

03-042

IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF DECISION SUPPORT SYSTEMS ON LOGISTICS EFFICIENCY IN FEED MILLS.

Loza García, José Ramón ; Amiama Ares, Carlos ; Barrasa Rioja, Martín ; Bueno Lema, Javier Universidad de Santiago de Compostela

The aim of this study is to analyze the impact of the implementation of decision support systems on the efficiency of the production process at feed mills, more specifically on the production and distribution of concentrates. The analysis will focus on analyzing a given period of time immediately before implementing the decision support system and a period in which the system is fully operational. Kilometers traveled, hours spent and tons distributed in the study period were determined. Then, based on the above variables, a series of ratios will be established, such as distributed tons per kilometer traveled, etc. The production efficiency of the factory, represented by indices as production level, minutes per tonne produced,... are also discussed. Finally, the degree of customer satisfaction with the tool implemented will be analyzed.

Keywords: *Decision support; Stocks management; Cost analysis*

IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE AYUDA A LA DECISIÓN SOBRE LA EFICIENCIA EN LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN

El objetivo del presente estudio es analizar la repercusión de la implementación de un sistema de ayuda a la decisión sobre la eficiencia del proceso productivo de una fábrica de piensos, más concretamente sobre la producción y distribución de concentrados. El análisis se centrará en analizar comparativamente un determinado periodo de tiempo inmediatamente antes de implementar el sistema de ayuda a la decisión y un período en el cual el sistema está plenamente operativo. Se determinarán los kilómetros recorridos, las horas empleadas y las toneladas distribuidas en el período de estudio. A continuación, basándonos en las variables anteriores, se establecerán una serie de ratios, como pueden ser toneladas distribuidas por quilómetro recorrido, tiempo invertido por tonenlada repartida, etc. Por último, se analizará el grado de satisfacción de los clientes con la herramienta implantada.

Palabras clave: *Ayuda a decisión; Gestión stocks; Análisis costes*

Correspondencia: Carlos Amiama Ares carlos.amiaama@usc.es

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por la Consellería de Medio Rural e Montes de la Xunta de Galicia, a través de las ayudas para la financiación de acciones de cooperación para el desarrollo de nuevos productos, procesos y tecnologías en el ámbito agroalimentario, agrícola y forestal (MR330B) con cargo al proyecto "PRODILACT. Sistema de reducción de costes en las explotaciones lecheras a través de la mejora de la logística y trazabilidad (FEADER 2012/76).

1. Introducción.

En la presente comunicación se analizará el impacto de la implementación de un sistema de ayuda a la decisión (SAD) en una fábrica de piensos. El SAD ha sido desarrollado en el marco de un proyecto de investigación en el que han colaborado el grupo de investigación "Enerxía, mecanización e modelización agroforestal" de la Universidad de Santiago de Compostela y la cooperativa agropecuaria FEIRACO. Dicha cooperativa se ubica en la provincia de la Coruña, Galicia, y cuenta en la actualidad con 530 clientes distribuidos por casi toda la geografía gallega.

El SAD pretende dar solución a una problemática difícil de acometer sin la ayuda de las herramientas software apropiadas. Por un lado existe una dependencia excesiva de la figura del operador logístico, ya que hasta la implantación del SAD la gestión de pedidos se hacía de forma manual. La falta de previsión a corto plazo de la demanda de los clientes provocaba la aparición de picos de producción en la fábrica que, en casos extremos, podían dar lugar a roturas de stocks de los clientes. Consecuentemente nos enfrentamos a una deficiente gestión de la gestión de la cadena de suministro, fundamentalmente en el campo de distribución del producto final a los clientes. Si se tiene en cuenta que los costes de distribución pueden suponer hasta un 15% del total del producto (Mauleon 2006), se entiende la importancia de tener las herramientas adecuadas para una gestión logística eficiente.

