



## Método de pronóstico y multicriterio para analizar la demanda y selección de proveedores en una PYME

### Forecast and multicriteria approach to analyze the demand and supplier selection in an SME

---

Alvarez-Aranda Monserrat

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Edo. México

Correo: [aranda.alvarez.14@gmail.com](mailto:aranda.alvarez.14@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-9750-4536>

Martínez-Urbina Luis Daniel

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Edo. México

Correo: [danodano955@gmail.com](mailto:danodano955@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-5159-9875>

Aparicio-Urbano José

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Edo. México

Correo: [jose.aparicio@tesjo.edu.mx](mailto:jose.aparicio@tesjo.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6323-2605>

Cruz-Romero Marlenne

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Edo. México

Correo: [marlenne.cruz@tesjo.edu.mx](mailto:marlenne.cruz@tesjo.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-8600-2776>

#### Resumen

En este artículo se presenta la aplicación de un enfoque híbrido que contempla un método de pronóstico y un método de toma de decisiones multicriterio para la selección de proveedores de materia prima en una PYME de tacos del Estado de México. El pronóstico se desarrolló mediante el software Minitab®18 a través un análisis de series de tiempo; evaluando el producto con mayor venta para un pronóstico de 15 días durante los tres principales meses donde la demanda es elevada, obteniendo como resultado el pronóstico de venta, el cual fue 54 tacos por día del tipo de taco más vendido de los cinco evaluados. Para la selección de proveedores se utilizó el método Electre I, se desarrollaron las matrices correspondientes para evaluar 13 proveedores de la PYME, se obtuvo como resultado que los proveedores 1, 3, 4, 5, 7, 9 y 12 sobresalen, correspondiente a un 53 %, descartando a los proveedores 2, 6, 8, 10, 11 y 13 correspondiente al 46 %, se logró seleccionar al mejor proveedor de acuerdo con los criterios evaluados.

**Descriptor:** PYME, proveedor, pronóstico, Electre, multicriterio.

#### Abstract

This article presents the application of the multicriteria method and the forecast method in an SME in the State of Mexico for the selection of suppliers. It was developed using the Minitab®18 software, developing a time analysis, where the objective of increasing demand by 10 % was consolidated; evaluating the product with the highest sales in a period of 15 days during the three main months where the demand is high, obtaining as a result the sales forecast is 54 and 55 tacos per day. For the Electre I method, matrices were developed evaluating the 13 suppliers of the SME, the result was that supplier 1, 3, 4, 5, 7, 9 and 12 stand out, corresponding to 53 %, discarding supplier 2, 6, 8, 10, 11 and 13 corresponding to 46 %, it was possible to increase the choice of suppliers with higher value.

**Keywords:** SME, provider, forecast, Electre, multicriteria.

## INTRODUCCIÓN

Este artículo se desarrolló mediante los métodos de pronóstico y multicriterio, analizando los atributos más relevantes para la selección de proveedores. Basándose en la revisión de los meses con mayor demanda por cada 15 días, estos datos fueron extraídos aleatoriamente de la PYME, enfocándonos en el producto con mayor demanda. Para la implementación del análisis multicriterio se utilizó el método Electre I y matrices que descartaban los posibles proveedores para beneficio de la PYME (Bustos, 2012). El método de pronóstico modela los componentes de una serie que habitualmente se observa de forma fácil en una gráfica de series de tiempo de los datos. Este enfoque descompone los datos en sus partes componentes y luego extiende las estimaciones de los componentes en el futuro para generar pronósticos (Minitab 18, 2022).

Tener proveedores confiables es lo que hará una diferencia, sin embargo, mientras que el número de teorías acerca de las evaluaciones de proveedores está creciendo, existe escasa evidencia práctica (Maldonado, 2020). Añadiendo también, que actualmente en los procesos de selección de proveedores se apoya la creencia popular de que el costo o el precio del bien o servicio es el criterio más importante, y luego es seguida por calidad y la entrega, entre otros (Ocampo & Quintero, 2021).

