



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Vicerrectoría Académica
Decanato de Ingenierías
Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología.

Título de la Tesis

Modelo de Abastecimiento Estratégico para la Industria Automotriz,
Considerando el Tratado Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá
(T-MEC), Caso de Estudio de una Empresa Global.

Tesis que para obtener el Grado de Doctor en Planeación Estratégica y Dirección
de Tecnología.

Presenta

Gustavo Alberto Ramírez Revilla



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Decanato de Ingeniería
Doctorado en Planeación Estratégica
y Dirección de Tecnología

Se aprueba la Tesis:

**Modelo de Abastecimiento Estratégico para la Industria Automotriz,
Considerando el Tratado Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá
(T-MEC), Caso de Estudio de una Empresa Global.**

Nombre del Alumno

Gustavo Alberto Ramírez Revilla

Comité Asesor

Dr. José Pablo Nuño de la Parra

Director de Tesis

Dr. Carlos Arturo Vega Lebrún

Asesor 1

Dra. María Guadalupe López Molina

Asesor 2

Dr. Juan Carlos Pérez García

Asesor 3

Puebla, México.

Dra. Alejandra Aldrette Malacara

Asesor 4

Diciembre de 2022.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios principalmente por la vida y permitirme lograr esta meta

A mi esposa Ana Laura, por su comprensión y apoyo

A mi hija Jimena, por su benevolencia y amor

A mi madre Blanca, que desde el cielo me anima y guía

A mi padre Salvador, por darme lo mejor de su ser

A mi hermano Christopher, por su confianza y cariño

A mi director de tesis Pablo, por ser mi mentor

A mis asesores,

A mis familiares,

A mis amigos,

A todos los que son parte de mi vida.

¡Gracias!

RESUMEN

El presente trabajo surge a raíz de las nuevas reglas de origen del nuevo acuerdo comercial entre Estados Unidos, México y Canadá (T-MEC) para la industria automotriz. Las compañías automotrices deberán considerar nuevos criterios para la selección de sus proveedores a través de un abastecimiento estratégico que les permita: responder a los lineamientos que exige el acuerdo comercial, responder a sus propias necesidades y de sus clientes, estar alineados y en congruencia con su estrategia empresarial, minimizar los impactos financieros, y así lograr sus objetivos y metas para mantener una ventaja competitiva.

En este estudio, examinamos cómo la planeación estratégica de compras influye en las actividades de abastecimiento, a través de la identificación, evaluación y elección de criterios apropiados para la selección de proveedores.

Particularmente, este trabajo desarrollo un modelo de abastecimiento estratégico, en el que se utilizaron las metodologías de decisión multicriterio AHP y el Costo Total de Propiedad para la selección de proveedores y la clasificación de criterios clave.

Los resultados demuestran que el modelo ayuda a tener una perspectiva integral en la elección del mejor proveedor que permita tomar en cuenta criterios estratégicos, de desempeño y de rentabilidad. Por otro lado, el modelo te permite diferenciar los resultados de ambas metodologías para que el tomador de decisiones pueda respaldar su elección.

Es importante mencionar que el modelo es aplicable a cualquier empresa que tenga una amplia cartera de proveedores y criterios de selección.

Palabras clave: Metodologías Multicriterio, AHP, Costo Total de Propiedad, Selección de Proveedores, Abastecimiento Estratégico, Compras.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	4
CAPÍTULO 1	10
INTRODUCCIÓN	10
1.1. Planteamiento del Problema	10
1.2. Justificación de la investigación	13
1.3. Objetivos de Investigación	15
1.3.1. Objetivo General	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. Preguntas de investigación	15
1.4.2. Preguntas Secundarias	15
1.5. Alcances de la investigación	16
1.6. Limitaciones del proyecto	19
1.7. Viabilidad de la Investigación	19
1.8. Metodología de la Investigación	20
1.9. Contribuciones originales esperadas	26
CAPÍTULO 2	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. Abastecimiento Estratégico	28
2.1.1 Aprovisionamiento electrónico B2B	30
2.1.2. Selección de Proveedores	32
2.1.3. Métodos de selección de proveedores	33
2.2. Metodologías Multicriterio	34
2.2.1. Modelos Cualitativos	40
2.2.2. Modelos de Programación Matemática	41
2.2.3. Modelos de Análisis Matemático	43
2.2.4. Modelos de Inteligencia Artificial	48
2.2.5. Cadena de Suministro	51
2.2.5.1. La Cadena de Suministro y la Pandemia COVID 19	52
2.2.5.2. La Cadena de Suministro y los Tratados Comerciales	52
2.3. Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)	54
2.3.1. El TLCAN y la Industria Automotriz	54
2.3.2. Del TLCAN al T-MEC	57
CAPÍTULO 3	59
METODOLOGÍA	59
3.1. Estudio bibliométrico	60

