



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y
DIRECCIÓN DE EMPRESAS. UPV

SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROVEEDORES EN UNA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

TRABAJO FIN DE GRADO

ROCIO VILLALBA RINCON

TUTORA: CONCEPCIÓN MAROTO ÁLVAREZ

TUTOR EN LA EMPRESA: SALVADOR GINER ROSA

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

MARZO 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Concepción Maroto Álvarez por permitirme realizar este Trabajo de Fin de Grado, dirigiéndome y dedicando parte de su tiempo, logrando aprender día tras día de su extensa experiencia y sus conocimientos sobre la materia. La buena realización del mismo no hubiera sido posible sin su implicación y exigencia.

Y a Salvador Giner Rosa, responsable del Departamento de Compras de la empresa Roquette Laisa España, S.A., por la colaboración, atención y ayuda prestada, y por proporcionarme todos los datos necesarios para la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	14
1.1	Resumen.....	15
1.2	Objetivos	15
2	La Empresa: El Grupo Roquette y Roquette Laisa España	20
2.1	Materias Primas	22
2.1.1	Maíz.....	22
2.1.2	Trigo.....	22
2.1.3	Patatas.....	22
2.1.4	Guisantes.....	23
2.2	Sectores Económicos.....	24
2.2.1	Alimentación humana	24
2.2.2	Alimentación animal.....	24
2.2.3	Industria farmacéutica y cuidado personal.....	25
2.2.4	Papel y cartón ondulados y adhesivos	25
2.2.5	Industria química y bioindustria.....	26
2.3	Gama de Productos.....	27
2.4	Logística.....	27
2.5	Calidad y Seguridad.....	28
3	Técnicas Multicriterio: AHP y PROMETHEE.....	30
3.1	Método AHP.....	32
3.1.1	Construcción de Jerarquías	32
3.1.2	Establecimiento de Prioridades.....	32
3.1.3	Consistencia Lógica	33
3.2	Método PROMETHEE	34
3.3	Software: Aplicaciones Excel y D-Sight Web.....	38
4	Evaluación De Los Productos En La Empresa	41
4.1	Aplicación del método AHP para calcular los pesos de los criterios.....	43
4.1.1	Criticidad de los productos.....	43
4.1.2	Estrategia de los productos.....	44
4.2	Cálculo actual de los indicadores de criticidad y estrategia de los productos.....	50
4.3	Evaluación de productos con el Método PROMETHEE	57

5	Evaluación De Los Proveedores En La Empresa	76
5.1	Aplicación del método AHP para calcular los pesos de los criterios	77
5.1.1	Criticidad de los proveedores.....	77
5.1.2	Estrategia de los proveedores.....	78
5.2	Cálculo actual de los indicadores de criticidad y estrategia de los proveedores.....	83
5.3	Evaluación de proveedores con el método PROMETHEE	93
6	Nuevas Propuestas De Gestión	116
6.1	Aplicación en Excel del método PROMETHEE	118
6.1.1	Cálculo del Índice de Criticidad de Productos en Excel.....	119
6.1.2	Cálculo del Índice de Estrategia de Productos en Excel	125
6.1.3	Cálculo del Índice de Criticidad de Proveedores en Excel.....	131
6.1.4	Cálculo del Índice de Estrategia de Proveedores en Excel	137
6.2	Teoría del Valor Multi-atributo (MAVT).....	142
6.3	Homologación de los proveedores	148
6.4	Auditoría de los proveedores.....	158
7	Conclusiones.....	168
	Bibliografía	173
	Artículos y Libros	174
	Documentos digitales y Software	175
	Anexos.....	177
	Anexo 1. Escalas de valoración de criterios	178
	1. Evaluación de los productos.....	178
	2. Evaluación de los proveedores.....	180
	Anexo 2. Resultados para el total de productos y proveedores evaluados.....	186
	1. Indicadores de criticidad y estrategia del total de productos evaluados	186
	2. Indicadores de criticidad y estrategia del total de proveedores evaluados	190
	Anexo 3. Evaluación de productos con el método PROMETHEE en Excel	192
	1. Criticidad para el total de productos evaluados en Excel	192
	2. Estrategia para el total de productos evaluados en Excel	195
	Anexo 4. Evaluación de proveedores con el método PROMETHEE en Excel	198
	1. Criticidad para el total de proveedores evaluados en Excel	198
	2. Estrategia para el total de proveedores evaluados en Excel	201

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Presencia internacional de Roquette. Fuente: Web Roquette Frères, S.A. (2014).....	21
Figura 2. Materias primas procesadas por el Grupo Roquette.....	22
Figura 3. Distribución de las materias primas procesadas del Grupo Roquette en porcentaje.	23
Figura 4. Distribución del volumen de negocio de Roquette por sectores industriales.	26
Figura 5. Funciones de preferencia del método PROMETHEE.....	36
Figura 6. Aplicación Excel del método AHP para evaluar productos en la empresa.....	39
Figura 7. Aplicación Excel del método AHP para evaluar proveedores en la empresa.....	39
Figura 8. Jerarquía de decisión para la evaluación de productos.	45
Figura 9. Pesos de los criterios críticos de productos en porcentaje.....	48
Figura 10. Pesos de los criterios estratégicos de productos en porcentaje.....	48
Figura 11. Pesos de los criterios para la evaluación de los productos.	49
Figura 12. Matriz estratégica para la evaluación de los productos.	56
Figura 13. Función de preferencia tipo usual.....	60
Figura 14. Función de preferencia tipo v-shape utilizada para los criterios de competencia, plazo de entrega y factor de aprovisionamiento.	61
Figura 15. Función de preferencia tipo linear utilizada para el criterio volumen de compras...	61
Figura 16. Tabla de parámetros aplicables al método PROMETHEE para productos.	62
Figura 17. Gráfico GAIA de los criterios de criticidad de los productos.....	64
Figura 18. Gráfico de tela de araña de los productos seleccionados para la evaluación de la estrategia.	65
Figura 19. Evaluación de los productos con los resultados del método PROMETHEE.	66
Figura 20. Gráficos de criticidad y estrategia de productos con evaluación de la empresa y con PROMETHEE.	70
Figura 21. Comparación valores del índice de criticidad de productos.	71
Figura 22. Comparación valores del índice de estrategia de productos.....	71
Figura 23. Criterios críticos de productos y cuatro productos tomados como ejemplo.....	72
Figura 24. Criterios estratégicos de productos y cinco productos tomados como ejemplo.....	73
Figura 25. Jerarquía de decisión para la evaluación de los proveedores.....	79
Figura 26. Pesos de los criterios críticos de proveedores en porcentaje.....	81
Figura 27. Pesos de los criterios estratégicos de proveedores en porcentaje.....	81
Figura 28. Pesos de los criterios para la evaluación de los proveedores.	82
Figura 29. Mapamundi del riesgo de los países según el color y la calificación obtenida.	87
Figura 30. Matriz estratégica para la evaluación de los proveedores.	92
Figura 31. Función de preferencia tipo v-shape utilizada para el criterio reclamaciones.	96
Figura 32. Función de preferencia tipo linear utilizada para el criterio riesgo sobre la facturación del proveedor.....	97
Figura 33. Función de preferencia tipo linear utilizada para el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette.	98
Figura 34. Tabla de parámetros aplicables al método PROMETHEE para proveedores.	99
Figura 35. Gráfico GAIA de los criterios de criticidad de los proveedores.....	101
Figura 36. Gráfico de tela de araña de los proveedores seleccionados para la evaluación de la criticidad.....	103

Figura 37. Evaluación de los proveedores con los resultados del método PROMETHEE.	104
Figura 38. Gráficos de criticidad y estrategia de proveedores con evaluación de la empresa y con PROMETHEE.	108
Figura 39. Comparación valores del índice de criticidad de proveedores.	109
Figura 40. Comparación valores del índice de estrategia de proveedores.	109
Figura 41. Criterios críticos de proveedores y dos proveedores tomados como ejemplo.	110
Figura 42. Criterios estratégicos de proveedores y dos proveedores tomados como ejemplo.	111
Figura 43. Índice de Estrategia obtenido con el método de Roquette, PROMETHEE y MAVT con y sin el criterio reclamaciones.	112
Figura 44. Índice de Criticidad de proveedores obtenido en el análisis de sensibilidad.	114
Figura 45. Índice de Estrategia de proveedores obtenido en el análisis de sensibilidad.	114
Figura 46. Indicadores de Criticidad de los productos evaluados.	124
Figura 47. Indicadores de Estrategia de los productos evaluados.	130
Figura 48. Indicadores de Estrategia de los productos evaluados.	136
Figura 49. Indicadores de Estrategia de los proveedores evaluados.	142
Figura 50. Pesos relativos en el cálculo del criterio solvencia del proveedor para la homologación.	154
Figura 51. Valoración de los criterios técnicos (criticidad) y económicos (estrategia) en la homologación de proveedores.	157
Figura 52. Jerarquía de decisión para la evaluación de los proveedores incluyendo la auditoría.	159
Figura 53. Pesos de los criterios estratégicos de proveedores incluyendo auditoría en porcentaje.	161
Figura 54. Evaluación realizada al proveedor 304102 para el criterio auditoría.	162
Figura 55. Indicadores de Estrategia de los proveedores evaluados incluyendo la auditoría.	163
Figura 56. Herramienta de simulación de los pesos de los criterios.	165
Figura 57. Indicadores de Estrategia de los proveedores evaluados incluyendo la auditoría para el análisis de sensibilidad.	166

ANEXO 1

Figura A1. 1. Función representativa de los valores para el criterio plazo de entrega.	178
Figura A1. 2. Función representativa de los valores para el criterio retrasos.	180
Figura A1. 3. Función representativa de los valores para el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette.	181
Figura A1. 4. Función representativa del criterio volumen de compras sobre el total de Roquette con MAVT.	184

ANEXO 2

Figura A2. 1. Gráfico de los indicadores de criticidad de los productos evaluados.	188
Figura A2. 2. Gráfico de los indicadores de estrategia de los productos evaluados.	189
Figura A2. 3. Gráfico de los indicadores de criticidad de los proveedores evaluados.	191
Figura A2. 4. Gráfico de los indicadores de estrategia de los proveedores evaluados.	191

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Escala fundamental de valoración utilizada en el Método AHP.....	33
Tabla 2. Tabla de evaluación.....	34
Tabla 3. Matriz de comparaciones por pares para la criticidad de los productos.....	46
Tabla 4. Matriz de comparaciones por pares para la estrategia de los productos.....	46
Tabla 5. Matriz normalizada para la criticidad de los productos.....	47
Tabla 6. Matriz normalizada para la estrategia de los productos.....	47
Tabla 7. Tabla de evaluación de los productos para el cálculo del índice de criticidad.....	53
Tabla 8. Tabla de evaluación de los productos para el cálculo del índice de estrategia.....	54
Tabla 9. Resultados de criticidad, estrategia y facturación de los productos.....	55
Tabla 10. Tabla de evaluación de productos del método PROMETHEE.....	57
Tabla 11. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los productos con el método PROMETHEE.....	63
Tabla 12. Tabla de evaluación de productos.....	67
Tabla 13. Matriz de comparaciones por pares para la criticidad de los proveedores.....	79
Tabla 14. Matriz de comparaciones por pares para la estrategia de los proveedores.....	80
Tabla 15. Matriz normalizada para la criticidad de los proveedores.....	80
Tabla 16. Matriz normalizada para la estrategia de los proveedores.....	80
Tabla 17. Escala del criterio riesgo comercial según e-informa y escalas definidas por Roquette para el cálculo de la criticidad de los proveedores.....	85
Tabla 18. Escala del criterio riesgo del país según Coface y escalas definidas por Roquette para el cálculo de la criticidad de los proveedores.....	86
Tabla 19. Tabla de evaluación de los proveedores para el índice de criticidad.....	89
Tabla 20. Tabla de evaluación de los proveedores para el cálculo del índice de estrategia.....	90
Tabla 21. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los proveedores.....	91
Tabla 22. Tabla de evaluación de proveedores del método PROMETHEE.....	93
Tabla 23. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los proveedores con el método PROMTHEE.....	100
Tabla 24. Tabla de evaluación de proveedores para aplicar el método PROMETHEE.....	105
Tabla 25. Tabla de evaluación para la criticidad productos del método PROMETHEE en Excel.....	119
Tabla 26. Diferencias entre productos sobre cada criterio crítico considerado.....	120
Tabla 27. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio crítico considerado.....	121
Tabla 28. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de productos.....	122
Tabla 29. Flujos positivos y negativos de productos para la criticidad.....	123
Tabla 30. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Criticidad de productos.....	123
Tabla 31. Tabla de evaluación para la estrategia de productos del método PROMETHEE en Excel.....	125
Tabla 32. Diferencias entre productos sobre cada criterio estratégico considerado.....	126
Tabla 33. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio estratégico considerado.....	127
Tabla 34. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de productos.....	128

Tabla 35. Flujos positivos y negativos de los productos para la estrategia.	129
Tabla 36. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Estrategia de productos.	129
Tabla 37. Tabla de evaluación para la criticidad proveedores del método PROMETHEE en Excel.	131
Tabla 38. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio crítico considerado.	132
Tabla 39. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio crítico considerado.	133
Tabla 40. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de proveedores.	134
Tabla 41. Flujos positivos y negativos de proveedores para la criticidad.	135
Tabla 42. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Criticidad de proveedores.	135
Tabla 43. Tabla de evaluación para la estrategia de proveedores del método PROMETHEE en Excel.	137
Tabla 44. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio estratégico considerado.	138
Tabla 45. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio estratégico considerado.	139
Tabla 46. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de proveedores.	140
Tabla 47. Flujos positivos y negativos de los proveedores para la estrategia.	141
Tabla 48. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Estrategia de proveedores.	141
Tabla 49. Escala de valoración del criterio riesgo comercial con MAVT.	144
Tabla 50. Escala de valoración del criterio riesgo del país con MAVT.	145
Tabla 51. Escala de valoración del criterio riesgo sobre la facturación del proveedor con MAVT.	145
Tabla 52. Escala de valoración del criterio reclamaciones con MAVT.	146
Tabla 53. Tabla de evaluación de los proveedores para el índice de criticidad con MAVT.	146
Tabla 54. Tabla de evaluación de los proveedores para el índice de estrategia con MAVT.	147
Tabla 55. Valoración del criterio Registro Sanitario para la homologación de proveedores. ..	149
Tabla 56. Valoración criterio Pliego de Condiciones para la homologación de proveedores... 150	
Tabla 57. Valoración de las Reclamaciones, Retrasos y Problemas de facturación para la homologación de proveedores.	150
Tabla 58. Valoración criterios auditoría de calidad y evaluación de compras para la homologación de proveedores.	151
Tabla 59. Valoración criterio cumplimiento de la regulación para la homologación de proveedores.	152
Tabla 60. Resultado global de criticidad para la homologación de proveedores.	153
Tabla 61. Tabla de evaluación en el cálculo del criterio solvencia del proveedor para la homologación.	154
Tabla 62. Escala de valoración criterio solvencia del proveedor para la homologación.	155
Tabla 63. Resultado global de estrategia para la homologación de proveedores.	156
Tabla 64. Matriz de comparaciones por pares para la criticidad de los proveedores incluyendo la auditoría.	159
Tabla 65. Matriz normalizada para la estrategia de los proveedores incluyendo la auditoría. 160	
Tabla 66. Tabla de evaluación de proveedores del método PROMETHEE incluyendo la auditoría.	162
Tabla 67. Resultados del Índice de Estrategia de los Proveedores.	164

ANEXO 1

Tabla A1. 1. Escala de valoración del criterio plazo de entrega para el cálculo del índice de criticidad de los productos.....	179
Tabla A1. 2. Escala de valoración del criterio volumen de compras para el cálculo de la estrategia de los proveedores.....	182
Tabla A1. 3. Escala de valoración del criterio retrasos con MAVT.	183
Tabla A1. 4. Escala de valoración del criterio volumen de compras para el cálculo de la estrategia de los proveedores con MAVT.	185

ANEXO 2

Tabla A2. 1. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los productos con el método PROMETHEE.	186
Tabla A2. 2. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los proveedores con el método PROMETHEE.	190

ANEXO 3

Tabla A3. 1. Diferencias entre productos sobre cada criterio crítico considerado.....	192
Tabla A3. 2. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio crítico considerado	193
Tabla A3. 3. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de productos.	194
Tabla A3. 4. Diferencias entre productos sobre cada criterio estratégico considerado.....	195
Tabla A3. 5. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio estratégico considerado.....	196
Tabla A3. 6. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de productos.....	197

ANEXO 4

Tabla A4. 1. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio crítico considerado.....	198
Tabla A4. 2. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio crítico considerado.....	199
Tabla A4. 3. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de proveedores.	200
Tabla A4. 4. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio estratégico considerado.....	201
Tabla A4. 5. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio estratégico considerado.....	202
Tabla A4. 6. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de proveedores.....	203

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen

1.2 Objetivos

1.1 RESUMEN

En muchas empresas la selección y evaluación de proveedores es uno de los aspectos clave de la gestión de la cadena de suministro. La tendencia actual se fundamenta en la búsqueda de unos pocos proveedores fiables con los que asociarse o establecer contratos a largo plazo. El objetivo general de este trabajo es la selección y evaluación de los proveedores de una industria agroalimentaria, Roquette Laisa, mediante la aplicación de una metodología multicriterio.

En primer lugar se describe la empresa y el grupo al que pertenece, su actividad, los sectores económicos en los que la desarrolla e información tanto de volumen de ventas como de cantidad de materias transformadas en el último ejercicio. En segundo lugar, se presenta una breve descripción de las técnicas multicriterio que se aplican, el método de las jerarquías analíticas, más conocido como AHP, y el método PROMETHEE.

A continuación se analiza en profundidad el método actual de la empresa para evaluar los productos y proveedores. En síntesis, utiliza AHP para el cálculo de los pesos de los criterios que considera en la evaluación. Los criterios se agrupan en críticos y estratégicos y se obtienen unos indicadores de criticidad y estrategia para clasificar a los productos y proveedores, que permiten a la empresa tomar decisiones, tales como qué proveedores eliminar del panel o con cuales deberían asociarse, entre otras. Los resultados de estos indicadores de criticidad y estrategia se comparan con los obtenidos aplicando un nuevo método, basado en la técnica PROMETHEE mediante el Software D-Sight web, analizando las diferencias.

Asimismo se presentan propuestas de mejora sobre la evaluación de los productos y proveedores para su aplicación por parte de la empresa. En concreto se realizan cuatro propuestas, la primera de ellas consistente en proporcionar a la empresa una aplicación Excel con el método PROMETHEE que permitiría a la empresa aplicar esta técnica multicriterio sin recurrir a software externo.

Una segunda propuesta es la de aplicar el método Teoría del Valor Multi-atributo, similar al método que utiliza la empresa en cuanto al procedimiento de cálculo, que requiere un cambio en las escalas de valoración que emplea en la actualidad. La tercera propuesta se basa en el sistema que la empresa utiliza para la homologación de los proveedores, introduciendo modificaciones en las escalas de valoración establecidas y nuevos criterios económicos. Los resultados de la evaluación del proveedor, tanto de criticidad como de estrategia, son la base para decidir si el proveedor queda o no homologado, entra en el panel para futuras compras por parte de Roquette y la posición que ocupa en el ranking de proveedores de cada producto. Por último, la cuarta propuesta consiste en integrar la auditoría que la empresa realiza a los proveedores como un criterio estratégico adicional en su evaluación.

Como conclusiones de este Trabajo Fin de Grado destaca la necesidad de modificar el método actual de la empresa para la obtención de los indicadores de criticidad y estrategia de los productos y proveedores, bien aplicando el método PROMETHEE para el que se proporciona

una hoja de cálculo en Excel elaborada para tal efecto, o bien aplicando el método de la Teoría del Valor Multi-atributo. En ambos casos, la empresa podrá obtener resultados más fiables y robustos que los que obtiene con su método actual. Asimismo se propone modificar el sistema de evaluación inicial de los proveedores para la incorporación al panel de proveedores e integrar esta evaluación inicial con la evaluación anual y la auditoría que la empresa realiza a sus proveedores.

1.2 OBJETIVOS

La selección y evaluación de proveedores es un problema fundamental en la gestión de la cadena de suministro. En muchas empresas la gestión de compras se centra únicamente en los productos, sin embargo debido a las cambiantes necesidades del mercado, la selección y evaluación de proveedores se ha convertido en una actividad prioritaria para la gestión de compras. Los productos se adquieren a proveedores que han superado previamente una estricta evaluación de acuerdo a aspectos relevantes para las empresas. Generalmente, un producto se suministra por varios proveedores y a cada proveedor se compran uno o varios productos, lo que supone que la tarea de evaluar proveedores es distinta y más compleja que la de evaluar productos.

En la actualidad, la tendencia seguida por las empresas se basa en la búsqueda de unos pocos proveedores fiables con los que establecer contratos a largo plazo o con los que asociarse. Roquette Laisa España utiliza el sistema ERP SAP para la gestión de las compras y los almacenes. Sin embargo, este sistema no provee técnicas de análisis que faciliten la evaluación de los numerosos productos y proveedores que gestiona el departamento de compras.

La empresa Roquette Laisa está interesada en aplicar una metodología multicriterio para la evaluación de los productos y proveedores a partir de los datos obtenidos con el sistema SAP, tanto para homologar y seleccionar proveedores como para evaluar a sus proveedores con la finalidad de establecer la relación más conveniente con cada uno de ellos. Así la empresa desea apoyar decisiones tales como si es conveniente asociarse con algún proveedor, con quiénes les interesa firmar contratos a largo plazo, en qué casos sería mejor seguir una política de precios o si no interesan a la empresa y se deben eliminar de su panel de proveedores homologados.

El objetivo general de este trabajo es la selección y evaluación de los proveedores de una industria agroalimentaria, Roquette Laisa, mediante la aplicación de una metodología multicriterio. Los objetivos concretos son los siguientes.

1. Evaluar a los proveedores del panel de forma periódica y sistemática mediante técnicas multicriterio con la finalidad de establecer la relación más conveniente con cada uno de ellos. Esta evaluación debe tener en cuenta tanto los criterios que afectan a los productos adquiridos, como los criterios que afectan a la estrategia interna de la empresa.
2. Proponer una metodología multicriterio para la selección de proveedores con la finalidad de incorporarlos al panel de proveedores homologados de la empresa. Se deben considerar tanto los aspectos técnicos como los económicos más relevantes para la empresa.

Para alcanzar estos objetivos en primer lugar se ha realizado un profundo análisis del sistema de evaluación actual de los proveedores, que incorpora la técnica AHP para

determinar la importancia de los criterios que se consideran para evaluar los productos y los proveedores. En segundo lugar, se ha propuesto un método basado en la técnica PROMETHEE y se han comparado los resultados. En tercer lugar se han desarrollado varias propuestas de mejora, que incluyen una aplicación Excel para aplicar el método PROMETHEE, un método de selección y evaluación de proveedores basado en la Teoría del Valor Multi-atributo, que además de permitir la evaluación de proveedores es adecuado para las decisiones de homologación. Por último, se propone a la empresa la integración de los resultados de las auditorías que la empresa realiza a los proveedores en la metodología multicriterio.

La memoria está estructurada de la siguiente manera. Tras especificar los objetivos del trabajo, en el capítulo 2 se describe la actividad de la empresa y el grupo al que pertenece y en el capítulo 3 las técnicas multicriterio aplicadas en el Trabajo Fin de Grado, AHP y PROMETHEE, así como el software empleado D-Sight Web. En el capítulo 4 se analiza el sistema actual de evaluación de los productos adquiridos que lleva a cabo la empresa, que incorpora AHP, y se compara con la aplicación del método PROMETHEE. Los resultados obtenidos se consideran en el capítulo 5 que se centra en la evaluación de los proveedores, tanto en el sistema actual como en el propuesto basado en PROMETHEE. En el capítulo 6 se presentan nuevas propuestas de gestión y en el 7 las conclusiones del trabajo. En la bibliografía se recogen tanto los libros y artículos utilizados como los documentos digitales y software. Por último, los anexos incluyen tanto datos necesarios para realizar el trabajo como resultados detallados del mismo.

2 LA EMPRESA: EL GRUPO ROQUETTE Y ROQUETTE LAISA ESPAÑA

2.1 Materias Primas

2.2 Sectores Económicos

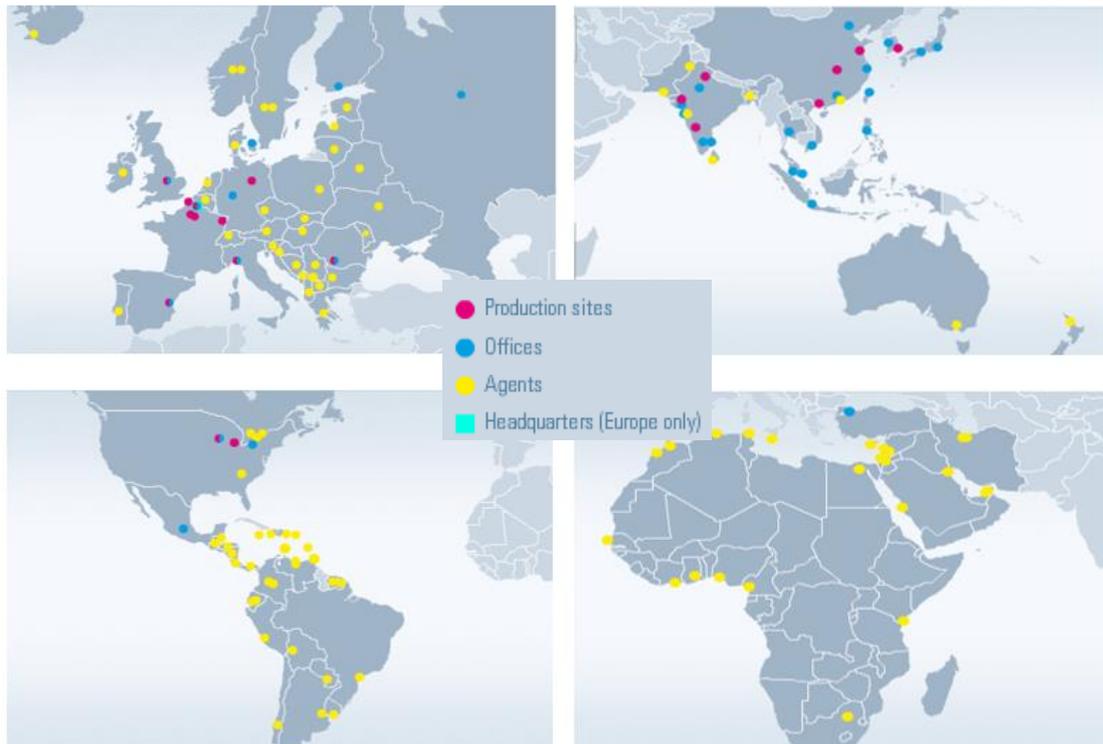
2.3 Gama de Productos

2.4 Logística

2.5 Calidad y Seguridad

La empresa Roquette Laisa España, S.A. está situada en Benifaió (Valencia) y forma parte del Grupo de la multinacional francesa Roquette Frères, S.A. El objeto de esta empresa es la producción de almidones, glucosa, maltodextrinas y dextrosa, a partir de la transformación del maíz, trigo, patata y guisante. Dicho Grupo se formó en 1933 y actualmente cuenta con un total de 18 fábricas y 31 oficinas comerciales repartidas entre Europa, Asia, América y África, siendo el continente europeo el de mayor presencia, en especial, el país de Francia donde está situada su sede, en Lestrem. En la *Figura 1* podemos ver las fábricas, oficinas y delegaciones de la empresa alrededor de todo el mundo.

Figura 1. Presencia internacional de Roquette. Fuente: Web Roquette Frères, S.A. (2014)



A nivel de Grupo, esta empresa está presente en más de 100 países y tiene empleados casi 8.000 trabajadores. El consumo total de materia prima actualmente supera los 8 millones de toneladas por año, lo que resulta en la producción de 6 millones de toneladas de almidón y derivados del almidón. Se sitúa en quinto lugar en la industria del almidón a nivel mundial, en primer lugar como productora de almidón en India y Francia, y en segundo lugar en la industria del almidón europeo. En el año 2013, el Grupo consiguió un volumen de negocio mundial de 3,4 billones de euros.

En la filial valenciana se transforman cada año 350.000 toneladas de maíz no transgénico, procedente de países europeos, fabricando con él aproximadamente 150 productos diferentes (60 almidones, 60 glucosas, aceite de maíz y 27 productos para piensos). En el ejercicio 2013 logró una cifra de ventas de 238,9 millones de euros, lo que supuso un aumento del 10,5% respecto a 2012. Cuenta con una plantilla total de 220 empleados y está situada en la posición 19 en el Ranking 2014 de las 5.000 primeras empresas de la Comunitat Valenciana clasificadas por ventas, beneficios y empleados con datos de 2012 (Valencia Plaza, 2014).

2.1 MATERIAS PRIMAS

El Grupo Roquette produce anualmente más de 6.000.000 de toneladas de almidón y sus derivados a partir del procesamiento de cerca de 8.000.000 de toneladas de materias primas. La empresa obtiene todos sus productos a partir de la transformación de cuatro materias primas básicas que son, el maíz, el trigo, las patatas y los guisantes y que se detallan a continuación:

Figura 2. Materias primas procesadas por el Grupo Roquette. Fuente: Web Roquette Frères, S.A. (2014)



2.1.1 Maíz

El grano de maíz es la principal fuente de almidón en los países desarrollados. Más de 5 millones de toneladas de maíz son procesadas cada año por Roquette, variedades específicas no modificadas genéticamente, tales como maíz ceroso (rico en amilopectina) o el maíz blanco (rico en amilosa).

En Europa, utiliza el maíz a partir de fuentes de la Unión Europea (UE), principalmente de Francia. En Estados Unidos, la planta de Keokuk está en el centro del área de producción del país, siendo así la fábrica que más materia prima procesa.

2.1.2 Trigo

En Europa, la amplia producción de trigo ha supuesto que este cereal se convierta en una nueva fuente competitiva de almidón. Esta materia prima contiene una proteína natural llamada gluten vital de trigo, con propiedades viscoelásticas únicas, utilizada en la producción del pan. Roquette procesa aproximadamente 1,9 millones de toneladas de trigo al año.

2.1.3 Patatas

El almidón de patata, también llamado harina de patata, posee ciertas peculiaridades que están siendo demandadas en la industria del papel y en otras industrias como la de la alimentación.

Roquette anualmente transforma más de 1.000.000 de toneladas de patatas gracias a los contratos de producción del Grupo firmados con más de 1.500 agricultores, los cuales cubren

20.000 hectáreas. La fábrica de Vecquemont (Francia) es actualmente la única planta de producción de almidón de patata del Grupo. Representa un 75% del almidón de patata producido en tierras francesas.

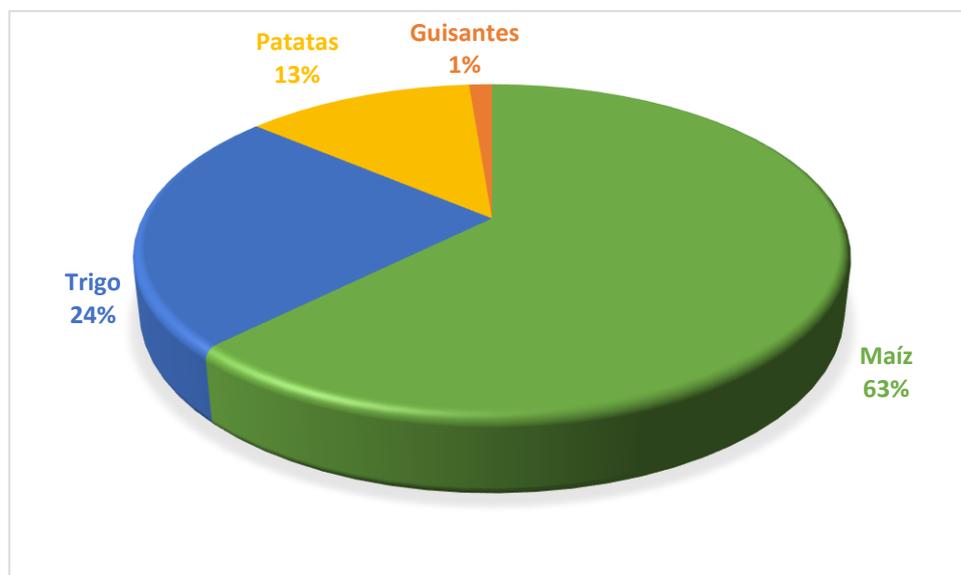
2.1.4 Guisantes

La producción de almidón de guisante es la línea de almidón más reciente incorporada al Grupo, lo que permite a Roquette el acceso a una nueva fuente de proteínas vegetales en un mercado de rápida expansión.

El almidón de guisante se utiliza ampliamente tanto en la alimentación humana como en la alimentación animal. Cultivado principalmente en Francia, Roquette procesa 100.000 toneladas al año de esta materia prima. La planta de producción que transforma los guisantes para la preparación del almidón es la de Vic-sur-Aisne (Francia).

La cantidad de cada materia prima que el Grupo procesa mundialmente, en términos porcentuales, se puede ver en la *Figura 3*. Del maíz procesa 5.000.000 t/año, del trigo 1.900.000 t/año, de la patata más de 1.000.000 t/año y de los guisantes alrededor de 100.000 t/año, siendo el maíz el más importante y los guisantes el de menor utilización debido a la reciente incorporación al Grupo.

Figura 3. Distribución de las materias primas procesadas del Grupo Roquette en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Frères, S.A. (2013)



2.2 SECTORES ECONÓMICOS

Desde su fundación en 1933, el Grupo Roquette genera valor con las materias primas naturales y renovables que transforma, mediante la adaptación a las necesidades de la industria. Roquette Laisa España comercializa productos con destino a otras empresas para la fabricación de otros productos, con lo que no distribuye artículos acabados con destino al consumidor final.

Los sectores industriales en los que la empresa comercializa sus productos son el de la alimentación humana, alimentación animal, el de la industria farmacéutica y cuidado personal, el del papel y cartón ondulado y adhesivos y el de la industria química y bioindustria, que se detallan en los siguientes apartados.

2.2.1 Alimentación humana

El Grupo Roquette tiene como objetivo, en esta industria, la innovación constante junto con un entendimiento de las necesidades de sus clientes. Así, logra una amplia gama de productos a partir de la base de las materias naturales que, combinada con el equipo moderno de que disponen y unos estrictos controles que exigen cumplir a lo largo de todos los procesos, es capaz de garantizar una alta calidad y seguridad en sus productos.

Los productos de Roquette dirigidos a la alimentación humana, se emplean en la fabricación de:

- Confitería y chocolate.
- Productos horneados.
- Bebidas.
- Productos de frutas.
- Productos lácteos.
- Salados.
- Carnes y pescados.
- Salsas, aderezos y sopas.

2.2.2 Alimentación animal

Roquette ofrece ingredientes desarrollados a partir de las cuatro materias primas que se dirigen principalmente a los fabricantes de piensos para el ganado y los animales domésticos. El Grupo suministra una amplia gama de productos para la alimentación animal que, formada por más de sesenta productos junto con otros en constante desarrollo, tiene como objetivo satisfacer las necesidades y requerimientos dietéticos de los animales.

Las dos familias de productos que ofrecen son productos ricos en fibra y están dirigidos a los fabricantes de piensos compuestos y a los criadores de animales; y productos que incluyen proteínas, almidones y productos derivados, utilizados con fines nutricionales, así como

tecnológicos, sobre todo para los fabricantes de productos de alimentación especiales para perros, gatos, peces y animales jóvenes.

La empresa tiene experiencia en diversas aplicaciones, incluyendo, entre otros:

- Acuicultura.
- Alimentos para mascotas.
- Alimentación para ganado porcino.
- Alimentos para animales rumiantes.
- CMR (Calf Milk Replacers) o sustitutos de la leche de becerro.
- Alimentación para aves de corral.
- Alimentos para caballos.

2.2.3 Industria farmacéutica y cuidado personal

Debido a su calidad de investigación y a la fiabilidad de sus productos, diversas compañías farmacéuticas situadas en muchos países, optan por confiar en Roquette. Gracias a la participación en grandes proyectos de desarrollo, Roquette proporciona formas evolucionadas de tecnología a los laboratorios farmacéuticos y a los pacientes, ya que este progreso científico que consigue, proporciona nuevas moléculas para nuevos tratamientos.

Los ingredientes y excipientes tienen sus inicios en las abundantes cosechas de las materias primas renovables: trigo, maíz, patatas o guisantes. Su experiencia en este campo le proporciona una ventaja competitiva en una multitud de aplicaciones farmacéuticas como:

- Formas sólidas de dosificación.
- Excipientes para formas líquidas.
- Productos de pegado.
- Excipientes para confitería farmacéutica.
- Soluciones inyectables, soluciones de diálisis, nutrición parenteral.
- Ingredientes para la nutrición clínica y nutracéuticos.

2.2.4 Papel y cartón ondulados y adhesivos

En esta industria existen ciertas presiones fundamentalmente en las áreas del coste de la energía, del origen de las materias primas y las políticas ambientales aplicables. Hoy en día, estas son las principales preocupaciones de las industrias de papel, cartón corrugado y adhesivos, las cuales intentan enfrentarse a estos problemas de una manera eficaz y rentable a través de la innovación continua.

Así, Roquette participa de forma activa mediante el suministro de polímeros biodegradables elaborados a partir de fuentes de carbono renovables, resumidas en los objetivos de reemplazar la mayor cantidad posible de gasolina química, aumentar la productividad de procesos y crear un ahorro de energía.

Las principales aplicaciones de Roquette en este sector son:

- Adhesivos.
- Cartón ondulado.
- Papel refinado.
- Cartón de embalaje.
- Papeles para publicaciones.

2.2.5 Industria química y bioindustria

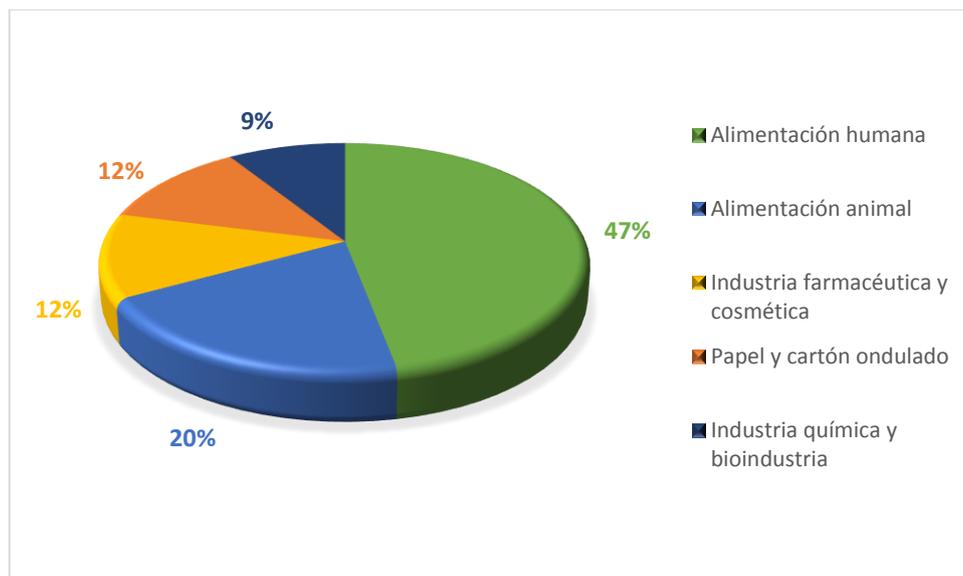
Roquette trabaja en estrecha colaboración con los clientes de numerosas áreas a los que suministra ideas y productos, de las que destacan la química industrial y la bioindustria.

Dentro de la industria química se encuentran grandes empresas de productos químicos, las cuales están presentes en diversas actividades tales como detergentes, plásticos biodegradables, fertilizantes, fotografía, tratamiento de superficies, etc.

Respecto a las bioindustrias, éstas utilizan productos de Roquette como fuente de carbono, nitrógeno y como auxiliares tecnológicos. Los principales actores en este sector operan, entre otros, en la producción de aminoácidos, enzimas, ácidos orgánicos y antibióticos.

Las múltiples aplicaciones y, sobre todo, la amplia gama de productos del Grupo Roquette (más de 700), le permiten colaborar activamente en numerosas áreas industriales. En la *Figura 4* se puede observar el volumen de negocio del Grupo por cada sector industrial con el que tiene relación. Del volumen total de 3,4 billones, un 47% corresponde a las ventas en el sector de la alimentación humana, un 20% en el sector de la alimentación animal, un 12% en la industria farmacéutica y en la del papel y cartón ondulado y un 9% en la industria química y bioindustria.

Figura 4. Distribución del volumen de negocio de Roquette por sectores industriales. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Frères, S.A. (2013)



2.3 GAMA DE PRODUCTOS

Roquette ofrece una gama muy diversificada y sofisticada de almidones y derivados para sus clientes y consumidores de todo el mundo. Debido al importante enfoque en la investigación y el desarrollo, la empresa también diseña más de 700 productos intermedios los cuales se utilizan para modificar o mejorar la fabricación de los productos finales.

La gama de productos del Grupo, se divide en cinco categorías básicas:

- Almidones y proteínas nativas.
- Almidones física y químicamente modificados.
- Productos hidrolizados e isomerizados.
- Productos hidrogenados.
- Derivados del proceso de fermentación y productos químicos refinados.

En cuanto a Roquette Laisa España, S.A., produce cuatro líneas de productos de los que obtiene alrededor de 150 productos.

- Piensos. La empresa produce cerca de 27 tipos de piensos.
- Aceite de maíz.
- Almidones como pueden ser los aglutinantes, espesantes, etc. De ellos produce entre 50 y 60 tipos diferentes.
- Glucosas como los compactantes (utilizados, por ejemplo, para la producción de los turrone navideños), edulcorantes (utilizados, por ejemplo, en bebidas refrescantes como Fanta o CocaCola) y las colas o aglutinantes (usadas para empapelar). Produce unos 60 tipos diferentes.

2.4 LOGÍSTICA

Roquette a través de un grupo de servicios de expertos en diferentes campos de la logística, consigue un dominio completo de su cadena de suministro. Con ello, logra mejorar su servicio de calidad y el tiempo de entrega al cliente.

Sus operaciones logísticas se basan principalmente en tres pilares esenciales los cuales permiten al Grupo acercarse a la buena calidad en las operaciones. Dichos pilares son:

- Espíritu de servicio al cliente.
- Experiencia e Innovación.
- Capacidad de respuesta y flexibilidad.

2.5 CALIDAD Y SEGURIDAD

La dedicación de Roquette a conseguir los más altos niveles de calidad, pureza y seguridad de sus productos, empieza en el campo de cultivo donde se recolectan las materias primas, extendiéndose hasta conseguir la mayor calidad en los sistemas de suministro. Todos los sistemas de gestión de la calidad son regularmente evaluados y validados por los auditores independientes que representan a los organismos de certificación adecuados.

El Grupo también realiza controles de análisis de la calidad con el apoyo de los laboratorios en instalaciones certificadas para ello, cuyos resultados permiten a la empresa establecer las medidas necesarias y eficaces para garantizar una trazabilidad completa en sus productos.

Además las materias primas son supervisadas antes de su uso para asegurarse que las normas vigentes se cumplen, sobre todo respecto a las sustancias indeseables, tales como los plaguicidas, micotoxinas y metales pesados. Así, cada año realizan más de 5.000 análisis con estos criterios.

3 TÉCNICAS MULTICRITERIO: AHP Y PROMETHEE

3.1 Método AHP

3.2 Método PROMETHEE

3.3 Software: Aplicaciones Excel y D-Sight Web

Las técnicas multicriterio discretas se utilizan en la toma de decisiones en presencia de múltiples criterios a considerar, es decir, cuando se tienen en cuenta dos o más criterios en cuenta para la selección de una alternativa o bien para priorizar un número de alternativas finito y, en general, pequeño. Los problemas multicriterio son comunes en la vida cotidiana. Por ejemplo, en el contexto personal, en la compra de una vivienda se considerarán diversos aspectos como el precio, tamaño, seguridad, ubicación, etc. Y en el contexto empresarial, más complejo y a gran escala, por ejemplo para la evaluación de proveedores, las empresas utilizan una serie de criterios procedentes de diferentes áreas como la calidad, la gestión, el servicio post-venta, la solvencia financiera, etc. (Bhushan y Rai, 2004; Xu y Yang, 2001).

En el área de la Investigación Operativa se han desarrollado una serie de técnicas diseñadas especialmente con la finalidad de ser utilizadas en la toma de decisiones para la resolución de problemas cuando el número de alternativas es finito.

En un contexto multicriterio no existe el óptimo sino que la resolución de un modelo de este tipo, se basa en encontrar la solución eficiente, que es aquella en la que no se puede mejorar un objetivo sin que al menos otro empeore. En general, las técnicas multicriterio ayudan en el proceso de toma de decisiones y tienen como finalidad integrar el comportamiento de los objetivos con los juicios de valor del decisor o los decisores implicados.

La elección de los criterios a considerar en los que se basa la decisión y la importancia otorgada a cada uno de ellos es subjetiva, pudiendo variar de un decisor o decisores a otro, como sucede en la toma de decisiones en grupo o colaborativas. Por esto, es especialmente importante que mediante un proceso transparente, los juicios de valor en los que se basan las decisiones se hagan explícitos (Maroto et al. 2012).

Según Belton y Stewart (2003) los problemas de decisión multicriterio discretos se pueden agrupar en tres grandes grupos:

- a. Aquellos en los que únicamente interesa escoger una alternativa. Por ejemplo, que ordenador portátil comprar teniendo en cuenta criterios económicos (precio), técnicos (qué procesador utiliza, qué sistema operativo tiene o de cuánta capacidad dispone) y de diseño (cuál es su peso, su tamaño, etc).
- b. Aquellos en los que se persigue clasificar las alternativas como el caso de agrupar a los proveedores de una empresa en buenos, aceptables e inaceptables según varios criterios de coste, de tiempo, técnicos y de cumplimiento del plazo de entrega, etc.
- c. Aquellos en los que el objetivo reside en ordenar las alternativas por prioridades. Por ejemplo, para la distribución del presupuesto empresarial, priorizar proyectos de inversión.

Aunque existen distintas técnicas para abordar estos problemas de decisión multicriterio, en este Trabajo de Fin de Grado se utilizarán para la evaluación y selección de proveedores el método de las jerarquías analíticas o AHP y el método PROMETHEE.

3.1 MÉTODO AHP

El método de las jerarquías analíticas, conocido como AHP -*Analytic Hierarchy Process*- y desarrollado por Thomas L. Saaty (1980), es un método que facilita la toma de decisiones cuando existen múltiples criterios mediante la descomposición del problema utilizando una jerarquía de decisión. Se ha aplicado con éxito en numerosos problemas de toma de decisiones en las empresas y en la administración. Entre algunas de las aplicaciones encontramos asignación y selección de recursos, producción, planificación estratégica, energía, sanidad, educación o ética medioambiental entre muchos otros. Esta técnica es útil también para determinar los pesos en otros métodos como programación por metas y multiobjetivo, PROMETHEE y análisis de la utilidad multiatributo.

Para aplicar este método no es necesario disponer de información cuantitativa sobre el resultado que cada alternativa obtiene en cada uno de los criterios que se consideran, sino que sólo son precisos los juicios de valor de expertos, stakeholders y/o decisores. Así, esta técnica se basa en considerar las preferencias de estos últimos a través de juicios de valor sobre la importancia relativa que para ellos tienen los criterios y las alternativas tomados “por parejas”, respecto al criterio en el nivel inmediatamente superior de la jerarquía. El método consta de tres fases que se explican brevemente en los siguientes apartados.

3.1.1 Construcción de Jerarquías

En la primera fase del método AHP se representa el problema de decisión multicriterio en una jerarquía de decisión, lo cual puede facilitar la comprensión y evaluación del problema. En el nivel superior se sitúa un único elemento, el objetivo global del problema. En los sucesivos niveles puede haber varios elementos y no hay límite para el número de niveles.

En esta fase del método es importante identificar quienes son las personas implicadas en la toma de decisiones, y en especial, cuáles son sus objetivos. Además, es necesario considerar no más de nueve criterios en un mismo nivel jerárquico ya que se ha demostrado la dificultad de las personas para hacer comparaciones por pares con un número tan elevado de elementos.

3.1.2 Establecimiento de Prioridades

La segunda fase del método consiste en establecer prioridades entre los elementos que componen la jerarquía. Sintetizando los juicios de valor se obtienen las prioridades globales que permiten llegar a una decisión final. Para ello se realizan comparaciones por pares entre los elementos de un mismo nivel con el componente del nivel inmediatamente superior.

Los resultados de las comparaciones por pares se pueden representar en una matriz. En ella se utilizarán números que representan la importancia que tiene un elemento sobre otro para los

decisores. En la *Tabla 1* se observa la escala fundamental de comparaciones por pares del método AHP.

Tabla 1. Escala fundamental de valoración utilizada en el Método AHP. Fuente: Saaty (1990)

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen de igual forma.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al primer elemento frente al segundo.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al primer elemento frente al segundo.
7	Mucha mayor importancia	La experiencia y el juicio conceden mucha mayor importancia al primer elemento frente al segundo.
9	Importancia extrema	Evidencia favorable en el mayor grado posible al primer elemento frente al segundo en la comparación por pares.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios	Usados como valores intermedios entre dos juicios.
1/2 1/3 ... 1/8 1/9		Si un primer elemento tiene una importancia fuerte comparado con un segundo elemento, le asignaríamos un 5 en la escala. Si la comparación la hiciéramos del segundo elemento frente al primero, el valor que le asignaríamos en la escala sería de 1/5.

Una vez obtenida la matriz de comparación por pares utilizando esta escala de valoración, se calculan las prioridades relativas a los criterios establecidos, que son datos requeridos para la aplicación del método PROMETHEE, pero antes, se debe analizar la consistencia de los juicios de valor, lo que es la tercera fase del método AHP.

3.1.3 Consistencia Lógica

En la toma de decisiones es importante saber si los juicios de valor incluidos en las matrices de comparación por pares son consistentes, ya que se persigue que las decisiones no se basen en juicios con una inconsistencia elevada.

Las inconsistencias pueden aparecer debido a que el decisor establece relaciones entre criterios intransitivas en las comparaciones por pares o porque éste cambia el sentido de la preferencia. Si bien no se puede estar tan seguro de la consistencia de la matriz de

comparaciones por pares, es necesario un cierto grado de consistencia en la fijación de las prioridades para conseguir válidos resultados en aplicaciones reales.

Con el Índice de Inconsistencia, se determinará el grado de consistencia de una matriz. Se considera que la consistencia de la matriz de comparación por pares es aceptable si este índice es menor o igual a 0,10 (Saaty, 1997). En este Trabajo de Fin de Grado se ha utilizado el método del lambda aproximado para el cálculo de la inconsistencia de los juicios de valor, peor existen otros métodos exactos como por ejemplo el método de las potencias sucesivas de la matriz.

3.2 MÉTODO PROMETHEE

El método PROMETHEE (*Preference Ranking Organisation METHODS for Enrichment Evaluations*) fue desarrollado en 1982 por Jean-Pierre Brans y se ha aplicado con éxito en numerosas áreas como las finanzas, planificación de inversiones, turismo, gestión de hospitales, gestión del agua, etc. (Araz, 2007; Brans y Mareschal, 2005; Ho et al., 2010). Para la toma de decisiones en un contexto multicriterio con este método se necesita conocer de forma cuantitativa o cualitativa el comportamiento de las alternativas para cada uno de los criterios que se consideran, por lo que se precisan datos básicos representados en una tabla de evaluación y las preferencias individuales. Por tanto, se necesita información adicional que represente estas preferencias.

Un problema multicriterio discreto se caracteriza por un conjunto finito de alternativas ($a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n$) y un conjunto de criterios de evaluación ($g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_k$). Con éstos se crea la tabla de evaluación de los datos (*Tabla 2*). Asimismo, es necesario definir para cada uno de los criterios si interesa maximizarlos o minimizarlos.

Tabla 2. Tabla de evaluación. Fuente: Maroto et al. (2012)

	g_1	g_2	...	g_j	...	g_k
a_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	...	$g_j(a_1)$	...	$g_k(a_1)$
a_2	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	$g_j(a_2)$	...	$g_k(a_2)$
...
a_j	$g_1(a_j)$	$g_2(a_j)$	...	$g_j(a_j)$	...	$g_k(a_j)$
...
a_n	$g_1(a_n)$	$g_2(a_n)$	...	$g_j(a_n)$	...	$g_k(a_n)$

Además de la tabla de evaluación de las alternativas, este método precisa de información sobre los pesos relativos de la importancia de los criterios, a los que se denominan w_1, w_2, \dots ,

w_k cuya suma total debe ser la unidad y que, en la aplicación del presente Trabajo Fin de Grado se han obtenido previamente con la técnica AHP.

$$\sum_{j=1\dots k} p_j = 1$$

Asociadas a un problema multicriterio existen las siguientes relaciones de dominancia:

- En cada par de alternativas a y b , a es preferible a b (aPb) si en todos los criterios considerados el valor de a es igual o mejor que el valor de b y al menos existe un criterio para el que a mejora a b .
- Dos alternativas a y b son indiferentes (aIb) si el valor de todos los criterios es igual para a y para b .
- Dos alternativas a y b son incomparables (aRb) si el valor de algún criterio es mejor para a que para b y también hay al menos otro criterio diferente para el que b es mejor que a .

Se consideran soluciones eficientes aquellas alternativas que no están dominadas por ninguna otra. En problemas reales, muchas de las alternativas son incomparables, por eso es necesario disponer de información adicional para tomar la decisión, como son los pesos de los criterios.

Al igual que en AHP, la estructura de preferencias del método PROMETHEE se basa en comparaciones por pares. No obstante, en este caso las comparaciones están basadas en la diferencia entre las evaluaciones de dos alternativas sobre un mismo criterio. Cuanto mayor sea la diferencia entre estas, mayor será la preferencia por la que se comporta mejor, y cuando la diferencia sea pequeña, el decisor podrá considerarlo despreciable.

En general, para cada criterio j se ha de proponer una función de preferencia que depende de la diferencia entre el comportamiento de las alternativas a y b y que se define como:

$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)]$ para todas las alternativas del problema, donde

$$[d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b) \text{ y}$$

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1$$

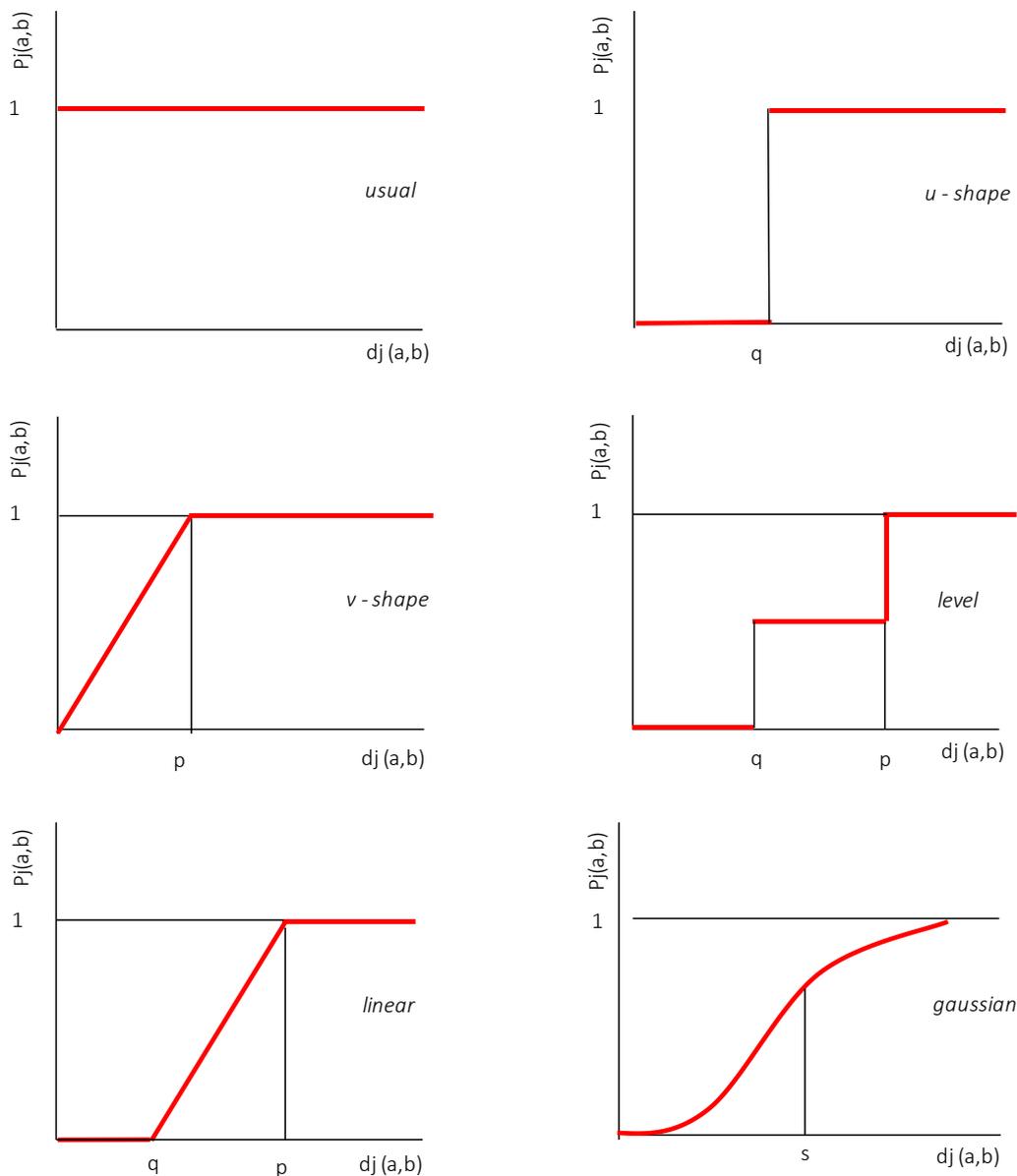
Cuando el objetivo sea maximizar el criterio, la preferencia será de a sobre b para las evaluaciones realizadas sobre el criterio, y cuando la desviación es negativa, la preferencia es 0 y por tanto

Si $P_j(a, b) > 0$ entonces $P_j(b, a) = 0$.

Por otra parte, en el caso de querer minimizar el criterio, sería al revés. Las funciones más utilizadas son las representadas en la *Figura 5*. En el caso de la función *usual* la preferencia es 1 si la diferencia entre a y b positiva y cero en el caso contrario.

En los demás tipos se han de definir uno o dos parámetros. Se llama q al umbral de indiferencia, el cual es el valor más grande de la desviación que el decisor considera despreciable. El umbral de preferencia p es el valor más pequeño de la diferencia entre las alternativas para que se considere suficiente para tener una preferencia estricta de una alternativa sobre otra. Y el valor s que es un valor intermedio entre los dos anteriores. Para todos los tipos de funciones, cuando la diferencia entre el comportamiento de las alternativas sea negativa, la preferencia será de 0.

Figura 5. Funciones de preferencia del método PROMETHEE. Fuente: Maroto et al. (2012)



Para aplicar el método PROMETHEE, además de precisar de la tabla de evaluación, los pesos relativos a cada criterio y las funciones de preferencia para cada uno, también se necesitan los

flujos positivos, negativos y netos que se presentan a continuación. Pero antes se deben calcular los Índices de Preferencia Agregados para cada par de alternativas a y b .

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b)w_j,$$

$$\pi(b, a) = \sum_{j=1}^k P_j(b, a)w_j.$$

Donde $\pi(a, b)$ refleja el grado en el que la alternativa a es preferida a la alternativa b , y el $\pi(b, a)$ el grado en el que la alternativa b se prefiere a la a . Si el índice de preferencia agregado de a sobre b , $\pi(a, b)$ es cercano a 0, supone una preferencia débil de a sobre b y si es próximo a 1 hay una preferencia global fuerte. Debido a que cada alternativa se compara con las otras ($n - 1$) alternativas, se definen los flujos *outrankings* positivos y negativos y con éstos los netos.

- El *flujo outranking positivo* expresa la fortaleza de una alternativa, es decir, cuanto una alternativa a supera a las otras. Cuanto mayor sea este flujo, mejor es la alternativa.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

- El *flujo outranking negativo* indica la debilidad de una alternativa, es decir, por cuanto una alternativa a es superada por el resto. A menor flujo negativo, mejor es la alternativa.

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

Una vez calculados los flujos positivos y negativos de cada alternativa, se puede realizar un ranking parcial que se genera con PROMETHEE I, aunque ambos flujos, no conducen a un mismo ranking necesariamente. En este sentido,

- La alternativa a se prefiere a b , $aP^I b$, si los flujos positivos de a son mayores y los negativos menores que los de b , o si los positivos de a y b son iguales y los negativos menores en a , o si los flujos positivos de a son mayores que los de b y los negativos son iguales para ambas.
- La alternativa a es indiferente a b , $aI^I b$, si los flujos positivos y negativos de las dos alternativas son iguales.
- La alternativa a es incomparable a b , $aR^I b$, si los flujos positivos y negativos de a son mayores que los de b , o si los positivos y negativos de a son menores que los de b .

Pero el método PROMETHEE II sí proporciona un ranking completo de todas las alternativas. Para ello se definen los flujos netos ($\phi(a)$) de las alternativas como el balance entre los flujos positivos y los flujos negativos.

$$\varphi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a)$$

Cuanto mayor sea el flujo neto mejor será la alternativa y por tanto, con este método las alternativas sí con comparables. Los valores de los flujos netos pueden ir de -1 a 1 y la suma de todos ellos será 0. Se considera que una alternativa a supera a todas las alternativas para todos los criterios cuando su flujo neto es positivo, y es superada por el resto cuando el flujo neto es negativo.

Por lo que sintetizando, el método PROMETHEE se basa en comparar cada alternativa con todas las demás mediante las diferencias entre el comportamiento que cada una de ellas tiene para cada criterio. Así con las diferencias, los objetivos de los criterios y las funciones de preferencia, se obtienen los flujos positivos y negativos de cada alternativa que permiten establecer un ranking parcial de las alternativas (PROMETHEE I), y a partir de éstos se obtienen los flujos netos de las alternativas mediante los que se realiza un ranking completo con los resultados de cada una de ellas (PROMETHEE II).

3.3 SOFTWARE: APLICACIONES EXCEL Y D-SIGHT WEB

Para aplicar el método AHP existen programas informáticos con muchas herramientas gráficas, que permiten introducir y visualizar los resultados y hacer análisis de sensibilidad, como por ejemplo *Expert Choice* (<http://www.expertchoice.com>) y *SuperDecisions* (<http://www.superdecisions.com>). No obstante, la empresa prefiere aplicar el método de las jerarquías analíticas utilizando la hoja de cálculo de Excel para no depender de programas externos, aunque tiene menos prestaciones para realizar análisis que los programas mencionados. Además, este software permite integrar los juicios de valor de diferentes personas, calculando los pesos de los criterios de forma colaborativa a través de una plataforma web. También se puede realizar la integración de los juicios de varias personas con la Excel aplicando la media geométrica.

A efectos ilustrativos, las figuras 6 y 7 representan las hojas de cálculo de Excel que utiliza la empresa para la aplicación del método AHP con el objetivo de determinar los pesos de los criterios en la evaluación de productos y proveedores. Se pueden observar los criterios considerados, que se explicarán en el siguiente capítulo con detalle, tanto los criterios críticos como estratégicos, los juicios de valor de los decisores según la escala de Saaty, las matrices normalizadas y los pesos relativos para cada criterio.

Figura 6. Aplicación Excel del método AHP para evaluar productos en la empresa. Fuente: Roquette Laiza España, S.A.