En este sentido, uno de los frentes de trabajo importantes para la administración empresarial gira en torno a las actividades de aprovisionamiento, las cuales abarcan, de manera integral, la selección y evaluación permanente de la base de proveedores, las compras, el transporte de materiales y el almacenamiento de materias primas (Sarache *et al.*, 2004). Actualmente el mercado es altamente competitivo y cambiante, por ello la gestión de la cadena de suministro juega un papel fundamental para las organizaciones que buscan permanecer en el mínimo. La selección de proveedores es una decisión que hace parte de la gestión de la cadena de suministro y es considerada como uno de los problemas clave que enfrentan las organizaciones en busca de garantizar el correcto desarrollo de sus operaciones y mantener la competitividad en el mercado (Parra *et al.*, 2019).

Seleccionar a los proveedores no debe ser un simple impulso, es decir, no debe hacerse usando factores como proximidad o costo; por el contrario, debe ser elegido a través de un análisis multicriterio que involucre todos aquellos aspectos que afectan la decisión. Tomando como referencia que las otras PYMES no suman a proveedores en beneficio de las mismas. Frente a la gestión de proveedores, la norma ISO 9001 establece que: "La organización debe evaluar y seleccionar a los pro-

veedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecerse criterios para la selección, evaluación y reevaluación" (Cobo *et al.*, 2008). Tuvo lugar en la misma, la introducción de un amplio panorama del estado del campo por Roy y los dos primeros métodos multicriterio interactivos: el POP y el de Geoffrion. Estas ideas pioneras presentadas por diversos investigadores, culminaron en la celebración de la I Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio, la cual fue organizada en 1972 en la Universidad de Columbia en Carolina del Sur por Cochrane y Zeleny (Alvarez, 2019).

Este método sin duda es el más conocido y el más ampliamente utilizado de los métodos de sobre clasificación existentes y sobre todo en aplicaciones de la vida real (Melgar, 2016). Se buscó contribuir una relación denominada de superación, que representa las preferencias del decisor sólidamente establecidas y, posteriormente, explorar la relación de superación con vistas a ayudar al decisor a resolver el problema.

Estos métodos constituyen instrumentos para obtener una preselección de grupos de alternativas muy amplios. El tamaño del conjunto de soluciones eficientes se divide en subconjuntos de alternativas más favorables (Druet, 2013). Es decir, una alternativa sobre clasificación a otra, donde pasa a formar parte de un conjunto de alternativas más favorables, cuando es la menos igual de buena. Teniendo en cuenta el conjunto de atributos considerados para ello, es necesario que la concordancia entre ambas supere un índice y que la discordancia no supere a otro (Marín, 2019).

Se consideró la base de información estructurada, entre otras, en cuyo ámbito aparecen frecuentemente problemas en los que la selección de soluciones posibles debe realizarse en presencia de criterios múltiples y de diversa naturaleza (García, 2014). La esencia de estos métodos se basa en la comparabilidad parcial fundamental, según el cual, las preferencias pueden ser modeladas, por una parte, estableciendo cuatro relaciones binarias: indiferencia, preferencia estricta, preferencia grande y comparabilidad. Mientras que, a su vez, logra establecer límites de diferencia e indiferencia mediante la denominada función objetivo. Para la toma de decisiones Multicriterio y pronóstico posee mejoras significativas respecto al método original del cual proviene y del que conserva la formulación del problema y los conceptos básicos (concordancia, discordancia, núcleo del grafo de superación, veto), (Barberis & Escribano, 2012).

Aplicando el método Electre I, se establece una relación de preferencia en la selección del mejor proveedor, permitiendo clasificar las alternativas en función de la

relación de preferencia (Erol & Ferrel, 2003). Las empresas utilizan este método como necesidad de obtener beneficios a lo largo de su experiencia para la toma de decisiones en cada área (Peña & Rodríguez, 2018). Es importante señalar que otro de los factores que complica la selección de un proveedor es que muchos de los atributos se pueden encontrar en conflicto y que el logro de uno de estos demerite el logro de otros (García *et al.*, 2013). Este método permite jerarquizar las acciones posibles y seleccionar a los que reúnen criterios de aceptabilidad, la evaluación constante de proveedores ayuda a las empresas a optimizar sus gastos y prevenir riesgos (Medina, 2022).

