoge es porque busca agrupar elementos tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos (De la Fuente, 2015), es decir, la agrupación de fincas que tienen ubicaciones geográficas similares.

Los algoritmos de formación de conglomerados se agrupan en dos categorías:

1. Algoritmos jerárquicos: entrega una jerarquía de divisiones del conjunto de elementos analizados en conglomerados. Estos métodos no ocupan definir previamente la cantidad de conglomerados que se desean. Existen dos tipos:
 - a. Aglomerativo: se parte asumiendo que cada elemento es un conglomerado, los cuales se van uniendo hasta obtener un solo gran conglomerado con todos los elementos.
 - b. Disociativo: es el inverso del anterior, se parte de un gran conglomerado y se termina con un conglomerado por cada elemento presente.
2. Algoritmos de partición: divide el conjunto de elementos en k conglomerados, donde k es definido previamente por el experimentador.

25.2.1 Metodología a utilizar

La metodología empleada consiste en la mezcla de ambas categorías de algoritmos de formación de conglomerados, específicamente el algoritmo K-Medias (algoritmo de partición) y seis tipos de algoritmos jerárquicos²¹.

El propósito principal de los algoritmos jerárquicos es descubrir la existencia de grupos homogéneos naturales que pueden existir (De la Fuente, 2015), es decir, poder definir cuales datos deben agruparse debido a sus condiciones, es por esta razón que se hace el análisis desde que hay un

²¹ Vinculación inter grupos, vinculación intra grupos, vecino más próximo, vecino más lejano, agrupación de centroides y agrupación de medianas.

conglomerado hasta una cantidad n igual a la cantidad de datos, para poder estudiar cuál es la cantidad correcta de conglomerados.

Es debido a la naturaleza de estos métodos que se utiliza en primera instancia diversos algoritmos jerárquicos, para poder definir el valor k , que sirve como entrada para la segunda parte, en la cual se obtiene la composición de los conglomerados con sus respectivos puntos asignados, esto con el método K-Medias. Ambos métodos son explicados a detalle en los dos siguientes apartados.

25.2.2 Resultados: Algoritmos de jerarquización para la definición de conglomerados

Se trabaja con seis algoritmos diferentes²², y se realizan los cálculos pertinentes con ayuda del programa SPSS, esto con el fin de obtener la cantidad de zonas geográficas adecuada. Los resultados, así como más detalle de este análisis se pueden consultar en el Apéndice 17.

En primera instancia se obtienen los coeficientes de distancias para cada método, ya que este dato indica la distancia que existe entre los conglomerados formados, por lo que se busca que sea lo menor posible. Esto se realiza para los seis métodos mencionados anteriormente; aunque se busca que el coeficiente de distancia sea lo más pequeño posible, se trabaja con los 6 métodos para tener el resultado más representativo.

A partir de los resultados obtenidos, se construye un gráfico para cada uno. A continuación se presenta un ejemplo asociado a un método de jerarquización:

Gráfico 4. Coeficientes para el algoritmo Vinculación inter grupos por cada conglomerado



²² Vinculación inter grupos, Vinculación intra grupos, Vecino más próximo, Vecino más lejano, Agrupación de centroides, Agrupación de medianas.

Es notable que a partir de cierta etapa (por ejemplo desde la 71 hasta la 241), el valor del coeficiente es prácticamente 0, lo que quiere decir que, basándose en el valor del coeficiente de distancia, es prácticamente lo mismo tener 71 o 241 conglomerados. Lo que viene a definir la cantidad de conglomerados es el contexto del estudio y el criterio del analista. En el caso de la ULG, no conviene tener demasiados conglomerados, ya que esto implicaría demasiadas zonas geográficas, lo que podría generar confusión a la hora de la programación y diseño de rutas.

Se decide hacer un acercamiento a la parte del gráfico delimitada por 18 conglomerados, ya que es en este valor que los valores del coeficiente empiezan a ser constantes. En general, todos los gráficos se comportan de manera similar, con una caída pronunciada, y con un comportamiento descendente conforme aumenta la cantidad conglomerados, lo que se interpreta como que la cantidad de conglomerados recomendada para este grupo de datos va desde un conglomerado hasta aproximadamente 18. Se decide trabajar con 8 conglomerados por tres razones:

1. Es válido desde un punto de vista del análisis de conglomerados, justificado por los métodos utilizados y por el valor de los coeficientes.
2. Es un número pequeño que puede ser manejado sin crear mayor confusión.
3. Es la cantidad actual de zonas geográficas, por lo que no existiría cambio en cuanto a la cantidad de zonas, no así con la composición de estas.

Una vez que se define la cantidad de conglomerados en 8, esto se emplea como la información de entrada para calcular la composición de las nuevas zonas geográficas, aplicando el algoritmo K-Medias, como se explica en la siguiente sección.

25.2.3 Uso de K-Medias para definir las zonas geográficas y asignar las fincas

El presente corresponde a unos de los métodos de agrupamiento particionales más utilizados. El algoritmo comienza con una partición inicial de los datos en un específico número de agrupamientos, para calcular posteriormente el centroide de cada uno. Esta partición inicial empieza con las coordenadas más alejadas entre sí. El siguiente paso trata de reasignar cada coordenada al agrupamiento más cercano, aquel cuya distancia al centro de gravedad del conglomerado sea menor²³. El método calcula los nuevos centroides de los conglomerados cada vez que se incorpora un nuevo caso. Se debe repetir alternativamente el segundo y el tercer paso hasta que ninguna reasignación de un caso a un nuevo clúster permita alcanzar la convergencia (reducir más la distancia entre los individuos dentro de cada agrupamiento, ni aumentar la distancia entre los distintos clúster) (De la Fuente Fernández, 2011). El resumen de los pasos se tiene a continuación:

1. Definición k conglomerados deseados a priori.
2. Cálculo de los centroides en base a los k conglomerados deseados.
3. Asignación de los puntos dentro de la base de datos al centroide (centro de gravedad) más cercano.

²³ No hay que olvidar que en el método de K-medias, al formar parte de los métodos de reasignación, un caso asignado a un conglomerado en una determinada iteración puede ser reasignado a otro caso en una iteración posterior.

4. Ejecución de n iteraciones hasta que no hayan cambios de una iteración a otra (alcanzar convergencia).

En este caso, como se menciona anteriormente se utiliza $k=8$, debido a que esta es la cantidad de zonas obtenidas de método jerárquico, además de que es la misma cantidad de zonas que se poseen en la actualidad. Para la realización de este algoritmo de agrupamiento se procede a utilizar el programa estadístico R, con $k = 8$, y se utilizan los datos de latitud y longitud de 251²⁴ fincas de los asociados. Como producto final de la ejecución de este algoritmo se tiene la nueva distribución y asignación de las fincas a los nuevos clústeres definidos. Los resultados obtenidos se describen a continuación.

25.2.4 Resultados

Una vez definido la cantidad de conglomerados con los algoritmos de jerarquización y la composición de los mismos asignando las fincas a cada una de las nuevas zonas geográficas con el algoritmo de k medias, se presentan los resultados obtenidos.

En primera instancia se presenta una tabla comparativa de la situación actual respecto a las zonas geográficas y lo propuesto.

Cuadro 51. Comparación entre zonas actuales y las zonas propuestas

Actual			Propuesto		
Zona	Cantidad de fincas	%	Zona	Cantidad de fincas	%
Aguas Zarcas	86	34%	6	83	33%
Ciudad Quesada	36	14%	2	58	23%
Venecia	35	14%	7	30	12%
Monterrey	30	12%	8	25	10%
Muelle	22	9%	3	24	10%
Zarcero	19	8%	1	21	8%
Fortuna	14	6%	5	8	3%
Pital	9	4%	4	2	1%
Total	251	100%	Total	251	100%

En el Cuadro 51 se puede apreciar que se tiene la misma cantidad de zonas geográficas, sin embargo, estas son completamente distintas. No se puede realizar una comparación entre lo actual y lo propuesto ya que no se puede nombrar a la Zona 6 como Aguas Zarcas, y así para las demás. La asignación completa de todas fincas a las nuevas zonas geográficas se encuentre en el Apéndice 18.

Las coordenadas geográficas de los centros de las nuevas zonas se encuentran descritos a continuación. Cada clúster consta de un color específico.

²⁴ Cantidad de fincas mapeadas con GPS al momento de la realización de esta etapa del proyecto

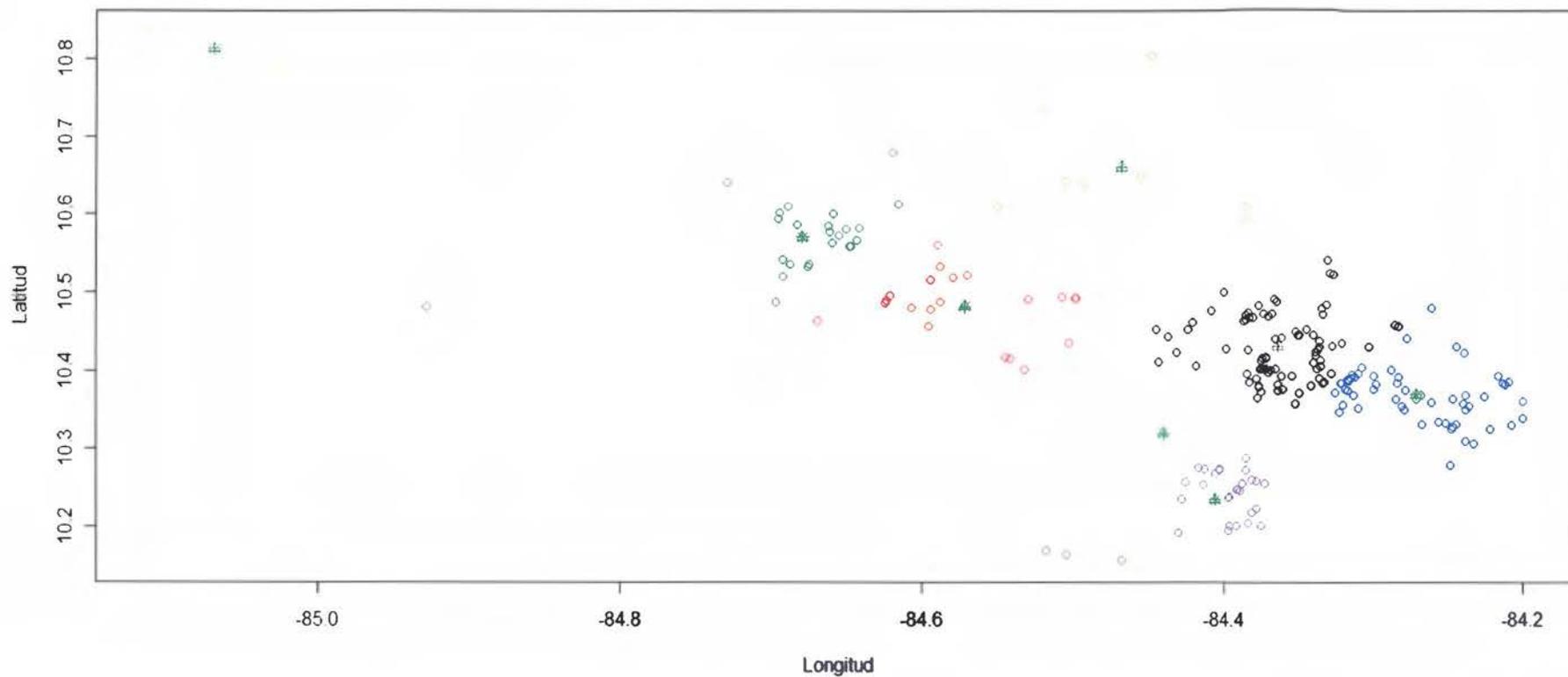
Cuadro 52. Coordenadas geográficas de los centros de gravedad de las nuevas zonas geográficas definidas

# Centro del clúster	Longitud	Latitud	Color del clúster
1	-84.57134	10.48198	Rojo
2	-84.27162	10.36931	Azul
3	-84.67904	10.57096	Cian
4	-85.06861	10.81345	Amarillo
5	-84.46822	10.66088	Naranja
6	-84.36384	10.43171	Negro
7	-84.40642	10.23462	Púrpura
8	-84.4408	10.31944	Púrpura

En la Figura 17 se aprecia gráficamente la asignación final de las fincas a las nuevas zonas geográficas definidas, cada centro de gravedad de cada zona está identificado con un elemento de color verde. Los resultados principales obtenidos son los siguientes:

- Se tienen 8 zonas diferentes a las 8 zonas actuales, representadas por la Figura 17 en la cual se muestran 250 puntos de 8 diferentes colores, así como 8 puntos verdes que son los centros de cada una de las nuevas zonas geográficas.
- Como se puede ver, ninguno de los colores se cruza con otro color, es decir no existe cruce de zonas.
- Se asegura que el centro de las zonas geográficas es calculado de manera que obedece al centro de gravedad de las fincas de cada zona geográfica, es decir que se tiene un centro de zona diferente a cada uno de los centros que actualmente se maneja.
- Se asegura que cada punto está asignado al centro más cercano posible, por lo que se erradicaron los puntos fuera de zona.

Figura 17. Zonas geográficas asignadas a las nuevas zonas geográficas



25.3 Determinación del tamaño y tipo de flotilla necesaria para la ULG

El objetivo de determinar el tamaño de la flotilla es operar a través de flotilla propia o subcontratada con el menor número de camiones posibles para conseguir los requerimientos diarios, semanales, mensuales y anuales de distribución (Frazelle, 2002). A continuación se describe las necesidades de flotilla de acuerdo a los encargados de la ULG, en función de sus relaciones con los asociados y la búsqueda de un mejor servicio al cliente.

25.3.1 *Enfoque actual y futuro de la flotilla de la ULG: adquisición de nuevos camiones*

La ULG actualmente cuenta con 10 camiones subcontratados y 8 camiones propios, los cuales el programador de rutas tiene a disposición todos los días para realizar la programación de rutas. En la etapa de diagnóstico se demuestra la importancia que actualmente tiene el transporte subcontratado para la ULG. A pesar de lo anterior, “en la actualidad se han presentado problemas con los asociados que no desean que sea un camión externo el que les entregue el alimento, hay cierta desconfianza de parte de ellos y se tiene una gran cantidad que no permiten camiones externos en sus fincas. La desconfianza proviene generalmente por situaciones en las que se tiene falta del producto, golpes a los silos, llegadas con precisa a hacer la descarga del producto, entre otras” (Chávez, 2015).

La ULG desea tener un mayor seguimiento sobre los recursos utilizados para realizar la distribución del producto, mediante la utilización de las herramientas disponibles como el GPS para tener un mayor monitoreo y control con los camiones y los choferes. Por problemas de desconfianza de los asociados y buscar un mayor control, es que próximamente se busca adquirir tres camiones completamente nuevos para su inclusión dentro de la flotilla propia de la empresa, y se desea que la flotilla final disponible para la programación y distribución sea completamente propia, con excepción de casos especiales de pedido²⁵ (Herrera, 2015).

La cantidad de tres camiones mencionada fue establecida por la ULG de acuerdo a los viajes realizados por los camiones externos. Tomando en cuenta que se está comenzando a trabajar los domingos por lo se está asumiendo una gran cantidad de viajes²⁶ esos días. El número de camiones a adquirir es tentativo y está en espera de una aprobación de presupuesto de inversión para la compra de estas unidades, por lo que la compra no es definitiva (Chávez, 2015). Para el jefe y programador de rutas de la ULG, la confiabilidad del servicio y un mejor contacto con el cliente, así como un mayor control sobre la flotilla son los factores de peso para optar por la transición de una flotilla de naturaleza mixta, a una completamente propia. Con el fin de determinar el tamaño y tipo de flotilla necesaria para la ULG se procede a realizar un análisis de la demanda de los productos distribuidos, esto para determinar la necesidad real de camiones basado en la capacidad que estos presenten, y considerando la estrategia de adquisición de camiones de la ULG.

²⁵ Camiones subcontratados por un asociado

²⁶ Promedio de 12 viajes por día

25.3.2 Análisis de la demanda y disponibilidad actual de camiones

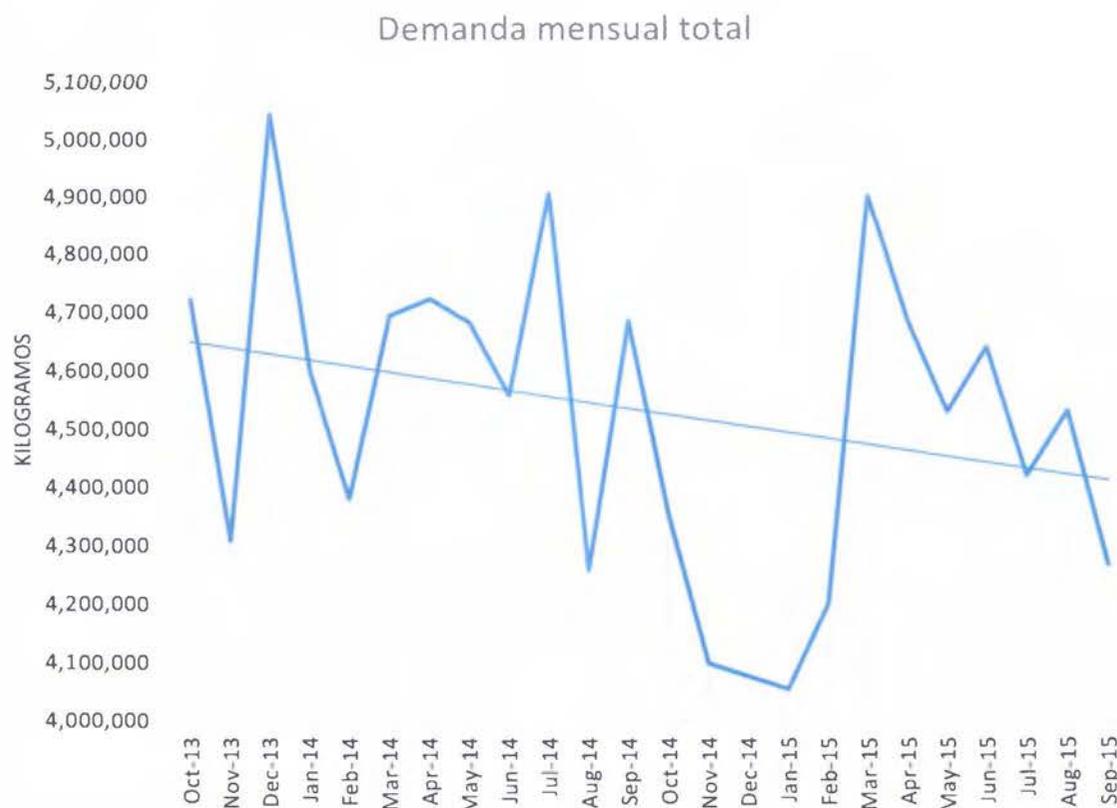
Los Gráficos 5 y 6 muestran el comportamiento de la demanda diaria promedio y total por mes, de los meses de octubre de 2013 hasta setiembre 2015²⁷. Se realizaron pruebas de normalidad a los kilogramos totales distribuidos por mes, obteniendo que los meses de julio y noviembre de 2014 no se encuentra evidencia estadística de un comportamiento normal, sin embargo por el Teorema del Límite Central se conoce que si se tiene una muestra de aproximadamente 30 datos o mayor, dichos datos siguen un comportamiento de una distribución normal (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007). Por lo anterior se procede a utilizar el promedio de los datos para explicar el comportamiento de la demanda de los productos distribuidos por la ULG como se aprecia en la siguiente figura.

Gráfico 5. Comportamiento de la demanda de producto a granel (media diaria) desde Octubre 2013 hasta Setiembre 2015.



²⁷ No se toma en cuenta el mes de diciembre del 2014 debido a que no se obtuvieron los registros con la información necesaria para el análisis.

Gráfico 6. Comportamiento de la demanda de producto a granel (media total mensual) desde Octubre 2013 hasta Setiembre 2015.



Se observa que en el período estudiado existe un decrecimiento en la cantidad de producto distribuido por la ULG. A continuación se presentan datos de la variación de un mes a otro del periodo descrito:

Cuadro 53. Análisis de variación de la demanda

Meses	Kilogramos mensuales	Kilogramos promedio diario	Variación mensual kilogramos totales	Variación mensual promedio diario	CV total kilogramos	CV promedio diario
oct-13	4,720,720	181,566	-	-	6%	9%
nov-13	4,308,284	172,331	-9%	-5%		
dic-13	5,043,460	201,738	17%	17%		
ene-14	4,598,280	176,857	-9%	-12%		
feb-14	4,380,360	182,515	-5%	3%		
mar-14	4,694,089	180,542	7%	-1%		
abr-14	4,722,310	196,763	1%	9%		
may-14	4,681,792	173,400	-1%	-12%		
jun-14	4,557,960	182,318	-3%	5%		
jul-14	4,906,082	181,707	8%	0%		

Meses	Kilogramos mensuales	Kilogramos promedio diario	Variación mensual kilogramos totales	Variación mensual promedio diario	CV total kilogramos	CV promedio diario
ago-14	4,259,062	170,362	-13%	-6%		
sep-14	4,684,112	173,486	10%	2%		
oct-14	4,352,850	161,217	-7%	-7%		
nov-14	4,099,133	163,965	-6%	2%		
ene-15	4,054,410	168,934	-1%	-3%		
feb-15	4,200,630	175,026	4%	4%		
mar-15	4,900,750	181,509	17%	4%		
abr-15	4,684,130	187,365	-4%	3%		
may-15	4,528,690	174,180	-3%	-7%		
jun-15	4,638,823	154,627	2%	-11%		
jul-15	4,419,720	142,572	-5%	-8%		
ago-15	4,530,231	146,136	3%	3%		
sep-15	4,267,293	142,243	-6%	-3%		

Nota: Datos tomados del documento Programación de Rutas.

Como se aprecia en el Cuadro 53 la mayor de las variaciones de un mes a otro es del 17%, y la menor de ellas de cercana al 0%. Sin embargo, un indicador para medir la homogeneidad de los datos es el coeficiente de variación (Universidad Nacional de Córdoba, 2015). Para este caso el valor obtenido es de 6.88%, lo que quiere decir que a nivel de medida de tendencia central y su nivel de variación, los valores no presentan diferencias estadísticas de peso, y presentan una alta homogeneidad.

Para analizar la medida de tendencia central a utilizar para la cantidad de producto diaria distribuida, se procede a calcular el promedio y la mediana, además de los valores máximos y mínimos presentados en los diferentes meses. Es importante recordar que tanto el promedio como la mediana son medidas de tendencia central, el primero de ellos se trata de la media aritmética que representa el centro de gravedad de los datos, mientras que la segunda representa el valor central en el 50% de los datos (Universidad de Atacama, 2015). La información calculada se muestra a continuación:

Cuadro 54. Máximo, mínimo y medida de tendencia central de la demanda diaria de producto

Demanda de producto diaria	
Máxima	338,490
Mínima	13,780
Media	172,810
Mediana	177,065

En el Cuadro 54 se aprecia los valores máximos y mínimos de demanda, así como la media y mediana. Tanto el valor máximo como el mínimo corresponden al mes de mayo 2014. Además la

media y la mediana son prácticamente iguales, con una diferencia únicamente de un 2.5% lo quiere decir que los datos son simétricos, por lo tanto, utilizar una medida de tendencia central como el promedio es confiable para describir el comportamiento de los datos.