3.1.1. Resultados Estudio Bibliométrico	61
3.2. Elección del Método de Selección de Proveedores	64
3.3. Elaboración del Modelo de Abastecimiento Estratégico	65
3.3.1. Definición de los participantes	66
3.3.2. Metodología AHP	66
3.3.3 Metodología de Costo Total de Propiedad	69
CAPÍTULO 4	70
IMPLEMENTACIÓN	70
4.1. Clasificación de proveedores	70
4.2. Criterios de Selección	73
4.3. Escala de Valoración	75
4.4. Aplicación del Enfoque AHP	78
CAPÍTULO 5	83
5.1. Análisis de Resultados	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS	94
ANEXO 1	110
ANEXO 2	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Principales diferencias entre el TLCAN y el T-MEC.	12
Tabla 1.5. Alcances de la investigación: una comparación.	16
Tabla 1.8. Cuatro Perspectivas Mundiales.	21
Tabla 1.8.1. Estrategias de Indagación.	23
Tabla 1.8.2. Métodos Cuantitativos, Mixtos y Cualitativos.	26
Tabla 2.2. Metodologías de Selección de Proveedores.	35
Tabla 2.2.1. Atributos Evaluados en Proveedores.	37
Tabla 2.2.4. Comparativa de métodos de selección de proveedores.	49
Tabla 2.2.4.1. Comparativa de los enfoques propuestos en este estudio.	50
Tabla 3.1.2. Artículos citados con mayor frecuencia.	63
Tabla 3.3.2. Escala de juicio.	68
Tabla 4.1. Lista de Proveedores Candidatos a Surtir la Pieza.	71
Tabla 4.1.1. Documentación necesaria de los proveedores para que puedan enviar su cotización para suministrar la pieza.	72
Tabla 4.2. Criterios de selección de proveedores.	74
Tabla 4.3. Criterios de selección cualitativos y cuantitativos.	76
Tabla 4.3.1. Escala de valoración para los criterios cualitativos.	76
Tabla 4.5. Resultados de la evaluación cualitativa.	84
Tabla 4.5.1. Datos de los criterios cuantitativos.	84
Tabla 4.5.2. Comparación de criterios de selección de proveedores.	85
Tabla 4.5.3. Multiplicación de matrices (proveedores vs. criterios).	86
Tabla 4.5.4. Enfoque "Costo Total de Propiedad".	87
Tabla 4.5.5. Resultados de los enfoques AHP y CTP.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Planteamiento del problema.....	10
Figura 1.8. Marco para el diseño de la investigación.	20
Figura 1.8.1. Diseño de investigación.	25
Figura 2. Marco Teórico.	28
Figura 2.1.1. Distribución de los ahorros de costos esperados por automóvil en áreas funcionales.	32
Figura 2.2. Clasificación de Modelos de Selección de Proveedores.	39
Figura 2.3.1.1. Desarrollo histórico la Industria Automotriz Mexicana.....	55
Figura 2.3.1.2. Porcentaje de producción de automóviles, región TLCAN, por año y país 1970-2020.	56
Figura 2.3.1.3. Evolución del sector automotriz en México.	57
Figura 3. Estructura de la Metodología.	59
Figura 3.1. Recolección de datos.	60
Figura 3.1.1. Modelos de toma de decisiones con múltiples criterios.....	61
Figura 3.3. Modelo de abastecimiento estratégico.	66
Figura 3.3.2. Estructura Jerárquica AHP.....	67
Figura 4.4. Estructura Jerárquica AHP para Seleccionar al Mejor Proveedor.	78
Figura A1.1. Preferencias de criterios gerente A.....	110
Figura A1.2. Preferencias de criterios gerente B.....	111
Figura A1.3. Preferencias de criterios gerente C.....	112
Figura A1.4. Preferencias de criterios gerente D.....	113
Figura A1.5. Preferencias de criterios gerente E.....	114
Figura A1.6. Preferencias de criterios gerente F.	115
Figura A1.7. Preferencias de criterios gerente G.	116
Figura A1.8. Preferencias de criterios gerente H.....	117
Figura A1.9. Preferencias de criterios gerente I.	118
Figura A1.10. Preferencias de criterios gerente J.	119
Figura A2.1. Preferencias de proveedores “Contenido de Valor Regional” (CVR)	120
Figura A2.2. Preferencias de proveedores “Contenido de Valor Laboral” (CVL).	121
Figura A2.3. Preferencias de proveedores “Ubicación” (U).....	122
Figura A2.4. Preferencias de proveedores “Calidad” (C)	123
Figura A2.5. Preferencias de proveedores “Desarrollo Técnico” (DT).....	124

Figura A2.6. Preferencias de proveedores “Logística” (L).....	125
Figura A2.7. Preferencias de proveedores “Sustentabilidad” (S)	126
Figura A2.8. Preferencias de proveedores “Precio” (P).....	127
Figura A2.9. Preferencias de proveedores “Costos Logísticos” (CL)	128
Figura A2.10. Preferencias de proveedores “Inversiones” (I).....	129
Figura A2.11. Preferencias de proveedores “Condiciones a Largo Plazo” (CLP)	130
Figura A2.12. Preferencias de proveedores “Valor Presente” (VP).....	131

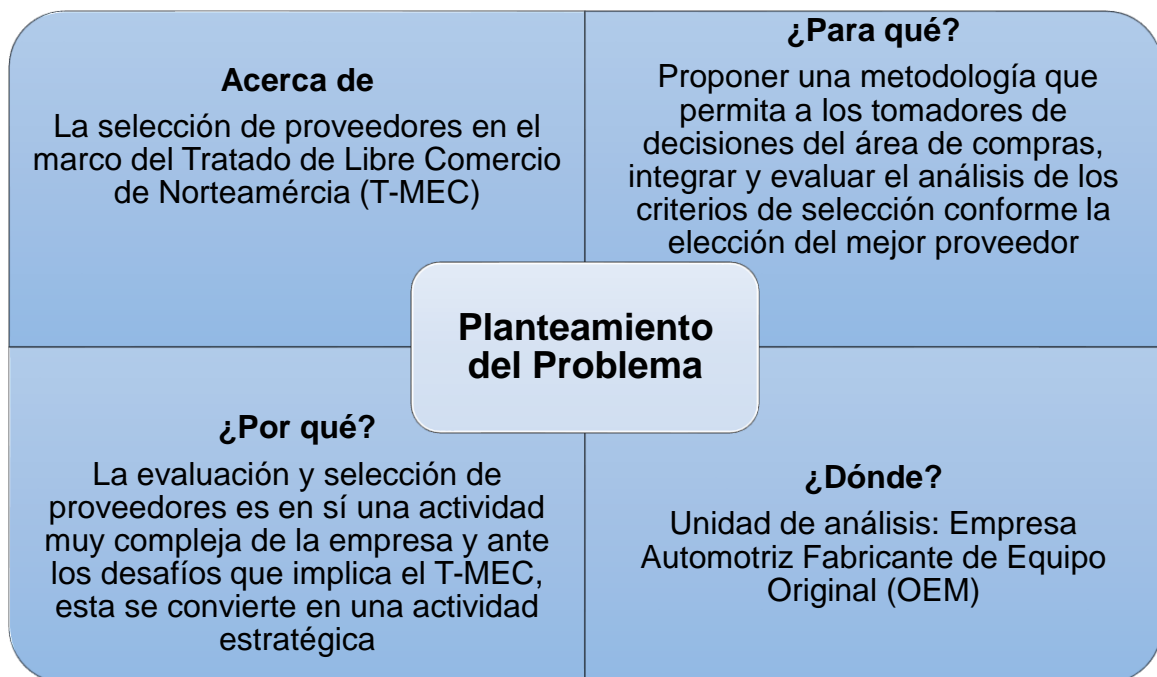
CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En la Figura 1.1 se esquematiza el planteamiento del problema de este trabajo de tesis.

Figura 1.1. Planteamiento del problema.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la década de los 90s la globalización enfrento a la comunidad internacional al reto de construir un nuevo orden mundial. La globalización es un proceso que ha revolucionado la dinámica comercial entre las naciones y que abarca de manera implícita: la regionalización y/o formación de bloques económicos; el abatimiento de las fronteras comerciales; la desregulación; y la adopción de la tecnología para la generación de la información y el conocimiento como elementos fundamentales de la economía para generar valor y riqueza (Alvarez, Giacalone, & Sandoval, 1999).

México con la encomienda de enfrentar el reto de la globalización, le ha apostado a la apertura comercial, y se ha convertido en un gran promotor del sistema multilateral del comercio, a tal grado que hoy en día es el país con más tratados comerciales en el mundo (El Economista, 2019), lo cual le permite desarrollar vínculos con economías altamente competitivas.