En su trabajo Chen y Paulraj, (2004) mencionan que el rendimiento de una empresa depende cada vez más de su capacidad de mantener relaciones eficaces entre proveedores y clientes. En el caso que nos atañe este era un problema recurrente ya que el cliente en muchos casos no avisaba a la fábrica hasta el mismo día en que se le terminaba el stock de pienso. Ruiz, Maroto y Alcaraz, (2003) desarrollaron un SAD también para una fábrica de piensos, en este caso en Valencia, con resultados satisfactorios. Más recientemente Kullapapruk, Supachai y Suphakan (2013) establecen un sistema de gestión para empresas integradoras verticales en Tailandia y tiene en cuenta además de los aspectos logísticos, aspectos zootécnicos relativos a los ciclos biológicos del ganado, todo ello buscando maximizar el beneficio.

Recientes estudios apuntan hacia la conveniencia de dar al planificador un papel más importante en la resolución de problemas (Van Wezel, Cegarra y Hoc, 2011; Gacias, Cegarra y Lopez, 2012). Sicilia et al. (2014) desarrollan un sistema de ayuda a la decisión en el que intentan facilitar la labor del operador mediante un interface de usuario gráfico intuitiva y fácil de usar. Es en esta línea en la que se ha enfocado el proyecto actual.

Por último indicar que existe la tendencia actual en el desarrollo conjunto de nuevos SAD es la integración de estos con sistemas GIS, como se ve por ejemplo en trabajo de Faiz, Krichen e Inoubli, (2014).

2. Objetivos.

En este trabajo se describirá un SAD desarrollado para la gestión de inventario en fábricas de pienso, analizando el impacto que su utilización ha tenido en una planta piloto. Este análisis se realizará mediante la comparación de una serie de indicadores en un periodo de tiempo anterior y posterior a la mencionada implantación del SAD.

3. Metodología.

En primer lugar se realizará una breve descripción de las características básicas más relevantes de la herramienta que se ha desarrollado, para, posteriormente pasar a exponer como se van a llevar a cabo las pruebas de análisis.

La herramienta desarrollada se divide en varios módulos. Por una parte un módulo de generación y edición de rutas y por otra parte un módulo de gestión de inventarios. Es este trabajo nos centraremos en la herramienta para la gestión de inventarios.

3.1 Descripción del SAD para gestión de inventarios

El software de gestión de inventarios se caracteriza porque va a permitir al operador tener una previsión en tiempo real de la demanda de pienso de los clientes de la fábrica.

Para ello fue necesario realizar varias tareas. La primera de ellas ha consistido en la recopilación de la información proveniente de tres fuentes, la fábrica y sus características técnicas, los clientes de misma y la flota de vehículos de distribución.

A través de consultas realizadas al personal de la fábrica durante el desarrollo de la aplicación se llegó a la conclusión de que el punto más importante a tratar y por ende, a solucionar, es el de tener una buena previsión de la demanda y eso se consigue teniendo un buen dato del consumo diario medio (CDM). Se hace por ello imprescindible realizar un filtrado y depuración de los datos que son introducidos (de manera manual) en el sistema. Los consumos de los clientes de la fábrica son variables a lo largo del tiempo, y dependen de diversos factores, el más importante de ellos es el número de animales en cada fase de producción. El proceso de determinación del CDM se describe brevemente a continuación.

Cuando se registra un nuevo pedido de un cliente en el sistema se calcula un ratio, que integra la diferencia del valor del remanente que se indica en el formulario del pedido (R_p) y el remanente calculado en el sistema (R_q), en valor absoluto, entre el intervalo de tiempo entre pedidos (DP) (ecuación 1).

$$Q = \frac{|(R_p - R_q)|}{DP_{n-1} - DP_n} \quad (1)$$

Si el valor "Q" es inferior a un valor configurable por el operador, saltará una alerta para instar al operador a comprobar los datos introducidos. Esto en cuanto al ajuste del remanente, a continuación se hace una comprobación del histórico de datos de CDM que se van a emplear para calcular el actual. Para ello se descartan datos de CDM que se queden fuera del intervalo definido por el primer cuartil ($Q1$) menos 1,5 por el recorrido intercuartílico (RI) y los mayores al tercer cuartil ($Q3$) más 1,5 por el recorrido intercuartílico (RI), es decir; el intervalo de datos a emplear es el que queda dentro del siguiente intervalo:

$[(Q1-1,5RI), (Q3+1,5 RI)]$.