25.3.3 Disponibilidad actual de camiones

Actualmente la ULG dispone de camiones externos y propios con las siguientes capacidades de carga:

Cuadro 55. Camiones disponibles y sus capacidades de carga

#	Camión	Placa	Campos	Carga máxima legal (kg)	Proveedor
1	1086	152388	5	16100	Dos Pinos
2	1105	152444	5	17100	Dos Pinos
3	1106	152445	5	16300	Dos Pinos
4	1206	156024	6	17700	Dos Pinos
5	1239	158154	6	17400	Dos Pinos
6	1318	158715	5	17700	Dos Pinos
7	1331	159927	6	14100	Dos Pinos
8	1332	159582	6	14800	Dos Pinos
9	Reinier	134665	5	16600	Davalexcla
10	Leo	162343	5	11900	Leonel
11	Diego	154914	6	16200	Leonel
12	Minor	160522	5	10010	Leonel
13	Osvaldo	134388	6	14000	Osvaldo
14	Gerald	142746	5	14000	Osvaldo
15	Comodín	137418	6	14870	Osman
16	Osman	137443	6	14870	Osman
17	Arturo	133391	5	14000	Transilo
18	Andrés	145985	5	18000	Transilo

Nota: Información suministrada por el personal de la ULG.

Con el fin de determinar las necesidades reales de camiones de acuerdo a las condiciones de capacidad presentadas anteriormente, se procede a plantear cuatro distintos tipos de configuración de camiones en función de su cantidad de campos, capacidad máxima legal promedio y tipo de proveedor, ya sea subcontratado o propio, como se aprecia a continuación.

Cuadro 56. Configuraciones de camiones

Tipos de camiones	Cantidad de campos	Carga legal promedio	Tipo de configuración de camión
Propios	5	16800	1
	6	16000	2
Subcontratados	5	14085	3
	6	14985	4

Nota: Información suministrada por el personal de la ULG.

25.3.4 Planteamiento de escenarios

Al conocer los valores de capacidad de cada camión y la demanda del producto, es posible obtener las necesidades de camiones según la configuración y el escenario que se plantee. Se procede a plantear tres tipos de escenarios de demanda del producto, y se determina la necesidad real de camiones según la configuración que corresponda, tal y como se describe a continuación.

Cuadro 57. Planteamiento de escenarios

Tipo de escenario	Necesidad de camiones
Escenario 1: Máximo de demanda, 281873 kg	
Configuración 1	21
Configuración 2	22
Configuración 3	25
Configuración 4	23
Escenario 2: Tendencia central demanda, 161594 kg	
Configuración 1	11
Configuración 2	11
Configuración 3	13
Configuración 4	12
Escenario 3: Mínimo de demanda, 50813 kg	
Configuración 1	9
Configuración 2	10
Configuración 3	11
Configuración 4	10

Las anteriores son las cantidades de camiones a necesitar en caso de que se presenten el escenario 1, 2 o 3 y se tenga exclusivamente uno de los cuatro tipos de configuraciones de camiones disponibles. Sin embargo como se explica anteriormente, los encargados de la ULG apuntan a la compra de camiones propios para dejar de utilizar subcontratados, por los motivos previamente explicados en este apartado, por lo que se procede a calcular las necesidades reales de compra de camiones para la flota, ya sea de camiones configuración 1 o 2, debido a que son los tipos de camiones propios.

25.3.5 Necesidad real de compra de camiones a incluir en flota propia

Asumiendo que la compra de los camiones es por uno de los dos tipos de configuraciones presentadas para los camiones propios con los que cuenta actualmente la ULG, se procede a determinar la necesidad real de camiones con base en los escenarios 1, 2 y 3.

Cuadro 58. Necesidad real de cantidad de camiones

Escenario	Configuración	Camiones actuales	Capacidad	Capacidad actual camiones internos	Cantidad de camiones necesitados
1	1	4	134400	262400	4.53
	2	4	128000		5.00
2	1	4	134400		No hay necesidad de compra
	2	4	128000		No hay necesidad de compra
3	1	4	134400		No hay necesidad de compra
	2	4	128000		No hay necesidad de compra

Como se aprecia, la necesidad máxima de camiones es de aproximadamente cinco camiones para un camión de 5 campos (configuración 1) en el escenario 1. Conociendo que para la ULG es primordial tener capacidad de respuesta a sus asociados, una mejor relación con los mismos y mantener una confiabilidad del servicio, se propone la compra de cinco camiones de configuración 1 (5 campos), los cuales subsanan las necesidades de distribución en cualquier día y con cualquier comportamiento de la demanda que se presente, lo cual coincide con lo propuesto por el personal de ULG.

25.4 Planteamiento de programación

La propuesta para el diseño y programación de rutas de la ULG se encuentra dividida en dos etapas, cada una de ellas con su respectivo algoritmo. El primero de ellos consiste en la creación de posibles rutas a ejecutar diariamente, considerando todas las restricciones que han sido mencionadas a lo largo del trabajo, tales como las legales, de espacio, disponibilidad de camiones, preferencias de transporte, entre otros aspectos, lo que puede ser determinante para la creación de una ruta. El resultado de este algoritmo son distintos grupos de rutas. Cada uno de ellos corresponde al grupo de rutas que cumple con el requisito de asignar todos los pedidos que deben ser entregados en un día determinado por zona geográfica, considerando las restricciones mencionadas anteriormente. El algoritmo contempla la posibilidad de que no todos los pedidos sean asignados, pero siempre busca asignar todos de acuerdo a los recursos disponibles. El nombre del algoritmo mencionado es Algoritmo de Generación de Rutas (AGR).

La segunda etapa consiste de un algoritmo que se encarga de la evaluación de los grupos de rutas generados en el primer algoritmo, llamado Algoritmo de Evaluación de Rutas (AER). El mismo utiliza los criterios de distancia y tiempo, para asignar una calificación a cada una de las rutas y al sumar la calificación de todas las rutas se obtiene la calificación del grupo. El objetivo de calificar a los distintos grupos de rutas es seleccionar la configuración final que debe ser ejecutada, de acuerdo a la menor calificación obtenida. Previo a la calificación final el algoritmo brinda un secuenciamiento sugerido de la ruta. El secuenciamiento se realiza basado en el Algoritmo de Dijkstra, que considera la distancia entre los puntos de una ruta, partiendo de un punto de origen, que en este caso es El Coyol de Alajuela (New York University, Computer Science, 2015). Como secuenciamiento de la ruta se entiende el orden en el que se van a visitar las fincas. Tanto el Algoritmo de Generación de Rutas como el Algoritmo de Evaluación de Rutas consideran los hallazgos encontrados durante la etapa de diagnóstico.

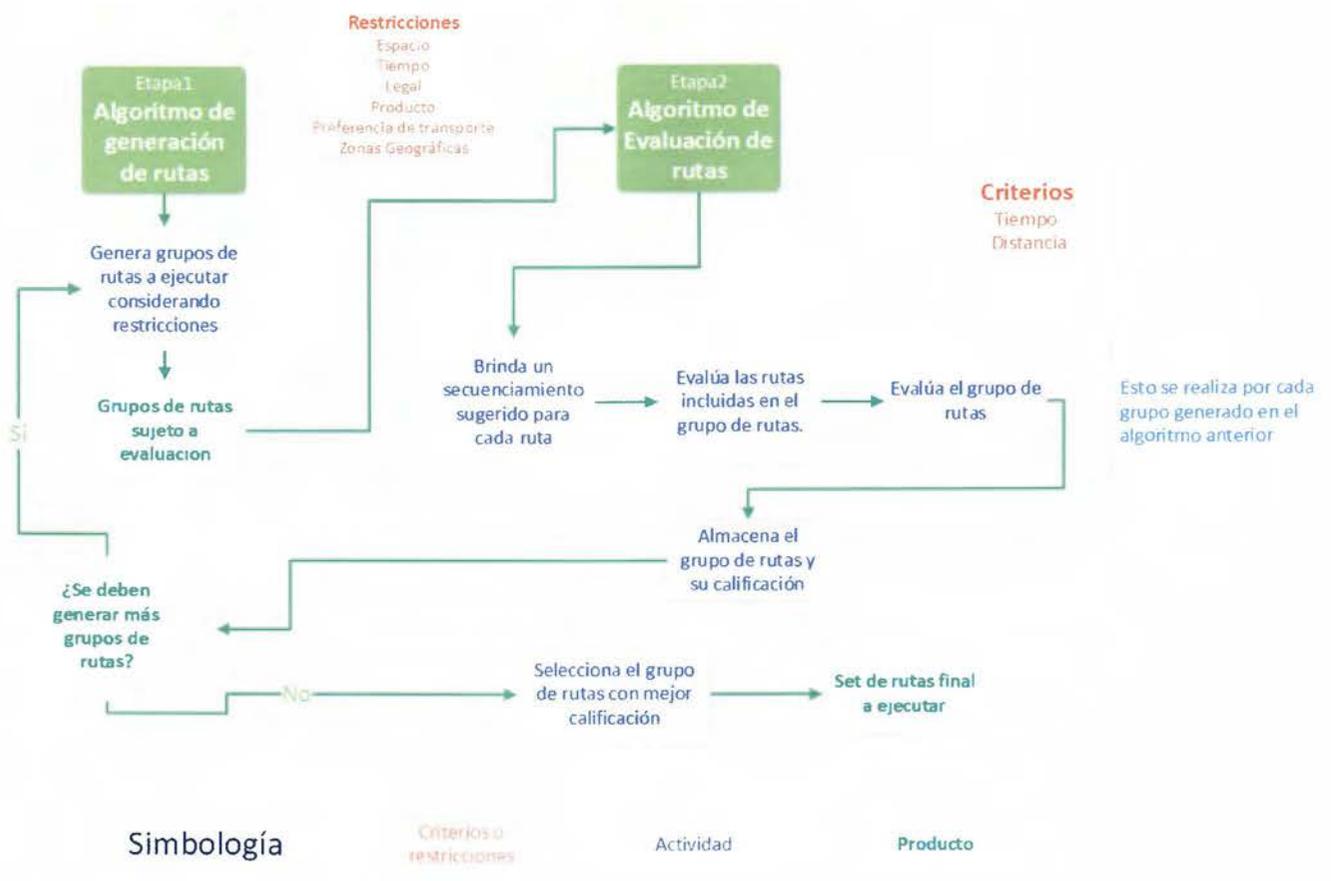
A continuación se describe el papel de los hallazgos encontrados en la etapa de diagnóstico con los algoritmos propuestos.

- **Hallazgo #1 Restricción de acomodo del producto (Restricción legal y espacial):** Se tiene como restricción por ley el realizar combinaciones de productos en un mismo compartimento, es decir, solo se puede asignar un producto por compartimento. Lo anterior ocasiona que dependiendo de la cantidad de producto que el asociado solicite y el consecuente espacio a ocupar en los compartimentos, los camiones no hagan sus viajes completamente llenos.
- **Hallazgo #3 Capacidad máxima definida (Restricción legal):** La carga real que se realice a los camiones nunca debe exceder a la carga legal permitida, por lo que este debe ser un parámetro a considerar dentro del algoritmo.
- **Hallazgo #6 Influencia del volumen específico de los productos en el acomodo en los compartimentos (Restricción de producto):** A pesar de que el 95% de los pedidos son del producto Vap Feed Granel, el algoritmo debe considerar la posibilidad de que sea otro producto el que se solicite. Dependiendo del producto, el volumen específico del mismo puede ser diferente a la de Vap Feed Granel, por lo que algoritmo de generación de rutas debe considerar este cambio, debido a que afecta el volumen a ocupar en los compartimentos.
- **Hallazgo #11 Dependencia de la ULG del transporte subcontratado (Restricción de preferencia de transporte):** En la etapa de diagnóstico se encuentra que la ULG tiene una alta dependencia del transporte subcontratado en la actualidad, por lo que el algoritmo de generación de rutas considera tanto la posibilidad de uso de camiones externos como internos.
- **Hallazgo #13 Metodología deficiente de programación de rutas:** En la etapa de diagnóstico se encontraron deficiencias en cuanto a la metodología para la programación de rutas lo que ocasiona problemas a la hora de la ejecución de las mismas como el cruce de zonas. Es decir, se presenta un incumplimiento de la premisa de la ULG acerca de la no combinación de zonas geográficas, por lo que el AGR busca realizar los viajes dentro de una misma zona geográfica, reducir las distancias extra recorridas y tomar en cuenta todas las variables asociadas al ruteo de la ULG

- **Hallazgo #16 Tiempo disponible de los camiones (Restricción de tiempo):** Los camiones se encuentran disponibles siempre y cuando el tiempo de la ruta en la que se necesita el camión sea menor al tiempo disponible del camión para realizar nuevos viajes. El tiempo disponible de un camión en un día son aproximadamente 11 horas, considerando que el último viaje debe salir de Coyol como máximo a las 3 pm.
- **Hallazgo #17 Ventana de tiempo de entrega (Restricción de tiempo):** El horario de recepción del producto por parte del asociado es entre las 7 am y 5 pm. Todos los días de la semana.

En la siguiente figura se explica la lógica de funcionamiento e interrelación de los algoritmos mencionados.

Figura 18. Generación y evaluación de rutas



Cada grupo de rutas generado por el primer algoritmo es evaluado por el segundo algoritmo. Este último evalúa mediante una calificación individual a cada una de las rutas, y brinda una calificación total para cada grupo de rutas evaluado. Por cada vez que se ejecute el AGR debe ejecutarse el AER. La cantidad de veces que se corran ambos algoritmos es dependiente de la cantidad de iteraciones

que se deseen generar, entendiendo como iteración cada vez que se genere un grupo de rutas distinto. Una vez generados y evaluados todos los grupos de rutas, estos son comparados, seleccionando el grupo que posea la calificación más baja, y por ende corresponde a la programación de rutas final a ejecutarse.

25.4.1 Algoritmo de generación de rutas

El algoritmo propuesto tiene como objetivo generar distintas configuraciones diferentes de rutas, de modo que se cumplan con las restricciones planteadas a lo largo de este trabajo, contemplando además todas las variables definidas, con valores que reflejen la realidad actual de la ULG.

En este apartado se comienza por definir cuáles son los insumos para que el algoritmo pueda ser ejecutado. Luego de esto se recopilan y se explican las restricciones que han sido identificadas a lo largo del trabajo. Seguidamente, se mencionan ciertas consideraciones que se tienen en el algoritmo, las cuales se tratan de cumplir en la medida de lo posible, pero no se consideran restricciones como tales, por lo que se pueden obviar en ciertos casos que se explican adelante. Para complementar lo presentado anteriormente, se recopilan las variables que entran en juego en la ejecución del algoritmo. Una vez definido lo anterior, se detalla paso a paso cada etapa del algoritmo, finalizando con el resultado final del mismo, es decir, las distintas configuraciones de rutas.

25.4.1.1 Insumos del algoritmo

El algoritmo inicia con el ingreso de los diferentes pedidos que deben ser asignados a diferentes rutas; esto se realiza el día previo a la fecha en que los pedidos deben ser entregados. Los insumos del algoritmo se dividen en:

1. Entrada de pedido del producto.

Esta es la primera entrada de datos al algoritmo, en el cual se consideran:

- Nombre del asociado: nombre del dueño de la finca la que va a ser entregado el producto.
- Número de entrega: código asignado a cada finca.
- Producto: tipo de producto que debe ser entregado.
- Cantidad de producto a entregar: cantidad en kilogramos del tipo de producto que debe ser entregado.
- Fecha de entrega: fecha en la cual se debe entregar el pedido.
- Hora de entrega: hora límite a la cual puede llegar el pedido.
- Número de pedido: consecutivo asignado a cada pedido.

Es importante resaltar que un mismo número de pedido puede incluir varios productos, sin embargo, por cada finca hay solo un número de pedido, es decir, un pedido es solo entregado en únicamente una finca, no incluye varios destinos.

2. Matriz de asociados.

Al ingresar la finca de un asociado a la lista de pedidos por entregar, se deben conocer ciertas características de la finca, ya que estas repercuten directamente en la configuración de las rutas a

ejecutar; al ingresar un número de entrega, la información que se requiere, y que esta almacenada en la matriz de asociados es:

- Número de zona: en este trabajo se define una nueva configuración de zonas geográficas, donde cada finca tiene una única zona geográfica asociada. Esta información sirve para crear rutas donde se busque agrupar pedidos de fincas en las mismas zonas, tratando de reducir las distancias recorridas.
- Capacidad instalada de almacenamiento: cada finca tiene una forma de almacenar el alimento que solicita (por ejemplo, silos) y este posee una capacidad máxima en kilogramos. Esta característica es esencial, ya que no se puede enviar más alimento del que se puede almacenar en la finca. Para esta variable, se asume que los silos están vacíos completamente al momento en el que el asociado realice el pedido.
- Costo del Envío por kilogramo: cada finca posee un costo del envío por kilogramo enviado, el cual es utilizado para calcular el costo final del pedido distribuido. Este costo del envío se obtiene con la metodología planteada en el apartado 7.
- Preferencia de transporte: esta característica se refiere a la elección de un distribuidor de transporte específico por parte del asociado. Existen tres tipos: únicamente camiones de Dos Pinos, camiones del proveedor de transporte Leo, y sin preferencia alguna.

3. Matriz de camiones

Los camiones son uno de los insumos más relevantes de la programación, ya que sin estos la distribución sería físicamente imposible. La matriz de camiones brinda al algoritmo la siguiente información:

- Cantidad de camiones: es la cantidad de camiones disponibles, que pueden ser utilizados para realizar las rutas de distribución de producto a granel.
- Placa: variable única para cada camión, es la forma más sencilla de identificar a un camión.
- Cantidad de compartimientos: corresponde a la cantidad de campos o espacios disponibles para almacenar alimento.
- Capacidad de compartimiento: cada espacio disponible tiene una capacidad definida para almacenar alimento, la cual es medida en kilogramos.
- Proveedor de transporte: cada camión pertenece a un proveedor de transporte. Externo o interno a la ULG.

25.4.1.2 Restricciones del algoritmo

En los apartados anteriores al desarrollo del algoritmo se definen restricciones que se deben cumplir a la hora de programar rutas, estas son del tipo legal (asociadas al producto), temporal, espacial, y preferencias del asociado; a continuación se explican a detalle:

1. Legal: según el Certificado Veterinario de Operación, los productos que la ULG distribuye no pueden ser mezclados entre sí, por lo que si un pedido se asigna a un compartimento, este quede inmediatamente deshabilitado, y no se puede cargar otro tipo de producto en dicho espacio.

En lo que respecta a la restricción vehicular, a pesar de ser algo de carácter obligatorio, la misma aplica de 4:30 a 6:30 pm en el sentido desde San José hacia Grecia. Para esas horas

se tiene programado que los camiones no hagan ningún viaje, dado que la hora máxima de entrega de los asociados es a las 5 pm, por lo que lo más tarde que puede salir un camión es a las 3. Hay camiones que pueden realizar el retorno al Coyol mediante esa carretera, en el horario de la restricción, sin embargo el retorno de los camiones es en el sentido contrario a la restricción.

2. Temporal: existen dos tipos de restricciones temporales. La primera es la ventana de tiempo de entrega establecida por el asociado, el cual define la hora máxima a la cual puede ser entregado el pedido. La segunda son las horas disponibles que tiene el camión y su respectivo chofer para entregar pedidos, es decir, la jornada laboral, contemplando horas extras.
3. Espacial: este tipo de restricción está asociado al espacio disponible para cargar alimento en el camión, el cual es definido por el COSEVI. Dichas capacidades se encuentran definidas en la matriz de camiones, las cuales son llamadas carga legal permitida.
4. Preferencias del asociado: ciertos asociados tienen preferencias respecto a los proveedores de transporte, como fue mencionado en la matriz de asociados. Aunado a esto, los pedidos no pueden ser mezclados, aun cuando los productos sean del mismo tipo.

25.4.1.3 Otras consideraciones del Algoritmo

Esta categoría corresponde a ciertos aspectos que se buscan cumplir a la hora de generar las rutas, las cuales se tratan de asegurar siempre y cuando no se irrespeten las restricciones mencionadas anteriormente y además se garantice la entrega de todos los pedidos. Dentro de estas consideraciones se encuentran las siguientes:

1. Se busca asignar pedidos de fincas ubicadas en la misma zona geográfica, de no ser posible, se mezclan las zonas en orden de cercanía, es decir, se busca generar rutas de modo que los recorridos realizados por los camiones se hagan lugares cercanos entre ellos. Es importante dejar abierta la posibilidad de combinación de las zonas geográficas, pues de no ser así, se podrían dar casos de pedidos que no puedan ser entregados, o también casos de camiones viajando con compartimentos vacíos.
2. Se pretende alcanzar la mayor utilización de la capacidad del camión, tomando como límite la capacidad definida en la matriz de camiones, la cual corresponde a la capacidad legal de los camiones.
3. Los pedidos no pueden ser fraccionados en varios camiones, ya que un pedido es solamente entregado en una finca, por lo que si se dividen los pedidos en diferentes camiones, una determinada finca se visitaría por varios camiones. Esto sólo debe pasar cuando el pedido sobrepase la capacidad del camión.