En la actualidad, el más emblemático de estos acuerdos es el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), el cual ha tenido impactos significativos en la regionalización comercial de Norteamérica, principalmente en los sectores: automotriz, electrónico, agro alimental y textil. Desde su entrada en vigor en enero de 1994, México, Estados Unidos y Canadá se unieron con el propósito de eliminar barreras comerciales, abrirse a la exportación libre de sus productos e impulsar el crecimiento económico regional (Bancomext, 2018).

En los 25 años de su existencia, el TLCAN ha favorecido notablemente el intercambio comercial entre México y Estados Unidos ya que creció casi seis veces entre 1993 (88 mil 300 millones de dólares) y 2017 (522 mil millones de dólares). Por otro lado, entre 1993 y el 2017 México casi octuplicó el comercio con Canadá pasando de 2.7 mil millones de dólares a 21.1 mil millones de dólares, lo que convierte al país canadiense en el segundo mercado de exportación para México. En suma, Norteamérica conforma una población de 444 millones de habitantes y al día mueve trilateralmente 2 mil 800 mdd (Gobierno/SE, 2019^a).

En el 2018, el gobierno de Estados Unidos preocupado por el déficit que representa en la balanza comercial el acuerdo del TLCAN principalmente con México se ha dispuesto a modernizarlo, por lo cual el 30 de noviembre de 2018 nace un nuevo acuerdo comercial: “EL TMEC”, con Canadá, Estados Unidos y México y de alguna manera renueva lo estipulado en el TLCAN, además de que se incluyen temas de medidas anticorrupción, mejores prácticas regulatorias, comercio digital, inclusión de pequeñas y medianas empresas, disciplinas para empresas propiedad del

gobierno, protección del medio ambiente, reglas comerciales con perspectiva de género, derechos laborales y prácticas sobre tipo de cambio (Gobierno/SE, 2019b).

En la Tabla 1.1. se muestran las principales diferencias entre el TLCAN y el T-MEC.

Tabla 1.1. Principales diferencias entre el TLCAN y el T-MEC.

	TLCAN	T-MEC
Sector Automotriz	El contenido regional era de 62.5%, sin considerar zonas de salarios altos en donde se fabrica.	Se aumento el contenido regional a 75%, y se tendrán que fabricar los autos en zonas en las que se pagué un salario promedio de producción de 16 dólares la hora.
Sector Energético	No existía	Se resguarda la seguridad y soberanía en materia energética de México
Medicamentos Biotecnológicos	Protección de patente por ocho años	La duración de la patente será de diez años
Cláusula de Revisión	El acuerdo era permanente, y en caso de existir diferencias se negociaba directamente el capítulo en controversia	El acuerdo tendrá una duración de 16 años, pero será sometido a revisión cada 6 años
Combate a la Corrupción	No existía	Se refrendó el compromiso de los tres países de combatir la corrupción
Tipo de Cambio	No existía	Se acordó acatar los tipos de cambio marcados por el mercado y no hacer manipulaciones cambiarias
Política Laboral	No existía	Se promueve la transparencia en la legislación de los contratos laborales

Fuente: Gobierno de México (<https://www.gob.mx/t-mec>).

El TMEC presenta nuevos desafíos y posibles oportunidades para los distintos sectores que tienen un intercambio comercial significativo con Estados Unidos y Canadá. En lo particular, México se enfrenta a grandes retos en la participación

dentro de la cadena de suministro regional, a consecuencia de los cambios en las reglas de origen que se prevé, impactarán de manera importante sobre una de las industrias de mayor valor presentes en el país, la Industria automotriz ya que representa casi el 3% del PIB de México (AMIA, 2018).

Es importante mencionar que este estudio se enfoca sobre el abastecimiento estratégico de la industria automotriz, en el cual el nuevo acuerdo comercial ha dado a conocer procedimientos robustos y reglas de origen más estrictas, entre los cuales se incluye la posibilidad de que los proveedores de materiales sean sujetos de verificación de origen; el valor del contenido de la mano de obra y la cláusula que impide tener acuerdos comerciales con economías que no son consideradas “de mercado”, como es el caso de China; ajustes en el proceso de abastecimiento, procesos productivos, análisis de proveeduría de insumos, ubicación de instalaciones, entre otros; por lo cual, la selección estratégica de proveedores en la cadena de suministro se convierte en un tema de especial importancia para los tomadores de decisiones de la industria automotriz (PwC, 2018).

1.2. Justificación de la investigación

El nuevo acuerdo comercial entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC) presenta desafíos para diferentes industrias que tienen una relación comercial importante con los países que comprenden la región de Norteamérica.

En el caso de la industria automotriz mexicana las implicaciones de este acuerdo representan impactos significativos en sus planes de negocio. Los fabricantes automotrices requieren hacer una reconfiguración de su cadena de suministro para estar alineados a los lineamientos que exige este acuerdo, así como responder a las exigencias del mercado; lo cual implica, que los tomadores de decisiones de estas empresas tengan una visión clara de las oportunidades y riesgos de este acuerdo para que se tomen decisiones estratégicas que impacten en el corto y largo plazo.

Las compañías automotrices deberán considerar nuevos criterios para la selección de sus proveedores a través de un abastecimiento estratégico que les permita: responder a los lineamientos que exige el acuerdo comercial, responder a sus propias necesidades y de sus clientes, estar alineados y en congruencia con su estrategia empresarial, minimizar los impactos financieros que podría representar este nuevo acuerdo y así lograr sus objetivos y metas para mantener una ventaja competitiva.

En la mayoría de los procesos de selección de proveedores se consideran criterios cualitativos y cuantitativos para su evaluación. Por lo cual, es necesario elegir una metodología que considere múltiples criterios de selección que nos permita establecer un modelo que integre tanto criterios cualitativos como cuantitativos, así como nos ayude a reducir la subjetividad en los procesos de evaluación y selección de proveedores.

Finalmente, es importante mencionar que en la mayoría de los trabajos existentes no se encontró un modelo de abastecimiento estratégico para las empresas globales automotrices que realicen negocios con la región de Norteamérica que considere la alineación del modelo con su estrategia empresarial, que priorice los lineamientos del Nuevo Acuerdo Comercial de América del Norte (T-MEC) en la selección de sus proveedores, y que responda a las necesidades de sus clientes para lograr una ventaja competitiva.

La relevancia de este proyecto es dar un valor agregado a la empresa a través de la implementación de este modelo, ya que actualmente no cuenta con una metodología de selección que considere los múltiples criterios que se toman en cuenta en la evaluación y elección de sus proveedores.