Una vez definidos los datos que entran en el cálculo, se procederá a la determinación del CDM. Para clientes que tienen registradas entregas cada menos de 20 días, el CDM se calcula como el sumatorio de las 10 últimas entregas, excepto la última, dividido entre la fecha de la última entrega menos la fecha de la primera entrega (ecuación 2).

$$CDM = \frac{\sum_{i=1}^{i=10} (E_i)}{(FE_i - FE_{i-10})} \quad (2)$$

Siendo E_i los kilos repartidos en la entrega "i" y FE_i la fecha en la que se produce la entrega "i".

Como se ha dicho previamente, se trabaja con consumos que fluctúan a lo largo del tiempo, por ello se hace indispensable tener definido un "intervalo de confianza" para este dato. Se procederá por tanto a la construcción de un intervalo de consumo máximo y mínimo

previsto, en función del margen de confianza con el que se quiera trabajar. Éste parámetro es configurable por el operador de la fábrica y será ajustado en función de las necesidades. Dicho intervalo queda construido de la siguiente manera;

$$[CDM - (Z \cdot DT), CDM + (Z \cdot DT)]$$

Siendo Z el coeficiente dependiente del margen de confianza con el que trabajamos y DT la desviación típica de los datos de CDM anteriores.

Finalmente, este intervalo de consumos, conjuntamente con el dato de la cantidad entregada en la última expedición de pienso, proporcionará un intervalo de fechas en el que es previsible que vaya a efectuar el próximo pedido. Es decir, se obtendrá una fecha de pedido temprano (que se dará con el consumo más alto), fecha de pedido esperado (que se dará con el consumo medio) y fecha de pedido tardía (que se dará con el consumo más bajo).

Por último se hace una distinción de los clientes que tiene unos datos de consumo más irregulares en el tiempo. En estos casos solamente se va a tener en cuenta el CDM de la penúltima entrega más el remanente de ese período ya que, si se calcula con la metodología anterior, daría un intervalo de consumos muy alto. Por tanto en la ecuación 3 se define esta situación.

$$CDM = \frac{E_{i-1} + R}{(FE_i - FE_{i-1})} \quad (3)$$

Siendo "R" el remanente a fecha de pedido.

En la figura 1 se refleja la interface principal del SAD objeto de descripción, en el que para cliente de la fábrica se muestran los datos generales y el estado actualizado del stock de pienso del cliente junto con el intervalo de fechas previsible de próximo pedido antes comentado.