25.4.1.4 Variables del algoritmo

De cada una de las partes anteriores se pueden distinguir variables que se toman en cuenta en el algoritmo, y estas son mencionadas tanto en el Capítulo II y en el Capítulo III. Dichas variables son:

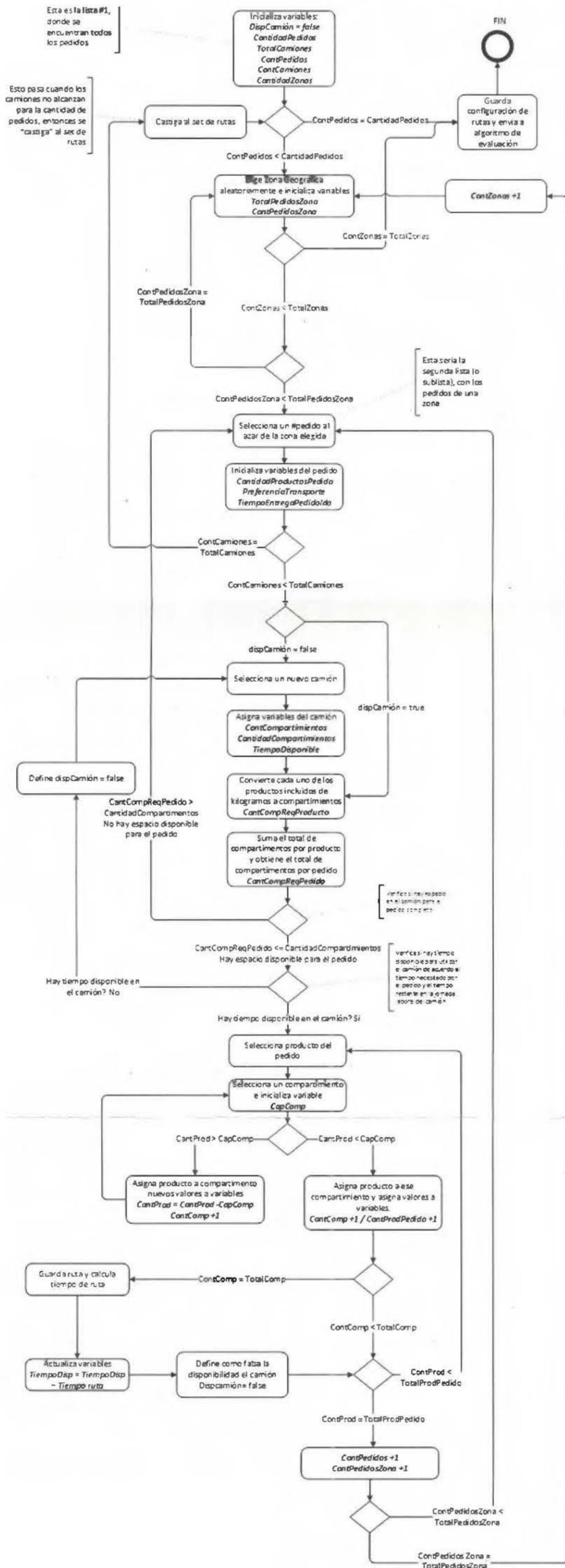
Cuadro 59. Variables del algoritmo

Variables	Relación al algoritmo
Nombre del asociado	Entrada de pedido de producto
# de entrega	

Variables	Relación al algoritmo
Producto	
Cantidad de producto a entregar	
Fecha de entrega	
Número de pedido	
Cantidad de fincas visitar	
Cantidad de pedidos a entregar	
Número de zona	Matriz de asociados
Capacidad instalada de almacenamiento	
Costo del envío por kilogramo	
Preferencia de transporte	
Cantidad de camiones	Matriz de camiones
Placa de camión	
Cantidad de compartimientos	
Capacidad de compartimiento	
Capacidad total del camión	
Proveedor de transporte	
Restricción de mezcla productos	Restricciones
Ventana de tiempo de entrega	
Tiempo disponible de camión y chofer	
Capacidad legal del camión	
Restricción de mezcla de pedidos	
Asignar pedidos mismas zonas o cercanos	Consideraciones
Utilización de la capacidad del camión	
Fraccionamiento de pedidos	

25.4.1.5 Explicación detallada del algoritmo

El algoritmo presentado a continuación consta de diferentes actividades y decisiones, que toman en cuenta todas lo mencionado en los apartados anteriores. A continuación se presenta una explicación detallado de cada paso del algoritmo, además del diagrama de flujo del mismo:



En primera instancia se inicializan las variables asignando valores a la cantidad de pedidos, los camiones que se pueden utilizar, la cantidad de zonas geográficas presentes, así como un contador para los pedidos, camiones y zonas, cuya función es llevar un registro de cuáles pedidos han sido asignados, cuáles camiones han sido utilizados y cuántas zonas han sido utilizadas. En esta parte se hace una lista (llámese lista #1) con todos los pedidos que deben ser asignados, esto con el fin de proceder organizadamente a las siguientes etapas del algoritmo.

Para la primera decisión que se presenta se realiza una comparación entre la cantidad de pedidos y el contador de pedidos. Si el contador es igual a la cantidad total, significa que todos los pedidos han sido asignados y se procede a guardar esa configuración o grupo de rutas, que luego es enviada al algoritmo de evaluación. Mientras el contador sea menor a la cantidad total, significa que hay pedidos que todavía deben ser asignados a una ruta, y se continúa con la siguiente parte del algoritmo, de forma descendente.

A continuación se elige una zona geográfica de forma aleatoria para comenzar la generación de rutas. En este momento se crea una nueva lista a partir de la primera lista (llámese lista # 2), donde solamente se incluyen los pedidos de fincas ubicadas en la zona geográfica definida. Además se define una variable que contabiliza la cantidad de pedidos de esa zona, así como un contador que cuenta la cantidad de pedidos de esa zona que han sido asignados a una ruta.

La segunda decisión es muy similar a la primera, donde se analiza si el contador de zonas es igual a la cantidad de zonas presentes. El contador va sumando conforme se asignen todos los pedidos de una zona, por lo que cuando se llega a tener el mismo valor en el contador y en la cantidad de zonas significa que todos los pedidos de las zonas han sido asignados y se procede a guardar la configuración de rutas realizadas para enviarla al algoritmo de evaluación.

Seguidamente se presenta otra decisión, donde se analiza la relación entre la cantidad de pedidos por cada zona y el contador asociado a estos pedidos. Si el contador es igual al total de pedidos de la zona, significa que la zona está completamente asignada y se debe proceder seleccionar una nueva zona geográfica y se actualiza la lista #2.

Debe existir claridad en el funcionamiento de la lista #1 y lista # 2 y su relación. Primeramente se tiene una lista inicial de todos los pedidos de todas las zonas geográficas, denominada lista #1. Cuando se selecciona una zona geográfica, la dimensión de pedidos se reduce a los incluidos en la lista # 2, la cual contiene únicamente los pedidos de la zona seleccionada en el momento, es decir es sublista temporal. Una vez que todos los pedidos de la zona en cuestión (pedidos de la lista # 2) han sido asignados, la zona se considera cerrada. En este momento los pedidos considerados en la lista # 2 deben ser removidos de la lista # 1, pues ya han sido asignados, y no deben ser considerados para otras rutas. Al seleccionar una nueva zona, la lista # 2 se actualiza con los pedidos de la nueva zona seleccionada y se siguen los mismos pasos que para la zona anterior, hasta asignar los pedidos de todas las zonas. Esto se realiza una vez por cada iteración que se desee ejecutar.

Una vez que se define la lista #2, se elige un pedido aleatoriamente de esa lista y se definen la cantidad de productos dentro de ese pedido, la preferencia de transporte del asociado realiza el pedido de producto a granel, y el tiempo que se dura en entregar ese pedido, es decir, el tiempo que se dura de El Coyol a la finca donde se entrega el pedido.

A continuación se analiza la disponibilidad de camiones, ya que se tiene una decisión donde se compara si el contador de camiones es igual a la cantidad de camiones disponibles. El contador de camiones suma cada vez que un camión no puede aceptar más pedidos, es decir está completo, además de que el tiempo disponible del mismo se ha agotado. En el caso de que el contador sea igual a la cantidad de camiones, pueden ocurrir dos casos:

1. Todos los pedidos han sido asignados: En este caso, al no tener más camiones disponibles y todos los pedidos distribuidos en rutas, se guarda el grupo de rutas para ser evaluado por el segundo algoritmo.
2. No todos los pedidos han sido asignados: se dejan por fuera pedidos que deben ser entregados, por lo que se procede a castigar esa configuración de rutas y luego guardarla. Por penalización se entiende asignar una característica que identifique a ese grupo de rutas como uno en el cual la cantidad de pedidos asignados es menor a la cantidad que deben ser entregados, diferenciándolo de grupos de rutas donde se logra asignar la totalidad de los mismos.

En caso de tener camiones disponibles para asignar pedidos, se continúa con las siguientes etapas del algoritmo, de manera descendente. De esta manera se llega a otra decisión, la cual analiza si un camión está siendo utilizado para asignar pedidos, es decir, si ya contiene pedidos anteriores asignados a él, esto se conoce si la variable `dispCamión = true`. Si es el caso contrario, significa que se debe escoger un nuevo camión que este vacío. Es importante definir en este punto que primero se busca llenar los camiones, ya sea alcanzado la máxima capacidad, o utilizando todos los compartimentos. Esto significa que el algoritmo analiza un camión a la vez, es decir, va llenando camión por camión.

Existe una única diferencia entre los caminos cuando la variable `dispCamión = true` o `false`, que es la inicialización de variables. Cuando es falsa, se debe empezar por asignar el valor a ciertas variables asociadas al camión, como lo son la cantidad de compartimentos, la capacidad de estos, la placa, además del contador de compartimentos, que contabiliza el uso de los mismos. Esta variable al inicio tiene valor igual a cero, dado que el camión está vacío, y conforme se utilizan los compartimentos, se suma una unidad a la vez. Una vez que se atribuyen valores a estas variables, `dispCamión` cambia de valor a `true`, porque el camión ha sido seleccionado. En caso de que previamente `dispCamión = true`, ya las variables anteriores han sido inicializadas y se continúa con la selección de un producto del pedido seleccionado.

Posteriormente se procede a calcular la cantidad de compartimentos requeridos para asignar el pedido y se analiza si el camión cuenta con espacio para asignarlo por completo. En el caso de que no sea posible, significa que al camión no se le puede asignar ese pedido en específico, por lo que debe seleccionar un nuevo pedido. En caso afirmativo, de que la cantidad de compartimentos requeridos sea menor a la cantidad de compartimentos disponibles, se procede a analizar si el camión tiene tiempo disponible para la ejecución de la ruta de acuerdo al tiempo necesitado por el pedido y el tiempo restante en la jornada laboral del camión. En caso de que no se tenga tiempo disponible, se define la variable `dispCamión = false` cerrando el camión y se selecciona uno nuevo, de lo contrario se continúa con el algoritmo.

Posteriormente se selecciona uno de los productos del pedido y se empieza a asignar a los compartimentos que este requiera. Si la cantidad del producto es mayor a la capacidad del

compartimento, entonces se suma una unidad (+1) al contador de compartimientos y se define que la cantidad de producto restante por asignar es la cantidad original menos la capacidad del compartimento. En caso de que la capacidad del compartimento sea mayor que la cantidad del producto, solo se suma al contador de compartimientos. En ambos casos se debe sumar al contador de compartimientos, pues en el primero de ellos el compartimento se cierra porque es cargado en su totalidad, y queda una cantidad remanente de producto que debe ser asignado a otro compartimento distinto. En el segundo caso, el compartimento también se cierra, pues se debe tomar en cuenta la restricción del tipo de producto y la restricción de mezcla de pedidos, es decir, en cuanto se asigne un producto a un compartimento, este es el único que puede estar contenido dentro de dicho espacio. La mezcla de distintos tipos de productos en un mismo compartimento ni la mezcla de un mismo tipo producto de diferentes pedidos se encuentra permitida.

Una vez asignado el producto se analiza la cantidad de compartimientos disponibles. Si el contador es igual a la cantidad de compartimientos, significa que todos los espacios han sido utilizados y por ende el camión tiene todos los compartimientos llenos con cierta cantidad de producto, por lo que se procede a guardar la ruta.

Una vez que se obtiene este resultado se resta al tiempo disponible del camión. Al asignar el producto al camión se debe analizar si todo el pedido ha sido asignado, ya que los pedidos pueden contener desde 1 hasta n productos. Si el contador es igual al total de productos por pedido, significa que el pedido ha sido asignado en su totalidad y se procede a sumar al contador de pedidos y al contador de pedidos de la zona. Si el contador es menor, significa que se debe continuar asignando los productos de ese pedido y se devuelve a la etapa donde se elige un producto del pedido.

La decisión que sigue sirve para evaluar si todos los pedidos de la zona han sido asignados. En caso negativo, se continúa eligiendo pedidos al azar dentro de la zona elegida, es decir, de la lista #2. En caso de que los pedidos de la zona se hayan asignado, se suma al contador de zonas y se elige otra zona, y se empieza de nuevo el proceso.

Es importante destacar que en caso de que un pedido en específico no pueda ser asignado al camión al que se encuentra cargando el producto, se selecciona otro pedido que cumpla todas las restricciones y quepa dentro del camión, hasta obtener el camión completo, es decir, el algoritmo no guarda rutas de camiones que no se encuentren completamente cerrados (con algo de producto en cada uno de los compartimentos).

25.4.1.6 Resultado del algoritmo

El algoritmo puede terminar en dos situaciones: cuando el contador de camiones iguale a la cantidad de camiones, o cuando el contador de pedidos igual a la cantidad de pedidos. Cada caso tiene sus características:

- En el primer caso, es decir, cuando no quedan más camiones por asignar, se tiene dos posibilidades: que se hayan asignado todos los pedidos o no, lo cual define si el grupo de rutas ha de ser castigado.
- En el segundo caso, es decir cuando no queden más pedidos por asignar, todavía pueden quedar camiones disponibles.

Es importante resaltar que aunque una de las restricciones es realizar las rutas repartiendo producto a fincas de las mismas zonas, esto puede tener excepciones, ya que al seguir esta restricción pueden quedar pedidos sin ser asignados a una ruta, lo que se registraría como un incumplimiento al asociado. Para esta situación, se agruparan los pedidos que incumplan esta restricción de modo que se agrupen zonas adyacentes, buscando el menor recorrido de distancias.

Es importante destacar que el resultado del algoritmo es una sola configuración de rutas, por lo que el mismo debe ejecutarse las veces (iteraciones) que se considere necesario para encontrar una configuración que se considere aceptable. Para poder determinar cuál configuración es mejor, se utiliza el algoritmo de evaluación, el cual se explica a continuación.

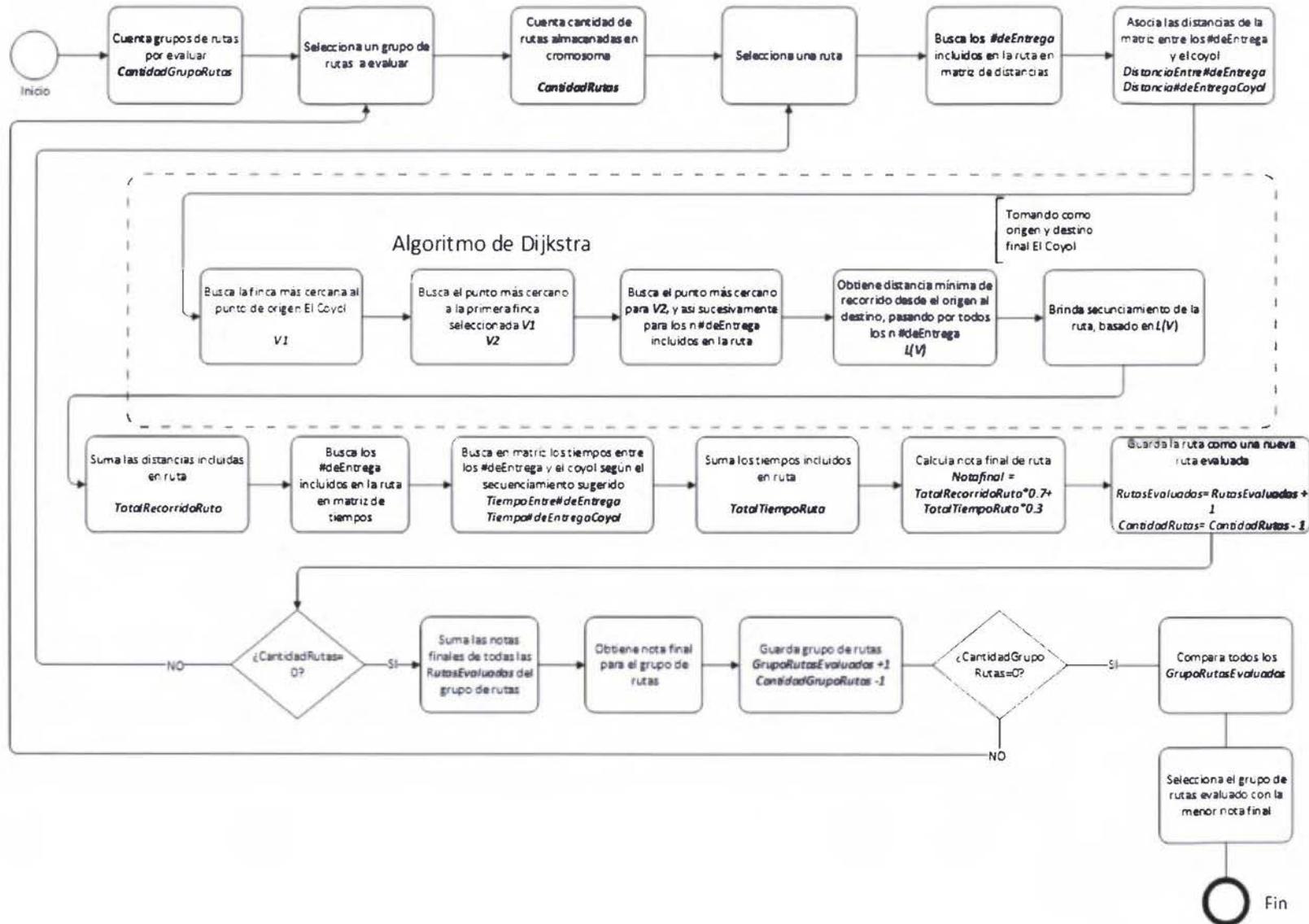
25.4.2 Algoritmo de evaluación de rutas

Como se menciona anteriormente, el objetivo de este algoritmo es evaluar las rutas de acuerdo al tiempo y distancia que se recorren al entregar el pedido solicitado en cada finca, lo cual permite obtener una calificación final de las rutas incluidas dentro de un grupo y consecuentemente posibilita evaluar y calificar cada uno de los grupos generados. Para esto es necesaria la creación de dos matrices de referencia que poseen información específica de las fincas. Mediante los programas *Google Earth* y *Google Maps*, se obtienen las siguientes matrices, las cuales pueden ser consultadas en el Apéndice 19 y Apéndice 20.

- **Matriz de distancias:** Contiene información de la distancia en kilómetros entre todas fincas a las que se desea entregar el producto, así como las distancias de estas a las instalaciones de la Dos Pinos en El Coyal de Alajuela, el cual es considerado el punto de inicio y final de cada ruta.
- **Matriz de tiempos:** Contiene información del tiempo en minutos que se tarda en recorrer la distancia entre todas fincas a las que se desea entregar el producto, así como los tiempos de recorrido entre estas y las instalaciones de la Dos Pinos en El Coyal de Alajuela.

A continuación se presenta el diagrama de flujo del algoritmo de evaluación de rutas:

Figura 20. Diagrama de flujo de algoritmo de evaluación de rutas

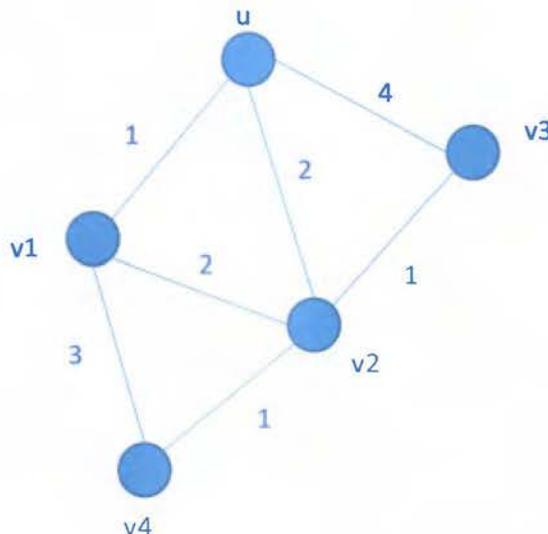


Una vez que un grupo completo de rutas es creado por el AGR, ingresa a la etapa de evaluación, el cual da inicio con la selección del grupo de rutas evaluar. Posteriormente se selecciona la ruta específica que se desee calificar. Seguidamente se realiza una selección de los números de entrega de las fincas y se asocia cada finca con las demás fincas²⁸ incluidas en la ruta, especificada en la matriz de distancias.

25.4.2.1 Algoritmo de Dijkstra

Una vez que identifica las distancias, se continúa con el secuenciamiento de las fincas de cada ruta. El algoritmo debe seleccionar el primer punto a visitar por la ruta, para esto se recurre a la aplicación del Algoritmo de Dijkstra (AD), el cual es un algoritmo para la determinación del camino más corto a realizar en un recorrido determinado, dado un vértice de origen en relación al resto de los vértices en un gráfico con pesos en cada arista. (New York University, Computer Science, 2015). El AD funciona de la siguiente manera:

Figura 21. Funcionamiento del Algoritmo de Dijkstra



El Algoritmo de Dijkstra siempre busca la distancia más corta desde del nodo de origen hasta el nodo de destino, considerando el peso relativo de cada uno de los aristas que unen los nodos. Así se encuentra el camino más corto, sumando las distancias recorridas (peso relativo de las aristas) (Scientific Electronic Library Online, 2015).

1. Cada nodo v de la Figura 21 tiene una etiqueta asociada $L(V_i)$, esta etiqueta indica la menor distancia conocida para ir desde un nodo fijado "u" (origen) hasta un nodo determinado.
2. Inicialmente, el valor de $L(V)$ corresponde al peso $w(u, v)$ de la arista que une al origen "u" con los nodos v_1 , v_2 y v_3 , pues son los puntos adyacentes al origen "u". Así por ejemplo $L(v_1) = w(u, v_1) = 1$, $L(v_2) = w(u, v_2) = 2$, $L(v_3) = w(u, v_3) = 4$.
3. El algoritmo funciona creando un conjunto de nodos $T(V)$, para los cuales se ha obtenido hasta ese momento el camino más corto desde "u" hasta ellos. Inicialmente $T(V)$ incluye

²⁸ Incluyendo El Coyol.

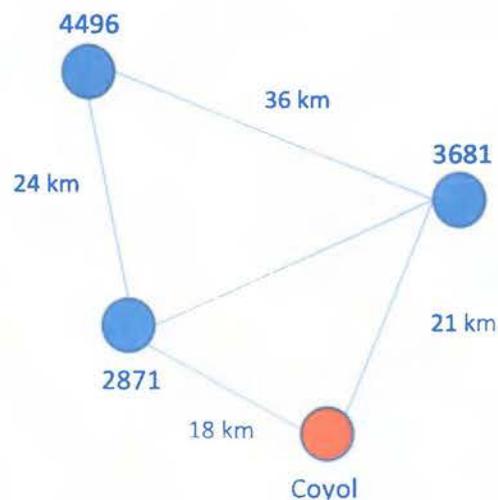
únicamente al nodo de origen. En cada iteración el algoritmo añade un nuevo nodo en la lista T. Esto se consigue escogiendo un nodo v' que todavía no pertenezca a T y que tenga una etiqueta $L(v')$ mínima, es decir la distancia. En otras palabras, se escoge el nodo v' más cercano a u y externo a la lista T.

- Una vez hecho esto, se actualizan las etiquetas de los nodos sobre los que incide v' , de manera que se hace un nuevo cálculo de las distancias de u a estos nodos y se añade este nodo v' a T. El proceso se repite hasta que todos los nodos del grafo se encuentren en la lista.
- Al final del algoritmo, $L(V)$ contiene las distancias que corresponden al camino más corto desde el origen u hasta el destino final V.