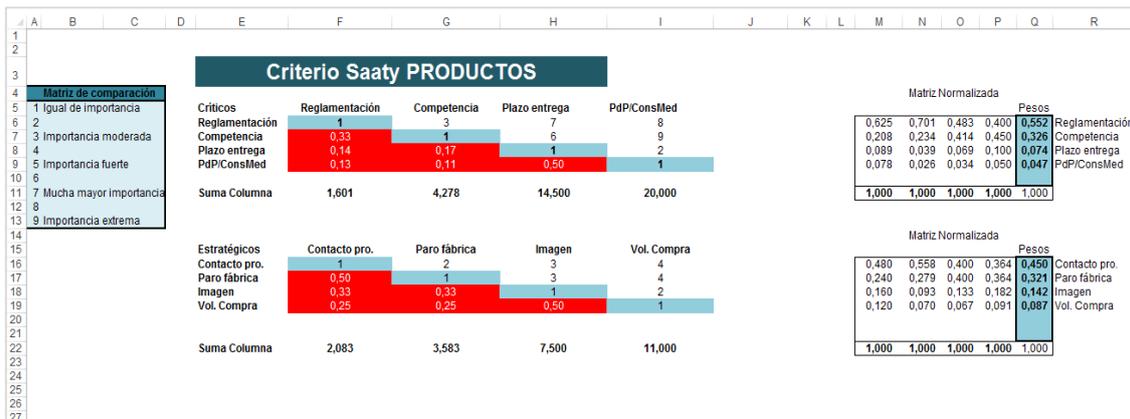
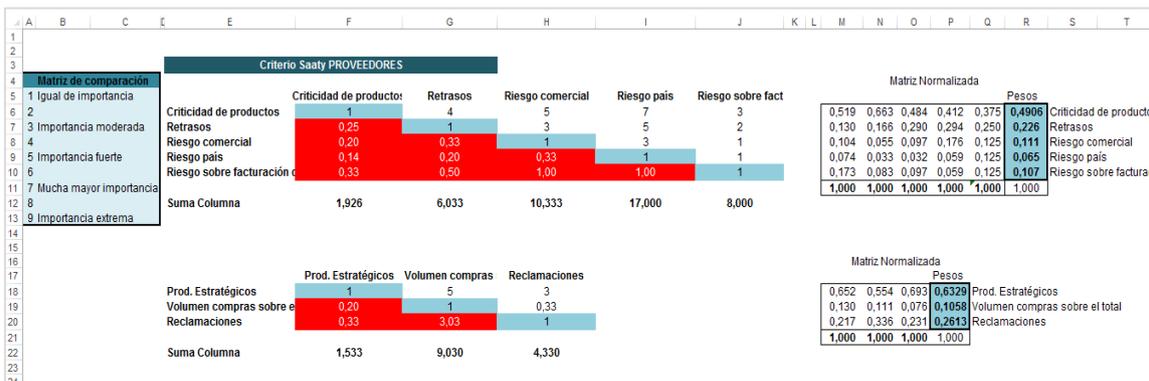


Figura 7. Aplicación Excel del método AHP para evaluar proveedores en la empresa. Fuente: Roquette Laiza España, S.A.



Para la aplicación del método PROMETHEE en la evaluación de productos y proveedores de Roquette en este Trabajo de Fin de Grado se ha utilizado el software *D-Sight CDM*, que es una plataforma web para toma de decisiones colaborativa. Este programa tiene capacidades gráficas, permite introducir e importar de Excel datos como las alternativas, los criterios y sus pesos y su valor para cada alternativa. Además, hay que indicar si los criterios se maximizan o minimizan, así como los parámetros de las funciones de preferencia de los decisores para cada criterio. Este software muestra los resultados de la aplicación del método PROMETHEE de forma visual, mediante una gran variedad de gráficos y tablas, y también permite realizar análisis de sensibilidad de las soluciones ante el cambio en los pesos de los criterios.

Los programas profesionales como *Expert Choice* y *D-Sight* poseen grandes capacidades de análisis de los resultados de la aplicación de ambos métodos, AHP y PROMETHEE. No obstante, muchas empresas prefieren recurrir a la hoja de cálculo de Excel para evitar la dependencia del software en web con licencias de uso muy costosas. Dado que la empresa no está aplicando en la actualidad, pero desea incorporar el método PROMETHEE para la evaluación de productos y proveedores, en este Trabajo de Fin de Grado se ha implementado este método en Excel para que lo pueda aplicar en la práctica en el caso de que decida no utilizar D-Sight.

4 EVALUACIÓN DE LOS PRODUCTOS EN LA EMPRESA

- 4.1 Aplicación del método AHP para calcular los pesos de los criterios
- 4.2 Cálculo actual de los Indicadores de Criticidad y Estrategia de los Productos
- 4.3 Evaluación de productos con el método PROMETHEE

Roquette Laisa España en su gestión actual de aprovisionamientos y proveedores aplica el método AHP para determinar el peso de los criterios, que utiliza posteriormente para el cálculo de los indicadores de criticidad y estrategia, tanto para los productos como para los proveedores. Estos indicadores se obtienen mediante una aplicación Excel diseñada para tal fin por el departamento de compras, que incluye unas tablas en las que se detallan los datos de todos los movimientos de materiales y proveedores de la empresa. Dichos datos se obtienen con las transacciones del sistema SAP que utiliza la empresa.

La empresa utiliza los resultados de los indicadores de criticidad y estrategia, junto con los datos de facturación para realizar una matriz estratégica de clasificación, una para productos y otra para proveedores. A partir de la información que proporcionan estas matrices estratégicas el departamento de compras y almacenes toma las decisiones más oportunas para el buen funcionamiento de la empresa.

En los siguientes apartados se explica con detalle la gestión actual que la empresa realiza para la evaluación de los productos y los proveedores. Además, cabe mencionar que en la empresa se pueden clasificar los productos en tres categorías que son:

- **Productos químicos:** son un conjunto de compuestos químicos formados habitualmente por un componente activo, que es la sustancia que les permite desarrollar su función, y por varios excipientes, que son elementos que mejoran su eficiencia. De acuerdo a sus características pueden servir para limpiar, desinfectar o llevar a cabo diversos procesos industriales, por lo que se utilizan en fábricas, viviendas, etc.
- **Embalajes:** son las envolturas que contienen productos de una manera temporal para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación, transporte y almacenaje, para proteger el contenido, informar sobre sus instrucciones, ingredientes, etc. Además para las empresas, el embalaje puede ayudar a vender los productos y promocionar la marca.
- **Productos técnicos:** son materiales que la empresa emplea en el mantenimiento de la fábrica. Pueden ser materiales sólidos como tornillos, líquidos como aceites y grasas, y gaseosos como el helio o el nitrógeno utilizados para soldar.

En el presente Trabajo Fin de Grado se considera la evaluación de productos químicos para explicar cómo los evalúa actualmente la empresa, primero a sus productos y después a sus proveedores, ya que los criterios y problemas de gestión de los productos técnicos son diferentes. En primer lugar se explica la evaluación de los productos, dado que los indicadores de criticidad y estrategia de los mismos son a su vez criterios relevantes para evaluar a los proveedores de los mismos.

Así pues, la explicación de cómo Roquette Laisa España evalúa los productos que adquiere se va a desarrollar en dos partes. La primera consistente en la aplicación que realiza del método de las jerarquías analíticas con los criterios que se proponen y el cálculo de los pesos relativos a estos, y en la segunda parte la explicación de cómo la empresa realiza el cálculo de los índices de criticidad y estrategia de los productos que le permiten realizar su clasificación en una matriz estratégica, dividida en cuatro cuadrantes y que utilizará para tomar decisiones claves para la gestión de los productos.

4.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP PARA CALCULAR LOS PESOS DE LOS CRITERIOS

En la primera fase del método propuesto por Thomas L. Saaty se construye una jerarquía de decisión que representa el problema de decisión multicriterio. Para diseñar esta jerarquía se deben definir los criterios en los que se basarán las decisiones del personal responsable.

La empresa define dos grupos de criterios, unos los que afectan a la criticidad en la compra de un producto que son básicamente aspectos entre la empresa y el mercado, y otros los que afectan a la estrategia de la empresa en la compra de un producto que son principalmente los que condicionan el funcionamiento interno de la fábrica. Además, también se tiene en consideración el importe de facturación que representa cada producto para la empresa (Alós, 2013; Maroto et al., 2014a; 2014b).

4.1.1 Criticidad de los productos

Para la valoración de la **criticidad** del producto la empresa tiene en consideración cuatro criterios que son los aspectos reglamentarios en la compra, la competencia, el plazo de entrega y el factor de aprovisionamiento.

- **Reglamentación:** normativas de seguridad, medioambiente, aditivos, etc. Este criterio representa los aspectos reglamentarios que afectan a la compra de un producto, tanto si cumple con la normativa española o europea como si cumple con las normas establecidas internamente por la empresa. Este criterio es muy importante para la empresa, ya que la utilización de algunos componentes químicos está regulada por ley, sobre todo los relacionados con la industria farmacéutica o alimentaria con las que la trabaja.

La empresa proveedora de un producto debe facilitar a la empresa todos los certificados, registros y licencias de que disponga que confirme a la empresa que cumple con la reglamentación.

Cuanto más normativas cumpla el producto, menos crítica será su compra.

- **Competencia:** este criterio trata de evaluar el número de proveedores disponibles, previamente homologados, para la compra de un producto.

A menor competencia (número de proveedores homologados) en la compra de un producto, más crítica será su compra.

- **Plazo de entrega:** es el plazo que transcurre entre el día que se realiza el pedido y el día en que éste se recibe en fábrica.

A mayor plazo de entrega de productos, más crítica será la compra.

- **Factor de aprovisionamiento:** pretende medir la rotación del consumo de un producto en la fábrica. Se obtiene mediante el cociente entre el punto de pedido y el consumo medio del producto, lo que aporta los días de rotación teórica.

El *punto de pedido* puede tener valor 0 o mayor que 0. En el primer caso se trata de productos sin stock en fábrica en los que el pedido se debe realizar manualmente cuando haya una necesidad. Y el segundo caso supone que el producto tiene rotación en fábrica e indica a partir de cuándo se lanza el pedido.

El *consumo medio* queda establecido para un periodo de tiempo determinado, principalmente mensual.

A menor factor de aprovisionamiento, menos crítica será la compra del producto.

4.1.2 Estrategia de los productos

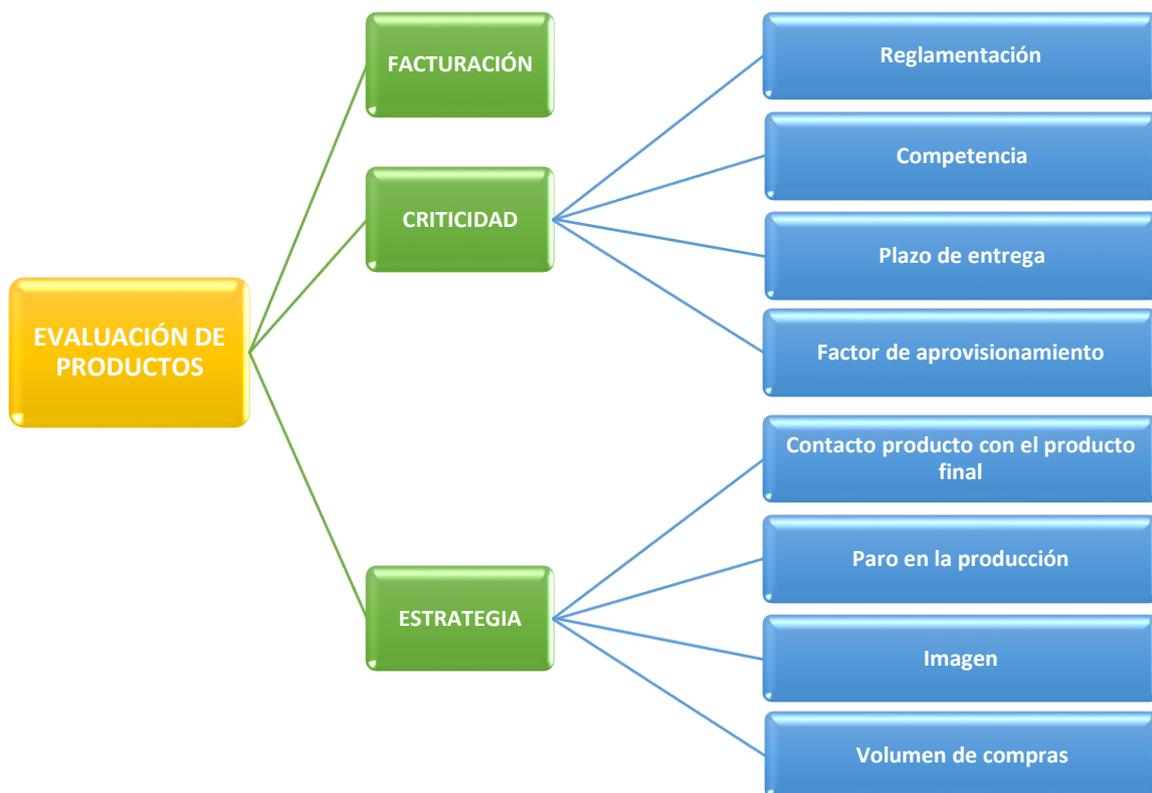
Para calcular el **índice estratégico** de un producto se consideran cuatro criterios que son si el producto tiene contacto con el producto final, la posibilidad de ocasionar un paro en la producción, si el producto afecta a la imagen de la empresa y el volumen de compra del producto.

- **Contacto del producto con el producto final:** cuanto mayor sea la relación de los productos adquiridos con el producto final obtenido, más estratégica es la compra. Por ejemplo, no supone lo mismo adquirir un tornillo, que no tiene contacto directo con el producto final (compra menos estratégica) que adquirir un producto químico que tiene relación con el producto final, el cual implicará una estrategia distinta (compra más estratégica).
- **Paro en la producción:** la compra de productos que puedan afectar a un paro en la producción de la fábrica de forma total o parcial, será más estratégica que la de materiales que no afectan. La carencia de un producto que pueda afectar al funcionamiento en la fábrica se considerará más estratégica que para uno que no afecte, ya que un paro en la producción puede ocasionar pérdidas económicas.

- **Producto que afecta a la imagen:** la compra de un producto que se relacione con la empresa, ya sea a través de la imagen o calidad, será más estratégica que para un producto que no esté relacionado de forma directa.
- **Volumen de compra del producto:** la cifra de compras de un producto también es un aspecto a considerar. Cuanto mayor sea el volumen de compra de un producto, más estratégico será.

Una vez definidos los criterios, ya se puede completar la primera fase con la construcción de la **jerarquía de decisión** (Figura 8) en la que se representan todos los criterios a considerar para resolver el problema de la clasificación de los productos. En el segundo nivel se encuentran los criterios considerados de la facturación, la criticidad y la estrategia, y en el tercer nivel los sub-criterios agrupadas en cada uno de ellos.

Figura 8. Jerarquía de decisión para la evaluación de productos. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Roquette Laisa.



Establecida la jerarquía de decisión, se procede a la segunda fase del método que consiste en **establecer las prioridades** mediante comparaciones por pares. Para ello se necesita de la escala fundamental de comparaciones de Saaty, que se recoge en el capítulo 3 (Tabla 1). Con las valoraciones o los juicios de valor del personal responsable del departamento de compras y

almacenes, se establece una matriz de comparaciones 4x4 para la criticidad y otra matriz 4x4 para la estrategia de los productos, que se pueden observar en la *Tabla 3* y *Tabla 4*.

Tabla 3. Matriz de comparaciones por pares para la criticidad de los productos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

CRITICIDAD PRODUCTOS	Reglamentación	Competencia	Plazo entrega	Factor aprovisionamiento
Reglamentación	1	3	7	8
Competencia	0,33	1	6	9
Plazo entrega	0,14	0,17	1	2
Factor aprovisionamiento	0,13	0,11	0,50	1
Suma Columnas	1,601	4,278	14,500	20,000

Observando las valoraciones realizadas por los responsables, de acuerdo con la escala fundamental de comparaciones por pares del método AHP la reglamentación y normativa tienen una importancia moderada sobre la competencia, mucha mayor importancia sobre el plazo de entrega y una importancia media entre muy importante y una importancia extrema sobre el factor de aprovisionamiento.

En cuanto a la competencia, se observa que tiene una fuerte importancia sobre el plazo de entrega y una importancia extrema sobre el factor de aprovisionamiento. Y, finalmente, el plazo de entrega tiene una importancia ligeramente mayor sobre la criticidad de los productos que el factor de aprovisionamiento.

Tabla 4. Matriz de comparaciones por pares para la estrategia de los productos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

ESTRATEGIA PRODUCTOS	Contacto prod. con el prod. final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compra
Contacto prod. con el prod. final	1	2	3	4
Paro fábrica	0,50	1	3	4
Imagen	0,33	0,33	1	2
Volumen compra	0,25	0,25	0,50	1
Suma Columnas	2,083	3,583	7,500	11,000

Observando la matriz de comparaciones entre los criterios para calcular el índice de estrategia de los productos (*Tabla 4*) se deduce que para los responsables de la empresa el contacto del producto con el producto final tiene una importancia ligeramente mayor sobre la estrategia del producto que la que tiene el paro de la producción en la fábrica, una importancia moderada si se compara con la posibilidad de que afecte a la imagen de la empresa y una importancia media entre moderada y fuerte si se compara con la cifra de compra del producto.

Se deduce también que el paro de la producción tiene una importancia moderada sobre la estrategia de los productos cuando se compara con la imagen en la empresa y una importancia intermedia entre moderada y fuerte cuando se compara con el volumen de compras.

Y en último lugar al comparar la importancia sobre la estrategia de los productos que tiene la imagen comparada con el volumen de compras del producto se ve que tiene una importancia ligeramente mayor del primer criterio sobre el segundo.

Una vez obtenida la matriz de comparación por pares se pueden calcular las prioridades relativas de los criterios críticos y de los estratégicos de los productos. Para su cálculo, primero se deben sumar los valores de cada columna (realizado en la *Tabla 3* y *Tabla 4* como “suma de columnas”) y posteriormente, se divide cada casilla de cada columna por el total de la columna, con el objetivo de obtener la **matriz normalizada**, la cual se muestra a continuación para la criticidad y la estrategia de los productos.

Tabla 5. Matriz normalizada para la criticidad de los productos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

CRITICIDAD PRODUCTOS	Reglamentación	Competencia	Plazo entrega	Factor aprovisionamiento
Reglamentación	0,625	0,701	0,483	0,400
Competencia	0,208	0,234	0,414	0,450
Plazo entrega	0,089	0,039	0,069	0,100
Factor aprovisionamiento	0,078	0,026	0,034	0,050

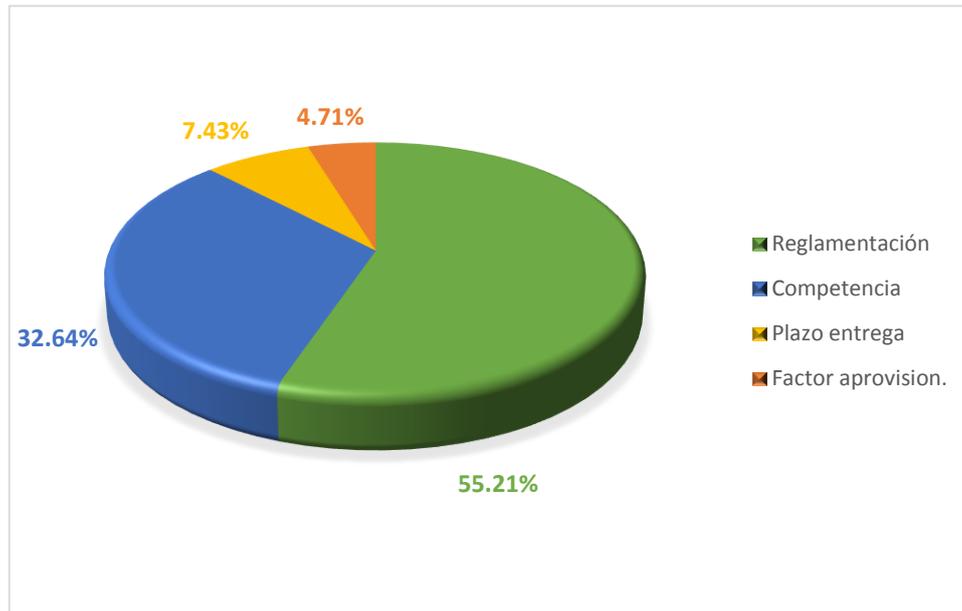
Tabla 6. Matriz normalizada para la estrategia de los productos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

ESTRATEGIA PRODUCTOS	Contacto prod. con el prod. final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compra
Contacto prod. con el prod. final	0,480	0,558	0,400	0,364
Paro fábrica	0,240	0,279	0,400	0,364
Imagen	0,160	0,093	0,133	0,182
Volumen compra	0,120	0,070	0,067	0,091

Obtenidas las matrices normalizadas para la criticidad y estrategia, se realiza el promedio de las filas sumando todos los valores de cada fila de la matriz normalizada y dividiéndolo por el número de casillas que hay en una fila, obteniendo así los pesos de cada criterio.

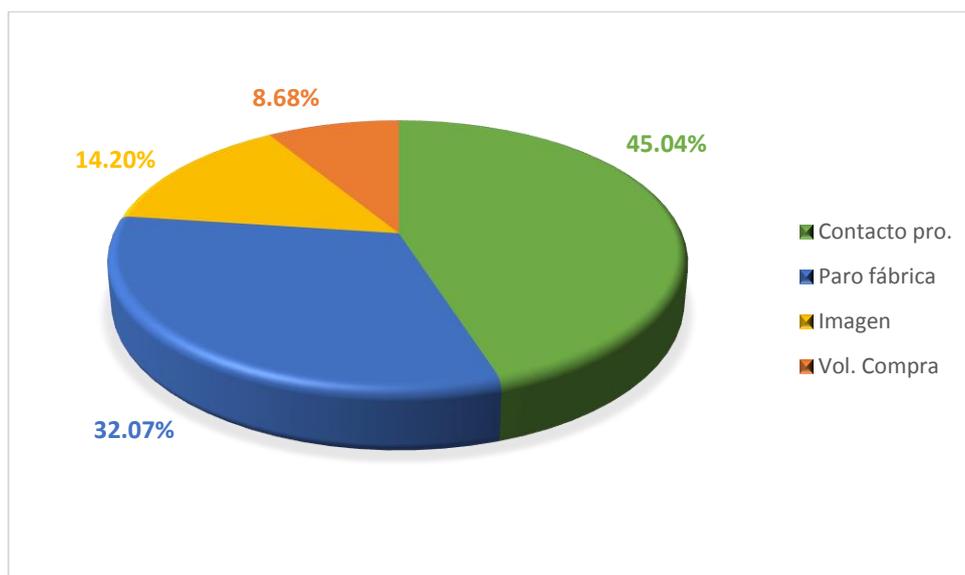
Así, para el caso de la criticidad de los productos, los pesos de cada criterio se pueden observar en la *Figura 9* en la que se refleja que los criterios más importantes son aquellos que hacen referencia a los aspectos reglamentarios, con un peso del 55,21% y la competencia, que representa un 32,64% del total. Por otro lado, el plazo de entrega y el factor de aprovisionamiento, con una ponderación del 7,43% y 4,71%, respectivamente, son aspectos que tienen una menor consideración en la criticidad de un producto.

Figura 9. Pesos de los criterios críticos de productos en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.



Y para el caso de la estrategia de los productos, los pesos que tiene cada criterio quedan reflejados en la *Figura 10* donde los criterios más importantes son el relativo al contacto del producto adquirido con el producto final y la posibilidad de causar un paro en la producción con un peso del 45,04% y del 32,07% respectivamente. Por otra parte, el criterio de imagen con una ponderación del 14,20% y la cifra de compras de un producto con un peso del 8,68%, son aspectos con menor importancia para el indicador de la estrategia de los productos.

Figura 10. Pesos de los criterios estratégicos de productos en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.



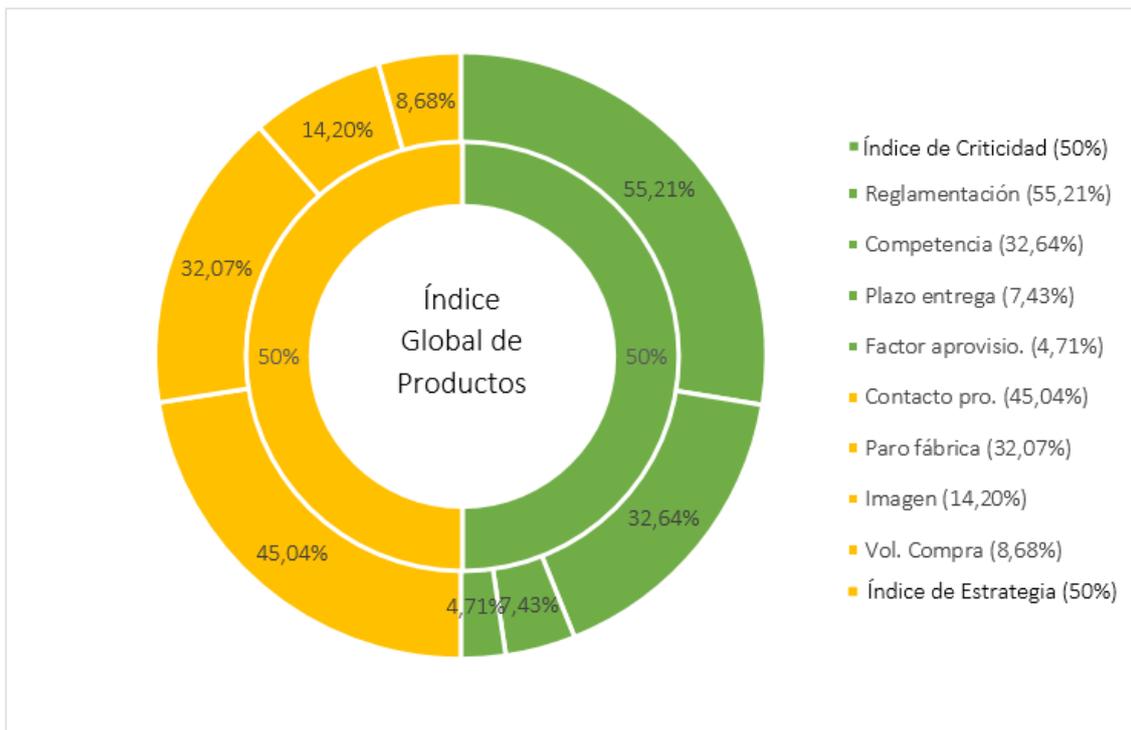
Una vez conocidos los pesos, se continúa calculando el Índice de Inconsistencia de la matriz. Como se ha mencionado anteriormente, la consistencia de las matrices de comparaciones por pares se considerará aceptable si este índice es igual o inferior a 0,10.

Para la criticidad de los productos se ha obtenido un Índice de Inconsistencia del 0,066. Por tanto, los juicios de valor de los responsables del departamento afectado que recoge la matriz de comparaciones por pares son consistentes.

En el caso de la estrategia de productos, el Índice de Inconsistencia resulta de un valor de 0,030. Como dicho índice es inferior a 0,10, la matriz de comparación por pares para este criterio agregado es consistente y se pueden aceptar los pesos obtenidos.

En la *Figura 11* se representan las ponderaciones obtenidas para todos los criterios considerados que afectan a los productos, diferenciados en críticos y estratégicos.

Figura 11. Pesos de los criterios para la evaluación de los productos. Fuente: Elaboración propia.



Para los dos criterios agregados de criticidad y estrategia, evaluados con la finalidad de clasificar los productos, todos los pesos deben sumar la unidad al tratarse de porcentajes de importancia relativa de cada criterio. La facturación también es un criterio del segundo nivel a considerar en la representación de la matriz estratégica.

En relación a la criticidad, se observan valores muy dispares ya que el criterio de mayor importancia, los aspectos reglamentarios, tiene un peso del 55,21% (lógico al tratarse de una industria agroalimentaria) y el de menor, factor de aprovisionamiento, tiene una ponderación del 4,71%, suponiendo así una diferencia del 50%. Disparidad que se observa también en que

el criterio con más peso supera en casi un 20% la ponderación recibida por el segundo criterio más importante que es la competencia o el número de proveedores disponibles para la compra de un producto.

Y en cuanto a la estrategia, los valores de los pesos de los criterios no son tan dispares pero la diferencia también es elevada. El criterio de mayor importancia, el contacto del producto con el producto final, lo es en un 45,04% seguido por un 32,07% que recibe el segundo criterio más relevante, la posibilidad de producir un paro en la producción, lo que no provoca una disparidad tan grande como en el anterior caso. Sin embargo entre el peso del criterio de mayor relevancia y el de menor, el volumen de compras realizado a un producto con un peso del 6,68%, también existe una diferencia elevada cercana al 40%.

4.2 CÁLCULO ACTUAL DE LOS INDICADORES DE CRITICIDAD Y ESTRATEGIA DE LOS PRODUCTOS

La segunda parte en la gestión de los productos que realiza la empresa consiste en calcular los índices tanto de criticidad como estrategia de los productos que produce. Así, una vez vista la definición de los criterios y determinadas las ponderaciones de cada uno de ellos aplicando la técnica AHP, se va explicar detalladamente como la empresa obtiene los indicadores de criticidad y estrategia de los productos. Además, con estos resultados junto con la facturación a cada producto, se expondrá como la empresa realiza lo que denomina matriz de clasificación estratégica para clasificar los productos y poder tomar las decisiones oportunas de acuerdo a la zona de clasificación que cada material reciba.

En primer lugar, se va a definir para cada criterio cuál es su objetivo en el problema, si se busca maximizar o minimizar su valor. La escala de valoración adimensional utilizada en todos los criterios, se sitúa entre el valor 1 y el valor 5.

Así, en relación a la **criticidad** de los productos, los **objetivos establecidos** para los criterios son:

- **Reglamentación:** refiriéndose al porcentaje de normas que cumple el producto, los valores que podrá tomar este criterio son:

Valor = 1, si cumple el 100% de las condiciones reglamentarias

Valor = 1,429, si cumple el 75% de las condiciones reglamentarias

Valor = 2,500, si cumple el 50% de las condiciones reglamentarias

Valor = 5, si cumple el 25% o menos de las condiciones reglamentarias

Por lo que para este criterio el **objetivo será minimizar**, es decir, comprar aquellos productos con un mayor porcentaje de cumplimiento de la normativa.

- **Competencia:** la empresa tiene marcado como objetivo disponer del máximo número de proveedores por producto, 3 o más como criterio óptimo. Así los valores son:
 - Valor = 1, si tiene 3 o más proveedores
 - Valor = 2,500, si tiene 2 proveedores
 - Valor = 5, si tiene 1 proveedor

Como la empresa busca el mayor número de proveedores para un artículo, el **objetivo es minimizar** el valor del criterio.

- **Plazo de entrega:** criterio expresado en días, siendo 50 días el plazo a partir del cual se le asigna al producto la mayor criticidad, con un valor de 5. Cada uno de los días situados en el intervalo de los 0 a los 50 días, tiene un valor concreto, el cual se incrementa a medida que el plazo se alarga. La función de valor que la empresa utiliza para valorar este criterio se presenta en el *Anexo 1 (Tabla A1.1)*.

Por lo que el **objetivo es minimizar** el valor del criterio, es decir, conseguir menores plazos de entrega.

- **Factor aprovisionamiento:** también se evalúa con el plazo de 50 días y con la función de valor que Roquette utiliza para el plazo de entrega que se presenta en la *Tabla A1.1 (Anexo 1)*.

El **objetivo es minimizar** el factor de aprovisionamiento, lo que se conseguiría disminuyendo el punto de pedido o aumentando el consumo medio.

En relación a la **estrategia** de los productos, los **objetivos establecidos** por la empresa para los criterios son:

- **Contacto del producto con el producto final:** en función del contacto entre el producto adquirido y el producido, la estrategia de compra variará. La escala de valores asignada por la empresa para este criterio es:
 - Valor = 1, el producto no tiene contacto
 - Valor = 2, el producto tiene un contacto ocasional indirecto
 - Valor = 3, el producto tiene un contacto indirecto
 - Valor = 4, el producto tiene un contacto ocasional directo
 - Valor = 5, el producto tiene un contacto directo

Por lo que para este criterio el **objetivo es minimizar** su valor, que el producto adquirido tenga el menor contacto posible con el producido.

- **Paro de la producción:** la estrategia de compra también variará en este caso en función de la posibilidad de que el producto adquirido pueda provocar un paro de fábrica. La escala de valores que la empresa tiene establecida es:

Valor = 1, el producto no afecta a la producción

Valor = 2, el producto puede afectar a la producción pero de forma puntual

Valor = 3, el producto puede ocasionar el paro de la producción en un sector

Valor = 4, el producto puede ocasionar el paro en un sector y un paro parcial

Valor = 5 el producto puede provocar el paro total de la producción

Por lo que el **objetivo será minimizar** el valor para este criterio por el que el producto no afecte a la producción de fábrica.

- **Imagen:** algunos productos adquiridos, como por ejemplo un envase, transmiten una imagen directa de los productos de la empresa, con lo que en función de la relación que exista entre la empresa y el producto final, las estrategias de compra variarán. Así la empresa tiene marcada la siguiente escala de valoración:

Valor = 1, el producto no afecta a la imagen

Valor = 2, sin valoración

Valor = 3, el producto afecta indirectamente a la imagen

Valor = 4, sin valoración

Valor = 5, el producto afecta directamente a la imagen

En este criterio **el objetivo es minimizar** su valor, por el que se desea que el producto no afecte a la imagen de la empresa. Para mantener los mismos criterios de valoración del 1 al 5, no tienen valoración establecida para los valores 2 y 4.

- **Volumen de Compras:** en función del volumen adquirido de un producto, se tomará una estrategia de compra u otra. La empresa tiene definida la siguiente escala:

Valor = 1, si el volumen de compras es inferior a 50.000€

Valor = 1,250, si el volumen de compras está entre 50.000 y 125.000€

Valor = 1,667, si el volumen de compras está entre 125.000 y 500.000€

Valor = 2,500, si el volumen de compras está entre 500.000 y 1.000.000€

Valor = 5, si el volumen de compras es superior a 1.000.000€

En este criterio **el objetivo es minimizar** su valor, ya que la empresa prefiere que la cifra de compras de un producto sea lo menor posible.

Una vez definidos los criterios, sus escalas de valoración y los objetivos para cada uno de ellos, se va a explicar cómo proceden al cálculo de la criticidad, y a continuación, de la estrategia de los productos.

Para la obtención del **indicador de criticidad**, se utiliza una **tabla de evaluación** (Tabla 7) en la que se muestran algunos ejemplos de productos que la empresa compra (establecidos en la columna de color azul), todos los criterios críticos de los productos (reflejados en la fila de color verde), los valores referentes a su definición que adopta cada material (primera columna relativa a cada criterio) y el valor que reciben de acuerdo con la función que mide el comportamiento de cada criterio (segunda columna de los aspectos considerados).

Tabla 7. Tabla de evaluación de los productos para el cálculo del índice de criticidad. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Productos	Reglamentación	Valor Reglamentación	Nº Proveedores	Valor Nº Proveedores	Plazo entrega (días)	Valor Plazo entrega	Factor aprovisio. (días)	Valor Factor aprovisio.	ÍNDICE CRITICIDAD
10128257	100%	1,000	1	5,000	90	5,000	33	2,119	2,655606
10130156	100%	1,000	1	5,000	21	1,506	38	2,551	2,416430
10145830	100%	1,000	1	5,000	90	5,000	36	2,358	2,666911
10320000	50%	2,500	2	2,500	7	1,126	1	1,016	2,328010
10480001	50%	2,500	1	5,000	15	1,316	6	1,106	3,162424
10480201	50%	2,500	1	5,000	15	1,316	16	1,344	3,173636
13800200	100%	1,000	1	5,000	20	1,471	1	1,016	2,341463
15800157	100%	1,000	1	5,000	21	1,506	11	1,214	2,353395
15800361	100%	1,000	1	5,000	21	1,506	7	1,126	2,349273
15810103	100%	1,000	1	5,000	30	1,923	35	2,273	2,434293

Supóngase que se analiza el material 10128257. Así en la columna *reglamentación* se establece el porcentaje de normativas, reglas y leyes que dicho producto cumple, el 100% en este caso. En la segunda columna referida a los aspectos reglamentarios *valor reglamentación* se establece el valor que recibe cada producto de acuerdo con la función que mide el comportamiento de este criterio, por lo que se aplica un valor de 1 para el 100% del cumplimiento.

En cuanto al criterio *competencia*, aparecen el número de proveedores por los que dicho producto es suministrado, en este caso es 1 el proveedor que lo suministra. Y en la segunda columna se le asigna un valor de 5,000 como se ha definido en la escala de valoración del criterio.

El tercer criterio, *plazo de entrega*, se reflejan los días que transcurren desde el día que se realizó el pedido y el día en que éste fue recibido en fábrica. En la Tabla 7 se observa que el material analizado llegó a los 90 días desde que se efectuó el pedido, con lo que la valoración recibida según la escala definida (columna *valor plazo entrega*) es la máxima de 5 puntos.

Y para el caso del criterio *factor de aprovisionamiento*, el material 10128257 recibe una puntuación de 2,119, según la función definida para medir el comportamiento de este criterio presentada en el Anexo 1 (Tabla A1.1) y los 33 días reflejados para ese material.

Finalmente, con toda esta información junto con los pesos anteriormente obtenidos aplicando el método AHP, se obtiene el índice de criticidad necesario para la evaluación de los productos.

Y se consigue realizando una ponderación de la valoración de cada criterio por los pesos relativos de cada uno de ellos. Así la empresa compensa los valores malos del producto en unos criterios con los valores buenos en otros, que es un método multicriterio compensatorio. Entonces, siguiendo con el ejemplo del material 10128257, el indicador de criticidad se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Índice Criticidad} = (1 \times 0,5521) + (5,000 \times 0,3264) + (5,000 \times 0,0743) + (2,119 \times 0,0471) = \mathbf{2,655606}$$

Como los valores del índice de criticidad, y también el de estrategia, se sitúan entre los valores 0 y 5, y para este material el resultado es cercano a 3, se deduce que este es un producto con una criticidad media. Lo que es bueno para la empresa es que sea lo más baja posible.

En la tabla sólo se muestran algunos ejemplos, pero para todos los materiales el análisis de los datos y el cálculo de la criticidad se realiza del mismo modo. Con lo que, una vez visto cómo se consigue la criticidad de los productos, vamos a ver cómo se obtiene la estrategia de éstos.

Tabla 8. Tabla de evaluación de los productos para el cálculo del índice de estrategia. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laiza España, S.A.

Productos	Paro de producción	Contacto prod. Con el prod. Final	Imagen	Volumen de compra (euros)	Valor Volumen de compra	ÍNDICE ESTRATEGIA
10128257	4	5	3	171.680,00	1,667	4,1057834
10130156	4	5	3	94.286,40	1,250	4,0696018
10145830	4	5	3	9.107,00	1,000	4,0478929
10320000	3	5	3	1.308.300,70	5,000	4,0745595
10480001	3	5	3	18.880,04	1,000	3,7272163
10480201	2	5	3	54.120,96	1,250	3,4282488
13800200	2	1	1	103.759,82	1,250	1,3423855
15800157	4	5	3	195.904,80	1,667	4,1057834
15800361	4	5	3	22.938,00	1,000	4,0478929
15810103	4	5	3	24.332,00	1,000	4,0478929

Para la obtención del **indicador de estrategia** se utiliza la *Tabla 8* para la que siguiendo con el anterior ejemplo de estudiar el material 10128257, este producto recibe un valor 4 para su comportamiento respecto al criterio *paro de producción*. Esto supone que, de acuerdo a la escala de valoración, es un producto que podría ocasionar un paro en un sector y un paro parcial de la fábrica, significando que es un producto bastante estratégico para la empresa.

En el caso del criterio *contacto del producto con el producto final*, obtiene un valor de 5, lo cual significa según la definición de este aspecto, que este material tiene un contacto directo con el producto final que la empresa fabrica, lo que supone que tiene también un elevado valor estratégico para la empresa.

Siguiendo con el criterio *imagen* cuya definición es la posibilidad de que el material pueda afectar a la imagen de Roquette, el material tiene una valoración de 3, de lo cual se presume que puede afectar de forma indirecta a la imagen de la empresa. Y, por último, se observa para el criterio *volumen de compra* la cifra total de compras que la empresa realiza a ese material.

Como en este caso dicha cifra se encuentra entre los 125.000 y 500.000 euros en la escala de valores, recibe la valoración de 1,667.

Finalmente, con estos valores se realiza una ponderación con los pesos de los criterios para obtener el indicador de estrategia para el material 10128257, que será:

$$\text{Índice Estrategia} = (4 \times 0,3207) + (5 \times 0,4504) + (3 \times 0,1420) + (1,667 \times 0,868) = \mathbf{4,1057834}$$

De este resultado, se puede concretar que, como los valores del indicador van de 0 a 5 y este es cercano a 5, el material 10128257 es muy estratégico para la empresa, lo cual no es muy conveniente en un producto, porque lo interesante para Roquette es que todos los artículos tengan la menor criticidad y estrategia posible. En el caso de la estrategia, el cálculo del índice y la interpretación de los datos y del resultado se realiza de igual manera para todos los productos.

Con todos los resultados de criticidad y estrategia de todos los productos (son 70 en total aunque sólo se hayan mostrado algunos ejemplos en la memoria), junto con la facturación a cada producto, se crea la *Tabla 9* necesaria para crear la matriz de clasificación estratégica de productos.

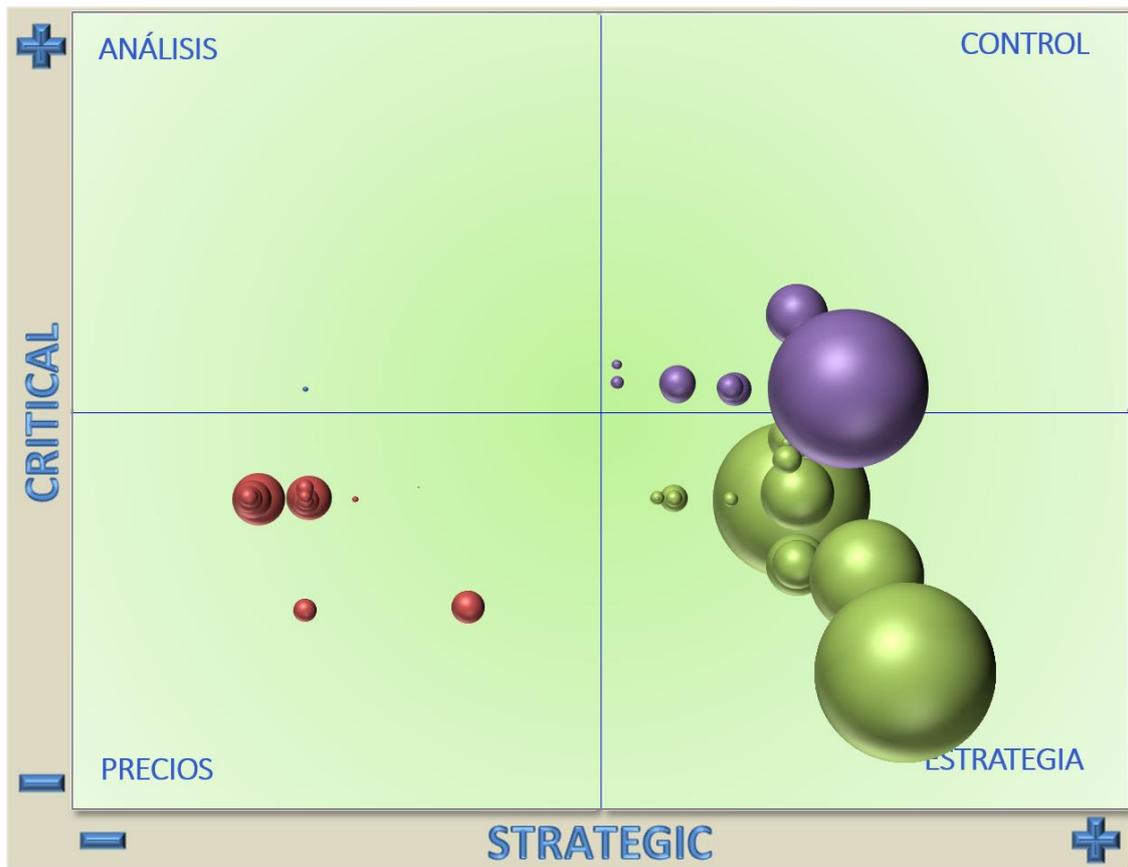
Tabla 9. Resultados de criticidad, estrategia y facturación de los productos. Fuente: Elaboración propia.

Productos	Índice Criticidad	Índice Estrategia	Facturación (euros)
10128257	2,6556064	4,1057834	171.680,00
10130156	2,4164295	4,0696018	94.286,40
10145830	2,6669106	4,0478929	9.107,00
10320000	2,3280097	4,0745595	1.308.300,70
10480001	3,1624240	3,7272163	18.880,04
10480201	3,1736360	3,4282488	54.120,96
13800200	2,3414625	1,3423855	103.759,82
15800157	2,3533953	4,1057834	195.904,80
15800361	2,3492730	4,0478929	22.938,00
15810103	2,4342947	4,0478929	24.332,00

Con estos datos la empresa crea la **matriz estratégica para la clasificación de los productos** (*Figura 12*) en la que se distinguen cuatro áreas de decisión. La empresa adoptará las políticas convenientes dependiendo del área en que los productos queden clasificados.

Con esta representación, los productos son fáciles de clasificar, diferenciándolos por colores según el área al que pertenecen. En el eje X se representa el indicador de estrategia y en el eje Y el de criticidad de los productos y el diámetro de las burbujas representadas hacen referencia a la facturación de los productos.

Figura 12. Matriz estratégica para la evaluación de los productos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.



En el área de análisis, cuadrante superior izquierdo, es donde están aquellos productos con compras muy críticas y poco estratégicos, lo que obliga a la empresa a plantearse la compra de estos productos, o si sería mejor buscar alternativas menos críticas para localizarlos en el área de precios o bien eliminarlos. Ninguno de los 10 productos tomados como ejemplo, se encuentra situado en esta área estratégica.

El cuadrante inferior derecho, es el área de precios en la que se sitúan los productos con baja criticidad y poco estratégicos, con lo que la mejor gestión para los productos situados en esta zona, es fundamentalmente por precios. El material 13800200 incluido en el ejemplo, se encuentra situado en esta zona. Así, para este producto a la empresa le interesa una política de buscar el mejor precio.

El cuadrante superior derecho es el área más importante en la que se localizan los productos más críticos y más estratégicos para la empresa. Para los productos de esta área la empresa debe tomar medidas importantes de gestión y control de sus compras. Los productos situados en esta zona son el 10480001 y el 10480201. Y el área estratégica es la situada en el cuadrante inferior derecho y donde se encuentran los productos más estratégicos pero con poca criticidad para los que se deben plantear los métodos más convenientes de aprovisionamiento. Los productos 10128257 (utilizado como ejemplo de análisis), 10130156, 10145830, 10320000, 15800157, 15800361 y el 15810103 quedan reflejados en esta área de la matriz.

4.3 EVALUACIÓN DE PRODUCTOS CON EL MÉTODO PROMETHEE

Una vez explicada la evaluación sobre los productos que el departamento de compras y almacenes realiza en la empresa, se va a realizar una comparación entre los resultados de los índices de criticidad y estrategia que Roquette obtiene mediante ponderación y los resultados que se obtienen para estos indicadores aplicando el método PROMETHEE con el software D-Sight. Para la aplicación de esta técnica se necesitan las funciones de preferencia para los criterios definidos en los anteriores apartados así como los pesos obtenidos para cada uno de ellos con el método AHP.

Primeramente, se ha de establecer la **tabla de evaluación** (Tabla 10) en la que se representan el valor de cada criterio para los productos. Los datos de esta tabla se introducen en el programa D-Sight. El número total de productos a evaluar es de 70, aunque en esta tabla solo aparecen unos pocos ejemplos a efectos ilustrativos. Los resultados para el resto de productos se presentan en el *Anexo 2 apartado 1*.

Tabla 10. Tabla de evaluación de productos del método PROMETHEE. Fuente: Elaboración propia.

Alternativas	CRITERIOS DE EVALUACIÓN							
	Productos	Reglamentación (% cumplimiento)	Nº Proveedores	Plazo entrega (días)	Factor aprovisionamiento (días)	Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compra (euros)
10128257	100	1	90	33	5	4	3	171.680,00
10130156	100	1	21	38	5	4	3	94.286,40
10145830	100	1	90	36	5	4	3	9.107,00
10320000	50	2	7	1	5	3	3	1.308.300,7
10480001	50	1	15	6	5	3	3	18.880,04
10480201	50	1	15	16	5	2	3	54.120,96
13800200	100	1	20	1	1	2	1	103.759,82
15800157	100	1	21	11	5	4	3	195.904,80
15800361	100	1	21	7	5	4	3	22.938,00
15810103	100	1	30	35	5	4	3	24.332,00

Una vez introducida la tabla de evaluación en el software D-Sight y los pesos obtenidos, se procede a introducir los parámetros necesarios. En primer lugar, para cada criterio se indica su objetivo, si se busca maximizar o minimizar su valor, y cuál es la función de preferencia a aplicar que refleja la preferencia que el departamento afectado quiere dar a las diferencias entre el comportamiento de los productos para cada uno de los criterios considerados.

En relación al indicador de **criticidad** de los productos, los **objetivos establecidos** para los criterios son:

- **Reglamentación:** refiriéndose al porcentaje de normas que cumple el producto, los valores que podrá tomar este criterio son:

Valor = 1, si cumple el 0% de las condiciones reglamentarias

Valor = 2, si cumple el 25% de las condiciones reglamentarias

Valor = 3, si cumple el 50% de las condiciones reglamentarias

Valor = 4, si cumple el 88% de las condiciones reglamentarias

Valor = 5, si cumple el 100% de las condiciones reglamentarias

Por lo que para este criterio el **objetivo será maximizarlo**, es decir, comprar aquellos productos con un mayor porcentaje de cumplimiento de la normativa.

- **Competencia:** la empresa tiene marcado como objetivo disponer del máximo número de proveedores por producto, 3 como criterio óptimo. El valor indicativo de la competencia establecido para 1 y 2 proveedores se ha obtenido a partir de la inversa del número de proveedores multiplicado por 100 para evitar decimales $((1/n^{\circ} \text{proveedores}) * 100)$ y para 3 o más proveedores se le ha asignado un valor de 20. Esta función refleja que es más importante pasar de 1 proveedor a 2, que pasar de 2 a 3 proveedores. Así los valores son:

Valor = 100, si tiene 1 proveedor

Valor = 50, si tiene 2 proveedores

Valor = 20, si tiene 3 o más proveedores

Por lo que el **objetivo es minimizar** este valor, es decir, que haya el mayor número de proveedores disponibles para un artículo.

- **Plazo de entrega:** criterio expresado en días por el que los 50 días es el plazo a partir del cual se le asigna al producto la mayor criticidad. En el intervalo de los 0 a los 50 días se incrementa la criticidad cuanto mayor es el plazo.

Por lo que el **objetivo es minimizar** el valor del criterio, ya que cuanto menor sea el plazo de entrega, mejor se comporta el producto.

- **Factor aprovisionamiento:** también se evalúa utilizando un umbral de preferencia de 50 días.

El **objetivo es minimizar** el factor de aprovisionamiento.

En relación al índice de **estrategia** de los productos, los **objetivos establecidos** para los criterios son:

- **Contacto del producto con el producto final:** para este criterio se define la escala de valoración utilizada en la metodología actual de la empresa. Será:

Valor = 1, el producto no tiene contacto

Valor = 2, el producto tiene un contacto ocasional indirecto

Valor = 3, el producto tiene un contacto indirecto

Valor = 4, el producto tiene un contacto ocasional directo

Valor = 5, el producto tiene un contacto directo

Por lo que el **objetivo es minimizar** su valor.

- **Paro de la producción:** la escala de valoración definida para este criterio es la ya utilizada por la empresa en su metodología actual y es:

Valor = 1, el producto no afecta a la producción

Valor = 2, el producto puede afectar a la producción pero de forma puntual

Valor = 3, el producto puede ocasionar el paro de la producción en un sector

Valor = 4, el producto puede ocasionar el paro en un sector y un paro parcial

Valor = 5 el producto puede provocar el paro total de la producción

Por lo que el **objetivo es minimizar** el valor para este criterio ya que si el producto no afecta a la producción de fábrica mejor, es decir menos estratégico será.

- **Imagen:** este criterio también queda definido con la escala de valoración utilizada por la empresa y es:

Valor = 1, el producto no afecta a la imagen

Valor = 2, sin valoración

Valor = 3, el producto afecta indirectamente a la imagen

Valor = 4, sin valoración

Valor = 5, el producto afecta directamente a la imagen

En este criterio **el objetivo es minimizar** su valor, ya que si el producto no afecta a la imagen de la empresa su comportamiento será menos estratégicos. Para mantener los mismos criterios de valoración del 1 al 5, no hay valoración establecida para los valores 2 y 4.

- **Volumen de Compras:** según el volumen adquirido de un producto, se tomará una estrategia de compra u otra. La escala de valoración para el criterio es:

Valor = 1, si el volumen de compras es inferior a 50.000€

Valor = 2, si el volumen de compras está entre 50.000 y 125.000€

Valor = 3, si el volumen de compras está entre 125.000 y 500.000€

Valor = 4, si el volumen de compras está entre 500.000 y 1.000.000€

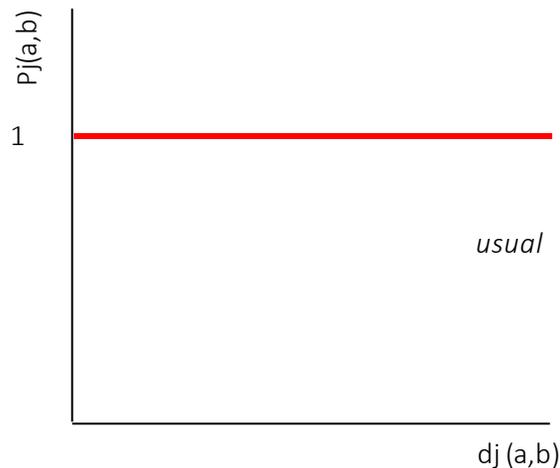
Valor = 5, si el volumen de compras es superior a 1.000.000€

En este criterio **el objetivo es minimizar** su valor, ya que la empresa prefiere que la cifra de compras de un producto sea lo más pequeña posible.

Una vez establecidos los objetivos, se deben definir las **funciones de preferencia** para cada criterio. En este caso, se van a hacer uso de tres funciones, *usual*, *v-shape* y *linear*. Estas tres funciones se pueden observar en la *Figura 5* presentada en el Capítulo 3.

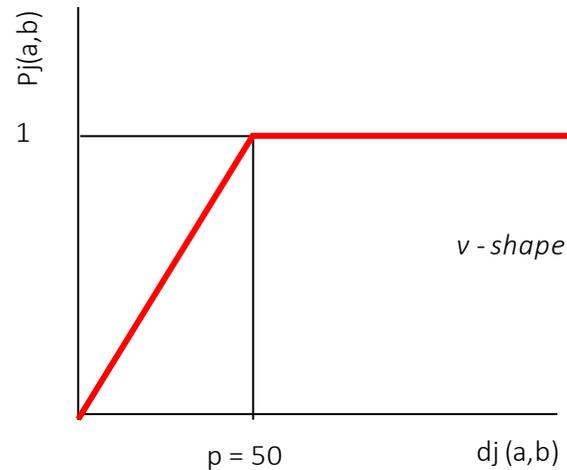
La función de preferencia del tipo *usual* se utiliza para los criterios: reglamentación, contacto del producto con el producto final, imagen y paro de la producción. En ella la preferencia será de uno siempre que la diferencia entre las alternativas a y b sea positiva, y cero en el caso contrario. Así, ante cualquier diferencia de valoración entre dos productos para un criterio, la preferencia tendrá el valor 1 para el producto que se comporte mejor. La función de preferencia *usual* queda representada en la *Figura 13*.

Figura 13. Función de preferencia tipo usual. Fuente: Maroto et al. (2012).



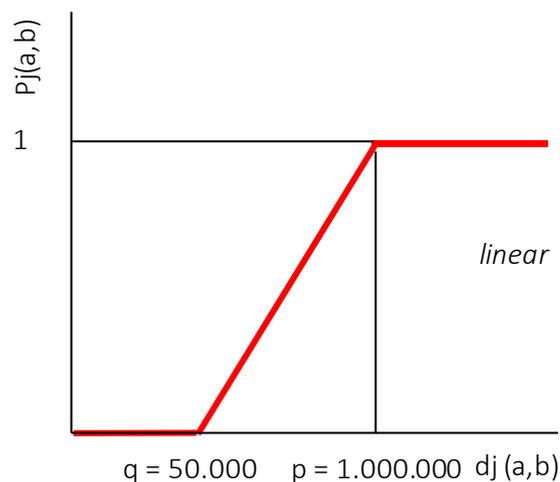
La función del tipo *v-shape* se utiliza para los siguientes criterios: competencia, plazo de entrega y factor de aprovisionamiento. El parámetro del umbral de preferencia estricta (p) establecido para cada criterio es de 50 en los tres casos tal y como lo tiene establecido la empresa en la gestión actual. Así, ante pequeñas variaciones entre dos productos, la preferencia tendrá un valor que se incrementa de forma lineal de 0 a 1 para el producto que se comporte mejor. Por ejemplo, valdrá 1 cuando la diferencia entre el valor del plazo de entrega de dos productos sea de 50 días. A partir de este valor la preferencia será total (igual 1) para el producto con menor plazo de entrega. Y en el caso de la competencia, cuando la diferencia entre dos productos es de 50, la preferencia es de 1 para el que tiene 2 proveedores. Y si se comparan dos productos con 3 y 2 proveedores también se prefiere el de 3, no obstante, al ser la diferencia menor que 50 con un valor de 30, la preferencia para el primero será de 0,60. Queda representada en la *Figura 14*.

Figura 14. Función de preferencia tipo v-shape utilizada para los criterios de competencia, plazo de entrega y factor de aprovisionamiento. Fuente: Elaboración propia.



Por último, para el criterio volumen de compras de un producto se ha establecido la función de preferencia del tipo *linear* en la que hay que definir además del umbral de preferencia estricta (p) con un valor de 1.000.000€, el umbral de indiferencia (q) el cual es el valor de la diferencia más grande que el decisor supone despreciable entre dos productos, con un valor de 50.000€. Así, para una diferencia menor de 50.000€ en el volumen de compras de dos productos, se considera que es una diferencia despreciable para la evaluación de los productos respecto a este criterio. Sin embargo si la diferencia es superior a 1.000.000€, la preferencia será total para la mejor alternativa, la que tenga un menor volumen de compras.

Figura 15. Función de preferencia tipo linear utilizada para el criterio volumen de compras. Fuente: Elaboración propia.



Todos estos datos introducidos en D-Sight se pueden observar en la *Figura 16* en la que quedan reflejados además de los criterios, los objetivos y las funciones de preferencia, los umbrales de indiferencia y preferencia, la escala cualitativa que puede ser numérica o una escala definida especialmente para los criterios (hay cinco criterios con escalas especiales), el número de decimales deseado en el resultado y las unidades de medida, como por ejemplo unidades monetarias o días.

Figura 16. Tabla de parámetros aplicables al método PROMETHEE para productos. Fuente: Software D-Sight.

The screenshot shows the 'Criteria Parameters' management interface in the D-Sight software. The main content area displays a table of criteria parameters. The table has the following columns: Criterion, Type, Maximize/Minimize, Function, Indifference Threshold, Preference Threshold, Qualitative Scale, Decimals, and Unit. The criteria listed include 'Reglamentación', 'Competencia', 'Plazo entrega', 'Factor aprovisionamiento', 'Contacto producto con el producto final', 'Paro fábrica', 'Imagen', and 'Volumen compra'.

Criterion	Type	Maximize / Minimize	Function	Indifference Threshold	Preference Threshold	Qualitative Scale	Decimals	Unit
Reglamentación	pairwise	maximize	usual	N/A	N/A	Reglamentación	0	
Competencia	pairwise	minimize	v-shape	N/A	50.0	Numerical	0	
Plazo entrega	pairwise	minimize	v-shape	N/A	50.0	Numerical	0	Días
Factor aprovisionamiento	pairwise	minimize	v-shape	N/A	50.0	Numerical	0	Días
Contacto producto con el producto final	pairwise	minimize	usual	N/A	N/A	Contacto del producto con el producto final	0	
Paro fábrica	pairwise	minimize	usual	N/A	N/A	Paro de la producción	0	
Imagen	pairwise	minimize	usual	N/A	N/A	Imagen	0	
Volumen compra	pairwise	minimize	linear	50000.0	1000000.0	Numerical	2	Euros

Con toda la información introducida, el software obtiene los indicadores de criticidad y estrategia aplicando la técnica PROMETHEE. Para cada producto de los 70 incluidos en la evaluación el programa le asigna una puntuación tanto para la criticidad como para la estrategia. Este índice representa el concepto del flujo neto de cada producto, expresado de 0 a 100, en lugar de -1 a +1 como en el método original desarrollado por Brans, siendo 100 el mejor valor. Con estos resultados junto con la facturación de cada producto se crea la *Tabla 11* necesaria para representar y clasificar los productos. Ésta incluye los indicadores de diez productos evaluados pero la evaluación total de los 70 productos se presenta en el *Anexo 2 (Tabla A2.1)*.

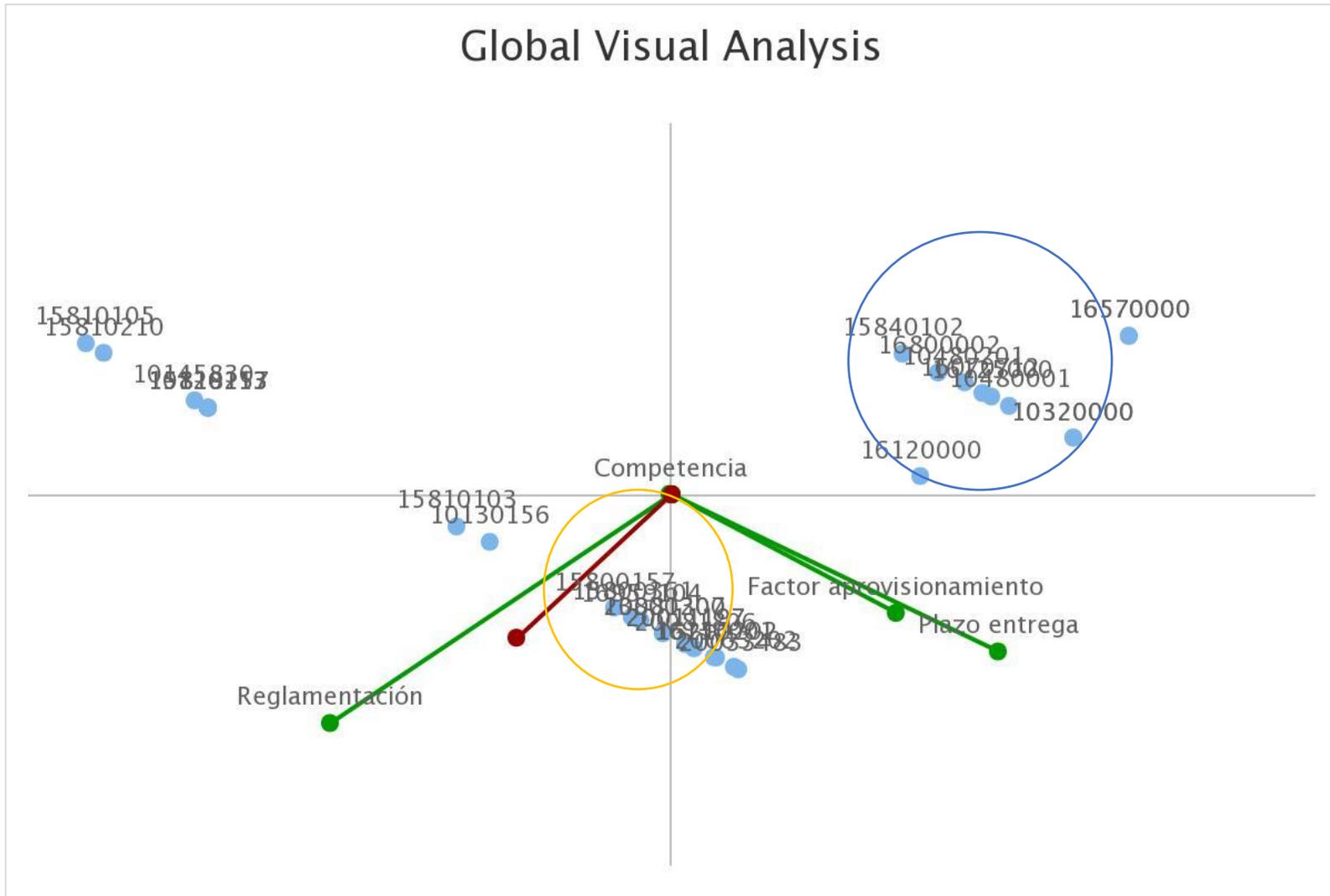
Tabla 11. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los productos con el método PROMETHEE. Fuente: Elaboración propia.