1.3. Objetivos de Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer un modelo de abastecimiento estratégico para una empresa global de la industria automotriz, considerando el Tratado Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC).

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Realizar una revisión de metodologías multicriterio para la selección de proveedores.
2. Determinar los criterios estratégicos, de desempeño y rentabilidad para el proceso de selección de proveedores priorizando los relacionados con el T-MEC.
3. Probar el modelo y analizar sus resultados.

1.4. Preguntas de investigación

1.4.1. Pregunta principal

¿Cómo desarrollar un modelo de abastecimientos estratégico que permita considerar el acuerdo comercial entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC)?

1.4.2. Preguntas Secundarias

1. ¿Es factible en el proceso de selección de proveedores la evaluación de criterios estratégicos, de desempeño y de rentabilidad, a través de una metodología multicriterio que considere variables cualitativas y cuantitativas?
2. ¿Cómo se podrían incluir y priorizar los factores relacionadas con las reglas de origen para la Industria Automotriz del Acuerdo Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá?
3. ¿Es posible proponer un modelo de abastecimiento estratégico que considere los siguientes elementos?:

- Los objetivos y estrategia de la empresa.
- La selección de sus proveedores en cuanto a: su estrategia de selección, criterios de elección, metodología de selección y seguimiento a su desempeño.
- Las necesidades de sus clientes.

1.5. Alcances de la investigación

Como explica Hernández, Fernández y Baptista (2014), cuando se habla sobre el alcance de una investigación no se debe pensar en una tipología, ya que más que una clasificación, lo único que indica dicho alcance es el resultado que se espera obtener del estudio (Ver Tabla 1.5.).

Según estos autores, de una investigación se pueden obtener cuatro tipos de resultados:

1. Estudio exploratorio: información general respecto a un fenómeno o problema poco conocido, incluyendo la identificación de posibles variables a estudiar en un futuro.
2. Estudio descriptivo: información detallada respecto un fenómeno o problema para describir sus dimensiones (variables) con precisión.
3. Estudio correlacional: información respecto a la relación actual entre dos o más variables, que permita predecir su comportamiento futuro.
4. Estudio explicativo: causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, explicando las condiciones en las que se manifiesta.

Tabla 1.5. Alcances de la investigación: una comparación.

	Exploratorio	Descriptivo	Correlacional	Explicativa
Propósito	Examinar un tema o problema de investigación poco estudiado,	Especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos,	Conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos,	Responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se

	del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.	comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.	categorías o variables en un contexto específico.	enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.
Valor	Familiarizarse sobre fenómenos desconocidos, Investigar nuevos problemas, establecer prioridades para investigaciones futuras, sugerir afirmaciones o postulados.	Mostar con precisión los ángulos de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.	Tiene un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.	Se encuentra más estructurado que los demás alcances (de hecho, implica los propósitos de éstos); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hace referencia.
Método	Flexibles. Al final identifican conceptos o variables promisorias a estudiar en otra investigación.	Identificar el fenómeno y los objetos/ sujetos involucrados; definir las variables a medir; recolectar datos para medir las variables; concluir	Identificar variables; establecer hipótesis; medir cada variable; analizar la vinculación entre variables; probar o no las hipótesis.	Describir y relacionar múltiples variables; explicar por qué se relacionan dichas variables.
Relación con otros estudios	Prepara el terreno para otros estudios (descriptivo, correlacional o explicativo).	Son la base para investigaciones correlacionales.	Proporciona la base para llevar a cabo estudios explicativos.	Genera un sentido de entendimiento sobre un fenómeno.

Amplitud de investigación	Amplia y dispersa.	Focalizada a las variables.	Focalizada a las variables.	Diversas variables (más estructurado).
Meta del investigador	Investigar un problema poco estudiado o desde una perspectiva innovadora.	Describir fenómenos, situaciones, contextos y/o eventos.	Asociar variables que permita predecir.	Determinar la causa de los fenómenos.
Riesgo implicado	Alto.	Bajo.	Obtener relaciones falsas.	
Rasgos del investigador	Gran paciencia, serenidad y receptividad.	Precisión, ser observador.	Análisis.	Análisis, ser crítico.

Fuente: (Hernández Sampieri et al., 2014).

El estudio de esta tesis considera un alcance **Descriptivo Correlacional** con Desarrollo de Modelos Innovadores, el mismo que permitirá cómo la aplicación de un modelo multicriterio permite priorizar la selección de proveedores en cuanto a sus variables más significativas (cualitativas y cuantitativas) y las relaciones que existen entre ellas. También se considera una investigación **Exploratoria** por la búsqueda de información y el análisis de las variables a considerar para la consideración del Nuevo Tratado Comercial de Norteamérica en el proceso de selección de proveedores.

Se realizará un modelo para la selección de proveedores que considere múltiples criterios.

- Para la propuesta del modelo se consideran las metodologías AHP (Proceso Jerárquico Analítico y Costo Total de Propiedad)
- La propuesta del modelo prioriza los acuerdos del Tratado Comercial con Norteamérica (T-MEC) en relación con las reglas de origen para la industria automotriz
- El proyecto se implementará y validará en una empresa global automotriz.

1.6. Limitaciones del proyecto

- El acuerdo comercial entre México, Estados Unidos y Canadá todavía está en revisión por parte del gobierno estadounidense por lo cual algunas disposiciones del tratado podrían modificarse durante el 2020 y 2021.
- No se podrán exhibir en este trabajo los datos confidenciales de la compañía.
- La consideración de los factores internos para el análisis estará limitada a los datos que pueda compartir la compañía.

1.7. Viabilidad de la Investigación

En primera instancia la investigación es viable ya que ésta se realizará a través de una estancia de investigación en la empresa sujeto de este estudio, lo cual permitirá contar con información de primera mano.

El proyecto en cuanto a sus condiciones técnicas y operativas que se requieren están en su última fase de discusión ya que incluye al Acuerdo Comercial de América del Norte que entra en vigor en el 2020, por lo cual tendría las bases y características necesarias que aseguran el cumplimiento de sus objetivos.

En su fase de planeación, implementación y validación, el proyecto reúne las experiencias y retroalimentación de los profesionales que participan en las áreas (desarrollo técnico, compras, finanzas, logística, entre otras) involucradas en el mismo.

Las soluciones propuestas pretenden reducir los impactos económicos que representan los desafíos del nuevo acuerdo comercial de América del Norte, así como robustecer el proceso de selección de proveedores para mejorar la toma de decisiones y se puedan establecer relaciones más fructíferas con los proveedores.

El proyecto y su estructura responde a una estrategia que busca estar alineada a la misión y visión de la empresa; consolidando los esfuerzos realizados de todas las

áreas involucradas en el mismo; optimizando los impactos del tratado comercial en cuanto al abastecimiento estratégico global y así armonizar una propuesta de valor en cuanto a la selección de sus proveedores que responda a las necesidades de sus clientes.