Figura 1: Interface del SAD

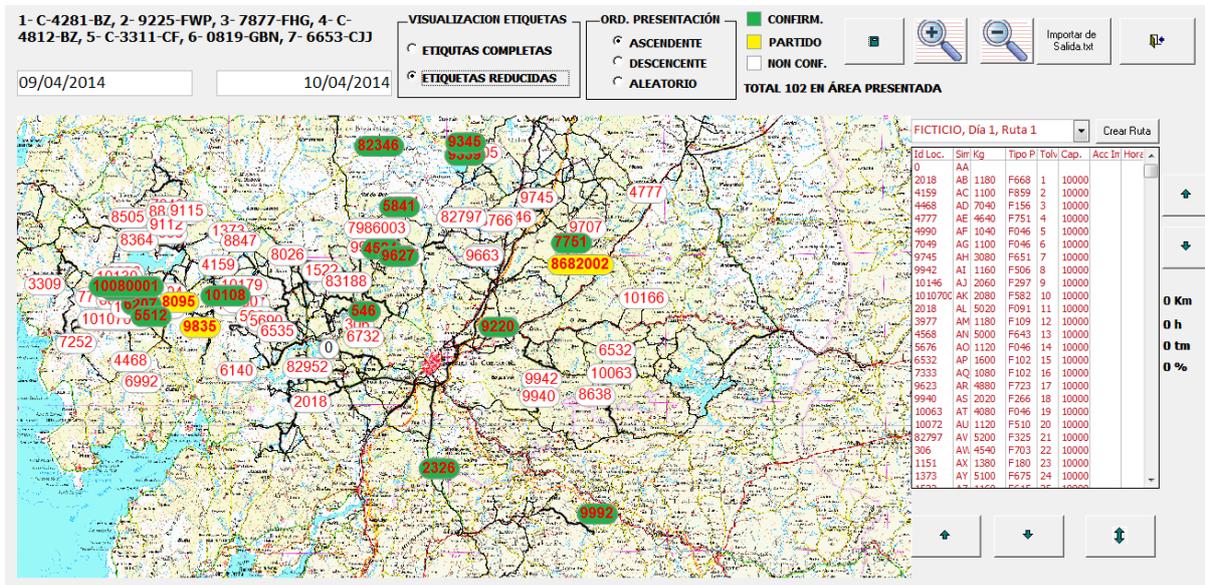
The screenshot shows the SAD interface with a table of customer orders. The table columns are: MOD. Nº SOCIO, NOME, DIRECCION, TELÉFONOS, SILO, DATA SOLICIT., KILOS, D. FIN C. ALTO, D. FIN C. MEDIO, D. FIN C. BAJO, MÁXIMO HOXE, CAPACID., D. REM., and OBSERVACIÓNS. The interface includes a top menu bar with 'SERVIZOS PREVISTOS A DÍA DE HOXE (20/05/2014)', 'SUMINISTRO CONTINUO', and various status indicators like 'CONF. REMAN.', 'CONF. PREV.', 'CONFIRM.', 'PARTIDO', 'NON CONF.', 'SÁBADO', and 'DOM. OU FEST.'. There are also search and filter buttons labeled 'Exp', 'Buscar', and 'Pedidos'.

MOD. Nº SOCIO	NOME	DIRECCION	TELÉFONOS	SILO	DATA SOLICIT.	KILOS	D. FIN C. ALTO	D. FIN C. MEDIO	D. FIN C. BAJO	MÁXIMO HOXE	CAPACID.	D. REM.	OBSERVACIÓNS
10080001	BUSTO-CORZON SAT	BUSTO CORZON	636054759 636054759	Xatas 2	15/05/14	1500	15/05/14		18/05/14	7.150	7.150	-2	
10080001	BUSTO-CORZON SAT	BUSTO CORZON	636054759 636054759	Lactacion	15/05/14	8000	15/05/14		16/05/14	10.100	10.100	-4	
1812	CAMILO MANUEL BLANCO PAIS	PORQUEIRA 8 ARZON	981192600 667105915	Punteo			15/05/14		18/05/14	3.140	3.140	-1	
9996	CASTRO S.C.	FOTEAMENEIRO VISANTOÑA	981580418 619961130	Lactacion			15/05/14			4.460	4.460	-4	
83739	COROCEIRO E I LSL	PLZA EUROPA 1 PLANTA 6 PUERTA B	629359092	Tenreiros 2			15/05/14	16/05/14	17/05/14	8.093	8.093	-11	
6535	DE ARO COOPERATIVA S ANTONIO	CAMINO REAL SN SAN VICENTE DE ARO	699073023- Jose Anto 616925917	Lactacion			15/05/14	19/05/14	23/05/14	7.500	7.500	0	
9707	DOLORES CARNOTA BOTANA	SANTAYA DE MOAR,Nº7 PEDREIRA	981695542	Lactacion	15/05/14	5000	15/05/14		16/05/14	5.000	5.000	-4	
9705	DOMINGO ANTONIO RAMAS VIDAL	RESTANDE DE ABAIXO 14 RESTANDE	696763 676943364	Lactacion	15/05/14	3200	15/05/14		16/05/14	5.540	5.540	-4	
6068	EUGENIO CAPELO TUÑAS	VILAR DE ARRIBA Nº2 CAMPOLONGO	981893671	Materia Prima			15/05/14	20/05/14	25/05/14	2.194	2.200	0	
82797	GANADERIA DO CAMPO SAT N.975	SAN PEDRO DO CAMPOS	981689180 629657843	Lactacion		3960	15/05/14	16/05/14	17/05/14	8.650	8.650	-4	
5841	GANADERIA DUBRA S.C.	PEREIRAS 6 RESTANDE	696880 635079764	Lactacion	15/05/14	8000	15/05/14		18/05/14	11.000	11.000	-2	
9019	GANADERIA FREIRE RIVEIRO S.C.	VILAR DE ARRIBA 1 CAMPOLONGO	693694 696648380	Lactacion	15/05/14	3000	15/05/14		16/05/14	3.920	3.920	-4	