Materiales	Índice Criticidad	Índice Estrategia	Facturación (euros)
10128257	53,72	34,96	171.680,00
10130156	56,86	35,21	94.286,40
10145830	53,58	35,36	9.107,00
10320000	31,15	38,12	1.308.300,70
10480001	30,74	42,55	18.880,04
10480201	30,27	48,32	54.120,96
13800200	58,65	79,55	103.759,82
15800157	58,13	34,88	195.904,80
15800361	58,31	35,34	22.938,00
15810103	56,42	35,34	24.332,00

Así, analizando el material 10128257 anteriormente tomado como ejemplo, se observa que tiene un valor de criticidad de 53,72 y un valor estratégico de 35,96.

Con los indicadores de criticidad y estrategia se pueden elaborar gráficos para observar los resultados de forma más visual a través del D-Sight. La representación de los criterios críticos y los productos se puede observar en el gráfico GVA (*Global Visual Analysis*) también llamado GAIA el cual es una herramienta gráfica para analizar problemas multicriterio presentado en la *Figura 17*. Este gráfico manifiesta el poder discriminante de los criterios, los aspectos conflictivos y la calidad de los productos sobre los criterios considerados.

Figura 17. Gráfico GAIA de los criterios de criticidad de los productos. Fuente: Software D-Sight.



Los productos evaluados se representan en el gráfico GAIA como puntos de color azul y los criterios considerados para la criticidad de los productos se presentan mediante vectores y puntos de color verde. El eje rojo representa la mejor decisión, no obstante, el objetivo en este caso es la de obtener unos indicadores para la criticidad y estrategia de los productos para su posterior clasificación, y no elegir uno o varios.

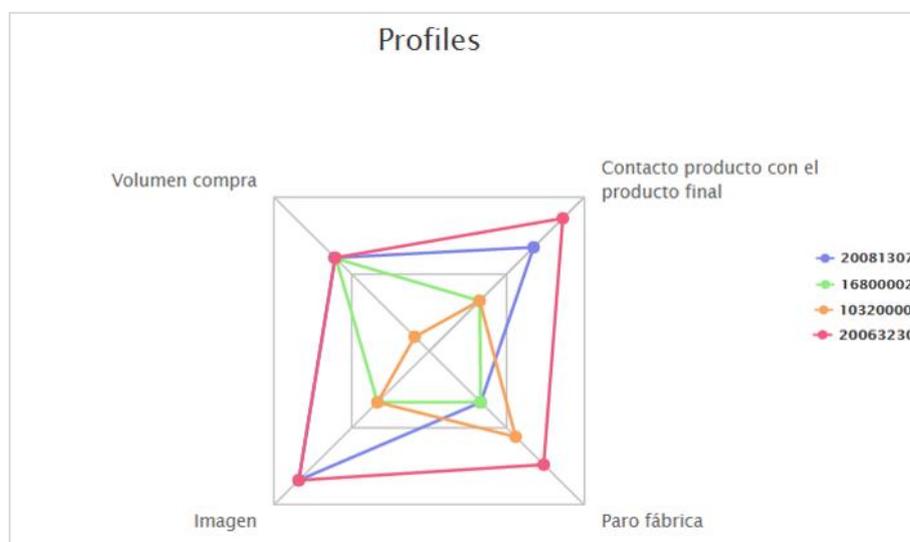
El poder discriminante de los criterios críticos en este caso, se puede medir en función de la longitud del eje que éste tenga. Así, los criterios más discriminantes son la reglamentación, el plazo de entrega y el factor de aprovisionamiento, diferenciándose bastante del criterio competencia.

Los criterios que se comportan de forma similar son el plazo de entrega y el factor de aprovisionamiento ya que la orientación de sus ejes está en la misma dirección. Los criterios orientados en direcciones opuestas indican la existencia de conflicto entre ellos. Y en el caso de que los criterios formen ejes ortogonales, supone que éstos no están relacionados con en cuestión de preferencias, como sucede con los criterios reglamentación y plazo de entrega y factor de aprovisionamiento.

En relación a la posición que siguen los productos, un producto bueno respecto a un criterio se representa por puntos localizados en la dirección del eje de ese criterio. Por ejemplo, los productos localizados en el círculo amarillo son buenos respecto al criterio reglamentación. Y los productos son similares cuando los puntos son cercanos, como sucede también con los círculos amarillo y azul.

El Software D-Sight también da la posibilidad de comparar varios productos de forma visual a través de gráficos de tela de araña (*Spider Web Chart*) donde representa los perfiles de varios productos en cada criterio considerado para la evaluación. En la *Figura 18* se observa el gráfico de tela de araña para la evaluación de la estrategia de los productos.

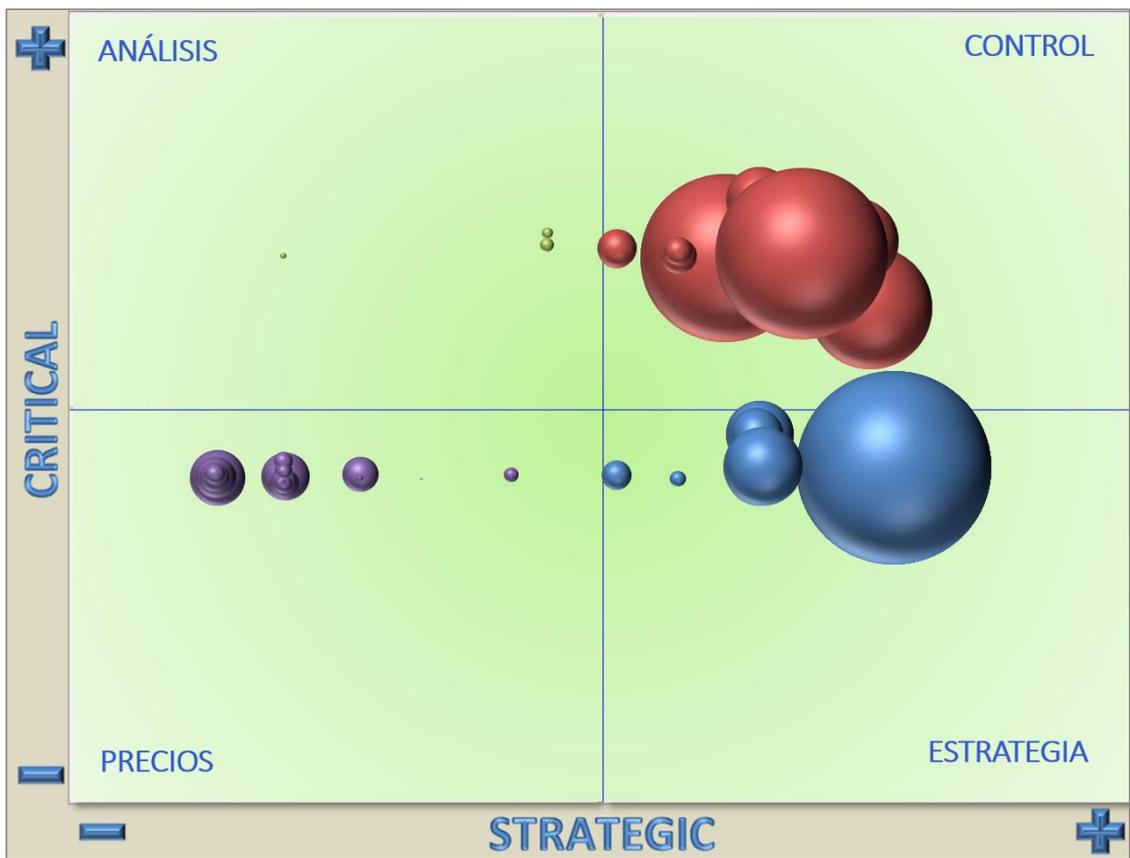
Figura 18. Gráfico de tela de araña de los productos seleccionados para la evaluación de la estrategia. Fuente: Software D-Sight.



El centro del gráfico representa el valor -1, mientras que los puntos extremos de cada criterio corresponden al valor +1. Se deduce que el producto 20063230 (color rosa) domina en los criterios paro de la producción y contacto del producto con el producto final al producto 20081307 (color azul), pero en los criterios volumen de compra e imagen se observa que es igual de estratégico que el producto azul. Y mencionar también que los productos naranja y verde son productos dominados en todos los criterios por el producto rosa.

Con los resultados de los indicadores de criticidad y estrategia, junto con la facturación de los productos la empresa puede clasificar los productos mediante un gráfico de burbujas (Figura 19) en la que se distinguen cuatro áreas de decisión y que la empresa denomina matriz estratégica. La empresa adoptará las políticas convenientes dependiendo del área en que los productos queden clasificados.

Figura 19. Evaluación de los productos con los resultados del método PROMETHEE. Fuente: Elaboración propia.



En esta matriz de clasificación de los productos se reflejan los 70 productos evaluados para la obtención de los indicadores de criticidad y estrategia, pero a continuación se va a ver qué productos de los tomados como ejemplo están representados en cada área de clasificación. Así, de los productos tomados como ejemplo ninguno queda representado en el área de análisis. La misma situación se dio con la matriz estratégica de clasificación de la empresa, por la que no debía tomar medidas de análisis sobre ningún producto.

En el caso del área de precios, el producto 13800200 queda situado en esta zona debido a que los indicadores de criticidad y estrategia de este producto son bajos. El mismo análisis se

obtuvo con la matriz estratégica de la empresa, este producto quedaba reflejada en la misma zona, por el que a la empresa le interesa para este producto buscar el mejor precio.

En el área de control quedan reflejados los productos 10320000, 10480001 y 1048021. Debido a su elevada criticidad y estrategia la empresa debe considerar estos productos como muy importantes sobre los que tiene que adoptar medidas de gestión y control. Comparando con los resultados obtenidos por la empresa, los productos 10480001 y 1048021 se encontraban situados en la misma zona de control y el producto 10320000 estaba situado en el área de estrategia.

Por último, en el área de estrategia quedan reflejados los productos 10128257, 10130156, 10145830, 15800157, 15800361 y 15810103. Comparando con los resultados obtenidos por la empresa para la criticidad y estrategia, estos productos también se sitúan en esta zona de clasificación.

Con todo ello se deduce que aplicando el método PROMETHEE con el software D-Sight se han obtenido unos indicadores de criticidad y estrategia similares a los que la empresa obtiene con su metodología actual pero no iguales. Las diferencias más relevantes entre los dos métodos aparecen cuando un producto establecido en una zona en concreto de la matriz con el método de la empresa, cambia de área debido a la variación en los valores del indicador de criticidad o de estrategia al aplicar el método PROMETHEE. A continuación se van a analizar 3 productos que al aplicar PROMETHEE han obtenido valores de criticidad o estrategia distintos a los obtenidos con el método utilizado por Roquette.

Para ello se ha de tener en cuenta además de los valores de criticidad y estrategia del producto, los valores que tiene el producto evaluado para cada uno de los criterios. En la *Tabla 12* se presentan doce productos como ejemplo de los cuales tres, que aparecen coloreados, se sitúan en diferentes áreas con la aplicación del PROMETHEE, los criterios tanto críticos como estratégicos y los valores que tienen los productos en cada uno de ellos.

Tabla 12. Tabla de evaluación de productos. Fuente: Elaboración propia.

Alternativas	CRITERIOS DE EVALUACIÓN							
	Productos	Reglamentación (% cumplimiento)	Nº Proveedores	Plazo entrega (días)	Factor aprovisionamiento (días)	Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compra (euros)
10128257	100	1	90	33	5	4	3	171.680,00
10130156	100	1	21	38	5	4	3	94.286,40
10145830	100	1	90	36	5	4	3	9.107,00
10480001	50	1	15	6	5	3	3	18.880,04
10480201	50	1	15	16	5	2	3	54.120,96
13800200	100	1	20	1	1	2	1	103.759,82
15800157	100	1	21	11	5	4	3	195.904,80
15800361	100	1	21	7	5	4	3	22.938,00
15810103	100	1	30	35	5	4	3	24.332,00
10320000	50	2	7	1	5	3	3	1.308.300,7
15840102	50	1	30	12	5	1	3	8.260,00
20081307	100	1	15	7	4	4	1	846,78

Como se ha mencionado con anterioridad el producto 10320000 tomado como ejemplo ha cambiado de zona con la aplicación de la técnica PROMETHEE. Con el método utilizado por la empresa este producto estaba situado en el área estratégica al tener unos altos valores de estrategia y bajos valores de criticidad, mientras que al aplicar PROMETHEE este mismo producto ha quedado situado en el área de control por sus altos valores tanto de criticidad como estrategia.

Con el método de la empresa, a los valores que este producto toma en cada criterio se les asigna un valor de acuerdo a su función de comportamiento o función de valor como se ha visto anteriormente, y esos valores se ponderan por los pesos relativos de los criterios obteniendo así el índice de criticidad y estrategia de los productos. Sin embargo, el método PROMETHEE no se basa únicamente en los valores que el producto toma en cada criterio sino en la diferencia que existe entre el valor en cada criterio comparado con el valor que el resto de productos toma en esos criterios. Por lo que para el producto 10320000, como con el método de la empresa se obtiene un valor de criticidad bajo (valor 2,328) y un valor alto de estrategia (4,075), el área en la que se sitúa es la de estrategia.

Si se aplica el método PROMETHEE, en el criterio *reglamentación* se observa que cumple con el 50% frente al 100% que cumplen muchos de los demás productos del ejemplo o el 50% que también cumplen algunos, por lo que la preferencia de este producto sobre los demás en este criterio es de 0. En el caso de los criterios *competencia*, *plazo de entrega* y *factor de aprovisionamiento* se observa que sus valores son mejores que el resto de productos, pero el valor que obtiene de criticidad es alto debido al elevado peso que tiene el criterio *reglamentación* sobre el índice de criticidad de los productos. Y en cuanto a la estrategia, se observa que para los criterios *contacto del producto con el producto final*, *imagen* y *volumen de compras* este producto tiene los mismos valores o peores que el resto de productos por lo que la preferencia sobre los demás es de 0. Así, aunque en el criterio *paro de fábrica* sí obtiene mejores valores que otros productos, el valor del índice de estrategia para el producto 10320000 es alto por los malos valores en los otros criterios. Por lo tanto, teniendo en cuenta el índice de criticidad de valor 3,442 (sobre una escala de 0 a 5 como la establecida por la empresa) y el índice de estrategia de valor 3,074, el área en la que queda situado este producto es la de control.

El producto 15840102 también ha sufrido un cambio de zona estratégica con la aplicación del método PROMETHEE por el que se sitúa en el área de análisis, mientras que con el método de la empresa se encontraba en el área de control debido a sus altos valores tanto del índice de criticidad como de estrategia, valores de 3,214 para la criticidad y 3,086 para la estrategia. Sin embargo, si se aplica el método PROMETHEE, en el criterio *reglamentación* se observa también que cumple con un 50% de la normativa impuesta por la empresa, valor peor que otros productos que cumplen el 100% e igual que otros que también cumplen con un 50%, por lo que la preferencia será de 0 sobre todos los demás productos del ejemplo. Preferencia que también obtiene con el criterio *competencia* al tener, al igual que la gran mayoría de los demás productos, un sólo proveedor. En el criterio *plazo de entrega* y *factor de aprovisionamiento* tiene mejores valores que algunos de los productos, pero peores que otros. Por lo que la

preferencia varía dependiendo del producto con el que se compara. Así, sus valores para los criterios son en la gran mayoría de ocasiones peores que para el resto de productos, el índice de criticidad es elevado para el producto 15840102.

Y siguiendo con el indicador de estrategia, en los criterios *contacto del producto con el producto final* e *imagen* el valor del producto es el mismo que para la gran mayoría de productos, por lo que la preferencia es de 0 sobre los demás productos. Pero para el caso de *paro de fábrica* y *volumen de compras* el valor del producto es mejor que el resto de productos, por lo que se prefiere éste a los demás productos (preferencia de 1). Así que, si en los dos primeros criterios mencionados el producto no estaba dominado por el resto y sí que domina al resto en los dos últimos criterios mencionados, el valor del índice de estrategia es bajo. Con lo que, de acuerdo al índice de criticidad de valor 3,523 y el índice de estrategia de valor 2,253, el producto evaluado queda situado en el área de análisis y no la de estrategia como sucede con el método de la empresa.

Y por último, el producto 20081307 también ha sufrido un cambio de zona en el gráfico de burbujas al aplicar PROMETHEE por el que se encuentra en el área de precios mientras que con el método de la empresa se sitúa en la zona de estrategia debido a su elevado valor de estrategia (valor de 3,313) y bajo valor de criticidad (valor 2,335).

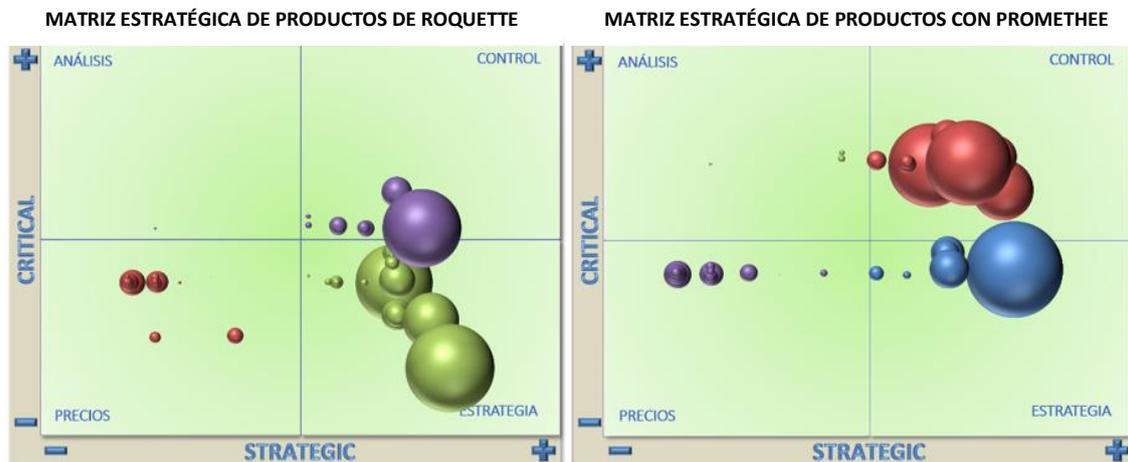
Aplicando PROMETHEE, en el criterio *reglamentación* se observa que el valor de cumplimiento del producto es del 100% de la normativa, por lo que al ser el mismo valor que casi todos los productos del ejemplo la preferencia será de 0 o de 1 sobre los que tienen un 50% de cumplimiento. Preferencia también de 0 en el criterio *competencia* ya que al igual que el resto de productos tiene un único proveedor. Y para los criterios *plazo de entrega* y *factor de aprovisionamiento* la preferencia es de 1 sobre varios de los productos ya que el plazo de entrega del producto y el factor de aprovisionamiento es menor que la mayoría de los otros productos. Así que el valor del índice de criticidad del producto 20081307 es bajo ya que comparando con los otros productos del ejemplo, los valores que tiene en cada criterio son iguales o mejores que los de éstos.

Y en relación a la estrategia, en el criterio *contacto del producto con el producto final* su valor es mejor que 10 de los productos del ejemplo, por lo que la preferencia es de 1. En el criterio *paro de fábrica* el valor es igual que algunos de los productos pero peores que en otros por lo que la preferencia en este caso es de 0. Y para los criterios *imagen* y *volumen de compras*, comparando el valor que tiene el producto en cada criterio con el resto de productos evaluados, se observa que es mejor que todos los otros productos por lo que la preferencia es de 1 sobre los demás. Así pues, el valor del índice de estrategia es bajo ya que los valores del producto 20081307 en cada criterio son iguales o mejores que los valores de los otros productos. Por lo que, según el valor de criticidad de 2,065 y el valor de estrategia 2,088, el área en la que queda situado el producto es la de precios.

En la *Figura 20* quedan representadas en la izquierda la matriz estratégica de clasificación de los productos elaborada por la empresa con los resultados de los indicadores de criticidad y

estrategia obtenidos con la metodología que aplican, y en la derecha la matriz estratégica de los productos para su clasificación elaborada con los indicadores de criticidad y estrategia obtenidos con la aplicación del método PROMETHEE con el software D-Sight.

Figura 20. Gráficos de criticidad y estrategia de productos con evaluación de la empresa y con PROMETHEE.
Fuente: Elaboración propia.

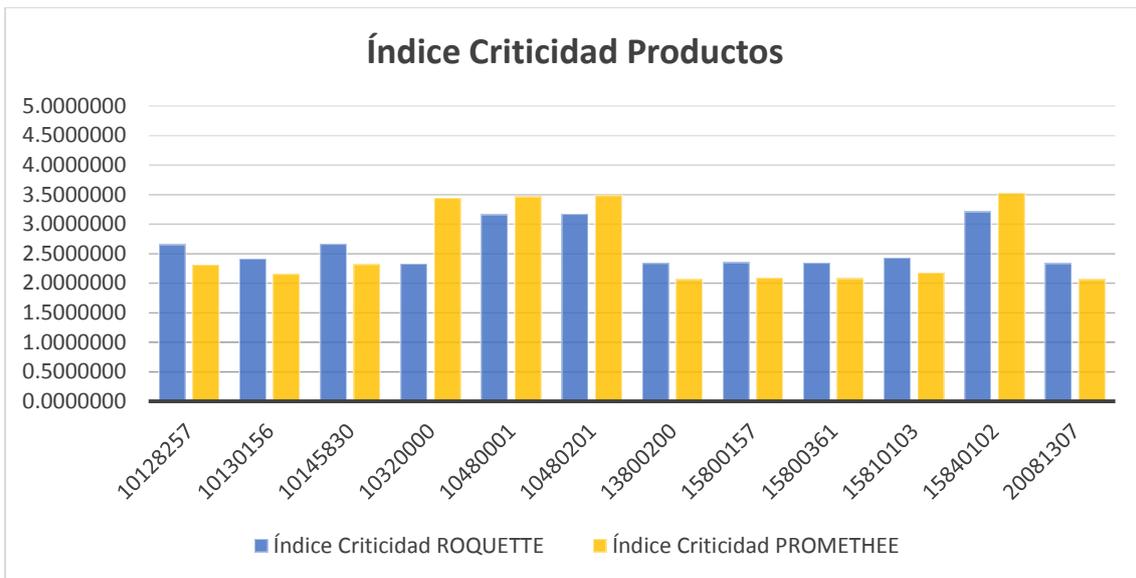


Los resultados de las dos metodologías no pueden ser iguales debido a que los dos métodos, el aplicado por la empresa y el método PROMETHEE, son distintos. El método PROMETHEE se basa en comparar los productos por pares. Utiliza las diferencias existentes entre las evaluaciones de cada producto con el resto de productos en todos los criterios considerados y tiene en cuenta las funciones de preferencias de los decisores y los objetivos de cada criterio. Sin embargo, la empresa no aplica un método basado en las diferencias entre los productos sino en los valores que cada uno tiene en cada criterio, ponderados por los pesos relativos de los criterios, compensando así los valores débiles de los productos en unos criterios con los valores fuertes en otros.

Para poder observar cuáles son las diferencias entre ambos métodos, se van a presentar dos gráficos de barras tanto para la criticidad de los productos como para la estrategia. En la *Figura 21* se presentan las diferencias entre el índice de criticidad de productos obtenido por la empresa y el obtenido con la aplicación del método PROMETHEE en D-Sight. Para que la representación sea homogénea, los valores resultantes del D-Sight con una escala de 0 a 100, se han transformado en valores de 0 a 5 como lo tiene establecido la empresa siendo 0 el mejor valor, teniendo en cuenta que el 100 obtenido en D-Sight se corresponde con el 0 y el 0 en D-Sight se corresponde con el 5 obtenido en la transformación de los valores.

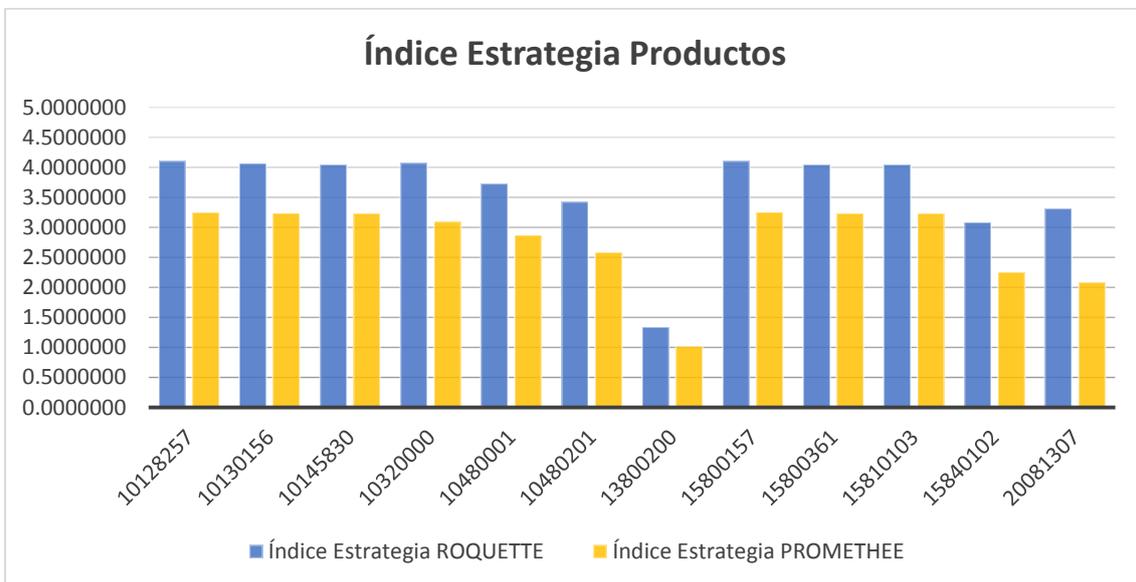
En la *Figura 21* se observan las diferencias existentes entre ambos métodos. Se han representado los productos tomados como ejemplo y se observa que el índice de criticidad obtenido por la empresa es mayor que el obtenido con PROMETHEE, excepto en el caso de los productos 10320000, 10480001, 10480201 y 15840102 en los que el indicador de criticidad es mayor en el caso de la aplicación del método PROMETHEE. Estos son mayores pero la diferencia no es elevada como sucede con los indicadores de estrategia que más tarde se presentan.

Figura 21. Comparación valores del índice de criticidad de productos. Fuente: Elaboración propia.



En la *Figura 22* se pueden observar las diferencias existentes entre los indicadores de estrategia de los productos obtenidos por el método de la empresa y los índices de estrategia resultantes de la aplicación del método PROMETHEE. Estos valores resultantes del D-Sight también se han transformado a la escala de 0 a 5.

Figura 22. Comparación valores del índice de estrategia de productos. Fuente: Elaboración propia.

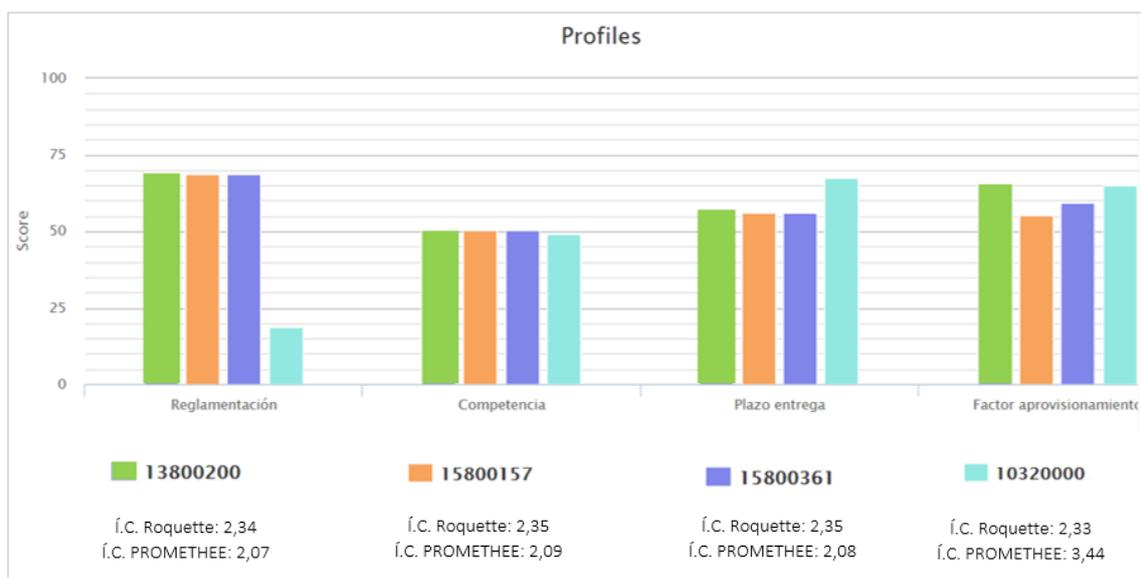


En la *Figura 22* se han representado los productos del ejemplo y se observa que el indicador de estrategia de los productos obtenido por la empresa es mayor que el obtenido con PROMETHEE en todos los productos evaluados. Por lo que la criticidad de los productos obtenida con la aplicación del método PROMETHEE está en la misma línea que la resultante del método de la empresa, mientras que para el indicador de estrategia de los productos, el

obtenido por la empresa es un valor mayor que el obtenido al utilizar PROMETHEE en la evaluación.

En el caso del indicador de criticidad obtenido por Roquette para los productos, hay algunos de los productos que tienen el mismo valor o similar del índice de criticidad, por lo que se podría esperar que con la aplicación del método PROMETHEE los valores de criticidad para esos productos también fueran iguales o similares. En la *Figura 23* se presentan cuatro productos como ejemplo de evaluación en un gráfico de barras en el que cada barra de un color se corresponde con un producto para el que se informa del índice de criticidad obtenido por la empresa (“Í.C.Roquette”) y el obtenido con PROMETHEE (“Í.C.PROMETHEE”) y que está agrupado en cuatro partes las cuales corresponden a los criterios críticos considerados en la evaluación de los productos.

Figura 23. Criterios críticos de productos y cuatro productos tomados como ejemplo. Fuente: Software D-Sight.



Para los productos representados, con el método aplicado por la empresa se obtiene un indicador de criticidad muy cercano para los cuatro productos, sin embargo, para los mismos productos pero aplicando el método PROMETHEE el indicador de criticidad son tres de ellos similares pero el último es en el que se observa la gran diferencia. Para el criterio *reglamentación* se observa que tres de los productos tienen valores iguales, lo que influye en que los tres sí obtienen iguales valores para el índice de criticidad. Lo que sucede también con el criterio *competencia* y *plazo de entrega*, pero no con el criterio *factor de aprovisionamiento*, que hace que el indicador de criticidad de los tres sea muy similar pero no igual debido a una mínima variación entre los valores del criterio para los tres.

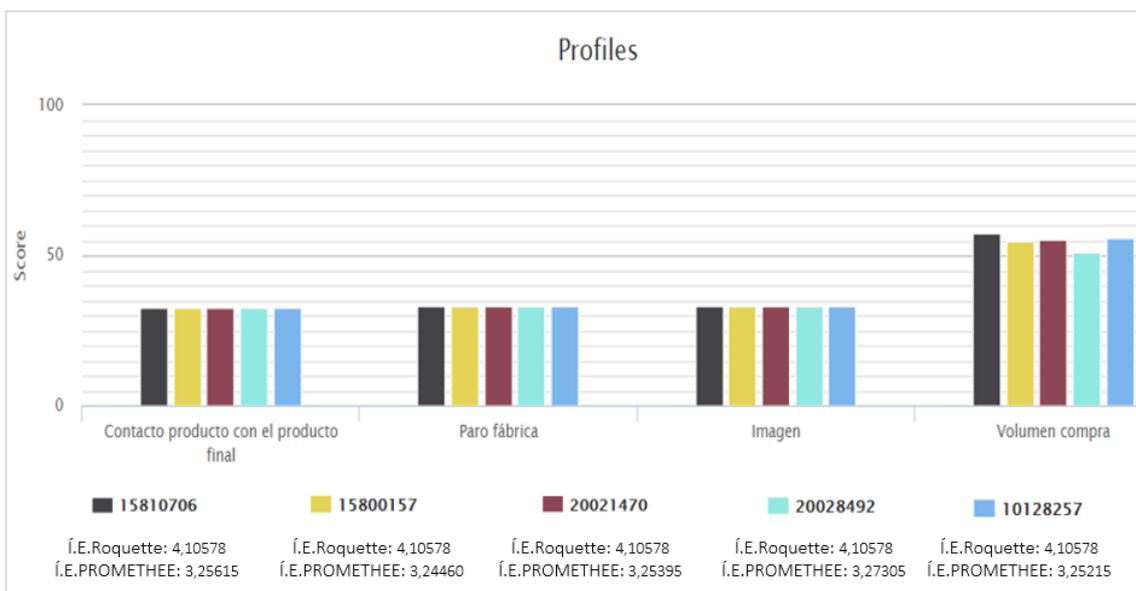
No obstante, se observan diferencias en los cuatro criterios con el producto 10320000. En el criterio *reglamentación* obtiene un valor bastante menor que el resto que se debe a que su porcentaje de cumplimiento de las normativas es menor. Diferencia que se observa también en el criterio *plazo de entrega* y *factor de aprovisionamiento*, por los que al tener mayor valor que los otros, supone que tiene un menor plazo de entrega y menor factor de

aprovisionamiento. Por lo que al ser distintas las valoraciones del producto en los criterios, el indicador de criticidad no puede ser igual.

Así se observa que con la aplicación del método PROMETHEE se obtienen valores diferentes de criticidad para los productos que se comportan diferente mientras que con el método utilizado por la empresa, al ser un método compensatorio, dichos valores son casi iguales. La técnica PROMETHEE logra reflejar para cada producto un comportamiento distinto en cada criterio a diferencia del método de la empresa en el que los criterios quedan compensados y no hay diferenciación.

En el caso de analizar el indicador de estrategia de los productos se da la misma situación. Productos que tienen un índice de estrategia igual en este caso, con el método aplicado por la empresa, al aplicar el método PROMETHEE dichos valores de estrategia no son iguales debido a la diferenciación que logra representar el método PROMETHEE en el comportamiento de los productos en cada criterio estratégico. En la *Figura 24* quedan representados cinco productos para los que, con el método de la empresa, los valores del indicador de estrategia son iguales.

Figura 24. Criterios estratégicos de productos y cinco productos tomados como ejemplo. Fuente: Software D-Sight.



En la *Figura 24* se observa que para los cinco productos en los criterios *contacto del producto con el producto final*, *paro de fábrica* e *imagen*, los valores obtenidos son iguales por lo que puede suponer que el indicador de estrategia para los cinco sea igual. Sin embargo, en el criterio *volumen de compra* es donde se aprecia la variación. Tanto el producto 15810706 y el producto 20028492 tiene un valor para este criterio diferente al resto. El producto 15810706 obtiene la mayor valoración en este criterio debido a que su cifra de compras es menor que la del resto. Y el producto 20028492 destaca por tener el menor valor en este criterio, lo que supone que su cifra de compras es mayor que las de los demás productos del ejemplo. Por lo que con la aplicación del método PROMETHEE, al no tener la misma valoración todos los productos en todos los criterios estratégicos, los valores del indicador de estrategia no puede

ser el mismo para todos. Sin embargo, la diferencia de índices de estrategia entre todos es despreciable, pero aun así, logra diferenciar el comportamiento entre criterios.

5 EVALUACIÓN DE LOS PROVEEDORES EN LA EMPRESA

- 5.1 Aplicación del método AHP para calcular los pesos de los criterios
- 5.2 Cálculo actual de los Indicadores de Criticidad y Estrategia de los Proveedores
- 5.3 Evaluación de proveedores con el método PROMETHEE

De igual modo que se ha definido la clasificación de los productos, se define también la clasificación de los proveedores. Primero la empresa aplica el método AHP para establecer los pesos de cada criterio considerado y luego realiza el cálculo de los indicadores de criticidad y estrategia de los proveedores, que junto con la facturación realizada a cada proveedor, elabora la matriz de clasificación de los proveedores que permite a la empresa aplicar las políticas más adecuadas a cada proveedor.

5.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP PARA CALCULAR LOS PESOS DE LOS CRITERIOS

Como en el caso de los productos, en la primera fase del método de Saaty se construye la jerarquía que representa los criterios de evaluación de los proveedores. Para el diseño de esta jerarquía se deben definir los criterios en los que el personal responsable basará las decisiones. Para los proveedores la empresa también define dos grupos de criterios, por una parte los que afectan a la criticidad de un proveedor en la compra de un producto que son principalmente aspectos entre la empresa y el mercado, y por otra parte los que afectan a la estrategia de la empresa en la compra a un proveedor, los cuales son fundamentalmente los que condicionan el funcionamiento interno de la fábrica. Asimismo, se tiene en cuenta el importe de facturación que cada proveedor representa para la empresa.

5.1.1 Criticidad de los proveedores

Para valorar la **criticidad** de los proveedores, la empresa tiene en consideración los siguientes criterios:

- **Criticidad de los productos:** este criterio se obtiene a partir de la criticidad de los productos. Se calcula mediante la media de los valores de la criticidad de todos los productos que se han adquirido a un mismo proveedor sumándole la desviación estándar de éstos. Su valor puede variar entre 0 y 5.

Cuanta más criticidad tengan los productos, más crítico será el proveedor que los suministra.

- **Retrasos:** criterio que supone la diferencia existente entre el plazo de entrega previsto y el plazo real que tiene cada proveedor. Está expresado en días y se persigue que los proveedores tengan los mínimos retrasos.

A mayor número de días de retraso, más crítico será el proveedor.

- **Riesgo comercial:** mide de forma financiera el riesgo que puede asumir la empresa al comprar a un proveedor. Los valores que puede tener este criterio oscilan entre 0 y 20 puntos (20 puntos es la mejor valoración). Esta escala de valoración se obtiene de la página web *e-informa* (acceso disponible en la bibliografía) a través del Informe de Riesgo Comercial, el cual consiste en un estudio de la solvencia empresarial que otorga

a las empresas una calificación objetiva del riesgo comercial y una opinión en relación al límite de crédito para esa empresa. Este criterio pretende medir la viabilidad de un proveedor.

Cuanto mayor sea este valor, menos crítico será el proveedor, es decir, menos riesgo comercial tendrá.

- **Riesgo del país:** se refiere al riesgo asociado al país proveedor. Las evaluaciones utilizadas se han obtenido de la empresa *Coface* a partir de su página web (acceso disponible en la bibliografía) en la que hay disponibles evaluaciones de 160 países basadas en datos económicos, financieros y políticos de cada uno de ellos.

Cuanto mayor sea el riesgo del país al que pertenece el proveedor, es decir, a menor valoración recibida en este criterio, más crítico es el proveedor.

- **Riesgo sobre la facturación del proveedor:** consiste en medir qué parte del total de la facturación del proveedor dedica a la empresa de forma anual. A Roquette Laisa España le interesa que el proveedor no dependa en exceso de su facturación.

A mayor porcentaje de facturación, más criticidad tendrá el proveedor.

5.1.2 Estrategia de los proveedores

Para la valoración de la **estrategia** de los proveedores se consideran los siguientes criterios:

- **Estrategia de los productos:** se obtiene a partir del índice de estrategia de los productos. Se calcula mediante la media de los valores de estrategia de todos los productos suministrados por un proveedor, sumándole la desviación estándar y su valor puede estar entre 0 y 5.

A menor índice de estrategia, se supone que los productos son menos estratégicos para la empresa, por lo que su proveedor también será menos estratégico.

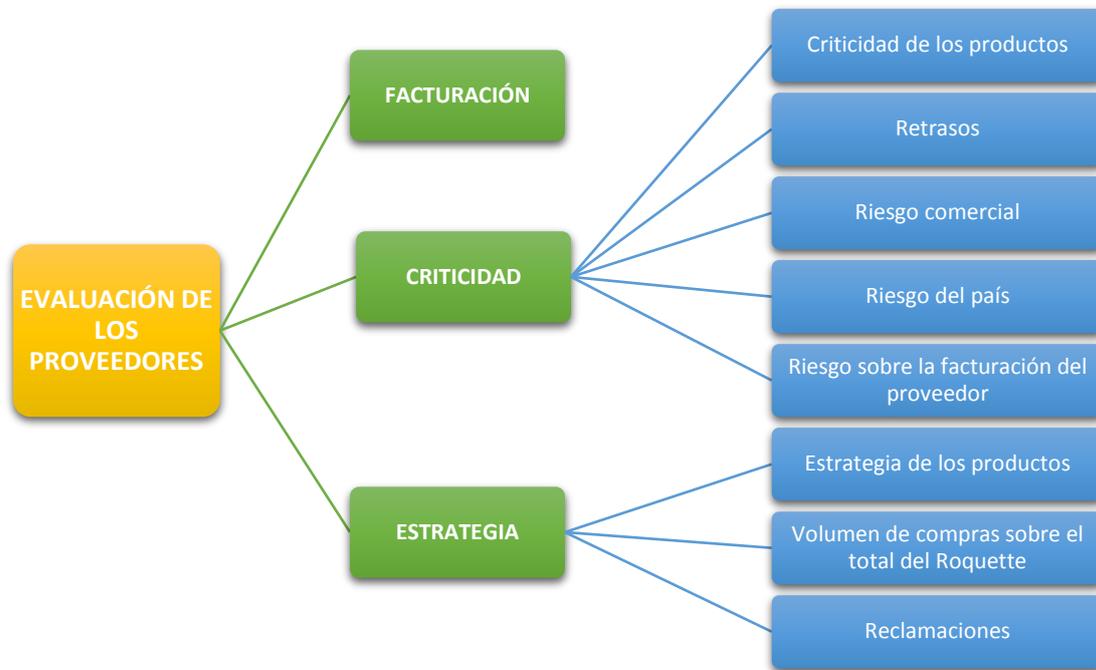
- **Volumen de compras sobre el total de Roquette:** está relacionado con el volumen de facturación que representa cada proveedor para la empresa. A la empresa le interesa que el importe de facturación sea el menor posible, para no depender de los proveedores.

A mayor volumen de compras al proveedor, éste será más estratégico.

- **Reclamaciones:** cada vez que un proveedor incumple un contrato de compra, se genera una reclamación, lo que afectará a la relación contractual de la empresa con este proveedor. Se aplicará una estrategia u otra en función del número de reclamaciones puestas a un proveedor.

Una vez definidos los criterios se procede a construir la **jerarquía de decisión** (Figura 25) en la que se representan todos los criterios necesarios para la evaluación de los proveedores. En el segundo nivel se encuentran los criterios de facturación, criticidad y estrategia, y en el tercer nivel los sub-criterios para cada uno de ellos.

Figura 25. Jerarquía de decisión para la evaluación de los proveedores. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Roquette Laisa.



Efectuada la primera fase del método AHP se procede a la segunda parte consistente en **establecer las prioridades** mediante comparaciones por pares entre los criterios. Se necesita de la escala de valoraciones de Saaty presentada en el Capítulo 3 (Tabla 1). A partir de las valoraciones del personal del departamento de compras se establece una matriz de comparaciones por pares 5x5 para la criticidad de los proveedores (Tabla 13) y una matriz 3x3 para la estrategia de éstos (Tabla 14).

Tabla 13. Matriz de comparaciones por pares para la criticidad de los proveedores. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

CRITICIDAD PROVEEDORES	Criticidad de productos	Retrasos	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación
Criticidad de productos	1	4	5	7	3
Retrasos	0,25	1	3	5	2
Riesgo comercial	0,20	0,33	1	3	1
Riesgo país	0,14	0,20	0,33	1	1
Riesgo sobre facturación	0,33	0,50	1,00	1,00	1
Suma Columnas	1,926	6,033	10,333	17,000	8,000

Tabla 14. Matriz de comparaciones por pares para la estrategia de los proveedores. Fuente: Roquette Laiza España, S.A.

ESTRATEGIA PROVEEDORES	Estrategia de productos	Vol. Compras sobre total	Reclamaciones
Estrategia de productos	1	5	3
Vol. Compras sobre total	0,20	1	0,33
Reclamaciones	0,33	3,03	1
Suma Columnas	1,533	9,030	4,330

A continuación, con las matrices de comparación por pares establecidas se pueden calcular las prioridades o los pesos relativos de cada criterio crítico y estratégico de los proveedores. Para su cálculo, primeramente se deben sumar los valores de cada columna (realizado como “suma de columnas” en la *Tabla 13* y *Tabla 14*) y en segundo lugar se divide cada casilla de cada columna por el total de la columna a la que pertenece. Así se obtiene la **matriz normalizada**. Seguidamente se presenta la matriz normalizada para la criticidad de los proveedores en la *Tabla 15* y para la estrategia en la *Tabla 16*.

Tabla 15. Matriz normalizada para la criticidad de los proveedores. Fuente: Roquette Laiza España, S.A.

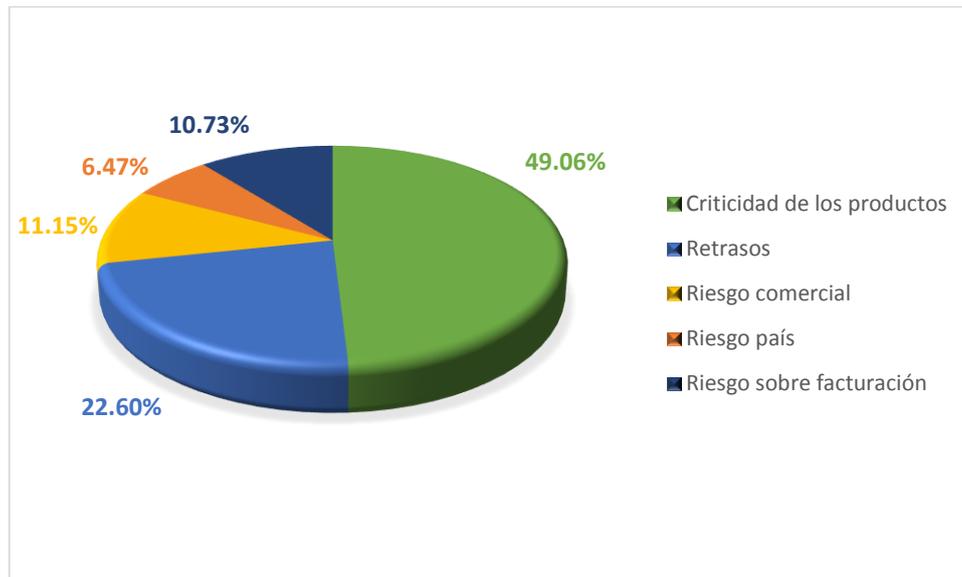
CRITICIDAD PROVEEDORES	Criticidad de productos	Retrasos	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación
Criticidad de productos	0,519	0,663	0,484	0,412	0,375
Retrasos	0,130	0,166	0,290	0,294	0,250
Riesgo comercial	0,104	0,055	0,097	0,176	0,125
Riesgo país	0,074	0,033	0,032	0,059	0,125
Riesgo sobre facturación	0,173	0,083	0,097	0,059	0,125

Tabla 16. Matriz normalizada para la estrategia de los proveedores. Fuente: Roquette Laiza España, S.A.

ESTRATEGIA PROVEEDORES	Estrategia de productos	Vol. Compras sobre total	Reclamaciones
Estrategia de productos	0,652	0,554	0,693
Vol. Compras sobre total	0,130	0,111	0,076
Reclamaciones	0,217	0,336	0,231

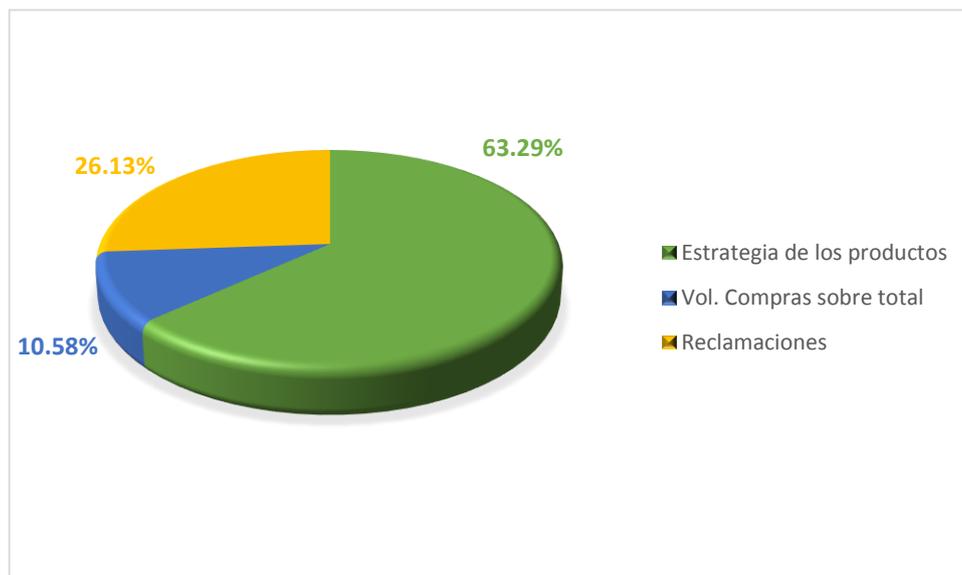
Finalmente, obtenidas las matrices normalizadas tanto para la criticidad como estrategia de los proveedores, se realiza el promedio de las filas sumando todos los valores de las filas de la matriz normalizada y se divide por el número de casillas que hay en una fila, obteniendo así los pesos relativos de cada criterio de forma aproximada.

Figura 26. Pesos de los criterios críticos de proveedores en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.



Para la criticidad de los proveedores, los pesos obtenidos para cada criterio se presentan en la *Figura 26*. En ella se expresa que los criterios más importantes para el índice crítico de los proveedores son el índice de criticidad de los productos con un peso del 49,06% seguido con una ponderación del 22,60% el criterio referido a los retrasos de los proveedores. Por otra parte, los criterios con menor consideración para la criticidad son el del riesgo comercial, riesgo sobre la facturación del proveedor y el riesgo del país al que pertenece el proveedor, con unos pesos del 11,15%, 10,73% y 6,47% respectivamente.

Figura 27. Pesos de los criterios estratégicos de proveedores en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

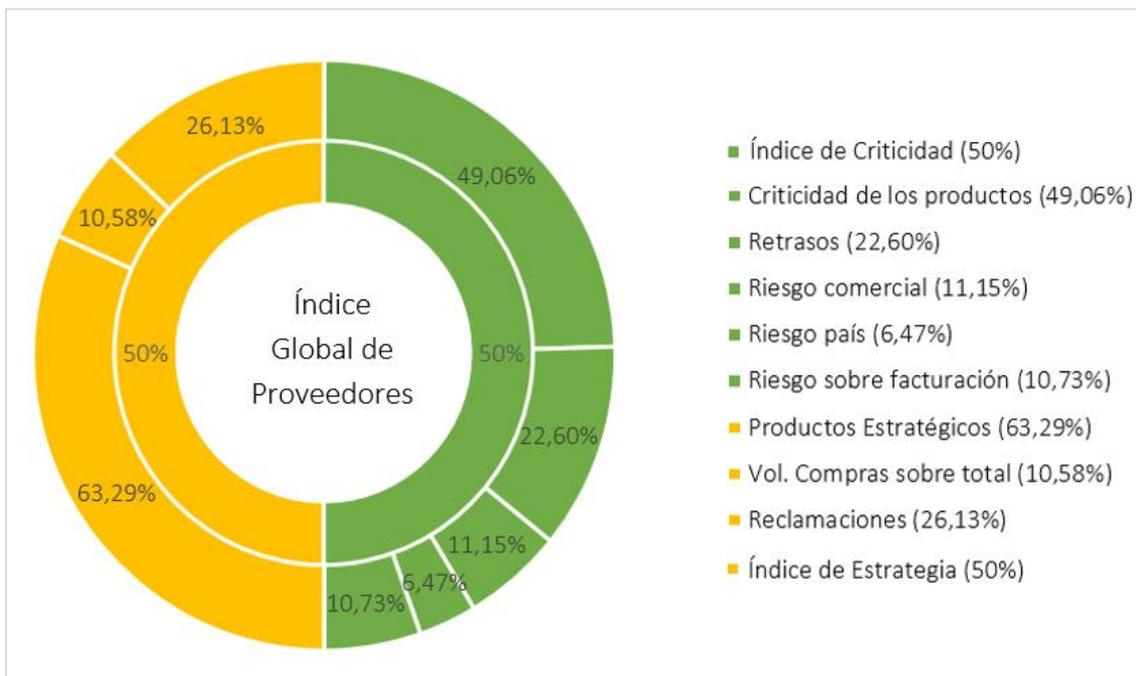


Y en el caso de la estrategia de los proveedores, los pesos obtenidos para cada criterio se reflejan en la *Figura 27*. Las ponderaciones reflejadas en la *Figura 27* indican que el criterio con mayor importancia para la estrategia de los proveedores es el índice estratégico de los productos con un peso del 63,29%. El siguiente criterio más importante posee una ponderación mucho menor, del 26,13%, y es el referente a las reclamaciones. Por último, el criterio del volumen de compras realizado a un proveedor sobre el total de la empresa Roquette es el de menor importancia para la estrategia con un peso del 10,58%.

Una vez conocidos los pesos se continúa calculando el Índice de Inconsistencia de la matriz. Se sabe que la consistencia de las matrices de comparaciones por pares se considerará aceptable si este índice es igual o inferior a 0,10. Para la criticidad de los proveedores, el Índice de Inconsistencia obtenido es del 0,07 y para la estrategia el índice tiene un valor de 0,05, por lo que los juicios de valor atribuidos a cada criterio en la matriz de comparaciones por pares, tanto crítico como estratégico, son consistentes.

Los resultados de las ponderaciones obtenidas para todos los criterios supuestos, tanto críticos como estratégicos, que afectan a los proveedores quedan reflejados en la *Figura 28*.

Figura 28. Pesos de los criterios para la evaluación de los proveedores. Fuente: Elaboración propia.



Para los dos criterios de criticidad y estrategia evaluados con la finalidad de clasificar los proveedores (cabe recordar que la facturación también es un criterio del segundo nivel a considerar en la clasificación), todas las ponderaciones deben sumar la unidad ya que se trata de porcentajes de importancia relativa de cada criterio.

En relación a la criticidad, se observan valores dispares debido a una diferencia del 43% entre los pesos del criterio más importante, el de la criticidad de productos, y el de menor consideración, el del riesgo del país. Disparidad reflejada también entre el criterio de mayor importancia y el segundo más importante que es el de los retrasos con una diferencia cercana al 30%.

Y en relación a la estrategia, los valores de los pesos de los criterios presentan una mayor disparidad, suponiendo una diferencia de casi el 53%, entre el criterio de mayor consideración, el de la estrategia de los productos, y el de menor importancia, el de volumen de compras sobre el total de la empresa. Elevada variación reflejada también entre el criterio más importante y el segundo que es el de las reclamaciones, suponiendo una diferencia de casi un 40%.

5.2 CÁLCULO ACTUAL DE LOS INDICADORES DE CRITICIDAD Y ESTRATEGIA DE LOS PROVEEDORES

Una vez obtenidos los pesos relativos de cada criterio, en la evaluación de sus proveedores la empresa procede a calcular los índices de criticidad y estrategia para cada uno de ellos. Los resultados para estos indicadores los obtiene mediante unas tablas de valoración de cada criterio, una tabla para criticidad y otra para estrategia que incluyen todos los valores que los criterios reciben de acuerdo a unas escalas definidas por la empresa. Así, con esos valores y los pesos relativos de cada criterio mediante una ponderación se obtienen los índices de criticidad y estrategia de los proveedores. Además, con estos resultados junto con la facturación a cada proveedor, se explicará cómo la empresa realiza una matriz de clasificación estratégica para clasificar los proveedores y poder tomar las decisiones oportunas de acuerdo a la zona de clasificación a la que pertenezca.

Primeramente se definen los objetivos para cada criterio, si se persigue la maximización o minimización de su valor. La escala de valoración adimensional utilizada en todos ellos, se sitúa entre el valor 1 y el valor 5.

En cuanto a la **criticidad** de los proveedores, los **objetivos establecidos** para los criterios son:

- **Criticidad de los productos:** criterio obtenido a partir del índice de criticidad de los productos y calculado a través de la media de los valores de criticidad de todos los productos que ha aportado un mismo proveedor, sumándole a la desviación estándar. Su valor puede estar en 0 y 5.

En este caso, a menor índice de criticidad, menos críticos son los productos para la empresa, por lo que persiguen el **objetivo de minimizar** este criterio.

- **Retrasos:** son los días correspondientes a la diferencia entre el plazo documentado por la empresa de entrega de la mercancía y el plazo real. Cuando el proveedor supera los

50 días de retraso, se le asigna la mayor criticidad con un valor de 5. Cada uno de los días del intervalo de 0 a 50 días, tiene un valor en concreto, el cual se ve incrementado a medida que los días de retraso aumentan. La función que la empresa sigue para valorar este criterio se observa en el *Anexo 1 (Figura A1.2)*, la cual es la misma que para el criterio de productos *plazo de entrega* y para el de *factor de aprovisionamiento*, los dos expresados también en días.

A más días de retraso, más crítico será el proveedor para la empresa, con lo que el **objetivo es minimizar** este criterio.

- **Riesgo comercial:** este criterio se obtiene a partir de un rating elaborado por la empresa *E-informa*, a través de su página web, con una escala de valoración situada entre 0 y 20, el cual consigue con el análisis de 180 parámetros. La calificación que reciben las empresas por parte de *e-informa* se puede interpretar como sigue:

Valor de 0, valoración suspendida por *e-informa* debido a que la empresa a calificar se encuentra en una situación que afecta de forma directa a su disposición comercial y jurídica.

Valor de 1 a 6, empresas que presentan un elevado riesgo comercial. Sugieren realizar operaciones comerciales con ellas con la máxima cautela.

Valor de 7 a 10, empresas que presentan un riesgo medio-alto. Sugieren operar dentro del límite planteado en la opinión de crédito.

Valor de 11 a 15, empresas que presentan un riesgo medio-bajo. El límite de crédito planteado en la opinión de crédito es el sugerido a seguir, aunque éste podría ser ampliado con ciertas medidas de seguridad.

Valor superior a 15, empresas que presentan un riesgo prácticamente nulo. Aunque sugieren operar dentro del límite planteado en la opinión de crédito, éste podría ser ampliado con medidas de seguridad adicionales.

Y atendiendo a la escala que la empresa ha definido para este criterio (*Tabla 17*), se observa que para cada valor de *e-informa* de 1 a 20, se asigna un valor de 1 a 5 establecido en la columna "Escala Roquette 1", y en la columna "Escala Roquette 2" se refleja el peso relativo de una valoración de 5 entre el valor de la primera columna. La empresa utiliza la escala de valoración de la columna "Escala Roquette 2", así para un riesgo valor 1, el de mínima puntuación en la escala de *e-informa*, recibe un 5 de puntuación por la empresa, lo que para este criterio es lo menos conveniente. Y para un riesgo valorado con un 20, obtiene de valoración un 1, la mínima puntuación y la deseada por Roquette en este caso.

Tabla 17. Escala del criterio riesgo comercial según e-informa y escalas definidas por Roquette para el cálculo de la criticidad de los proveedores. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

RIESGO COMERCIAL		
<i>e-informa</i>	Escala Roquette 1	Escala Roquette 2
1	1,000	5,000
2	1,040	4,808
3	1,260	3,968
4	1,480	3,378
5	1,700	2,941
6	1,920	2,604
7	2,140	2,336
8	2,360	2,119
9	2,580	1,938
10	2,800	1,786
11	3,020	1,656
12	3,240	1,543
13	3,460	1,445
14	3,680	1,359
15	3,900	1,282
16	4,120	1,214
17	4,340	1,152
18	4,560	1,096
19	4,780	1,046
20	5,000	1,000

Para este criterio, a mayor calificación obtenida en el rating, menor riesgo tendrá el proveedor, con lo que será menos crítico y menor puntuación obtendrá en la escala valorativa de la empresa. Así, el **objetivo es minimizar** su valor.

- **Riesgo del país:** referido al riesgo del país al que pertenece el proveedor. Las valoraciones a utilizar se basan en las evaluaciones de la empresa *Coface*. Los datos que proporciona se actualizan de forma trimestral y proporcionan una estimación del riesgo medio de crédito a las empresas del país. Las evaluaciones pueden tomar valores del 1 al 7, siendo A1 el mejor (valor = 1) y D la peor calificación (Valor = 7), y se realizan a través de la siguiente escala:

Valor = 1, A1. Perspectivas favorables y estables con una probabilidad media de incumplimiento de las empresas muy baja.

Valor = 2, A2. Perspectivas favorables y bastante estables con una probabilidad media de incumplimiento de las empresas baja.

Valor = 3, A3. Perspectivas no tan favorables y/o volátiles con una probabilidad media de incumplimiento de las empresas de tipo medio.

Valor = 4, A4. Perspectivas más débiles con una probabilidad media de incumplimiento de las empresas de tipo alto.

Valor = 5, B. Perspectivas con incertidumbre y probabilidad media de incumplimiento de las empresas bastante alta.

Valor = 6, C. Perspectivas difíciles e inestables con probabilidad media de incumplimiento de las empresas alta.

Valor = 7, D. Perspectivas muy inestables, inciertas y difíciles, con una probabilidad media de incumplimiento de las empresas muy alta.

Además, para cada uno de estos valores del 1 al 7, la empresa tiene establecida una escala valorativa del 1 al 5 como en el resto de criterios, que se refleja en la columna “Escala Roquette 2” presentada en la *Tabla 18*.