### DESARROLLO

Para este artículo se utilizó el método de pronóstico mediante software estadístico Minitab®18, se evaluaron 92 datos históricos de los tres principales meses donde la demanda es mayor, los datos corresponden a septiembre, octubre y noviembre. A su vez, se obtuvieron aleatoriamente por la PYME, siendo evaluados cada 15 días. Se consideró el producto con mayor demanda, teniendo como resultado un pronóstico de 54 tacos por día. El método cuadrático fue el mejor según el MAPE calculado. La PYME evaluada pertenece al giro comercial-alimenticio (Tabla 1).

Para obtener el pronóstico de los tres meses correspondientes (Tabla 2), previsto a 15 días, los valores se obtuvieron aleatoriamente mediante la información de la PYME. A través de la ecuación (1) tendencia ajustada se obtiene el pronóstico.

$$Yt = 47.839 + 0.0638 x^t \tag{1}$$

Para el método multicriterio se desarrolló el método Electre I, se evaluó la preferencia del decisor y la calidad del producto, después se desplazó en nueve matrices, las cuales evaluaron diferentes aspectos de cada proveedor. Se priorizó calidad y precio, enfocándose en los aspectos de la materia prima. La Tabla 3 muestra el

nombre de cada proveedor, el tipo de carne y el precio establecido por la demanda de mercado.

Tabla 2. Pronóstico

Pronósticos	
Periodo	Pronóstico
93	53.7699
94	53.8337
95	53.8975
96	53.9613
97	54.0251
98	54.0888
99	54.1526
100	54.2164
101	54.2802
102	54.3439
103	54.4077
104	54.4715
105	54.5353
106	54.599
107	54.6628

Fuente: El autor

Tabla 3. Selección de proveedores

Proveedores			
Tripa		Suadero	
Víctor	53	Juan	88
Martín	50	Román	90
Ricardo	48	Ricardo	95
Rubén	45	Rubén N.	90
Longaniza		José	90
Tomás	70	Adobada	
Cecina natural		Antonio	90
Osvaldo	120	Arrachera, costilla	
		Franco	150

Fuente: Obtenida de PYME

Tabla 1. MAPE, MAD Y MSD

				Multiplicativo		Aditivo		Suavización			Método Winters Multi.	
	Lineal	Cuadrático	Exponencial	Tendencia estacional	Solamente estacional	Tendencia estacional	Solamente estacional	Promedio móvil	Simple	Doble	Multi-plicativo	Auditivo
MAPE	4.29771	3.526	4.1718	4.17037	4.9707	4.2056	4.9692	3.8259	4.0976	4.25212	12.1088	10.3728
MAD	2.18947	1.7903	2.13818	2.1342	2.5031	2.14203	2.5024	1.96667	2.10018	2.17567	5.9573	5.1038
MSD	7.10761	5.72685	7.50068	7.44072	10.1777	7.32377	10.1764	6.96111	7.16759	7.64739	65.6143	49.4308

Fuente: El autor

**MATRICES DE DECISIÓN**

El método ELECTRE I se desarrolló en tres partes: la primera, una matriz de decisión, en la segunda una matriz de decisión normalizada y la tercera una matriz de decisión normalizada ponderada. Con base en la información de cada proveedor se desarrolló la Tabla 4.

Como se puede observar, en esta tabla se evalúan cuatro criterios, donde el primero es la forma de pago y se maneja en efectivo. El criterio dos, evalúa la velocidad de respuesta en días donde este no debe ser mayor a tres. El tercer criterio relaciona la calidad y el precio, depende de la demanda en el mercado. Finalmente, en el cuarto criterio se evalúa el color, olor, temperatura y consistencia que son los requisitos de calidad.

La Tabla 5 se obtiene de la relación con la Tabla 4. En esta se observa en primer lugar el costo del producto que se minimizará, en segundo lugar la calidad que se maximizará y finalmente en tercer lugar, la vida útil que no debe ser mayor a dos días.

Los pesos de los criterios se establecieron con el método ELECTRE I, el peso del criterio “Costo del producto” es 0.3, el peso del criterio “Calidad” es de 0.4 y el peso del criterio “Vida útil” es 0.3.