Una vez monitorizado el consumo, la otra parte importante del SAD es la de permitir tener ubicadas geográficamente las explotaciones de los clientes sobre la cartografía, ya que ello es de vital importancia para la creación de rutas de reparto eficientes. Con este fin se han instalado receptores GPS en la flota de camiones que permitirán determinar las coordenadas geográficas de los clientes, así como una red de carreteras, en las que se consideran las restricciones de acceso de determinados camiones a determinadas explotaciones.

Como resultado el operador tendrá toda la información necesaria para una toma de decisiones adecuada en cuanto a la planificación de producción (pudiéndose adelantar a la demanda), y en la elaboración de unas mejores rutas de reparto (figura 2). Con el SAD el operador puede ir añadiendo clientes a las tolvas de los camiones de reparto y comprobar el impacto en kilómetros y horas que tiene emplear una u otra configuración de las rutas.

Figura 2: Interface geográfico del SAD



El SAD tiene en su base de datos almacenadas las ubicaciones geográficas de los clientes, junto con red de carreteras susceptible de ser utilizada. Con estas herramientas se puede determinar de forma instantánea la distancia y el tiempo necesarios para ir de una ubicación a otra, siempre que se encuentre registrada en la base de datos del SAD.

3.2 Criterios de evaluación.

Para evaluar de una forma lo más clara y fiable posible se realizará un análisis de varios aspectos de la gestión logística de la fábrica de piensos que se van a ver afectados por la implementación del SAD.

Por un lado se analizará si existe o no incidencia en el número de kilómetros y de horas que debe de hacer la flota de camiones para distribuir las entregas de pienso. Para ello se ha monitorizado la secuencia de entregas de la flota de vehículo de distribución durante 2 años, desde Enero de 2013 hasta Enero de 2015, cotejando los datos con los albaranes de entrega. Esta monitorización permitirá analizar la evolución temporal de los principales parámetros de la distribución de pienso (km recorridos y horas empleadas), a lo largo de un periodo que abarca desde varios meses previos a la implementación del SAD (Abril 2015) hasta varios meses después.