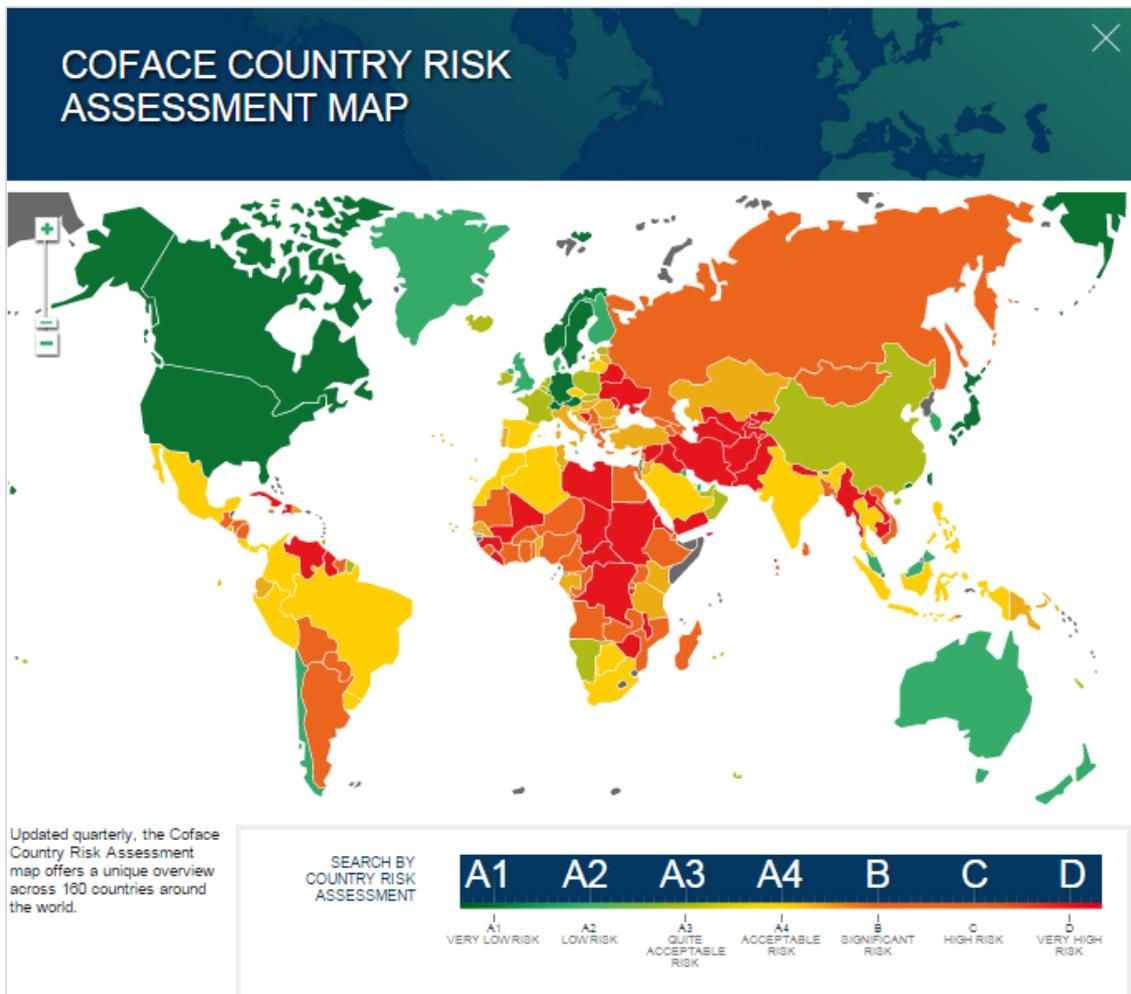
Tabla 18. Escala del criterio riesgo del país según Coface y escalas definidas por Roquette para el cálculo de la criticidad de los proveedores. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

RIESGO PAIS		
<i>Coface</i>	Escala Roquette 1	Escala Roquette 2
1	5,000	1,000
2	5,000	1,000
3	4,000	1,250
4	3,000	1,667
5	2,000	2,500
6	1,000	5,000
7	1,000	5,000

En la tabla se observa que si el riesgo del país es 1, es decir, calificación de A1 otorgada por la empresa *Coface*, el valor que establece la empresa es de 1 (segunda columna), al igual que para el riesgo 2 (calificación de A2) que significa que el riesgo de incumplimiento de los proveedores en ese país es bajo y muy bajo. Sin embargo, si el riesgo es de 6 o 7, calificación de C y D respectivamente otorgada por *Coface*, el proveedor recibe un valor de 5 por Roquette lo que supone que el riesgo de éste es elevado.

Vistas estas valoraciones, a mayor riesgo del país al que el proveedor pertenece, más crítico será este y mayor valoración obtiene por la empresa. Así, para este criterio el **objetivo es minimizar** su valor. La calificación asignada a cada país, se puede observar en la *Figura 29*.

Figura 29. Mapamundi del riesgo de los países según el color y la calificación obtenida. Fuente: Web Coface.



- **Riesgo sobre la facturación del proveedor:** mide el porcentaje de ventas que el proveedor dedica a Roquette sobre el total de su facturación y el riesgo que así está asumiendo Roquette. La escala de valores establecida por la empresa en este caso es:

Valor = 1, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 0% y el 2%.

Valor = 2, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 2% y el 5%.

Valor = 3, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 5% y el 10%.

Valor = 4, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 10% y el 15%.

Valor = 5, si el volumen de ventas dedicado a Roquette es superior al 15%.

A mayor porcentaje de facturación que el proveedor dedique a Roquette, más crítico será, con lo que el **objetivo es minimizar** el valor de este criterio.

Y para el caso de la **estrategia** de los proveedores, los **objetivos marcados** por la empresa para cada criterio son:

- **Estrategia de los productos:** su valor oscila entre 0 y 5, se consigue a partir del índice de estrategia de los productos y se calcula con la media de los valores de estrategia de todos los productos suministrados por un mismo proveedor, sumándole la desviación estándar.

Cuanto menor sea el índice de estrategia de los productos, menos estratégicos son los proveedores que suministran los productos, con lo que el **objetivo es minimizar** el valor del criterio.

- **Volumen de compra sobre el total de Roquette:** criterio referente al volumen de facturación que representa cada proveedor sobre el total de compras de Roquette y que está expresado en porcentajes. Cada punto porcentual del 0% al 20% recibe un valor concreto, 0% recibe como valor un 1 y el 20%, un valor de 5. Y para cualquier volumen de compra al proveedor superior al 20%, tendrá la máxima criticidad. La escala valorativa se puede observar en el *Anexo 1 (Tabla A1.2)*.

A mayor volumen de compra sobre el total de Roquette, más estratégico es el proveedor. Con lo que para este criterio el **objetivo es minimizar** su valor.

- **Reclamaciones:** número de reclamaciones puestas a un proveedor en los últimos cinco años. Un proveedor que no reciba reclamación alguna de la empresa, recibirá la máxima puntuación (valor = 5), y el que obtenga 4 o más reclamaciones por parte de Roquette, recibirá la mínima puntuación (valor = 1). La escala de valoración establecida por la empresa es:

Valor = 5, si el proveedor tiene 0 reclamaciones

Valor = 2,500, si tiene 1 reclamación

Valor = 1,667, si tiene 2 reclamaciones

Valor = 1,250, si tiene 3 reclamaciones

Valor = 1, si tiene 4 o más reclamaciones

El **objetivo es maximizar** el valor de este criterio, es decir minimizar el número de reclamaciones. El problema de esta escala de valor es incrementar el índice de estrategia de un proveedor por el mero hecho de no haber recibido reclamaciones. La empresa no desea que los proveedores con muchas reclamaciones resulten estratégicos.

Definidos los criterios, objetivos de cada uno y las funciones de valoración, se va a explicar cómo se realiza el cálculo de la criticidad y seguidamente de la estrategia de los proveedores por la empresa.

Para la obtención del **indicador de criticidad** se utiliza la **tabla de evaluación** presentada en la *Tabla 19* en la que se muestran algunos ejemplos de proveedores que suministran a la empresa (establecidos en la columna de color azul), todos los criterios críticos de los

proveedores (reflejados en la fila de color verde), los valores referentes a su definición que adopta cada uno de ellos (primera columna relativa a cada criterio) y el valor que reciben de acuerdo a la escala valorativa de cada criterio establecida por la empresa (segunda columna de los aspectos considerados).

Tabla 19. Tabla de evaluación de los proveedores para el índice de criticidad. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedores	Criticidad de productos	Retrasos (días)	Valor Retrasos	Riesgo comercial	Valor Riesgo comercial	Riesgo país	Valor Riesgo país	Riesgo sobre facturación (%)	Valor Riesgo sobre facturación	ÍNDICE CRITICIDAD
300026	1,839520	0	1,000	10	1,786	3	1,250	0,070%	1,000	1,515581
302935	3,359331	-60	1,000	10	1,786	3	1,250	1,770%	1,000	2,261133
304102	3,114628	-8	1,000	9	1,938	5	2,500	0,090%	1,000	2,238914
304148	2,341462	0	1,000	14	1,359	5	2,500	0,040%	1,000	1,795063
304152	2,330755	4	1,068	14	1,359	5	2,500	0,070%	1,000	1,805263
304174	3,162424	0	1,000	12	1,543	5	2,500	0,170%	1,000	2,218357
304398	1,900167	-16	1,000	11	1,656	5	2,500	28,940%	5,000	2,040900
304598	2,330755	14	1,289	18	1,096	5	2,500	0,040%	1,000	1,825819
305495	3,205755	0	1,000	10	1,786	3	1,250	0,040%	1,000	2,185795
305920	2,328010	-2	1,000	10	1,786	3	1,250	0,940%	1,000	1,755212

Para explicar cómo se interpreta esta tabla vamos a utilizar un ejemplo. Supóngase que se analiza el proveedor 300026. Pues en la columna *criticidad de productos* se establece el valor medio de todos los productos que suministra este proveedor más la desviación estándar. Puede tomar valores de 0 a 5 y en este caso el valor es cercano a 2.

Para el criterio *retrasos* en la primera columna aparecen el número de días que el proveedor se ha retrasado en la entrega del producto a la empresa. En este caso tiene 0 días de retraso, por lo que se le ha asignado de acuerdo a la escala de valoración de la *Figura A1.2 (Anexo 1)* un valor de 1. Además, en la *Tabla 19* se puede observar que algunos de los proveedores, como el 302935 y el 304398, tienen unos retrasos negativos, de -60 y -16 días de retraso, lo que supone que los proveedores entregaron la mercancía 60 y 16 días respectivamente, antes de lo previsto.

En cuanto al criterio *riesgo comercial*, el proveedor obtiene una calificación de 10 por *e-informa*, lo que supone que tiene un riesgo medio de ser insolvente. Y la valoración que recibe por parte de la empresa es de 1,786 de acuerdo a la escala de valoración establecida (*Tabla 17* de este mismo apartado).

El país al que pertenece el proveedor, en el criterio *riesgo del país* se observa que recibe una calificación de 3, lo cual significa que dicho país obtiene una calificación de A3 por la empresa *Coface*. Así la valoración que recibe por parte de Roquette es de 1,250 de acuerdo a la escala de valoración (*Tabla 18* de este mismo apartado).

Y para el caso del criterio *riesgo sobre la facturación del proveedor* se observa que el proveedor dedica a Roquette un 0,07% del total de su facturación, lo cual es bueno para la

empresa que dicho proveedor no dependa en exceso de sus compras. Por eso recibe como valoración un 1 al ser un volumen de facturación situado en el intervalo del 0 al 2%.

Finalmente, con toda esta información junto con los pesos obtenidos con anterioridad aplicando el método de Saaty, se obtiene el índice de criticidad necesario para la evaluación de los proveedores. Y se consigue realizando una ponderación de la valoración de cada criterio por los pesos relativos de cada uno de ellos. Para el ejemplo, el indicador que dice cuánto crítico es el proveedor 300026 se calcularía del siguiente modo:

$$\text{Índice Criticidad} = (1,839520 \times 0,4906) + (1 \times 0,2260) + (1,786 \times 0,1115) + (1,250 \times 0,0647) + (1 \times 0,1073) = 1,515581$$

Como los valores del índice de criticidad, y también el de estrategia, se sitúan entre los valores 0 y 5, y para este proveedor se deduce que su criticidad no es elevada. Lo cual es la mejor situación para la empresa, que sea lo más baja posible.

En la tabla solo se muestran algunos ejemplos, pero para todos los proveedores el análisis de los datos y el cálculo de la criticidad se realizan de la misma manera. A continuación vamos a ver cómo se obtiene la estrategia de éstos.

Para la obtención del **indicador de estrategia**, se utiliza la tabla de evaluación presentada en la *Tabla 20*.

Tabla 20. Tabla de evaluación de los proveedores para el cálculo del índice de estrategia. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedores	Estrategia de productos	Volumen compras sobre total (%)	Valor Volumen compras sobre total	Nº Reclamaciones	Valor Nº Reclamaciones	ÍNDICE ESTRATEGIA
300026	4,1057834	0,490%	1,020	0	5,000	4,0129829
302935	4,3188986	13,270%	2,131	0	5,000	4,2654336
304102	3,5182136	1,510%	1,064	0	5,000	3,6457946
304148	1,3423855	0,780%	1,032	0	5,000	2,2653151
304152	1,0000000	0,070%	1,003	0	5,000	2,0455086
304174	3,7272163	0,150%	1,006	0	5,000	3,7719107
304398	4,7608733	6,020%	1,317	0	5,000	4,4590313
304598	3,7272163	0,090%	1,004	0	5,000	3,7716543
305495	4,0478929	0,240%	1,010	0	5,000	3,9752544
305920	4,0745595	6,990%	1,388	0	5,000	4,0321672

A continuación, para explicar cómo se interpreta la tabla de evaluación del índice estratégico de los proveedores vamos a seguir con el ejemplo del proveedor 300026. En el criterio *estrategia de los productos* se refleja el valor estratégico medio de todos los productos que suministra cada proveedor más la desviación estándar de éstos y puede tomar valor de 0 a 5. Así como en este caso el valor es superior a 4, supone que el proveedor tiene un índice de estrategia elevado.

En cuanto al segundo criterio, *volumen de compras sobre el total de Roquette*, se refleja el porcentaje que Roquette dedica a cada proveedor sobre el total de sus compras. Le interesa que sea lo menor posible y en este caso es del 0,49%, y el valor recibido es del 1,020 de acuerdo a la escala valorativa establecida para el criterio. Y, por último, aparece el criterio *reclamaciones* en el que aparece que todos los proveedores tomados como ejemplo han recibido 0 reclamaciones por parte de la empresa, que es lo deseado. Así, el valor recibido por el proveedor tomado como ejemplo es de 5, la máxima puntuación. Finalmente con estos valores se realiza una ponderación con los pesos de los criterios para obtener el indicador de estrategia para el proveedor analizado, y que será:

$$\text{Índice Estrategia} = (4,1057834 \times 0,6329) + (1,020 \times 0,1058) + (5 \times 0,2613) = 4,0129829$$

De este resultado se puede puntualizar que, como los valores del índice de estrategia van de 0 a 5 y éste es cercano a 4, el proveedor 300026 tiene un índice de estrategia elevado, lo cual no es demasiado conveniente en un proveedor, ya que lo interesante para Roquette es que todos los proveedores tengan la menor criticidad y estrategia posible. En el caso de la estrategia, el cálculo del índice y la interpretación de los datos y del resultado se realiza de igual manera para todos los proveedores.

Una vez obtenidos los resultados del índice de criticidad y estrategia para los proveedores con el método de la empresa (son 31 los proveedores evaluados aunque solo se muestren algunos en la memoria), se unen a la facturación realizada a cada proveedor para crear la *Tabla 21* necesaria para crear la matriz estratégica que clasifica los proveedores de la empresa en cuatro categorías. Dependiendo de la zona en la que se sitúe la empresa debe acometer unas gestiones u otras sobre el proveedor.

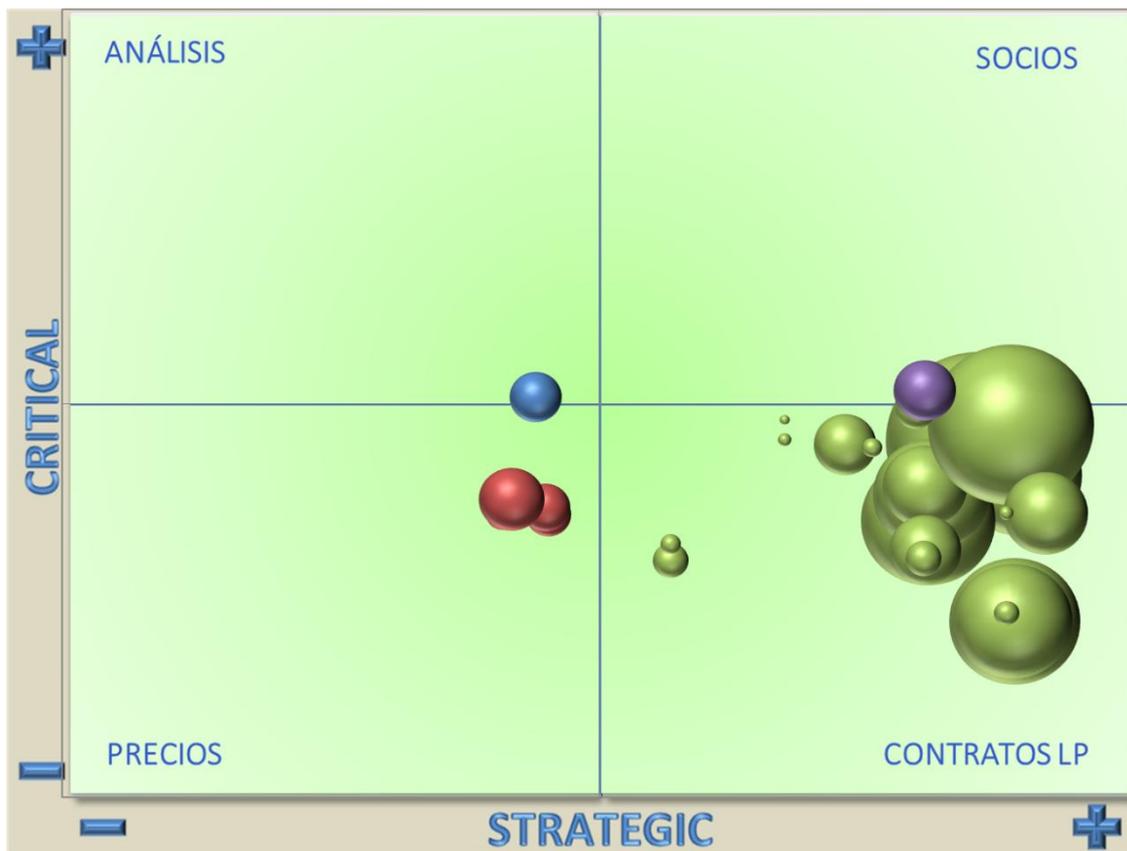
Tabla 21. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	Índice Criticidad	Índice Estrategia	Facturación (Euros)
300026	1,5155810	4,0129829	64.993,72
302935	2,2611326	4,2654336	1.767.854,16
304102	2,2389142	3,6457946	200.682,00
304148	1,7950630	2,2653151	103.759,82
304152	1,8052629	2,0455086	8.251,56
304174	2,2183573	3,7719107	18.880,04
304398	2,0409000	4,4590313	801.446,52
304598	1,8258194	3,7716543	10.915,30
305495	2,1857951	3,9752544	31.952,02
305920	1,7552123	4,0321672	931.352,20

Con los resultados de la tabla 21 se crea la **matriz estratégica para la clasificación de los proveedores** (Figura 30) en la que muestran cuatro zonas. Dependiendo del área en que el proveedor quede establecido de acuerdo a sus resultados de criticidad y estrategia, así como a su facturación, Roquette adoptará las políticas más idóneas para cada uno de ellos.

Con este gráfico los proveedores son fácilmente clasificables, con la posibilidad de diferenciarlos por colores en función a la zona a la que pertenecen. En el eje X se representa el índice de estrategia, en el eje Y la criticidad y en cuanto a las burbujas cada una representa un proveedor y su diámetro se refiere a la facturación de cada uno.

Figura 30. Matriz estratégica para la evaluación de los proveedores. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.



La matriz de clasificación de los proveedores se presenta en la *Figura 30* y su interpretación quedaría de la siguiente manera. En el cuadrante superior izquierdo se encuentra el área de análisis donde se sitúan los proveedores con una elevada criticidad pero poco valor estratégico en sus compras. En este caso, la empresa debería analizar el único proveedor situado en esa área, ya que está en una situación intermedia y se debería estudiar cuál es la mejor opción para él, si eliminarlo del panel o realizar gestiones para poder cambiarlo de área.

En el cuadrante inferior izquierdo se sitúa el área de precios o de políticas de mercado en la que los proveedores situados son poco críticos y poco estratégicos para la empresa. Esta sería la mejor zona de cualquier comprador, por la que se buscaría al proveedor que ofreciera el mejor precio. En esta zona quedan situados los proveedores 300026 (tomado como ejemplo para el análisis), 304148 y 304152.

El cuadrante superior derecho corresponde al área de socios donde se localizan proveedores cuyas compras son muy críticas y altamente estratégicas. La estrategia de Roquette en este caso sería la de fomentar una relación más estrecha con ellos. Hay representado un único producto en esta área, sin embargo, se encuentra en una situación intermedia por lo que la empresa debería estudiarlo con más detalle para ver qué gestión debería realizar sobre él.

Finalmente, el cuadrante inferior derecho pertenece al área de contratos a largo plazo donde se encuentran los proveedores con un mayor valor estratégico pero con una criticidad baja. La estrategia a seguir es la de promover una relación de contrato a largo plazo para garantizar el suministro y la disminución de riesgos. Los proveedores 302935, 304102, 304174, 304398, 304598, 305495 y 305920 se encuentran en esta área.

5.3 EVALUACIÓN DE PROVEEDORES CON EL MÉTODO PROMETHEE

Ahora que ya se ha explicado cuál es la evaluación que realiza la empresa sobre sus proveedores, se va a comparar los resultados obtenidos para los indicadores de criticidad y estrategia mediante una ponderación de los valores del proveedor en cada criterio por los pesos de éstos, con los resultados que se obtendrían aplicando el método PROMETHEE con el programa D-Sight. Como en el caso de los productos, para los proveedores también se necesitan los criterios definidos con anterioridad y los pesos relativos de cada uno de ellos obtenidos con el método AHP.

En primer lugar, se establece la **tabla de evaluación** presentada en la *Tabla 22* en la que están representados los datos de cada criterio según los diferentes proveedores. Una vez creada esta tabla se introduce en el software D-Sight. En el caso de los proveedores, el número total a evaluar es de 31 aunque en la *Tabla 22* solo se muestran algunos ejemplos a efectos ilustrativos. Los indicadores de criticidad y estrategia para el resto de los proveedores evaluados se presentan en el *Anexo 2 apartado 2*.

Tabla 22. Tabla de evaluación de proveedores del método PROMETHEE. Fuente: Elaboración propia.

Alternativas	CRITERIOS DE EVALUACIÓN							
Proveedores	Criticidad de productos	Retrasos (días)	Riesgo comercial	Riesgo del país	Riesgo sobre facturación (%)	Estrategia de productos	Volumen de compra sobre el total (%)	Nº Reclamaciones
300026	53,39	0	10	3	0,0007	31,16	0,0049	0
302935	47,52	60	10	3	0,0177	45,34	0,1327	0
304102	66,20	8	9	5	0,0009	81,41	0,0151	0
304148	58,65	0	14	5	0,0004	79,55	0,0078	0
304152	58,93	0	14	5	0,0007	86,24	0,0007	0
304174	30,74	0	12	5	0,0017	42,55	0,0015	0
304398	63,04	16	11	5	0,2894	24,79	0,0602	0
304598	58,93	0	18	5	0,0004	42,56	0,0009	0
305495	29,86	0	10	3	0,0004	35,33	0,0024	0
305920	31,15	2	10	3	0,0094	38,12	0,0699	0

Una vez introducida la tabla de evaluación en el software D-Sight y los pesos obtenidos, se procede a introducir los parámetros necesarios. Para cada criterio se indica su objetivo, si se desea maximizar o minimizar su valor, y cuál es la función de preferencia a aplicar que refleja la preferencia que el departamento afectado quiere dar a las diferencias entre el comportamiento de los proveedores para cada uno de los criterios considerados.

Para la **criticidad** de los proveedores, los **objetivos establecidos** para los criterios son:

- **Criticidad de los productos:** criterio obtenido a partir del índice de criticidad de los productos y calculado a través de la media de los valores de criticidad de todos los productos que ha aportado un mismo proveedor más la desviación estándar de éstos. Su valor puede estar en 0 y 100.

Se ha calculado utilizando los valores de criticidad de los productos obtenidos en el Apartado 4.3 del Capítulo 4, y como con el D-Sight los valores van de 0 a 100, siendo 100 el mejor valor (corresponde al flujo neto 1), a mayor valor de criticidad de los productos según resultados de D-Sight menos críticos serán los proveedores para la empresa. Por tanto, el **objetivo es maximizar** este criterio, ya que cuanto más alto mejor.

- **Retrasos:** son los días correspondientes a la diferencia entre el plazo documentado por la empresa de entrega de la mercancía y el plazo real.

A más días de retraso más crítico será el proveedor para la empresa, con lo que el **objetivo es minimizar** este criterio.

- **Riesgo comercial:** este criterio se obtiene a partir de un rating elaborado por la empresa *e-informa*, con una escala de valoración situada entre 0 y 20. La calificación que reciben las empresas se basa en la escala de valoración de la metodología actual de la empresa vista en el apartado anterior 5.2, por la que a mayor calificación obtenida en el rating menor riesgo tendrá el proveedor, con lo que será menos crítico. Así, el **objetivo es maximizar** su valor.

- **Riesgo del país:** referido al riesgo del país al que pertenece el proveedor. Las valoraciones a utilizar se basan en las evaluaciones de la empresa *Coface*. Las evaluaciones pueden tomar valores del 1 al 7 y la escala de valoración se definió en el Apartado 5.2 por la que a mayor riesgo del país al que el proveedor pertenece, más puntuación obtiene y más crítico será éste. Así, para este criterio el **objetivo es minimizar** su valor.

La calificación asignada a cada país, se puede observar en la *Figura 29* del Apartado 5.2 de este capítulo.

- **Riesgo sobre la facturación del proveedor:** mide el porcentaje de ventas que el proveedor dedica a Roquette sobre el total de su facturación y el riesgo que así esté asumiendo Roquette. A mayor porcentaje de facturación que el proveedor dedique a Roquette, más crítico será, con lo que el **objetivo es minimizar** el valor de este criterio.

Y para el caso de la **estrategia** de los proveedores, los **objetivos marcados** son:

- **Estrategia de los productos:** su valor oscila entre 0 y 100, se consigue a partir del índice de estrategia de los productos y se calcula con la media de los valores de estrategia de todos los productos suministrados por un mismo proveedor sumándole la desviación estándar de éstos.

Se ha calculado utilizando los valores de estrategia de los productos obtenidos en el Apartado 4.3 del Capítulo 4, y como con el D-Sight la escala va de 0 a 100, siendo 100 la mejor puntuación, a mayor valor de estrategia de los productos según resultados del D-Sight menos estratégicos serán los proveedores para la empresa, por lo que el **objetivo es maximizar** este criterio.

- **Volumen de compra sobre el total de Roquette:** criterio referente al volumen de facturación que representa cada proveedor sobre el total de compras de Roquette y está expresado en porcentajes.

A mayor porcentaje del volumen de compra sobre el total de Roquette, más estratégico es el proveedor. Con lo que para este criterio el **objetivo es minimizar** su valor.

- **Reclamaciones:** es el número de reclamaciones puestas a un proveedor en los últimos cinco años. Un proveedor que no tenga ninguna reclamación recibirá la máxima valoración de 100, y aquel que reciba 4 o más reclamaciones obtendrá la mínima puntuación (valor = 20). Este valor se obtiene a partir de la inversa del número de reclamaciones al proveedor más 1 y multiplicado por 100 para evitar decimales ($(1/(N^{\circ} \text{reclamaciones}+1))*100$). La escala de valoración establecida es:

Valor = 100, si el proveedor tiene 0 reclamaciones

Valor = 50, si tiene 1 reclamación

Valor = 33, si tiene 2 reclamaciones

Valor = 25, si tiene 3 reclamaciones

Valor = 20, si tiene 4 o más reclamaciones

Esta función del número de reclamaciones presenta mejor valor cuanto menor es el número de reclamaciones, por lo que el **objetivo es maximizar esta función**.

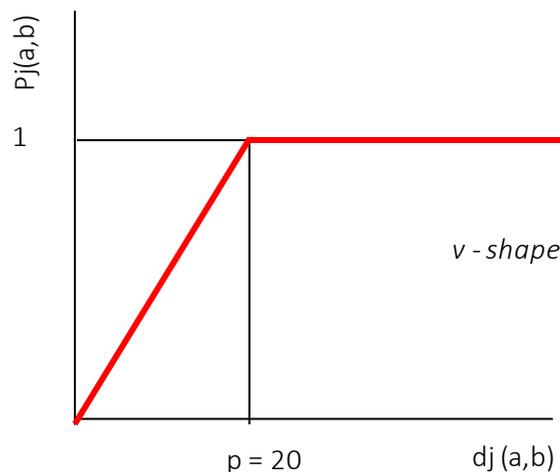
Ahora que están establecidos los objetivos se definen las **funciones de preferencia** para cada criterio. De igual modo que para los productos, para los proveedores también se hace uso de

tres funciones, *usual*, *v-shape* y *linear*, las cuales se pueden observar en la *Figura 5* del Capítulo 3.

La función de preferencia del tipo *usual* se establece para los criterios riesgo del país, riesgo comercial, criticidad de los productos y estrategia de los productos, por la que la preferencia será de uno siempre que la diferencia entre las alternativas *a* y *b* sea positiva y cero en caso contrario. Así, ante cualquier diferencia de valoración entre dos proveedores, la preferencia será total sobre la mejor alternativa. Dicha función se presenta en la *Figura 13* del Apartado 4.3 del Capítulo 4.

Para los criterios reclamaciones y retrasos, se ha utilizado la función de preferencia de tipo *v-shape* en la que se ha de establecer el parámetro del umbral de preferencia estricta (*p*). Para el criterio retrasos el valor de *p* es de 50 (*Figura 14* Apartado 4.3 del Capítulo 4) y para las reclamaciones un valor de 20 (*Figura 31*). Ante pequeñas variaciones entre dos alternativas, se asigna la preferencia a la mejor, la cual va aumentando de forma lineal de 0 a 1.

Figura 31. Función de preferencia tipo v-shape utilizada para el criterio reclamaciones. Fuente: Elaboración propia.

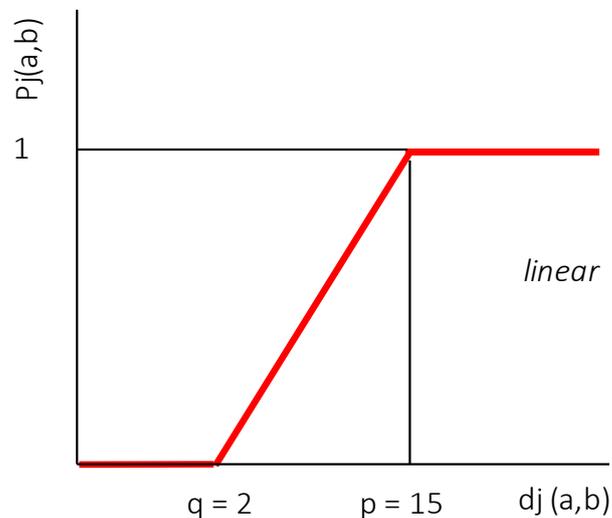


Como ejemplo para las reclamaciones, a partir de una diferencia de valor de 20 o más, la preferencia será de 1 para el proveedor con un menor número de reclamaciones. Cuando se comparan proveedores con cero y una reclamación la preferencia es de 1 para el que no presenta reclamaciones. Sin embargo, cuando se comparan proveedores con una y dos reclamaciones la preferencia es positiva para el de una reclamación, pero con un valor menor que 1, ya que el valor de la preferencia aumenta de forma lineal cuando las diferencias varían de 0 a 20 en la escala de valoración definida para este criterio (inversa del número de reclamaciones multiplicada por 100 para dar mayor preferencia pasar de 1 reclamación a cero, que de 3 a 2). Y para el caso de los retrasos, valdrá 1 cuando la diferencia entre el plazo teórico de entrega y el real sea de 50 días o más, siendo la preferencia para la alternativa con menor número de días de retraso.

En último lugar, la función de preferencia de tipo *linear* se utiliza para los criterios riesgo sobre la facturación del proveedor y volumen de compras sobre el total de Roquette. Para esta función se ha de establecer el umbral de indiferencia (q) y el umbral de preferencia estricta (p).

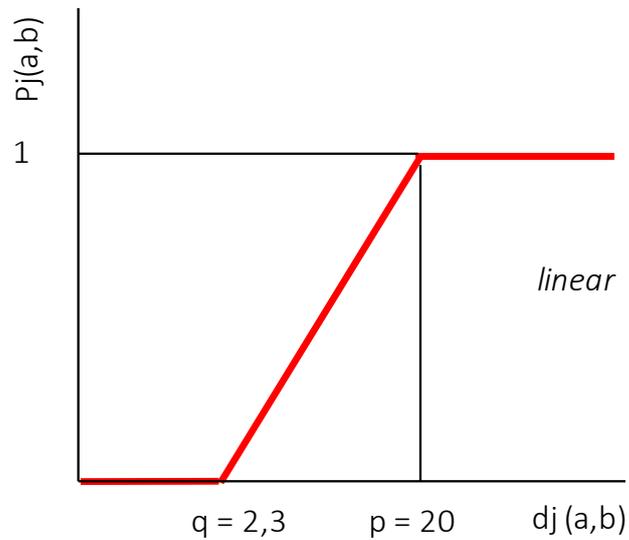
En el caso del criterio riesgo sobre la facturación del proveedor, q tendrá un valor del 2% y p del 15%. Así, cuando la diferencia de porcentaje de facturación del proveedor a Roquette sea inferior al 2%, la preferencia será de 0. No obstante cuando esa diferencia se sitúe entre el 2 y 15%, la preferencia irá aumentando sobre el proveedor con un porcentaje menor, y para valores en las diferencias superiores al 15%, la preferencia es de 1 sobre el mejor proveedor (el de menor porcentaje de facturación). Con estos parámetros la función *linear* es la que refleja la *Figura 32*.

Figura 32. Función de preferencia tipo linear utilizada para el criterio riesgo sobre la facturación del proveedor.
Fuente: Elaboración propia.



Y para el criterio volumen de compras al proveedor sobre el total de Roquette, q tendrá un valor del 2,30% y p un valor del 20%. Por lo que si la diferencia entre proveedores en el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette es inferior al 2,30%, la preferencia será 0. Cuando el valor de la diferencia éste entre el 2,30% y el 20%, la preferencia aumentará linealmente sobre el mejor proveedor, y para cualquier facturación superior al 20% la preferencia será 1 sobre el proveedor con un menor porcentaje de facturación del total de Roquette. La función *linear* en este caso quedaría como en la *Figura 33*.

Figura 33. Función de preferencia tipo lineal utilizada para el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette. Fuente: Elaboración propia.



Todos estos datos introducidos en D-Sight se pueden observar en la *Figura 34* en la que se reflejan los criterios establecidos, los objetivos y las funciones de preferencia. Además se incluyen también los umbrales de indiferencia y preferencia, la escala adecuada a cada criterio que puede ser número o una escala especial definida para un criterio concreto, las unidades de medidas, como porcentajes o días, y el número de decimales deseado para cada uno.

Figura 34. Tabla de parámetros aplicables al método PROMETHEE para proveedores. Fuente: Software D-Sight.

The screenshot shows the 'Criteria Parameters' management interface in the D-SIGHT software. The interface includes a navigation bar with tabs for Alternatives, Criteria, Users, Weights, Parameters, Evaluations, Analysis, and Report. The 'Criteria Parameters' section is active, displaying a table with columns for Criterion, Type, Maximize/Minimize, Function, Indifference Threshold, Preference Threshold, Qualitative Scale, Decimals, and Unit. The table lists various criteria such as 'Críticidad de los productos', 'Retrasos', 'Riesgo comercial', 'Riesgo país', 'Riesgo sobre la facturación del proveedor', 'Estrategia de los productos', 'Volumen de compra sobre el total de Roquette', and 'Reclamaciones'.

Criterion	Type	Maximize / Minimize	Function	Indifference Threshold	Preference Threshold	Qualitative Scale	Decimals	Unit
Críticidad de los productos	pairwise	maximize	usual	N/A	N/A	Numerical	2	
Retrasos	pairwise	minimize	v-shape	N/A	50.0	Numerical	0	Días
Riesgo comercial	pairwise	maximize	usual	N/A	N/A	Numerical	0	
Riesgo país	pairwise	minimize	usual	N/A	N/A	Numerical	0	
Riesgo sobre la facturación del proveedor	pairwise	minimize	linear	2.0	15.0	Numerical	2	Porcentaje
Estrategia de los productos	pairwise	maximize	usual	N/A	N/A	Numerical	2	
Volumen de compra sobre el total de Roquette	pairwise	minimize	linear	2.3	20.0	Numerical	2	Porcentaje
Reclamaciones	pairwise	maximize	v-shape	N/A	20.0	Numerical	0	

Con toda la información introducida, el software obtiene los indicadores de criticidad y estrategia aplicando el método PROMETHEE. Para cada proveedor de los 31 incluidos en la evaluación el programa le asigna una puntuación para criticidad y estrategia. Este índice representa el concepto del flujo neto de cada proveedor expresado de 0 a 100, siendo 100 el mejor valor. Con estos resultados junto con la facturación a cada uno de los proveedores se crea la *Tabla 23* necesaria para representarlos y clasificarlos. Ésta incluye los indicadores de diez proveedores evaluados pero la evaluación de los 31 proveedores se presenta en el *Anexo 2 (Tabla A2.2)*.

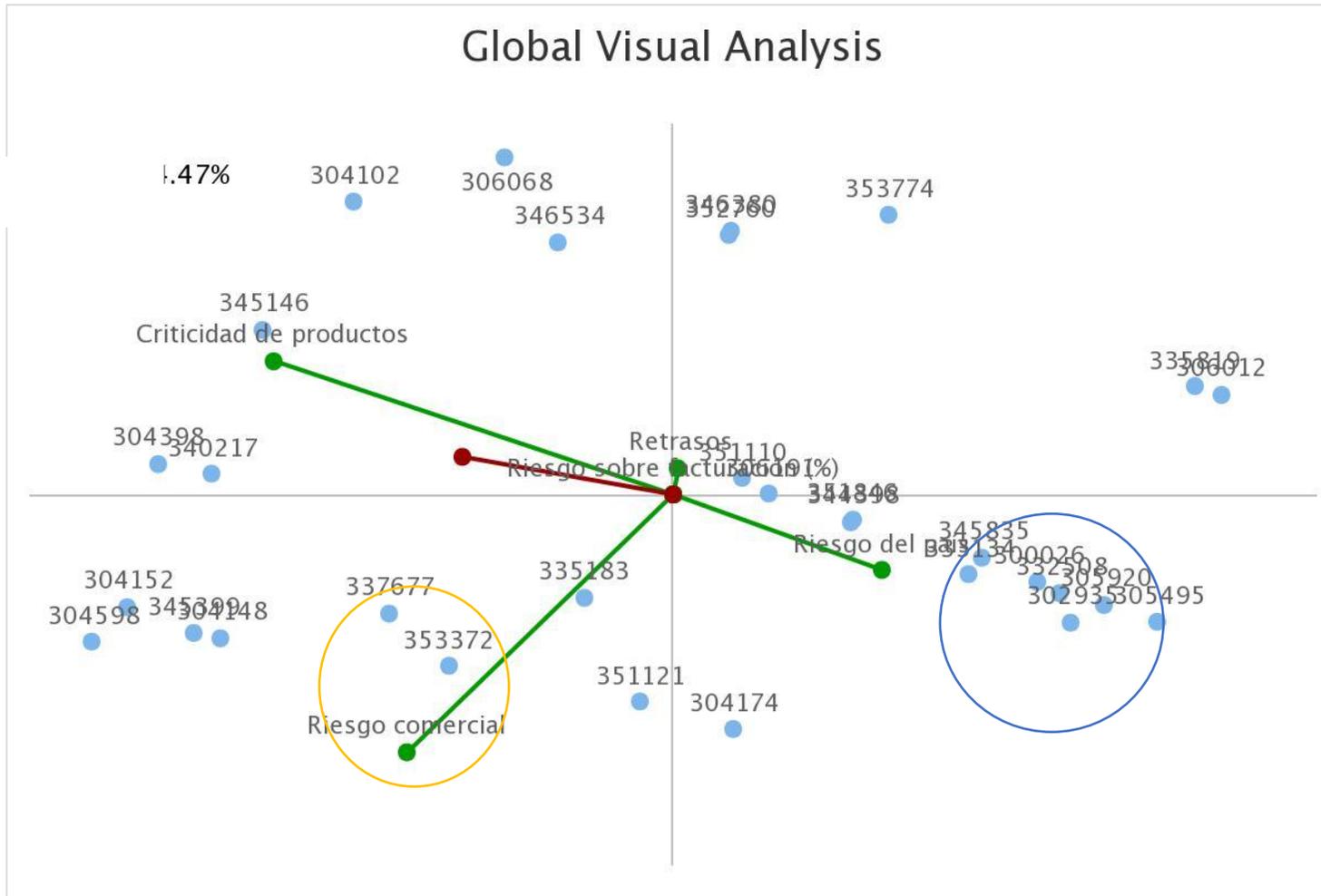
Tabla 23. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los proveedores con el método PROMTHEE.
Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	Índice Criticidad	Índice Estrategia	Facturación (euros)
300026	40,93	32,07	64.993,72
302935	26,61	50,00	1.767.854,16
304102	70,44	73,21	200.682,00
304148	65,27	66,88	103.759,82
304152	70,99	79,54	8.251,56
304174	36,17	45,78	18.880,04
304398	70,57	26,79	801.446,52
304598	71,73	47,89	10.915,30
305495	33,57	37,34	31.952,02
305920	36,41	43,67	931.352,20

Así, analizando el proveedor 300026 tomado como ejemplo con anterioridad, se observa que tiene un valor de criticidad de 40,93 y un valor estratégico de 32,07.

Con los indicadores de criticidad y estrategia se pueden elaborar gráficos para observar los resultados de forma más visual a través del D-Sight. La representación de los indicadores de criticidad y de los proveedores evaluados se presenta en el gráfico GVA (*Global Visual Analysis*) o GAIA en la *Figura 35* y pone de manifiesto el poder discriminante de los criterios, los aspectos conflictivos y la calidad de los proveedores sobre los criterios de criticidad considerados.

Figura 35. Gráfico GAIA de los criterios de criticidad de los proveedores. Fuente: Software D-Sight



Los proveedores evaluados se representan en el gráfico GAIA como puntos de color azul y los criterios se presentan mediante vectores y puntos de color verde. El eje rojo representa la mejor decisión, no obstante, el objetivo en este caso es la de obtener unos indicadores para la criticidad y estrategia de los productos para su posterior clasificación, y no elegir uno o varios por lo que no se tendrá en cuenta.

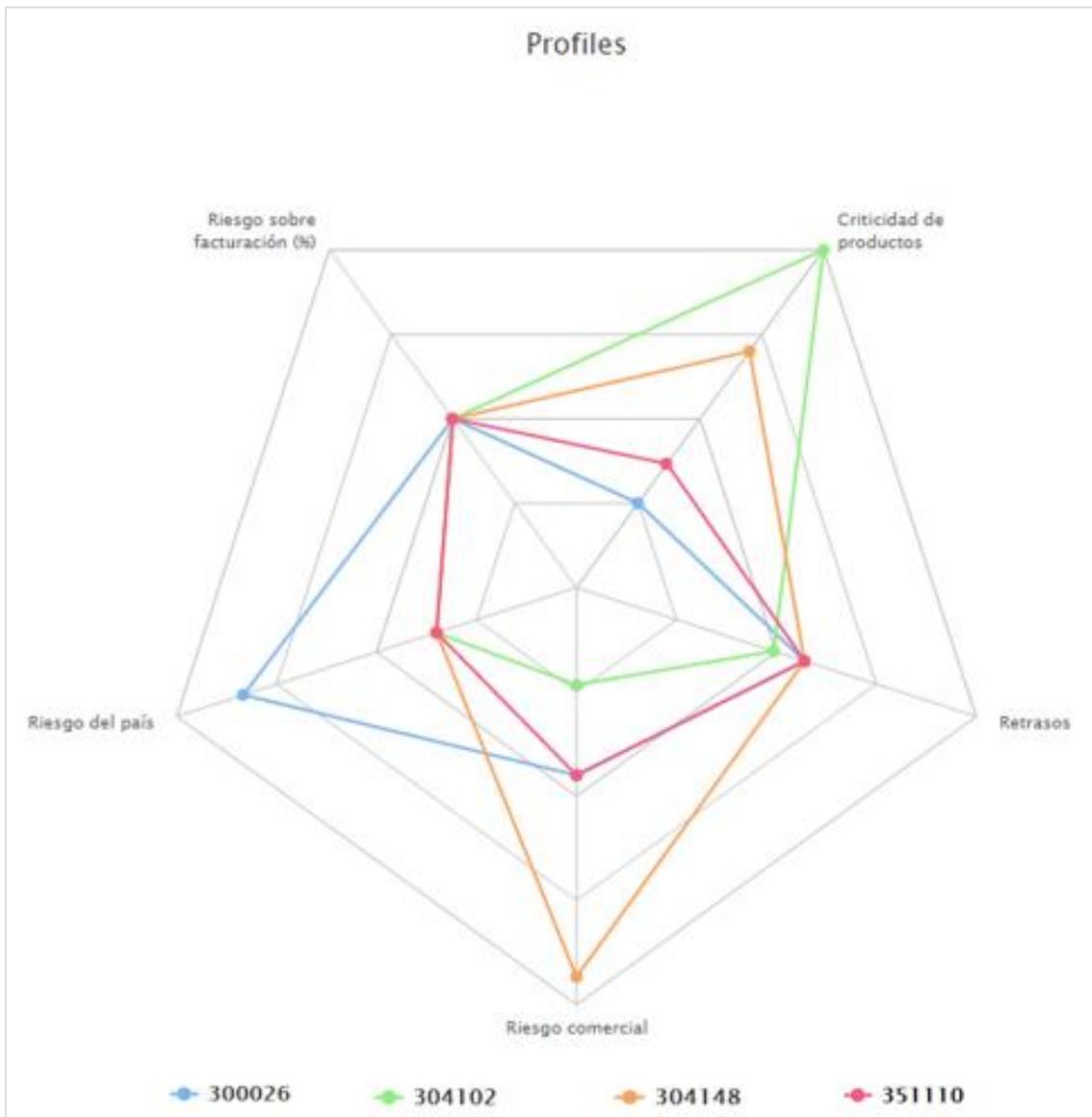
Como el poder discriminante de los criterios se puede medir en función de la longitud del eje que éste tenga, los criterios más discriminantes son criticidad de productos y riesgo comercial, observándose una considerable diferencia entre los criterios riesgo del país, retrasos y en mayor medida el riesgo sobre la facturación del proveedor.

Los criterios cuyos ejes estén orientados en la misma dirección, se comportan de forma similar. Los criterios orientados en direcciones opuestas, como la criticidad de los productos y el riesgo del país, indican la existencia de conflicto entre ellos. Y en el caso de que los criterios formen ejes ortogonales, supone que éstos no están relacionados en cuestión de preferencias, como sucede con los criterios riesgo comercial y riesgo del país.

Analizando los proveedores, de acuerdo a la posición que ocupen en el plano, un proveedor bueno respecto a un criterio se representa por puntos localizados en la dirección del eje de ese criterio. Por ejemplo, los proveedores situados en el círculo amarillo de la *Figura 35* son buenos respecto al criterio riesgo comercial, del mismo modo que los proveedores localizados en el círculo de color azul son buenos respecto al criterio riesgo del país. Además, los proveedores son similares cuando sus puntos sean cercanos, lo cual se observa también en los círculos amarillo y azul.

En la *Figura 36* se presenta el gráfico de tela de araña (*Spider Web Chart*) para la evaluación de la criticidad de los proveedores evaluados en el que se representan los perfiles de varios proveedores en cada criterio considerado.

Figura 36. Gráfico de tela de araña de los proveedores seleccionados para la evaluación de la criticidad. Fuente: Software D-Sight.

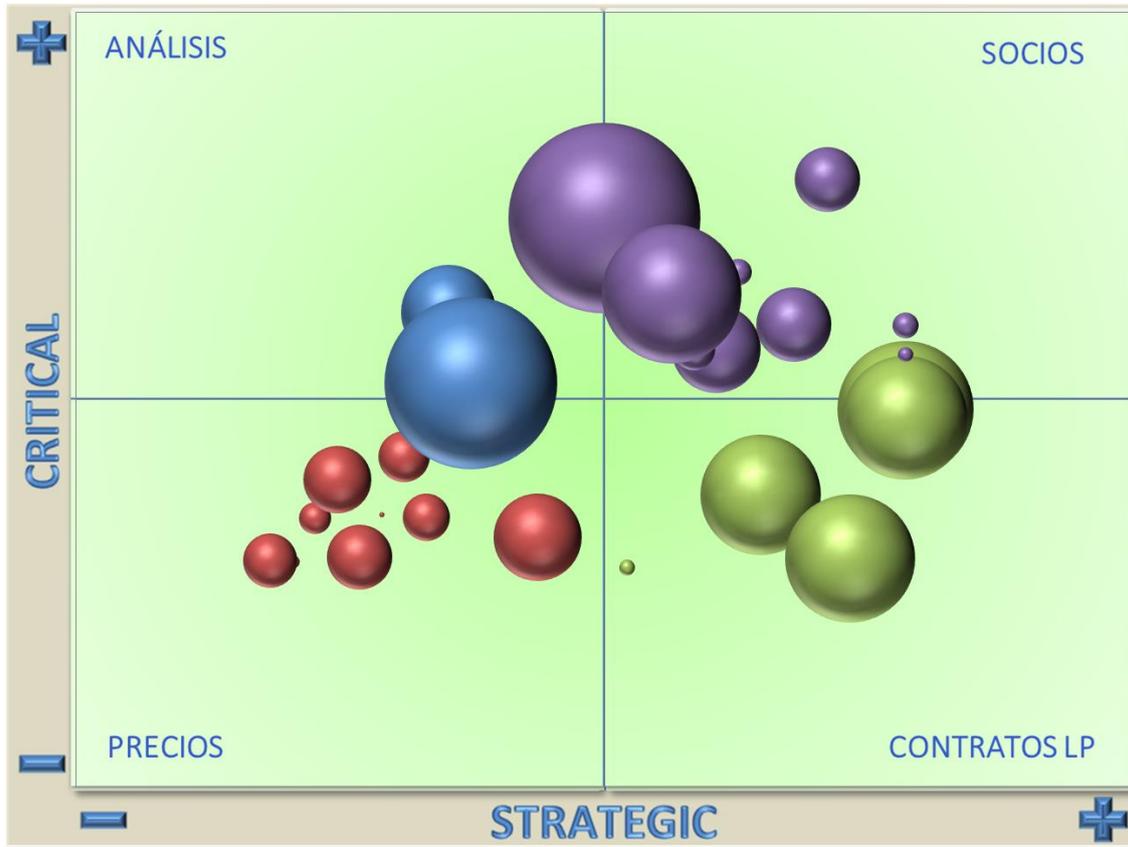


Estudiando el gráfico, el centro representa el valor -1 mientras que los puntos extremos de cada criterio corresponden al valor +1 del concepto de flujo neto del método PROMETHEE. Se observa que el proveedor 304148 (color naranja) es más fuerte en los criterios riesgo comercial que el resto de proveedores representados. Sin embargo, el proveedor 300026 (color azul) es el dominante en el criterio riesgo del país y el 304102 (color verde) es el más fuerte en el criterio criticidad de los productos. Así que el proveedor 351110 (color rosa), aunque en los criterios retrasos y riesgo sobre la facturación de proveedor, está representado en el mismo punto que los proveedores azul, naranja y verde, está dominado por éstos al tener en los demás criterios un valor inferior.

Con los resultados obtenidos de los indicadores de criticidad y estrategia junto con la facturación de los proveedores, se puede realizar una representación y clasificación de los

proveedores a través de un gráfico de burbujas en el que se distinguen cuatro áreas de decisión, denominado por la empresa matriz estratégica. Dependiendo del área en que los proveedores se sitúen, la empresa adoptará las políticas más convenientes. En la *Figura 37* se presenta la matriz estratégica para la evaluación de los proveedores.

Figura 37. Evaluación de los proveedores con los resultados del método PROMETHEE. Fuente: Elaboración propia.



En esta matriz estratégica de clasificación se reflejan los 31 proveedores seleccionados para la evaluación y obtención de sus indicadores de criticidad y estrategia, pero a continuación se va a analizar qué proveedores están situados en cada área de decisión.

Así, de los proveedores anteriormente tomados como ejemplo, en el área de análisis no queda representado ninguno de los proveedores. Sin embargo, sí se observan proveedores representados por lo que la empresa debería realizar las gestiones oportunas sobre éstos o eliminarlos de su panel.

En el caso del área de precios o de políticas de mercado son los proveedores 304102, 304148 y 304152 los que se sitúan en esta zona debido a que sus índices de criticidad y estrategia no son elevados. A la empresa le interesaría de estos proveedores buscar el mejor precio.

En cuanto al área de socios quedan reflejados los proveedores 300026, 302935, 304174, 305495 y 305920. En este caso la empresa debe considerar a los proveedores situados en esta

zona de alta importancia sobre los que tiene que adoptar medidas de gestión y control, debido a sus altos indicadores de criticidad y estrategia.

Y por último, en el área de contratos a largo plazo, de los proveedores tomados como ejemplo, se encuentran representados los proveedores 304398 y 304598 por ser poco críticos y muy estratégicos para la empresa, por lo que Roquette debería fomentar una relación de contrato a largo plazo para garantizar el suministro y disminuir así el riesgo de abastecimiento.

Con todo ello se deduce que aplicando el método PROMETHEE con el software D-Sight se han obtenido unos indicadores de criticidad y estrategia muy diferentes a los que la empresa obtiene con su metodología actual. Las diferencias entre los dos métodos aparecen cuando un proveedor establecido en una zona en concreto de la matriz con el método de la empresa, cambia de área al aplicar el método PROMETHEE debido a la variación en los valores del indicador de criticidad o de estrategia. Del mismo modo que se han estudiado los productos, como demostración se van a analizar 2 proveedores que al aplicar el método PROMETHEE han obtenido unos indicadores de criticidad o estrategia distintos a los que se obtienen con el método utilizado en la empresa.

Para ello se tienen en cuenta los valores de criticidad y estrategia del proveedor y también los valores que tiene éste para cada uno de los criterios. En la *Tabla 24* se presentan para realizar una comparación, los diez proveedores tomados como ejemplo, de los que dos, que aparecen coloreados, se sitúan en diferentes áreas de decisión con la aplicación de PROMETHEE, los criterios tanto críticos como estratégicos y los valores que tienen los proveedores en cada uno de ellos.

Tabla 24. Tabla de evaluación de proveedores para aplicar el método PROMETHEE. Fuente: Elaboración propia.

Alternativas	CRITERIOS DE EVALUACIÓN							
Proveedores	Criticidad de productos	Retrasos (días)	Riesgo comercial	Riesgo del país	Riesgo sobre facturación (%)	Estrategia de productos	Volumen de compra sobre el total (%)	Nº Reclamaciones
300026	53,39	0	10	3	0,0007	35,16	0,0049	0
302935	47,52	60	10	3	0,0177	45,34	0,1327	0
304148	58,65	0	14	5	0,0004	79,55	0,0078	0
304152	58,93	0	14	5	0,0007	86,24	0,0007	0
304398	63,04	16	11	5	0,2894	24,79	0,0602	0
305495	29,86	0	10	3	0,0004	35,33	0,0024	0
305920	31,15	2	10	3	0,0094	38,12	0,0699	0
304598	58,93	0	18	5	0,0004	42,56	0,0009	0
304102	66,20	8	9	5	0,0009	81,41	0,0151	0
304174	29,86	0	12	5	0,0017	42,55	0,0015	0

De los proveedores tomados como ejemplo, los proveedores 304102 y 304174 han sufrido un cambio en sus valores de criticidad o estrategia con la aplicación de PROMETHEE, lo que comporta un cambio en el área estratégica de la matriz. Con la metodología utilizada por la empresa el proveedor 304102 estaba situado en el área de contratos a largo plazo al tener unos altos valores de estrategia (valor de 3,64579) y bajos valores de criticidad (valor de

2,23891), mientras que al aplicar PROMETHEE ha quedado situado en el área de precios por sus bajos valores tanto de criticidad como estrategia, valores de 1,47825 y de 1,33970 respectivamente.

Como se ha mencionado con anterioridad, la empresa obtiene los indicadores de criticidad y estrategia valorando de acuerdo a una escala establecida para cada criterio, los valores que el proveedor toma en cada criterio ponderándolos por los pesos relativos de los criterios. No obstante, el método PROMETHEE se basa además en la diferencia existente entre el valor del proveedor en cada criterio comparado con el valor que el resto de los proveedores evaluados toma en esos criterios. Así, con el método de la empresa, el proveedor 304102 queda situado en el área de contratos a largo plazo por su bajo valor de criticidad y alto índice de estrategia.

Pero aplicando PROMETHEE, en la *Tabla 24* se observa que en el criterio *criticidad de productos* obtiene un valor de 66,20, y como el objetivo del criterio es maximizar, resulta en que el resto de los 30 proveedores tienen peor valoración en este criterio, por lo que la preferencia de éste sobre los demás es de 1. Para el criterio *retrasos* hay 25 de los 30 proveedores restantes que tienen un valor de días menor, por lo que la preferencia será de 0 o de un valor entre 0 y 1 cuando los retrasos sean menores que los de los otros 5 proveedores. Para el criterio *riesgo comercial*, como el objetivo es maximizarlo, ya que a mayor valoración menor riesgo, el valor del proveedor es menor que el valor del criterio de 24 proveedores y mejor que 6, por lo que la preferencia en la mayoría de los casos es de 0. Con el criterio *riesgo del país* y *riesgo sobre la facturación del proveedor* también obtiene una preferencia de 0 sobre los demás proveedores ya que éstos tienen mejor valor en cada criterio. Así el proveedor 304102 obtiene unos índices de preferencia agregados elevados debido a que la preferencia en el criterio *criticidad de los productos* es siempre 1 y su peso relativo es el más elevado y también por la preferencia sobre algunos de los proveedores en el criterio *retrasos* y en el criterio *riesgo comercial*, lo que hace que obtenga un flujo neto elevado y por tanto un valor del índice de criticidad elevado que, como en D-Sight la escala va de 0 a 100 siendo 100 el mejor valor, es un buen valor y por tanto este proveedor no será crítico para la empresa.

En cuanto al indicador de estrategia, en el criterio *estrategia de los productos* posee un valor superior al valor de 25 de los restantes proveedores evaluados, por lo que la preferencia mayoritariamente es de 1. Y para los criterios *volumen de compras sobre el total de Roquette* y *reclamaciones*, la preferencia de este proveedor sobre los demás es de 0 ya que en el primer criterio todos los proveedores evaluados poseen valores del volumen de compras inferiores al umbral de indiferencia establecido de $q=2,3\%$ y por tanto la preferencia es de 0 de cada uno sobre todos los demás, y en el criterio *reclamaciones* la preferencia también es de 0 para todos ya ninguno de ellos ha recibido reclamación alguna por parte de la empresa. Por lo que como la preferencia en el criterio *estrategia de los productos* es en la mayoría de los casos de 1 y éste es el criterio con más peso, se obtienen valores elevados para el flujo neto y por tanto altos valores de estrategia que en D-Sight suponen que es un proveedor poco estratégico. Así que la zona de decisión en la que queda clasificado es la de precios, mientras que con la metodología de la empresa, al compensar los criterios y no conseguir una discriminación de cada uno, los

valores de criticidad del proveedor eran bajos y los de estrategia altos, situándose en el área de estrategia.

Y el segundo proveedor que se va a analizar es el 304174. Con el método de la empresa se situaba en el área de contratos a largo plazo por su alto índice de estrategia (valor de 3,77191) y bajo índice de criticidad (valor de 2,21836, pero al aplicar PROMETHEE se ha situado en el área de socios a causa de obtener unos indicadores elevados de criticidad (valor de 3,19150) y estrategia (valor de 2,71095). En la *Tabla 24* se observa que en el criterio *criticidad de los productos* el proveedor tiene un valor de 30,74, el cual es peor que el valor de 26 de los otros proveedores evaluados, por lo que la preferencia es de 0. Con el criterio *retrasos* se observa que su valor es igual a muchos del resto de proveedores y que tiene menos días de retraso que otros pocos por lo que la preferencia también es de 0 en casi todos los casos. En cuanto al *riesgo comercial*, comparando con los otros proveedores, tiene un valor superior a muchos de éstos e igual o peor a otros, por lo que en este caso la preferencia es de 1. Para el *riesgo del país* y *riesgo sobre la facturación del proveedor* su valor es menor o igual que para el resto por lo que la preferencia es de 0. Así pues, como en la mayoría de los criterios la preferencia del proveedor 304174 es de 0 sobre el resto de proveedores porque mayoritariamente tiene peores valores que éstos, el índice de criticidad es elevado.

Sin embargo, en los tres criterios estratégicos posee iguales o en la gran mayoría peores valores que los otros proveedores evaluados obteniendo así una preferencia de 0 sobre el resto de proveedores en el criterio *estrategia de los productos*. Para el criterio *volumen de compras sobre el total* la preferencia también es de 0 por tener todos los proveedores valores del volumen de compras inferiores al umbral de indiferencia, al igual que para las *reclamaciones* por no haber recibido ninguno de ellos reclamaciones por parte de la empresa. Por lo que teniendo en cuenta las preferencias se obtiene un índice de estrategia alto para este proveedor. Así pues, el área en la que se sitúa es la de socios.

En la *Figura 38* se representa a la izquierda la matriz estratégica de clasificación de los proveedores elaborada por la empresa con los resultados de los indicadores de criticidad y estrategia obtenidos con la metodología que aplican, y a la derecha la matriz estratégica de los proveedores para su clasificación elaborada con los indicadores de criticidad y estrategia obtenidos con el software D-Sight al aplicar el método PROMETHEE.

Figura 38. Gráficos de criticidad y estrategia de proveedores con evaluación de la empresa y con PROMETHEE.
Fuente: Elaboración propia.

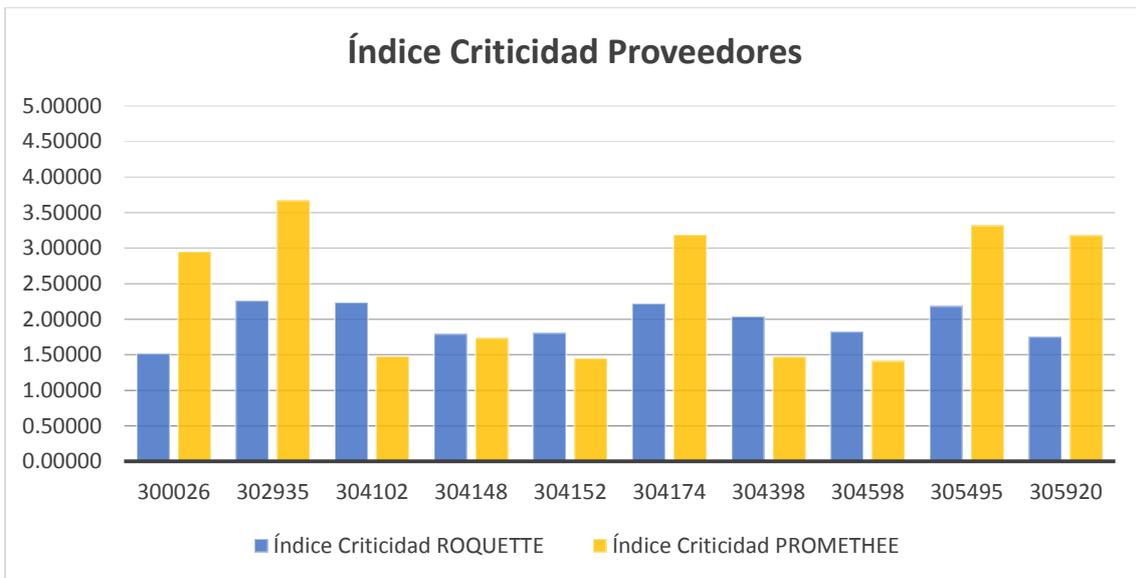


En la *Figura 38* se pone de manifiesto la diferencia existente entre los dos métodos por el que el método PROMETHEE se basa en comparar los proveedores por pares y el de la empresa no. Utiliza las diferencias existentes entre las evaluaciones de cada proveedor con el resto de proveedores en todos los criterios considerados y tiene en cuenta las preferencias de los decisores y los objetivos de cada criterio. Sin embargo, la empresa no aplica un método basado en las diferencias entre los proveedores sino en los valores que cada uno tiene en cada criterio, ponderados por los pesos relativos de los criterios, compensando así los valores débiles en unos criterios con los valores fuertes en otros.