25.4.2.2 Ejemplo explicativo del funcionamiento del Algoritmo de Dijkstra

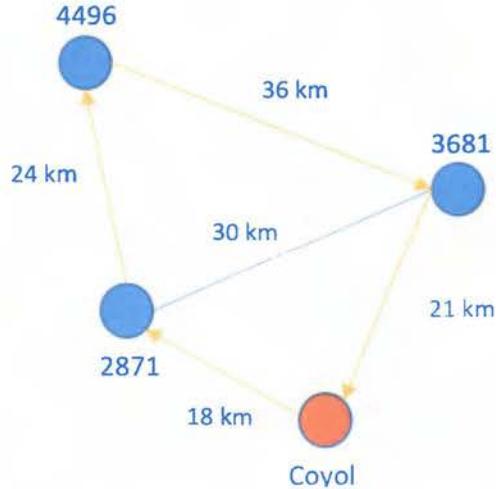
Sea el origen u, El Coyol de Alajuela, y sean las fincas 3681, 2871, 4496 y 3933, los puntos a los que se debe entregar el producto, todos pertenecientes a la zona geográfica # 6. Se tiene el siguiente esquema de distribución:

Figura 22. Esquema aplicando al Algoritmo de Dijkstra



Así por ejemplo, en este caso $L(2871) = W(\text{coyol}, 2871) = 18$ y $L(3681) = W(\text{coyol}, 3681) = 21$. El algoritmo selecciona el nodo adyacente que se encuentre a la menor distancia desde el origen, siendo este el punto 2871, en este caso $L(2871) = w(\text{coyol}, 2871) = 18$ km corresponde a la distancia total mínima desde el punto de origen.

Figura 23. Funcionamiento del Algoritmo de Dijkstra



El siguiente punto a visitar es el nodo adyacente a 2871 que tenga la menor distancia por recorrer, es decir $w(2871,4496)=24$ km. En este punto $L(4496)$, corresponde a la distancia más cercana para llegar desde el origen hasta el punto 4496, pasando por el punto 2871. Es decir, $L(4496)=w(\text{coyol}, 2871)+w(2871, 4496)=18\text{ km}+24\text{ km}=42$ km. Este análisis se repite para todos los puntos, siendo $L(V)$, la distancia mínima total a recorrer $L(V)=18\text{ km}+24\text{ km}+36\text{ km}+21\text{ km}=99$ km. Lo anterior saliendo desde El Coyoil, pasando por los puntos 2871, 4496 y 3681 hasta volver a El Coyoil (flechas de color amarillo), es decir teniendo un mismo punto de origen y destino, como es característico de las rutas ejecutadas por los camiones de ULG.

25.4.2.3 Calificación final

Una vez obtenido el secuenciamiento, el algoritmo debe brindar una calificación final de la ruta, para esto suma todas las distancias especificadas en el secuenciamiento final de la ruta, y las almacena con el nombre *TotalRecorridoRuta*. Seguidamente busca en la matriz de tiempos, los tiempos entre las fincas obtenidas según el secuenciamiento final sugerido, y suma todos los tiempos y los guarda con el nombre *TotalTiempoRuta*. Una vez obtenido el recorrido total en kilómetros de la ruta y el tiempo total en minutos de la misma, se procede a calificarle de la siguiente manera:

$$\text{Calificación final de ruta} = \text{TotalRecorridoRuta} * 0.70 + \text{TotalTiempoRuta} * 0.30$$

La calificación final que se obtiene para la ruta, posteriormente se pondera con el resto de calificaciones obtenidas para las demás rutas incluidas dentro de la configuración de rutas seleccionado, para obtener finalmente la calificación final de esta, de la siguiente manera:

$$\text{Calificación final de set de rutas} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Calificación final de ruta}}{n}$$

Como se aprecia, se obtiene la calificación final del grupo de rutas, ponderando las calificaciones finales de las n rutas incluidas dentro del grupo selecciona. Luego de realizar esto, el grupo debe ser guardado y se procede a la selección de uno nuevo para la evaluación. Una vez que se tienen todas las configuraciones de rutas evaluadas, estos se comparan y se selecciona el que tenga una menor calificación, es decir que conlleve a una menor distancia recorrida y un menor tiempo de viaje, siendo esta la programación de rutas final seleccionada.

25.5 Carga del Camión

El planteamiento del proceso de Carga del Camión sigue la misma metodología BPM planteada en el Apartado 4 y responde a la falta de documentación que existe del mismo. La carga del camión es realizado en su mayoría por la PAB, sin embargo se decide incluir en el análisis para seguir el flujo que tiene una orden de producto a granel, y facilitar la comprensión del ciclo de pedido.

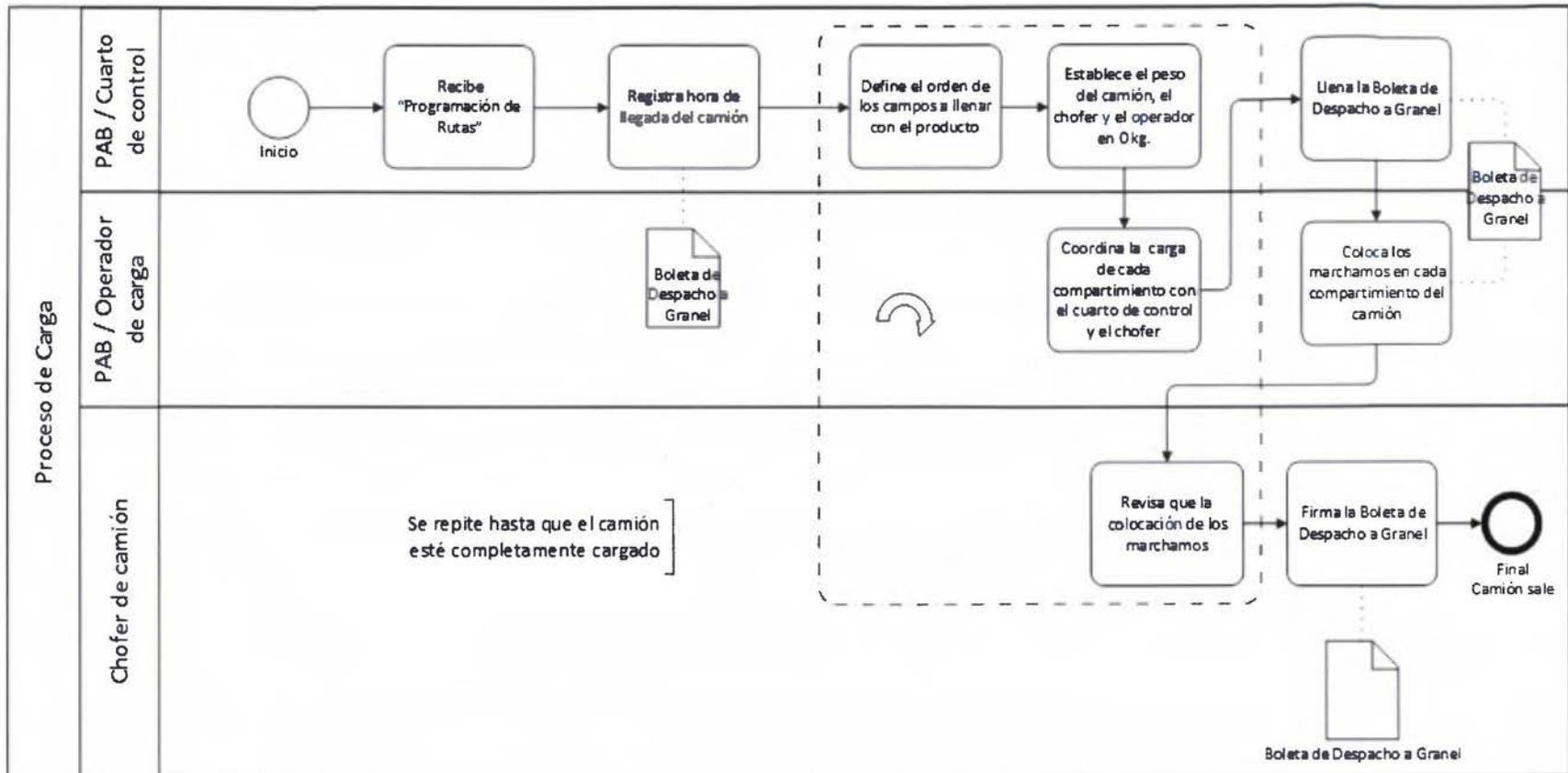
El proceso no es sujeto a un rediseño sistemático pues las funciones de la PAB se encuentran fuera del alcance de la ULG. Sin embargo, uno de los documentos rediseñados fluye a través de este proceso, específicamente la Boleta de Despacho a Granel, por lo que aunque no se realice un rediseño sistemático, si se incluye dentro del proyecto, al asegurar que se registre la información necesaria.

Como se puede visualizar en la Figura 24, el proceso comienza cuando el documento Programación de Rutas es recibido por la PAB, unidad organizacional encargada de cargar los diferentes pedidos a los camiones, a una hora indicada en dicho documento y finaliza con el camión cargado.

El operador en el cuarto de control registra la llegada del camión, define el orden en que se debe llenar el camión y establece el peso del camión, chofer y operador de carga en 0 kilogramos, previo a empezar a cargar el producto en el vehículo. A partir de esto, coordinar con el operador de carga y el chofer para llenar todos los compartimientos necesarios para la realizar las entregas definidas para la ruta a realizar.

Una vez que se termina de cargar todo el producto, el operador en el cuarto de control llena e imprime la Boleta de Despacho a Granel, mientras el operador de carga coloca los marchamos en cada compartimiento. Ambas actividades mencionadas son revisadas por el chofer, el cual firma la Boleta de Despacho a Granel y sale a ejecutar el transporte del producto a entregar.

Figura 24. Proceso de Carga del Camión



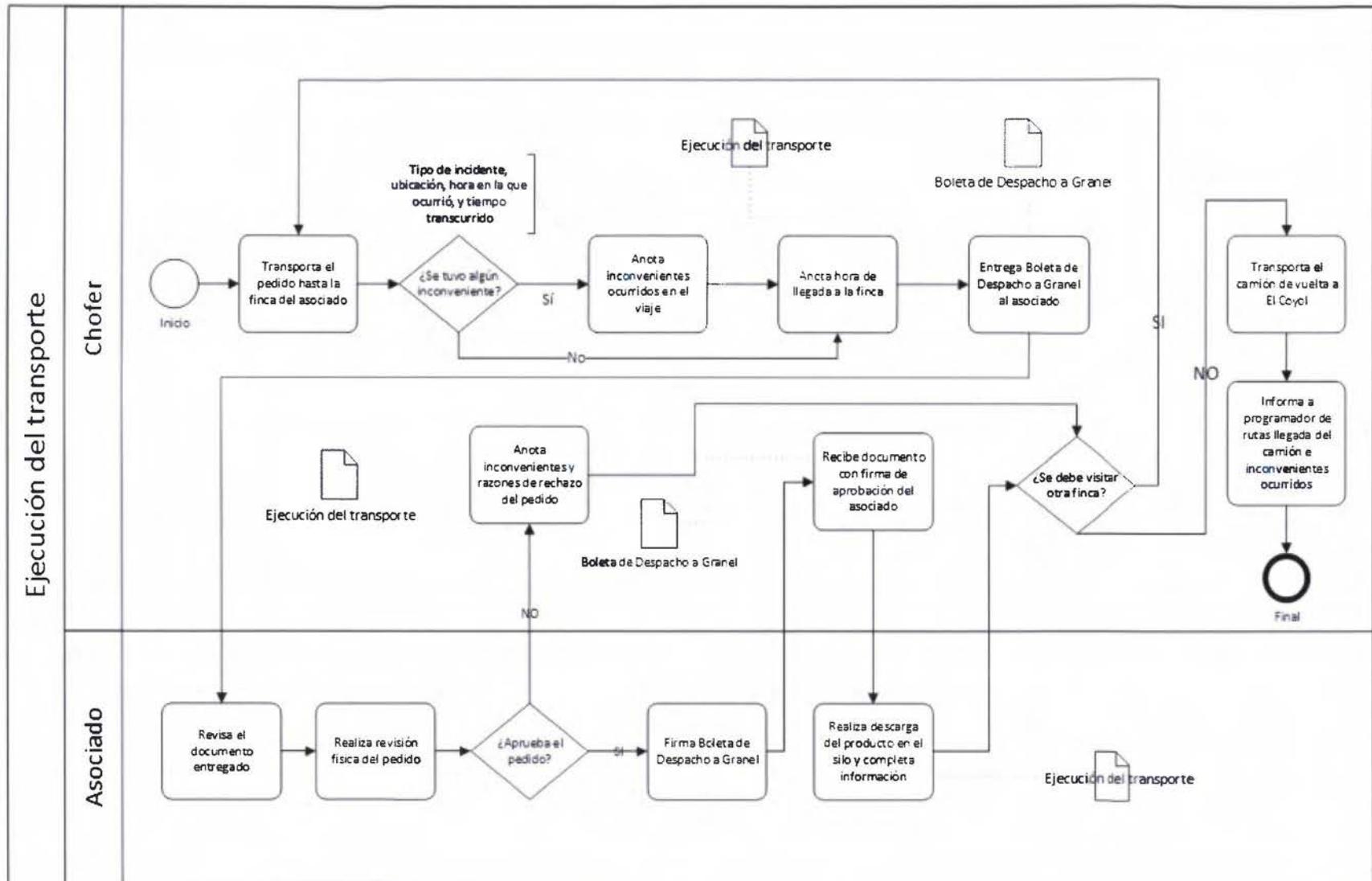
25.6 Ejecución del Transporte

El planteamiento del proceso de Ejecución del Transporte sigue la misma metodología BPM planteada en el Apartado 4 y responde a la inexistencia de un proceso formal que describa desde que sale el camión de la planta de El Coyol, entrega los pedidos y retorna a las instalaciones. Es por lo anterior que se procede a la creación del proceso Ejecución del Transporte, con el fin de eliminar esta brecha e incluir las otras tres etapas restantes del ciclo de pedido a granel a nivel de un proceso documentado, las cuales son: la distribución del pedido, su despacho y el regreso del camión a las instalaciones.

El proceso da inicio con la salida del camión cargado de las instalaciones de Dos Pinos y termina el regreso del mismo, luego de entregar los pedidos. El proceso fue diseñado de forma que se tomaran en cuenta aspectos como la hora de llegada y salida, tiempo de descarga, recibido conforme, registro de quejas, inconvenientes en el camino, todos funcionando como insumos para el proceso de Control y Mejora de las operaciones, y para asegurar la correcta entrega del producto,

Es importante recordar que cada camión es asociado únicamente a un chofer, por lo que los indicadores asociados a la flotilla pueden ser relacionados directamente al chofer de cada vehículo, de modo que lo mismos se encuentran bajo el alcance de las propuestas planteadas. A continuación se presenta el diagrama asociado al proceso.

Figura 25. Proceso de Ejecución del Transporte



25.7 Registros asociados a los procesos

En el Apartado 3.3 del Capítulo II se estudian los documentos y registros que apoyan las funciones de la ULG. Es a partir del diseño planteado que se define si corresponde realizar algún cambio, o deben crearse nuevos, esto con el fin de registrar toda la información necesaria, que es el insumo del proceso de Control y Mejora, el cual se explica en el Apartado 8. Se tienen los siguientes resultados:

1. De los documentos actuales, tanto la Solicitud de Alimento a Granel como la Facturación de Almacenes no necesitan ser modificados. Los restantes se modifican, esto debido a que registran información innecesaria, además de que carecen de la información necesaria para apoyar al Proceso de Control y Mejora.
2. Los registros Consolidado de pedidos, Pedido a PAB y Programación de Rutas se consolidan en un solo registro, llamado Programación de Rutas. Este documento se utiliza diariamente, y se registra la información asociada a cada pedido que realiza cada socio. La información de este registro se genera a partir de la herramienta programada planteada para apoyar al PMT, y se maneja únicamente de manera digital. A continuación se muestra la información que se decida eliminar y su razón, seguido de la información considerada para este registro.

Cuadro 60. Eliminación de información

Información	Razón
Quintal	Información repetida, se tiene los kilogramos
Variación entre pedido solicitado y cargado	Se calcula en el Perfilado de Información, no debe estar en este registro
% de pedido entregado	
Notas	No agrega valor
Proveedor	Información repetida
Factura sistema	No agrega valor
Guía	No agrega valor
Diferencias	No agrega valor

Cuadro 61. Registro Programación de Rutas

Nombre del registro: Programación de Rutas Codificación: PR-XX-DD/MM/AAAA ²⁹		
#	Información	Detalle
1	Mes	Mes en el que se realiza la programación
2	Día	Día en el que se realiza la programación
3	# Viaje	Identifica el viaje en el cual se distribuye el producto
4	Nombre del socio	-
5	Proveedor Transporte	Nombre del proveedor del transporte

²⁹ DD-MM-AAA se refiere a día, mes y año. XX es el consecutivo.

Nombre del registro: Programación de Rutas		
Codificación: PR-XX-DD/MM/AAAA ²⁹		
6	Nombre Producto	-
7	Kilogramos solicitados	Cantidad de kilogramos solicitados por el asociado
8	Hora llegada camión	Hora de llegada del camión a la PAB
9	Hora Salida Camión	Hora de salida del camión de la PAB
10	Chofer	Nombre del chofer del camión
11	Zona Geográfica	Nombre de la zona geográfica donde se entrega el pedido
12	Observaciones	Observaciones generales sobre el pedido, viaje, que se considere necesario
13	Numero de Pedido	Código que identifica al pedido
14	Kilogramos cargados	Cantidad de kilogramos cargados por la PAB
16	Factura	Código asignado a la facturación del pedido
17	Costo kg transportado	Costo por kilogramo transportado
18	Costo total	Costo total por el pedido solicitado
19	Placa del Camión	-

3. La Boleta de Despacho a Granel está conformada por la Guía de Peso del Producto, que es una factura que sirve como comprobante para el asociado del peso que se le carga al camión, y el Manifiesto de Carga, el cual es documento donde se especifica aspectos como nombre del asociado, numero de entrega, producto y cantidad solicitada entre otros. La principal modificación se realiza a este último componente³⁰, al cual se le agrega información, esto con el fin de recabar información que sea insumo para el proceso de Control y Mejora. Este registro se genera de manera digital, pero también de manera física, por parte del programador de rutas, los choferes y el personal de la PAB, y el asociado a la hora de la entrega. A continuación se presenta la información presente en dicho registro.

Cuadro 62. Registro Boleta de despacho a granel

Nombre del registro: Boleta de despacho a granel		
Codificación: BDG-XX-DD/MM/AAAA		
#	Información ³¹	Detalle
1	# Documento	Código que identifica el documento
2	Fecha y hora de despacho	Fecha y hora en que se despacha el camión de la PAB
3	Creado por	Colaborador que crea el documento
4	Cantidad de paginas	Cantidad de páginas del documento
5	Número de pedido	Código que identifica al pedido (SAP y Legacy)
6	# Número de entrega	Código que identifica la finca donde se entrega el producto
7	Nombre del asociado	-
8	Dirección de la finca	-

³⁰ Para el caso de la Guía de Peso del Producto, se trata de un comprobante físico generado directamente de la romana con la que pesa los camiones, por lo que no está sujeta a modificaciones.

³¹ Solo el campo 18, 19,20 no se maneja en la actualidad y debe ser registrado por los asociados a la hora de entregar el producto.

Nombre del registro: Boleta de despacho a granel		
Codificación: BDG-XX-DD/MM/AAAA		
9	Zona Geográfica	Zona geográfica donde se entrega el producto
10	Proveedor de transporte	Nombre de la compañía proveedora del servicio de transporte
11	Número de Placa	# de placa del camión
12	Marchamos	Código de los marchamos en cada compartimiento
13	Código producto	-
14	Nombre del producto	-
15	Cantidad solicitada	Cantidad solicitada por el asociado
16	Cantidad entregada	Cantidad entregada en el sitio
17	Unidad de medida	Unidad del medida del producto (kilogramos)
18	¿Fue entregada la cantidad solicitada?	Responder sí o no
19	¿Fue entregado a tiempo?	Responder sí o no
20	¿Fue entregado en buen estado?	Responder sí o no
21	Comentarios	Cualquier comentario que tenga la persona que recibe
22	Elaborado por	Firma quien elabora el documento
23	Firma Chofer	-
24	Firma Recibido	-

- Se crea un nuevo registro para controlar el proceso de Ejecución de Rutas y servir de insumo para el proceso de control y mejora. Este registro se genera de manera digital, pero se debe entregar físicamente al chofer para que este lo complete al realizar la ruta correspondiente.

Cuadro 63. Registro Ejecución de la ruta

Nombre del registro: Ejecución de la ruta		
Codificación: ER-XX-DD/MM/AAAA		
#	Información	Detalle
1	Placa del camión	-
2	Nombre del chofer	-
3	Hora de Salida de El Coyol	-
4	Kilometraje marcado	Apuntar el kilometraje que hay entre cada parada donde se entrega producto
5	Cantidad de litros al salir de El Coyol	Apuntar la cantidad de litros al salir de El Coyol
6	Cantidad de litros al llegar a El Coyol	Apuntar la cantidad de litros al llegar a El Coyol
7	# de entrega (s) a visitar	Esto debe ser registrado en cada entrega realizada por el chofer, indicando el # de entrega donde realiza la entrega, la hora de llegada, hora de inicio de descarga, de salida.
8	Hora de llegada	En cada finca que haga entrega.

Nombre del registro: Ejecución de la ruta		
Codificación: ER-XX-DD/MM/AAAA		
9	Hora inicio descarga	En cada finca que haga entrega.
10	Hora final descarga	En cada finca que haga entrega.
11	Hora de salida	En cada finca que haga entrega.
12	Eventualidades: Descripción	Por ejemplo si se encuentra un choque, presa, etc.
13	Eventualidades: Hora Inicio	Hora en que inicia el incidente.
14	Eventualidades: hora fin	Hora en que se reanuda el recorrido.

26 Costo del envío

Como se explica en la etapa de diagnóstico, los costos de la ULG tienen una relación directa con costo del envío del producto, que es el precio que paga el asociado por el transporte del producto a granel desde El Coyol de Alajuela hasta cada una de las fincas, y representa el único ingreso para la ULG.

Es importante resaltar, que para este caso en especial, las palabras costo e ingreso se utilizan de manera intercambiable. Esto se da por el hecho de no obtener utilidades. Ejemplo de esto, es que el concepto de costo de ruta es igual que los ingreso por ruta, ya que lo que cuesta es lo mismo que se debe de generar de ganancia. Esto también afecta la dimensión del asociado, ya que lo que le cuesta al asociado la entrega, es una parte de lo que le cuesta a la ULG realizar la ruta, y debe ser lo más igual posible a los ingresos generados por la ruta a la cual pertenece dicha entrega.

26.1 Método de cálculo actual

En la actualidad la ULG utiliza un costo por kilogramo de producto transportado, el cual es multiplicado por la cantidad de kilogramos solicitados en cada pedido, y así se factura el monto total a cancelar por pedido para cada asociado. Este costo es distinto para cada finca, aunque sí es similar entre fincas de una misma zona geográfica. Sin embargo, como se expresa en la etapa de diagnóstico, la ULG desconoce el método exacto de cálculo y las variables exactas consideradas para realizar el cálculo de la constante utilizada en el costo, es decir, actualmente se desconoce si se está cobrando de más o de menos al asociado, sino solamente se utilizan valores previamente definidos por administraciones pasadas, generando incertidumbre en las operaciones. El método de cálculo utilizado actualmente es el siguiente.