1.8. Metodología de la Investigación

Este trabajo está basado principalmente en el diseño de investigación de Creswell (2009), en la Figura 1.8., el autor define un marco para el diseño, en el cual se muestran las interconexiones entre las perspectivas o filosofías; las estrategias de indagación y los métodos de investigación.

Figura 1.8. Marco para el diseño de la investigación.



Fuente: Elaboración propia a partir de Creswell, 2009.

Según Creswell (2009), los tipos de creencias sostenidas por los investigadores a menudo guiarán a apegarse a un enfoque cualitativo, cuantitativo o de métodos mixtos en su investigación. Aquí se discuten cuatro perspectivas diferentes: pospositivismo, constructivismo, acción participativa y pragmatismo. Los elementos principales de cada posición son presentados en la Tabla 1.8.

Tabla 1.8. Cuatro Perspectivas Mundiales.

<p>Pospositivismo</p>	<p>Constructivismo</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Determinación • Reduccionismo • Observación y medición empírica • Verificación teórica 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprensivo • Significados de las participaciones múltiples • Construcción social e histórica • Generación de teoría
<p>Investigación acción</p>	<p>Pragmatismo</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Político • Orientación a la autoridad • Colaborativo • Orientado al cambio 	<ul style="list-style-type: none"> • Consecuencia de las acciones • Centrado en problemas • Plural • Orientado a la práctica del mundo real

Fuente: Elaboración propia a partir de (Creswell, 2009).

Este trabajo se identifica con la postura del **Pragmatismo** para lo cual definiremos a detalle esta perspectiva. Hay diferentes formas de esta filosofía, pero para muchos, el pragmatismo como una perspectiva surge de acciones, situaciones y consecuencias en lugar de condiciones antecedentes como en el positivismo (Creswell, 2009).

Utilizando las perspectivas de Cherryholmes (1992), de Morgan (2007) y Creswell (2009), el pragmatismo provee una base filosófica para investigar:

- El pragmatismo no está comprometido con ningún sistema de filosofía y realidad. Este aplica a investigación de métodos mixtos en la que los investigadores delimitan libremente las posturas cuantitativa y cualitativa cuando estas se apegan a su investigación.

- Los investigadores individuales tienen la libertad de escoger. De esta forma, los investigadores son libres para escoger los métodos, técnicas y procedimientos de investigación que mejor reúna sus necesidades y propósitos.
- El pragmatismo no ve al mundo como una unidad absoluta. En una forma similar, los investigadores de métodos mixtos buscan muchos enfoques para recolectar y analizar datos en lugar de subscribirse a una sola forma (p. e. cuantitativo o cualitativo).
- Lo verdadero es lo que funciona a tiempo. No está basado en una dualidad entre realidad independiente de la mente o en la mente. Así, en investigación de métodos mixtos, los investigadores utilizan datos cuantitativos y cualitativos porque trabajan para proveer el mejor entendimiento de un problema de investigación.
- **Los investigadores pragmatistas buscan el qué y el cómo investigar, basados en las consecuencias deseadas -a donde ellos quieren ir con ella-. Los investigadores de métodos mixtos necesitan establecer un propósito para su mezcla, una base lógica para las razones por qué, en primer lugar, los datos cuantitativos y cualitativos necesitan ser mezclados.**
- Así que, para los investigadores de métodos mixtos, el pragmatismo abre la puerta a múltiples métodos, diferentes perspectivas, y diferentes posturas, así como diferentes formas de recolección y análisis de datos.

Las estrategias de indagación, denominadas comúnmente como metodologías de investigación por el autor Mertens (1998), son tipos de diseños cuantitativos, cualitativos y de métodos mixtos o modelos que proveen una dirección específica a los procedimientos en un diseño de investigación.

En la Tabla 1.8.1. se describen las características de cada una de las estrategias de indagación, poniendo un especial énfasis en la estrategia de métodos mixtos, en la cual se basará este trabajo de tesis.

Tabla 1.8.1. Estrategias de Indagación.

Cuantitativa				
<p><i>Diseño experimental:</i> Determinar si un tratamiento específico influye un resultado. Se evalúa proporcionando un tratamiento específico a un grupo y reteniendo el de otro y entonces determinar cómo ambos grupos midiéndolo como un solo resultado (Keppel, 1991).</p>		<p><i>Diseño No Experimental (encuestas):</i> Descripción cuantitativa o numérica de las tendencias, actitudes u opiniones de la población a través de la aplicación de cuestionarios (encuestas) o entrevistas (Babbie, 1990).</p>		
Cualitativa				
<p><i>Narrativa:</i> Estudia las vidas de los individuos y pregunta a uno o más individuos para que le provean historias acerca de sus vidas. Al final, la narrativa combina puntos de vista de la vida de los participantes con aquellas de la vida del investigador en una narrativa colaborativa (Clandinin & Connelly, 2004).</p>	<p><i>Fenomenológica:</i> Identifica la esencia de las experiencias humanas acerca de un fenómeno descrito por los participantes. En el proceso, el investigador soporta o pone de lado sus propias experiencias con la finalidad de entender aquellas de los participantes en el estudio (Nieswiadomy, 1993).</p>	<p><i>Etnografía:</i> Estudia un grupo cultural intacto en un escenario natural en un prolongado tiempo para coleccionar, primeramente, datos observacionales y de entrevistas (Creswell, Hanson, Clark Plano, & Morales, 2007).</p>	<p><i>Teoría sustentada:</i> Deriva de una teoría general, teorías abstractas de un proceso, acción o interacción sustentada en los puntos de vista de los participantes. Este proceso involucra usar múltiples etapas de recolección de datos y el refinamiento e interrelación de categorías de información ((Charmaz, 2006); Strauss y Corbin, (1990), (1998).</p>	<p><i>Estudio de Caso:</i> explora a profundidad un programa, evento, actividad, proceso, o uno o más individuos. Los investigadores recolectan información detallada usando una variedad de procedimientos de recolección de datos en un periodo sostenido de tiempo (Stake, 1995)</p>

Métodos Mixtos		
<p><i>Secuenciales:</i> Busca elaborar o expandir en los hallazgos de un método con otro método. Involucra iniciar con una entrevista cualitativa para propósitos exploratorios y continuar con una cuantitativo, método de encuesta con una muestra grande de tal forma que el investigador puede generalizar resultados a una población (Creswell, 2009).</p>	<p>Concurrentes: Se convergen datos cuantitativos y cualitativos con la finalidad de proveer análisis comprensivo del problema de investigación. Se colectan ambas formas de datos al mismo tiempo y después integran la información en la interpretación de los resultados generales. Además, el investigador puede anidar una forma más pequeña de información en otra recolección de datos más grande con la finalidad de analizar los diferentes tipos de preguntas (lo cualitativo conduce los procesos, mientras que lo cuantitativo los resultados) (Creswell, 2009).</p>	<p><i>Transformativos:</i> Se usa una óptica teórica como una perspectiva general en un diseño que contiene ambos datos, cuantitativos y cualitativos. Esta óptica provee un marco referencial para los temas de interés, métodos para la recolección de datos, y resultados y cambios anticipados por el estudio. Esta óptica podría ser un método de recolección de datos que involucre un enfoque secuencial o concurrente (Creswell, 2009).</p>

Fuente: Creswell (2009).