En la *Figura 39* se presenta un gráfico de barras que muestra las diferencias existentes entre el índice de criticidad de los proveedores obtenido con el método de la empresa y el obtenido al aplicar el método PROMETHEE en D-Sight. Para que la representación sea homogénea, los valores resultantes del D-Sight con una escala de 0 a 100 se han transformado en valores de 0 a 5 como se realizó con los productos.

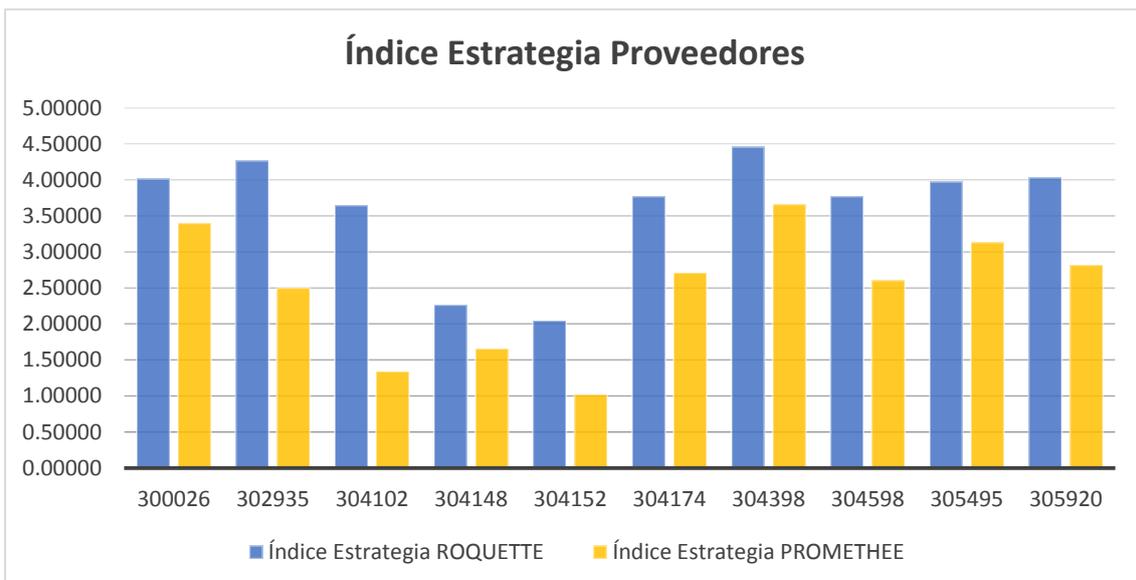
Así se observa que en la mitad de los proveedores el índice de criticidad obtenido con la metodología de la empresa es mayor que al obtenido con PROMETHEE, aunque la diferencia no es elevada. Y para el resto de proveedores evaluados se ha obtenido con PROMETHEE un índice de criticidad superior al obtenido con el método de Roquette debido a que diferencia el comportamiento de los proveedores en los criterios y el método de Roquette, al compensar los valores malos con los buenos, no consigue reflejar las diferencias de criticidad entre los proveedores.

Figura 39. Comparación valores del índice de criticidad de proveedores. Fuente: Elaboración propia.



En la *Figura 40* se presentan las diferencias en el caso de la estrategia de los proveedores donde se observa que el indicador de estrategia de los proveedores obtenido por la empresa es bastante mayor que el obtenido con PROMETHEE en todos los proveedores evaluados. Y la causa de que la estrategia sea mayor con el método de la empresa es que al incluir el criterio *reclamaciones*, como le están asignando un valor de 5 a lo mejor mientras que a los otros dos criterios, *estrategia de los productos* y *volumen de compras sobre el total*, el valor de lo mejor es 1, al aplicar un método compensatorio para obtener el indicador de estrategia hacen que un proveedor sea más estratégico de lo que es en realidad.

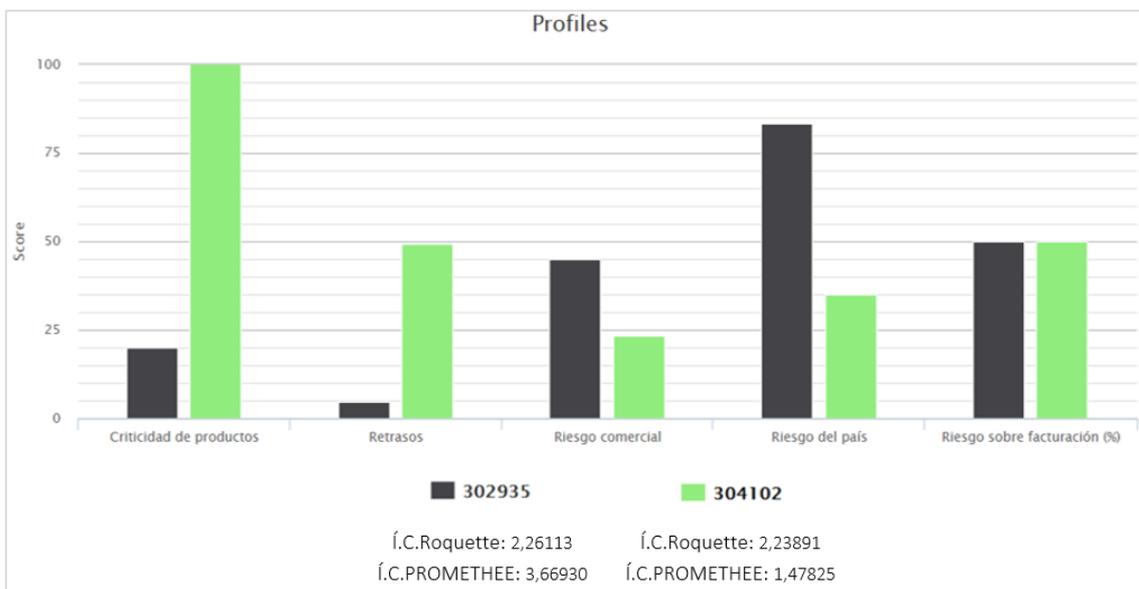
Figura 40. Comparación valores del índice de estrategia de proveedores. Fuente: Elaboración propia.



La diferencia de resultados obtenidos por ambos métodos también se evidencia en el caso de que hay algunos proveedores con distintos valores en los criterios que con el método de la empresa obtienen indicadores de criticidad o estrategia iguales o muy similares y, en cambio, con el método PROMETHEE los valores de criticidad y estrategia son bastante distintos. Hecho que supone que el método de la empresa no logra como PROMETHEE diferenciar el comportamiento de los proveedores en cada criterio.

En la *Figura 41* se presentan dos proveedores como ejemplo de esta situación en un gráfico de barras en el que cada barra de un color se corresponde con un proveedor y se agrupa en cinco partes las cuales corresponden a los criterios críticos considerados en la evaluación de los proveedores.

Figura 41. Criterios críticos de proveedores y dos proveedores tomados como ejemplo. Fuente: Software D-Sight.



De los proveedores tomados como ejemplo, el proveedor 302935 y el proveedor 304102 obtienen con el método de la empresa valores de criticidad muy cercanos entre sí, sin embargo, con la aplicación del método PROMETHEE obtienen valores diferentes. La causa es, como se observa en la *Figura 41*, que los dos proveedores no se comportan de la misma manera en todos los criterios.

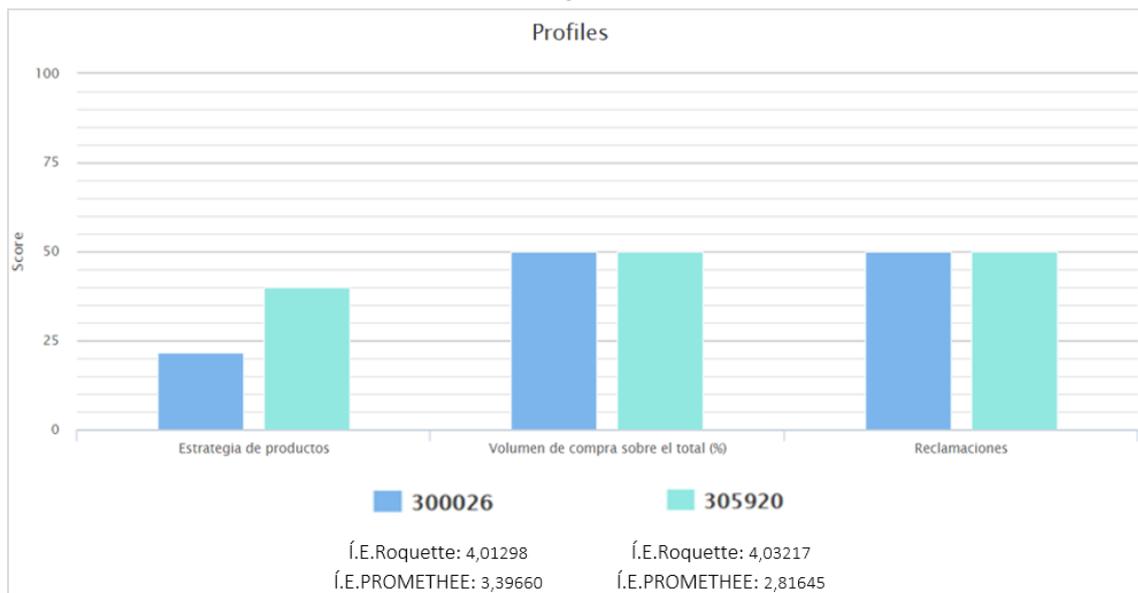
En el criterio *criticidad de productos* el proveedor 304102 obtiene una mayor valoración en ese criterio al tener un valor mayor de criticidad de los productos que suministra, en concreto recibe el valor 100 al ser el proveedor con mayor valor en este criterio, al igual que sucede con el criterio *retrasos* por el que obtiene una mayor valoración al tener menos días de retrasos acumulados. Con los criterios *riesgo comercial* y *riesgo del país* es el proveedor 302935 el que obtiene una mejor valoración, lo que supone que el proveedor 304102 se ha clasificado como un proveedor de mayor riesgo. Por último, se observa que los dos proveedores obtienen la misma valoración en el criterio *riesgo sobre la facturación del proveedor*, lo que supone que aunque pueden no tener el mismo porcentaje de facturación, se valoran de la misma manera

al tener un volumen de facturación situado en el mismo intervalo establecido para el criterio, o menor al 2% de la facturación, entre el 2 y el 15% o superior al 15%. En este caso el valor de los dos proveedores en el criterio es inferior al 2% de la facturación.

Con ello se observa que los proveedores, al tener distinto comportamiento en cada uno de los criterios, obtienen un valor del índice de criticidad distinto mientras que con el método de la empresa ese valor era muy similar.

La misma situación se da en el caso de analizar el indicador de estrategia de los proveedores, por el que proveedores que tienen un índice de estrategia muy cercano aplicando el método de la empresa, al aplicar el método PROMETHEE dichos valores de estrategia no son similares debido a la diferenciación que logra representar el método PROMETHEE en el comportamiento de los proveedores en cada criterio estratégico. En la *Figura 42* se representa el comportamiento de dos proveedores para los que, con el método de la empresa, los valores del indicador de estrategia son casi iguales.

Figura 42. Criterios estratégicos de proveedores y dos proveedores tomados como ejemplo. Fuente: Software D-Sight.



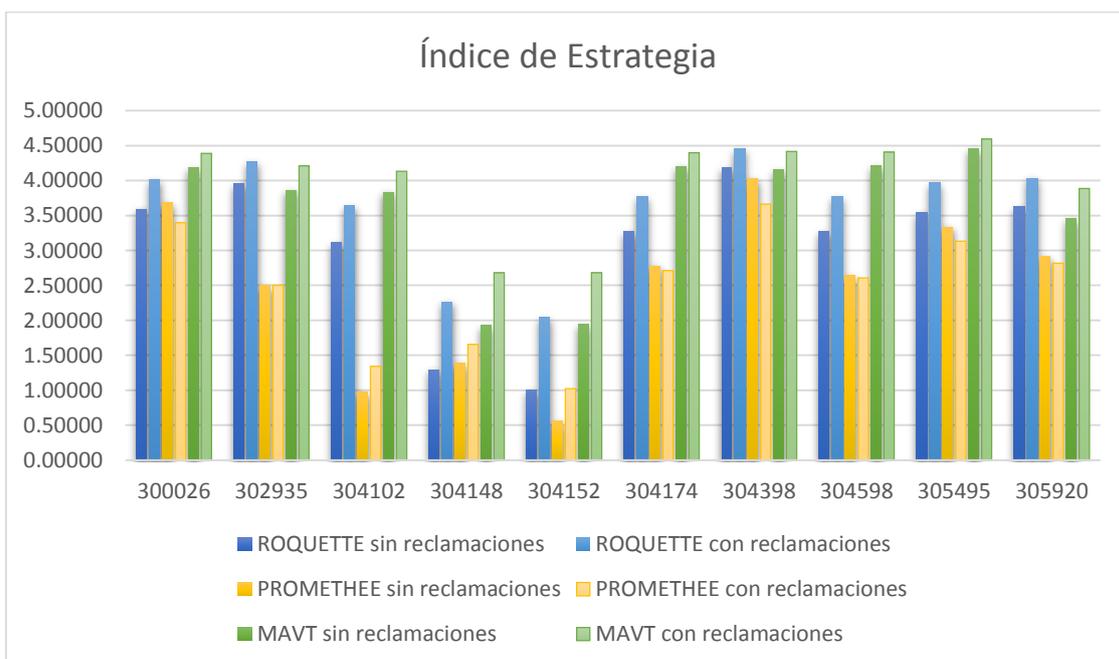
Así pues, en el *Figura 42* se observa que para los criterios *volumen de compra sobre el total de Roquette* y *reclamaciones*, los dos proveedores evaluados obtienen el mismo valor, en el caso del *volumen de compras sobre el total* al tener los dos un valor inferior al umbral de indiferencia ($q=2,3$) y en el caso de las *reclamaciones* al recibir los dos 0 reclamaciones por parte de la empresa. Sin embargo la diferencia al aplicar PROMETHEE surge porque en el criterio *estrategia de los productos* se observa que el proveedor 305920 obtiene una mayor valoración al tener un valor en este criterio superior al que tiene el proveedor 300026. Por lo que, al obtener distintas valoraciones en los tres criterios estratégicos, sería de esperar que obtengan un valor del índice de estrategia distinto.

Como se ha mencionado con anterioridad, el criterio *reclamaciones* definido por la empresa como estratégico, tiene una función de valor de 1 a 5 siendo lo mejor para éste un 5, mientras que para los dos otros criterios estratégicos, *estrategia de los productos* y *volumen de compras sobre el total*, la función de valor establecida también se sitúa de 1 a 5 pero para éstos el mejor valor es un 1. Hecho que supone que, al ponderar los valores de los criterios por los pesos relativos de éstos y compensar así los valores malos con los buenos, sucede que para el índice de estrategia de los proveedores se obtiene un valor mayor de lo que en realidad se debería obtener.

Por ejemplo, el proveedor 304152, con el método de la empresa, obtiene un índice de estrategia de 2,04551 al ponderar por los pesos los valores del proveedor en cada criterio. Éste proveedor en el criterio *reclamaciones* posee de valor un 5 al no haber recibido ninguna reclamación por parte de la empresa, por lo que al ponderar éste valor por el peso del criterio y sumarse a los otros criterios en los que obtiene un valor poco elevado, resulta en que el índice de estrategia es mayor de lo que podría ser debido a la suma del criterio *reclamaciones*. Por lo que se va a ver la diferencia entre el índice de estrategia que obtienen 10 de los proveedores evaluados con el método de la empresa y con el mismo método pero sin incluir el criterio *reclamaciones*.

Además se van a incluir los índices de estrategia obtenidos con el método PROMETHEE con y sin el criterio *reclamaciones*, y los obtenidos con y sin el criterio *reclamaciones* con el método MAVT o Teoría del Valor Multi-atributo que consiste en asignar también funciones de valor a los criterios como el método de la empresa, pero en el que se maximizan todos los valores de éstos. Éste método se verá más adelante en el *Apartado 6.2* del Capítulo 6. Las diferencias entre los tres métodos con y sin el criterio *reclamaciones* se presentan en la *Figura 43*.

Figura 43. Índice de Estrategia obtenido con el método de Roquette, PROMETHEE y MAVT con y sin el criterio reclamaciones. Fuente: Elaboración propia.



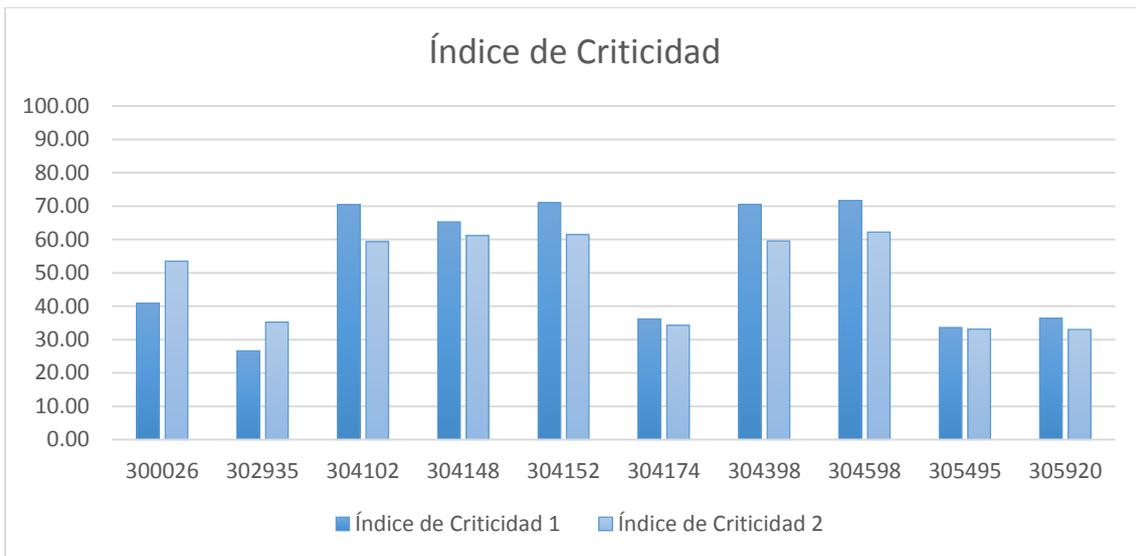
En la *Figura 23* se distinguen para cada proveedor, seis barras de distintos colores que se corresponden con los métodos utilizados para el cálculo del índice de estrategia. Se observa comparando los tres métodos utilizados que se obtienen mejores resultados aplicando el método PROMETHEE ya que lo mejor es lo menor, y los peores resultados de estrategia se consiguen con el método MAVT al estar maximizando las funciones de valor de todos los criterios, aunque en algunos proveedores, como el 302935 y el 305920, los valores del método de la empresa están en línea con los del MAVT. Además en los tres métodos se observa en todos los proveedores que se obtienen mejores valores de estrategia sin el criterio *reclamaciones* que con él, excepto en algunos proveedores como el 300026 y el 304398 en los que con el método PROMETHEE se obtienen mejores valores con el criterio *reclamaciones* que sin él.

Por lo que se podría considerar eliminar el criterio *reclamaciones* de la parte estratégica de la evaluación de los proveedores ya que adultera los resultados del índice al observarse que se obtienen valores de estrategia de los proveedores mejores sin éste criterio que con él.

A continuación se va a realizar un análisis de sensibilidad del índice de criticidad y estrategia de los proveedores. Para realizar un análisis de sensibilidad se precisa o modificar los pesos relativos de los criterios considerados o variar las funciones de preferencia de los criterios. En este caso se va a realizar un análisis de sensibilidad modificando las funciones de preferencia de los criterios *criticidad de los productos* y *estrategia de los productos* para observar cómo afectaría este cambio a los valores del índice de criticidad y estrategia de los proveedores. Los dos criterios tienen establecida la función de preferencia de tipo *usual*, la cual se va a modificar y considerar la función de preferencia tipo *v-shape* para los dos criterios por la que se logra diferenciar el valor de los proveedores en los criterios ya que no es lo mismo que los valores de dos proveedores sean por ejemplo 20 y 40 o 20 y 22. Con la función *usual* no se consigue evaluar esta diferencia de valores, por eso se establece la de tipo *v-shape* que sí logra la diferenciación. Para ella se debe establecer el umbral de preferencia p el cual va a tener un valor de 20, por el que a partir de una diferencia de valores superior a 20 la preferencia será de 1 para el proveedor con mejores valores en los criterios, la preferencia será lineal entre 0 y 1 para el proveedor con mejor valor si la diferencia se sitúa entre el umbral de indiferencia 0 y el umbral de preferencia 20, y la preferencia será de 0 si la diferencia es negativa.

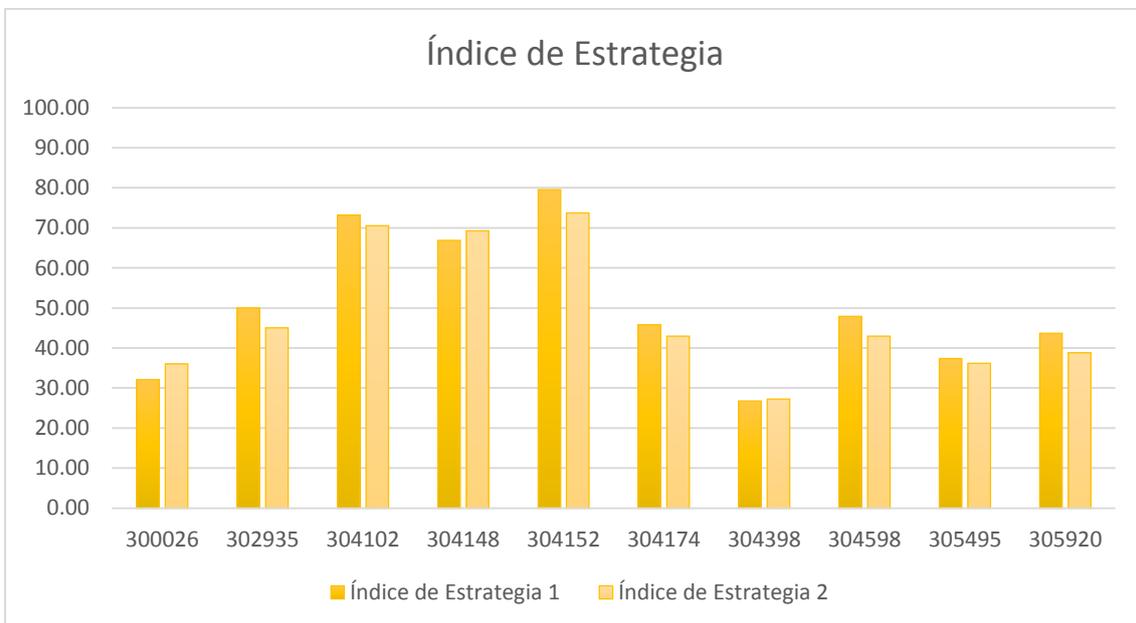
Los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad para el índice de criticidad se presentan en la *Figura 44* donde se reflejan para cada proveedor dos barras diferenciadas por colores, correspondientes al índice de criticidad de los proveedores obtenido considerando la función de preferencia *usual* para el criterio *criticidad de los productos*, presentado como “Índice de Criticidad 1” y al índice de criticidad de los proveedores obtenido teniendo en cuenta la función de preferencia *v-shape* para el criterio presentado como “Índice de Criticidad 2”. Cuánto más altos sean los valores mejor.

Figura 44. Índice de Criticidad de proveedores obtenido en el análisis de sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.



En la Figura 44 se observa que para los 10 proveedores tomados como ejemplo, al variar la función de preferencia del criterio *criticidad de los productos*, se obtiene un índice de criticidad menor para todos los proveedores, aunque la diferencia no es elevada, excepto para los proveedores 300026 y 302935 para los que el índice de criticidad estableciendo la función *v-shape* para el criterio es mayor que si se establece la función de preferencia *usual*.

Figura 45. Índice de Estrategia de proveedores obtenido en el análisis de sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.



Y en cuanto al índice de estrategia de los proveedores, al variar la función de preferencia del criterio *estrategia de los productos*, los valores que obtiene se presentan en la Figura 45 en la que se observa que, aunque se obtienen mejores resultados en el primer caso, la diferencia existente entre el valor del índice de estrategia obtenido con la función de preferencia *usual* y el obtenido con la función de preferencia de tipo *v-shape* es despreciable no suponiendo un gran cambio en el índice de estrategia de los proveedores.

6 NUEVAS PROPUESTAS DE GESTIÓN

6.1 Aplicación en Excel del Método PROMETHEE

6.2 Teoría del Valor Multi-atributo

6.3 Homologación de los Proveedores

6.4 Auditoría de los Proveedores

Una vez analizada la gestión que el departamento de compras de Roquette realiza sobre los productos y proveedores para su evaluación y comparada con la que se obtiene aplicando el método PROMETHEE, se va a proceder a aportar a la empresa nuevas propuestas de mejora en la evaluación de sus productos y proveedores.

En primer lugar, se ha visto que la empresa en la evaluación aplica el método AHP para obtener los pesos de la importancia relativa que para el departamento tienen una serie de criterios considerados a tal efecto, agrupados en críticos y estratégicos. Los primeros son los que dependen del producto o proveedor analizado y el mercado, y los segundos los que puedan afectar de forma interna en la empresa. Una vez tienen los pesos de cada criterio, Roquette obtiene el índice de criticidad y el de estrategia para productos y proveedores por ponderación del valor que tiene cada alternativa en cada criterio establecido, por el peso que dicho criterio tiene según los resultados de la aplicación del método AHP. Y con esos valores para criticidad y estrategia, realizan una matriz estratégica de clasificación para los productos y proveedores, que les permite tomar las mejores decisiones para cada uno de ellos dependiendo del área en que queden situados.

Además, se ha presentado cómo aplicar el método PROMETHEE sobre las mismas tablas de evaluación de las alternativas y cómo se obtienen resultados distintos a los de la empresa, quedando una matriz de clasificación estratégica similar para la mayor parte de productos y proveedores. Las diferencias entre ambos métodos residen en que la empresa, para el cálculo de los indicadores de criticidad y estrategia, se basa en los valores que tienen las alternativas en cada criterio y en los pesos relativos de los criterios. Por otra parte, el método PROMETHEE se basa en las diferencias existentes entre dos alternativas (en este caso productos o proveedores) para cada uno de los criterios, teniendo en cuenta también las ponderaciones de los criterios, los objetivos de maximizar o minimizar su valor y las funciones de preferencia que reflejan cuál es la alternativa preferida de acuerdo al tipo de función establecida.

En este capítulo se van a realizar cuatro propuestas, explicadas en los siguientes apartados, para mejorar la evaluación de los proveedores y los productos de la empresa Roquette Laisa España. Con la aplicación del método PROMETHEE se consiguen resultados más robustos, evitando en gran medida los problemas derivados del método actual, que compensa comportamientos malos y buenos entre todos los criterios. En este TFG se ha utilizado el software D-Sight en web, que es muy buena herramienta de gestión profesional, sin embargo la empresa no desea depender ni utilizar software externo. Por lo que una primera propuesta de mejora es desarrollar una aplicación en Excel del método PROMETHEE. Para ello se ha implementado este método en una hoja de cálculo en Excel que permitirá a la empresa aplicar este método *outranking* en sus evaluaciones, tanto de productos como proveedores.

La segunda propuesta está relacionada con el método que Roquette aplica sobre los productos y los proveedores en su evaluación para la obtención de los indicadores de criticidad y estrategia y consiste en modificar la metodología para que la empresa obtenga unos índices de criticidad y estrategia con un procedimiento más similar al actual que el método

PROMETHEE, de tal manera que se fundamente en una sólida y contrastada técnica de análisis multicriterio.

También se va a hacer una nueva propuesta multicriterio para el proceso de homologación de los proveedores de la empresa. Ésta realiza una evaluación inicial al proveedor y le asigna una puntuación dependiendo de si cumple o no con ciertas condiciones establecidas. Y por último, se va a realizar una cuarta propuesta consistente en que la auditoria que la empresa realiza a los proveedores de su panel, se incluya como un criterio estratégico más para la evaluación de los proveedores. Así, se van a recalcular los pesos de los criterios al incluir la auditoria y de nuevo aplicar PROMETHEE y comparar los resultados obtenidos con anterioridad a los obtenidos con este nuevo criterio incorporado.

6.1 APLICACIÓN EN EXCEL DEL MÉTODO PROMETHEE

Como se ha mencionado anteriormente, debido a la mayor robustez de los resultados obtenidos con el método PROMETHEE por su menor carácter compensatorio, se propone a la empresa que lo aplique en su gestión. En este TFG se ha utilizado el software D-Sight en web, pero la empresa no desea utilizar software externo. Así pues, se ha implementado el método PROMETHEE en una hoja de cálculo Excel como herramienta que facilite a la empresa la evaluación de sus productos y proveedores.

De igual modo que en los anteriores apartados, para la aplicación de esta técnica en Excel, se van a tomar como ejemplo los mismos productos y proveedores para después poder comparar los resultados obtenidos con D-Sight y con la hoja de cálculo elaborada en Excel a tal efecto. Se va a presentar el proceso de aplicación del método PROMETHEE en Excel tanto para la criticidad como estrategia de los productos y proveedores, pero solo para 3 productos y 3 proveedores. Los indicadores de criticidad y estrategia para el resto de productos y proveedores se obtendrían de la misma manera. En el *Anexo 3* se presentan las evaluaciones tanto para el cálculo del indicador de criticidad como de estrategia del total de los productos evaluados. Y en el *Anexo 4* se presentan las evaluaciones realizadas al total de proveedores tanto para el cálculo del índice de criticidad como de estrategia.

6.1.1 Cálculo del Índice de Criticidad de Productos en Excel

Primeramente, se debe introducir la tabla de evaluación de los productos en la que se reflejan los criterios considerados, los pesos de cada uno de ellos, sus objetivos y cuáles son las funciones de preferencia a establecer. Estas han sido mencionadas con anterioridad en el Apartado 4.3 del Capítulo 4. Estos datos se pueden observar en la *Tabla 25*.

Tabla 25. Tabla de evaluación para la criticidad productos del método PROMETHEE en Excel. Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVAS		CRITERIOS DE EVALUACIÓN			
Productos		Reglamentación	Competencia	Plazo entrega (días)	Factor aprovisionamiento (días)
Pesos criterios		0,5521	0,3264	0,0743	0,0471
Objetivos		maximizar	minimizar f (inversa nº proveedores)	minimizar	minimizar
Funciones preferencia		usual	v-shape	v-shape	v-shape
1	10128257	5	100	90	33
2	10130156	5	100	21	38
3	10145830	5	100	90	36
4	10320000	3	50	7	1
5	10480001	3	100	15	6
6	10480201	3	100	15	16
7	13800200	5	100	20	1
8	15800157	5	100	21	11
9	15800361	5	100	21	7
10	15810103	5	100	30	35

Una vez creada esta tabla, se procede a calcular las diferencias existentes entre las evaluaciones de dos alternativas sobre cada criterio crítico, en este caso, considerado. En el caso de querer maximizar o minimizar el criterio, si la diferencia es superior a 0 supone que la alternativa *a* domina o es más fuerte que la alternativa *b*. Pero si la diferencia es inferior a 0, supone que para ese criterio, la alternativa *a* está dominada por la alternativa *b*. Para que todas las fórmulas introducidas en Excel sean iguales, en el caso de que el criterio se minimice se introduce la fórmula deseada multiplicada por (-1), así el análisis será para todos el mismo. Estas diferencias quedan reflejadas en la *Tabla 26*.

Tabla 26. Diferencias entre productos sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Reglamentación	Competencia	Plazo entrega	Factor aprovisionamiento
d(1,2)	0	0	-69	5
d(1,3)	0	0	0	3
d(1,4)	2	-50	-83	-32
d(1,5)	2	0	-75	-27
d(1,6)	2	0	-75	-17
d(1,7)	0	0	-70	-32
d(1,8)	0	0	-69	-22
d(1,9)	0	0	-69	-26
d(1,10)	0	0	-60	2
d(2,1)	0	0	69	-5
d(2,3)	0	0	69	-2
d(2,4)	2	-50	-14	-37
d(2,5)	2	0	-6	-32
d(2,6)	2	0	-6	-22
d(2,7)	0	0	-1	-37
d(2,8)	0	0	0	-27
d(2,9)	0	0	0	-31
d(2,10)	0	0	9	-3
d(3,1)	0	0	0	-3
d(3,2)	0	0	-69	2
d(3,4)	2	-50	-83	-35
d(3,5)	2	0	-75	-30
d(3,6)	2	0	-75	-20
d(3,7)	0	0	-70	-35
d(3,8)	0	0	-69	-25
d(3,9)	0	0	-69	-29
d(3,10)	0	0	-60	-1

Con estas diferencias, por ejemplo si se compara el producto 10128257 (producto 1) con el producto 10130156 (producto 2), la diferencia de $d(1, 2)$, para el criterio reglamentación y competencia, se observa que tiene un valor 0, lo que supone que los dos productos tienen el mismo valor para ese criterio. En el caso del criterio plazo de entrega se refleja una diferencia negativa de 69 días, lo que supone que el producto 1 tiene un valor superior en este criterio, es decir, que tiene un plazo de entrega mayor que el producto 2 y por eso está dominada por éste. Y para el criterio factor de aprovisionamiento, se observa una diferencia positiva de 5, lo cual supone que el producto 1 es el más fuerte en este criterio, es decir, que el producto 2 tiene un valor para este criterio mayor que el producto 1.

El mismo análisis se puede realizar para el resto de artículos. En la *Tabla 26* se observan las diferencias existentes para tres productos comparados con los otros $n-1$ productos en cada criterio considerado. Aunque en esta tabla solo aparecen tres (diferenciados por colores), son 10 los productos tomados como ejemplo, cuyos resultados para las diferencias se pueden observar en el *Anexo 3 (Tabla A3.1)*.

A continuación se crea una tabla que incluye para todos los productos en cada criterio un valor de preferencia obtenido teniendo en cuenta las diferencias entre las evaluaciones de los productos y las funciones de preferencia establecidas. Se pueden observar estos valores de preferencia en la *Tabla 27*.

Tabla 27. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Reglamentación	Competencia	Plazo entrega	Factor aprovisionamiento
	funciones de preferencia			
	usual	v-shape	v-shape	v-shape
P(1,2)	0	0	0	0,1
P(1,3)	0	0	0	0,06
P(1,4)	1	0	0	0
P(1,5)	1	0	0	0
P(1,6)	1	0	0	0
P(1,7)	0	0	0	0
P(1,8)	0	0	0	0
P(1,9)	0	0	0	0
P(1,10)	0	0	0	0,04
P(2,1)	0	0	1	0
P(2,3)	0	0	1	0
P(2,4)	1	0	0	0
P(2,5)	1	0	0	0
P(2,6)	1	0	0	0
P(2,7)	0	0	0	0
P(2,8)	0	0	0	0
P(2,9)	0	0	0	0
P(2,10)	0	0	0,18	0
P(3,1)	0	0	0	0
P(3,2)	0	0	0	0,04
P(3,4)	1	0	0	0
P(3,5)	1	0	0	0
P(3,6)	1	0	0	0
P(3,7)	0	0	0	0
P(3,8)	0	0	0	0
P(3,9)	0	0	0	0
P(3,10)	0	0	0	0

En la *Tabla 27* se observa que para el criterio reglamentación se ha establecido la función de preferencia *usual*. Para los otros tres criterios críticos de productos, se observa que la función para cada uno de ellos es la *v-shape*, y como se mencionó en el Apartado 4.3 del Capítulo 4, el valor p que se debe establecer tiene un valor de 50 y el valor q un valor de 0.

Así en la *Tabla 27*, si la función es *usual*, la preferencia es de 1 para el mejor producto (el que tiene un mayor valor) si la diferencia entre a y b es positiva y 0 en caso contrario.

Y en el caso de ser la función *v-shape*, la preferencia es de 1 si el valor de la diferencia entre las alternativas es igual o superior a $p=50$, lo que supone que la alternativa a es mejor, un valor 0 si la diferencia es igual o inferior a $q=0$, y un valor entre 0 y 1 que se incrementa linealmente si la diferencia se encuentra entre 0 y 50. Éste último valor se calcula del siguiente modo:

$$x = \frac{\text{Diferencia} - q}{p - q}$$

El análisis de esta tabla sería que para P(1, 2) en el criterio reglamentación se observa un 0, lo que supone que la diferencia de valores entre el producto 1 (producto 10128257) y el producto 10130156 (producto 2), no es positiva, es decir, que el producto 1 no domina al producto 2. Para el criterio competencia se observa también un 0, lo que supone que la diferencia entre los dos productos no supera o es igual al valor $q=0$. Lo mismo sucede con el criterio plazo de entrega, que como la diferencia entre los dos productos evaluados es inferior

al umbral de indiferencia $q=0$, el valor asignado de preferencia es 0. Sin embargo para el criterio factor de aprovisionamiento se observa un valor de preferencia de 0,10, lo cual supone que la diferencia se encuentra entre los valores p y q (tenía un valor de 5 en la tabla de las diferencias). Los valores de preferencias para el resto de alternativas de productos se puede observar en el *Anexo 3 (Tabla A3.2)*.

El siguiente paso consiste en calcular los índices de preferencia agregados. Su cálculo se obtiene ponderando la suma de cada valor de preferencia para cada criterio reflejado en la tabla anterior, por el peso relativo de cada criterio crítico considerado. Los valores se sitúan entre 0 y 1. Así, se obtiene la *Tabla 28* para tres de los productos, el resto de los índices de preferencia agregados para los demás productos se puede observar en el *Anexo 3 (Tabla A3.3)*.

Tabla 28. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de productos. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
$\pi(1,2)$	0,0047
$\pi(1,3)$	0,0028
$\pi(1,4)$	0,5521
$\pi(1,5)$	0,5521
$\pi(1,6)$	0,5521
$\pi(1,7)$	0,0000
$\pi(1,8)$	0,0000
$\pi(1,9)$	0,0000
$\pi(1,10)$	0,0019
$\pi(2,1)$	0,0743
$\pi(2,3)$	0,0743
$\pi(2,4)$	0,5521
$\pi(2,5)$	0,5521
$\pi(2,6)$	0,5521
$\pi(2,7)$	0,0000
$\pi(2,8)$	0,0000
$\pi(2,9)$	0,0000
$\pi(2,10)$	0,0134
$\pi(3,1)$	0,0000
$\pi(3,2)$	0,0019
$\pi(3,4)$	0,5521
$\pi(3,5)$	0,5521
$\pi(3,6)$	0,5521
$\pi(3,7)$	0,0000
$\pi(3,8)$	0,0000
$\pi(3,9)$	0,0000
$\pi(3,10)$	0,0000

En esta tabla se observa que el índice de preferencia agregado de $\pi(1, 2)$, el producto 1 (producto 10128257) comparado con el 2 (producto 10130156), tiene un valor de 0,0047, el cual se ha obtenido ponderando los valores de preferencia $P(1,2)$ por los pesos de cada criterio. El cálculo se ha realizado de la siguiente manera:

$$\pi(1, 2) = (0 * 0,5521) + (0 * 0,3264) + (0 * 0,0743) + (0,10 * 0,047) = \mathbf{0,0047}$$

Como el índice de preferencia agregado del producto 10128257 sobre el producto 10130156 $\pi(1, 2)$, es próximo a 0 hay una preferencia global débil del producto 1 sobre el producto 2. Si éste índice fuera cercano a 1 habría una preferencia global fuerte.

A continuación, se calculan los flujos positivos de las alternativas con el promedio de los índices de preferencia agregada del producto a frente a los demás $\pi(a, x)$. Por ejemplo, para el producto 10128257, se realiza el promedio de todos los $\pi(1, x)$ ($\pi(1, 2)$, $\pi(1, 3)$, ..., $\pi(1,10)$) por $n-1$ productos. Y para los flujos negativos, con el promedio pero de los índices de preferencia

agregada de los demás frente al producto a $\pi(x, a)$. Por ejemplo, para el producto 10128257, es el promedio de todos los $\pi(x, 1)$ ($\pi(2, 1)$, $\pi(3, 1)$, ..., $\pi(10,1)$) por $n-1$ productos. Los resultados van de 0 a 1 y se observan en la *Tabla 29*.

Tabla 29. Flujos positivos y negativos de productos para la criticidad. Fuente: Elaboración propia.

Productos	Flujos Positivos	Flujos Negativos
10128257	0,1851	0,1186
10130156	0,2020	0,0613
10145830	0,1843	0,1209
10320000	0,3767	0,4294
10480001	0,0368	0,4681
10480201	0,0310	0,4727
13800200	0,2209	0,0401
15800157	0,2128	0,0438
15800361	0,2153	0,0421
15810103	0,2010	0,0689

En último lugar, con el balance de estos flujos positivos y negativos se obtienen los flujos netos de productos. Los valores de estos oscilan entre -1 y 1, pero para obtener el Índice de Criticidad de los productos, que sea fácilmente interpretable por el departamento de compras, se convierten esos valores de los flujos a una escala de 0 a 100. Para ello, se transforman los valores de la columna “Flujos Netos” de la *Tabla 30*, en valores de 0 a 100 reflejados en la columna “Índice de Criticidad” de la misma, mediante la fórmula:

$$Y = \frac{1 + X}{2} * 100$$

Tabla 30. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Criticidad de productos. Fuente: Elaboración propia.

Productos	Flujos Netos	Índice de Criticidad	Criticidad con D-Sight
10128257	0,06646	53,32	53,32
10130156	0,14079	57,04	57,04
10145830	0,06331	53,17	53,17
10320000	-0,05276	47,36	47,36
10480001	-0,43127	28,44	28,44
10480201	-0,44174	27,91	27,91
13800200	0,18086	59,04	59,04
15800157	0,16907	58,45	58,45
15800361	0,17326	58,66	58,66
15810103	0,13204	56,60	56,60

Como se observa en la *Tabla 30*, los flujos netos de cada producto se transforman en valores de 0 a 100 reflejados en la columna “Índice de Criticidad”, la cual se debe comparar con los resultados obtenidos para los indicadores de criticidad con el software D-Sight para la evaluación de los 10 productos tomados como ejemplo para aplicar el método PROMETHEE en Excel.

Los indicadores de criticidad de los productos obtenidos con el software D-Sight se observan en la columna “Criticidad con D-Sight” que, comparándola con la obtenida en la hoja de cálculo Excel, se observan los mismos valores, lo cual supone que la aplicación del método PROMETHEE en Excel se ha realizado correctamente y se puede proporcionar a la empresa para su uso en la evaluación de los productos. Los resultados obtenidos con D-Sight se pueden ver en la *Figura 46*.

Figura 46. Indicadores de Criticidad de los productos evaluados. Fuente: Software D-Sight.



6.1.2 Cálculo del Índice de Estrategia de Productos en Excel

Una vez obtenido el Índice de Criticidad de los productos con la hoja de cálculo de Excel programada para ello y comparado con los resultados obtenidos con el software D-Sight, se debe realizar el mismo proceso de cálculo para obtener el Índice de Estrategia de los productos.

En primer lugar se introduce la tabla de evaluación de los productos en la que se observan los criterios estratégicos que se consideran, los pesos relativos y sus objetivos, y las funciones de preferencia establecidas a cada uno. Toda esta información se observa en la *Tabla 31*.

Tabla 31. Tabla de evaluación para la estrategia de productos del método PROMETHEE en Excel. Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVAS		CRITERIOS DE EVALUACIÓN			
Productos		Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compras (euros)
Pesos criterios		0,4504	0,3207	0,1420	0,0868
Objetivos		minimizar	minimizar	minimizar	minimizar
Funciones preferencia		usual	usual	usual	lineal
1	10128257	5	4	3	171.680,00
2	10130156	5	4	3	94.286,40
3	10145830	5	4	3	9.107,00
4	10320000	5	3	3	1.308.300,70
5	10480001	5	3	3	18.880,04
6	10480201	5	2	3	54.120,96
7	13800200	1	2	1	103.759,82
8	15800157	5	4	3	195.904,80
9	15800361	5	4	3	22.938,00
10	15810103	5	4	3	24.332,00

Como se ha visto con la criticidad, el siguiente paso es el de calcular las diferencias. En el caso de maximizar o minimizar el criterio, si las diferencias son superiores a 0, el producto *a* domina al producto *b*, y en caso contrario, el producto *a* quedará dominado por el producto *b*. Para que todas las fórmulas introducidas en Excel sean iguales, en el caso de que el criterio se minimice se introduce la fórmula deseada multiplicada por (-1), así el análisis será para todos el mismo. Las diferencias se observan en la *Tabla 32*.

Tabla 32. Diferencias entre productos sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compras
d(1,2)	0	0	0	-77.393,60
d(1,3)	0	0	0	-162.573,00
d(1,4)	0	-1	0	1.136.620,70
d(1,5)	0	-1	0	-152.799,96
d(1,6)	0	-2	0	-117.559,04
d(1,7)	-4	-2	-2	-67.920,18
d(1,8)	0	0	0	24.224,80
d(1,9)	0	0	0	-148.742,00
d(1,10)	0	0	0	-147.348,00
d(2,1)	0	0	0	77.393,60
d(2,3)	0	0	0	-85.179,40
d(2,4)	0	-1	0	1.214.014,30
d(2,5)	0	-1	0	-75.406,36
d(2,6)	0	-2	0	-40.165,44
d(2,7)	-4	-2	-2	9.473,42
d(2,8)	0	0	0	101.618,40
d(2,9)	0	0	0	-71.348,40
d(2,10)	0	0	0	-69.954,40
d(3,1)	0	0	0	162.573,00
d(3,2)	0	0	0	85.179,40
d(3,4)	0	-1	0	1.299.193,70
d(3,5)	0	-1	0	9.773,04
d(3,6)	0	-2	0	45.013,96
d(3,7)	-4	-2	-2	94.652,82
d(3,8)	0	0	0	186.797,80
d(3,9)	0	0	0	13.831,00
d(3,10)	0	0	0	15.225,00

Comparando el producto 10128257 (producto 1) con el producto 10130156 (producto 2), la diferencia de valores $d(1, 2)$ para los criterios contacto del producto con el producto final, paro de fábrica y si afecta a la imagen de la empresa, tiene un valor 0, lo cual supone que los dos productos tienen la misma valoración en cada uno de esos criterios. Y para el caso del aspecto volumen de compras al producto, se obtiene una diferencia negativa de 77.393,60€, lo que significa que la empresa realiza al producto 1 compras por un valor de 77.393,60€ más que las que realiza al producto 2. En este caso, el producto 2 es el dominante por tener un volumen de compras inferior.

El análisis de las diferencias para todas las alternativas se realiza del mismo modo. En la *Tabla 32* están reflejadas las diferencias existentes para tres de los productos comparados con los otros $n-1$ productos en cada criterio. Aunque solo aparecen tres (diferenciados por colores), son 10 los productos del ejemplo, cuyos resultados se pueden observar en el *Anexo 3 (Tabla A3.4)*.

Con estas diferencias, se procede a crear una tabla en la que se incluye, para todas las alternativas en cada criterio, un valor de preferencia obtenido basándose en las funciones de preferencia establecidas a cada uno. Los valores de preferencia se reflejan en la *Tabla 33*.

Tabla 33. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compras
	funciones de preferencia			
	usual	usual	usual	lineal
P(1,2)	0	0	0	0,000
P(1,3)	0	0	0	0,000
P(1,4)	0	0	0	1,000
P(1,5)	0	0	0	0,000
P(1,6)	0	0	0	0,000
P(1,7)	0	0	0	0,000
P(1,8)	0	0	0	0,000
P(1,9)	0	0	0	0,000
P(1,10)	0	0	0	0,000
P(2,1)	0	0	0	0,029
P(2,3)	0	0	0	0,000
P(2,4)	0	0	0	1,000
P(2,5)	0	0	0	0,000
P(2,6)	0	0	0	0,000
P(2,7)	0	0	0	0,000
P(2,8)	0	0	0	0,054
P(2,9)	0	0	0	0,000
P(2,10)	0	0	0	0,000
P(3,1)	0	0	0	0,118
P(3,2)	0	0	0	0,037
P(3,4)	0	0	0	1,000
P(3,5)	0	0	0	0,000
P(3,6)	0	0	0	0,000
P(3,7)	0	0	0	0,047
P(3,8)	0	0	0	0,144
P(3,9)	0	0	0	0,000
P(3,10)	0	0	0	0,000

En la *Tabla 33* se observa que los criterios contacto del producto con el producto final, paro de la producción e imagen, tienen la función de preferencia *usual*, por la que la preferencia es de 1 para la mejor alternativa, en este caso la que tiene un menor valor, si la diferencia entre a y b es positiva y 0 en caso contrario.

Y para el criterio volumen de compras al producto se ha establecido la función de preferencia *lineal* en la que se deben fijar los parámetros q y p . Con anterioridad se definió que para este criterio el umbral de indiferencia q tiene un valor de 50.000€ y el valor de preferencia p un valor de 1.000.000€. Así, si la diferencia es menor que $q=50.000$, la preferencia será 0, si está entre 50.000 y 1.000.000, la preferencia se incrementa linealmente entre 0 y 1. Y si es superior a $p=1.000.000$, la preferencia será de 1 para la mejor alternativa (como se minimiza el criterio será para la que tenga un menor volumen de compras).

El análisis de esta tabla sería que para P(1, 2) en los criterios contacto del producto con el producto final, paro de fábrica e imagen se observa un valor de preferencia de 0, lo que supone que la diferencia de valores entre el producto 1 (producto 10128257) y el producto 10130156 (producto 2) es cero o inferior a cero, por lo que el producto 1 o tiene los mismos valores que el producto 2 para los tres criterios o dichos valores son inferiores a los del producto 2 para el que la preferencia será de 1. Y en el caso del criterio volumen de compras, se observa un valor de preferencia de 0, por lo que la diferencia de valor entre los dos productos es inferior al umbral de indiferencia $q=50.000$. Los valores de preferencias para el resto de alternativas de productos se puede observar en el *Anexo 3 (Tabla A3.5)*.

A continuación, se deben calcular de los índices de preferencia agregados. En la *Tabla 34* aparecen los índices de preferencia para tres productos, el resto de los índices para los demás productos en los criterios estratégicos, se puede observar en el *Anexo 3 (Tabla A3.6)*.

Tabla 34. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de productos. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
$\pi(1,2)$	0,000
$\pi(1,3)$	0,000
$\pi(1,4)$	0,087
$\pi(1,5)$	0,000
$\pi(1,6)$	0,000
$\pi(1,7)$	0,000
$\pi(1,8)$	0,000
$\pi(1,9)$	0,000
$\pi(1,10)$	0,000
$\pi(2,1)$	0,003
$\pi(2,3)$	0,000
$\pi(2,4)$	0,087
$\pi(2,5)$	0,000
$\pi(2,6)$	0,000
$\pi(2,7)$	0,000
$\pi(2,8)$	0,005
$\pi(2,9)$	0,000
$\pi(2,10)$	0,000
$\pi(3,1)$	0,010
$\pi(3,2)$	0,003
$\pi(3,4)$	0,087
$\pi(3,5)$	0,000
$\pi(3,6)$	0,000
$\pi(3,7)$	0,004
$\pi(3,8)$	0,013
$\pi(3,9)$	0,000
$\pi(3,10)$	0,000

Siguiendo con el ejemplo de analizar el producto 10128257 (producto 1), comparándolo con el producto 10130156 (producto 2), en la *Tabla 34* se observa que el índice de preferencia agregado $\pi(1, 2)$ tiene un valor de 0 debido a que la preferencia, antes vista, del producto 1 sobre el producto 2 es 0 en todos los criterios considerados porque el producto 2 tiene mejores valores para los criterios que el producto 1. Por lo que al ponderar esas preferencias por los pesos de los criterios, el valor del índice de preferencia es 0.

El siguiente paso es calcular los flujos positivos de las alternativas con el promedio de los índices de preferencia agregada del producto evaluado respecto a los demás $\pi(1, x)$. Y para los flujos negativos, con el promedio pero de los índices de preferencia índices de preferencia agregada de los demás frente al producto 1 $\pi(1, x)$. Los resultados van de 0 a 1 y se observan en la *Tabla 35*.

Tabla 35. Flujos positivos y negativos de los productos para la estrategia. Fuente: Elaboración propia.

Productos	Flujos Positivos	Flujos Negativos
10128257	0,0096	0,2137
10130156	0,0105	0,2094
10145830	0,0130	0,2084
10320000	0,2138	0,2239
10480001	0,2264	0,1371
10480201	0,2963	0,0658
13800200	0,8878	0,0014
15800157	0,0096	0,2154
15800361	0,0124	0,2084
15810103	0,0124	0,2084

Estos flujos positivos y negativos son necesarios para obtener los flujos netos de los productos, los cuales son la diferencia entre los positivos y negativos. Los valores de estos flujos oscilan entre -1 y 1 como se observa en la *Tabla 36*, pero para obtener el Índice de Estrategia de Productos que sea fácilmente interpretable, se convierten los valores de los flujos netos a una escala de 0 a 100. Para ello, los valores de la columna “Flujos Netos” se transforman en los valores reflejados en la columna “Índice de Estrategia” de 0 a 100, a través de la fórmula antes vista:

$$Y = \frac{1 + X}{2} * 100$$

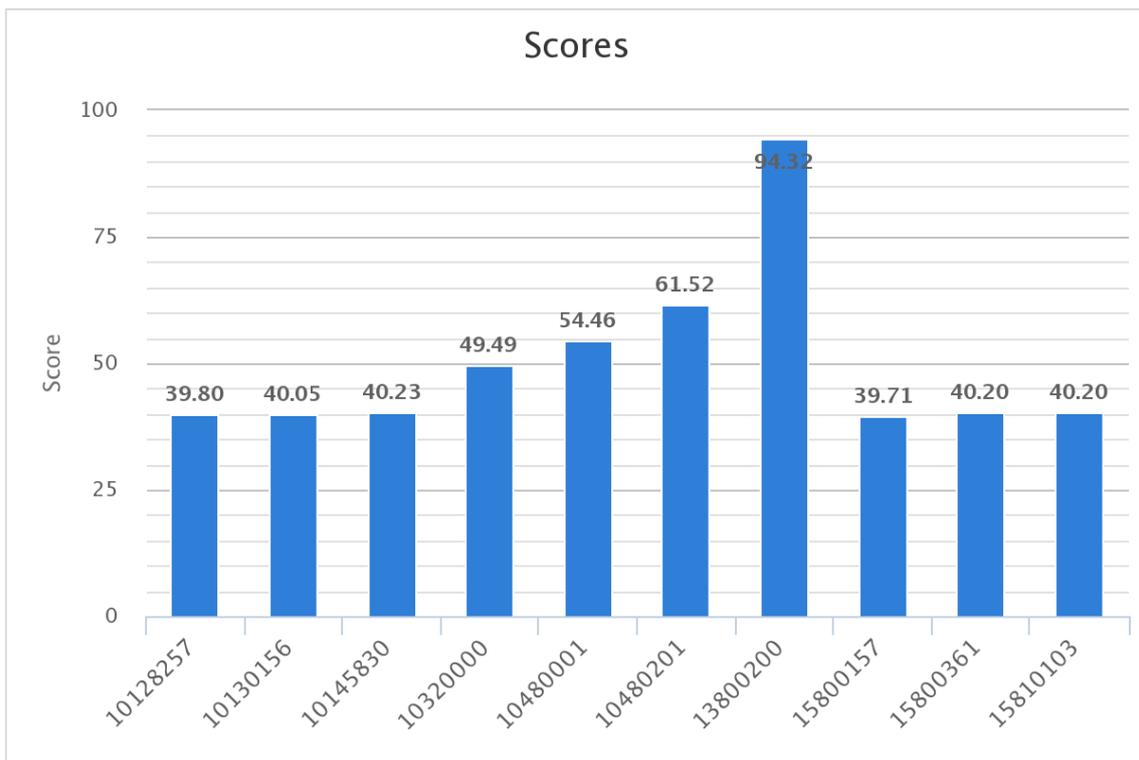
Tabla 36. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Estrategia de productos. Fuente: Elaboración propia.

Productos	Flujos Netos	Índice de Estrategia	Estrategia con D-Sight
10128257	-0,20403	39,80	39,80
10130156	-0,19894	40,05	40,05
10145830	-0,19536	40,23	40,23
10320000	-0,01014	49,49	49,49
10480001	0,08929	54,46	54,46
10480201	0,23048	61,52	61,52
13800200	0,88637	94,32	94,32
15800157	-0,20575	39,71	39,71
15800361	-0,19592	40,20	40,20
15810103	-0,19598	40,20	40,20

Los valores obtenidos para el índice de estrategia de los 10 productos evaluados mediante la aplicación del método PROMETHEE en Excel (columna “Índice de Estrategia”) se deben comparar con los obtenidos mediante la aplicación del método con el software D-Sight.

Los valores del indicador de estrategia de productos obtenidos con este programa profesional se observan en la columna “Estrategia con D-Sight”. Así pues comparando las dos columnas se observa que los valores son los mismos para las dos, lo cual supone que el método PROMETHEE se ha aplicado correctamente en la hoja de cálculo Excel elaborada para ello. En la *Figura 47* quedan reflejados los valores del indicador de estrategia de los diez productos evaluados obtenidos con el D-Sight.

Figura 47. Indicadores de Estrategia de los productos evaluados. Fuente: Software D-Sight.



6.1.3 Cálculo del Índice de Criticidad de Proveedores en Excel

En primer lugar se introduce la tabla de evaluación de los proveedores donde se establecen los valores para los criterios considerados de criticidad, los pesos que cada uno tiene, los objetivos y las funciones de preferencia. Éstas se han mencionado el Apartado 5.3 del Capítulo 5. Estos datos se pueden observar en la *Tabla 37*.

Tabla 37. Tabla de evaluación para la criticidad proveedores del método PROMETHEE en Excel. Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVAS		CRITERIOS DE EVALUACIÓN				
Proveedores		Criticidad de productos	Retrasos (días)	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación del proveedor (%)
Pesos criterios		0,4906	0,2260	0,1115	0,0647	0,1073
Objetivos		maximizar	minimizar	maximizar	minimizar	minimizar
Funciones preferencia		usual	v-shape	usual	usual	lineal
1	300026	53,39	0	10	3	0,0007
2	302935	47,52	60	10	3	0,0177
3	304102	66,20	8	9	5	0,0009
4	304148	58,65	0	14	5	0,0004
5	304152	58,93	0	14	5	0,0007
6	304174	30,74	0	12	5	0,0017
7	304398	63,04	16	11	5	0,2894
8	304598	58,93	0	18	5	0,0004
9	305495	29,86	0	10	3	0,0004
10	305920	31,15	2	10	3	0,0094

Una vez creada esta tabla, se calculan las diferencias existentes entre las evaluaciones de dos alternativas sobre cada criterio crítico considerado. En el caso de querer maximizar o minimizar el criterio, si la diferencia es superior a 0 supone que la alternativa *a* domina o es más fuerte que la alternativa *b*. Pero si la diferencia es inferior a 0, supone que para ese criterio, la alternativa *a* está dominada por la alternativa *b*. Para que todas las fórmulas introducidas en Excel sean iguales, en el caso de que el criterio se minimice se introduce la fórmula deseada multiplicada por (-1), así el análisis será para todos el mismo. Estas diferencias quedan reflejadas en la *Tabla 38*.

Tabla 38. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Criticidad productos	Retrasos	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación del proveedor
d(1,2)	5,87	60	0	0	0,017
d(1,3)	-12,81	8	1	2	0,0002
d(1,4)	-5,27	0	-4	2	-0,0003
d(1,5)	-5,54	0	-4	2	0
d(1,6)	22,65	0	-2	2	0,001
d(1,7)	-9,66	16	-1	2	0,2887
d(1,8)	-5,54	0	-8	2	-0,0003
d(1,9)	23,53	0	0	0	-0,0003
d(1,10)	22,23	2	0	0	0,0087
d(2,1)	-5,87	-60	0	0	-0,017
d(2,3)	-18,68	-52	1	2	-0,0168
d(2,4)	-11,14	-60	-4	2	-0,0173
d(2,5)	-11,41	-60	-4	2	-0,017
d(2,6)	16,78	-60	-2	2	-0,016
d(2,7)	-15,53	-44	-1	2	0,2717
d(2,8)	-11,41	-60	-8	2	-0,0173
d(2,9)	17,66	-60	0	0	-0,0173
d(2,10)	16,36	-58	0	0	-0,0083
d(3,1)	12,81	-8	-1	-2	-0,0002
d(3,2)	18,68	52	-1	-2	0,0168
d(3,4)	7,55	-8	-5	0	-0,0005
d(3,5)	7,27	-8	-5	0	-0,0002
d(3,6)	35,46	-8	-3	0	0,0008
d(3,7)	3,15	8	-2	0	0,2885
d(3,8)	7,27	-8	-9	0	-0,0005
d(3,9)	36,34	-8	-1	-2	-0,0005
d(3,10)	35,05	-6	-1	-2	0,0085

Utilizando estas diferencias, por ejemplo si se compara el proveedor 300026 (proveedor 1) con el proveedor 302935 (producto 2), la diferencia de d(1, 2), para el criterio riesgo comercial y riesgo del país, se observa que tiene un valor 0, lo que supone que el valor de los dos proveedores para ese criterio es el mismo. En el caso del criterio criticidad de los productos se observa una diferencia de 5,87, lo que supone que el proveedor 1 tiene un valor superior en el criterio al que tiene el proveedor 2, por lo que el proveedor 2 queda dominado por el proveedor 1. Para el criterio retrasos la diferencia es de 60, lo que supone que el proveedor 2 tiene 60 días más de retraso de los que tiene el proveedor 1. Y en cuanto al criterio riesgo sobre la facturación del proveedor, la diferencia es positiva, por lo que el proveedor 1 tiene un riesgo de facturación menor al que tiene el proveedor 2.

El mismo análisis se puede realizar para el resto de los proveedores. En la *Tabla 38* se han presentado las diferencias existentes entre tres proveedores comparados con los otros $n-1$ proveedores en cada criterio considerado. Aunque en esta tabla solo aparecen tres (diferenciados por colores), son 10 los proveedores tomados como ejemplo, cuyos resultados para las diferencias se pueden observar en el *Anexo 4 (Tabla A4.1)*.

A continuación se crea una tabla que incluye para todos los proveedores en cada criterio un valor de preferencia. Se pueden observar estos valores de preferencia en la *Tabla 39*.