La Tabla 6 muestra el rango de cada criterio. El rango se calcula con la ecuación (2).

$$Rango = Máximo - Mínimo \tag{2}$$

La tercera matriz de decisión normalizada (Tabla 7) se realiza con la ecuación (3), siendo así que al máximo

criterio se le restará la alternativa que se estará evaluando y se divide en el máximo de criterio restando el mínimo del criterio. Para aplicar la fórmula de maximizar la alternativa que se está evaluando se restará el mínimo del criterio, el resultado del máximo y mínimo del criterio finalmente se divide como se muestra en la ecuación (4). Los resultados se visualizan en la Tabla 7.

$$V_{I=\frac{\max r_i - r_j}{\max r_i - \min r_j}} \tag{3}$$

$$dV_{I=\frac{r_j - \min r_i}{\max r_i - \min r_j}} \tag{4}$$

Desarrollo de las ecuaciones (3) y (4).

$$V_{i=\frac{150-105}{88}} \quad V_{i=0.84906}$$

Para el proceso de la Tabla 8, los resultados se obtienen de la multiplicación del peso criterio por la matriz de decisión normalizada en cada proveedor, importante resaltar que no deben ser mayores a uno.

En la matriz de concordancia (Tabla 10) se busca encontrar el índice donde los atributos sean mejor en relación con las otras alternativas. La Tabla 9, que utiliza la ecuación (4) para obtener resultados, compara las alter-

Tabla 4. Matriz multicriterio

	Formas de pago	Velocidad de respuesta (días)	Relación (calidad/ precio)	Requisitos de calidad	
Proveedores	1	Efectivo	1 a 2	Media	Alta
	2	Efectivo	1	Media	Media
	3	Efectivo	2 a 3	Media	Media
	4	Efectivo	1	Alta	Alta
	5	Efectivo	1	Media	Alta
	6	Efectivo	5	Alta	Alta
	7	Efectivo	1	Alta	Alta
	8	Efectivo	1	Alta	Alta
	9	Efectivo	1	Alta	Alta
	10	Efectivo	2	Media	Alta
	11	Efectivo	1	Media	Alta
	12	Efectivo	5	Alta	Alta
	13	Efectivo	1	Alta	Alta

Fuente: El autor

Tabla 5. Matriz de decisión

Matriz de decisión		Costo del producto (MIN)	Calidad (MAX)	Vida útil días (MIN)
Alternativas	Proveedor 1	53	60	1
	Proveedor 2	50	55	2
	Proveedor 3	48	58	2
	Proveedor 4	45	55	2
	Proveedor 5	88	88	1
	Proveedor 6	90	100	2
	Proveedor 7	95	95	2
	Proveedor 8	90	90	2
	Proveedor 9	90	95	1
	Proveedor 10	150	155	2
	Proveedor 11	120	127	2
	Proveedor 12	70	77	2
	Proveedor 13	130	140	1
Peso criterio		0.3	0.4	0.3

Fuente:El autor

Tabla 6. Rango

Rango	Costo del producto (MIN)	Calidad (MAX)	Vida útil días (MIN)
Mínimo	45	55	2
Máximo	150	155	3
Rango	105	100	1

Fuente: El autor

Tabla 7. Matriz de decisión normalizada

Matriz de decisión		Costo del producto (MIN)	Calidad (MAX)	Vida útil días (MIN)
Alternativas	Proveedor 1	0.84906	0.75000	2
	Proveedor 2	0.90000	0.81818	1
	Proveedor 3	0.97143	0.77586	1
	Proveedor 4	1.00000	0.81818	1
	Proveedor 5	0.59048	0.33000	2
	Proveedor 6	0.57143	0.45000	1
	Proveedor 7	0.52381	0.47368	1
	Proveedor 8	0.57143	0.50000	1
	Proveedor 9	0.57143	0.47368	2
	Proveedor 10	0.00000	1.00000	1
	Proveedor 11	0.28571	0.35433	1
	Proveedor 12	0.76190	0.58442	1
	Proveedor 13	0.19048	0.32143	2
Peso criterio		0.3	0.4	0.3

Fuente: El autor

nativas de cada criterio. Para obtener el índice se utilizan los datos en la Tabla 8. Con la ecuación (5) se evalúa qué alternativa es la mejor dando el peso por cada criterio, comparando el proveedor uno con el proveedor

dos y así sucesivamente, eligiendo el número mayor. Por último, se obtiene umbral de concordancia (Tabla 11) siendo el promedio general.