Con base a la tabla anterior, este trabajo de tesis estará principalmente fundamentado en el “Método Mixto Concurrente”, ya que se pretende proponer un modelo que incluya tanto datos cualitativos como cuantitativos en su análisis, para posteriormente integrarlos e interpretarlos de forma cruzada.

El tercer elemento principal en el marco es especificar los métodos de investigación que involucra las formas de recolección de datos, análisis e interpretación que los investigadores proponen para sus estudios.

En la Figura 1.8.1. se esquematiza el diseño de investigación de este estudio.

Figura 1.8.1. Diseño de investigación.



Fuente: Elaboración propia a partir de (Creswell, 2009).

Como se muestra en la Tabla 1.8.2., es útil considerar rangos completos de posibilidades de recolección de datos y organizar estos métodos, por ejemplo, por su grado de naturaleza predeterminada, su uso de cuestionamientos abiertos versus cerrados y su enfoque en análisis de datos numéricos versus no numéricos (Creswell, 2009).

Tabla 1.8.2. Métodos Cuantitativos, Mixtos y Cualitativos.

Métodos Cuantitativos	Métodos Mixtos	Métodos Cualitativos
Métodos predeterminados	Ambos métodos predeterminados y emergentes	Métodos emergentes
Instrumentos basados en preguntas	Preguntas abiertas y cerradas	Preguntas abiertas
Datos de conducta, datos de actitud, datos observacionales y datos censados	Múltiples formas de datos establecidas en todas las posibilidades	Datos de entrevistas, datos de observación, datos documentales, y datos audiovisuales
Análisis estadísticos	Análisis estadístico y de texto	Análisis de texto e imágenes
Interpretación estadística	Interpretación de bases de datos cruzadas	Interpretación de tema y patrones

Fuente: Creswell (2009).

1.9. Contribuciones originales esperadas

Este proyecto aporta:

- Un modelo de abastecimiento que permita la selección estratégica de proveedores que priorice el cumplimiento de las nuevas reglas de origen de contenido local del T-MEC
- Por otro lado, el modelo incorpora criterios clave para la selección de proveedores
- Implementar el modelo en un entorno real para verificar la efectividad de este y las variables propuestas

Los resultados de esta investigación son aplicables en las distintas empresas automotrices globales que conforman la región de Norteamérica debido a la necesidad de cumplir con las nuevas reglas del nuevo acuerdo comercial (T-MEC), así como el poder robustecer sus procesos actuales de selección de proveedores ante los desafíos que enfrentan. El impacto es internacional, ya que se consideran proveedores automotrices globales.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realizará la revisión de la literatura para fundamentar el problema de investigación.

Se considerarán los siguientes conceptos:

- 1. Abastecimiento Estratégico y Selección de Proveedores**
- 2. Metodologías Multicriterio**
- 3. El Tratado de Libre Comercio de América del Norte y la Industria Automotriz**

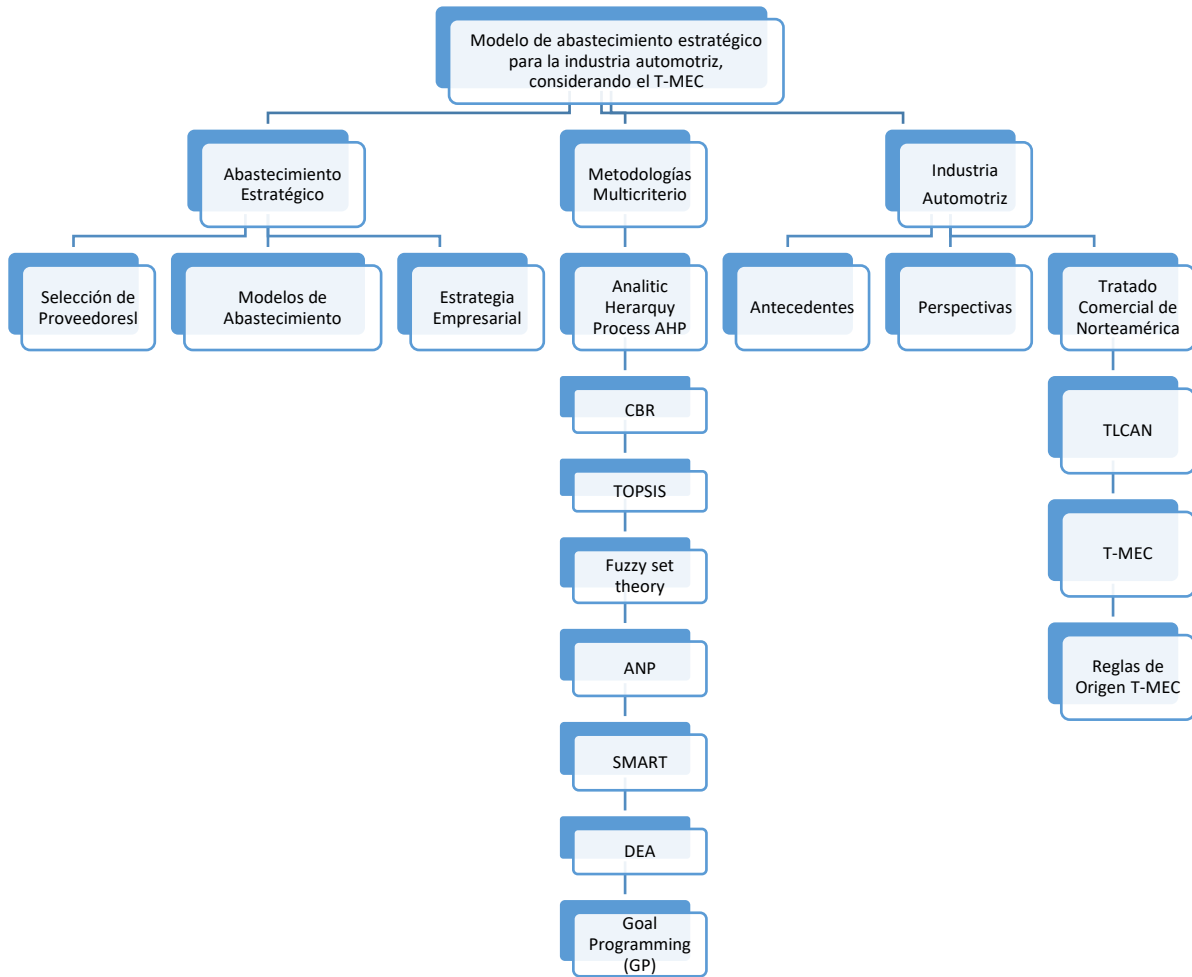
Primeramente, se abordará el tema del abastecimiento estratégico y la selección de proveedores, se definirán los modelos de abastecimiento estratégico, así como las metodologías multicriterio para la selección de proveedores, para poder determinar cuál se aplica mejor a la resolución del problema de estudio.