Ecuación 1. Forma actual del cálculo del costo de envío cobrado al asociado

*Costo total de envío por pedido (colones) = Costo por kg enviado * total kg solicitados en el pedido*

*Costo por kg enviado ($\frac{\text{colones}}{\text{kg}}$) = constante*km buenos + constante*km malos * factor de corrección*

Donde los km buenos son los kilómetros que se encuentra en buen estado en el trayecto de la ruta hacia la finca y los kilómetros malos son los que se encuentran en mal estado en carretera, la constante es un valor atribuido a cada una de las fincas, dependiendo de la zona en la que se encuentre y el factor de corrección, es un ajuste incremental que se realiza al recorrido por los kilómetros malos de carretera. El desconocimiento es atribuido al origen de la constante utilizada, la cual ha sido utilizada desde administraciones anteriores. Se desconoce la forma de cálculo, información utilizada y el periodo en el que se calcula la misma. Además el factor de corrección utilizado es de 1.3, determinado empíricamente (Ledezma, 2014).

26.2 Propuesta de cálculo del costo del envío

A continuación se presenta la propuesta de cálculo para el costo del envío, así como un ejemplo para cada una de las etapas. La misma fue validada con el programador de rutas de la ULG, y se utiliza como insumo parte de la información que la herramienta programada calcula a la hora de la programación de rutas. La metodología propuesta es la siguiente:

26.2.1 Distribución de gastos en el mes

En la ULG se elabora un recuento de los gastos mensualmente, por lo que al saber cuánto se gasta mes a mes, es posible conocer cuánto se debe ganar en el siguiente mes, de forma que sea lo más cercano posible de un balance entre ingresos y gastos.

Se debe distribuir los ingresos entre los días del siguiente mes en el cual se entrega producto a granel a las fincas. Esta distribución se plantea de acuerdo a la cantidad de kilómetros recorridos en cada uno de los días del mes. Se plantea una categorización de días en el capítulo 35.1.2., donde se clasifican los viajes en 3 escenarios: menor, media y mayor cantidad de kilómetros recorridos. Asignar los ingresos diarios de manera uniforme no es la mejor opción, dado que el costo del envío para cada finca fluctuaría de una manera significativa, ya que hay días con más viajes que otros, con más kilómetros recorridos, y por ende con mayor cantidad de gastos.

Con esta categorización, se asigna los ingresos a obtener el día siguiente cuando se realiza la programación, es decir, el día anterior.

Se utiliza como ejemplo el día 4 de febrero del 2015 para realizar el ejemplo de la metodología del costo del envío. Sabiendo los costos mensuales, y que ese día se recorren 2659 kilómetros, se puede asignar este día a un escenario mayor, por lo que los ingresos a obtener son de ₡1 281 818.

26.2.2 Costo por kilómetro

Una de las ventajas de la herramienta programada, es que se conoce con antelación al día de la distribución de los pedidos cuantos kilómetros se recorren. Al saber cuánto se debe percibir por ingresos ese día, se puede obtener un costo por kilómetro, o cuanto se debe ganar por cada kilómetro recorrido. Esto resulta de dividir los ingresos del día de la entrega entre los kilómetros recorridos del mismo día, como se presenta a continuación.

$$\text{costo por kilómetro recorrido} = \frac{\text{Ingresos de un día}}{\text{Total de km recorridos en un día}} = \frac{1\,281\,818}{2659} = \text{₱}482$$

26.2.3 Ingresos por ruta y costo por asociado

En la programación de un día determinado se tienen una serie de rutas con distintas cantidades de kilómetros recorridos. Al conocer el costo por kilómetro, se puede calcular cuánto debe costar cada ruta del día. A continuación se presenta la distribución de los ingresos que se deben obtener por cada una de las 13 rutas, es decir, lo que se debe cobrar en total por cada ruta.

Cuadro 64. Costo de la ruta

# ruta	distancia (km)	costo de la ruta
1	189	₱91,145
2	164	₱78,825
3	191	₱92,148
4	240	₱115,877
5	190	₱91,691
6	183	₱88,088
7	239	₱115,386
8	159	₱76,832
9	144	₱69,545
10	258	₱124,421
11	240	₱115,540
12	246	₱118,402
13	216	₱103,919
Total	2659	₱1,281,818

Este costo por ruta se distribuye entre los asociados, tomando en cuenta la distancia a recorrer para llegar a la finca y los kilogramos entregados en dicho lugar. Ambas variables tienen el mismo peso, es decir, contribuyen por igual al asignar lo que debe pagar el asociado por dicha entrega. A continuación se explican los pasos a seguir para calcular el costo de distribución para una ruta específica:

1. Se calcula la contribución de distancia y kilogramos de cada una de los números de entrega, esto en forma de porcentaje. Para la primera, se divide la distancia que hay de El Coyol a la finca, entre la distancia total recorrida en la ruta, lo cual da un porcentaje; con la misma lógica se calcula la contribución a los kilogramos.

Cuadro 65. Cálculo de contribución por finca

#de Ruta	# Entrega	Kilogramos solicitados	Distancia de El Coyol a la finca	Contribución distancia	Contribución kilogramos
1	4227	4140	70.46	37%	36%
1	4300	4070	72.54	38%	36%

#de Ruta	# Entrega	Kilogramos solicitados	Distancia de El Coyal a la finca	Contribución distancia	Contribución kilogramos
1	3602	3220	100.61	53%	28%

1. Se suman ambas contribuciones y se obtiene un valor para cada finca, que al sumar las de las demás se calcula un valor final para la ruta. En este caso, la ruta 1 tiene un valor de 229%. Es importante recalcar que este valor tiene fines completamente matemáticos y su interpretación no significa nada relacionado al peso de la ruta u otro tipo de conclusión. Al dividir la suma de la contribución por cada finca y el valor final de ruta, se obtiene cuanto se le debe cobrar al asociado, recordando que cada ruta tiene un costo ya establecido, como se presenta a continuación, recordando que la ruta 1 debe costar ₡91,145.

Cuadro 66. Distribución del costo de la ruta

#de Ruta	# Entrega	Suma contribución	% por # entrega	Total a pagar
1	4227	73%	32%	₡29,269
1	4300	74%	32%	₡29,462
1	3602	81%	36%	₡32,414

27 Control y mejora de las operaciones

27.1 Proceso de control y mejora de las operaciones

El proceso nivel 1 Control y Mejora surge de la etapa de Análisis de mejora y mediante la metodología de diseño de método de hoja en blanco, planteada en el Apartado 3. El proceso es diseñado completamente desde cero porque en la etapa de diagnóstico no se identifica un proceso que promoviera el control y la mejora del desempeño de las actividades de los procesos sustantivos de la ULG.

Además, el modelo conceptual propuesto tiene como premisa la ideología de mejora continua. Tal y como fue explicado en la evaluación preliminar, el ciclo de mejora continua se encuentra compuesto de 4 principales actividades: Planificar, hacer, verificar y actuar (ISO, 2008). Específicamente para las actividades de verificar y actuar es necesaria la creación e implementación de un proceso de Control y Mejora que permita mediante la creación y monitoreo de indicadores que conlleven a la toma de decisiones, además de corregir los problemas encontrados y mejoren las operaciones de la ULG.

Para la creación de los indicadores se propone el subproceso de Elaboración de Indicadores, el cual se encuentra basado en la metodología "Diseño e implementación de un sistema de indicadores" planteada por la norma INTE 01-01-01-05 "Guía para la implementación de sistemas de indicadores". Por su parte, para el control de dichos indicadores y su interacción con las operaciones de la ULG se propone el proceso Control y Mejora, el cual promueve el monitoreo del desempeño y

seguimiento de las actividades presentes en los procesos sustantivos de la ULG. En este se analiza la necesidad de creación de indicadores, el análisis y control de los indicadores existentes, la corrección y prevención de las inconsistencias en relación a estos y promueve la toma de decisiones al presentarse inconvenientes. Como complemento a lo anterior se propone la utilización de una base de datos en el que se registren los problemas históricamente presentados con el cumplimiento de los indicadores, con el objetivo de llegar a mejores y más rápidas soluciones a los problemas con las métricas planteadas. La diagramación de los procesos mencionados se presenta a continuación.

Figura 26. Proceso Control y mejora de las operaciones

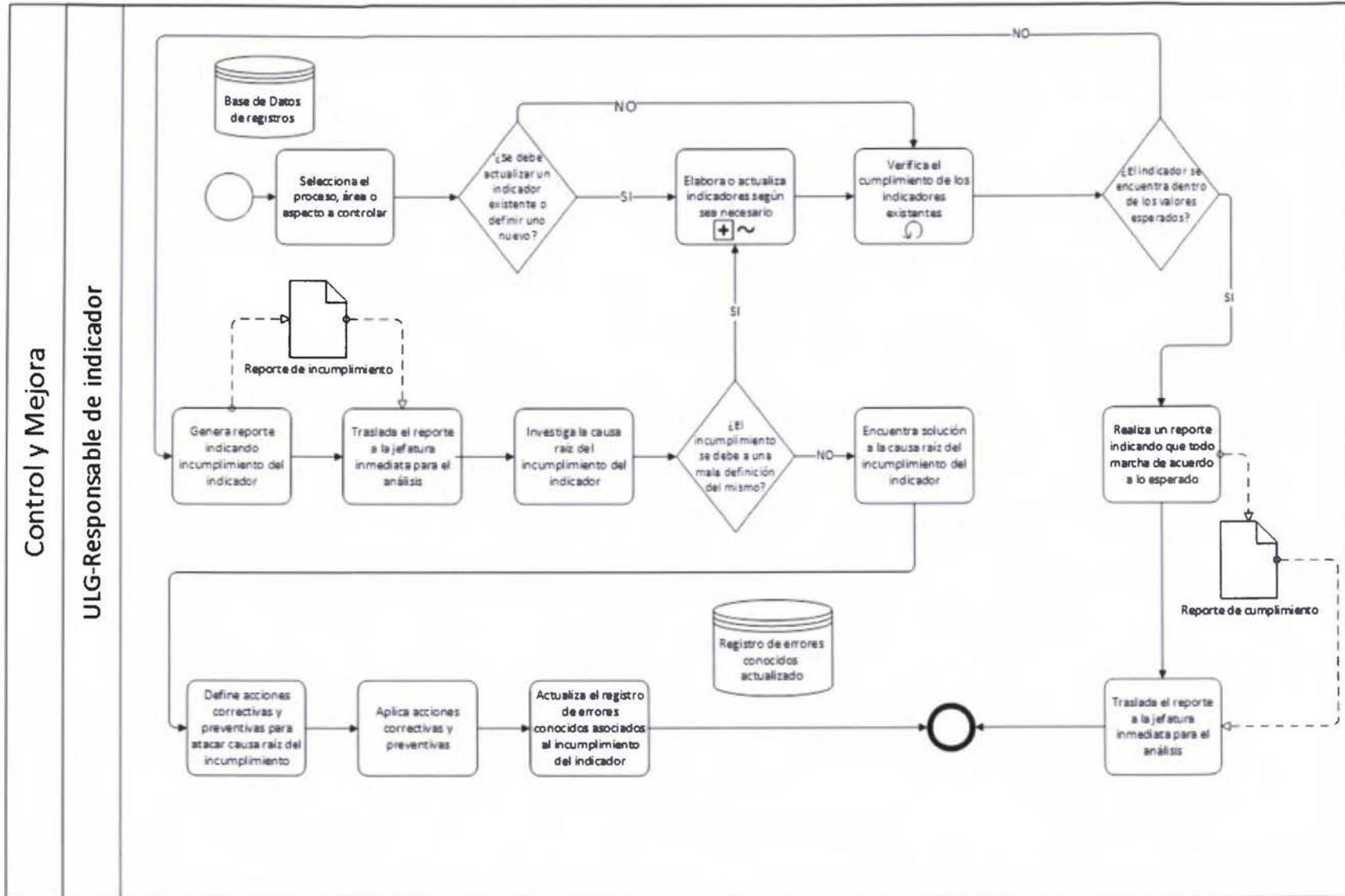
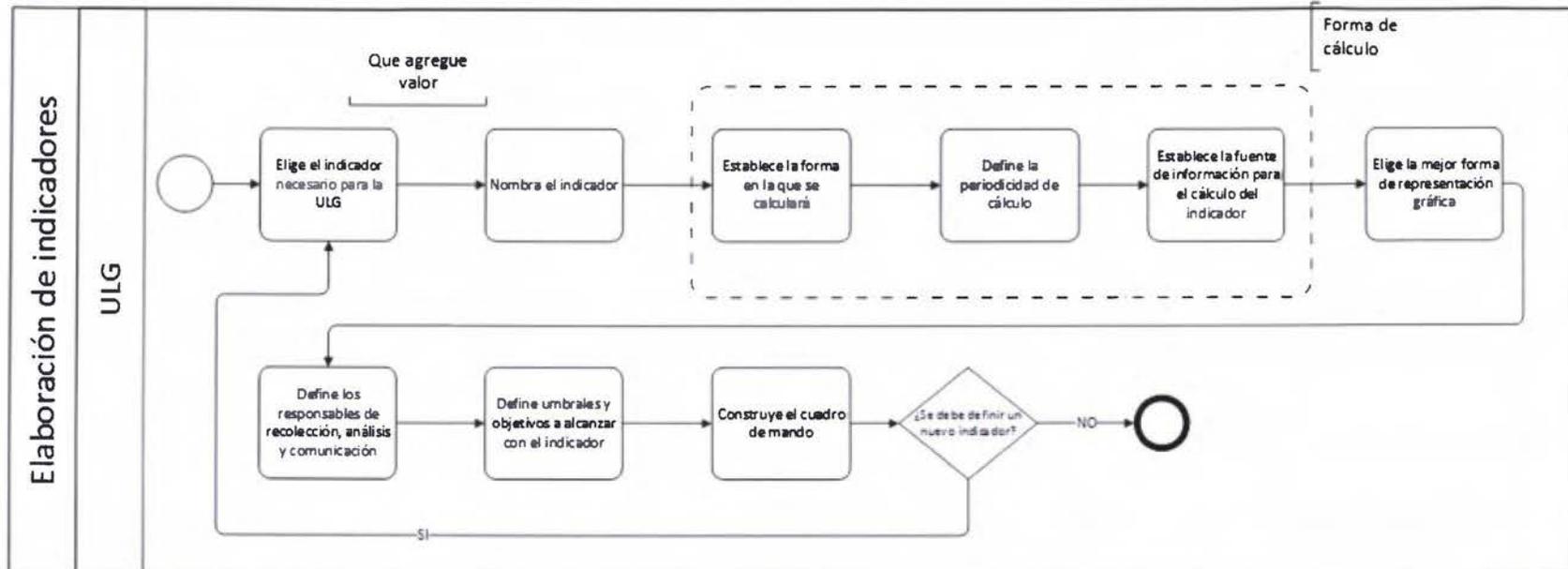


Figura 27. Subproceso de elaboración de indicadores



27.2 Planteamiento del Control y Mejora de las operaciones

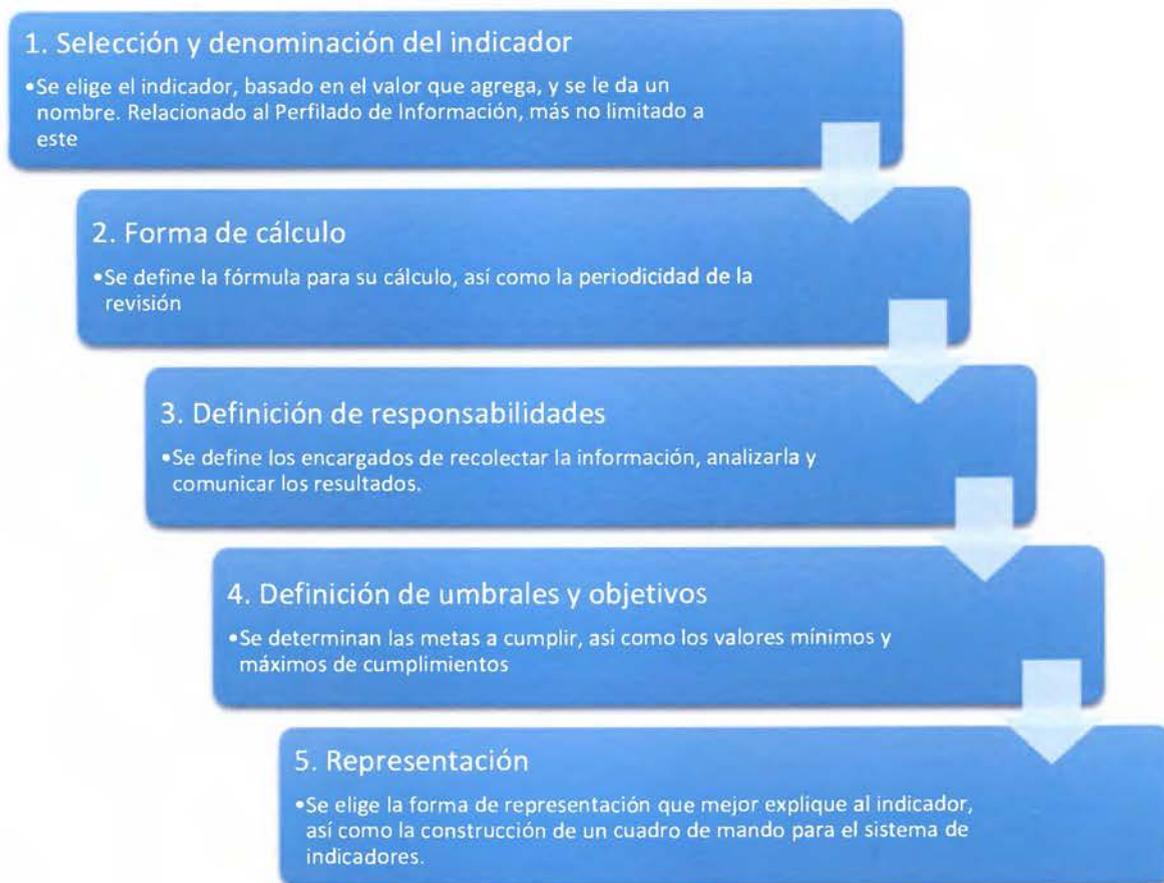
De acuerdo a la norma INTE-ISO 9001:2000, una organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para demostrar la conformidad del producto, asegurarse de la conformidad de los procesos y mejorar continuamente. (INTECO / ISO, 2008)

El enfoque expuesto (Frazelle, 2002) brinda una base de métricas para tomar en cuenta, sin embargo se considera que este debe ser complementado. Es por esta razón que se plantea un proceso de Control y Mejora con una base de indicadores creados, tomando como base la norma INTE 01-01-01-05 "Guía para la implementación de sistemas de indicadores", la cual a su vez es la base del Subproceso de Elaboración de Indicadores. Es en el primer paso de la metodología brindada por esta norma que se da la relación entre el Perfilado de Información y el proceso de Control y Mejora, ya que es a partir del primero que se realiza la selección final de los indicadores a utilizar.

La norma utilizada brinda una metodología para el diseño de indicadores, los cuales son de suma importancia para una organización, ya que facilitan la toma de decisiones en tiempo real, proporcionando información relevante sobre la situación y evolución de una organización. (INTECO / ISO, 2005)

Las etapas de esta metodología son las siguientes:

Figura 28. Metodología diseño e implementación de un sistema de indicadores



Fuente: INTECO / ISO (2005)

Siguiendo esta metodología, las categorías definidas resultado del proceso de Perfilado de Información y el contexto de la ULG, es como se construye la base de los indicadores para el mismo, analizando el flujo que sigue un pedido de alimento a granel a través de los procesos definidos y estableciendo cuáles son los aspectos específicos de los mismos que deben ser controlados a través de la instauración y monitoreo de indicadores. A continuación se describe el origen de los indicadores finales obtenidos para las operaciones de la ULG.

27.3 Selección de los indicadores

Según (Frazelle, 2002), existen 4 tipos de indicadores que pueden utilizarse para medir el desempeño de las actividades logísticas de una organización, dentro de las cuales está incluido el transporte de productos. La categorización que plantea el autor es la siguiente:

1. Métricas financieras: debe incluir los costos totales del transporte, así como el valor económico para la flota.

2. Métricas de productividad: productividad de los activos del transporte y de los operadores, es decir, la flotilla y sus choferes. La medida más importante es la utilización de los camiones en los que se realizan los viajes.
3. Métricas de calidad: se refiere a la calidad de la entrega realizada. Se contemplan métricas como el porcentaje de:
 - a. Envíos sin daños.
 - b. Envíos sin quejas.
 - c. Entregas perfectas.
 - d. Llegadas a tiempo.
4. Métricas de tiempo de respuesta: asociados al desempeño del transporte. Se contemplan métricas como :
 - a. Tiempo en tránsito
 - b. Variabilidad del tiempo en tránsito
 - c. Tiempo de carga/descarga del camión
 - d. Tiempo detenido
 - e. Tiempo por retrasos en tráfico

La primera etapa de acuerdo a la metodología de elaboración de indicadores planteada, consta de elegir los indicadores adecuados, basados en el valor que agregan. Es en esta fase donde se entrelazan el proceso de Control y Mejora y el Perfilado de Información, como se explica a continuación.

27.3.1 Elección de los indicadores con base en el Perfilado de Información

Para determinar cuáles de los aspectos planteados en el Perfilado de Información son los que corresponden a potenciales indicadores, se determinaron dos criterios de selección. El primero de ellos es la importancia de medición del aspecto para la ULG, y la posibilidad de establecimiento de una meta para el aspecto, ambos criterios fueron definidos en conjunto con el personal de la ULG. Si la métrica cumple con una importancia de media a alta, además de la posibilidad de planteamiento de una meta de cumplimiento, es considerado un indicador, de lo contrario se clasifica como un aspecto descriptivo del Perfilado de Información. El análisis de selección llevado a cabo, se presenta a continuación.