Tabla 39. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Criticidad productos	Retrasos	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación del proveedor
	funciones de preferencia				
	usual	v-shape	usual	usual	lineal
P(1,2)	1	1	0	0	0
P(1,3)	0	0,16	1	1	0
P(1,4)	0	0	0	1	0
P(1,5)	0	0	0	1	0
P(1,6)	1	0	0	1	0
P(1,7)	0	0,32	0	1	0
P(1,8)	0	0	0	1	0
P(1,9)	1	0	0	0	0
P(1,10)	1	0,04	0	0	0
P(2,1)	0	0	0	0	0
P(2,3)	0	0	1	1	0
P(2,4)	0	0	0	1	0
P(2,5)	0	0	0	1	0
P(2,6)	1	0	0	1	0
P(2,7)	0	0	0	1	0
P(2,8)	0	0	0	1	0
P(2,9)	1	0	0	0	0
P(2,10)	1	0	0	0	0
P(3,1)	1	0	0	0	0
P(3,2)	1	1	0	0	0
P(3,4)	1	0	0	0	0
P(3,5)	1	0	0	0	0
P(3,6)	1	0	0	0	0
P(3,7)	1	0,16	0	0	0
P(3,8)	1	0	0	0	0
P(3,9)	1	0	0	0	0
P(3,10)	1	0	0	0	0

Se observa en la *Tabla 39* que para el criterio criticidad de los productos, riesgo comercial y riesgo del país la función de preferencia establecida es la *usual*. Para el criterio retrasos se ha establecido la función *v-shape*, y como se mencionó en el Apartado 5.3 del Capítulo 5, el valor de q que se debe definir tiene un valor de 0 y el valor de p un valor de 50. Y para el criterio riesgo sobre la facturación del proveedor se ha establecido la función *lineal* por la que el valor de $q=2$ y el valor de $p=20$. Así, si la función es *usual*, la preferencia es de 1 para el mejor proveedor si la diferencia entre a y b es positiva y 0 en caso contrario. En el caso de ser la función *v-shape* o *lineal*, la preferencia es de 1 si el valor de la diferencia entre las alternativas es igual o superior a $p=50$ o $p=20$, lo que supone que la alternativa a es mejor, un valor 0 si la diferencia es igual o inferior a $q=0$ o $q=2$, y un valor entre 0 y 1 que se incrementa linealmente si la diferencia se encuentra entre 0 y 50 o entre 2 y 15. Éste último valor se calcula de la siguiente manera:

$$x = \frac{\text{Diferencia} - q}{p - q}$$

Analizando la *Tabla 39*, en el criterio criticidad de los productos se observa un valor de 1 debido a que la diferencia entre los valores de los dos proveedores es positiva, lo que supone que el proveedor 1 domina al 2 al tener un mayor valor para el criterio. En el criterio retrasos la preferencia es de 1, debido a que la diferencia es superior al valor 50 establecido, por lo que el proveedor 1 es mejor en el criterio. En los criterios riesgo comercial y riesgo del país, la preferencia que se observa es de 0 al ser la diferencia de valores entre los dos proveedores de 0. Por lo que no se prefiere un proveedor a otro al tener los mismos valores. Y, por último, en

el criterio riesgo sobre la facturación del proveedor la preferencia del proveedor 1 sobre el 2 es de 0, no porque los dos tienen el mismo valor en el criterio, sino porque la diferencia entre los dos proveedores de un valor de 0,017, es inferior al umbral de indiferencia $q=2$ establecido en la función. Los valores de preferencias para el resto de los proveedores se pueden observar en el Anexo (Tabla A4.2).

El siguiente paso consiste en calcular los índices de preferencia agregados. Su cálculo se realiza ponderando la suma de cada valor de preferencia para cada criterio reflejado en la tabla anterior, por el peso relativo de cada criterio crítico considerado. Los valores se sitúan entre 0 y 1. Así, se obtiene la Tabla 40 para tres de los proveedores, el resto de los índices de preferencia agregados para el resto de los proveedores evaluados, se puede observar en el Anexo 4 (Tabla A4.3).

Tabla 40. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
$\pi(1,2)$	0,7166
$\pi(1,3)$	0,2123
$\pi(1,4)$	0,0647
$\pi(1,5)$	0,0647
$\pi(1,6)$	0,5552
$\pi(1,7)$	0,1370
$\pi(1,8)$	0,0647
$\pi(1,9)$	0,4906
$\pi(1,10)$	0,4996
$\pi(2,1)$	0,0000
$\pi(2,3)$	0,1761
$\pi(2,4)$	0,0647
$\pi(2,5)$	0,0647
$\pi(2,6)$	0,5552
$\pi(2,7)$	0,0647
$\pi(2,8)$	0,0647
$\pi(2,9)$	0,4906
$\pi(2,10)$	0,4906
$\pi(3,1)$	0,4906
$\pi(3,2)$	0,7166
$\pi(3,4)$	0,4906
$\pi(3,5)$	0,4906
$\pi(3,6)$	0,4906
$\pi(3,7)$	0,5267
$\pi(3,8)$	0,4906
$\pi(3,9)$	0,4906
$\pi(3,10)$	0,4906

Se observa que el índice de preferencia agregado de $\pi(1, 2)$, el proveedor 1 (300026) comparado con el proveedor 2 (302935), tiene un valor de 0,7166, obtenido ponderando los valores de preferencia $P(1,2)$ por los pesos relativos de cada criterio crítico. Su valor se ha obtenido con el siguiente cálculo:

$$\pi(1, 2) = (1 * 0,4906) + (1 * 0,2260) + (0 * 0,1115) + (0 * 0,0647) + (0 * 0,1073) = \mathbf{0,7166}$$

Como el índice de preferencia agregado del proveedor 300026 sobre el proveedor 302935 $\pi(1, 2)$, es próximo a 1 hay una preferencia global fuerte del proveedor 1 sobre el proveedor 2.

El siguiente paso para obtener el indicador de criticidad de los proveedores es calcular los flujos positivos y negativos. Los flujos positivos se obtienen con el promedio de los índices de preferencia agregada del proveedor 300026 frente a los demás $\pi(1, x)$, y los flujos negativos

con el promedio de los índices de preferencia agregada de los demás frente al proveedor $\pi(x, 1)$. Los resultados van de 0 a 1 y se observan en la *Tabla 41*.

Tabla 41. Flujos positivos y negativos de proveedores para la criticidad. Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	Flujos Positivos	Flujos Negativos
300026	0,3117	0,3345
302935	0,2190	0,6119
304102	0,5197	0,1673
304148	0,3974	0,2592
304152	0,4519	0,1501
304174	0,1670	0,5020
304398	0,5201	0,1921
304598	0,4767	0,1378
305495	0,0937	0,5525
305920	0,1997	0,4495

Finalmente, con el balance de estos flujos positivos y negativos se obtienen los flujos netos de los proveedores. Los valores de estos oscilan entre -1 y 1, pero para obtener un índice de criticidad fácil de interpretar, se realiza la misma transformación que para el caso de los productos, convirtiendo la columna “Flujos Netos” en los valores de 0 a 100 de la columna “Índice de Criticidad”.

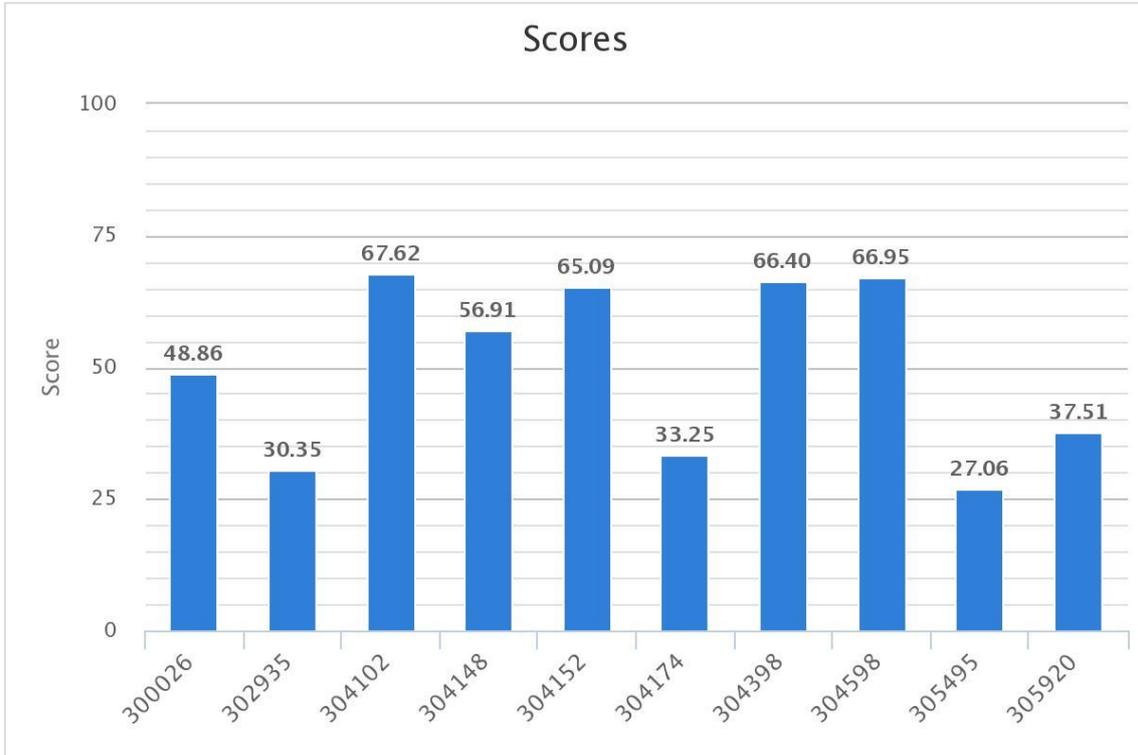
Tabla 42. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Criticidad de proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	Flujos Netos	Índice de Criticidad	Criticidad con D-Sight
300026	-0,02276	48,86	48,86
302935	-0,39292	30,35	30,35
304102	0,35235	67,62	67,62
304148	0,13824	56,91	56,91
304152	0,30176	65,09	65,09
304174	-0,33497	33,25	33,25
304398	0,32802	66,40	66,40
304598	0,33891	66,95	66,95
305495	-0,45881	27,06	27,06
305920	-0,24982	37,51	37,51

Los valores obtenidos para el índice de criticidad de los 10 proveedores evaluados mediante la aplicación en Excel del método PROMETHEE en Excel (columna “Índice de Criticidad”) se deben comparar con los obtenidos mediante la aplicación del método con el software D-Sight. Los valores del indicador de criticidad de proveedores obtenidos con este programa profesional se observan en la columna “Criticidad con D-Sight”. Así pues comparando las dos

columnas se observa que los valores son los mismos para las dos, lo cual supone que el método PROMETHEE se ha aplicado correctamente en la hoja de cálculo Excel elaborada para ello. En la *Figura 48* quedan reflejados los valores del índice de criticidad de los diez proveedores evaluados obtenidos con el D-Sight.

Figura 48. Indicadores de Estrategia de los productos evaluados. Fuente: Software D-Sight.



6.1.4 Cálculo del Índice de Estrategia de Proveedores en Excel

Una vez obtenido el Índice de Criticidad de los Proveedores con la hoja de cálculo de Excel programada para ello y comparado con los resultados obtenidos con el software D-Sight, se debe realizar el mismo proceso de cálculo para obtener el Índice de Estrategia de los Proveedores.

En primer lugar se introduce la tabla de evaluación de los proveedores en la que se observan los criterios estratégicos que se consideran, los pesos relativos y sus objetivos, y las funciones de preferencia establecidas a cada uno. Toda esta información se presenta en la *Tabla 43*.

Tabla 43. Tabla de evaluación para la estrategia de proveedores del método PROMETHEE en Excel. Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVAS		CRITERIOS DE EVALUACIÓN		
Proveedores		Estrategia de los productos	Volumen de compras sobre el total (%)	Reclamaciones
Pesos criterios		0,6329	0,1058	0,2613
Objetivos		maximizar	minimizar	maximizar f (Nº R)
Funciones preferencia		usual	lineal	v-shape
1	300026	35,16	0,0049	100
2	302935	45,34	0,1327	100
3	304102	81,41	0,0151	100
4	304148	79,55	0,0078	100
5	304152	86,24	0,0007	100
6	304174	42,55	0,0015	100
7	304398	24,79	0,0602	100
8	304598	42,56	0,0009	100
9	305495	35,33	0,0024	100
10	305920	38,12	0,0699	100

Como ya se ha visto, el siguiente paso del método es el de calcular las diferencias. En el caso de maximizar o minimizar el criterio, si las diferencias son superiores a 0, el producto *a* domina al producto *b*, y en caso contrario, el producto *a* quedará dominado por el producto *b*. Para que todas las fórmulas introducidas en Excel sean iguales, en el caso de que el criterio se minimice se introduce la fórmula deseada multiplicada por (-1), así el análisis será para todos el mismo. Las diferencias se observan en la *Tabla 44*.

Tabla 44. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Estrategia de los productos	Volumen de compras sobre el total	Reclamaciones
d(1,2)	-10,18	0,128	0
d(1,3)	-46,25	0,010	0
d(1,4)	-44,39	0,003	0
d(1,5)	-51,08	-0,004	0
d(1,6)	-7,39	-0,003	0
d(1,7)	10,38	0,055	0
d(1,8)	-7,40	-0,004	0
d(1,9)	-0,17	-0,003	0
d(1,10)	-2,95	0,065	0
d(2,1)	10,18	-0,128	0
d(2,3)	-36,07	-0,118	0
d(2,4)	-34,21	-0,125	0
d(2,5)	-40,90	-0,132	0
d(2,6)	2,79	-0,131	0
d(2,7)	20,55	-0,073	0
d(2,8)	2,78	-0,132	0
d(2,9)	10,01	-0,130	0
d(2,10)	7,22	-0,063	0
d(3,1)	46,25	-0,010	0
d(3,2)	36,07	0,118	0
d(3,4)	1,86	-0,007	0
d(3,5)	-4,83	-0,014	0
d(3,6)	38,86	-0,014	0
d(3,7)	56,63	0,045	0
d(3,8)	38,85	-0,014	0
d(3,9)	46,08	-0,013	0
d(3,10)	43,30	0,055	0

El análisis sería, por ejemplo, comparando el proveedor 300026 (proveedor 1) con el proveedor 302935 (proveedor 2), la diferencia de valores $d(1, 2)$ para el criterio estrategia de los productos es negativa con un valor de 10,18, lo que supone que el proveedor 1 es dominado por el proveedor 2 en este criterio, al ser mejor en el criterio el proveedor 302935 por tener un valor mayor al que tiene el proveedor 300026. En el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette el valor de la diferencia es positiva de 0,128, suponiendo que es el proveedor 1 el que domina al proveedor 2 por tener un volumen de compras sobre el total de la empresa menor. Y en el caso del criterio reclamaciones, los dos proveedores no tienen ninguna reclamación impuesta por la empresa, por lo que la diferencia entre los dos es de 0.

El análisis de las diferencias para todas las alternativas se realiza del mismo modo. En la *Tabla 44* sólo se reflejan las diferencias existentes para tres de los proveedores comparados (diferenciados por colores) con los otros $n-1$ proveedores en cada criterio. Sin embargo, los resultados del total de los proveedores evaluados se pueden observar en el *Anexo 4 (Tabla A4.4)*.

Y con estas diferencias se crea una tabla de preferencias en la que se incluyen para todos los proveedores un valor de preferencia. Estos valores de preferencia se reflejan en la *Tabla 45*.

Tabla 45. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Estrategia de los productos	Volumen de compras sobre el total	Reclamaciones
	funciones de preferencia		
	usual	lineal	v-shape
P(1,2)	0	0	0
P(1,3)	0	0	0
P(1,4)	0	0	0
P(1,5)	0	0	0
P(1,6)	0	0	0
P(1,7)	1	0	0
P(1,8)	0	0	0
P(1,9)	0	0	0
P(1,10)	0	0	0
P(2,1)	1	0	0
P(2,3)	0	0	0
P(2,4)	0	0	0
P(2,5)	0	0	0
P(2,6)	1	0	0
P(2,7)	1	0	0
P(2,8)	1	0	0
P(2,9)	1	0	0
P(2,10)	1	0	0
P(3,1)	1	0	0
P(3,2)	1	0	0
P(3,4)	1	0	0
P(3,5)	0	0	0
P(3,6)	1	0	0
P(3,7)	1	0	0
P(3,8)	1	0	0
P(3,9)	1	0	0
P(3,10)	1	0	0

En la *Tabla 45* se pueden ver las funciones de preferencia establecidas para cada criterio, mencionadas en el Apartado 5.3 del Capítulo 5. Para el criterio estrategia de los productos la función establecida es la *usual*, por la que la preferencia es de 1 para la mejor alternativa si la diferencia entre a y b es positiva y 0 en caso contrario. Para el criterio volumen de compras sobre el total la función la función es la *lineal* en la que se deben fijar los parámetros q y p . El umbral de indiferencia q tiene un valor de 2,3% y el valor de preferencia p un valor de 20%. Así, si la diferencia es menor que q , la preferencia será 0, si está entre 2,3 y 20, la preferencia se incrementa linealmente entre 0 y 1. Y si es superior a $p=20$, la preferencia será de 1 para el proveedor con un menor porcentaje de compras sobre el total. Y para el criterio reclamaciones en la función *v-shape* el valor de $q=0$ y el valor de $p=20$. El análisis de la preferencia es el mismo que en la función *lineal* pero con estos parámetros.

El análisis de la *Tabla 45* sería que para P(1, 2) en el criterio estrategia de los productos el valor de la preferencia es de 0, lo que supone que la diferencia de valores entre los dos proveedores es negativa y que el proveedor 1 tiene un valor peor (más bajo) que el del proveedor 2 para el mismo criterio. Y para el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette y el de reclamaciones, la preferencia también es de 0, lo que supone que la diferencia de valor de los dos proveedores, no es superior al umbral de indiferencia establecido de 0 en el caso del criterio reclamaciones y de 2,3 en el caso del volumen de compras sobre el total. Los valores de preferencias para el resto de los proveedores se presentan en el *Anexo 4 (Tabla A4.5)*.

Seguidamente se deben calcular de los índices de preferencia agregados. En la *Tabla 46* aparecen los índices de preferencia para tres proveedores pero el resto de los índices para los demás proveedores, se pueden observar en el *Anexo 4 (Tabla A4.6)*.

Tabla 46. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
$\pi(1,2)$	0,000
$\pi(1,3)$	0,000
$\pi(1,4)$	0,000
$\pi(1,5)$	0,000
$\pi(1,6)$	0,000
$\pi(1,7)$	0,633
$\pi(1,8)$	0,000
$\pi(1,9)$	0,000
$\pi(1,10)$	0,000
$\pi(2,1)$	0,633
$\pi(2,3)$	0,000
$\pi(2,4)$	0,000
$\pi(2,5)$	0,000
$\pi(2,6)$	0,633
$\pi(2,7)$	0,633
$\pi(2,8)$	0,633
$\pi(2,9)$	0,633
$\pi(2,10)$	0,633
$\pi(3,1)$	0,633
$\pi(3,2)$	0,633
$\pi(3,4)$	0,633
$\pi(3,5)$	0,000
$\pi(3,6)$	0,633
$\pi(3,7)$	0,633
$\pi(3,8)$	0,633
$\pi(3,9)$	0,633
$\pi(3,10)$	0,633

Siguiendo con el ejemplo de comparar el proveedor 300026 con el proveedor 302935, en la *Tabla 46* se observa que el índice de preferencia agregado $\pi(1, 2)$ tiene un valor de 0,000 ya que la preferencia del proveedor 1 sobre el 2 tiene un valor 0 en los tres criterios estratégicos, por lo que al ponderarla por el peso relativo de los criterios, el valor del índice de preferencia agregado del proveedor 1 sobre el 2 es de 0,000.

A continuación se calculan los flujos positivos con el promedio de los índices de preferencia agregada del proveedor evaluado respecto a los demás $\pi(1, x)$, y los flujos negativos, con el promedio pero de los índices de preferencia índices de preferencia agregada de los demás frente al proveedor 1 $\pi(1, x)$. Los resultados van de 0 a 1 y se observan en la *Tabla 47*.

Tabla 47. Flujos positivos y negativos de los proveedores para la estrategia. Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	Flujos Positivos	Flujos Negativos
300026	0,0703	0,5626
302935	0,4219	0,2110
304102	0,5626	0,0703
304148	0,4923	0,1406
304152	0,6329	0,0000
304174	0,2813	0,3516
304398	0,0000	0,6329
304598	0,3516	0,2813
305495	0,1406	0,4923
305920	0,2110	0,4219

El cálculo de estos flujos positivos y negativos es necesario para obtener los flujos netos de los proveedores. Los valores de estos oscilan entre -1 y 1 como se observa en la *Tabla 48*, pero éstos se transforman en valores de 0 a 100 para que sean más fáciles de interpretar, los cuales quedan reflejados en esta tabla en la columna “Índice de Estrategia”.

Tabla 48. Resultados de los Flujos Netos e Índice de Estrategia de proveedores. Fuente: Elaboración propia.

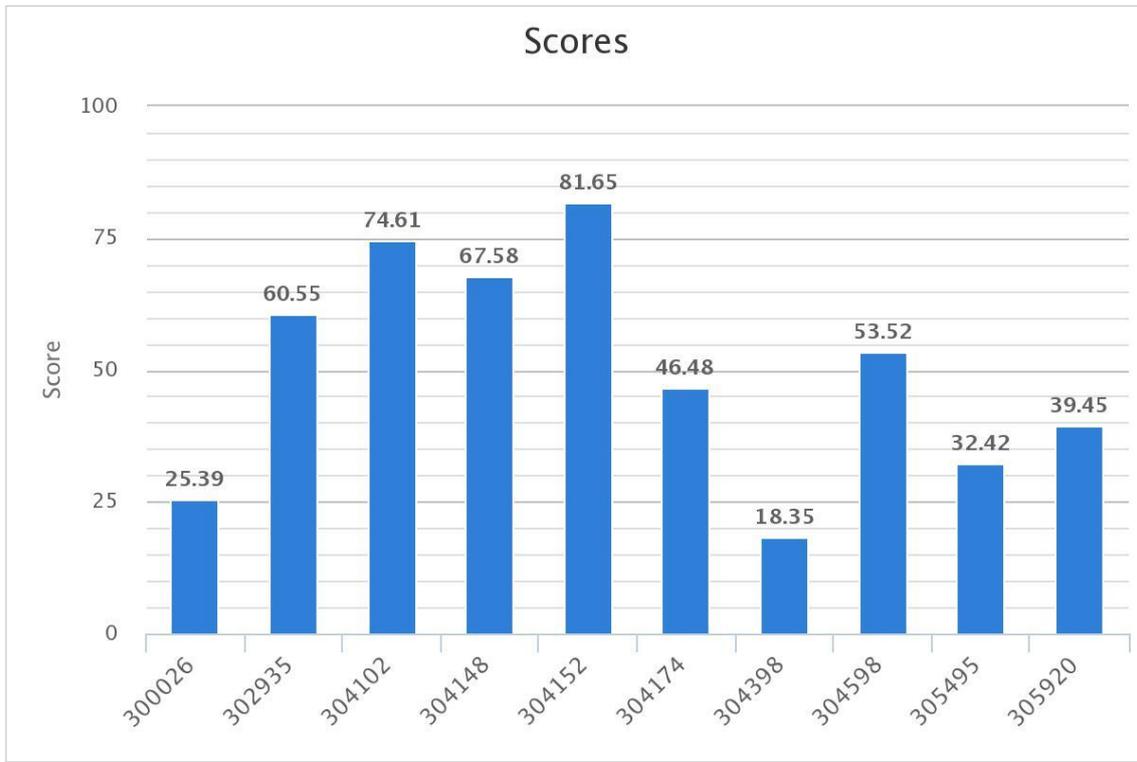
Proveedores	Flujos Netos	Índice de Estrategia	Estrategia con D-Sight
300026	-0,49226	25,39	25,39
302935	0,21097	60,55	60,55
304102	0,49226	74,61	74,61
304148	0,35161	67,58	67,58
304152	0,63290	81,65	81,65
304174	-0,07032	46,48	46,48
304398	-0,63290	18,35	18,35
304598	0,07032	53,52	53,52
305495	-0,35161	32,42	32,42
305920	-0,21097	39,45	39,45

Los valores obtenidos para el índice de estrategia de los 10 proveedores evaluados mediante la aplicación en Excel del método PROMETHEE en Excel (columna “Índice de Estrategia”) se deben comparar con los obtenidos mediante la aplicación del método con el software D-Sight para comprobar que el cálculo es correcto. Éstos se observan en la columna “Estrategia con D-Sight”.

Así que, se observa que los valores son los mismos para las dos columnas, suponiendo que el método PROMETHEE se ha aplicado de forma correcta en la hoja de cálculo Excel elaborada

para ello. En la *Figura 49* se presentan los valores del indicador de estrategia de los diez proveedores evaluados obtenidos con el D-Sight.

Figura 49. Indicadores de Estrategia de los proveedores evaluados. Fuente: Software D-Sight.



6.2 TEORÍA DEL VALOR MULTI-ATRIBUTO

El cálculo del indicador de criticidad y estrategia de los productos y los proveedores por parte de la empresa se vio en el Apartado 4.2 para los productos, y en el Apartado 5.2 para los proveedores. El valor que indica la criticidad y estrategia en ambos casos se obtiene agregando los valores de cada criterio, ponderados por los pesos que reflejan su importancia. Sin embargo, este método presenta algunas debilidades. En particular, en el caso de los proveedores, se vio que todos los criterios tanto críticos como estratégicos considerados tenían como objetivo la minimización de su valor excepto el criterio *reclamaciones* por el que se deseaba la maximización del valor de una función que depende del número de reclamaciones, generando resultados indeseados como aumentar el índice de estrategia de los proveedores por el mero hecho de no presentar reclamaciones, cuando la intención de la empresa es no tener proveedores estratégicos con reclamaciones. Una propuesta de mejora alternativa a utilizar PROMETHEE sería que la empresa aplicara una metodología similar en la evaluación de los productos y los proveedores, que evite estos problemas. Un método de similares características que el aplicado por la empresa, que considera que lo mejor es lo que tiene un mayor valor, es la Teoría del Valor Multi-atributo (*Multi-attribute Value Theory (MAVT)*).

La Teoría del Valor Multi-atributo se puede utilizar para enfrentarse a problemas con un conjunto de alternativas finito y discreto. Para cualquier objetivo dado, uno o más criterios diferentes se utilizan para la medición del comportamiento de la alternativa en relación al objetivo marcado. Los valores de todas las alternativas para todos los criterios considerados se presentan en una **tabla de evaluación** y para los criterios se deben definir escalas de valoración. La Teoría del Valor Multi-atributo es un método compensatorio debido a que permite la compensación de valores débiles de una alternativa en un criterio con valores fuertes que tiene en otros criterios obteniendo una valoración global de la alternativa. Como se explicó con anterioridad, este aspecto se encontraba en el método de la empresa.

El objetivo de MAVT es asociar un valor a cada alternativa en cada criterio para crear un orden de preferencia de las alternativas basado en los juicios de valor de los responsables decisores. Para ellos asume que en todo problema real de decisión existe una función U que representa las preferencias del decisor y que se utiliza para transformar los valores que cada alternativa acoge en cada criterio, por otro valor establecido en la escala de valoración del criterio que ponderado por los pesos de cada criterio, se obtiene la valoración global de la alternativa, en este caso el indicador de criticidad y estrategia. La alternativa cuyo valor sea el más alto será considerada como la mejor (Belton y Stewart, 2003; Van Herwijnen, 2015). El proceso que sigue MAVT consiste en los siguientes pasos:

1. Definición de las alternativas que van a ser comparadas entre ellas para saber cuál es la mejor.
2. Selección y definición de los criterios: identificación de sus efectos o indicadores relevantes para la decisión.
3. Evaluar los valores de cada alternativa en relación a cada criterio: asignar valores a cada indicador para todas las alternativas.
4. Crear un ranking de las alternativas: obtener una valoración global para cada alternativa aplicando una función de valor U a todos los valores de las alternativas en cada criterio.

La función U agrega para cada alternativa a_j ($j=1, \dots, n$) los criterios c_i ($i=1, \dots, k$) considerados por el personal responsable de la decisión. La mejor alternativa es la alternativa a para la que:

$$U(c_1(a), c_2(a), \dots, c_n(a)) = \max_{j=1, \dots, n} U(c_1(a_j), c_2(a_j), \dots, c_n(a_j))$$

Tras esta breve síntesis de la Teoría de Valor Multi-atributo, se ha aplicado a los datos de la empresa. El procedimiento que realiza la empresa para la obtención de los índices de criticidad y estrategia es el mismo que el que sigue éste método, excepto que la empresa minimiza algunas funciones de valor y maximiza otras. Por lo que se van a crear nuevas escalas de valoración para los criterios en las que lo mejor será obtener el valor más alto, y una vez

asignados los valores de las escalas de valoración a cada valor de las alternativas en los criterios, se ponderarán por los pesos relativos de los criterios obteniendo así los indicadores de criticidad y estrategia. Como ejemplo de la aplicación de este método, se va a mostrar cómo sería para el caso de los proveedores de la empresa.

En primer lugar se van a modificar las escalas de valoración de los criterios. En el caso de la criticidad de los proveedores en el método de la empresa todos los criterios se minimizaban y la escala de valoración establecida para ellos se situaba del 1 al 5 siendo el mejor valor el 1. Por el contrario, como con el MAVT lo mejor siempre es lo más alto, las escalas de valoración se van establecer al revés siendo el mejor valor el 5. Así, los criterios quedan de la siguiente manera teniendo en cuenta la segunda columna de cada criterio:

- Criticidad de los productos: para este criterio no se establece una escala de valoración pero lo que se persigue es la maximización del valor que el proveedor presente en este criterio.
- Retrasos: cuantos más días de retraso acumule el proveedor, menor valoración recibirá de acuerdo a la escala de valoración presentada en la *Tabla A1.3. del Anexo 1*, por lo que el objetivo del criterio es la maximización de su valor.
- Riesgo comercial: en este criterio se establece una escala de valoración (*Tabla 49*) para la que a mayor riesgo comercial del proveedor, es decir, a menor valor del riesgo del 1 al 20 atribuido por *e-informa*, menor valoración obtiene el proveedor observando la segunda escala, por lo que interesa la maximización del valor del criterio.

Tabla 49. Escala de valoración del criterio riesgo comercial con MAVT. Fuente: Elaboración propia.

RIESGO COMERCIAL		
<i>Coface</i>	Escala 1	Escala 2 MAVT
1	5,000	1,000
2	4,780	1,046
3	4,560	1,096
4	4,340	1,152
5	4,120	1,214
6	3,900	1,282
7	3,680	1,359
8	3,460	1,445
9	3,240	1,543
10	3,020	1,656
11	2,800	1,786
12	2,580	1,938
13	2,360	2,119
14	2,140	2,336
15	1,920	2,604
16	1,700	2,941
17	1,480	3,378
18	1,260	3,968
19	1,040	4,808
20	1,000	5,000

- Riesgo del país: para este criterio también se establece una escala de valoración por la que a menor valor del riesgo (1 es el mejor valor) mejor valoración obtiene de acuerdo a la segunda escala presentada en la *Tabla 50*, por lo que el objetivo es el de maximizar su valor.

Tabla 50. Escala de valoración del criterio riesgo del país con MAVT. Fuente: Elaboración propia.

RIESGO PAIS		
Coface	Escala 1	Escala 2 MAVT
1	1,000	5,000
2	1,000	5,000
3	2,000	2,500
4	3,000	1,667
5	4,000	1,250
6	5,000	1,000
7	5,000	1,000

- Riesgo sobre la facturación del proveedor: el objetivo de este criterio también es la maximización del valor ya que a menor porcentaje de facturación de la empresa sobre el total del proveedor, mayor puntuación obtiene como se observa en la *Tabla 51*.

Tabla 51. Escala de valoración del criterio riesgo sobre la facturación del proveedor con MAVT. Fuente: Elaboración propia.

RIESGO FACTURACIÓN PROVEEDOR	
% facturación	Escala MAVT
0% - 2%	5,000
2% - 5%	4,000
5% - 10%	3,000
10% - 15%	2,000
>15%	1,000

Y en cuanto a los criterios estratégicos de los proveedores, la escala de valoración establecida para el criterio estrategia de los productos y el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette se sitúa de 1 a 5 siendo la mejor valoración el 1, por lo que se minimizaba el valor de los criterios. Sin embargo, en el caso del criterio reclamaciones el objetivo sí era la maximización del criterio como con MAVT. Así que se van a modificar las escalas de valoración y los objetivos de los dos primeros criterios mencionados y se mantendrá para el criterio reclamaciones.

- Estrategia de los productos: para este criterio no hay establecida una escala de valoración, simplemente se desea que sea lo mayor posible el valor que el proveedor evaluado presente en este criterio, por lo que el objetivo es la maximización de su valor.
- Volumen de compras sobre el total de Roquette: a mayor porcentaje del volumen de compras sobre el total de la empresa, menor es la valoración que el proveedor recibe en este criterio, lo que supone que el objetivo de éste es la maximización de su valor. En la *Tabla A1.4 (Anexo 1)* se presenta la escala de valoración para este criterio.

- Reclamaciones: la escala de valoración de este criterio sería la misma que la establecida por la empresa por la que el objetivo es la maximización del valor del proveedor en este criterio al suponer que se recibe la mayor valoración a menor número de reclamaciones.

Tabla 52. Escala de valoración del criterio reclamaciones con MAVT. Fuente: Elaboración propia.

RECLAMACIONES		
Nº reclamaciones	Escala 1	Escala 2 MAVT
0	1,000	5,000
1	2,000	2,500
2	3,000	1,667
3	4,000	1,250
≥4	5,000	1,000

Una vez definidas las funciones representativas del comportamiento de los proveedores en cada criterio, se crea una tabla de evaluación en la que se reflejan los proveedores a evaluar, el valor que éstos tienen en cada criterio considerado, el valor que obtienen de acuerdo a la escala de valoración establecida y el resultado global del índice de criticidad y estrategia de los proveedores al ponderar cada valor establecido según la escala por los pesos relativos de cada criterio. Además, se incluye una última columna con los resultados de los indicadores que se obtienen con el método de la empresa. En la *Tabla 53* se presenta la tabla de evaluación para la obtención del indicador de criticidad de los proveedores.

Tabla 53. Tabla de evaluación de los proveedores para el índice de criticidad con MAVT. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	Criticidad de productos	Retraso (días)	Valor Retrasos	Riesgo comercial	Valor Riesgo comercial	Riesgo país	Valor Riesgo país	Riesgo sobre facturación (%)	Valor Riesgo sobre facturación	ÍNDICE CRITICIDAD MAVT	ÍNDICE CRITICIDAD Roquette
300026	3,2262	0	5,000	10	1,656	3	2,500	0,0700%	5,0000	3,5954	1,5156
302935	2,0390	-60	1,000	10	1,656	3	2,500	1,7700%	5,0000	2,1090	2,2611
304102	3,6061	-8	1,000	9	1,543	5	1,250	0,0900%	5,0000	2,7844	2,2389
304148	3,4482	0	5,000	14	2,336	5	1,250	0,0400%	5,0000	3,6993	1,7951
304152	3,4592	4	3,788	14	2,336	5	1,250	0,0700%	5,0000	3,4308	1,8053
304174	1,3447	0	5,000	12	1,938	5	1,250	0,1700%	5,0000	2,6230	2,2184
304398	3,1584	-16	1,000	11	1,786	5	1,250	28,9400%	1,0000	2,1626	2,0410
304598	3,4591	14	2,358	18	3,968	5	1,250	0,0400%	5,0000	3,2896	1,8258
305495	1,3043	0	5,000	10	1,656	3	2,500	0,0400%	5,0000	2,6526	2,18580
305920	1,4729	-2	1,000	10	1,656	3	2,500	0,9400%	5,0000	1,8313	1,7552

De acuerdo a la Teoría del Valor Multi-atributo (MAVT), la mejor alternativa es aquella que tiene el mayor valor de entre todas, no obstante, con el método de la empresa se estableció que cuanto más pequeño era el índice, mejor era la alternativa. Sin embargo, la empresa no utiliza el método para realizar un ranking sino para obtener un indicador que le informe de cuánto es crítico o estratégico un proveedor.

Así, por ejemplo si se analiza el proveedor 300026, éste obtiene un índice de criticidad con el método MAVT de 3,59537 mediante el siguiente cálculo.

$$\text{Índice Criticidad} = (3,226202 \times 0,4906) + (5 \times 0,2260) + (1,656 \times 0,1115) + (2,500 \times 0,0647) + (5 \times 0,1073) = \mathbf{3,59537}$$

Por el que al ser un valor alto, este proveedor no se consideraría crítico para la empresa. Del mismo modo que se consideraba poco crítico con el método de la empresa al tener un valor de 1,515581 (cercano a 1 que es lo deseado para ellos).

Y en el caso de la obtención del indicador estrategia de los proveedores, la tabla de evaluación se presenta en la *Tabla 54* en la que también se incluyen los proveedores a evaluar, los criterios estratégicos considerados para la evaluación de los proveedores, los valores que éstos tienen en cada criterio y los valores que se les asignan de acuerdo a la escala de valoración que se ha establecido para cada uno. Además se observa el indicador de estrategia obtenido con el método MAVT y con el método de la empresa.

Tabla 54. Tabla de evaluación de los proveedores para el índice de estrategia con MAVT. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedores	Estrategia de productos	Volumen compras sobre total (%)	Valor Volumen compras sobre total	Nº Reclamaciones	Valor Reclamaciones	ÍNDICE ESTRATEGIA con MAVT	ÍNDICE ESTRATEGIA Roquette
300026	4,105783	0,490%	4,554	0	5,000	4,386836	4,012983
302935	4,362316	13,270%	1,368	0	5,000	4,212199	4,265434
304102	3,826963	1,510%	3,840	0	5,000	4,134886	3,645795
304148	1,450930	0,780%	4,325	0	5,000	2,682403	2,265315
304152	1,347343	0,070%	4,931	0	5,000	2,680923	2,045509
304174	4,074560	0,150%	4,854	0	5,000	4,398880	3,771911
304398	4,532929	6,020%	2,269	0	5,000	4,415421	4,459031
304598	4,074560	0,090%	4,912	0	5,000	4,404934	3,771654
305495	4,395236	0,240%	4,771	0	5,000	4,593016	3,975254
305920	3,727216	6,990%	2,085	0	5,000	3,886067	4,032167

Estudiando el proveedor 300026 tomado como ejemplo, el índice de estrategia de éste se ha obtenido ponderando el valor asignado a los proveedores en cada criterio según la escala de valoración establecida con anterioridad por los pesos relativos de los criterios estratégicos, compensando así los buenos valores en algunos criterios con los malos en otros. El valor del índice de estrategia del proveedor obtenido aplicando la Teoría de Valor Multi-atributo es de 4,386836 que, al ser un valor elevado y cercano a 5 que es el valor deseado, supone que el proveedor 300026 no sería muy estratégico para la empresa. El cálculo del indicador se realiza del siguiente modo.

$$\text{Índice Estrategia} = (4,105783 \times 0,6329) + (4,554 \times 0,1058) + (5 \times 0,2613) = \mathbf{4,386836}$$

Sin embargo, se observa que la valoración global de la estrategia que el proveedor 300026 obtiene con el método de la empresa es de 4,012983, lo que si se interpreta de acuerdo al método de la empresa, éste proveedor se considera como estratégico ya que lo deseado es que sea lo menor posible. Y la causa de que con el método MAVT se considere no estratégico y con el método de la empresa sí, es que con éste último había dos criterios que se minimizaban, estrategia de los productos y volumen de compras sobre el total, y el criterio reclamaciones se maximizaba, hecho que al valorar éste último con un valor de 5 como lo mejor y no de 1 como la empresa valora a los otros, suponía un valor mayor de estrategia para el proveedor.

Una vez visto cómo se aplica el método MAVT utilizando los criterios que la empresa desea considerar para cada proveedor, hay que añadir que sería una buena mejora en su evaluación de los productos y los proveedores si incluyera este método, que es similar al que la empresa utiliza en cuanto al procedimiento de cálculo de los indicadores de criticidad y estrategia. Sin embargo, la empresa debería modificar las escalas de valoración por las que lo mejor en un proveedor en cada criterio sería obtener el mayor valor y no el más bajo como lo tienen establecido en la actualidad, así evaluaría los productos y proveedores mediante una buena técnica multicriterio como es MAVT.

6.3 HOMOLOGACIÓN DE LOS PROVEEDORES

Para seleccionar los proveedores que formaran parte del panel de proveedores homologados de Roquette la empresa realiza una evaluación inicial a todos aquellos que lo solicitan. Si el proveedor tiene la certificación ISO9001 ya dan de alta al proveedor y le asignan una puntuación de 5 para el producto que se esté evaluando. Si no tiene esta certificación el proveedor debe responder las preguntas de un cuestionario de calidad, debiendo alcanzar un mínimo de 25% de las respuestas positivas para dar de alta al proveedor como posible suministrador de un producto concreto.

El hecho de que un proveedor esté dado de alta no supone que la empresa vaya a solicitar sus servicios, ya que puede ser que otros proveedores obtengan mayor puntuación en la evaluación inicial. Por tanto, Roquette comprará los productos a los proveedores homologados con mejor valoración. Actualmente todos los criterios que se consideran en esta evaluación tienen el mismo peso y los proveedores que obtienen una nota mínima de 5 sobre 10 pasan a estar homologados, incorporándose al panel de proveedores de la empresa.

En este TFG se hace una nueva propuesta de gestión, coherente con los objetivos de la empresa, para homologar a los proveedores incorporando tanto los criterios que actualmente utiliza como otros nuevos que desea considerar en el futuro próximo. En primer lugar tenemos que definir los criterios, que la empresa desea agrupar en críticos y estratégicos.

En la actualidad se tienen en cuenta criterios técnicos, tales como los registros sanitarios, la existencia de fichas técnicas, ficha de seguridad, certificaciones de calidad ISO y certificados Kosher y Halal. La valoración de estos criterios técnicos se realiza de la siguiente manera: si cumple el criterio se valora con 1, si no lo cumple y debería se valora con 0. También está la

tercera opción de no tener que cumplir el requisito e indican “No Aplica” y por lo tanto ese criterio no se tiene en cuenta. Todos los años evalúan todas las compras que se han hecho y se evalúa al proveedor. A los proveedores a los que no se les ha comprado nada en 5 años se les da de baja.

Estos **criterios técnicos son críticos** para la empresa, ya que los considera de vital cumplimiento para poder comprar un producto a un proveedor determinado. Los que tiene establecidos actualmente son:

- Si el proveedor tiene registrado el producto que suministra en el **Registro Sanitario (RGSA)**. La valoración que hacen es la genérica con tres opciones: SI, NO y No Aplica (NA). Si el producto debe tener registro sanitario y lo tienen le puntúan 1, si no lo tiene y debería tenerlo 0. Cuando el producto no requiere registro sanitario se pone NA.

Además tienen en cuenta **consideraciones sobre el registro sanitario** (consi_rgsa) que valoran con 1, 0 y NA. Puede tener 1 porque tenga el registro solicitado, ya que tardan mucho en concederlo. También tienen en cuenta **criterios de calidad alimentaria** (criterios_CA_rgsa) con las tres opciones de 1, 0 y NA. El 1 se asigna cuando la empresa tiene el certificado del proveedor de que cumple los criterios de calidad alimentaria, mientras que se asigna NA cuando el producto no es aditivo alimentario.

La valoración total para el criterio registro sanitario es máximo 2, ya que si tiene el registro solicitado puntúa 0,5. En la *Tabla 55* se presentan los resultados del cálculo de este criterio para seis proveedores.

Tabla 55. Valoración del criterio Registro Sanitario para la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	RGSA	Consi_rgsa	Criterios_CA_rgsa	R_RGSA
304102	0	1	1	1,5
304398	0	1	1	1,5
306012	0	1	1	1,5
335183	0	1	1	1,5
345146	1	NA	0	1,5
354940	1	NA	1	2

En la *Tabla 55*, por ejemplo si se analiza el proveedor 304102, éste tiene en RGSA un valor de 0, lo que supone que debería tenerlo registrado y por el contrario no lo tiene. En cuanto a las consideraciones, tiene como valor un 1 lo que significa que tiene el registro solicitado y está pendiente de aprobación, y para los criterios de calidad alimentaria tiene un valor de 1 por lo que la empresa está informada de que el proveedor cumple los criterios de calidad alimentaria. Así, el resultado global es R_RGSA = 1,5, ya que en el aspecto de las consideraciones, como está en curso tiene de valoración un 1 pero puntúa como 0,5. Y por ejemplo, para el proveedor 354940 tiene RGSA = 1, consi_rgsa = NA y criterios_CA_rgsa = 1, por lo que el resultado global es R_RGSA = 2.

- **Pliego de condiciones** impuesto por la empresa. Este pliego pueden no tenerlo firmado y la empresa aceptarlos como proveedores porque saben que el producto que venden es técnicamente muy bueno. La valoración que realizan es con las tres opciones de 1, 0 y NA. También para este criterio existen consideraciones que pueden puntuar con 1 como estar en curso de negociación, pendiente de comentarios, etc.

Tabla 56. Valoración criterio Pliego de Condiciones para la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	PDC	PDC_Consi	R_PDC
304102	0	1	1
304398	0	1	1
306012	0	1	1
335183	0	1	1
345146	0	1	1
354940	0	1	1

Así, con la *Tabla 56* se observa que todos los proveedores tomados como ejemplo han obtenido un valor de 0 en el aspecto PDC debido a que ninguno de ellos tiene firmado el pliego de condiciones impuesto por la empresa. Sin embargo, como para todos ellos existen consideraciones, por ejemplo que están en curso de negociación o que están pendientes de recibir la confirmación del pliego, se les ha asignado un valor de 1. Así pues, el resultado global que obtienen estos proveedores en el criterio pliego de condiciones tiene un valor 1.

- Número de reclamaciones fundadas (R_T), Retrasos (R_T1) y problemas de facturación (R_T2). Cuando el proveedor no ha recibido ninguna reclamación, ni se ha retrasado en sus anteriores servicios a la empresa, y ésta no ha tenido problema de facturación alguno con el proveedor, se le asigna un valor de 1, y cuando sí se da alguno de los casos anteriores, se le asigna un valor de 0.

Tabla 57. Valoración de las Reclamaciones, Retrasos y Problemas de facturación para la homologación de proveedores. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	T_Nrecla	T_Nretra	T_Problemas	R_T	R_T1	R_T2
304102	0	0	0	1	1	1
304398	0	0	0	1	1	1
306012	0	0	0	1	1	1
335183	0	0	0	1	1	1
345146	0	0	0	1	1	1
354940	0	0	0	1	1	1

Así, en la *Tabla 57* se observa que todos los proveedores tomados como ejemplo han recibido de valor un 1 para cada uno de los tres aspectos considerados ya que ninguno ha recibido ninguna reclamación como se ve en T_Nrecla, tampoco acumulan días de retraso (T_Nretra) ni han ocasionado problemas de facturación a la empresa (T_Problemas) al tener un 0 de valoración.

- También se tiene en cuenta criterios de calidad a través de la nota de la **auditoría de calidad (R_EV)**, cuya valoración máxima es 10. Si esta puntuación es mayor o igual a 5 se puntuará con un 1 como se puede observar en la *Tabla 58*. Además, pueden haber consideraciones como que no hay previsiones de realizar la auditoría para ese año, para lo que se asigna un valor 1.
- **Evaluación de compras:** su mejor valor es 5. Si su valor es mayor o igual a 2,5 se asigna un 1 a **R_EV2** y si su valor es 4 o mayor se asigna otro 1 a **R_EV3**. En el caso de que sea no aplicable, la valoración global que recibe es de 0.

Tabla 58. Valoración criterios auditoría de calidad y evaluación de compras para la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	Auditorías_Calidad	Evaluación_Compras	Consideraciones	R_EV	R_EV2	R_EV3
304102	NA	NA	1	1	0	0
304398	NA	NA	1	1	0	0
306012	NA	NA	1	1	0	0
335183	NA	NA	1	1	0	0
345146	NA	NA	1	1	0	0
354940	1	1	NA	1	1	1

Como se observa en la *Tabla 58*, para el criterio Auditorías_Calidad solo se ha realizado una auditoría de calidad al proveedor 354940 debido a que ha recibido un valor de 1, y el resto de proveedores NA al no ser aplicable la auditoría para ellos en el año en que se evalúa. Así, en las consideraciones han recibido todos un valor de 1 que informa que no hay previstas auditorías de calidad para este año, y un NA para el proveedor al que sí se le ha realizado una auditoría. El resultado global se observa en R_EV. Todos han recibido un 1, los cinco primeros debido a que en las consideraciones han recibido un valor 1, y el proveedor 354940 al haber obtenido en la auditoría de calidad una nota de 5 o un valor superior. Y para el criterio Evaluación_Compras solo se ha realizado una evaluación sobre el proveedor 354940, por eso ha recibido un valor 1 y el resto de proveedores la opción NA. Así, en R_EV2 han recibido todos un valor 0, excepto el proveedor 354940 al haber obtenido una nota en la evaluación igual o superior a 2,5. Y en R_EV3 todos reciben también un valor 0, excepto el proveedor 354940 que recibe un valor de 1 suponiendo que la nota que ha obtenido en la evaluación, es igual o superior al valor 4.

- El último criterio crítico que evalúa la empresa agrupa los **resultados del cumplimiento de la regulación** en cuanto a certificados de calidad requeridos, ficha de seguridad de producto y ficha técnica del producto (**R_Reg**).

Si el proveedor les proporciona una **ficha técnica del producto** en la que se incluye los componentes del producto (SI/NO).

Si el proveedor proporciona la **ficha de seguridad del producto**, en el idioma del cliente (SI/NO). La empresa establece que es de obligado cumplimiento para que puedan seguir

las instrucciones del producto para tenerlos almacenados de forma correcta o para un buen uso del mismo.

Si el proveedor tiene las **certificaciones de calidad ISO** que la empresa requiere. Por ejemplo, si posee la norma de calidad ISO 9001, la norma de medio ambiente ISO 14000 o la norma de seguridad alimentaria ISO 2200 (SI/NO/NA).

El proveedor dispone de los **certificados Kosher** (SI/NO/NA) y **Halal** (SI/NO/NA), garantizando que los productos elaborados cumplen los requisitos exigidos por la ley islámica y el judaísmo respectivamente, y por lo tanto son aptos para el consumo por las personas que lo requieran.

En la valoración de este criterio la empresa tiene en cuenta el número de regulaciones que cumple el proveedor comparado con las que debería cumplir, de tal manera que si cumple todo aquello que la empresa exige tiene un valor de 1 como se puede observar en la escala de valoración establecida a continuación.

Valor = 1, el proveedor cumple el 100% de las regulaciones requeridas.

Valor = 0,75, el proveedor cumple el 75% de las regulaciones requeridas.

Valor = 0,50, el proveedor cumple el 50% de las regulaciones requeridas.

Valor = 0,25, el proveedor cumple el 25% de las regulaciones requeridas.

Valor = 0, e proveedor cumple el 0% de las regulaciones requeridas.

Así, como se puede observar en la *Tabla 59* un valor de 1 en R_Reg para los proveedores 306012, 345146 y 354940, supone que éstos cumplen el 100% de las regulaciones establecidas por Roquette. Y para los proveedores restantes se observan valores entre 0 y 1, que se deben a que hay aspectos que no cumplen, en este caso las certificaciones ISO, y deberían cumplir.

Tabla 59. Valoración criterio cumplimiento de la regulación para la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	Iso9001	Iso14000	Ficha_Técnica	Ficha_Segu	Certificados Kosher y Halal	R_Reg
304102	0	0	1	1	NA	0,50
304398	0	0	1	1	NA	0,25
306012	1	1	1	1	NA	1
335183	0	0	1	1	NA	0,25
345146	1	1	1	1	NA	1
354940	1	1	1	1	NA	1

El resultado global de la evaluación (Estatus proveedor) es la suma de todos los R de cada criterio considerado. En la *Tabla 60* se observa el estatus que ha obtenido cada proveedor en la evaluación de los criterios críticos para su posible entrada en el panel de proveedores de la empresa.

Tabla 60. Resultado global de criticidad para la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	R_RGSA	R_PDC	R_T	R_T1	R_T2	R_EV	R_EV2	R_EV3	R_Reg	Estatus Proveedor
304102	1,5	1	1	1	1	1	0	0	0,50	7
304398	1,5	1	1	1	1	1	0	0	0,25	6,75
306012	1,5	1	1	1	1	1	0	0	1	7,5
335183	1,5	1	1	1	1	1	0	0	0,25	6,75
345146	1,5	1	1	1	1	1	0	0	1	7,5
354940	2	1	1	1	1	1	1	1	1	10

Si el resultado global es igual o superior a 5, se homologa el proveedor y entra en el panel. En este caso, todos los proveedores tomados como ejemplo quedan homologados y se introducen en el panel para futuras compras por parte de la empresa.

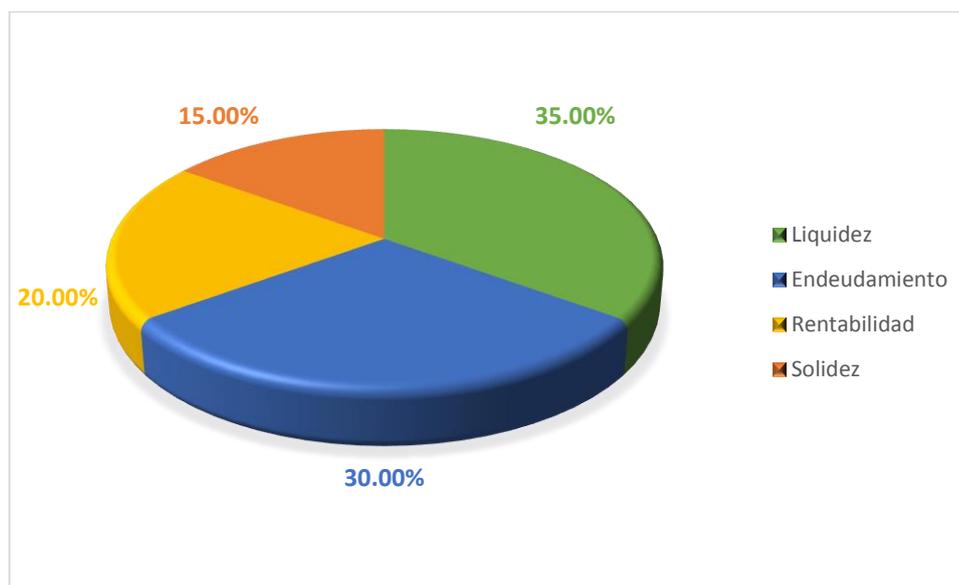
Además de los criterios críticos, se establecen los **criterios estratégicos**, los que la empresa no tiene establecidos en su actual gestión pero desea incluirlos en la evaluación para homologar a los proveedores. Son aspectos de carácter económico y podrían ser:

- **Solvencia de los proveedores:** a Roquette le interesa que el proveedor al que compra sea solvente y dependerá de cuánto tiempo haya incurrido en pérdidas. Se aceptará a un proveedor poco solvente si el producto que suministra es poco crítico, ya que cumpliría todos los criterios y no hay riesgo y por tanto no tiene que exigirle solvencia. No obstante, para un proveedor cuyo producto sea muy crítico, se le exigirá una mayor solvencia.

Los valores que puede tomar se sitúan entre 1 y 20, siendo el valor 1 el que supone un mayor riesgo de solvencia del proveedor, el valor 10 el que supone un riesgo medio de solvencia y el valor 20 el que no supone riesgo alguno. Los valores entre 1 y 10 tomarán valores intermedios para el riesgo entre alto y medio, y los valores entre 10 y 20 valores de riesgo intermedio entre medio y bajo. Este criterio se corresponde con el criterio anteriormente visto *riesgo comercial* aunque, en este caso, el riesgo de los proveedores no se obtiene a partir de las valoraciones de la empresa *e-informa* sino a partir de una evaluación realizada por la empresa Roquette.

Esta evaluación tiene en cuenta cuatro partes para la obtención del riesgo de solvencia del proveedor que son la liquidez, el endeudamiento, la rentabilidad y la solidez del proveedor evaluado. La empresa le asigna a cada una de ellas una importancia relativa. Así los pesos que establece para estos cuatro aspectos se pueden observar en la *Figura 50*.

Figura 50. Pesos relativos en el cálculo del criterio solvencia del proveedor para la homologación. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.



Además de los pesos la empresa le asigna a cada proveedor en cada uno de los cuatro aspectos considerados, valores situados también entre 1 y 20 que reflejan la situación del proveedor en cada una de esas partes. En la *Tabla 55* se presenta la evaluación de seis proveedores, los aspectos considerados para el cálculo de su solvencia y los valores que en éstos obtienen los proveedores a evaluar.

Tabla 61. Tabla de evaluación en el cálculo del criterio solvencia del proveedor para la homologación. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor	Liquidez	Endeudamiento	Rentabilidad	Solidez	Solvencia del proveedor
304102	6,60	12,20	13,20	13,40	11,00
304398	11,10	13,30	10,70	8,40	11,00
306012	10,00	7,00	8,50	9,40	9,00
335183	9,60	12,20	11,20	13,40	11,00
345146	6,60	12,20	13,20	13,40	11,00
354940	10,00	7,00	8,50	9,40	9,00

Una vez se tienen los valores que cada proveedor recibe en los aspectos considerados junto con los pesos que tienen éstos, el valor de la solvencia del proveedor se obtendría mediante la suma ponderada de la importancia que la empresa le otorga a cada aspecto por el valor que en cada parte obtiene el proveedor. Por ejemplo, en la *Tabla 55* se observa que el proveedor 304102 ha obtenido en el criterio *solvencia del proveedor* una valoración de 11,00, por lo que como se encuentra cercano al valor 10, el riesgo de solvencia del proveedor sería medio y resultaría de realizar el siguiente cálculo.

$$\text{Solvencia del proveedor} = (6,60 \cdot 0,35) + (12,20 \cdot 0,30) + (13,20 \cdot 0,20) + (13,40 \cdot 0,15) = 11,00$$

Para los valores que los proveedores pueden obtener en este criterio se debe crear una escala de valoración, que se presenta en la *Tabla 56*, donde como lo mejor es que el proveedor obtenga una valoración de 20 al que se le asigna un valor de 5 según la escala establecida. El objetivo de este criterio sería maximizar su valor.

Tabla 62. Escala de valoración criterio solvencia del proveedor para la homologación. Fuente: Elaboración propia.

SOLVENCIA DEL PROVEEDOR	
Valoración	Escala
1	1,000
2	1,046
3	1,096
4	1,152
5	1,214
6	1,282
7	1,359
8	1,445
9	1,543
10	1,656
11	1,786
12	1,938
13	2,119
14	2,336
15	2,604
16	2,941
17	3,378
18	3,968
19	4,808
20	5,000

- La **facturación del proveedor** a Roquette no debería ser superior al 5% del total de su facturación. Aquel proveedor que tuviera más del 5% de la facturación sería aceptado en el panel de proveedores, pero se le penalizaría en su puntuación. Se puede considerar como el mismo criterio *riesgo sobre la facturación del proveedor* establecido con anterioridad para la criticidad de los proveedores. Como lo mejor es que el proveedor dedique el menor porcentaje posible a la empresa, es decir, conseguir el valor 5 en la escala de valoración, el objetivo del criterio sería maximizar su valor de acuerdo a la escala de valoración establecida a continuación para el criterio.

Valor = 5, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 0% y el 2%.

Valor = 4, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 2% y el 5%.

Valor = 3, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 5% y el 10%.

Valor = 2, si el volumen de ventas dedicado a Roquette está entre el 10% y el 15%.

Valor = 1, si el volumen de ventas dedicado a Roquette es superior al 15%.

- Los posibles proveedores de la empresa no deben tener más de un X% de **facturación con el sector público**. La empresa desea tener en cuenta este criterio, aunque es consciente de la dificultad que existe para obtener estos datos. Si se pudiera aplicar esta propuesta a la

evaluación de los proveedores, se deberá establecer el porcentaje máximo de facturación con el sector público y la función de valor para el criterio.

- Los proveedores con **denuncias o procedimientos judiciales** pendientes se podrían incluir en el panel de proveedores pero penalizando su puntuación. Para este criterio tampoco se disponen datos, por lo que al aplicar esta propuesta a su evaluación, la empresa debería establecer una función de valor adecuada que refleje el comportamiento del criterio.

En esta propuesta, para la obtención del estatus del proveedor mediante los criterios estratégicos, se van a tener en cuenta los dos primeros criterios establecidos, ya que para el criterio facturación con el sector público y el criterio denuncias o procedimientos judiciales no se disponen de datos para poder realizar la evaluación. En la *Tabla 63* se presentan para los seis proveedores tomados como ejemplo, la valoración recibida en cada criterio y el valor asignado de acuerdo a la escala de valoración establecida para el criterio, y el resultado global del proveedor.

Tabla 63. Resultado global de estrategia para la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia con datos de Roquette Laisa España, S.A.

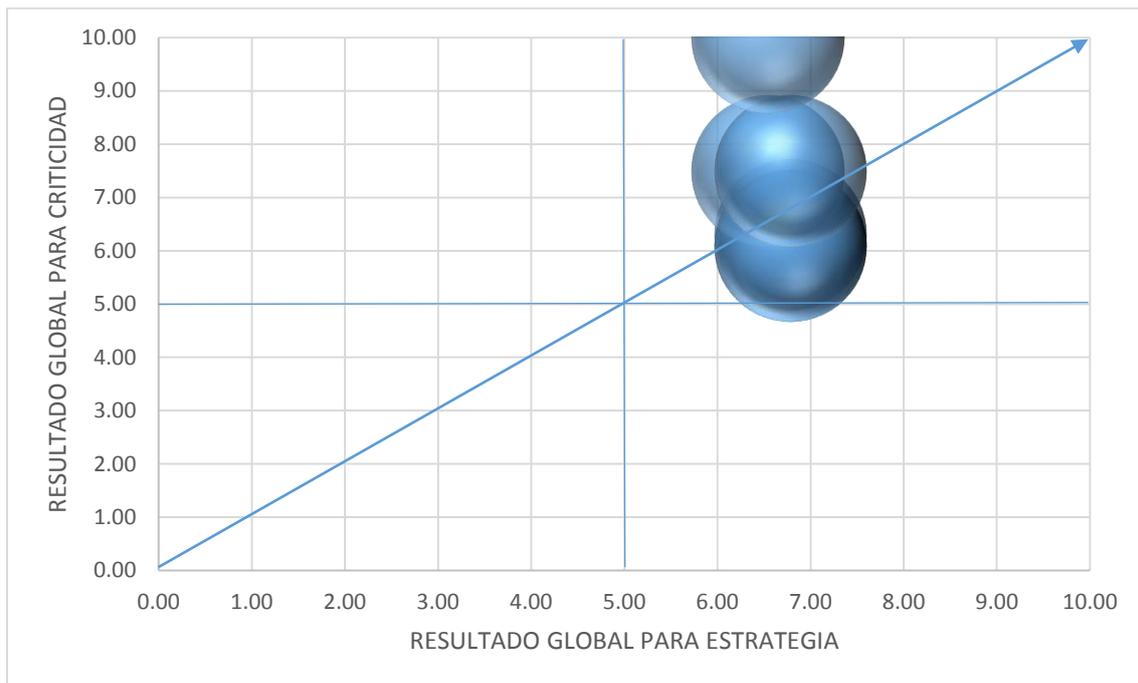
Proveedor	Solvencia del proveedor	Valor Solvencia del proveedor	Facturación del proveedor (%)	Valor Facturación del proveedor	Estatus Proveedor
304102	11	1,786	0,02	5,000	6,786
304398	11	1,786	0,05	5,000	6,786
306012	9	1,543	0,04	5,000	6,543
335183	11	1,786	0,01	5,000	6,786
345146	11	1,786	0,05	5,000	6,786
354940	9	1,543	0,04	5,000	6,543

Por ejemplo, si se analiza el proveedor 304102, el valor que ha recibido en el criterio solvencia del proveedor es 11, lo que supone que el riesgo de solvencia de éste es medio, y el valor de 1,786 recibido en la segunda columna de este mismo criterio, se ha obtenido de la escala de valoración presentada con anterioridad para un riesgo de valor 11. En cuanto al criterio facturación de proveedor se observa que el volumen de ventas de éste a Roquette es de 0,02%, lo que supone que en la segunda columna del criterio y de acuerdo a la escala de valoración, el valor recibido es 5 (valor máximo y deseado para éste criterio). Así pues, el resultado global del proveedor de 6,786 se obtiene mediante la suma de las dos columnas correspondientes al valor asignado al proveedor según la escala de valoración establecida.