En seguida se hablará de la Industria Automotriz, sus antecedentes y perspectivas.

Finalmente, se describirá el Acuerdo Comercial de América del Norte, sus antecedentes con el TLCAN, su evolución en el T-MEC, así como los retos y áreas de oportunidad que este representa para la Industria Automotriz.

En la Figura 2, se muestran los temas que se expondrán en el marco teórico de este trabajo de tesis.

Figura 2. Marco Teórico.



Fuente: Elaboración propia.

2.1. Abastecimiento Estratégico

Estamos enfrentándonos a un entorno comercial mundial altamente dinámico y competitivo. Hoy en día las empresas globales tienen que ser más conscientes de esta realidad, y buscar ventajas competitivas que les permitan desarrollarse rápidamente y a la vez ser lo suficientemente flexibles para adaptar los cambios que requieren hacer para evolucionar y estar a la vanguardia.

Una de las principales actividades en una empresa es el abastecimiento de materia prima y recursos para la realización del producto o servicio; es en este ámbito donde

los usuarios solicitantes toman las primeras decisiones para lograr un producto mejor al menor costo.

Según los autores, Gottfredson, Puryear & Phillips (2005) las empresas enfrentaron una fuerte rivalidad durante más de un siglo sobre el soporte de bienes que tenían, sin embargo en la década de 1980, el enfoque de la competencia empezó a evolucionar de bienes tangibles a intangibles. Un ejemplo de ello es el cambio que ocurrió en la industria automotriz global, cuando los fabricantes de EUA comenzaron a perder participación de mercado frente a las empresas japonesas ya que los superaban tanto en costo como en calidad, esta situación los impulso a desplazar el trabajo de diseño, ingeniería y fabricación a socios especializados.

Es ahí, cuando las organizaciones empiezan a considerar el abastecimiento como una actividad estratégica, con el fin, de conformar asociaciones con socios comerciales importantes que permitan la colaboración estrecha entre ambas partes, formando alianzas para la mejora continua de la calidad y la reducción de costos, así como el establecimiento de relaciones a largo plazo con sus proveedores.

Las organizaciones hoy en día tienen un reto desafiante cuando se trata de reducción de costos y aumento de rentabilidad, generando la búsqueda de nuevas oportunidades y herramientas para una gestión más estratégica en la que sea prioritaria la reducción de costos e incremento de valor agregado al producto (Mahler & Kearney, 2007). Esto de alguna manera implica que los encargados de compras en las organizaciones tienen la encomienda de establecer condiciones de calidad, precio, tiempo de entrega, entre otros, así como el negociar entre los diferentes proveedores para obtener un mayor valor agregado de los productos que adquieren.

Las compras no planificadas, las demoras en la generación de órdenes de compra debido al exceso de trámites internos, la falta de proveedores calificados así como también otros factores relacionados con la logística, muchas veces impiden llegar a

una negociación adecuada, lo que se puede mejorar determinando el método a seguir, aplicando las técnicas del abastecimiento estratégico, con las que se puede obtener las ventajas que requiere la empresa en este ámbito para aumentar su rentabilidad (Teresa & Rivadeneira, 2016).

2.1.1 Aprovechamiento electrónico B2B

Compañías automotrices fabricantes están formando de manera conjunta modelos de negocio de ventas B2B (business to business), de empresa fabricante a empresa proveedora, para permitir la colaboración, la visibilidad y la integración de la industria automotriz global.

En relación con lo anterior, se potencia el abastecimiento estratégico a través del E-Procurement (compras electrónicas), lo que permite a las organizaciones automotrices intercambiar información de forma segura en el mercado B2B más grande del mundo con gestión de contenido web y herramientas de colaboración.

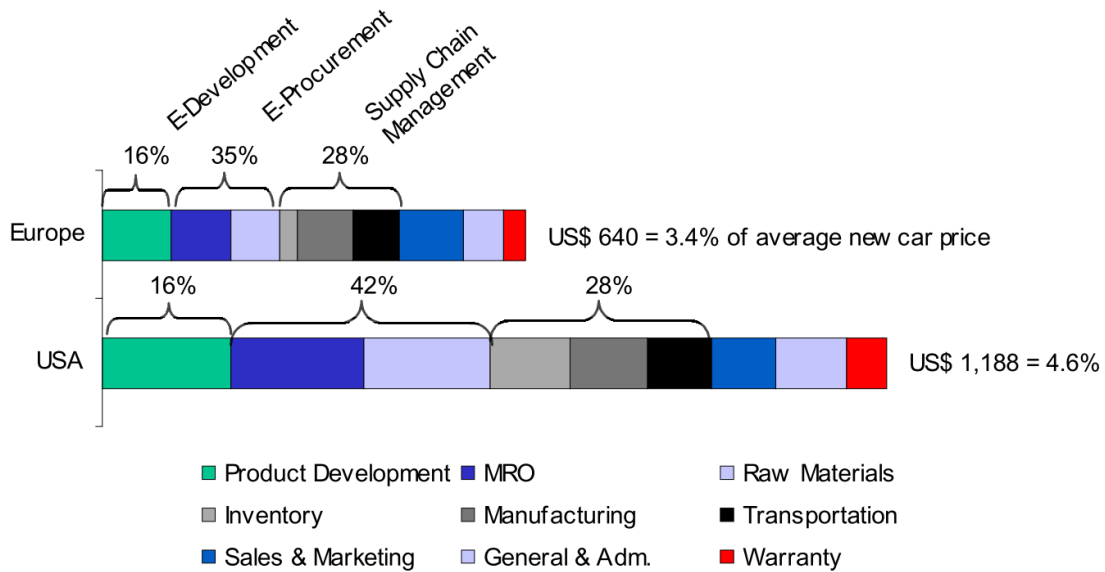
El E-Procurement planea crear un mercado global en el que los participantes de la industria puedan comprar y vender una amplia gama de materiales tanto de producción como de no producción y servicios. Se incluirán subastas, catálogos, solicitudes de cotizaciones, así como una herramienta de gestión de activos ociosos. El E-Procurement y el B2B permitirá a las organizaciones individuales una mejor gestión de su Cadena de Suministro al observar el estado actual y futuro de los flujos de materiales, los niveles de inventario y las limitaciones de capacidad de sus respectivas cadenas de suministro. Los socios comerciales comunicarán y desarrollarán programas de producción y envío utilizando información estandarizada y sistemas comunes (Baldi & Borgman, 2001).