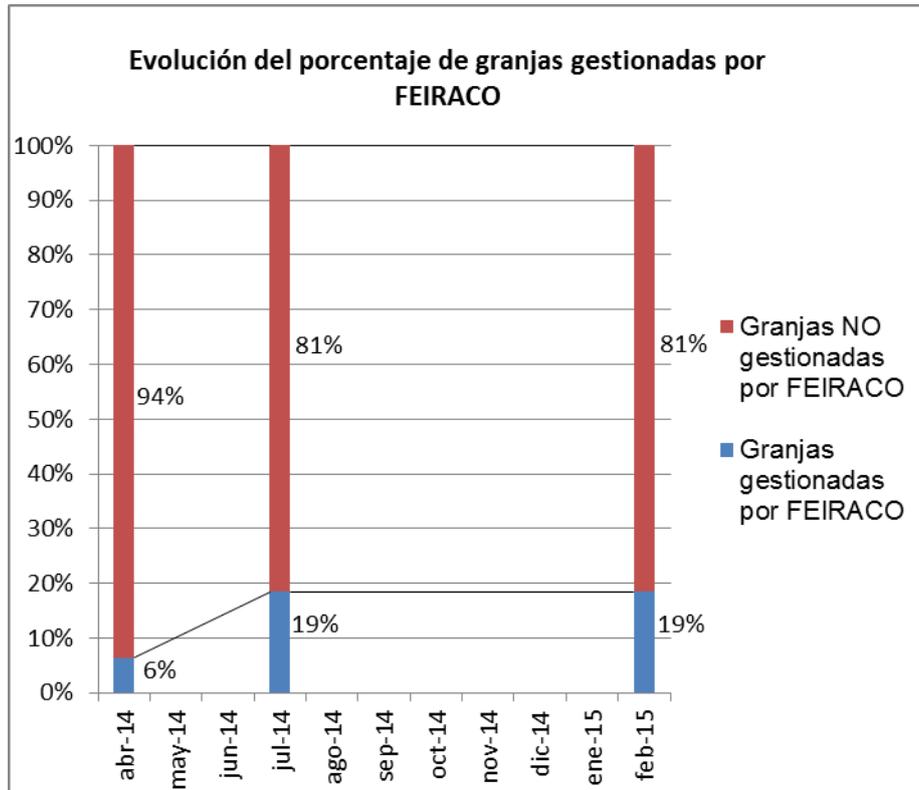
Por otro lado también se evaluará la evolución en el número de clientes que delegan la responsabilidad del suministro de pienso en la fábrica. Se considera que es una buena métrica de calidad ya que refleja la confianza que tiene el cliente final, el último eslabón de la cadena, en la herramienta implementada. Esta confianza será un reflejo de la bondad de las previsiones proporcionadas por el SAD.

4. Resultados.

En primer lugar se expondrán los resultados relativos al índice de adhesión de clientes de la fábrica al proceso de seguimiento y control de los pedidos por parte del operario logístico.

A fecha de Febrero de 2015, 93 explotaciones de un total 502 están siendo gestionadas desde la fábrica, lo que supone un 18,5% del total. La mayor parte de ellas se gestionan a desde los primeros meses de utilización del SAD y hasta la fecha no se han producido bajas derivadas de un mal funcionamiento del mismo (figura 3).

Figura 3: Interface geográfico del SAD



Más allá del número de explotaciones quizá sea más relevante ver qué tipo de explotaciones son sobre las que realmente se tiene más libertad para gestionar las entregas. Se procede por tanto a establecer para el total de entregas realizadas durante el período de estudio, cuantas toneladas van asociadas a las explotaciones gestionadas desde FEIRACO.

Los resultados son que de las 4222 toneladas distribuidas, un total de 1957 se han entregado a las explotaciones antes citadas. Si se refiere a porcentaje equivale a un 46% de la producción de la fábrica. Este valor indica que son las explotaciones con pedidos mayores y generalmente más regulares, las que se pueden adoptar la decisión de que sea la fábrica la que les organice los repartos. El tamaño medio del pedido de estas explotaciones es de 4,5 toneladas, mientras que el resto es de 2,9 toneladas.

A continuación se expondrán los resultados sobre la parte más importante de este estudio, que es el impacto sobre el tiempo y el kilometraje que emplea la flota en hacer los repartos de las diferentes entregas. Estas variables van a estar referidas a la unidad considerada como referencia, en este caso la tonelada de pienso entregada.

Durante el periodo de estudio se han registrado los datos que se reflejan en la tabla 1. En sombreado rojo se muestran los datos correspondientes al periodo anterior a la implantación del SAD, y en verde los posteriores. El tonelaje es un dato registrado automáticamente en la base de datos en el momento de realizar la expedición. Por otra parte distancia y tiempo se calcularon repitiendo la secuencia de entrega del camión sobre la cartografía antes comentada. Por último, las últimas dos columnas corresponden a los ratios "Km/T" y "min/T" que indican tanto los kilómetros como los minutos empleados para repartir una tonelada de pienso.