Cuadro 67. Elección de los indicadores

#	Aspecto	Categoría de perfilado	Importancia de medición para la ULG	¿Es posible plantear una meta?	Clasificación final
1	Frecuencia de los pedidos	Asociado	MEDIA	NO	Descriptivo
2	Asociados nuevos	Asociado	MEDIA	NO	Descriptivo
3	% Asociados inactivos	Asociado	MEDIA	NO	Descriptivo
4	Costo por kilómetro por camión	Costo del envío	ALTA	NO	Descriptivo
5	Costo por kilómetro por proveedor de transporte	Costo del envío	ALTA	NO	Descriptivo
6	Costo del flete por proveedor de transporte	Costo del envío	ALTA	NO	Descriptivo
7	Costo por kilómetro por ruta	Costo del envío	ALTA	NO	Descriptivo
8	Costo por kilómetro por zona	Costo del envío	ALTA	NO	Descriptivo
9	Capacidad de los proveedores de transporte	Flotilla	ALTA	NO	Descriptivo
10	% utilización del camión	Flotilla	MEDIA	SI	Indicador
11	Cantidad de visitas realizadas por camión (total y por zona)	Flotilla, Zona geográfica	ALTA	NO	Descriptivo
12	Cantidad de kilogramos entregados por proveedor de transporte (total y por zona)	Flotilla, Zona geográfica	ALTA	NO	Descriptivo
13	Cantidad de visitas realizadas por proveedor de transporte (total y por zona)	Flotilla, Zona geográfica	ALTA	NO	Descriptivo
14	Cantidad de kilogramos distribuidos en las fincas	Pedido de producto	ALTA	NO	Descriptivo
15	Clasificación de los productos según la cantidad de kilogramos transportados	Pedido de producto	MEDIA	NO	Descriptivo
16	Cantidad cargada vs. Cantidad solicitada	Pedido de producto	ALTA	SI	Indicador
17	Pedidos no entregados	Rutas	ALTA	SI	Indicador
18	Tiempos de viaje	Rutas	ALTA	SI	Indicador

#	Aspecto	Categoría de perfilado	Importancia de medición para la ULG	¿Es posible plantear una meta?	Clasificación final
19	Distancias recorridas	Rutas	ALTA	SI	Indicador
20	% de viajes con incidentes	Rutas	ALTA	SI	Indicador
21	% entregas con quejas (general)	Rutas	MEDIA	SI	Indicador
22	% entregas a tiempo	Rutas	ALTA	SI	Indicador
23	% rutas perfectas	Rutas	MEDIA	SI	Indicador
24	% entregas perfectas	Rutas	MEDIA	SI	Indicador
25	Tiempo de descarga de producto	Rutas	MEDIA	SI	Indicador
26	% de pedidos no asignados a rutas	Rutas, Asociado	ALTA	SI	Indicador
27	% salidas a tiempo (por chofer o camión propio)	Rutas, Flotilla	MEDIA	SI	Indicador
28	Tiempo en tránsito	Rutas, Flotilla	MEDIA	SI	Indicador
29	Variabilidad del tiempo en tránsito	Rutas, Flotilla	MEDIA	SI	Indicador
30	Tiempo detenido (por camión propio)	Rutas, Flotilla	MEDIA	SI	Indicador
31	Tiempo por retrasos en tráfico (por camión propio)	Rutas, Flotilla	MEDIA	SI	Indicador
32	% de entregas sin daños (asociado al producto)	Rutas, Pedido de producto, Asociado	MEDIA	SI	Indicador

Los indicadores finales obtenidos para las operaciones de la ULG tras la selección anterior, se presentan a continuación, se incluye la característica tipo de métrica, ya sea de productividad, financiera, calidad o de tiempo de respuesta, tal y como lo plantea (Frazelle, 2002).

Cuadro 68. Indicadores planteados para las operaciones de la ULG.

#	Métricas	Categoría de perfilado involucrada	Proceso en el que interviene	Tipo de métrica PMT	Propósito
1	% utilización del camión	Flotilla	Programación y diseño de rutas	Productividad	Verificar la utilización a la que viajan los camiones (por proveedor y camión)

#	Métricas	Categoría de perfilado involucrada	Proceso en el que interviene	Tipo de métrica PMT	Propósito
2	Cantidad cargada vs. Cantidad solicitada	Pedido de producto	Programación y diseño de rutas / Carga del camión	Calidad	Verificar si la cantidad cargada corresponde a la cantidad solicitada por el asociado
3	Pedidos no entregados	Rutas	Ejecución del transporte	Calidad	Determinar la cantidad de pedidos no entregados en relación a las visitas realizadas
4	Tiempos de viaje	Rutas	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar el tiempo asociado a la ejecución de cada ruta
5	Distancias recorridas	Rutas	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar las distancias recorridas por cada ruta
6	% de pedidos no asignados a rutas	Rutas, Asociado	Ejecución del transporte	Calidad	Conocer el % de pedidos que por alguna razón no están siendo asignados a una ruta
7	% de viajes con incidentes	Rutas	Ejecución del transporte	Calidad	Determinar la cantidad de viajes en los cuales se presentaron incidentes
8	% entregas con quejas (general)	Rutas	Ejecución del transporte	Calidad	Determinar la cantidad entregas con alguna queja relacionada
9	% de entregas sin daños (asociado al producto)	Rutas, Pedido de producto, Asociado	Ejecución del transporte	Calidad	Determinar la cantidad de entregas en las cuales el producto fue entregado sin daño alguno
10	% entregas a tiempo	Rutas	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar la cantidad de entregas a tiempo
11	% salidas a tiempo (por chofer o camión propio)	Rutas, Flotilla	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar si el chofer sale a la hora establecida
12	% rutas perfectas	Rutas	Ejecución del transporte	Calidad	Determinar la cantidad de rutas perfectas
13	% entregas perfectas	Rutas	Ejecución del transporte	Calidad	Determinar el % de entregas perfectas: realizadas a tiempo, entregando el producto en cantidad y condiciones pactadas, sin quejas del asociado, en la finca correcta

#	Métricas	Categoría de perfilado involucrada	Proceso en el que interviene	Tipo de métrica PMT	Propósito
14	Tiempo en tránsito	Rutas, Flotilla	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar el tiempo utilizado en cada ruta realizada
15	Variabilidad del tiempo en tránsito	Rutas, Flotilla	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar la variabilidad asociada al tiempo que se utiliza para realizar una ruta
16	Tiempo de descarga de producto	Rutas	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar el tiempo utilizado en realizar la descarga de los pedidos en las fincas
17	Tiempo detenido (por camión propio)	Rutas, Flotilla	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar el tiempo que pasa el camión detenido, que no está asociado a tráfico o descarga del producto
18	Tiempo por retrasos en tráfico (por camión propio)	Rutas, Flotilla	Ejecución del transporte	Tiempo de respuesta	Determinar la cantidad de tiempo que transcurre en retrasos por tráfico

Como se menciona en el proceso de Ejecución del Transporte, cada camión tiene un único chofer, por lo que las métricas establecidas para la categoría de Flotilla aplican también al chofer. A esto se debe sumar los indicadores relacionados a calidad, específicamente, ya que el chofer debe rendir cuentas antes los resultados de estos, pues es el principal responsable del desempeño de esta operación.

Los indicadores fueron validados con la contraparte de la ULG, así como con el personal que se está involucrado en esta propuesta planteada. Todos los indicadores fueron aprobados y se procede a definir en conjunto la información referente a la periodicidad del cálculo, revisión, fuente de información, responsabilidades, umbrales y objetivos, los cuales son aspectos correspondientes a los demás pasos de la metodología planteada como base para el proceso de Elaboración de Indicadores. En el Apéndice 21 se puede consultar la tabla completa con la información complementaria.

Es importante destacar que a pesar de que las categorías del perfilado impulsan la creación de los indicadores, estas no son la única fuente para la elaboración de los mismos, es por esto que en la documentación del proceso de Control y Mejora se deja prevista la posibilidad de creación de nuevos indicadores según se considere necesario, a partir del subproceso de Elaboración de Indicadores.

27.4 Registros asociados

A partir de los dos procesos definidos, se crea un nuevo registro llamado Problemas y Errores conocidos, que tiene como propósito tener a alcance y de una manera ordenada y organizada el registro de los problemas que históricamente se han presentado con los indicadores, y sus respectivas soluciones, esto con el propósito de facilitar la solución de problemas iguales o similares que se presenten en el día a día. A continuación se presenta el registro.

Cuadro 69. Registro de problemas y errores conocidos

Nombre del registro: Problemas y Errores Conocidos	
Codificación: PEC-XX-DD/MM/AAAA	
Información	Detalle
Problema de incumplimiento	Problema encontrado con incumplimiento del indicador
Fecha de ocurrencia	Fecha de ocurrencia del problema
Responsable de solución	Responsable de buscar solución al problema encontrado
Causa raíz de incumplimiento	Origen del problema
Solución identificada	Solución al problema encontrado
Fecha de aplicación de la solución	Fecha en la que se soluciona el problema
Acción correctiva	Acción llevada a cabo para corregir el problema, parte de la solución
Acción Preventiva	Acción llevada a cabo para evitar la recurrencia del problema
Responsable de seguimiento	Responsable de verificar que el problema no se vuelva a presentar

28 Herramienta programada PMT

Para realizar la transición de lo que se desea lograr con la implementación del PMT y la consecuente ejecución de los procesos que le brindan apoyo al modelo propuesto, se recurre al desarrollo de una herramienta programada para la ULG, la cual pretende lograr el nivel de automatización necesaria para lograr el objetivo planteado del trabajo.

En primera instancia se recurre a la ingeniería de requerimientos para lograr la definición de los requisitos que se establecen en las actividades de los procesos que requieren un nivel de automatización. La ingeniería de requerimientos es una manera útil de determinar las necesidades del usuario final en relación a la herramienta a programar. Es una disciplina que cumple un papel primordial en el proceso de desarrollo de software, ya que se especializa en la definición del comportamiento del sistema, es decir, de lo que se desea desarrollar o producir, y las funciones que el mismo tendrá (Rossel & Bahamonde, 2015).

A partir de los requerimientos funcionales y no funcionales, así como los casos de uso definidos en la ingeniería de requerimientos es que se diseña la herramienta programada. Dicha herramienta consta de 6 diferentes módulos, asociados a los procesos diseñados y las partes del Plan Maestro de Transporte planteado, como se presenta a continuación:

Cuadro 70. Relación de los módulos de la herramienta con los procesos diseñados y partes del PMT planteado

Módulo de la herramienta	Proceso diseñado
Perfilado de información	Perfilado de Información
Control y Medición	Control y Mejora
Gestión de la Flotilla	Programación de Rutas
Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas	Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas
Programación y Diseño de rutas	Programación de rutas
Costo del envío de producto	Costo del envío de producto

28.1 Ingeniería de requerimientos de la herramienta

Con el objetivo de realizar la definición e implementación de los requerimientos necesarios en la herramienta, se procede a adoptar la metodología de trabajo DORCU³² (Documentación de Requerimientos Centrada en el Usuario), la cual es caracterizada por su flexibilidad y orientación al usuario (Báez & Barba, 2015). Consta de cuatro principales etapas, como se aprecia en la siguiente figura:

³² Una explicación más detallada de la metodología se encuentra en el Anexo 3.

Figura 29. Metodología DORCU para la ingeniería de requerimientos



Fuente: Báez & Barba (2015)

Para generación inicial de los requerimientos se realiza una entrevista a uno de los colaboradores (Herrera, 2015) para determinar los requerimientos por parte de la ULG. Los requerimientos determinados son clasificados en funcionales y no funcionales. Los primeros determinan las funciones que la herramienta será capaz de realizar para transformar entradas en salidas, mientras que los segundos definen cómo debe verse la herramienta y están relacionados con las características que de una u otra forma puedan limitar el sistema (IEEE, 2015).

Luego de obtener los requerimientos a partir de la entrevista, estos son analizados por el grupo de trabajo, para determinar si estos son realmente necesarios o si deben ser modificados, para poder conformar la lista de requerimientos funcionales y no funcionales para cada uno de los módulos a diseñar.

A partir de los requerimientos definidos, estos se especifican con mayor detalle y se crea la primera versión del documento escrito de la Ingeniería de Requerimientos, la cual se evalúa por parte de los potenciales usuarios. A esta fase se le conoce como especificación de los requerimientos.

Como última etapa se validan y se certifican los requerimientos finales, entregando como resultado final, la Ingeniería de Requerimientos, el cual se presenta en el Apéndice 22, el cual sigue el formato propuesto por la IEEE en su documento *IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications* (IEEE, 2015).

28.2 Diseño y programación de la herramienta

El punto de partida para el diseño de la interfaz gráfica y la programación de la herramienta es la ingeniería de requerimientos, ya que esta es la voz del cliente, y es a lo que se debe ajustar el trabajo. Cada módulo es descrito en dos partes diferentes, tanto en cada apartado del PMT presente en este documento, como en el Manual de Usuario.

Cada uno de los módulos se relaciona a los apartados de la etapa de diseño planteado, ya que estos responden no solo a la ingeniería de requerimientos, sino al planteamiento teórico de cada parte del PMT de la herramienta complementa. La descripción de los módulos se da a un nivel general, y como esta responde al marco teórico de cada componente del PMT. Para dar una idea básica de cómo funciona se utilizan los requerimientos y se mencionan los casos de uso.

Para una descripción detallada del uso, así como imágenes de la interfaz gráfica de toda la herramienta, en específico de cada módulo, se puede consultar el Apéndice 23 Manual de Usuario, el cual es una guía de cómo utilizar paso a paso la herramienta y poder obtener los resultados que el usuario requiere.

A continuación se presenta una descripción de las funciones de los módulos de la herramienta, con el propósito de dar idea de la interrelación entre los mismos y sobre la utilización por los potenciales usuarios, los resultados que este entrega y las restricciones y limitaciones a los cuales se puede someter. Para ver el detalle de la ingeniería de requerimientos realizada, consultar el Apéndice 22.

28.2.1 Módulo del Perfilado de Información

El Perfilado de Información planteado es soportado por un módulo dentro de la herramienta programada llamado Módulo de Perfilado de Información. Con esta aplicación se busca facilitar la construcción del Perfilado de Información, y que luego esta sea un insumo para el resto de las operaciones de la ULG, así como para los demás módulos dentro de la herramienta programada. Dicho módulo debe cumplir con varias funciones para brindar los resultados esperados y cubrir las necesidades de los usuarios de la ULG relacionadas al Perfilado de Información, tales como la importación de registros, adición de métricas y generación de gráficos asociados a dichas métricas de manera que se promueva la toma de decisiones.

28.2.2 Módulo de Control y Mejora

El proceso de Control y Mejora es soportado por un módulo dentro de la herramienta programada llamado Módulo de Control y Mejora. Con esta aplicación se busca tener una base de datos de los indicadores planteados, así como la documentación de los resultados que se van generando mes a mes, con la opción de graficar este comportamiento. Por último, se presenta una opción para registrar los incumplimientos de indicadores en cada revisión, haciendo énfasis en la solución que se debe dar para mejorar el desempeño.

Además se plantea que la herramienta permita la creación y mantenimiento de una base de datos de conocimiento o de errores conocidos, cuyo propósito es tener en fácil alcance, información relacionada a un problema en específico, para el momento en el que se presente se tenga un conocimiento sobre cómo posiblemente proceder ante el mismo, de acuerdo a la ocurrencia de ese problema o de problemas similares.

28.2.3 Módulo de Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas

La definición de zonas geográficas y la asignación de fincas son soportadas por un módulo dentro de la herramienta programada llamado Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas. Con esta aplicación se busca tener una base de datos actualizada de las fincas a las cuales se les distribuye producto a granel, para luego asignarlas a una zona geográfica basada en su latitud y longitud.

28.2.4 Módulo de Configuración de Flotilla

Este módulo permite modificar bases de datos de los camiones, así como la capacidad recomendada a utilizar en cada camión. Existe relación de la flotilla con los módulos de Perfilado de Información, Control y Mejora y Programación de Rutas. En el módulo de Perfilado de Información se realiza una descripción de las principales variables relacionadas a los camiones como tipos de proveedor de transporte, porcentaje de utilización de los camiones, cantidad de visitas realizadas, entre otros. Mientras que en el módulo de Control y Mejora se consulta el cumplimiento de los indicadores asociados la flotilla y se documentan los problemas que se encuentren en relación a ella, su causa raíz, solución y principales acciones correctivas y preventivas.

28.2.5 Módulo de Costo del Envío

La metodología planteada para el cálculo del costo del envío de producto a granel se apoya en el módulo de Costo del Envío, el cual automatiza el cálculo de dicha variable. El proceso de Programación de Rutas se apoya en el módulo del mismo nombre. Este módulo utiliza información de los pedidos solicitados por los asociados, además de utilizar como insumo la información de los módulos de Configuración de Flotilla, Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas y de Costo del Envío.

28.2.6 Módulo de programación de rutas

El proceso de Programación de Rutas se apoya en el módulo del mismo nombre. Este módulo utiliza información de los pedidos solicitados por los asociados, además de utilizar como insumo la información de los módulos de Configuración de Flotilla, Definición de Zonas Geográficas y Asignación de Fincas y de Costo del Envío.

Con este módulo se busca generar las rutas con las que se realiza la distribución del producto y el documento que se entrega a la PAB para la carga del camión.

29 Conclusiones Etapa de Diseño

- El Plan Maestro de Transporte representa una solución integral para las oportunidades de mejora identificadas para la Unidad Logística Granel, tomando en cuenta todas las variables necesarias para las operaciones de la organización, controlando todo el alcance de las funciones de la misma, y buscando la mejora continua.
- El modelo conceptual es una herramienta que permite expresar gráficamente la interrelación de componentes externos e internos, procesos, metodologías e indicadores de una organización, y corresponde a una buena base para el desarrollo de un proyecto práctico a investigativo.
- El perfilado de información se basa en una metodología sistemática y estructurada, donde se canalizan todos los datos internos y externos, y permite la consolidación análisis, sistematización y almacenamiento de los mismos, generando información categorizada y que puede ser aprovechada por el resto de los procesos de la ULG, permitiendo la toma de decisiones informada y un monitoreo de las actividades.
- La inclusión de un proceso de Control y Mejora en todas las operaciones de la ULG, brinda una base para mantener una cultura de mejora continua dentro de la organización, mediante la creación de indicadores y herramientas que promueven acciones correctivas y preventivas en relación a los problemas que se presenten en cualquier proceso de la organización.
- En el algoritmo programación de rutas se consideran todas las restricciones identificadas en la etapa de diagnóstico. Como se busca que las rutas incluyan idealmente fincas que se encuentren dentro de una misma zona (estas zonas a su vez definidas utilizando una metodología sistemática) se logra obtener un secuenciamiento de las fincas dentro una ruta de forma que se tengan los menores recorridos posibles.
- Con la metodología propuesta para el cálculo para la constante utilizada en el costo del envío, se garantiza que se estén utilizando costos actualizados gracias a la frecuencia de revisión. Además, se toma en consideración el aporte relativo de cada una de las zonas geográficas. En cuanto al volumen de producto solicitado, siendo que la constante, y consecuentemente el costo de envío, es menor para las zonas que solicitan una mayor cantidad de producto. Además el aspecto diferenciador en el costo de envío entre una finca y otra, son la cantidad de kilómetros buenos y malos en la ruta hacia y desde cada finca.
- La herramienta desarrollada se encuentra ligada con los componentes del modelo planteado, de manera que diariamente se puedan generar productos concretos para la programación de rutas, el perfilado de información, el control y mejora de las operaciones, y el cálculo fundamentado del costo del envío de producto a granel. Dicha herramienta brinda un abordaje integral de las variables que influyen en los procesos diseñados para la ULG, y asiste en la ejecución del Plan Maestro de Transporte propuesto para la organización, y a su vez, en la realización de las actividades diarias.

Capítulo IV Validación

30 Objetivos de validación

30.1 Objetivo General

Validar el Plan Maestro de Transporte propuesto para la Unidad Logística Granel de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos con el fin de comprobar la mejora en la gestión de la operación de distribución de alimento a granel mediante la identificación de los beneficios cuantitativos y cualitativos obtenidos.

30.2 Objetivos específicos

1. Garantizar el adecuado funcionamiento de la programación de los módulos propuestos para la generación de rutas, el perfilado de información, control y mejora y el cálculo del costo del flete en la herramienta de apoyo desarrollada, de modo que se obtenga información veraz, oportuna, suficiente y clara.
2. Determinar y comprobar los beneficios asociados del modelo propuesto con el fin de demostrar el cumplimiento de los objetivos y los indicadores de éxito del proyecto, así como la aplicabilidad del Plan Maestro de Transporte.
3. Capacitar a la contraparte y los colaboradores de la ULG respecto al PMT y el impacto que puede tener en la organización, con el fin de asegurar el entendimiento y correcta utilización del modelo y la herramienta planteada.

Cuadro 71. Metodología de Validación

Objetivo	Actividad	¿Para qué?	Herramienta	Resultados
Garantizar el adecuado funcionamiento de la programación de los módulos propuestos para la generación de rutas, el perfilado de información, control y mejora y el cálculo del costo del flete en la herramienta de apoyo desarrollada.	Comparar los resultados generados por la herramienta contra la programación de rutas real de la ULG en distintos escenarios.	Comprobar la pertinencia de los resultados generados por la herramienta programada y que esta funcione de acuerdo a las necesidades y requerimientos planteados	Generación de escenarios Comparación de escenarios reales y propuestos	Metodologías y herramientas validadas en cuanto a funcionalidad y salidas.
	Evaluar los resultados asociados a los módulos, como el Cálculo del Costo, Perfilado de Información y Control y Mejora.		Evaluación exhaustiva de la herramienta	
	Verificar el funcionamiento de los módulos con los colaboradores de la ULG.		Entrevistas Iteraciones de prueba	
Determinar y comprobar los beneficios asociados al Plan Maestro de Transporte propuesto	Cuantificar los beneficios cuantitativos asociados al Plan Maestro de Transporte planteado para la ULG	Demostrar el cumplimiento de los objetivos, indicadores de éxito del proyecto así como la aplicabilidad del Plan Maestro de Transporte	Entrevistas Generación de escenarios Comparación de escenarios reales y propuestos	Indicadores del éxito del proyecto determinados Beneficios cuantificados Beneficios cualitativos descritos
	Describir los beneficios cualitativos asociados al Plan Maestro de Transportes planteados para la ULG			
	Diseñar un plan de capacitación para los colaboradores de la ULG			
Capacitar a la contraparte y los colaboradores de la ULG respecto al PMT y el impacto en la organización.	Desarrollar el plan de capacitación con los colaboradores de la ULG	Con el fin de asegurar el entendimiento y correcta utilización del modelo y la herramienta planteada	Diseño de Capacitación	PMT validado y entendido Colaboradores capacitados
	Evaluar la comprensión del modelo y la herramienta planteada.		Ejecución de Capacitación	
			Evaluación de conocimientos	

32 Funcionamiento e interfaz del módulo de programación de rutas

32.1 Correcto funcionamiento de la herramienta: validación de la herramienta

Una vez que se concluye el desarrollo la herramienta, a nivel de programación e interfaz gráfica, se empiezan a correr las diferentes programaciones de rutas, a modo de prueba, esto con el fin de validar si los resultados obtenidos, es decir, que la suma de los kilómetros recorridos y el tiempo transcurridos sean valores acorde a la realidad, y en la medida de lo posible, menor a lo realizado por la ULG.

En una primera ronda de pruebas, se encuentra que los kilómetros recorridos totales por día son mayores a los recorridos en las programaciones realizadas por la ULG, pero con valores lógicos. A partir de esta situación, se realiza un cambio al algoritmo de generación de rutas, específicamente en el orden en el que se visitan las diferentes zonas geográficas, ya que se identifica que esto es la raíz del problema. El orden que prevalece se obtiene de un análisis a partir de las distancias por carretera entre cada una de las zonas, definiéndolo de modo que las distancias se minimizan cuando en las rutas se visita más de una zona geográfica, es decir, cuando se deja un pedido en una finca en la zona 1 y luego se entrega otro en una finca de la zona 2.