Tabla 8. Matriz de decisión normalizada ponderada

Matriz de decisión		Costo del producto (MIN)	Calidad (MAX)	Vida útil días (MIN)
Alternativas	Proveedor 1	0.25472	0.30000	0.6
	Proveedor 2	0.27000	0.32727	0.3
	Proveedor 3	0.29143	0.31034	0.3
	Proveedor 4	0.30000	0.32727	0.3
	Proveedor 5	0.17714	0.13200	0.6
	Proveedor 6	0.17143	0.18000	0.3
	Proveedor 7	0.15714	0.18947	0.3
	Proveedor 8	0.17143	0.20000	0.3
	Proveedor 9	0.17143	0.18947	0.6
	Proveedor 10	0.00000	0.40000	0.3
	Proveedor 11	0.08571	0.14173	0.3
	Proveedor 12	0.22857	0.23377	0.3
	Proveedor 13	0.05714	0.12857	0.6
Peso criterio		0.3	0.4	0.3

Fuente: El autor

Tabla 9. Matriz de decisión normalizada ponderada

Proveedor 1	0.25475	0.30000	0
Proveedor 2	0.27000	0.32727	0
Peso criterio	0.3	0.4	0.3

Fuente: Obtenida de Tabla 6: Matriz de decisión normalizada ponderada

Tabla 10. Matriz de concordancia

	Proveedores												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1		0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
2	0.4		0.4	0.4	0.7	0.4	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
3	0.4	0.4		0.7	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.4
4	0.4	0.4	0.3		0.4	0.3	0.3	0.4	0.7	0.4	0.4	0.7	0.4
5	0.7	0.3	0.3	0.7		0.3	0.7	0.3	0.3	0.4	0.4	0.7	0.4
6	0.7	0.4	0.4	0.3	0.3		0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.7	0.4
7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.7	0.3		0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.4	0.4		0.7	0.4	0.4	0.7	0.4
9	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4		0.3	0.3	0.4	0.4
10	0.4	0.4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3		0.3	0.4	0.4
11	0.4	0.4	0.7	0.7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3		0.4	0.4
12	0.7	0.4	0.7	0.4	0.3	0.4	0.7	0.4	0.7	0.4	0.4		0.4
13	0.7	0.7	0.7	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.4	0.4	0.4	

Fuente: El autor

$$ik = \sum_{j:c_j(A) > c_j(AK)} w_j + \frac{1}{2} \sum_{j:c_j(Ai) = c_j(AK)} w_j; 0 \forall \text{ otra alternativa} \quad (5)$$

Tabla 11. Umbral de concordancia (Promedio)

Umbral de concordancia	0.43782
UC	

Fuente: El autor

**MATRICES DE RELACIÓN**

La matriz de discorcordancia (Tabla 14) busca encontrar el punto donde no exista ningún atributo con un índice bajo.

Con relación en las otras alternativas para obtener resultados es importe describir en primer lugar que con la ecuación 6 se hace la comparación entre proveedores donde esta relaciona el valor absoluto máximo de los negativos y se divide con el valor máximo absoluto obteniendo como resultado -0.0909 a partir de las Tablas 12 y 13.

$$D_{ik} = \frac{\max |C_{j(A_j) - C_{j(A_k)}}|; |C_{j(A_j) < C_{j(A_k)}}|}{\max |C_{j(A_j) - C_{j(A_k)}}|} \quad (6)$$

Tabla 14. Matriz de discorcordancia

		Proveedores												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Proveedores	1		0.091	0.122	0.151	0.462	0.278	0.368	0.278	0.754	0.393	0.528	0.221	0.868
	2	0.051		0.790	0.000	0.651	0.000	0.000	0.000	0.459	0.269	0.000	0.000	0.710
	3	0.122	0.790		0.000	0.594	0.000	0.000	0.000	0.403	0.308	0.000	0.000	0.781
	4	0.151	0.000	0.000		0.651	0.000	0.000	0.000	0.459	0.242	0.000	0.000	0.810
	5	0.000	0.651	0.594	0.651		0.160	0.192	0.227	0.099	0.893	0.032	0.339	0.000
	6	0.400	0.000	0.000	0.000	0.160		0.663	0.000	0.000	0.779	0.000	0.000	0.381
	7	0.368	0.000	0.000	0.000	0.192	0.663		0.000	0.000	0.746	0.000	0.000	0.333
	8	0.333	0.000	0.000	0.000	0.227	0.000	0.000		0.035	0.857	0.000	0.000	0.381
	9	0.000	0.459	0.400	0.459	0.994	0.000	0.000	0.035		0.702	0.286	0.190	0.000
	10	0.333	0.269	0.308	0.242	0.893	0.779	0.746	0.857	0.702		0.344	0.727	0.905
	11	0.563	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.286	0.332		0.000	0.095
	12	0.345	0.345	0.000	0.000	0.339	0.000	0.000	0.000	0.190	0.000	0.000		0.000
	13	0.000	0.710	0.781	0.810	0.000	0.381	0.333	0.381	0.000	0.905	0.095	0.571	