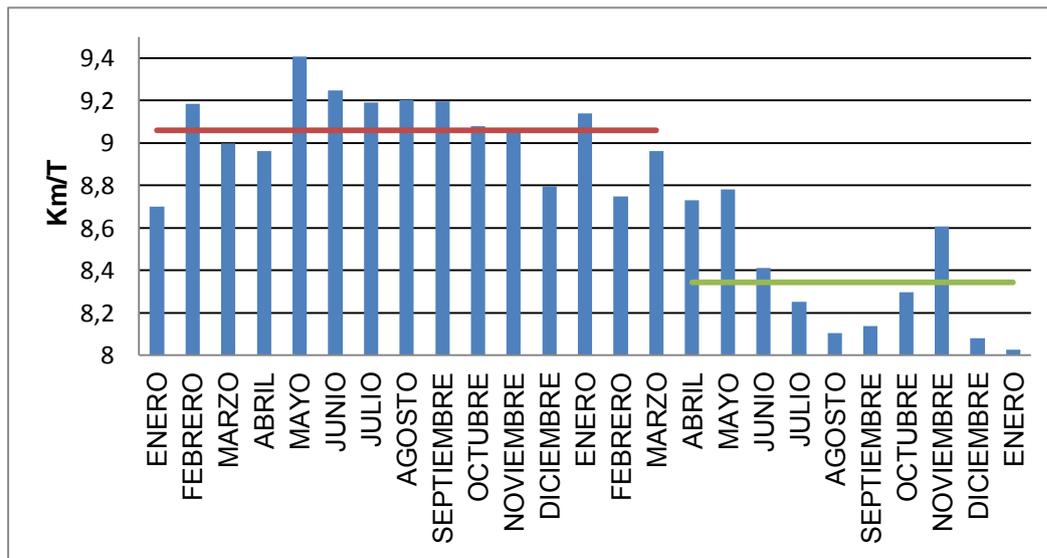
Tabla 1: Resumen de los datos de las expediciones.

Mes	Distancia (Km)	Tiempo (h)	Tonelaje (T)	Km/T	min/T
-----	----------------	------------	--------------	------	-------

Mes	Distancia (Km)	Tiempo (h)	Tonelaje (T)	Km/T	min/T
Enero 2013	30093,49	542,82	3459,40	8,69	9,41
Febrero 2013	27918,62	498,97	3039,20	9,18	9,85
Marzo 2013	35425,53	633,89	3936,60	8,99	9,66
Abril 2013	26331,03	468,73	2937,90	8,96	9,57
Mayo 2013	33634,38	600,41	3574,90	9,40	10,08
Junio 2013	30702,44	545,77	3320,30	9,24	9,86
Julio 2013	34877,13	620,48	3794,20	9,19	9,81
Agosto 2013	35406,49	630,14	3846,80	9,20	9,83
Septiembre 2013	35274,33	629,35	3835,00	9,19	9,85
Octubre 2013	38429,46	689,32	4232,10	9,08	9,77
Noviembre 2013	35208,68	625,19	3890,10	9,05	9,64
Diciembre 2013	37025,48	656,73	4209,10	8,79	9,36
Enero 2014	40711,68	723,41	4453,70	9,14	9,75
Febrero 2014	34861,53	620,71	3984,60	8,74	9,35
Marzo 2014	37170,11	660,65	4146,80	8,96	9,56
Abril 2014	39633,96	704,61	4540,30	8,72	9,31
Mayo 2014	34727,49	617,07	3954,20	8,78	9,36
Junio 2014	35131,56	625,44	4176,60	8,41	8,99
Julio 2014	38882,28	693,87	4712,50	8,25	8,83
Agosto 2014	33616,41	603,62	4147,50	8,10	8,73
Septiembre 2014	33878,10	608,78	4163,60	8,13	8,77
Octubre 2014	38405,10	683,47	4628,10	8,29	8,86
Noviembre 2014	31894,80	570,65	3705,80	8,60	9,24
Diciembre 2014	35038,09	630,50	4336,90	8,07	8,72
Enero 2015	20515,39	370,35	2555,70	8,02	8,69

Si se representan gráficamente esta serie de datos se percibe de una forma más clara cuál ha sido la evolución de los mismos.