Por último, una vez obtenida la puntuación de los proveedores tanto para la criticidad como la estrategia de los criterios, se representarían los resultados en un gráfico de burbujas que permite visualizar la relación existente entre la valoración de los criterios técnicos y de los económicos considerados, tal y como se observa en la *Figura 51*. En ella se puede ver que todos los proveedores evaluados se sitúan en el cuadrante superior derecho al tener un resultado global bueno tanto para la criticidad como para la estrategia, ya que a mayor resultado obtenido en la homologación, mejor será el proveedor. Cabe añadir que si el resultado global de un proveedor para la criticidad es bajo, es decir, que el proveedor es crítico

en la homologación, se va a precisar que el proveedor tenga un resultado global para la estrategia elevado, es decir que se encuentre en el cuadrante inferior derecho. Por ejemplo, si la empresa entabla una relación comercial con un proveedor crítico porque no cumple por ejemplo requisitos importantes para Roquette, en el caso de que existiera algún problema originado por este proveedor, éste debería tener la solvencia suficiente como para hacer frente a sus responsabilidades.

Figura 51. Valoración de los criterios técnicos (criticidad) y económicos (estrategia) en la homologación de proveedores. Fuente: Elaboración propia.



Esta propuesta de evaluación de los proveedores con la finalidad de incorporarlos al panel de proveedores homologados es una aplicación de la Teoría del Valor Multi-atributo, que tiene la ventaja de ser similar a la que aplica la empresa en la actualidad y mejora las propiedades del método empleado en la actualidad. Esta evaluación puede completarse con un análisis de los proveedores para cada producto, o al menos los productos más relevantes por criticidad y/o facturación, con la finalidad de obtener un ranking de los proveedores basado en la comparación de su comportamiento para cada uno de los criterios mediante el método PROMETHEE. Por último, en ambos casos sería conveniente realizar un análisis de sensibilidad variando los pesos de los distintos criterios y analizar su efecto, tanto en la calificación numérica recibida por los proveedores como en el ranking de los mismos para suministrar los productos a la empresa.

6.4 AUDITORÍA DE LOS PROVEEDORES

En primer lugar, hay que indicar que los datos utilizados para realizar esta propuesta son hipotéticos al carecer de datos reales de la empresa porque es un aspecto nuevo que quieren implementar y todavía no disponen de datos. Esta nueva propuesta consiste en incluir la auditoría que la empresa realiza a sus proveedores. En primer lugar se debe definir cómo medir y valorar este criterio. Así, el criterio *auditoría* se definiría como la puntuación obtenida en la última auditoría realizada al proveedor en la que la puntuación deseada para éste es obtener un 5. La escala de valoración que se seguiría es la siguiente.

Valor = 1, auditoría no realizada.

Valor = 2, puntuación obtenida menor que 3.

Valor = 3, puntuación obtenida igual a 3.

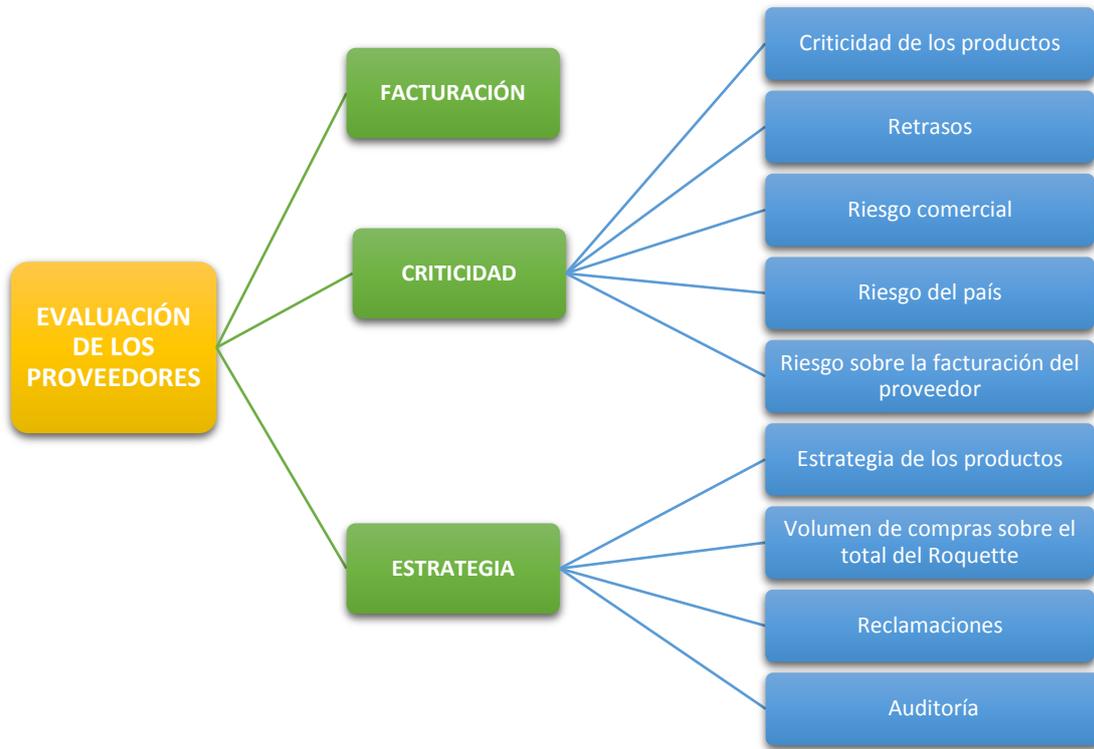
Valor = 4, puntuación obtenida mayor que 3 y hasta 4.

Valor = 5, puntuación obtenida igual o mayor que 4 (5 es el mejor valor).

Por lo que cuanto mayor sea la puntuación en la auditoría, es decir, mayor valoración en esta escala, más bueno será el proveedor. A la empresa le interesa maximizar este criterio.

Una vez definido, se incluye junto con los criterios *estrategia de los productos, volumen de compras sobre el total y reclamaciones* pertenecientes al grupo de los criterios estratégicos para la evaluación de los proveedores. Entonces se aplicaría el método AHP para determinar los pesos de cada criterio. Así como se vio con anterioridad, el primer paso es la elaboración de la jerarquía de decisión en la que además de los criterios que se consideraron con anterioridad, ahora también se incluye el criterio auditoría. Ésta se presenta en la *Figura 52*.

Figura 52. Jerarquía de decisión para la evaluación de los proveedores incluyendo la auditoría. Fuente: Elaboración propia a partir de información de Roquette Laisa.



La segunda fase del método AHP es la de establecer las prioridades mediante comparaciones por pares entre los criterios. Se necesita de la escala de valoraciones de Saaty presentada en el Capítulo 3 (Tabla 1). Cómo la variación en la evaluación de los proveedores se da en el cálculo del índice de estrategia de éstos al incluir el criterio auditoría, se va a mostrar cómo quedaría la aplicación del método AHP para éste caso, no modificando así la criticidad de los proveedores. Se ha establecido la matriz de comparaciones por pares 4x4 para la estrategia de los proveedores que se presenta en la Tabla 64 y para la que se ha obtenido un Índice de Inconsistencia inferior a 0,10, por lo que los juicios de valor que presenta son consistentes.

Tabla 64. Matriz de comparaciones por pares para la criticidad de los proveedores incluyendo la auditoría. Fuente: Elaboración Propia.

ESTRATEGIA PROVEEDORES	Estrategia de productos	Volumen compras sobre el total	Reclamaciones	Auditoría
Estrategia de productos	1	5	3	6
Volumen compras sobre el total	0,20	1	0,33	2
Reclamaciones	0,33	3,03	1	4
Auditoría	0,17	0,50	0,25	1
Suma Columnas	1,700	9,530	4,580	13,000

Y la última fase del método es que con la matriz de comparación por pares establecida se puede calcular las prioridades o los pesos relativos de cada criterio estratégico de los proveedores. Para su cálculo, primeramente se deben sumar los valores de cada columna (realizado como “suma de columnas” en la *Tabla 64*) y en segundo lugar se divide cada casilla de cada columna por el total de la columna a la que pertenece. Así se obtiene la matriz normalizada que se presenta en la *Tabla 65*.

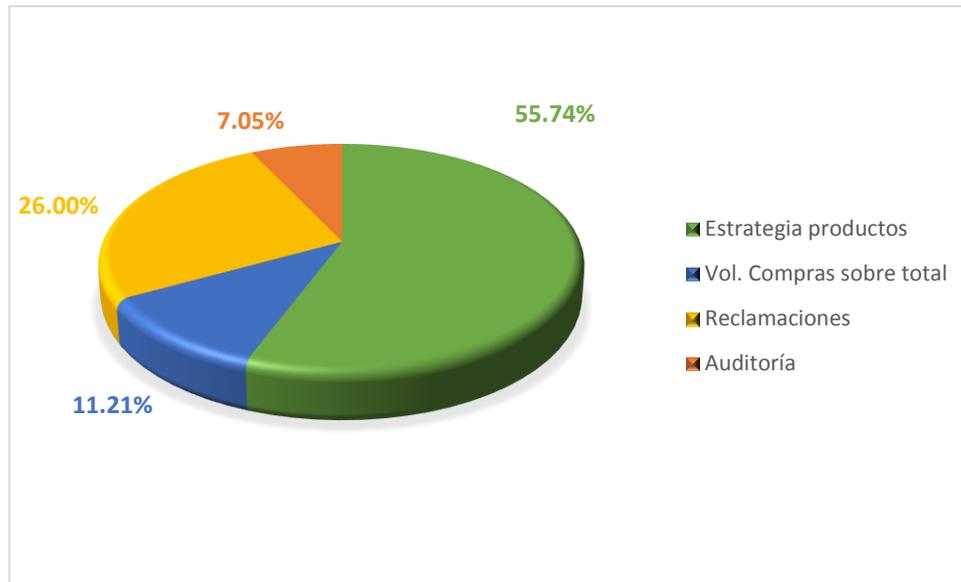
Tabla 65. Matriz normalizada para la estrategia de los proveedores incluyendo la auditoría. Fuente: Elaboración propia.

ESTRATEGIA PROVEEDORES	Estrategia productos	Vol. Compras sobre total	Reclamaciones	Auditoría
Estrategia productos	0,588	0,525	0,655	0,462
Vol. Compras sobre total	0,118	0,105	0,072	0,154
Reclamaciones	0,196	0,318	0,218	0,308
Auditoría	0,098	0,052	0,055	0,077

Finalmente, con esta matriz normalizada para la estrategia de los proveedores, se realiza el promedio de las filas sumando todos los valores de las filas de la matriz normalizada y se divide por el número de casillas que hay en una fila, obteniendo así los pesos relativos de cada criterio. Así para la estrategia de los proveedores incluyendo el criterio auditoría, los pesos obtenidos para cada criterio se presentan en la *Figura 53*.

En ella se expresa que los criterios más importantes para el índice estratégico de los proveedores una vez incluido el criterio auditoría, son el índice de estrategia de los productos con un peso del 55,74% seguido con una ponderación del 26,00% del criterio reclamaciones. Por otra parte, los criterios con menor consideración para la estrategia son el de volumen de compras sobre el total de la empresa con un peso del 11,21% y el nuevo criterio de auditoría con un peso relativo del 7,05%.

Figura 53. Pesos de los criterios estratégicos de proveedores incluyendo auditoría en porcentajes. Fuente: Elaboración propia.



Una vez obtenidos éstos, se aplicaría el método PROMETHEE para obtener un nuevo índice de estrategia para los proveedores, que junto con la criticidad y la facturación, se representaría en una matriz estratégica de clasificación de los proveedores que permite a la empresa tomar las decisiones más oportunas respecto a su cadena de suministro.

No todos los años la empresa realiza auditoría a todos los proveedores, sino que anualmente eligen de forma aleatoria los proveedores a los que realizar la auditoría. No obstante, a cada proveedor le efectúan una auditoría al menos cada cinco años. Por tanto, se medirá el criterio auditoría con el último resultado disponible. En el proceso de auditoría al proveedor se le realizan una serie de preguntas con el mismo peso agrupadas en cuatro partes, las cuales también tienen la misma importancia y que dependiendo de la respuesta dada a las cuestiones que incluye cada una, harán que el proveedor obtenga una puntuación u otra. Que el peso de todas las partes y preguntas sea el mismo es debido a un acuerdo realizado entre el departamento de calidad y el de compras. Por tanto, se propone a la empresa que aplique el método AHP para determinar la importancia de cada grupo de preguntas del formulario de la auditoría (*Figura 54*), ya que dependiendo del tipo de proveedor al que están evaluando su importancia podría ser diferente en opinión de los departamentos afectados. Esta propuesta se podría hacer de dos maneras. Bien aplicando AHP de forma colaborativa o aplicar AHP por parte de varios miembros de los departamentos afectados y después agregar la matrices de comparación mediante la media geométrica (Saaty y Peniwati, 2008; Xu, 2000).

Un ejemplo de la obtención de la puntuación global de un proveedor se observa en la *Figura 54*, donde se muestra que el proveedor 304102 obtiene en la evaluación una puntuación parcial para cada uno de los aspectos concretos en los que se agrupan las preguntas, una evaluación para las cuatro partes consideradas o aspectos generales, comercial y administración, calidad, producción y/o distribución y stock y logística, y una puntuación como

la media global de la evaluación de 4,1, lo que supone que al ser un valor cercano a 5, que es la máxima puntuación que se puede obtener, es una buena valoración para el proveedor.

Figura 54. Evaluación realizada al proveedor 304102 para el criterio auditoría. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

Proveedor		304102	
ASPECTO GENERAL	EVALUACIÓN	ASPECTOS CONCRETOS	PARCIAL
COMERCIAL ADMINISTRACIÓN	4,3	Recursos humanos	3,9
		Disponibilidad del proveedor	4,4
		Disponibilidad para la colaboración	4,5
		Posicionamiento en el mercado	4,4
		Gestión de pedidos	4,2
		Estructura del departamento de compras	4,0
		Gestión de ofertas	4,3
		Gestión de albaranes	4,6
		Gestión de facturación	4,7
		Plan de negocio	4,0
CALIDAD	4,5	Especificaciones técnicas	4,3
		Certificaciones y registros	4,5
		Legislación alimentaria aplicable	5,0
		Gestión de reclamaciones	4,5
		Seguridad	4,3
PRODUCCIÓN Y/O DISTRIBUCIÓN	3,8	Medios de producción	3,8
		Controles de producción	3,4
		Distribución	4,0
		Servicio Mantenimiento	
STOCK Y LOGÍSTICA	4,0	Stock	4,1
		Preparación	3,8
		Envío	4,2
GLOBAL	4,1		

Así que una vez visto cómo se realiza la obtención de la valoración de un proveedor en la auditoría por parte de la empresa, se va a continuar con la aplicación del método PROMETHEE para el que el primer paso es el de la creación de la tabla de evaluación de los proveedores presentada en la *Tabla 66* y que refleja los diez proveedores evaluados, los criterios estratégicos que son los que sufren variación en esta propuesta y los valores que cada proveedor tiene en cada uno de los criterios. Esta misma tabla es la que se introduce en el software D-Sight para la obtención del indicador de estrategia.

Tabla 66. Tabla de evaluación de proveedores del método PROMETHEE incluyendo la auditoría. Fuente: Elaboración propia.

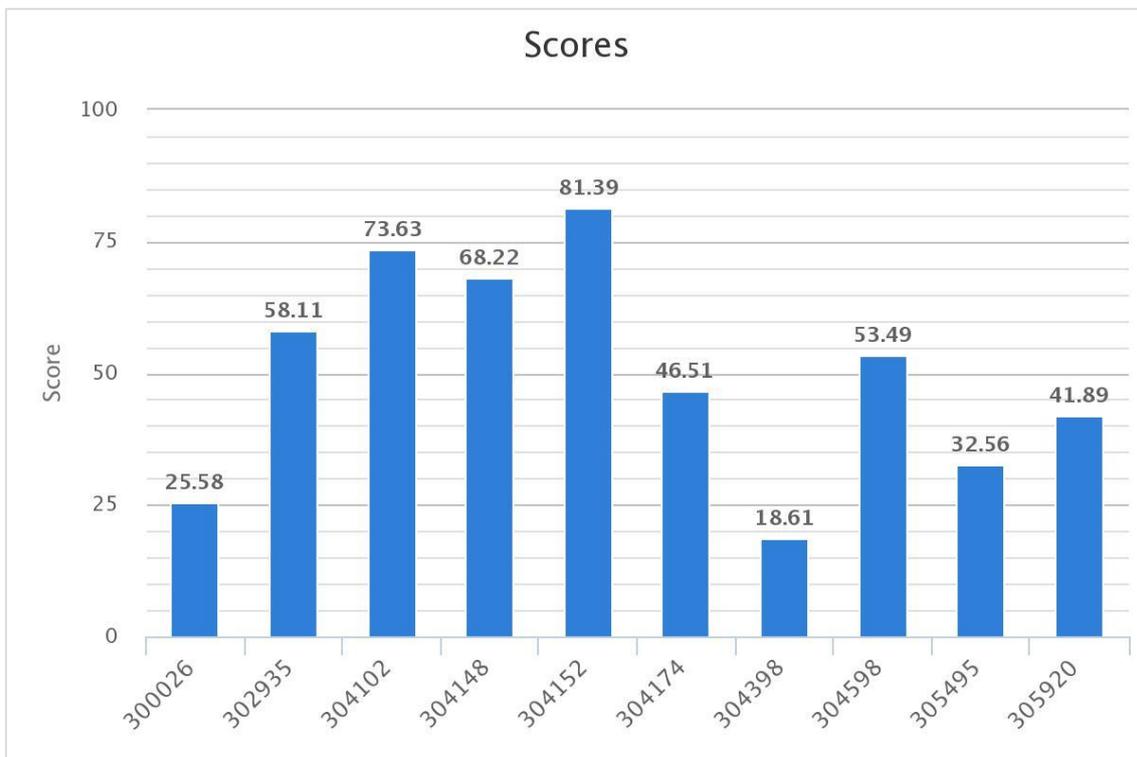
Alternativas	CRITERIOS ESTRATÉGICOS DE EVALUACIÓN			
	Proveedores	Estrategia de productos	Volumen de compra sobre el total (%)	Reclamaciones	Auditoría
300026	35,16	0,0049	0	3,29
302935	45,34	0,1327	0	3,60
304102	81,41	0,0151	0	4,10
304148	79,55	0,0078	0	4,59
304152	86,24	0,0007	0	4,70
304174	42,55	0,0015	0	3,74
304398	24,79	0,0602	0	3,10
304598	42,56	0,0009	0	3,86
305495	35,33	0,0024	0	3,52
305920	38,12	0,0699	0	4,07

Cabe recordar que los datos introducidos en la tabla son hipotéticos. Pues una vez introducida la tabla de evaluación en el software D-Sight y los pesos obtenidos, se procede a introducir los parámetros necesarios.

Para cada criterio se indica su objetivo, si se desea maximizar o minimizar su valor. Para los criterios estrategia de productos, reclamaciones y auditoría se desea maximizar su valor, y el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette se minimizará. El caso del criterio reclamaciones se maximiza ya que se ha creado una escala especial en la que el valor que recibe el proveedor se obtiene a partir de la inversa del número de reclamaciones más 1 y multiplicado por 100 para evitar decimales. Así, el valor deseado sería 100 al suponer que el proveedor no ha recibido ninguna reclamación.

Además de los objetivos, también se introduce la función de preferencia a aplicar que refleja la preferencia que el departamento afectado quiere dar a las diferencias entre el comportamiento de los proveedores para cada uno de los criterios considerados. Para los criterios estrategia de productos y auditoría, la función de preferencia a establecer sería la *usual* y para el volumen de compras sobre el total de Roquette la función sería la *lineal* como se estableció en el Apartado del 5.3 del Capítulo 5. Y para el criterio reclamaciones la función *v-shape* como se estableció también en el Apartado 5.3 del Capítulo 5. Todos estos parámetros introducidos en D-Sight, permiten la obtención del indicador de estrategia de los proveedores. Incluyendo el criterio auditoría, el valor del índice de estrategia para los proveedores evaluados se observa en la *Figura 55*.

Figura 55. Indicadores de Estrategia de los proveedores evaluados incluyendo la auditoría. Fuente: Software D-Sight.



Los resultados anteriores se deben comparar con los resultados que se obtuvieron previamente del indicador de estrategia también aplicando el método PROMETHEE sin el criterio *auditoría*. El valor del indicador de estrategia para los dos casos, aplicando PROMETHEE con el criterio auditoría y sin éste criterio, se puede observar en la *Tabla 67*.

Tabla 67. Resultados del Índice de Estrategia de los Proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	ÍNDICE ESTRATEGIA con auditoría	ÍNDICE ESTRATEGIA sin auditoría
300026	25,58	25,39
302935	58,11	60,55
304102	73,63	74,61
304148	68,22	67,58
304152	81,39	81,65
304174	46,51	46,48
304398	18,61	18,35
304598	53,49	53,52
305495	32,56	32,42
305920	41,89	39,45

En la *Tabla 67* se observa que algunos de los proveedores verían disminuido su valor del indicador de estrategia al incluir el criterio auditoría debido a que se modifican los pesos de los criterios, y otros proveedores lo verían aumentar por la misma razón. Sin embargo, la diferencia entre los dos es despreciable, pero estaría bien que la empresa también considerara las evaluaciones que les realiza a sus proveedores porque la puntuación que obtuvieran en la auditoría podría variar considerablemente el valor de su indicador de estrategia.

A continuación, con el software D-Sight se va a realizar un análisis de sensibilidad de los datos para el que el objetivo es el de aumentar el peso del criterio auditoría y observar cómo se vería afectado el índice de estrategia de los proveedores ante esta variación. Supóngase por ejemplo, que el criterio auditoría ve aumentado su peso de un 7,05% que tiene a un 20%, pero para ello sería necesario que el peso de los otros criterios se disminuyera de forma proporcional. Así pues, con el software D-Sight se puede realizar una simulación de los pesos de los criterios por la que si se introduce el cambio del peso del criterio auditoría a un 20%, se ven automáticamente modificados los pesos relativos de los demás criterios. En la *Figura 56* se presenta la herramienta proporcionada por D-Sight para realizar la simulación de los pesos.

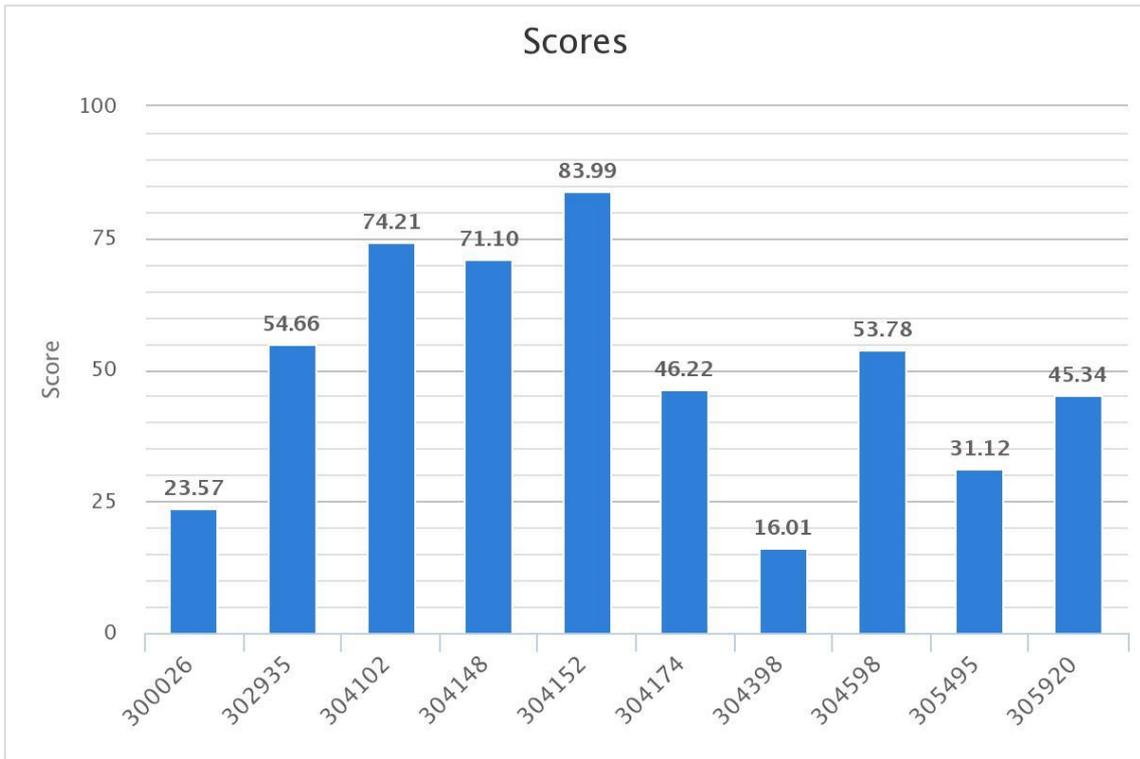
Figura 56. Herramienta de simulación de los pesos de los criterios. Fuente: Software D-Sight.



En ella se observa que si se mueve la barra correspondiente al criterio auditoría hasta un 20%, de forma automática se han visto modificados los pesos de los demás criterios. El criterio estrategia de los productos pasaría de tener un peso del 55,74% a un 47,97%. El criterio volumen de compras sería en este caso el criterio con menor importancia en la estrategia de los proveedores con un peso del 9,65% frente al 11,21% que tenía anteriormente. Y el criterio reclamaciones seguiría siendo el segundo criterio con mayor consideración sobre el índice con un 22,38% frente a un 26,00% que tenía, pero le seguiría muy de cerca el criterio auditoría que vería aumentada considerablemente su importancia sobre el índice de estrategia de los proveedores.

Con estos nuevos pesos se obtiene un nuevo índice de estrategia de los proveedores evaluados para el que, como se observa en la *Figura 57* y comparando con la *Figura 55*, los proveedores 304102, 304148 y 304152 siguen siendo los proveedores con los valores más altos. Además han visto aumentado su índice de estrategia, lo cual es bueno para el proveedor basándose en que 100 es el mejor valor en D-Sight, al ser los proveedores que más puntuación tienen en el criterio auditoría y verse el peso de éste aumentado hasta un 20%. Y en cuanto al proveedor 304398 sigue siendo el de menor valor, seguido del proveedor 300026. Además estos proveedores también han visto variar su índice de estrategia, disminuyendo su valor al ser los proveedores con menor puntuación en la auditoría y haber aumentado el peso de éste.

Figura 57. Indicadores de Estrategia de los proveedores evaluados incluyendo la auditoría para el análisis de sensibilidad. Fuente: Software D-Sight.



7 CONCLUSIONES

En muchas empresas la evaluación y selección de proveedores es un problema fundamental en la gestión de la cadena de suministro. Los trabajos publicados hasta el momento se centran en la evaluación de proveedores con el objetivo de seleccionar los mejores para un determinado producto. No obstante, se necesita evaluar a los proveedores con la finalidad de ser homologados e incorporados al panel de proveedores de la empresa, y también con el objetivo de realizarles un seguimiento sistemático de su comportamiento para que la empresa, a la vista de los resultados, pueda decidir sobre cuál es la mejor estrategia de gestión de compras a aplicar.

En este TFG se ha revisado la metodología actual de evaluación de los productos y los proveedores de la empresa Roquette Laisa España, S.A. Su metodología consiste en la obtención de unos indicadores agregados de criticidad y estrategia, tanto de los productos como de los proveedores, que permiten a la empresa clasificarlos y representarlos en un gráfico de burbujas que indica cuál es la mejor estrategia a seguir.

En primer lugar, la empresa define los criterios de evaluación tanto para los productos como sus proveedores, agrupados en dos categorías, los que dependen del mercado y que se utilizan para el cálculo del índice de criticidad, y los que se refieren a operaciones que afectan internamente a la empresa y que sirven para obtener el índice de estrategia, tanto de productos como proveedores. La empresa utiliza el método AHP para el cálculo de los pesos que reflejan la importancia que el personal del departamento de compras atribuye a cada uno de los criterios considerados en la evaluación. A continuación, la empresa establece una función de valor que refleja el comportamiento que cada producto, o proveedor según el caso, presenta para cada criterio. Entonces, los resultados obtenidos por los productos y proveedores en cada uno de los criterios, según la función de valor establecida, se ponderan por el peso de los criterios obteniendo así los indicadores de criticidad y estrategia. Una vez se tienen estos indicadores, se representan, junto con el valor de la facturación, en un gráfico que pone de manifiesto qué proveedores son muy críticos y estratégicos para la empresa y con los que deben asociarse, cuáles son muy estratégicos y poco críticos con los que conviene establecer contratos a largo plazo, cuáles son poco estratégicos y poco críticos para los que interesa seguir políticas de precios, y por último, cuáles se deben analizar cuidadosamente, ya que no son estratégicos para la empresa pero que tienen un alto índice de criticidad.

Una conclusión importante de este TFG es la propuesta de implantar una nueva metodología para el cálculo de los indicadores de criticidad y estrategia que supera algunas debilidades existentes en el método actual de la empresa, debidas principalmente al carácter compensatorio del mismo por el que los valores malos que obtiene un producto o proveedor en un criterio se compensan con los valores buenos obtenidos en otros criterios. Por tanto, es posible que dos productos que se comportan de manera diferente puedan obtener indicadores de criticidad o estrategia iguales o muy similares. Por otra parte, el método multicriterio PROMETHEE, al ser un método basado en relaciones de superación (método *outranking*), elimina estos problemas realizando comparaciones por pares entre productos o proveedores, consiguiendo diferenciar el comportamiento existente entre varios productos entre sí, y de forma análoga entre varios proveedores. En particular, esta propuesta resuelve el efecto que

produce la consideración de las reclamaciones en el índice de estrategia de los proveedores con el método actual de la empresa.

Así, se ha aplicado el método PROMETHEE en la evaluación de los productos y los proveedores para obtener los indicadores de criticidad y estrategia, teniendo en cuenta los criterios y sus pesos relativos (los obtenidos con la técnica AHP), sus objetivos y las funciones de preferencia establecidos para cada uno de ellos. Además se ha realizado una clasificación, tanto de los productos como de los proveedores, con el índice de criticidad y estrategia de cada uno de ellos permitiendo a la empresa tomar las mejores decisiones estratégicas en su gestión de compras según la zona en la que se encuentran. Existen diferencias con la clasificación realizada por la empresa, al utilizar ésta un método compensatorio que tiene en cuenta los valores que cada uno obtiene para cada criterio, frente a PROMETHEE que es un método basado en las comparaciones por pares entre productos o entre proveedores que logra diferenciar más su comportamiento. Por tanto, se considera más conveniente para la empresa aplicar este método con el que se obtendrían resultados más robustos que los calculados con el método aplicado por la empresa.

Para evaluar tanto los productos como los proveedores, en este TFG se ha aplicado el método PROMETHEE con el software profesional D-Sight Web, que es una herramienta con numerosas capacidades gráficas para analizar los resultados obtenidos, además de permitir análisis de sensibilidad y observar cómo afectan los cambios en los datos a los resultados de los índices de criticidad y estrategia. Sin embargo, algunas empresas como Roquette no desean depender de software externo. Por este motivo, se ha realizado una aplicación Excel del método PROMETHEE, con la finalidad de facilitar a la empresa la utilización de este método mediante la hoja de cálculo Excel.

Además, se propone otra alternativa a la implantación de PROMETHEE que requiere la modificación del método de la empresa para adecuarlo a la Teoría del Valor Multi-atributo, que es un método más similar al que la empresa utiliza en cuanto al procedimiento de cálculo de los indicadores de criticidad y estrategia. No obstante, la empresa debería modificar las escalas de valoración por las que siempre lo mejor en un producto o proveedor en cada criterio sería obtener el mayor valor de la escala y no el más bajo como lo tienen establecido en la actualidad. De esta manera la empresa podría evaluar sus productos y proveedores mediante un método que resuelve algunas deficiencias de su actual metodología.

Se han realizado también dos propuestas más de mejora para la evaluación de los proveedores. La primera consistente en una nueva propuesta multicriterio de evaluación de los proveedores con la finalidad de incorporarlos al panel de proveedores homologados, aplicando la citada técnica conocida como Teoría del Valor Multi-atributo. En este caso se incluyen los criterios técnicos que la empresa tiene actualmente establecidos y otros de carácter económico que son los criterios estratégicos que la empresa no considera en su método actual, pero que desea incorporarlos a las decisiones de homologación de proveedores. Y la segunda propuesta hace referencia a los resultados de la auditoría que la empresa realiza a los proveedores de su panel. Se propone incluir como un criterio estratégico

adicional para la evaluación de los proveedores, ya que la puntuación que los proveedores obtuvieran en la auditoría, podría hacer variar considerablemente el valor del índice de estrategia de los proveedores. En este sentido, el resultado de la auditoría podría obtenerse dando distintos pesos a las cuatro partes del cuestionario, dependiendo del tipo de proveedor, aplicado la técnica AHP de forma colaborativa entre el departamento de compras y el de calidad. Actualmente todas las preguntas y grupos de preguntas tienen el mismo peso en el resultado final de la auditoría a proveedores.

Cabe añadir que la empresa podría mejorar su sistema de gestión de compras aplicando las técnicas multicriterio propuestas, estudiadas en la titulación, que les permitirían mejorar la gestión de la cadena de suministro y que representa el primer paso para integrar mediante una buena metodología de toma de decisiones los distintos aspectos técnicos, económicos y de calidad de sus proveedores. La evaluación de productos y proveedores debe llevarse a cabo a través de un único sistema de ayuda a la toma de decisiones en el que se integren todos los criterios y datos desde la fase inicial de homologación de proveedores, las evaluaciones anuales de compras y las auditorías realizadas cada varios años. En la implantación de las herramientas de toma de decisiones y en particular de las técnicas multicriterio se debe tener en cuenta todas las ventajas e inconvenientes, por lo que habrá que considerar la facilidad de aplicación y que la utilización de técnicas más elaboradas se realice gradualmente.

Por último, las propuestas de gestión realizadas en este TFG para los productos químicos se pueden aplicar a otras fábricas del grupo Roquette y otros tipos de productos, definiendo los criterios, funciones de preferencia o funciones de valor adecuadas a cada caso. La metodología propuesta también es de aplicación a otro tipo de empresas y en particular en la industria agroalimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

ARTÍCULOS Y LIBROS

ALÓS GONZALVO, D. (2013). *Clasificación de los proveedores de la empresa Roquette Laisa España, S.A. mediante técnicas multicriterio*. Directora: Concepción Maroto Álvarez. Trabajo Final de Carrera. Valencia: Universitat Politècnica de València.

ARAZ, C. Y OZKARAHAN, I. (2007). "Supplier evaluation and management system for strategic sourcing base on a new multicriteria sorting procedure" en *International Journal of Production Economics*, nº 106, p.585-215.

BELTON, V. Y STEWART, T.J (2003). *Multiple Criteria Decision Analysis – an integrated approach*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

BRANS, J.P Y MARESCHAL, B. (2005). "PROMETHEE Methods" en Figueira, J., Greco, S. y Ehrgott, M. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art surveys*. Brussels, Belgium: Springer. Capítulo 5, p.163-195.

HO, W., XU, X. Y DEY, P.K. (2010). "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review" en *European Journal of Operational Research*, nº 202, p.16-24.

MAROTO, C., ALCARAZ, J., GINESTAR, C. Y SEGURA, M. (2012). *Investigación Operativa en Administración y Dirección de Empresas*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

MAROTO, C., ALÓS, D., CUARTERO, J., GINER, S., SEGURA, M. Y SEGURA, B. (2014). "Purchasing management by using a hybrid multiple criteria approach based on PROMETHEE method" en *International MCDA Workshop on PROMETHEE: Research and Case Studies*. Brussels, Belgium. 22 de Enero.

MAROTO, C., ALÓS, D., CUARTERO, J., GINER, S., SEGURA, M. Y SEGURA, B. (2014). "New methodology for evaluating and classifying suppliers based on an outranking approach" en *20 th Triennial Conference for the International Federation Of Operational Research Societies*. Barcelona. 13-18 de Julio.

SAATY, T.L. (1997). *Toma de decisiones para líderes. El proceso analítico jerárquico. La toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburgh, USA: RWS Publications.

SAATY, T.L. Y PENIWATI, K. (2008). *Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences*. Pittsburgh, USA: RWS Publications.

XU, Z. (2000). "On consistency of weighted geometric mean complex judgment matrix in AHP" en *European Journal of Operational Research*, nº 126, p.683-687.

DOCUMENTOS DIGITALES Y SOFTWARE

BHUSHAN, N. Y RAI, K. (2004). "The Analytic Hierarchy Process" en *Strategic Decision Making. Applying the Analytic Hierarchy Process*. Bangalore, India. Capítulo 2, p.11-21.

<<http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=c35YVifvGekC&oi=fnd&pg=PR5&dq=place+of+publication+of+Strategic+Decision+Making+Applying+the+Analytic+Hierarchy+Process&ots=ERy0SaZJPZ&sig=yp60dh-NEWkeYLj4ssgimbZt33c#v=onepage&q&f=false>> [Consulta: 12 de Diciembre de 2014].

COFACE (2014). *Country Risk Map*.

<http://www.coface.com/Economic-Studies-and-Country-Risks> [Consulta: 16 de Enero de 2015].

D-SIGHT CDM (2014). Utilizado para la aplicación del método PROMETHEE en este TFG.

<<http://www.d-sight.com/>>

E-INFORMA (2014). *Informe de Riesgo Comercial*.

<<http://www.einforma.com/informe-riesgo-comercial>> [Consulta: 15 de Enero de 2015].

ROQUETTE FRÈRES, S.A. (2014).

<<http://www.roquette.com/>> [Consulta: Noviembre 2014].

ROQUETTE FRÈRES, S.A. *Sustainable Development and Activity Report 2013*.

<<http://www.roquette.com/media/deliacms/media//83/8392-c0e6be.pdf>> [Consulta: 6 de Noviembre de 2014].

VALENCIA PLAZA (2014). *Ranking de Empresas CV 2014*.

<<http://www.valenciaplaza.com/rankings/lista/general>> [Consulta: 10 de Noviembre de 2014].

VAN HERWIJNEN, M. *Multi-attribute value theory (MAVT)*. Documento de trabajo. Amsterdam, The Netherlands: Vrije-Universiteit.

<http://www.ivm.vu.nl/en/images/mca1_tcm53-161527.pdf> [Consulta 18 de Febrero de 2015].

XU, L. Y YANG, J.B. (2001). *Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach*. Documento de trabajo. Manchester, United Kingdom: Manchester School of Management, University of Manchester Institute of Science and Technology.

<https://php.portals.mbs.ac.uk/Portals/49/docs/jyang/XuYang_MSM_WorkingPaperFinal.pdf> [Consulta 13 de Diciembre de 2014].

ANEXOS

ANEXO 1. ESCALAS DE VALORACIÓN DE CRITERIOS

1. Evaluación de los productos

Para el criterio *plazo de entrega* utilizado para el cálculo del índice de criticidad de los productos, se ha establecido la escala de valoración reflejada en la *Tabla A1.1* por la que a partir de los 50 días que hace que se realizó el pedido hasta que se recibió en la fábrica, es cuando se le asigna al producto la mayor criticidad con el máximo valor de 5. Cada uno de los días situados en el intervalo de los 0 a los 50 días, tiene un valor concreto de criticidad, el cual se incrementa a medida que el plazo se alarga. Por lo que se definió que para este criterio lo más conveniente para la empresa era su minimización, es decir, será menos crítico aquel producto con un menor plazo de entrega.

La misma interpretación se observa en la *Figura A1.1*, por la que a más días, mayor valor, con lo que más críticos serán los productos. Además se puede ver que el intervalo de los 0 días a los 50, la criticidad aumenta de forma lineal, sin embargo, a partir de los 50 días todos reciben un valor de 5 según la escala establecida.

Figura A1. 1. Función representativa de los valores para el criterio plazo de entrega. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

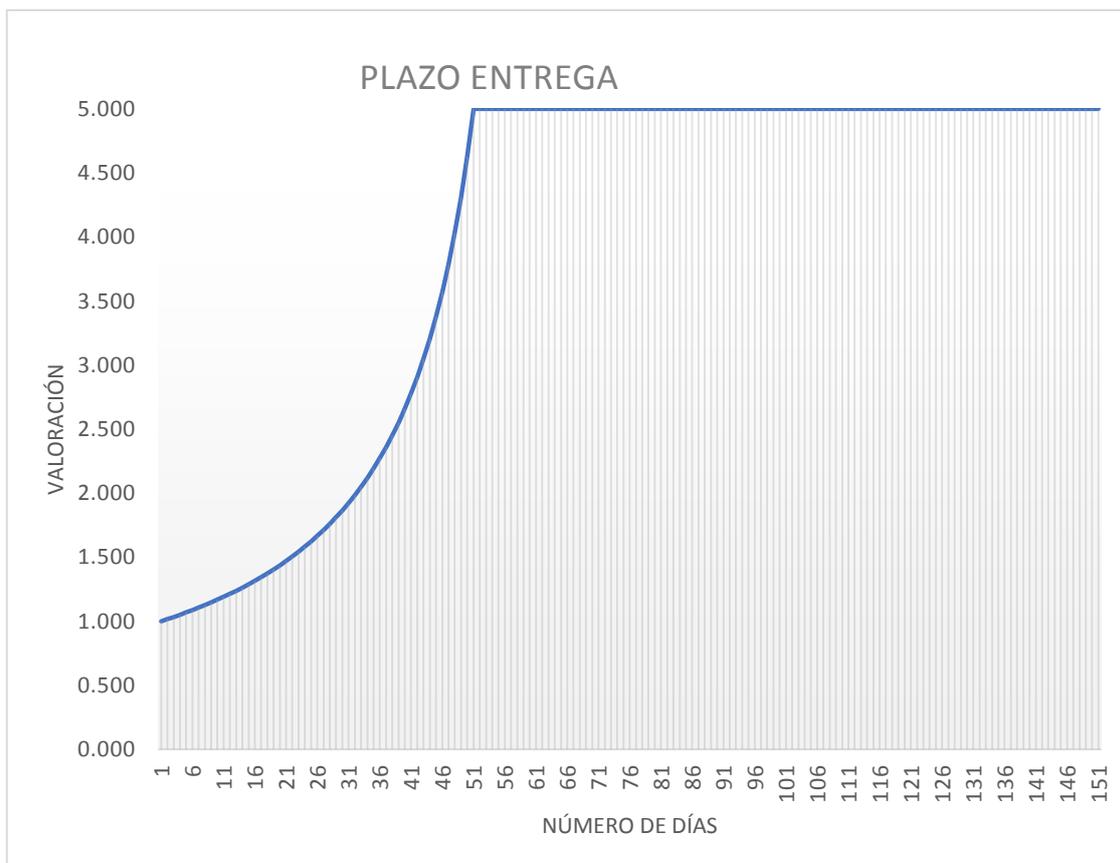


Tabla A1. 1. Escala de valoración del criterio plazo de entrega para el cálculo del índice de criticidad de los productos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

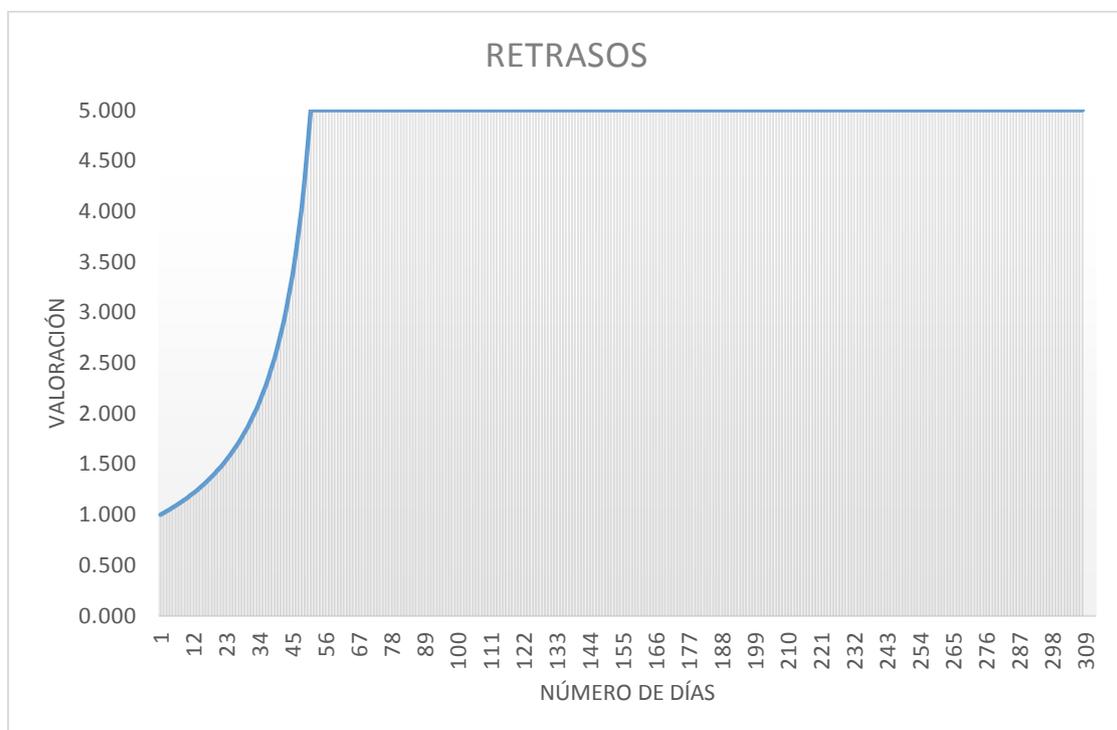
PLAZO ENTREGA		
Nº días	Escala Roquette 1	Escala Roquette 2
0	5,000	1,000
1	4,920	1,016
2	4,840	1,033
3	4,760	1,050
4	4,680	1,068
5	4,600	1,087
6	4,520	1,106
7	4,440	1,126
8	4,360	1,147
9	4,280	1,168
10	4,200	1,190
11	4,120	1,214
12	4,040	1,238
13	3,960	1,263
14	3,880	1,289
15	3,800	1,316
16	3,720	1,344
17	3,640	1,374
18	3,560	1,404
19	3,480	1,437
20	3,400	1,471
21	3,320	1,506
22	3,240	1,543
23	3,160	1,582
24	3,080	1,623
25	3,000	1,667
26	2,920	1,712
27	2,840	1,761
28	2,760	1,812
29	2,680	1,866
30	2,600	1,923
31	2,520	1,984
32	2,440	2,049
33	2,360	2,119
34	2,280	2,193
35	2,200	2,273
36	2,120	2,358
37	2,040	2,451
38	1,960	2,551
39	1,880	2,660
40	1,800	2,778
41	1,720	2,907
42	1,640	3,049
43	1,560	3,205
44	1,480	3,378
45	1,400	3,571
46	1,320	3,788
47	1,240	4,032
48	1,160	4,310
49	1,080	4,630
≥50	1,000	5,000

La escala de valoración anterior es la utilizada también para el criterio *factor de aprovisionamiento* incluido en el grupo de los criterios considerados para el cálculo del indicador de criticidad de los productos, con la criticidad máxima de un plazo de 50 días. Para éste lo más idóneo es la minimización de su valor, a menos días, más rotación tendrá el producto en la empresa y menos crítico será para Roquette.

2. Evaluación de los proveedores

Para el criterio *retrasos* considerado para el cálculo del indicador de criticidad de los proveedores, la función que la empresa utiliza para valorar este criterio se presenta en la *Figura A1.2* por la que en cada uno de los días situados en el intervalo de los 0 a los 50 días, tiene un valor concreto, el cual se incrementa a medida que el plazo se alarga.

Figura A1. 2. Función representativa de los valores para el criterio retrasos. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.



El criterio referente al volumen de facturación que representa cada proveedor sobre el total de compras de Roquette, está expresado en porcentajes e incluido en el grupo de criterios estratégicos de los proveedores. Es importante para la empresa que la cifra de compras que realiza a cada proveedor, sea lo más pequeña posible ya que así éste no depende en exceso de las compras que Roquette les realiza, es decir, que el objetivo es minimizar este criterio.

En la función que la empresa utiliza para valorar este criterio (*Figura A1.3*) se observa que cada punto porcentual del 0 al 20% recibe un valor concreto, incrementándose linealmente a mayor porcentaje de volumen de compras.. Esta función del comportamiento del criterio también se presenta en la *Tabla A1.2*.

Figura A1. 3. Función representativa de los valores para el criterio volumen de compras sobre el total de Roquette. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

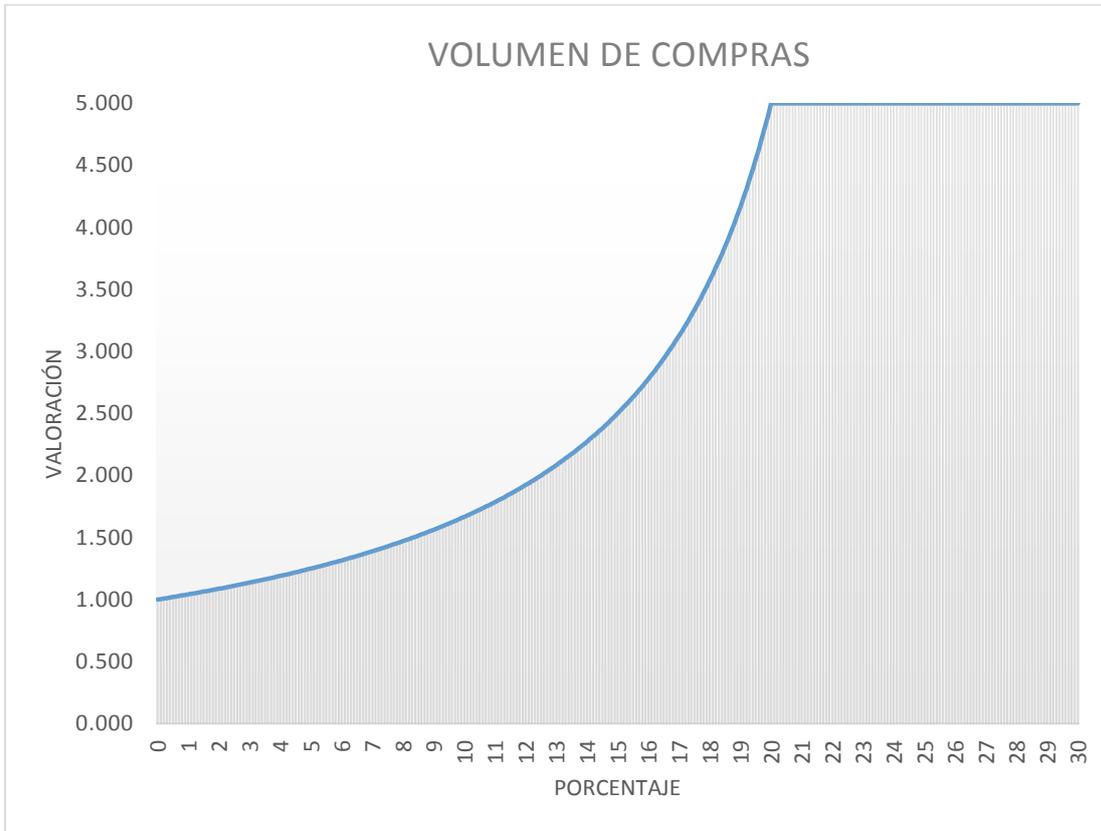


Tabla A1. 2. Escala de valoración del criterio volumen de compras para el cálculo de la estrategia de los proveedores. Fuente: Roquette Laisa España, S.A.

VOLUMEN COMPRAS					
% compras	Escala Roquette				
0	1,000	6,60	1,359	13,40	2,155
0,10	1,004	6,70	1,366	13,50	2,174
0,20	1,008	6,80	1,374	13,60	2,193
0,30	1,012	6,90	1,381	13,70	2,212
0,40	1,016	7	1,389	13,80	2,232
0,50	1,020	7,10	1,397	13,90	2,252
0,60	1,025	7,20	1,404	14	2,273
0,70	1,029	7,30	1,412	14,10	2,294
0,80	1,033	7,40	1,420	14,20	2,315
0,90	1,037	7,50	1,429	14,30	2,336
1	1,042	7,60	1,437	14,40	2,358
1,10	1,046	7,70	1,445	14,50	2,381
1,20	1,050	7,80	1,453	14,60	2,404
1,30	1,055	7,90	1,462	14,70	2,427
1,40	1,059	8	1,471	14,80	2,451
1,50	1,064	8,10	1,479	14,90	2,475
1,60	1,068	8,20	1,488	15	2,500
1,70	1,073	8,30	1,497	15,10	2,525
1,80	1,078	8,40	1,506	15,20	2,551
1,90	1,082	8,50	1,515	15,30	2,577
2	1,087	8,60	1,524	15,40	2,604
2,10	1,092	8,70	1,534	15,50	2,632
2,20	1,096	8,80	1,543	15,60	2,660
2,30	1,101	8,90	1,553	15,70	2,688
2,40	1,106	9	1,562	15,80	2,717
2,50	1,111	9,10	1,572	15,90	2,747
2,60	1,116	9,20	1,582	16	2,778
2,70	1,121	9,30	1,592	16,10	2,809
2,80	1,126	9,40	1,603	16,20	2,841
2,90	1,131	9,50	1,613	16,30	2,874
3	1,136	9,60	1,623	16,40	2,907
3,10	1,142	9,70	1,634	16,50	2,941
3,20	1,147	9,80	1,645	16,60	2,976
3,30	1,152	9,90	1,656	16,70	3,012
3,40	1,157	10	1,667	16,80	3,049
3,50	1,163	10,10	1,678	16,90	3,086
3,60	1,168	10,20	1,689	17	3,125
3,70	1,174	10,30	1,701	17,10	3,165
3,80	1,179	10,40	1,712	17,20	3,205
3,90	1,185	10,50	1,724	17,30	3,247
4	1,190	10,60	1,736	17,40	3,289
4,10	1,196	10,70	1,748	17,50	3,333
4,20	1,202	10,80	1,761	17,60	3,378
4,30	1,208	10,90	1,773	17,70	3,425
4,40	1,214	11	1,786	17,80	3,472
4,50	1,220	11,10	1,799	17,90	3,521
4,60	1,225	11,20	1,812	18	3,571
4,70	1,232	11,30	1,825	18,10	3,623
4,80	1,238	11,40	1,838	18,20	3,676
4,90	1,244	11,50	1,852	18,30	3,731
5	1,250	11,60	1,866	18,40	3,788
5,10	1,256	11,70	1,880	18,50	3,846
5,20	1,263	11,80	1,894	18,60	3,906
5,30	1,269	11,90	1,908	18,70	3,968
5,40	1,276	12	1,923	18,80	4,032
5,50	1,282	12,10	1,938	18,90	4,098
5,60	1,289	12,20	1,953	19	4,167
5,70	1,295	12,30	1,969	19,10	4,237
5,80	1,302	12,40	1,984	19,20	4,310
5,90	1,309	12,50	2,000	19,30	4,386
6	1,316	12,60	2,016	19,40	4,464
6,10	1,323	12,70	2,033	19,50	4,545
6,20	1,330	12,80	2,049	19,60	4,630
6,30	1,337	12,90	2,066	19,70	4,717
6,40	1,344	13	2,083	19,80	4,808
6,50	1,351	13,10	2,101	19,90	4,902
		13,20	2,119	≥20	5,000
		13,30	2,137		

Tabla A1. 3. Escala de valoración del criterio retrasos con MAVT. Fuente: Elaboración propia.

RETRASOS		
Nº días	Escala 1	Escala 2
0	1,000	5,000
1	1,080	4,630
2	1,160	4,310
3	1,240	4,032
4	1,320	3,788
5	1,400	3,571
6	1,480	3,378
7	1,560	3,205
8	1,640	3,049
9	1,720	2,907
10	1,800	2,778
11	1,880	2,660
12	1,960	2,551
13	2,040	2,451
14	2,120	2,358
15	2,200	2,273
16	2,280	2,193
17	2,360	2,119
18	2,440	2,049
19	2,520	1,984
20	2,600	1,923
21	2,680	1,866
22	2,760	1,812
23	2,840	1,761
24	2,920	1,712
25	3,000	1,667
26	3,080	1,623
27	3,160	1,582
28	3,240	1,543
29	3,320	1,506
30	3,400	1,471
31	3,480	1,437
32	3,560	1,404
33	3,640	1,374
34	3,720	1,344
35	3,800	1,316
36	3,880	1,289
37	3,960	1,263
38	4,040	1,238
39	4,120	1,214
40	4,200	1,190
41	4,280	1,168
42	4,360	1,147
43	4,440	1,126
44	4,520	1,106
45	4,600	1,087
46	4,680	1,068
47	4,760	1,050
48	4,840	1,033
49	4,920	1,016
≥50	5,000	1,000

Figura A1. 4. Función representativa del criterio volumen de compras sobre el total de Roquette con MAVT.
Fuente: Elaboración propia.

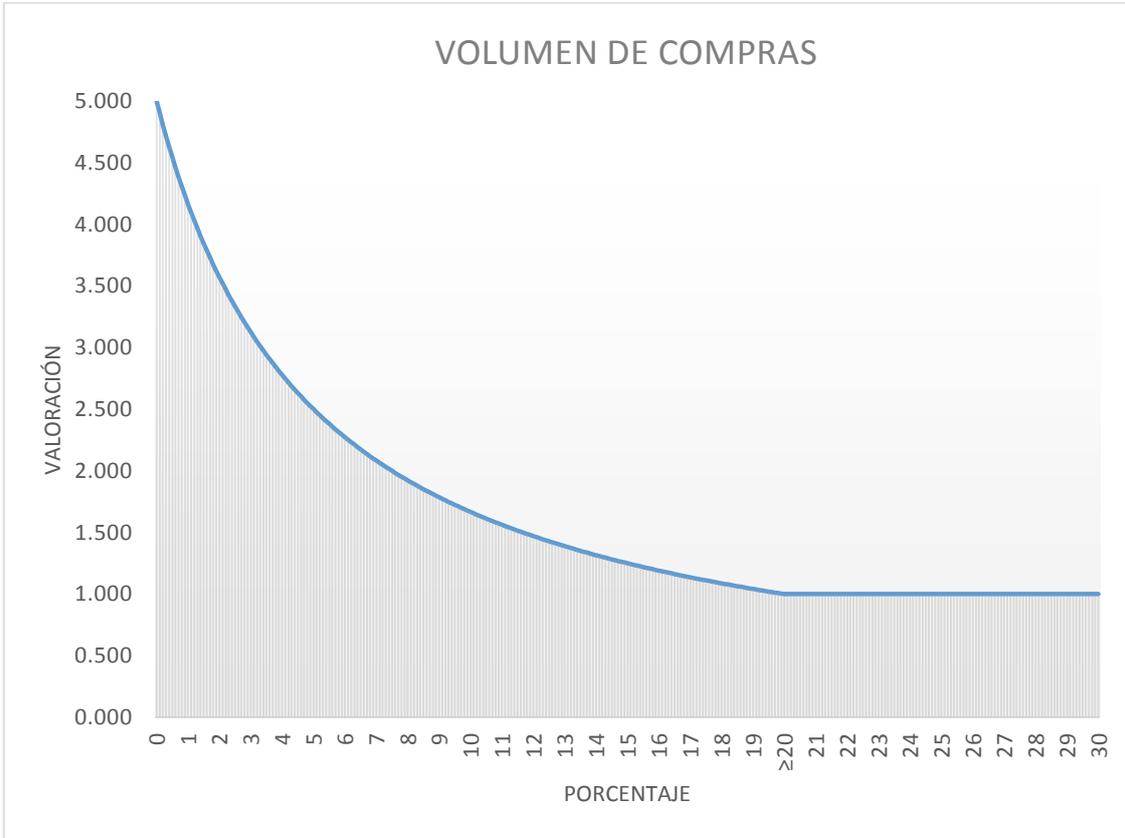


Tabla A1. 4. Escala de valoración del criterio volumen de compras para el cálculo de la estrategia de los proveedores con MAVT. Fuente: Elaboración propia.

VOLUMEN COMPRAS					
% compras	Escala				
0	5,000	6,60	2,155	13,40	1,359
0,10	4,902	6,70	2,137	13,50	1,351
0,20	4,808	6,80	2,119	13,60	1,344
0,30	4,717	6,90	2,101	13,70	1,337
0,40	4,630	7	2,083	13,80	1,330
0,50	4,545	7,10	2,066	13,90	1,323
0,60	4,464	7,20	2,049	14	1,316
0,70	4,386	7,30	2,033	14,10	1,309
0,80	4,310	7,40	2,016	14,20	1,302
0,90	4,237	7,50	2,000	14,30	1,295
1	4,167	7,60	1,984	14,40	1,289
1,10	4,098	7,70	1,969	14,50	1,282
1,20	4,032	7,80	1,953	14,60	1,276
1,30	3,968	7,90	1,938	14,70	1,269
1,40	3,906	8	1,923	14,80	1,263
1,50	3,846	8,10	1,908	14,90	1,256
1,60	3,788	8,20	1,894	15	1,250
1,70	3,731	8,30	1,880	15,10	1,244
1,80	3,676	8,40	1,866	15,20	1,238
1,90	3,623	8,50	1,852	15,30	1,232
2	3,571	8,60	1,838	15,40	1,225
2,10	3,521	8,70	1,825	15,50	1,220
2,20	3,472	8,80	1,812	15,60	1,214
2,30	3,425	8,90	1,799	15,70	1,208
2,40	3,378	9	1,786	15,80	1,202
2,50	3,333	9,10	1,773	15,90	1,196
2,60	3,289	9,20	1,761	16	1,190
2,70	3,247	9,30	1,748	16,10	1,185
2,80	3,205	9,40	1,736	16,20	1,179
2,90	3,165	9,50	1,724	16,30	1,174
3	3,125	9,60	1,712	16,40	1,168
3,10	3,086	9,70	1,701	16,50	1,163
3,20	3,049	9,80	1,689	16,60	1,157
3,30	3,012	9,90	1,678	16,70	1,152
3,40	2,976	10	1,667	16,80	1,147
3,50	2,941	10,10	1,656	16,90	1,142
3,60	2,907	10,20	1,645	17	1,136
3,70	2,874	10,30	1,634	17,10	1,131
3,80	2,841	10,40	1,623	17,20	1,126
3,90	2,809	10,50	1,613	17,30	1,121
4	2,778	10,60	1,603	17,40	1,116
4,10	2,747	10,70	1,592	17,50	1,111
4,20	2,717	10,80	1,582	17,60	1,106
4,30	2,688	10,90	1,572	17,70	1,101
4,40	2,660	11	1,562	17,80	1,096
4,50	2,632	11,10	1,553	17,90	1,092
4,60	2,604	11,20	1,543	18	1,087
4,70	2,577	11,30	1,534	18,10	1,082
4,80	2,551	11,40	1,524	18,20	1,078
4,90	2,525	11,50	1,515	18,30	1,073
5	2,500	11,60	1,506	18,40	1,068
5,10	2,475	11,70	1,497	18,50	1,064
5,20	2,451	11,80	1,488	18,60	1,059
5,30	2,427	11,90	1,479	18,70	1,055
5,40	2,404	12	1,471	18,80	1,050
5,50	2,381	12,10	1,462	18,90	1,046
5,60	2,358	12,20	1,453	19	1,042
5,70	2,336	12,30	1,445	19,10	1,037
5,80	2,315	12,40	1,437	19,20	1,033
5,90	2,294	12,50	1,429	19,30	1,029
6	2,273	12,60	1,420	19,40	1,025
6,10	2,252	12,70	1,412	19,50	1,020
6,20	2,232	12,80	1,404	19,60	1,016
6,30	2,212	12,90	1,397	19,70	1,012
6,40	2,193	13	1,389	19,80	1,008
6,50	2,174	13,10	1,381	19,90	1,004
		13,20	1,374	≥20	1,000
		13,30	1,366		

ANEXO 2. RESULTADOS PARA EL TOTAL DE PRODUCTOS Y PROVEEDORES EVALUADOS

1. Indicadores de criticidad y estrategia del total de productos evaluados

En la *Tabla A2.1* quedan reflejados los indicadores de criticidad, estrategia y facturación obtenidos con la aplicación del método PROMETHEE con el software D-Sight para el total de 70 productos evaluados los cuales se han utilizado para la evaluación de los productos.