Fuente: El autor

Tabla 15. Umbral de discorcordancia (Promedio)

Umbral de discorcordancia	0.2648
UC	

Fuente: El autor

Bajo la fórmula de matriz de discordancia (recopilación de datos) y la recopilación de datos (matriz de discordancia) surgen los siguientes resultados.

Tabla 12. Matriz de decisión normalizada ponderada

0.25472	0.30000	0.6
0.27000	0.32727	0.3

Fuente: El autor

Tabla 13. Procedimiento de discorcordancia  
0.25472 - 0.27000 = -0.01528

0.25472	0.30000	0.6
0.27000	0.32727	0.3
-0.01528	-0.02727	0.30000

Fuente: El autor

$$\frac{-0.02727}{0.30000} = -0.0909$$

Por último, se obtiene umbral de discorcordancia siendo el promedio general (Tabla 15).

**MATRIZ DE DOMINANCIAS**

La matriz de dominancia concordante (Tabla 16) se relaciona con la matriz de concordancia (Tabla 10) y su umbral, asignando valores de 0 y 1. Esta matriz de dominancia (Tabla 16) compara cada alternativa, si esta es mayor al umbral de concordancia se le asigna 1 y si es menor al índice de concordancia será 0. Por último, se obtiene el umbral concordante, siendo el promedio (Tabla 17).

Para obtener la matriz de dominancia discordante (Tabla 18), se entrelaza con la Tabla 10, matriz de discordancia. Se compara cada alternativa, si esta es mayor al umbral de concordancia (Tabla 17) se le asigna 0 y si es menor al índice de concordancia será 1. Por último, se obtiene el umbral discordante (Tabla 19) a través del promedio.

Tabla 16. Matriz de dominancia concordante

		Proveedores												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Proveedores	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	3	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0		0	0	0	0	1	0	0	1	0
	5	1	0	0	1		0	1	0	0	0	0	1	0
	6	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	1	0	0		1	0	0	1	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
	10	0	0	0	1	1	1	1	0	0		0	0	0
	11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0		0	0
	12	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0		0
	13	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	

Fuente: El autor

Tabla 17. Umbral de concordante (Promedio)

Umbral concordante	0.1987179
UC	

Fuente: El autor

Tabla 18. Matriz de dominancia discordante

		Proveedores												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Proveedores	1		1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2	1		0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
	3	1	0		1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
	4	1	1	1		0	1	1	1	0	1	1	1	0
	5	1	0	0	0		1	1	1	1	0	1	0	1
	6	0	1	1	1	1		0	1	1	0	1	1	0
	7	0	1	1	1	1	0		1	1	0	1	1	0
	8	0	1	1	1	1	1	1		1	0	1	1	0
	9	1	0	0	0	1	1	1	1		1	0	1	1
	10	0	0	1	1	0	0	0	0	0		0	0	0
	11	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0		1	1
	12	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1		1
	13	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	

Fuente: El autor



Tabla 19. Umbral de discordante (Promedio)

Umbral discordante	0.58861
UC	

Fuente: El autor

**MATRIZ DE DOMINANCIA AGREGADA**

Ya obtenidas, la matriz de decisión (Tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9), la matriz de relación (Tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15) y la matriz de dominancia (Tablas 16, 17, 18 y 19), se calcula la matriz de dominancia agregada (Tabla 20) la cual se determina multiplicando la matriz de dominancia concordante (Tabla 16) y matriz de dominancia discordante (Tabla 18). En la Tabla 20 en la columna rotulada como "Suma fila" indica cuántas veces la alternativa supera a las demás y fila rotulada como "Suma columna" indica cuántas veces la alternativa es superada por las demás.