Figura 4: Evolución del ratio Km/T



En la figura 4 se aprecia que existe una clara tendencia a la baja desde el momento de la implementación del SAD, en marzo de 2014. Se representan en la misma gráfica dos líneas horizontales. La roja representa la media del citado ratio antes de la implementación, que es de 9,06Km/T. Por su parte, la línea verde se corresponde con la media del periodo posterior al comienzo del uso de la aplicación, en este caso la media se sitúa en 8,34Km/T. Traduciendo estas cifras a porcentaje, se observa que se ha producido de media un descenso del 7,9%. Si extrapolamos este dato a un mes medio, en el que se produzcan y entreguen 4000 toneladas de pienso, supone un ahorro de 2863 Km. Con respecto al ratio min/T sigue un tendencia muy similar. La media del período sin SAD es de 9,69 min/T mientras que después baja hasta los 8,95 min/T, lo que supone un descenso del 7,6%. Estos datos resumen se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Resumen de la evolución de los ratios estudiados.

	Km/T	Min/T
Antes del SAD	9,059	9,690
Después del SAD	8,343	8,952
%	7,9%	7,6%

5. Conclusiones.

A la vista de los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que existe una mejora notable en cuanto a la gestión logística de la fábrica se refiere. Por una parte la aplicación permite mediante un preciso cálculo de los consumos tener la información permanentemente actualizada del stock de pienso de los clientes. Esto se traduce en que 93 clientes deciden que sea la fábrica la que seleccione el punto óptimo de entrega. El éxito del SAD queda además evidenciado por la positiva evolución que tienen las variables de las rutas de distribución, distancia y tiempo. Calculando el número de kilómetros y de minutos promedio necesarios para distribuir una tonelada de pienso, se observa que se produce un ahorro en torno al 8% en ambos aspectos.

Estos alentadores resultados animan a seguir con el desarrollo e implementación completa del SAD para que permita la generación automática de rutas de distribución.

6. Bibliografía.

- Chen, I.J.; Paulraj, A. 2004. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of Operations Management*. Issue. 22 (2), pp. 119-150.
- Faiz, S., Krichen, S. & Inoubli, W., 2014. A DSS based on GIS and Tabu search for solving the CVRP: The Tunisian case. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, Issue 17, pp. 105-110.
- Gacias, B., Cegarra, J. & Lopez, P., 2012. Scheduler-oriented algorithms to improve human-machine cooperation in transportation scheduling support systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Issue 25, pp. 801-813.
- Kullapapruk, P., Supachai, P. & Suphakan, H., 2013. An interactive approach to optimize production-distribution planning for an integrated feed swine Company. *Int. J. Production Economics*, Issue 142, pp. 290-301.
- Mauleón, M. (2006): "Logística y Costes". Madrid. Diaz De Santos.
- Ruiz, R., Maroto, C. & Alcaraz, J., 2004. A decision support system for a real vehicle routing problem. *European Journal of Operation Research*, Issue 3(153), pp. 593-606.
- Sicilia, J-A., Royo, B., Larrodé, E. & Fraile, A., 2014. A decision support system for a long-distance routing problema based on the ant colony optimization metaheuristic. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Issue 111, pp. 1035-1041.
- Van Wezel, W., Cegarra, J. & Hoc, J., 2011. Allocating function to humans and algorithms in scheduling. *Behavioral Operations in Planning and Scheduling*. Ed.: Springer Science. London, (England).