Tabla A2. 1. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los productos con el método PROMETHEE.
Fuente: Elaboración propia.

Productos	Índice Criticidad	Índice Estrategia	Facturación (euros)
10128257	53,72	34,96	171.680,00
10130156	56,86	35,21	94.286,40
10145830	53,58	35,36	9.107,00
10320000	31,15	38,12	1.308.300,70
10320000	31,15	38,12	1.308.300,70
10480001	30,74	42,55	18.880,04
10480201	30,27	48,32	54.120,96
13800200	58,65	79,55	103.759,82
15800157	58,13	34,88	195.904,80
15800361	58,31	35,34	22.938,00
15810103	56,42	35,34	24.332,00
15810105	52,47	35,16	108.072,00
15810113	53,39	34,84	206.590,00
15810113	53,39	34,84	206.590,00
15810150	56,28	35,36	13.250,00
15810210	52,65	35,24	81.506,00
15810706	53,39	35,11	125.313,00
15810706	53,39	35,11	125.313,00
15840102	29,49	54,88	8.260,00
16040001	58,93	86,24	8.238,26
16070712	30,40	34,93	180.432,00
16110001	58,65	22,63	1.208.672,38
16110001	58,65	22,63	1.208.672,38
16110001	58,65	22,63	1.208.672,38
16110301	30,83	79,75	1.345,00
16120000	37,40	24,42	699.060,12
16120000	37,40	24,42	699.060,12
16125000	30,55	48,39	992,25
16170000	58,51	48,34	40.296,27
16170003	57,52	22,21	1.742.251,35
16170003	57,52	22,21	1.742.251,35
16170003	57,52	22,21	1.742.251,35
16170003	57,52	22,21	1.742.251,35
16210202	59,35	79,75	2.459,99
16570000	23,80	34,86	199.766,60
16570000	23,80	34,86	199.766,60
16740001	30,83	42,50	59.290,00
16800002	29,86	35,33	31.952,02
16959104	58,47	58,24	9.370,27
16980007	58,88	86,25	2.754,60
17100000	27,96	54,89	4.983,48
20011197	58,93	42,56	10.875,00
20016721	59,44	79,70	39.050,37
20017319	28,98	25,90	353.039,00
20021470	58,40	34,92	182.455,00
20021813	57,82	79,73	12.976,10
20022319	30,23	42,53	36.385,20
20028492	57,42	34,54	285.646,54
20031096	58,84	85,93	141.680,00
20033483	59,26	79,71	27.174,74
20033483	59,26	79,71	27.174,74
20039712	29,86	48,29	66.581,00
20056398	30,60	30,87	1.364.121,60
20060617	58,37	72,49	56.295,00
20060617	58,37	72,49	56.295,00
20061902	58,79	86,14	76.296,00
20063202	59,53	79,73	13.485,09
20063230	59,26	79,75	1.040,00
20072315	58,75	86,15	69.331,50
20072769	56,70	79,73	15.675,00
20076849	58,47	48,37	13.308,75
20079161	58,75	86,20	38.608,50
20081072	58,05	79,74	9.275,00
20081242	58,31	86,23	18.150,00
20081307	58,70	58,25	843,78
20081579	53,01	35,37	5.362,50
20081580	54,14	35,32	41.832,00
20081806	59,02	66,74	113,29
20082728	58,88	72,54	1.640,00

En la *Figura A2.1* quedan representados los valores del indicador de criticidad para cada uno de los 70 productos evaluados y en la *Figura A2.2* los valores del indicador de estrategia de los productos. Cada producto se corresponde con una de las barras de color azul y se observa que son valores situados en una escala de 0 a 100. Comparando las dos figuras, se observa que los valores del índice de estrategia de los productos son más dispares que los de criticidad de éstos.

Figura A2. 1. Gráfico de los indicadores de criticidad de los productos evaluados. Fuente: Elaboración propia con datos del D-Sight.

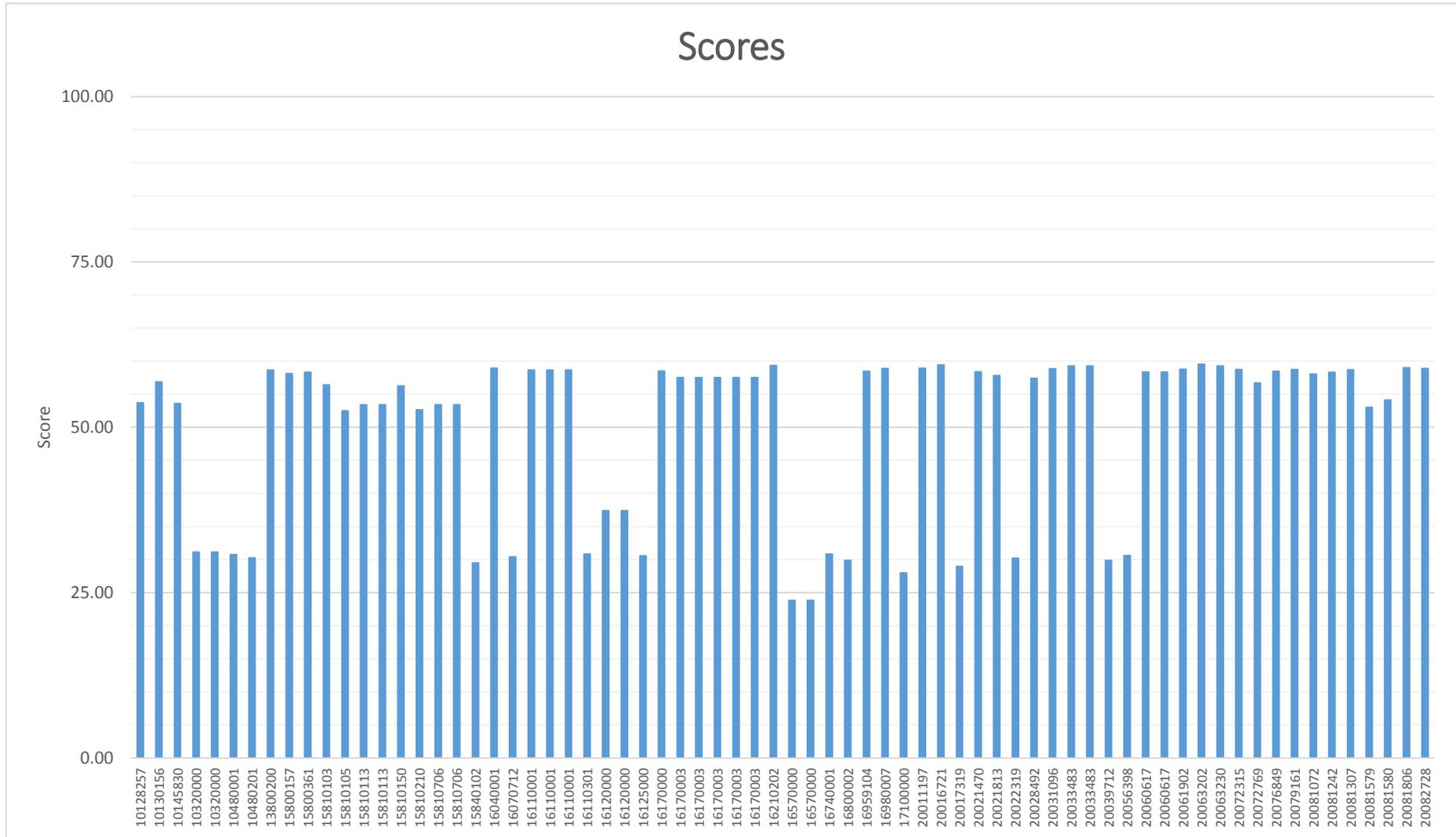
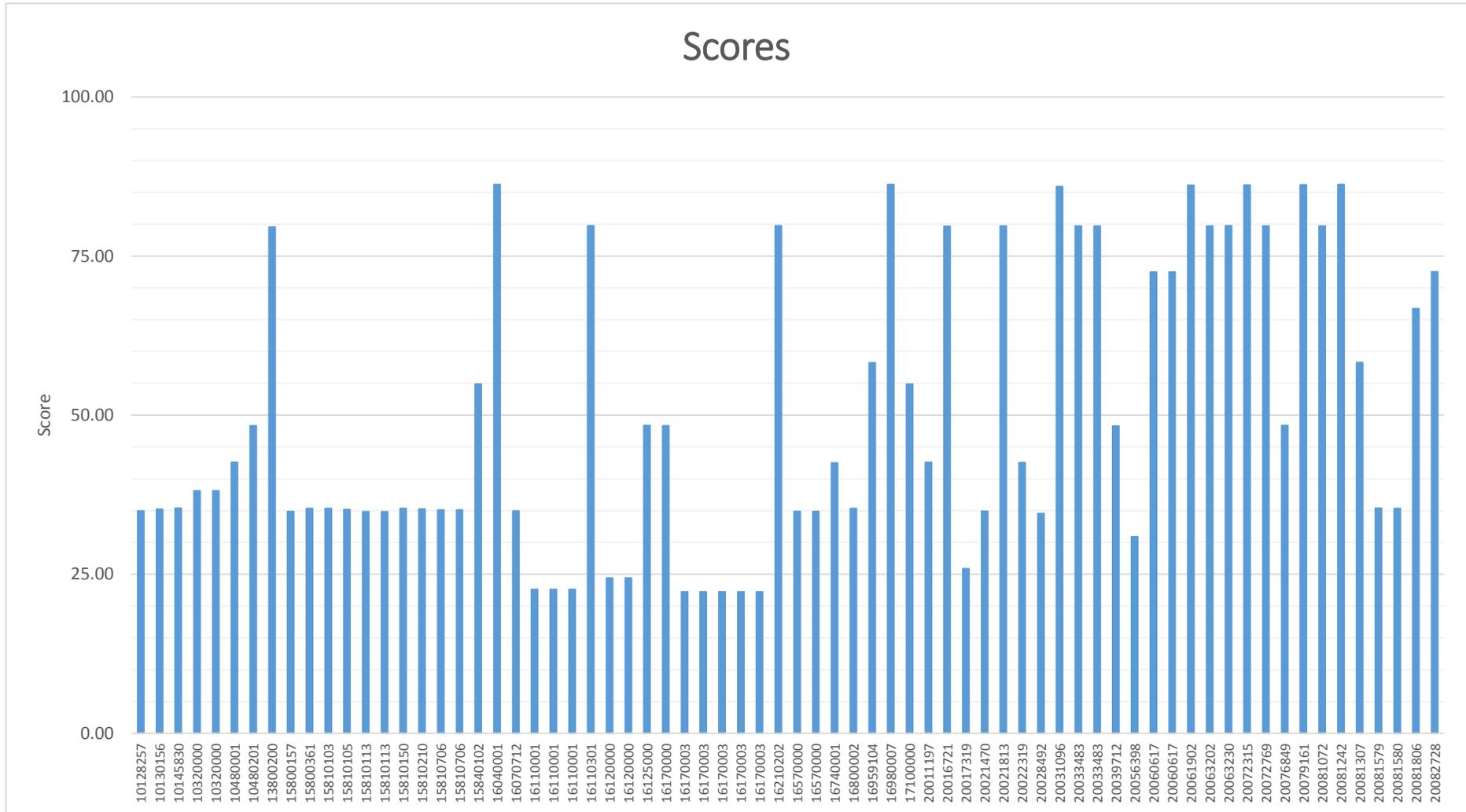


Figura A2. 2. Gráfico de los indicadores de estrategia de los productos evaluados. Fuente: Elaboración propia con datos del D-Sight.



2. Indicadores de criticidad y estrategia del total de proveedores evaluados

En la *Tabla A2.2* quedan reflejados los indicadores de criticidad, estrategia y facturación obtenidos con el software D-Sight aplicando el método PROMETHEE para el total de proveedores (31 en total) que se han utilizado en la evaluación de los proveedores.

Tabla A2. 2. Indicadores de criticidad, estrategia y facturación de los proveedores con el método PROMETHEE.
Fuente: Elaboración propia.

Proveedores	Índice Criticidad	Índice Estrategia	Facturación (euros)
300026	40,93	32,07	64.993,72
302935	26,61	50,00	1.767.854,16
304102	70,44	73,21	200.682,00
304148	65,27	66,88	103.759,82
304152	70,99	79,54	8.251,56
304174	36,17	45,78	18.880,04
304398	70,57	26,79	801.446,52
304598	71,73	47,89	10.915,30
305495	33,57	37,34	31.952,02
305920	36,41	43,67	931.352,20
306012	21,64	28,90	198.473,00
306068	64,92	71,10	1.071,32
306191	62,34	35,23	692.239,54
332508	43,48	39,45	370.365,00
333134	38,77	64,77	432.596,10
335183	47,95	62,66	1.431.518,14
335819	23,28	54,22	4.983,48
337677	57,43	68,99	123.761,45
340217	70,84	81,65	137.622,60
344398	51,29	21,52	883.143,25
345146	67,84	56,33	370.821,14
345399	65,37	77,43	47.691,00
345835	28,81	52,11	8.260,00
346380	51,89	59,49	63.745,45
346534	60,36	75,32	217.976,00
351110	43,53	41,56	84.776,50
351121	40,36	32,07	267.930,00
351846	52,38	21,52	737.360,30
352760	50,14	59,49	20.429,00
353372	40,44	21,52	31.260,00
353774	44,24	21,52	10.318,74

En la *Figura A2.3* se representan los valores del indicador de criticidad para cada uno de los proveedores evaluados y en la *Figura A2.4* los valores del indicador de estrategia. Cada uno se corresponde con una de las barras de color azul y los valores van de 0 a 100.

Figura A2. 3. Gráfico de los indicadores de criticidad de los proveedores evaluados. Fuente: Software D-Sight.

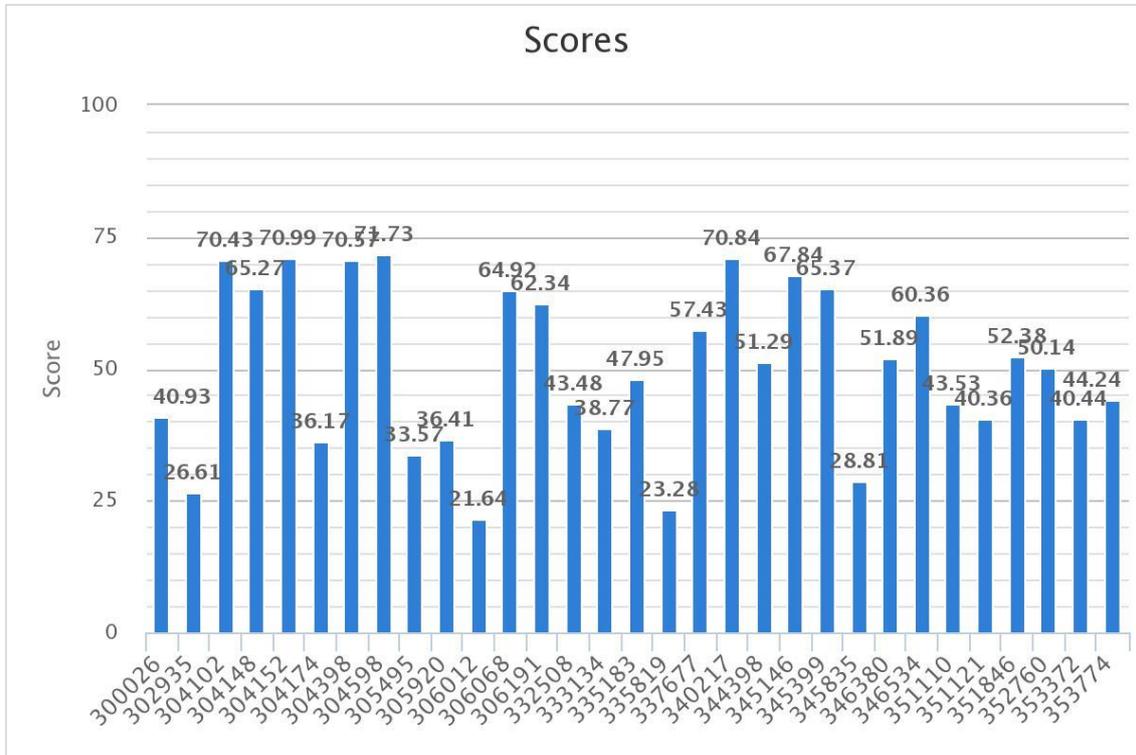
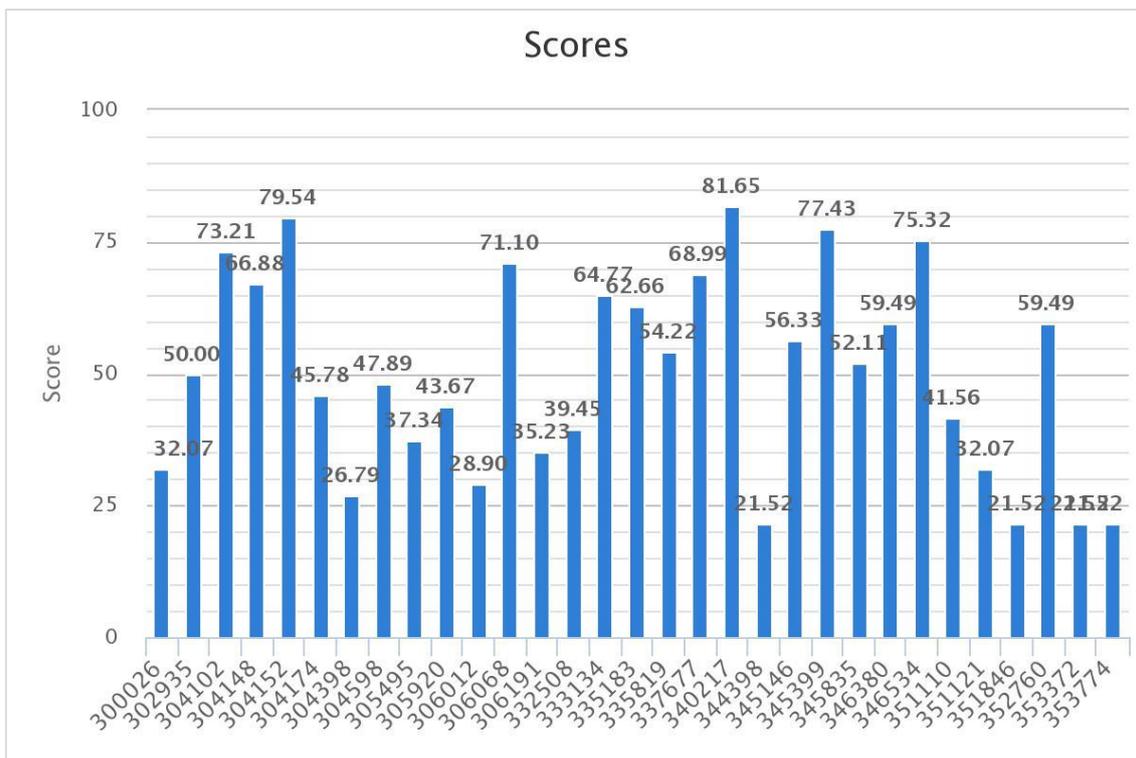


Figura A2. 4. Gráfico de los indicadores de estrategia de los proveedores evaluados. Fuente: Software D-Sight.



ANEXO 3. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS CON EL MÉTODO PROMETHEE EN EXCEL

1. Criticidad para el total de productos evaluados en Excel

Tabla A3. 1. Diferencias entre productos sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Reglamentación	Competencia	Plazo entrega	Factor aprovisionamiento
d(1,2)	0	0	-69	5
d(1,3)	0	0	0	3
d(1,4)	2	-50	-83	-32
d(1,5)	2	0	-75	-27
d(1,6)	2	0	-75	-17
d(1,7)	0	0	-70	-32
d(1,8)	0	0	-69	-22
d(1,9)	0	0	-69	-26
d(1,10)	0	0	-60	2
d(2,1)	0	0	69	-5
d(2,3)	0	0	69	-2
d(2,4)	2	-50	-14	-37
d(2,5)	2	0	-6	-32
d(2,6)	2	0	-6	-22
d(2,7)	0	0	-1	-37
d(2,8)	0	0	0	-27
d(2,9)	0	0	0	-31
d(2,10)	0	0	9	-3
d(3,1)	0	0	0	-3
d(3,2)	0	0	-69	2
d(3,4)	2	-50	-83	-35
d(3,5)	2	0	-75	-30
d(3,6)	2	0	-75	-20
d(3,7)	0	0	-70	-35
d(3,8)	0	0	-69	-25
d(3,9)	0	0	-69	-29
d(3,10)	0	0	-60	-1
d(4,1)	-2	50	83	32
d(4,2)	-2	50	14	37
d(4,3)	-2	50	83	35
d(4,5)	0	50	8	5
d(4,6)	0	50	8	15
d(4,7)	-2	50	13	0
d(4,8)	-2	50	14	10
d(4,9)	-2	50	14	6
d(4,10)	-2	50	23	34
d(5,1)	-2	0	75	27
d(5,2)	-2	0	6	32
d(5,3)	-2	0	75	30
d(5,4)	0	-50	-8	-5
d(5,6)	0	0	0	10
d(5,7)	-2	0	5	-5
d(5,8)	-2	0	6	5
d(5,9)	-2	0	6	1
d(5,10)	-2	0	15	29
d(6,1)	-2	0	75	17
d(6,2)	-2	0	6	22
d(6,3)	-2	0	75	20
d(6,4)	0	-50	-8	-15
d(6,5)	0	0	0	-10
d(6,7)	-2	0	5	-15
d(6,8)	-2	0	6	-5
d(6,9)	-2	0	6	-9
d(6,10)	-2	0	15	19
d(7,1)	0	0	70	32
d(7,2)	0	0	1	37
d(7,3)	0	0	70	35
d(7,4)	2	-50	-13	0
d(7,5)	2	0	-5	5
d(7,6)	2	0	-5	15
d(7,8)	0	0	1	10
d(7,9)	0	0	1	6
d(7,10)	0	0	10	34
d(8,1)	0	0	69	22
d(8,2)	0	0	0	27
d(8,3)	0	0	69	25
d(8,4)	2	-50	-14	-10
d(8,5)	2	0	-6	-5
d(8,6)	2	0	-6	5
d(8,7)	0	0	-1	-10
d(8,9)	0	0	0	-4
d(8,10)	0	0	9	24
d(9,1)	0	0	69	26
d(9,2)	0	0	0	31
d(9,3)	0	0	69	29
d(9,4)	2	-50	-14	-6
d(9,5)	2	0	-6	-1
d(9,6)	2	0	-6	9
d(9,7)	0	0	-1	-6
d(9,8)	0	0	0	4
d(9,10)	0	0	9	28
d(10,1)	0	0	60	-2
d(10,2)	0	0	-9	3
d(10,3)	0	0	60	1
d(10,4)	2	-50	-23	-34
d(10,5)	2	0	-15	-29
d(10,6)	2	0	-15	-19
d(10,7)	0	0	-10	-34
d(10,8)	0	0	-9	-24
d(10,9)	0	0	-9	-28

Tabla A3. 2. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Reglamentación	Competencia	Plazo entrega	Factor aprovisionamiento
	funciones de preferencia			
	usual	v-shape	v-shape	v-shape
P(1,2)	0	0	0	0,1
P(1,3)	0	0	0	0,06
P(1,4)	1	0	0	0
P(1,5)	1	0	0	0
P(1,6)	1	0	0	0
P(1,7)	0	0	0	0
P(1,8)	0	0	0	0
P(1,9)	0	0	0	0
P(1,10)	0	0	0	0,04
P(2,1)	0	0	1	0
P(2,3)	0	0	1	0
P(2,4)	1	0	0	0
P(2,5)	1	0	0	0
P(2,6)	1	0	0	0
P(2,7)	0	0	0	0
P(2,8)	0	0	0	0
P(2,9)	0	0	0	0
P(2,10)	0	0	0,18	0
P(3,1)	0	0	0	0
P(3,2)	0	0	0	0,04
P(3,4)	1	0	0	0
P(3,5)	1	0	0	0
P(3,6)	1	0	0	0
P(3,7)	0	0	0	0
P(3,8)	0	0	0	0
P(3,9)	0	0	0	0
P(3,10)	0	0	0	0
P(4,1)	0	1	1	0,64
P(4,2)	0	1	0,28	0,74
P(4,3)	0	1	1	0,7
P(4,5)	0	1	0,16	0,1
P(4,6)	0	1	0,16	0,3
P(4,7)	0	1	0,26	0
P(4,8)	0	1	0,28	0,2
P(4,9)	0	1	0,28	0,12
P(4,10)	0	1	0,46	0,68
P(5,1)	0	0	1	0,54
P(5,2)	0	0	0,12	0,64
P(5,3)	0	0	1	0,6
P(5,4)	0	0	0	0
P(5,6)	0	0	0	0,2
P(5,7)	0	0	0,1	0
P(5,8)	0	0	0,12	0,1
P(5,9)	0	0	0,12	0,02
P(5,10)	0	0	0,3	0,58
P(6,1)	0	0	1	0,34
P(6,2)	0	0	0,12	0,44
P(6,3)	0	0	1	0,4
P(6,4)	0	0	0	0
P(6,5)	0	0	0	0
P(6,7)	0	0	0,1	0
P(6,8)	0	0	0,12	0
P(6,9)	0	0	0,12	0
P(6,10)	0	0	0,3	0,38
P(7,1)	0	0	1	0,64
P(7,2)	0	0	0,02	0,74
P(7,3)	0	0	1	0,7
P(7,4)	1	0	0	0
P(7,5)	1	0	0	0,1
P(7,6)	1	0	0	0,3
P(7,8)	0	0	0,02	0,2
P(7,9)	0	0	0,02	0,12
P(7,10)	0	0	0,2	0,68
P(8,1)	0	0	1	0,44
P(8,2)	0	0	0	0,54
P(8,3)	0	0	1	0,5
P(8,4)	1	0	0	0
P(8,5)	1	0	0	0
P(8,6)	1	0	0	0,1
P(8,7)	0	0	0	0
P(8,9)	0	0	0	0
P(8,10)	0	0	0,18	0,48
P(9,1)	0	0	1	0,52
P(9,2)	0	0	0	0,62
P(9,3)	0	0	1	0,58
P(9,4)	1	0	0	0
P(9,5)	1	0	0	0
P(9,6)	1	0	0	0,18
P(9,7)	0	0	0	0
P(9,8)	0	0	0	0,08
P(9,10)	0	0	0,18	0,56
P(10,1)	0	0	1	0
P(10,2)	0	0	0	0,06
P(10,3)	0	0	1	0,02
P(10,4)	1	0	0	0
P(10,5)	1	0	0	0
P(10,6)	1	0	0	0
P(10,7)	0	0	0	0
P(10,8)	0	0	0	0
P(10,9)	0	0	0	0

Tabla A3. 3. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de productos. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
Π(1,2)	0,0047
Π(1,3)	0,0028
Π(1,4)	0,5521
Π(1,5)	0,5521
Π(1,6)	0,5521
Π(1,7)	0,0000
Π(1,8)	0,0000
Π(1,9)	0,0000
Π(1,10)	0,0019
Π(2,1)	0,0743
Π(2,3)	0,0743
Π(2,4)	0,5521
Π(2,5)	0,5521
Π(2,6)	0,5521
Π(2,7)	0,0000
Π(2,8)	0,0000
Π(2,9)	0,0000
Π(2,10)	0,0134
Π(3,1)	0,0000
Π(3,2)	0,0019
Π(3,4)	0,5521
Π(3,5)	0,5521
Π(3,6)	0,5521
Π(3,7)	0,0000
Π(3,8)	0,0000
Π(3,9)	0,0000
Π(3,10)	0,0000
Π(4,1)	0,4309
Π(4,2)	0,3821
Π(4,3)	0,4337
Π(4,5)	0,3430
Π(4,6)	0,3525
Π(4,7)	0,3457
Π(4,8)	0,3567
Π(4,9)	0,3529
Π(4,10)	0,3927
Π(5,1)	0,0997
Π(5,2)	0,0391
Π(5,3)	0,1026
Π(5,4)	0,0000
Π(5,6)	0,0094
Π(5,7)	0,0074
Π(5,8)	0,0136
Π(5,9)	0,0099
Π(5,10)	0,0496
Π(6,1)	0,0903
Π(6,2)	0,0297
Π(6,3)	0,0931
Π(6,4)	0,0000
Π(6,5)	0,0000
Π(6,7)	0,0074
Π(6,8)	0,0089
Π(6,9)	0,0089
Π(6,10)	0,0402
Π(7,1)	0,1045
Π(7,2)	0,0364
Π(7,3)	0,1073
Π(7,4)	0,5521
Π(7,5)	0,5569
Π(7,6)	0,5663
Π(7,8)	0,0109
Π(7,9)	0,0071
Π(7,10)	0,0469
Π(8,1)	0,0950
Π(8,2)	0,0255
Π(8,3)	0,0979
Π(8,4)	0,5521
Π(8,5)	0,5521
Π(8,6)	0,5569
Π(8,7)	0,0000
Π(8,9)	0,0000
Π(8,10)	0,0360
Π(9,1)	0,0988
Π(9,2)	0,0292
Π(9,3)	0,1016
Π(9,4)	0,5521
Π(9,5)	0,5521
Π(9,6)	0,5606
Π(9,7)	0,0000
Π(9,8)	0,0038
Π(9,10)	0,0398
Π(10,1)	0,0743
Π(10,2)	0,0028
Π(10,3)	0,0752
Π(10,4)	0,5521
Π(10,5)	0,5521
Π(10,6)	0,5521
Π(10,7)	0,0000
Π(10,8)	0,0000
Π(10,9)	0,0000

2. Estrategia para el total de productos evaluados en Excel

Tabla A3. 4. Diferencias entre productos sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compras
d(1,2)	0	0	0	-77.393.60
d(1,3)	0	0	0	-162.573.00
d(1,4)	0	-1	0	1.136.620.70
d(1,5)	0	-1	0	-152.799.96
d(1,6)	0	-2	0	-117.569.04
d(1,7)	-4	-2	-2	-67.920.18
d(1,8)	0	0	0	24.224.80
d(1,9)	0	0	0	-148.742.00
d(1,10)	0	0	0	-147.348.00
d(2,1)	0	0	0	77.393.60
d(2,3)	0	0	0	-85.179.40
d(2,4)	0	-1	0	1.214.014.30
d(2,5)	0	-1	0	-75.406.36
d(2,6)	0	-2	0	-40.165.44
d(2,7)	-4	-2	-2	9.473.42
d(2,8)	0	0	0	101.618.40
d(2,9)	0	0	0	-71.348.40
d(2,10)	0	0	0	-69.954.40
d(3,1)	0	0	0	162.573.00
d(3,2)	0	0	0	85.179.40
d(3,4)	0	-1	0	1.299.193.70
d(3,5)	0	-1	0	9.773.04
d(3,6)	0	-2	0	45.013.96
d(3,7)	-4	-2	-2	94.652.82
d(3,8)	0	0	0	186.797.80
d(3,9)	0	0	0	13.831.00
d(3,10)	0	0	0	15.225.00
d(4,1)	0	1	0	-1.136.620.70
d(4,2)	0	1	0	-1.214.014.30
d(4,3)	0	1	0	-1.299.193.70
d(4,5)	0	0	0	-1.289.420.66
d(4,6)	0	-1	0	-1.254.179.74
d(4,7)	-4	-1	-2	-1.204.540.88
d(4,8)	0	1	0	-1.112.395.90
d(4,9)	0	1	0	-1.285.362.70
d(4,10)	0	1	0	-1.283.968.70
d(5,1)	0	1	0	152.799.96
d(5,2)	0	1	0	75.406.36
d(5,3)	0	1	0	-9.773.04
d(5,4)	0	0	0	1.289.420.66
d(5,6)	0	-1	0	35.240.92
d(5,7)	-4	-1	-2	84.879.78
d(5,8)	0	1	0	177.024.76
d(5,9)	0	1	0	4.057.96
d(5,10)	0	1	0	5.451.96
d(6,1)	0	2	0	117.569.04
d(6,2)	0	2	0	40.165.44
d(6,3)	0	2	0	-45.013.96
d(6,4)	0	1	0	1.254.179.74
d(6,5)	0	1	0	-35.240.92
d(6,7)	-4	0	-2	49.638.86
d(6,8)	0	2	0	141.783.84
d(6,9)	0	2	0	-31.182.96
d(6,10)	0	2	0	-29.788.96
d(7,1)	4	2	2	67.920.18
d(7,2)	4	2	2	-9.473.42
d(7,3)	4	2	2	-94.652.82
d(7,4)	4	1	2	1.204.540.88
d(7,5)	4	1	2	-84.879.78
d(7,6)	4	0	2	-49.638.86
d(7,8)	4	2	2	92.144.98
d(7,9)	4	2	2	-80.821.82
d(7,10)	4	2	2	-79.427.82
d(8,1)	0	0	0	-24.224.80
d(8,2)	0	0	0	-101.618.40
d(8,3)	0	0	0	-186.797.80
d(8,4)	0	-1	0	1.112.395.90
d(8,5)	0	-1	0	-177.024.76
d(8,6)	0	-2	0	-141.783.84
d(8,7)	-4	-2	-2	-92.144.98
d(8,9)	0	0	0	-172.966.80
d(8,10)	0	0	0	-171.572.80
d(9,1)	0	0	0	148.742.00
d(9,2)	0	0	0	71.348.40
d(9,3)	0	0	0	-13.831.00
d(9,4)	0	-1	0	1.285.362.70
d(9,5)	0	-1	0	-4.057.96
d(9,6)	0	-2	0	31.182.96
d(9,7)	-4	-2	-2	80.821.82
d(9,8)	0	0	0	172.966.80
d(9,10)	0	0	0	1.394.00
d(10,1)	0	0	0	147.348.00
d(10,2)	0	0	0	69.954.40
d(10,3)	0	0	0	-15.225.00
d(10,4)	0	-1	0	1.283.968.70
d(10,5)	0	-1	0	-5.451.96
d(10,6)	0	-2	0	29.788.96
d(10,7)	-4	-2	-2	79.427.82
d(10,8)	0	0	0	171.572.80
d(10,9)	0	0	0	-1.394.00

Tabla A3. 5. Valor de las preferencias de cada producto sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Contacto producto con el producto final	Paro fábrica	Imagen	Volumen compras
	funciones de preferencia			
	usual	usual	usual	lineal
P(1,2)	0	0	0	0,000
P(1,3)	0	0	0	0,000
P(1,4)	0	0	0	1,000
P(1,5)	0	0	0	0,000
P(1,6)	0	0	0	0,000
P(1,7)	0	0	0	0,000
P(1,8)	0	0	0	0,000
P(1,9)	0	0	0	0,000
P(1,10)	0	0	0	0,000
P(2,1)	0	0	0	0,029
P(2,3)	0	0	0	0,000
P(2,4)	0	0	0	1,000
P(2,5)	0	0	0	0,000
P(2,6)	0	0	0	0,000
P(2,7)	0	0	0	0,000
P(2,8)	0	0	0	0,054
P(2,9)	0	0	0	0,000
P(2,10)	0	0	0	0,000
P(3,1)	0	0	0	0,118
P(3,2)	0	0	0	0,037
P(3,4)	0	0	0	1,000
P(3,5)	0	0	0	0,000
P(3,6)	0	0	0	0,000
P(3,7)	0	0	0	0,047
P(3,8)	0	0	0	0,144
P(3,9)	0	0	0	0,000
P(3,10)	0	0	0	0,000
P(4,1)	0	1	0	0,000
P(4,2)	0	1	0	0,000
P(4,3)	0	1	0	0,000
P(4,5)	0	0	0	0,000
P(4,6)	0	0	0	0,000
P(4,7)	0	0	0	0,000
P(4,8)	0	1	0	0,000
P(4,9)	0	1	0	0,000
P(4,10)	0	1	0	0,000
P(5,1)	0	1	0	0,108
P(5,2)	0	1	0	0,027
P(5,3)	0	1	0	0,000
P(5,4)	0	0	0	1,000
P(5,6)	0	0	0	0,000
P(5,7)	0	0	0	0,037
P(5,8)	0	1	0	0,134
P(5,9)	0	1	0	0,000
P(5,10)	0	1	0	0,000
P(6,1)	0	1	0	0,071
P(6,2)	0	1	0	0,000
P(6,3)	0	1	0	0,000
P(6,4)	0	1	0	1,000
P(6,5)	0	1	0	0,000
P(6,7)	0	0	0	0,000
P(6,8)	0	1	0	0,097
P(6,9)	0	1	0	0,000
P(6,10)	0	1	0	0,000
P(7,1)	1	1	1	0,019
P(7,2)	1	1	1	0,000
P(7,3)	1	1	1	0,000
P(7,4)	1	1	1	1,000
P(7,5)	1	1	1	0,000
P(7,6)	1	0	1	0,000
P(7,8)	1	1	1	0,044
P(7,9)	1	1	1	0,000
P(7,10)	1	1	1	0,000
P(8,1)	0	0	0	0,000
P(8,2)	0	0	0	0,000
P(8,3)	0	0	0	0,000
P(8,4)	0	0	0	1,000
P(8,5)	0	0	0	0,000
P(8,6)	0	0	0	0,000
P(8,7)	0	0	0	0,000
P(8,9)	0	0	0	0,000
P(8,10)	0	0	0	0,000
P(9,1)	0	0	0	0,104
P(9,2)	0	0	0	0,022
P(9,3)	0	0	0	0,000
P(9,4)	0	0	0	1,000
P(9,5)	0	0	0	0,000
P(9,6)	0	0	0	0,000
P(9,7)	0	0	0	0,032
P(9,8)	0	0	0	0,129
P(9,10)	0	0	0	0,000
P(10,1)	0	0	0	0,102
P(10,2)	0	0	0	0,021
P(10,3)	0	0	0	0,000
P(10,4)	0	0	0	1,000
P(10,5)	0	0	0	0,000
P(10,6)	0	0	0	0,000
P(10,7)	0	0	0	0,031
P(10,8)	0	0	0	0,128
P(10,9)	0	0	0	0,000

Tabla A3. 6. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de productos. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
Π(1,2)	0.000
Π(1,3)	0.000
Π(1,4)	0.087
Π(1,5)	0.000
Π(1,6)	0.000
Π(1,7)	0.000
Π(1,8)	0.000
Π(1,9)	0.000
Π(1,10)	0.000
Π(2,1)	0.003
Π(2,3)	0.000
Π(2,4)	0.087
Π(2,5)	0.000
Π(2,6)	0.000
Π(2,7)	0.000
Π(2,8)	0.005
Π(2,9)	0.000
Π(2,10)	0.000
Π(3,1)	0.010
Π(3,2)	0.003
Π(3,4)	0.087
Π(3,5)	0.000
Π(3,6)	0.000
Π(3,7)	0.004
Π(3,8)	0.013
Π(3,9)	0.000
Π(3,10)	0.000
Π(4,1)	0.321
Π(4,2)	0.321
Π(4,3)	0.321
Π(4,5)	0.000
Π(4,6)	0.000
Π(4,7)	0.000
Π(4,8)	0.321
Π(4,9)	0.321
Π(4,10)	0.321
Π(5,1)	0.330
Π(5,2)	0.323
Π(5,3)	0.321
Π(5,4)	0.087
Π(5,6)	0.000
Π(5,7)	0.003
Π(5,8)	0.332
Π(5,9)	0.321
Π(5,10)	0.321
Π(6,1)	0.327
Π(6,2)	0.321
Π(6,3)	0.321
Π(6,4)	0.408
Π(6,5)	0.321
Π(6,7)	0.000
Π(6,8)	0.329
Π(6,9)	0.321
Π(6,10)	0.321
Π(7,1)	0.915
Π(7,2)	0.913
Π(7,3)	0.913
Π(7,4)	1.000
Π(7,5)	0.913
Π(7,6)	0.592
Π(7,8)	0.917
Π(7,9)	0.913
Π(7,10)	0.913
Π(8,1)	0.000
Π(8,2)	0.000
Π(8,3)	0.000
Π(8,4)	0.087
Π(8,5)	0.000
Π(8,6)	0.000
Π(8,7)	0.000
Π(8,9)	0.000
Π(8,10)	0.000
Π(9,1)	0.009
Π(9,2)	0.002
Π(9,3)	0.000
Π(9,4)	0.087
Π(9,5)	0.000
Π(9,6)	0.000
Π(9,7)	0.003
Π(9,8)	0.011
Π(9,10)	0.000
Π(10,1)	0.009
Π(10,2)	0.002
Π(10,3)	0.000
Π(10,4)	0.087
Π(10,5)	0.000
Π(10,6)	0.000
Π(10,7)	0.003
Π(10,8)	0.011
Π(10,9)	0.000

ANEXO 4. EVALUACIÓN DE PROVEEDORES CON EL MÉTODO PROMETHEE EN EXCEL

1. Criticidad para el total de proveedores evaluados en Excel

Tabla A4. 1. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Criticidad productos	Retrasos	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación del proveedor
d(1,2)	5.87	60	0	0	0.017
d(1,3)	-12.81	8	1	2	0.0002
d(1,4)	-5.27	0	-4	2	-0.0003
d(1,5)	-5.54	0	-4	2	0
d(1,6)	22.65	0	-2	2	0.001
d(1,7)	-9.66	16	-1	2	0.2887
d(1,8)	-5.54	0	-8	2	-0.0003
d(1,9)	23.53	0	0	0	-0.0003
d(1,10)	22.23	2	0	0	0.0087
d(2,1)	-5.87	-60	0	0	-0.017
d(2,3)	-18.68	-52	1	2	-0.0168
d(2,4)	-11.14	-60	-4	2	-0.0173
d(2,5)	-11.41	-60	-4	2	-0.017
d(2,6)	16.78	-60	-2	2	-0.016
d(2,7)	-15.53	-44	-1	2	0.2717
d(2,8)	-11.41	-60	-8	2	-0.0173
d(2,9)	17.66	-60	0	0	-0.0173
d(2,10)	16.36	-58	0	0	-0.0083
d(3,1)	12.81	-8	-1	-2	-0.0002
d(3,2)	18.68	52	-1	-2	0.0168
d(3,4)	7.55	-8	-5	0	-0.0005
d(3,5)	7.27	-8	-5	0	-0.0002
d(3,6)	35.46	-8	-3	0	0.0008
d(3,7)	3.15	8	-2	0	0.2885
d(3,8)	7.27	-8	-9	0	-0.0005
d(3,9)	36.34	-8	-1	-2	-0.0005
d(3,10)	35.05	-6	-1	-2	0.0085
d(4,1)	5.27	0	4	-2	0.0003
d(4,2)	11.14	60	4	-2	0.0173
d(4,3)	-7.55	8	5	0	0.0005
d(4,5)	-0.28	0	0	0	0.0003
d(4,6)	27.91	0	2	0	0.0013
d(4,7)	-4.39	16	3	0	0
d(4,8)	-0.28	0	-4	0	0
d(4,9)	28.79	0	4	-2	0
d(4,10)	27.50	2	4	-2	0.009
d(5,1)	5.54	0	4	-2	0
d(5,2)	11.41	60	4	-2	0.017
d(5,3)	-7.27	8	5	0	0.0002
d(5,4)	0.28	0	0	0	-0.0003
d(5,6)	28.19	0	2	0	0.001
d(5,7)	-4.12	16	3	0	0.2887
d(5,8)	0.00	0	-4	0	-0.0003
d(5,9)	29.07	0	4	-2	-0.0003
d(5,10)	27.78	2	4	-2	0.0087
d(6,1)	-22.65	0	2	-2	-0.001
d(6,2)	-16.78	60	2	-2	0.016
d(6,3)	-35.46	8	3	0	-0.0008
d(6,4)	-27.91	0	-2	0	-0.0013
d(6,5)	-28.19	0	-2	0	-0.001
d(6,7)	-32.31	16	1	0	0.2877
d(6,8)	-28.19	0	-6	0	-0.0013
d(6,9)	0.88	0	2	-2	-0.0013
d(6,10)	-0.42	2	2	-2	0.0077
d(7,1)	9.66	-16	1	-2	-0.2887
d(7,2)	15.53	44	1	-2	-0.2717
d(7,3)	-3.15	-8	2	0	-0.2885
d(7,4)	4.39	-16	-3	0	-0.289
d(7,5)	4.12	-16	-3	0	-0.2887
d(7,6)	32.31	-16	-1	0	-0.2877
d(7,8)	4.12	-16	-7	0	-0.289
d(7,9)	33.18	-16	1	-2	-0.289
d(7,10)	31.89	-14	1	-2	-0.28
d(8,1)	5.54	0	8	-2	0.0003
d(8,2)	11.41	60	8	-2	0.0173
d(8,3)	-7.27	8	9	0	0.0005
d(8,4)	0.28	0	4	0	0
d(8,5)	0.00	0	4	0	0.0003
d(8,6)	28.19	0	6	0	0.0013
d(8,7)	-4.12	16	7	0	0.289
d(8,9)	29.07	0	8	-2	0
d(8,10)	27.78	2	8	-2	0.009
d(9,1)	-23.53	0	0	0	0.0003
d(9,2)	-17.66	60	0	0	0.0173
d(9,3)	-36.34	8	1	2	0.0005
d(9,4)	-28.79	0	-4	2	0
d(9,5)	-29.07	0	-4	2	0.0003
d(9,6)	-0.88	0	-2	2	0.0013
d(9,7)	-33.18	16	-1	2	0.289
d(9,8)	-29.07	0	-8	2	0
d(9,10)	-1.29	2	0	0	0.009
d(10,1)	-22.23	-2	0	0	-0.0087
d(10,2)	-16.36	58	0	0	0.0083
d(10,3)	-35.05	6	1	2	-0.0085
d(10,4)	-27.50	-2	-4	2	-0.009
d(10,5)	-27.78	-2	-4	2	-0.0087
d(10,6)	0.42	-2	-2	2	-0.0077
d(10,7)	-31.89	14	-1	2	0.28
d(10,8)	-27.78	-2	-8	2	-0.009
d(10,9)	1.29	-2	0	0	-0.009

Tabla A4. 2. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio crítico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Criticidad productos	Retrasos	Riesgo comercial	Riesgo país	Riesgo facturación del proveedor
	funciones de preferencia				
	usual	v-shape	usual	usual	lineal
P(1,2)	1	1	0	0	0
P(1,3)	0	0,16	1	1	0
P(1,4)	0	0	0	1	0
P(1,5)	0	0	0	1	0
P(1,6)	1	0	0	1	0
P(1,7)	0	0,32	0	1	0
P(1,8)	0	0	0	1	0
P(1,9)	1	0	0	0	0
P(1,10)	1	0,04	0	0	0
P(2,1)	0	0	0	0	0
P(2,3)	0	0	1	1	0
P(2,4)	0	0	0	1	0
P(2,5)	0	0	0	1	0
P(2,6)	1	0	0	1	0
P(2,7)	0	0	0	1	0
P(2,8)	0	0	0	1	0
P(2,9)	1	0	0	0	0
P(2,10)	1	0	0	0	0
P(3,1)	1	0	0	0	0
P(3,2)	1	1	0	0	0
P(3,4)	1	0	0	0	0
P(3,5)	1	0	0	0	0
P(3,6)	1	0	0	0	0
P(3,7)	1	0,16	0	0	0
P(3,8)	1	0	0	0	0
P(3,9)	1	0	0	0	0
P(3,10)	1	0	0	0	0
P(4,1)	1	0	1	0	0
P(4,2)	1	1	1	0	0
P(4,3)	0	0,16	1	0	0
P(4,5)	0	0	0	0	0
P(4,6)	1	0	1	0	0
P(4,7)	0	0,32	1	0	0
P(4,8)	0	0	0	0	0
P(4,9)	1	0	1	0	0
P(4,10)	1	0,04	1	0	0
P(5,1)	1	0	1	0	0
P(5,2)	1	1	1	0	0
P(5,3)	0	0,16	1	0	0
P(5,4)	1	0	0	0	0
P(5,6)	1	0	1	0	0
P(5,7)	0	0,32	1	0	0
P(5,8)	0	0	0	0	0
P(5,9)	1	0	1	0	0
P(5,10)	1	0,04	1	0	0
P(6,1)	0	0	1	0	0
P(6,2)	0	1	1	0	0
P(6,3)	0	0,16	1	0	0
P(6,4)	0	0	0	0	0
P(6,5)	0	0	0	0	0
P(6,7)	0	0,32	1	0	0
P(6,8)	0	0	0	0	0
P(6,9)	1	0	1	0	0
P(6,10)	0	0,04	1	0	0
P(7,1)	1	0	1	0	0
P(7,2)	1	0,88	1	0	0
P(7,3)	0	0	1	0	0
P(7,4)	1	0	0	0	0
P(7,5)	1	0	0	0	0
P(7,6)	1	0	0	0	0
P(7,8)	1	0	0	0	0
P(7,9)	1	0	1	0	0
P(7,10)	1	0	1	0	0
P(8,1)	1	0	1	0	0
P(8,2)	1	1	1	0	0
P(8,3)	0	0,16	1	0	0
P(8,4)	1	0	1	0	0
P(8,5)	0	0	1	0	0
P(8,6)	1	0	1	0	0
P(8,7)	0	0,32	1	0	0
P(8,9)	1	0	1	0	0
P(8,10)	1	0,04	1	0	0
P(9,1)	0	0	0	0	0
P(9,2)	0	1	0	0	0
P(9,3)	0	0,16	1	1	0
P(9,4)	0	0	0	1	0
P(9,5)	0	0	0	1	0
P(9,6)	0	0	0	1	0
P(9,7)	0	0,32	0	1	0
P(9,8)	0	0	0	1	0
P(9,10)	0	0,04	0	0	0
P(10,1)	0	0	0	0	0
P(10,2)	0	1	0	0	0
P(10,3)	0	0,12	1	1	0
P(10,4)	0	0	0	1	0
P(10,5)	0	0	0	1	0
P(10,6)	1	0	0	1	0
P(10,7)	0	0,28	0	1	0
P(10,8)	0	0	0	1	0
P(10,9)	1	0	0	0	0

Tabla A4. 3. Índices de Preferencia Agregados para la criticidad de proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
$\Pi(1,2)$	0,7166
$\Pi(1,3)$	0,2123
$\Pi(1,4)$	0,0647
$\Pi(1,5)$	0,0647
$\Pi(1,6)$	0,5552
$\Pi(1,7)$	0,1370
$\Pi(1,8)$	0,0647
$\Pi(1,9)$	0,4906
$\Pi(1,10)$	0,4996
$\Pi(2,1)$	0,0000
$\Pi(2,3)$	0,1761
$\Pi(2,4)$	0,0647
$\Pi(2,5)$	0,0647
$\Pi(2,6)$	0,5552
$\Pi(2,7)$	0,0647
$\Pi(2,8)$	0,0647
$\Pi(2,9)$	0,4906
$\Pi(2,10)$	0,4906
$\Pi(3,1)$	0,4906
$\Pi(3,2)$	0,7166
$\Pi(3,4)$	0,4906
$\Pi(3,5)$	0,4906
$\Pi(3,6)$	0,4906
$\Pi(3,7)$	0,5267
$\Pi(3,8)$	0,4906
$\Pi(3,9)$	0,4906
$\Pi(3,10)$	0,4906
$\Pi(4,1)$	0,6020
$\Pi(4,2)$	0,8280
$\Pi(4,3)$	0,1476
$\Pi(4,5)$	0,0000
$\Pi(4,6)$	0,6020
$\Pi(4,7)$	0,1838
$\Pi(4,8)$	0,0000
$\Pi(4,9)$	0,6020
$\Pi(4,10)$	0,6111
$\Pi(5,1)$	0,6020
$\Pi(5,2)$	0,8280
$\Pi(5,3)$	0,1476
$\Pi(5,4)$	0,4906
$\Pi(5,6)$	0,6020
$\Pi(5,7)$	0,1838
$\Pi(5,8)$	0,0000
$\Pi(5,9)$	0,6020
$\Pi(5,10)$	0,6111
$\Pi(6,1)$	0,1115
$\Pi(6,2)$	0,3375
$\Pi(6,3)$	0,1476
$\Pi(6,4)$	0,0000
$\Pi(6,5)$	0,0000
$\Pi(6,7)$	0,1838
$\Pi(6,8)$	0,0000
$\Pi(6,9)$	0,6020
$\Pi(6,10)$	0,1205
$\Pi(7,1)$	0,6020
$\Pi(7,2)$	0,8009
$\Pi(7,3)$	0,1115
$\Pi(7,4)$	0,4906
$\Pi(7,5)$	0,4906
$\Pi(7,6)$	0,4906
$\Pi(7,8)$	0,4906
$\Pi(7,9)$	0,6020
$\Pi(7,10)$	0,6020
$\Pi(8,1)$	0,6020
$\Pi(8,2)$	0,8280
$\Pi(8,3)$	0,1476
$\Pi(8,4)$	0,6020
$\Pi(8,5)$	0,1115
$\Pi(8,6)$	0,6020
$\Pi(8,7)$	0,1838
$\Pi(8,9)$	0,6020
$\Pi(8,10)$	0,6111
$\Pi(9,1)$	0,0000
$\Pi(9,2)$	0,2260
$\Pi(9,3)$	0,2123
$\Pi(9,4)$	0,0647
$\Pi(9,5)$	0,0647
$\Pi(9,6)$	0,0647
$\Pi(9,7)$	0,1370
$\Pi(9,8)$	0,0647
$\Pi(9,10)$	0,0090
$\Pi(10,1)$	0,0000
$\Pi(10,2)$	0,2260
$\Pi(10,3)$	0,2033
$\Pi(10,4)$	0,0647
$\Pi(10,5)$	0,0647
$\Pi(10,6)$	0,5552
$\Pi(10,7)$	0,1280
$\Pi(10,8)$	0,0647
$\Pi(10,9)$	0,4906

2. Estrategia para el total de proveedores evaluados en Excel

Tabla A4. 4. Diferencias entre proveedores sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Diferencias	Estrategia de los productos	Volumen de compras sobre el total	Reclamaciones
d(1,2)	-10.18	0.128	0
d(1,3)	-46.25	0.010	0
d(1,4)	-44.39	0.003	0
d(1,5)	-51.08	-0.004	0
d(1,6)	-7.39	-0.003	0
d(1,7)	10.38	0.055	0
d(1,8)	-7.40	-0.004	0
d(1,9)	-0.17	-0.003	0
d(1,10)	-2.95	0.065	0
d(2,1)	10.18	-0.128	0
d(2,3)	-36.07	-0.118	0
d(2,4)	-34.21	-0.125	0
d(2,5)	-40.90	-0.132	0
d(2,6)	2.79	-0.131	0
d(2,7)	20.56	-0.073	0
d(2,8)	2.78	-0.132	0
d(2,9)	10.01	-0.130	0
d(2,10)	7.22	-0.063	0
d(3,1)	46.25	-0.010	0
d(3,2)	36.07	0.118	0
d(3,4)	1.86	-0.007	0
d(3,5)	-4.83	-0.014	0
d(3,6)	38.86	-0.014	0
d(3,7)	56.63	0.045	0
d(3,8)	38.85	-0.014	0
d(3,9)	46.08	-0.013	0
d(3,10)	43.30	0.055	0
d(4,1)	44.39	-0.003	0
d(4,2)	34.21	0.125	0
d(4,3)	-1.86	0.007	0
d(4,5)	-6.69	-0.007	0
d(4,6)	37.00	-0.006	0
d(4,7)	54.76	0.052	0
d(4,8)	36.99	-0.007	0
d(4,9)	44.22	-0.005	0
d(4,10)	41.43	0.062	0
d(5,1)	51.08	0.004	0
d(5,2)	40.90	0.132	0
d(5,3)	4.83	0.014	0
d(5,4)	6.69	0.007	0
d(5,6)	43.69	0.001	0
d(5,7)	61.45	0.060	0
d(5,8)	43.68	0.000	0
d(5,9)	50.91	0.002	0
d(5,10)	48.13	0.069	0
d(6,1)	7.39	0.003	0
d(6,2)	-2.79	0.131	0
d(6,3)	-38.86	0.014	0
d(6,4)	-37.00	0.006	0
d(6,5)	-43.69	-0.001	0
d(6,7)	17.76	0.059	0
d(6,8)	-0.01	-0.001	0
d(6,9)	7.22	0.001	0
d(6,10)	4.44	0.068	0
d(7,1)	-10.38	-0.055	0
d(7,2)	-20.56	0.073	0
d(7,3)	-56.63	-0.045	0
d(7,4)	-54.76	-0.052	0
d(7,5)	-61.45	-0.060	0
d(7,6)	-17.76	-0.059	0
d(7,8)	-17.78	-0.059	0
d(7,9)	-10.54	-0.058	0
d(7,10)	-13.33	0.010	0
d(8,1)	7.40	0.004	0
d(8,2)	-2.78	0.132	0
d(8,3)	-38.85	0.014	0
d(8,4)	-36.99	0.007	0
d(8,5)	-43.68	0.000	0
d(8,6)	0.01	0.001	0
d(8,7)	17.78	0.059	0
d(8,9)	7.23	0.002	0
d(8,10)	4.45	0.069	0
d(9,1)	0.17	0.003	0
d(9,2)	-10.01	0.130	0
d(9,3)	-46.08	0.013	0
d(9,4)	-44.22	0.005	0
d(9,5)	-50.91	-0.002	0
d(9,6)	-7.22	-0.001	0
d(9,7)	10.54	0.058	0
d(9,8)	-7.23	-0.002	0
d(9,10)	-2.79	0.068	0
d(10,1)	2.95	-0.065	0
d(10,2)	-7.22	0.063	0
d(10,3)	-43.30	-0.055	0
d(10,4)	-41.43	-0.062	0
d(10,5)	-48.13	-0.069	0
d(10,6)	-4.44	-0.068	0
d(10,7)	13.33	-0.010	0
d(10,8)	-4.45	-0.069	0
d(10,9)	2.79	-0.068	0

Tabla A4. 5. Valor de las preferencias de cada proveedor sobre cada criterio estratégico considerado. Fuente: Elaboración propia.

Preferencias	Estrategia de los productos	Volumen de compras sobre el total	Reclamaciones
	funciones de preferencia		
	usual	lineal	v-shape
P(1,2)	0	0	0
P(1,3)	0	0	0
P(1,4)	0	0	0
P(1,5)	0	0	0
P(1,6)	0	0	0
P(1,7)	1	0	0
P(1,8)	0	0	0
P(1,9)	0	0	0
P(1,10)	0	0	0
P(2,1)	1	0	0
P(2,3)	0	0	0
P(2,4)	0	0	0
P(2,5)	0	0	0
P(2,6)	1	0	0
P(2,7)	1	0	0
P(2,8)	1	0	0
P(2,9)	1	0	0
P(2,10)	1	0	0
P(3,1)	1	0	0
P(3,2)	1	0	0
P(3,4)	1	0	0
P(3,5)	0	0	0
P(3,6)	1	0	0
P(3,7)	1	0	0
P(3,8)	1	0	0
P(3,9)	1	0	0
P(3,10)	1	0	0
P(4,1)	1	0	0
P(4,2)	1	0	0
P(4,3)	0	0	0
P(4,5)	0	0	0
P(4,6)	1	0	0
P(4,7)	1	0	0
P(4,8)	1	0	0
P(4,9)	1	0	0
P(4,10)	1	0	0
P(5,1)	1	0	0
P(5,2)	1	0	0
P(5,3)	1	0	0
P(5,4)	1	0	0
P(5,6)	1	0	0
P(5,7)	1	0	0
P(5,8)	1	0	0
P(5,9)	1	0	0
P(5,10)	1	0	0
P(6,1)	1	0	0
P(6,2)	0	0	0
P(6,3)	0	0	0
P(6,4)	0	0	0
P(6,5)	0	0	0
P(6,7)	1	0	0
P(6,8)	0	0	0
P(6,9)	1	0	0
P(6,10)	1	0	0
P(7,1)	0	0	0
P(7,2)	0	0	0
P(7,3)	0	0	0
P(7,4)	0	0	0
P(7,5)	0	0	0
P(7,6)	0	0	0
P(7,8)	0	0	0
P(7,9)	0	0	0
P(7,10)	0	0	0
P(8,1)	1	0	0
P(8,2)	0	0	0
P(8,3)	0	0	0
P(8,4)	0	0	0
P(8,5)	0	0	0
P(8,6)	1	0	0
P(8,7)	1	0	0
P(8,9)	1	0	0
P(8,10)	1	0	0
P(9,1)	1	0	0
P(9,2)	0	0	0
P(9,3)	0	0	0
P(9,4)	0	0	0
P(9,5)	0	0	0
P(9,6)	0	0	0
P(9,7)	1	0	0
P(9,8)	0	0	0
P(9,10)	0	0	0
P(10,1)	1	0	0
P(10,2)	0	0	0
P(10,3)	0	0	0
P(10,4)	0	0	0
P(10,5)	0	0	0
P(10,6)	0	0	0
P(10,7)	1	0	0
P(10,8)	0	0	0
P(10,9)	1	0	0

Tabla A4. 6. Índices de Preferencia Agregados para la estrategia de proveedores. Fuente: Elaboración propia.

Índices Preferencia Agregados	
Π(1,2)	0.000
Π(1,3)	0.000
Π(1,4)	0.000
Π(1,5)	0.000
Π(1,6)	0.000
Π(1,7)	0.633
Π(1,8)	0.000
Π(1,9)	0.000
Π(1,10)	0.000
Π(2,1)	0.633
Π(2,3)	0.000
Π(2,4)	0.000
Π(2,5)	0.000
Π(2,6)	0.633
Π(2,7)	0.633
Π(2,8)	0.633
Π(2,9)	0.633
Π(2,10)	0.633
Π(3,1)	0.633
Π(3,2)	0.633
Π(3,4)	0.633
Π(3,5)	0.000
Π(3,6)	0.633
Π(3,7)	0.633
Π(3,8)	0.633
Π(3,9)	0.633
Π(3,10)	0.633
Π(4,1)	0.633
Π(4,2)	0.633
Π(4,3)	0.000
Π(4,5)	0.000
Π(4,6)	0.633
Π(4,7)	0.633
Π(4,8)	0.633
Π(4,9)	0.633
Π(4,10)	0.633
Π(5,1)	0.633
Π(5,2)	0.633
Π(5,3)	0.633
Π(5,4)	0.633
Π(5,6)	0.633
Π(5,7)	0.633
Π(5,8)	0.633
Π(5,9)	0.633
Π(5,10)	0.633
Π(6,1)	0.633
Π(6,2)	0.000
Π(6,3)	0.000
Π(6,4)	0.000
Π(6,5)	0.000
Π(6,7)	0.633
Π(6,8)	0.000
Π(6,9)	0.633
Π(6,10)	0.633
Π(7,1)	0.000
Π(7,2)	0.000
Π(7,3)	0.000
Π(7,4)	0.000
Π(7,5)	0.000
Π(7,6)	0.000
Π(7,8)	0.000
Π(7,9)	0.000
Π(7,10)	0.000
Π(8,1)	0.633
Π(8,2)	0.000
Π(8,3)	0.000
Π(8,4)	0.000
Π(8,5)	0.000
Π(8,6)	0.633
Π(8,7)	0.633
Π(8,9)	0.633
Π(8,10)	0.633
Π(9,1)	0.633
Π(9,2)	0.000
Π(9,3)	0.000
Π(9,4)	0.000
Π(9,5)	0.000
Π(9,6)	0.000
Π(9,7)	0.633
Π(9,8)	0.000
Π(9,10)	0.000
Π(10,1)	0.633
Π(10,2)	0.000
Π(10,3)	0.000
Π(10,4)	0.000
Π(10,5)	0.000
Π(10,6)	0.000
Π(10,7)	0.633
Π(10,8)	0.000
Π(10,9)	0.633