A partir de la matriz de dominancia agregada (Tabla 20) se obtiene la siguiente red, donde en el nivel uno los

proveedores 2, 6, 8, 10, 11 y 13 no fueron superados por ningún otro proveedor. Para el nivel dos, los proveedores 1, 3, 5 y 7 fueron superados por los proveedores del nivel 1. Para el nivel tres los proveedores 4, 9 y 12 fueron superados por los proveedores del nivel 2. Finalmente se elige a los proveedores 1, 3, 5, y 7, su calidad no es mínima y con la revisión de pronóstico por cada 15 días, mejorará. Proveedores del nivel 3, son alternativas sobre clasificadas, en este caso los proveedores 4, 9 y 12, debido a que poseen una excelente calidad.

**DISCUSIÓN Y RESULTADOS**

El enfoque del método multicriterio ha proporcionado la mejor alternativa en función de las matrices evaluando los criterios de forma de pago, velocidad de respuesta, relación calidad/precio y calidad. La metodología propuesta dio como resultado que el proveedor 12 sobresale por su alta calidad, por otra parte, los proveedores del nivel 2 que son los proveedores 1, 3, 5 y 7 se mantie-

Tabla 20. Matriz de dominancia agregada

	Proveedores													Suma fila
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
12	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Suma columna	2	0	2	3	2	0	2	0	3	0	0	4	0	

Fuente: El autor

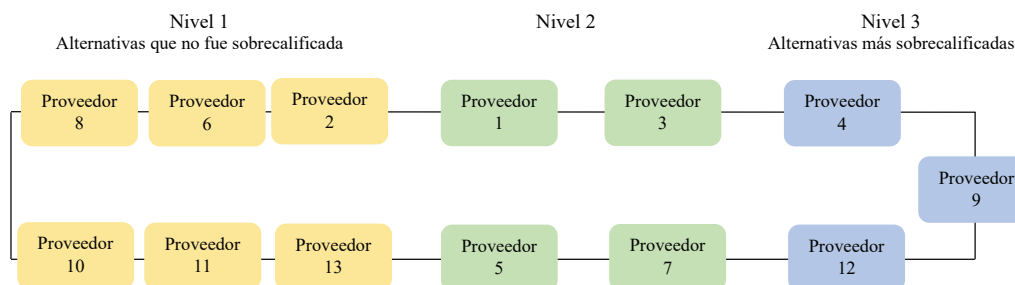


Figura 1. Red de proveedores  
Fuente: El autor

nen en un estado neutro. Además, se obtuvo que, de los 13 proveedores evaluados, los proveedores 2, 6, 8, 10, 11 y 13 no sobresalen y son un 46 % del total de proveedores. A su vez, para fines prácticos elegimos el producto con mayor demanda y con el pronóstico se determinó la demanda de 54 tacos por día según el MAPE reportado.

### CONCLUSIONES

Se logró satisfacer la demanda de la PYME con un 23 % que corresponden a los tres proveedores con un alto rango de demanda por parte de la PYME, además se estableció la selección de los más confiables, evaluando los criterios establecidos para que la PYME sea más eficiente, dando mejores resultados para los clientes. Lo anterior mediante la primera matriz multicriterio de evaluación (Tabla 4), que corresponde a los principales aspectos para el manejo y control de proveedores. También la matriz de decisión (Tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9) tomó como referencia la demanda en el mercado basándose en calidad, costo del producto y su vida útil. Enseguida la matriz de decisión normalizada (Tabla 7) y matriz de decisión normalizada ponderada (8 y 9), se descartó y verificó cada proveedor para maximizar la calidad del producto. Después la matriz de concordancia (Tabla 10) y matriz de discordancia (Tabla 14), las cuales dependen de las matrices anteriores para obtener al mejor proveedor. Se continuó con la matriz de dominancia concordante (Tabla 16) y matriz de dominancia discordante (Tabla 18), donde se descartó a los proveedores con menor porcentaje; finalmente, la matriz de proveedores arrojó como resultado al mejor proveedor. Este artículo demostró la importancia de llevar a cabo un análisis de producto para determinar qué proveedor varía en cuanto a calidad, cantidad y sabor.