Al realizar este cambio, se continúa con las pruebas, donde lo que se busca para obtener datos que tengan validez es lo siguiente:

1. Se comprueba para cada una de las rutas realizadas que la carga no excede la carga legal del camión a utilizar. En la totalidad de los casos no se obtienen incumplimientos en este rubro.
2. Se suman las distancias entre cada uno de los puntos visitados en la ruta, para obtener una distancia total de ruta. Esto se comprueba en tres partes: en primer lugar con la matriz de distancias elaborada, luego con el programa *Google Earth*, y por último con el programador de rutas. Se confirma que las distancias acumuladas son lógicas, y se empieza a ver el impacto positivo, al reducir la cantidad total por cada día de rutas realizadas.
3. Al igual que con las distancias, se realiza el mismo chequeo para los tiempos, obteniendo los mismos resultados positivos.

Al probar diferentes combinaciones de rutas, continua el mismo comportamiento, es decir, se reducen los kilómetros y minutos totales por día, y cumpliendo la totalidad de las restricciones planteadas.

32.2 Interfaz de la herramienta

El módulo de programación de rutas permite al usuario ingresar los pedidos solicitados por los asociados, los cuales deben ser entregados en una determinada fecha. La herramienta permite agregar, eliminar o modificar aspectos relacionados a camiones, asociados y productos. En el Apéndice 23 Manual de Usuario, se brinda toda la información relacionada a la herramienta y como debe ser utilizada. A continuación se presenta la pantalla principal de dicho programa:

Figura 30. Módulo de programación de rutas: Ingreso de Orden

Módulo de Programación de Rutas

NUEVA ORDEN

Nombre de Socio	<input type="text"/>	
Número de Entrega	<input type="text"/>	<input type="button" value="Limpiar Órdenes"/>
Producto	<input type="text" value="PERFECTA ESPECIAL GRANEL"/>	<input type="button" value="Generar Rutas"/>
Cantidad de Kilogramos	<input type="text" value="0.0"/>	

Figura 31. Módulo de programación de ruta: Modificación de variables



BASE DE DATOS

Seleccione Conjunto	Seleccione Operación
<input type="button" value="Producto"/>	<input type="button" value="Agregar"/>
<input type="button" value="Camión"/>	<input type="button" value="Borrar"/>
<input type="button" value="Asociado"/>	<input type="button" value="Modificar"/>

En la Figura 30 se encuentran las variables que deben ser ingresadas para poder realizar la programación de rutas deseada. En la Figura 31 se puede identificar la base de datos de productos, camiones y asociados, con las distintas opciones de agregar, borrar y modificar para cada uno de los aspectos. Es importante resaltar que en todos los campos presentes en la Figura 31 se debe ingresar información, de lo contrario el programa emite un mensaje de alerta. Para poder realizar la programación de rutas respectiva se debe ingresar la siguiente información:

Cuadro 72. Parámetros a ingresar para programar rutas

Variable	Información a ingresar
Nombre de socio	Nombre del asociado dueño de la finca
Número de entrega	Código asociado a cada finca
Producto	Elegir un producto de la lista desplegable.
Cantidad de kilogramos	Ingresar la cantidad de kilogramos a entregar
Otras variables	
Ventana de tiempo de entrega	No se debe ingresar información, ya que al ingresar el nombre de socio, esto ya es utilizado por el programa
Fecha de entrega	No se debe ingresar, ya que la programación se realiza el día anterior a la entrega, por lo que la fecha ya la brinda el programa.

Se considera como una orden cada vez que se termina de ingresar los 4 parámetros. Una vez que se finaliza de ingresar dicha orden, se debe presionar el botón “Nueva Orden” para continuar con las órdenes restantes. En caso de que se necesite entregar otro producto a la misma finca, se debe agregar otra orden, es decir, repetir el procedimiento anterior para la misma finca pero con un producto diferente. Al finalizar de ingresar las órdenes se presionar el botón “Generar Rutas” para proceder con la programación de rutas respectiva.

32.3 Iteraciones en el programa

Una vez que se da inicio a la operación de “Generar Rutas” el programa ejecuta los algoritmos diseñados. Primero el algoritmo de generación de rutas, el cual genera la primera ruta, la cual es secuenciada y evaluada por el algoritmo de evaluación de rutas. Esto se realiza hasta que se asignen todos los pedidos, o no se tengan más recursos disponibles, es decir, no se cuente con más camiones disponibles. Como resultado de este proceso, se genera un grupo de rutas, con un puntaje definido. Es aquí donde entra en consideración la cantidad de iteraciones. Si se corre el programa con una sola iteración, la programación de rutas acaba al momento de terminar esta iteración, sin embargo esto no asegura que se tenga la mejor combinación de rutas. El programa funciona de forma que almacena el grupo de rutas con calificación más baja, es decir, si por ejemplo en la iteración 5 se obtiene una determinada nota, y luego de esa no se

genera un mejor grupo de rutas, es decir con menor nota, entonces se define el grupo de rutas de la iteración 5 como el elegido.

32.3.1 Definición de la cantidad de iteraciones

Con el objetivo de comprobar la cantidad de iteraciones recomendada para la ejecución del programa, se selecciona un día al azar de cada uno de los meses del periodo analizado, obteniendo un total de 24 días. Se realizan corridas con 10, 100, 500, 1000, 5000, 10 000 y 12 500 y 20 000 iteraciones para cada uno de los días. Se encuentra que en un 87% de los casos la menor ruta se alcanza en la corrida con 10 000 iteraciones, y que para las corridas con 12 500 y 20 000 iteraciones no se encuentra ningún cambio en la nota de la ruta, por lo que se define como 10 000 la cantidad de iteraciones recomendada. Además se tiene un tiempo promedio de ejecución del programa de 25 min ³³con ese número de iteraciones, lo que se considera completamente acertado para la programación diaria de las rutas en la ULG.

Es importante destacar que el algoritmo planteado, no mejora conforme se ejecutan las iteraciones, es decir, no necesariamente la iteración 1000 es mejor que la primera, pues el programa está diseñado para tomar los pedidos aleatoriamente. Es por esto que se realiza una comparación con diferentes números de iteraciones para un grupo de datos para llegar a una cantidad recomendada.

33 Resultados de la validación del PMT propuesto

33.1 Perfilado de Información y Control y Mejora

La herramienta propuesta para el perfilado de información está asociada a aspectos que actualmente la ULG no mide y no controla, por lo que cuantificar los beneficios que se tienen con estos módulos de la herramienta no es posible. Sin embargo es importante destacar que se proponen métricas e indicadores que abarcan todas las etapas del Ciclo de Vida del Pedido de Producto a Granel, para de esta formar garantizar que se cubre absolutamente todos los procesos de la organización y se promueve la mejora continua. Los beneficios de la herramienta podrán ser cuantificados una vez que se implemente la misma y se empiecen a analizar las métricas y calcular los indicadores que se proponen. Al momento de la validación, solo el indicador de utilización del camión se puede calcular, así como el cálculo del costo por ruta y por kilómetro, los cuales se mencionan en este apartado.

33.2 Programación de rutas

Tanto en el Capítulo I y II se calculan distancias extra recorridas, lo cual lleva en una primera instancia a descubrir en la etapa de propuesta de proyecto la posibilidad de ahorrar cerca de 5.5 millones, lo cual

³³El tiempo de ejecución también depende del hardware y equipo a utilizar, entre mayor capacidad de procesamiento menor es el tiempo de ejecución.

aumenta a un total de 13 millones en la etapa de diagnóstico. En esta etapa este rubro se incrementa debido a que el intervalo de tiempo se amplía a de uno a dos años, obteniendo una muestra de rutas dentro del período estudiado. Aunado a esto, la forma en cómo se calculan estos ahorros se realiza de manera más robusta, ya que las rutas son programadas, obteniendo cálculos más acertados que en etapas anteriores, esto para tiempo y distancia. Al principio se comienza con una noción de que existe la posibilidad de un ahorro, y con esta etapa se confirma esta suposición.

Una vez que se generan las rutas por la herramienta, se obtienen dos archivos, el primero es el listado de pedidos ingresados, el cual incluye todos los pedidos tomados en cuenta en la generación de rutas, con sus características. El segundo archivo es la programación de rutas, el cual se presenta a continuación.

Cuadro 73. Resultado de la programación de rutas

Mes	Día	#de Ruta	Producto	KGS A Entregar	Zona	# Entrega	Precio por kg	Precio total envío	Placa del Camion	Rendimiento	Proveedor	Kilometros	Tiempo	Combustible (L)
11	28	1	VAP FEED GRANEL	4140	1	4227	€14.8	€61,065	152388	1.73	Dos Pinos	70	105	40.7
11	28	1	SUPLEMAX KG	4070	1	4300	€15.4	€62,510	152388	1.73	Dos Pinos	2	4	1.2
11	28	1	FASE 1 GRANEL	2955	2	19	€14.1	€41,719	152388	1.73	Dos Pinos	9	22	5.0
		1				COYOL			152388	1.73		77	125	44.4
11	28	2	DESARROLLO RB GRANEL	7921	2	19	€14.1	€111,846	152444	1.65	Dos Pinos	77	125	46.5
11	28	2	VAP FEED GRANEL	6210	2	4972	€13.0	€80,916	152444	1.65	Dos Pinos	14	31	8.7
		2				COYOL			152444	1.65		80	124	48.8
11	28	3	CRAPID GRANEL	2519	2	19	€14.1	€35,566	152445	1.98	Dos Pinos	77	125	38.8
11	28	3	VAP FEED GRANEL	3100	2	3457	€12.6	€39,122	152445	1.98	Dos Pinos	14	26	6.9
11	28	3	VAP FEED ESPECIAL GRANEL	8192	2	3915	€13.4	€109,609	152445	1.98	Dos Pinos	13	23	6.8
		3				COYOL			152445	1.98		86	127	43.7

Las columnas que se incluyen son las siguientes:

- El mes y día en la cual se entrega el producto
- La cantidad de rutas a realizar
- El producto a entregar
- La cantidad de kilogramos que deben ser entregados
- La zona geográfica a la cual pertenece la finca
- El código o número de entrega de la finca
- El precio por cada kilogramo transportado
- El precio total del envío
- La placa del camión que realiza la entrega
- El rendimiento del camión
- El proveedor del transporte
- Los kilómetros a recorrer en cada tramo
- El tiempo para los kilómetros recorridos
- El gasto de combustible

Como se puede visualizar en el Cuadro 73, en las rutas no se presentan cruces de zonas, sin embargo esto fue un aspecto que se considera posible dentro de la programación de rutas. Se presentan cruces de zonas

en el 40% de las rutas diseñadas, sin embargo, cuando esta situación acontece, el algoritmo busca que la distancia entre las fincas de las zonas que deben mezclarse sea la menor posible.

Es crucial entender que el cruce de zonas debe ser permitido, ya que de lo contrario, las órdenes de un día no se entregarían en su totalidad. Esto se descubre a la hora de diseñar el algoritmo, donde se presenta la condición de que no se cuenta con más camiones disponibles, además de que la utilización de estos era muy baja (mínimo 2 compartimentos totalmente vacíos). Es por esta razón que, aunque se busca no cruzar zonas, en caso de que se crucen, estas combinaciones de zonas se hace de manera que sean las más cercanas entre sí.

34 Plan de implementación del sistema

El plan de implementación del Plan Maestro de Transporte propuesto para la ULG consta de dos fases. La primera de ellas consiste en un cronograma estructurado de capacitaciones al personal de ULG, específicamente a la persona encargada realizar la programación de rutas. En las capacitaciones mencionadas el grupo de trabajo tiene como objetivo transmitir el conocimiento que se tiene sobre el funcionamiento de la herramienta y verificar que el mismo quede completamente dominado por el programador de rutas, al validar que los resultados generados por la herramienta, teniendo al programador como usuario, sean aceptables.

Continuando la fase de capacitación, el programador de rutas se encarga de realizar capacitaciones a los conductores y demás personal involucrado en los procesos diseñados para la ULG, para que se lleven a cabo por completo el proceso de implementación del PMT y se garantice la ejecución de los procesos.

Para la fase 2, la implementación de la herramienta, se propone se realicen primeramente pruebas del funcionamiento de la herramienta en ambiente de producción, es decir cuando la herramienta tenga interacción directa con el proceso de programación de rutas y los pedidos del asociado. Paralelamente a esto, se propone se realice la programación con el proceso actual, esto durante un periodo de 3 semanas. Posteriormente se procedería con la implementación completa del nuevo proceso de programación de rutas, utilizando la herramienta programada propuesta por el grupo de trabajo con el debido seguimiento al nuevo proceso planeado. Para esto se propone una reunión de seguimiento quincenal con los conductores y demás personal que tiene participación en los procesos planteados.

A continuación se aprecia el plan de implementación propuesto.

Cuadro 74. Plan de implementación del Plan Maestro de Transporte para la ULG

Acciones	Encargados	Personas involucradas	Plazo de ejecución
Fase 1: Capacitación			
Reunión de introducción y explicación del proceso de capacitación	Grupo de trabajo	Programador ULG	30 min

Acciones	Encargados	Personas involucradas	Plazo de ejecución
Presentación del funcionamiento de la herramienta	Grupo de trabajo	Programador ULG	1 hora
Capacitación sobre el ingreso de datos, resultados generados y análisis de información	Grupo de trabajo	Programador ULG	2 horas
Capacitación sobre la modificación y actualización de la información y manejo de archivos	Grupo de trabajo	Programador ULG	3 horas
Evaluación del conocimiento adquirido en la herramienta	Grupo de trabajo	Programador ULG	2 horas
Capacitación sobre ejecución de las nuevas rutas	Programador de rutas	Choferes	3 horas
Fase 2: Implementación			
Implementación de la herramienta fase Pruebas en producción	Programador de rutas	Programador de rutas	3 semanas
Implementación de la herramienta definitiva de la herramienta	Programador de rutas	Programador de rutas	-
Seguimiento del nuevo proceso	Programador de rutas	Personal ULG	Reunión quincenal con conductores

Es importante destacar que debido a las diferencias existentes entre la configuración de zonas actual con la configuración de zonas propuesta, no es posible realizar una implementación gradual de la herramienta, pues una combinación de ambas configuraciones de zonas se considera contraproducente y con riesgo de ocasionar confusión en el programador.

35 Funcionalidad del PMT

35.1 Consideraciones brindadas por la contraparte de la ULG

La presentación del PMT planteado, así como la herramienta diseñada para apoyar la propuesta se realiza en varias sesiones, esto con el objetivo de obtener retroalimentación por parte de los futuros usuarios, así como propiciar a un entendimiento más completo del concepto.

Durante las distintas sesiones que se realizan con el programador de rutas se encuentran diferentes oportunidades de mejora y se validan los resultados obtenidos para las rutas estudiadas.

En primera instancia, se decide incluir cierta información en el archivo de salida como el código propio de cada camión. Esto se realiza para mayor facilidad del programador de rutas, así como los choferes que realizan esta ruta, con el fin de identificar el vehículo que se utilizara en la ruta. Aunado a esto, se realizan diversas mejoras al formato del archivo de salida, más que todo en el aspecto visual del mismo, esto con el objetivo de hacer dicho documento más amigable a los usuarios.

Enfocado en la ejecución del programa, se valida la duración de la cantidad de iteraciones para generar la programación de rutas del día, las cuales tienen una duración de alrededor treinta minutos en la computadora utilizada por el programador de rutas. Por último, se confirma que las rutas evaluadas arrojan datos coherentes, en cuanto tiempo y kilometraje, con lo que se puede continuar con el cálculo de resultados.

36 Beneficios asociados al sistema

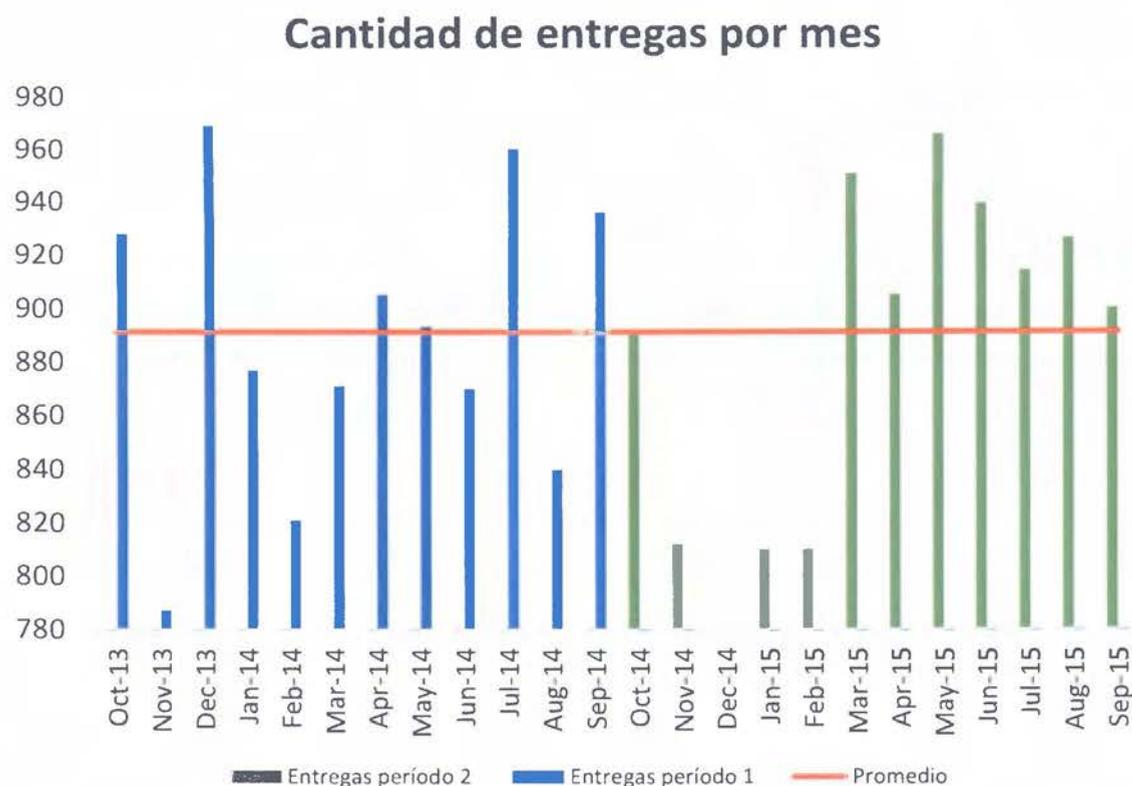
36.1 Cuantitativos

Para determinar los beneficios cuantitativos generados por la programación de rutas propuesta se definen 3 escenarios para el ruteo, desde octubre del 2013 hasta setiembre de 2015. Al tener dos años de información, se decide utilizar estos 3 escenarios por cada año por separado, esto debido a que el comportamiento de ambos no es similar, como se analiza más adelante. Una vez que se eligen los escenarios, se muestran los resultados obtenidos, para luego compararlos con la programación de rutas realizada en ese período.

36.1.1 Selección de escenarios

Para seleccionar los escenarios a utilizar para comprobar la funcionalidad de la herramienta, se analiza gráficamente el comportamiento de la cantidad de fincas visitadas por mes para el periodo de tiempo con el que se cuenta información, lo cual se describe a continuación.

Gráfico 7. Cantidad de fincas visitadas desde octubre 2013 a setiembre 2015



Nota: Información obtenida del personal de la ULG

Se analiza la cantidad de fincas visitadas por mes, en un periodo de 24 meses. Los primeros 12 meses, que corresponden al periodo de octubre de 2013 hasta setiembre de 2014, descritos con color azul y los segundos 12 meses descritos en color verde, correspondiente al periodo de octubre de 2014 hasta setiembre de 2015³⁴. Se analiza estadísticamente si existe una diferencia entre los dos periodos de tiempo mediante una prueba no paramétrica Mann-Whitney, obteniendo que las poblaciones son estadísticamente similares, siendo esta significativa en un 95.30%. Sin embargo como se aprecia en la Gráfico 7 comparando individualmente los meses de un periodo contra los meses del otro periodo, se tienen diferencias en magnitud de la cantidad de pedidos, por lo que se decide dar un tratamiento distinto a los datos, es decir como si cada uno de los años fuese un población distinta.

Posteriormente se selecciona un escenario bajo, medio y alto de meses en cada uno de los dos periodos, según la cantidad de entregas realizadas, obteniendo como resultado los siguientes meses por periodo.

³⁴ No se posee información para diciembre de 2014.

Cuadro 75. Selección de escenarios

Escenario	Periodo 1	Periodo 2
Bajo	Diciembre 2013	Mayo 2015
Medio	Mayo 2014	Octubre 2014
Alto	Febrero 2014	Febrero 2015

Luego dentro de cada mes se selecciona una semana media y baja, y se utiliza la misma lógica para seleccionar los días de programación real a utilizar, obteniendo como resultado final 50 días distintos en los que se procede a probar el desempeño y validez de los resultados de la herramienta.

36.1.2 Resultados obtenidos y comparación: ruteo actual ULG y planteado

El resumen de los resultados obtenidos se clasifica en tres grupos, distribuidos en rangos según la cantidad de kilómetros recorridos. Al analizar el comportamiento de esta variable durante los días bajo estudio, se encuentra que los mismos presentan un comportamiento normal y es por esta razón que se recurre a la distribución de frecuencias para presentar los resultados obtenidos. Se utilizan los percentiles 33 y 66 para clasificar los resultados en tres escenarios: mayor, medio y menor; los rangos para esta distribución se presentan a continuación.

Cuadro 76. Distribución de frecuencias para los escenarios

Rangos	Valor numérico	Escenario
0 a 33%	0 a 1779 kilómetros recorridos	Menor
33% a 66%	1779 a 2474 kilómetros	Medio
66% a 100%	2474 kilómetros en adelante	Mayor

Los resultados obtenidos para cada uno de los días pueden ser consultados en el Apéndice 24. A continuación se presenta el resumen de resultados para cada uno de los escenarios planteados, con la sumatoria de kilómetros, minutos y litros, así como una comparación de los resultados obtenidos por la ULG contra lo que se hubiera obtenido de utilizarse el sistema propuesto para la generación de rutas. Posteriormente se calculan las diferencias para los kilómetros, tiempo y litros entre ambas, para luego determinar el porcentaje de reducción en cada una de las variables.

Cuadro 77. Comparación de resultados obtenidos

1. Resultados según programaciones reales	Escenario			
	Mayor	Medio	Menor	Total
Σ Kilómetros recorridos	40,387	31,016	20,485	91,888
Σ Minutos transcurridos	56,421	43,024	28,480	127,925
Σ Litros consumidos	27,459	20,936	14,008	62,403
2. Resultados según programaciones propuestas	Escenario			
	Mayor	Medio	Menor	Total
Σ Kilómetros recorridos	36,855	29,397	19,077	85,329
Σ Minutos transcurridos	52,062	40,689	26,482	119,233
Σ Litros consumidos	24,211	19,027	11,645	54,883
3. Δ resultados (reducción)	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Total
Kilómetros recorridos	3,532	1,619	1,408	6,559
Minutos transcurridos	4,359	2,335	1,998	8,692
Litros consumidos	3,248	1,909	2,363	7,520

En el Cuadro 77 queda en evidencia la reducción existente en los tres parámetros de medición de éxito de la herramienta. Existe una disminución de las cantidades para todos los rubros en todos los escenarios, lo cual se traduce en un ahorro total del 7% de kilómetros, 7% de minutos de viaje y un 12% de litros de combustible consumidos.