### REFERENCIAS

Alvarez, Y. P. Universidad Central Marta Abreu de las villas. (2019). Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/11431/P%3a9rez%20Alvarez%2c%20Yohana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barberis, G. F., & Escribano-Ródenas, Ma del C. (2012). Utilización del método ELECTRE IS de ayuda a la decisión multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA Actas*, 10(1), 10.

Bustos-Camargo, F. (2012). *Propuesta metodológica para la selección de sistemas de tecnologías de la información en cadenas de distribución Urbana de Mercancía* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México.

Cobo, J., Ortiz, I., & Mataix, C. (2008). Selección y evaluación de proveedores de comercio justo mediante técnicas multicrite-

rio. En 12th International Conference on Project Engineering, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 1, p. 14. Recuperado de <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1897>

Druet-Solanas, D. (2013). *Aplicación de una herramienta de ayuda a la decisión multicriterio discreta en la elección de un activo en el sector del Metal. Métodos ELECTRE I y IV* (Tesis de licenciatura). Centro Politécnico Superior, Universidad Zaragoza, Recuperado de <https://core.ac.uk/reader/289973560>

Erol, I., & Ferrell, W. (2003). A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria. *International Journal of Production Economics*, 86(3), 187-199.

García-Alcaraz, J. L., Alvarado-Iniesta, A. & Maldonado-Macías, A. A. (2013). Selección de proveedores basada en análisis dimensional. *Contaduría y administración*, 58(3), [http://dx.doi.org/10.1016/S0186-1042\(13\)71229-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0186-1042(13)71229-4)

García-Cebrian, L. I. (2014). Localización empresarial en Aragón. *Revista de Métodos Cuantitativos para la economía y la empresa*, 17.

Maldonado-Benalczar, A. (2020). *Aplicación y análisis de metodologías multicriterio para la selección de proveedores* (Tesis de magister). Universidad Concepción Chile.

Marín-Gómez, O. H. (2019). *Universidad del Valle. Propuesta de aplicación de una herramienta multicriterio para la selección de empresas transportadoras en una empresa manufacturera del norte del valle del cauca* (Tesis de licenciatura). Universidad Del Valle, Sede Zarzal. Recuperado de: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16652/0598341.pdf?sequence=1>.

Medina-Neyra, A. M. (2021). 5 Criterios para la evaluación y selección de proveedores. Equipo ORCA. Recuperado el 20 de mayo de 2022 de <https://blog.orcagrc.com/evaluacion-y-seleccion-de-proveedores>

Melgar-González, A. (2016). *Valoración de proveedores en la industria del automóvil. Evaluación de calidad de proveedores para Renault S.A.* (Tesis de licenciatura). Universidad de Valladolid. Recuperado de <https://1library.co/document/ynew1wpy-valoracion-proveedores-industria-automovil-evaluacion-calidad-proveedores-renault.html>.

Minitab 18 (2022). Recuperado el 3 de marzo de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/supporting-topics/basics/methods-for-analyzing-time-series/>

Ocampo-Murillo, H. F., & Quintero-Garzón, M. L. (2020). Selección de proveedores de insumos críticos en términos de sostenibilidad a través de la metodología multicriterio en una empresa del sector azucarero. *Entramado*, 16(2), 24-44. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6436>

Parra-Calderón, C. A., Osorio-Gómez, J. C., & Escandón-López, J. C. (2019). Metodología multicriterio para la selección de proveedores bajo consideraciones de riesgo. *Scientia et Technica*, vol. 24(2), 232-239. <https://doi.org/10.22517/23447214.19681>

Peña-Flores, L. A., & Rodríguez-Rojas, Y. L. (2018). Evaluation and selection of providers procedure based on the hierarchical analysis process and a mixed integer/linear programming. *Ingeniería*, 23(3), 230-251. <https://doi.org/10.14483/23448393.13316>

Sarache, W. A., Hoyos-Montoya, C., & Burbano, J. C. (2004). Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio. *Scientia Et Technica*, X(24), 219-224. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053040>

**Cómo citar:**

Alvarez-Aranda, M., Martínez-Urbina, L. D., Aparicio-Urbano, J., & Cruz-Romero, M. (2023). Método de pronóstico y multicriterio para analizar la demanda y selección de proveedores en una PYME. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 24 (02), 1-11. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.2.009>