Cuadro 78. Reducción porcentual de los parámetros

Reducción porcentual	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Total
Kilómetros recorridos	9%	5%	7%	7%
Minutos transcurridos	8%	5%	7%	7%
Litros consumidos	12%	9%	17%	12%

Se utilizan escenarios bajos, medios y altos en cuanto a la cantidad de viajes realizados para garantizar la representatividad de la información en relación a la realidad operativa de la ULG y con el fin de demostrar que la herramienta tiene la capacidad de funcionar bajo cualquier condición de demanda de pedidos. A pesar de que se seleccionan 48 días del periodo analizado, se considera que los resultados y los beneficios encontrados son aplicables para el resto días del periodo. Utilizando un valor de ₡500 por litro de combustible consumido, y extrapolando los datos obtenidos de los 48 días analizados en los dos años estudiados, se tienen los siguientes ahorros:

Cuadro 79. Resumen de beneficios cuantitativos obtenidos con el PMT

Resumen Resultados	Período: 48 días	Período: 1 año	Período: 2 años
Ahorro en kilómetros	6,559	49,701	99,402
Ahorro en tiempo (horas)	145	1,099	2,197
Ahorro en litros (colones)	₡3 782 560	₡28 662 348	₡57 324 697

Al existir una disminución en el tiempo de viaje, se pagan menos horas extra a los choferes y este tiempo puede ser aprovechado en otras labores que agreguen valor al negocio; al reducir los kilómetros recorridos se tiene una disminución en el desgaste del motor y las llantas de los camiones. Es importante destacar que los beneficios cuantitativos planteados son los encontrados dentro del alcance del proyecto, el cual es la atención de pedidos de las fincas de la división norte, sin embargo los beneficios se pueden extender a las otras divisiones de atención de la ULG, debido a la similitud de condiciones de las fincas y asociados entre las divisiones.

36.1.2.1 Escenario transporte propio y subcontratado

Con el fin de comparar el rendimiento y relevancia de los camiones propios y subcontratados para la ULG, se procede a ejecutar la herramienta en dos diferentes escenarios, en 24 días distintos. El primer escenario con una flotilla complemente propia, mientras que el segundo escenario completamente con camiones subcontratados. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 80. Comparación de camiones propios contra subcontratados

Reducción porcentual transporte propio	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Promedio
Kilómetros recorridos	8%	6%	5%	6%
Minutos transcurridos	10%	5%	4%	7%
Litros consumidos	12%	11%	17%	13%
Reducción porcentual transporte externos	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Promedio
Kilómetros recorridos	8%	5%	6%	6%
Minutos transcurridos	9%	7%	4%	6%
Litros consumidos	9%	7%	8%	8%

Como se aprecia, los camiones propios poseen un mayor porcentaje de disminución para los minutos transcurridos y los litros consumidos. Una de las razones que causa una diferencia del 5% entre los camiones propios y subcontratados, es el rendimiento teórico de los camiones, el cual es más alto para los camiones propios. Lo anterior respalda la decisión de la ULG de tener su flotilla completamente propia, que basado en los datos obtenidos le genera un mayor ahorro de los litros consumidos el tener la flotilla propia, que de carácter mixta, como la posee actualmente.

36.1.2.2 Utilización de la capacidad del camión

Para complementar los resultados obtenidos se calcula la utilización de la capacidad de la flotilla, comparando las rutas utilizadas por la ULG contra las planteadas. En primera instancia se presentan los resultados totales y las diferencias entre cada programación de rutas. Seguido de este se hace diferencia entre el transporte propio y subcontratado, esto con el fin de poder analizar cada uno por separado.

Cuadro 81. Resultados de utilización de la flotilla

Resultados de Utilización	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Promedio total
Programación ULG	72%	74%	70%	73%
Programación propuesta	78%	78%	73%	77%
Δ entre programaciones	aumento 6%	aumento 3%	aumento 2%	aumento 4%

Resultados Utilización transporte subcontratado	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Promedio total
Programación ULG	71%	75%	72%	73%
Programación propuesta	75%	78%	65%	75%
Δ entre programaciones	aumento 3%	aumento 2%	reducción -7%	aumento 2%

Resultados Utilización transporte propio	Escenario			
	Mayor	Promedio	Menor	Promedio total
Programación ULG	73%	74%	68%	72%
Programación propuesta	81%	78%	75%	78%
Δ entre programaciones	aumento 7%	aumento 4%	aumento 7%	aumento 6%

Como se puede visualizar, en casi todos los escenarios se aumenta la utilización de la capacidad de la flotilla, en especial cuando se trata del transporte propio, con un aumento de 6%. En términos generales se pasa de un 73% a un 77% de utilización, es decir un aumento de 4%. De los resultados obtenidos se puede concluir que la meta del 85% indicada en la etapa de diagnóstico no es alcanzada, tanto por las rutas actuales como por las propuestas. Es por esta razón que se procede a calcular un parámetro de utilización basado en la distribución de los datos obtenidos para las rutas planteadas, los cuales presentan un comportamiento normal, bajo los supuestos del Teorema del Límite Central.

Cuadro 82. Estadística descriptiva de la utilización de la capacidad

Tamaño de muestra	463
Promedio	77%
Mediana	78%
Máximo	100%
Mínimo	20%
Desviación muestral	12%
Coefficiente de variación	16%

Con un tamaño de muestra de 463 viajes realizados por la flotilla utilizada por la ULG, tanto propia como subcontratada, se define que la utilización mínima de los viajes debe ser la media menos una desviación estándar, es decir, 65% de la utilización del camión, y buscando que la máxima sea lo más cercano a 100%. Con un 65% del espacio utilizado, se garantiza que al menos 4 compartimentos se utilizan, tanto en camiones de 5 como de 6 compartimentos. Es importante recordar las restricciones que se presentan a la hora de cargar producto a granel dentro de cada camión, lo cual reduce significativamente estas variables.

36.1.2.3 Costo de distribución

Se utiliza la metodología para el cálculo del costo del envío en los 48 días estudiados, comparando el costo original contra el costo propuesto, tal y como se muestra en este ejemplo para el día 4 de febrero del 2015:

Cuadro 83. Ejemplo de metodología de Costo de Distribucion

#de Ruta	# Entrega	Total a pagar	Diferencia	Diferencia %
1	4227	¢29,269	-¢31,796	-52%
1	4300	¢29,462	-¢33,048	-53%
1	3602	¢32,414	-¢8,641	-21%
2	1988	¢27,541	-¢50,821	-65%
2	3457	¢22,068	-¢17,054	-44%
2	4716	¢29,216	-¢51,091	-64%
3	3471	¢23,508	-¢29,271	-55%
3	3458	¢24,866	-¢12,539	-34%
3	4046	¢22,291	-¢4,017	-15%
3	1059	¢21,483	-¢1,798	-8%
4	4972	¢37,566	-¢43,350	-54%
4	3617	¢41,082	-¢45,508	-53%
4	4022	¢37,228	-¢2,681	-7%
5	3899	¢38,477	-¢22,887	-37%
5	3379	¢53,214	-¢57,069	-52%
6	4171	¢36,461	-¢29,411	-45%
6	3446	¢51,627	-¢61,993	-55%
7	5358	¢34,945	-¢42,220	-55%
7	3932	¢18,601	¢18,601	-
7	4488	¢32,244	-¢22,473	-41%
7	799	¢29,596	-¢12,353	-29%
8	4249	¢48,630	-¢58,693	-55%
8	47	¢28,202	-¢4,751	-14%
9	4783	¢25,826	-¢28,822	-53%
9	3797	¢18,909	-¢8,709	-32%
9	4530	¢24,810	-¢33,919	-58%
10	5184	¢28,070	¢9,725	53%

#de Ruta	# Entrega	Total a pagar	Diferencia	Diferencia %
10	4187	₡96,350	-₡95,249	-50%
11	4791	₡115,540	-₡51,509	-31%
12	4476	₡44,110	-₡35,686	-45%
12	4461	₡37,062	-₡14,652	-28%
12	5011	₡37,231	-₡15,610	-30%
13	5164	₡32,859	-₡43,424	-57%
13	5061	₡32,890	-₡34,137	-51%
13	4807	₡38,170	-₡53,913	-59%

Solo en un caso, el costo del envío propuesto es igual al cobrado por la ULG, y en el resto de los casos es menor. Para este día en específico hay una reducción promedio del 40% del costo del envío para todas las fincas. En general, para los días estudiados, se reduce en un total de 12%, y en ningún caso se obtiene un costo de envío propuesto mayor al de la ULG. Esta reducción se respalda por el hecho de que los gastos promedio por mes disminuyen de ₡42 408 198 a ₡37 319 214, lo que también es una reducción del 12%. Dicho análisis puede ser consultado en el Apéndice 24.

Esta metodología no solo reduce el costo del flete, sino que clarifica el método de cálculo del mismo, además de que toma en cuenta el hecho de que se debe tratar de no obtener utilidades. Al ser un método que debe ser actualizado mensualmente con los gastos del mes anterior, y diariamente al asignar los ingresos del día, genera gran certidumbre y precisión a la hora de cobrar. Por otro lado, este método se apoya en la herramienta programada, por lo que el cálculo del mismo es rápido y muy confiable.

36.2 Cualitativos

Además de los beneficios cuantificables económica y numéricamente, dentro de los beneficios cualitativos identificados con la implementación del Plan Maestro de Transporte para la ULG se tienen los siguientes.

36.2.1 Ejecución automática del diseño y programación de rutas

El programador de rutas de la ULG cuenta con una herramienta programada que le permite realizar automáticamente el diseño y programación de las rutas a ejecutar para realizar la distribución del producto al asociado. La programación de rutas final incluye las fincas a visitar asignadas a un camión, así como una sugerencia de secuenciamiento de la ruta, es decir cuáles fincas visitar primero y cuáles de últimas, esto considerando las condiciones específicas y restricciones aplicables a las fincas, camiones y rutas. Con la implementación de la herramienta el programador puede dedicar tiempo y esfuerzo para la ejecución de otras actividades como control y seguimiento a los procesos.

36.2.2 Reproducibilidad de la herramienta a las otras zonas geográficas.

A pesar de que el alcance de la herramienta programada es para las fincas dentro de la división norte del país, se puede ejecutar un análisis y diseño similar al planteado, por lo que si en un futuro decide extender el alcance de la herramienta programada y del PMT en general, es completamente factible, debido a que

los procesos ejecutados para las demás zonas geográficas son similares a los ejecutados para la división norte.

36.2.3 Flexibilidad de modificación de productos, camiones y fincas

Por la flexibilidad que exige el mercado del negocio, la herramienta permite la modificación, eliminación e inclusión de fincas, productos y camiones a la programación, lo anterior debido a que:

- Se conoce que constantemente se encuentran ingresando nuevos asociados para la distribución a granel, debido al proceso de transición que se desea promover por parte de la ULG para ir reduciendo la distribución de producto en sacos, además de que existe la posibilidad de que asociados que compren actualmente no lo hagan en futuro.
- Existe la posibilidad de que el asociado realice requerimientos específicos de producto, que conlleve a la creación de nuevo artículo que de momento no se tiene dentro del portafolio de productos actual, por lo que la herramienta permite la agregación, modificación o eliminación de productos. De esta manera se evita que la herramienta sea una restricción ante las necesidades específicas de los asociados.
- La ULG se encuentra actualmente en un proceso de definición del tipo de su flotilla. Posee la disyuntiva de si esta debe ser completamente propia, o se debe mantener la modalidad mixta (propia y subcontratada). En caso de presentarse el primer caso, implicaría la compra de más camiones propios y eliminación de los camiones subcontratados como disponibles para la programación de rutas, necesitando la agregación y eliminación de camiones respectivamente dentro de la herramienta programada.

36.2.4 Insumo para la toma de decisiones y perfilado de información

La información generada en el documento final de rutas, puede servir como insumo para analizar aspectos como la frecuencia de visita a las fincas, kilómetros recorridos por camión, kilómetros recorridos por zona, entre otros, que pueden ser de utilidad para la realización de un perfilado de la información, colaborando en la toma de decisiones sobre los camiones, los asociados y las zonas geográficas.

36.2.5 Ventaja competitiva para la ULG

Poseer una herramienta automatizada para la programación y diseño de las rutas puede ser un factor diferenciador para la ULG en el mercado de transporte a granel ante su competencia. Contar con un programa que le permite realizar un diseño de rutas basado en criterios con sustento teórico y práctico, aplicables a su realidad, sumadas a las demás propuestas del PMT, que son la base del desarrollo de la herramienta, promueve una correcta gestión de las operaciones de transporte y le beneficia en el ahorro de recursos críticos para la organización como lo son el tiempo y combustible, e involucra aún más a sus colaboradores en la ejecución de los procesos.

36.2.6 Reducción del impacto ambiental

Con la utilización de la herramienta se promueve el ahorro de combustible en la utilización de los camiones por lo que se reduce los impactos ambiental disminuir la emanación de gases contaminantes, pues el recorrer menos kilómetros se reduce la utilización de los camiones en carretera.

36.2.7 Cumplimiento del peso legal de los camiones

Una de las restricciones planteadas en el algoritmo es no exceder la carga máxima legal. En la totalidad de las rutas programadas se cumple estar por debajo del límite, lo que no solo asegura el cumplimiento legal, sino un menor desgaste del vehículo.

37 Conclusiones Etapa de Validación

- Mediante la utilización de la herramienta diseñada para la ULG, es posible disminuir los kilómetros recorridos, el tiempo transcurrido y los litros utilizados en los envíos de producto a granel. Esto se respalda por la disminución de un 7% en los kilómetros, un 7% en las horas y un 12% en los litros, lo que corresponde a un total de ₡3 782 560 para el período estudiado de 48 días distribuido a lo largo de 2 años. Este ahorro al ser proyectado a 365 días aumenta a ₡28 662 348, y a ₡57 324 697 para dos años. Asimismo, este ahorro puede incrementarse al saber que el alcance del proyecto no es para todas las zonas geográficas a las cuales se les distribuye producto a granel, ya que se dejan por fuera un total de 10 zonas, donde también se puede aplicar la metodología planteada. Por otro lado, no se calcula el beneficio monetario asociado al tiempo reducido, aun así, este impacta en reducción de salarios y más viajes que pueden ser realizados, así como menos desgaste para el camión que implica menos gasto de mantenimiento, entre otros.
- Al utilizar la herramienta diseñada se asegura el cumplimiento legal de la carga de los camiones, ya que una de las restricciones es la utilización máxima legal de los vehículos. Esto no solo asegura cumplir con el marco legal, sino también no someter a la flotilla vehicular a condiciones que pueden influir negativamente en su desempeño y vida útil.
- Una fortaleza de la herramienta planteada es su flexibilidad ante los cambios de productos, asociados y camiones, por lo que esta no se encuentra supeditada a un base de datos estática, además debido a la velocidad de ejecución le brinda posibilidad al usuario de generar más de una vez la programación de rutas si así lo considera necesario.

Conclusiones Generales

- Debido a la implementación del Plan Maestro de Transporte en la Unidad Logística Graneles de Dos Pinos, el cual se respalda en criterios técnicos y una base teórica propia del ámbito de la logística de transporte, es posible aumentar el aprovechamiento de los recursos utilizados por esta organización. Este logro se obtiene mediante la reducción del kilometraje recorrido y tiempo transcurrido en los viajes para la distribución de alimento a granel, reduciendo no sólo el gasto en los recursos significativos, sino reduciendo el empirismo en la elaboración y programación de rutas de distribución de producto a granel, todo esto bajo un marco de enfoque a procesos y mejora continua, que funciona en armonía con el criterio de los expertos de la ULG.
- La utilización del Plan Maestro de Transporte le brinda a la ULG la posibilidad de medir y controlar cada uno de sus procesos, desde el ingreso del pedido de producto a granel hasta el transporte y entrega del mismo. Con el proceso de Perfilado de Información y Control y Mejora, así como los registros propuestos para cada uno de los procesos creados, se pueden generar los insumos necesarios para tomar decisiones que lleven a la mejora de las operaciones, lo cual le provee una ventaja competitiva a la empresa en estudio.
- La flexibilidad y adaptabilidad del Plan Maestro de Transportes brinda a la ULG numerosos beneficios a mediano y largo plazo. Dentro de estos se encuentra la posibilidad de implementarlo en las otras divisiones a las cuales se les reparte producto a granel, así como incluir los nuevos productos que se desarrollen y el crecimiento de la flotilla de camiones. Lo anterior posibilita a la ULG la opción de ampliar el alcance de esta propuesta y maximizar los beneficios logrados.
- En un futuro se puede investigar la opción de depurar el algoritmo de generación de rutas, el cual hasta el momento funciona de forma aleatoria, por lo que se ve limitado por la cantidad de iteraciones, es decir, la cantidad de veces que el algoritmo se realizara. Se puede estudiar la posibilidad de combinar dicho algoritmo con un método de optimización, de forma que se alcancen mejores resultados en menos iteraciones, disminuyendo el tiempo de ejecución, y así obteniendo una mejor solución, con un grado de confianza aún mayor.

Bibliografía

- De la Fuente Fernández, S. (2011). *Análisis de conglomerados*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Hitpas, B. (2012). *BPM Business Process Management: Fundamentos y conceptos de implementación*. Chile: Bernhard Hitpass.
- Advanced Integrated Technologies Group. (01 de Marzo de 2015). *Genesis*. Obtenido de Genesis: <https://genesisyhwh.files.wordpress.com/2011/06/05-sipoc.pdf>
- Arrieta, M. S. (10 de Marzo de 2015). *Gestión por Procesos*. San Pedro, San José, Costa Rica.
- Asociación Española para la Calidad. (01 de Marzo de 2015). *AEC*. Obtenido de AEC: <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
- Báez, G., & Barba, S. (26 de Julio de 2015). <http://www.inf.puc-rio.br>. Obtenido de <http://www.inf.puc-rio.br/wer01/Mod-Req-1.pdf>: <http://www.inf.puc-rio.br/wer01/Mod-Req-1.pdf>
- Baldacci, R., Maria, B., & Daniele, V. (2008). Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles. *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*, 3-27.
- Ballou, R. (2004). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2010). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations*. New Jersey: Pearson.
- De la Fuente, S. (12 de Julio de 2015). *Portal Fuentesrebollo*. Obtenido de www.fuentesrebollo.com: <http://www.fuentesrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf>
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy*. New York: McGraw-Hill.
- GeoMidPoint. (10 de Marzo de 2015). *Geomidpoint*. Obtenido de Geomidpoint: <http://www.geomidpoint.com/>
- IEEE. (26 de Julio de 2015). www.math.uaa.alaska.edu. Obtenido de www.math.uaa.alaska.edu: <http://www.math.uaa.alaska.edu/~afkjm/cs401/IEEE830.pdf>
- INTE/ISO. (2008). *Norma INTE/ISO 9001:2008 Sistema de Gestión de Calidad*. San José: Secretaría de INTECO.
- INTECO / ISO. (2005). *INTE 01-01-01-05 Guía para la implementación de sistemas de indicadores*. San José: INTECO.
- INTECO / ISO. (2008). *INTE/ISO 9001:2008 Sistemas de gestión de calidad - Requisitos*. San José: INTECO.
- ISO, S. (2008). *Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos*. Ginebra: ISO.

Kansas State University. (17 de Marzo de 2015). *Department of Mathematics KSU*. Obtenido de Department of Mathematics KSU: <http://www.math.ksu.edu/~dbski/writings/haversine.pdf>

New York University, Computer Science. (19 de 09 de 2015). *New York University, Computer Science. Education*. Obtenido de <http://www.cs.nyu.edu/courses/summer07/G22.2340-001/Presentations/Puthuparampil.pdf>

Peppard, J., & Rowland, P. (1996). *La Esencia de la Reingeniería en los Procesos de Negocios*. México: Prentice Hall.

Real Academia Española. (4 de Agosto de 2014). *RAE*. Obtenido de [RAE.es: http://lema.rae.es/drae/?val=aprovechamiento](http://lema.rae.es/drae/?val=aprovechamiento)

Rossel, R., & Bahamonde, J. (07 de Julio de 2015). <http://www.alumnos.inf.utfsm.cl>. Obtenido de [http://www.alumnos.inf.utfsm.cl: http://www.alumnos.inf.utfsm.cl/~rrossel/Papers/re.pdf](http://www.alumnos.inf.utfsm.cl/~rrossel/Papers/re.pdf)

Scientific Electronic Library Online. (19 de 09 de 2015). <http://www.scielo.org.co/>. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v15n30/v15n30a10.pdf>

Universidad de Atacama, C. (26 de Julio de 2015). *Departamento de matemática de la Universidad de Atacama* . Obtenido de <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2011/2do/clase2.pdf>

Universidad Nacional de Córdoba. (26 de Julio de 2015). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Obtenido de <http://www.fca.proed.unc.edu.ar/mod/book/view.php?id=3270&chapterid=168>

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Ciudad de México, México: Pearson.

White, S. (9 de Julio de 2015). www.omg.org. Obtenido de www.omg.org: http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf

Entrevistas

- Carpio, G. (21 de Agosto de 2014). Legislación aplicable a la ULG. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)
- Gonzalez Chaves, G. (18 de Marzo de 2015). Controles e indicadores utilizados en la ULG. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)
- Herrera Ruiz, Y. (19 de Marzo de 2014). Explicación del método de Programación de Rutas. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)
- Herrera Ruiz, Y. (6 de Noviembre de 2014). Legislación aplicable a la ULG. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)
- Herrera Ruiz, Y. (12 de Febrero de 2015). Explicación del método de asignación de fincas. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)
- Ledezma Villalta, M., & Herrera Ruiz, Y. (5 de Marzo de 2015). Comportamiento de la demanda de los productos. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)
- Rojas, J. (19 de Marzo de 2015). Controles aplicados en la ULG. (V. Torres Rivera, & G. Aguilar Cartín, Entrevistadores)

Glosario

1. Empresa: Cooperativa de productores de leche Dos Pinos R.L.
2. Certificado Veterinario de operación (CVO): Permiso de funcionamiento otorgado las empresas que deseen desarrollar alguna actividad con animales, productos, derivados o subproductos de origen animal.
3. Prueba ácida: Es un análisis aplicado a las actividades de un proceso, para determinar si estas agregan valor o no al mismo. Se realiza mediante la aplicación de 4 preguntas esenciales. ¿Notará el asociado una disminución en el valor de su servicio si esta actividad no se ejecuta? ¿Estaría evidentemente incompleto el servicio sin este paso? Si usted estuviera obligado a entregar el servicio en forma urgente ¿obviaría este paso? Si usted está coordinando este proceso y podría lograr ahorros eliminando este pasó, ¿lo haría?
4. Planta de alimentos balanceados (PAB): Es la encargada de realizar la elaboración de los productos.
5. Asociado: Cooperativa de productores de leche Dos Pinos R.L. está compuesta de asociados, los cuales quienes son los dueños de la empresa y a la vez dueños de las fincas a las que se le distribuye el producto a granel. Un asociado puede tener una o más fincas.
6. Almacén Agroveterinario: Es el encargado de tramitar los pedidos de los asociados. Sirve como intermediario entre el asociado y la ULG en cuanto a la realización de pedidos se refiere.

Apéndices

Ver Tomo 2.

Anexos

Ver tomo 2.