El E-Development (desarrollo electrónico) permite la colaboración e integración en tiempo real entre empresas y proveedores a través de Internet en un entorno seguro. Un sistema ERP ayuda a alinear la comunidad de desarrollo de productos de una empresa con un conjunto común de objetivos, con el fin de lograr un tiempo

de comercialización eficiente y una mayor innovación de productos. La existencia de relaciones entre organizaciones a través de mercados electrónico B2B extiende la decisión de “hacer” o “comprar para hacer”, “comprar” o “asociarse”. Los mercados electrónicos basados en consorcios, respaldados por grandes compañías, establecen estándares para la comunicación y la coordinación entre los participantes, lo que permite que los costos de transacción sean más bajos que en un mercado electrónico privado. Además, los participantes reducen los costos de infraestructura ya que solo construyen una conexión para el intercambio en lugar de múltiples interfaces para todos los intercambios. Los costos de fabricación sugieren que es probable que los costos de procesamiento de las soluciones privadas sean más bajos debido a una mejor y más fácil integración técnica en los sistemas de TI internos del comprador. Al aplicar estos argumentos a la industria automotriz, se debe considerar la estructura de la industria. Solo hay unos pocos fabricantes de automóviles con un gran poder adquisitivo. Los proveedores de primer nivel están obligados a trabajar con todos ellos en mayor o menor medida y tradicionalmente se han adaptado a los requisitos técnicos del fabricante. De esa manera, cada fabricante importante puede imponer estándares a sus proveedores y los costos de transacción no harán una gran diferencia (Baldi & Borgman, 2001).

En general, los fabricantes de EE.UU. pueden esperar más ahorros en compras de productos electrónicos que los fabricantes europeos, mientras que los ahorros en otras categorías son similares. La adquisición de materiales indirectos de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO) por sí misma, solo representa el 17% de todo el potencial de ahorro en los EE.UU., en tanto que en Europa es solo del 14%. Por otro lado los ahorros de inventario son menores en Europa, debido a los altos niveles de fabricación bajo pedido en la industria automotriz (Baldi & Borgman, 2001), (ver figura 2.1.1).

Figura 2.1.1. Distribución de los ahorros de costos esperados por automóvil en áreas funcionales.



Fuente: (Baldi & Borgman, 2001), cifras adaptadas de (Bank, 2000).

2.1.2. Selección de Proveedores

“En la búsqueda de mejores desempeños competitivos, una tendencia mundial es la gestión de las cadenas de abastecimiento. Para este propósito, la selección de proveedores constituye una decisión estratégica de alto impacto en el desempeño de la organización” (Sarache, Castrillón, & Ortiz, 2009, p. 146).

Los autores Taluri & Narasimhan (2004) mencionan que los gerentes de compra de las organizaciones deben tomar en cuenta para la selección de sus proveedores, además de los atributos operativos como el costo, la calidad y los tiempos de entrega, algunos elementos estratégicos de desempeño y capacidad como las prácticas de dirección y gestión de calidad, las capacidades de proceso, diseño y desarrollo y los costos, todo esto con el fin de establecer relaciones a largo plazo con sus proveedores.

Conforme a lo mencionado anteriormente, la selección de proveedores es un elemento fundamental y estratégico del abastecimiento, esto conlleva el realizar una

evaluación integral de cada uno de los proveedores que le proporcionan a la empresa un bien o servicio, con el propósito de elegir a los mejores para satisfacer sus necesidades.

“Los problemas de la selección de proveedores se pueden consultar en Weber et al. (1991), Partovi et al. (1990) y De Boer (1998)” (Felix T.S. Chan, Kumar, Tiwari, Lau, & Choy, 2008, p. 3827).

Para Ghodsypour (1998) fundamentalmente hay dos tipos de problemas de selección de proveedores:

- (1) Selección de proveedores cuando todos los proveedores pueden satisfacer las necesidades del cliente, en términos de calidad, precio, capacidad de producción, tecnología, entre otros, únicamente se tiene que evaluar y seleccionar al mejor, a esto se le llama abastecimiento único (single sourcing).
- (2) Selección de proveedores cuando ningún proveedor puede satisfacer las necesidades del cliente en su totalidad, por lo cual se tienen que compensar las necesidades que un proveedor no puede cubrir con los demás proveedores, por ejemplo si la capacidad de producción de un proveedor es limitada y no puede satisfacer la demanda del cliente, el cliente tiene que adquirir la otra parte de la demanda con otro proveedor, esto implica que tienes que evaluar y seleccionar a más de un proveedor, a esto se le llama abastecimiento múltiple (multiple sourcing).

2.1.3. Métodos de selección de proveedores

Por su parte, algunos autores como Wang, Chin & Leung (2009) afirman que la selección de proveedores es “básicamente un problema de toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM) y puede resolverse utilizando enfoques MCDM como el proceso de jerarquía analítica (AHP) (...) desarrollado por Saaty (1987).

Adicionalmente, Sarfaraz & Balu (2006) comentan que “en general, la selección de proveedores no se basa en un único criterio universal; en cambio, es el resultado de una decisión de criterios múltiples que depende de factores que la autoridad decisoria de la organización considera importantes” (p.463). En ese sentido, los autores Sipahi & Timor (2010) y Tramarico et al. (2015), mencionan que el AHP es uno de los métodos de MCDM más usados en las industrias, es una valiosa herramienta de administración que se utiliza principalmente para los problemas de manufactura en los que interviene la selección de proveedores, la elección de la ubicación y la evaluación de la cadena de suministro con el objetivo de evaluar el desempeño y la estrategia de la empresa.

La evaluación de proveedores es una de las áreas más ampliamente investigadas en compras con metodologías que van desde corrientes conceptuales hasta empíricas y de modelado. (Talluri & Narasimhan, 2004). Sin embargo, el propósito de este estudio va más allá de discutir a detalle las metodologías relacionadas con el abastecimiento estratégico. Nuestro estudio se enfoca en proveer una solución a nuestro problema de investigación a través de modelos que puedan combinar variables cuantitativas y cualitativas para la selección de proveedores.

Dickson (1966) realizó un estudio en el cual investigó la importancia de los criterios de evaluación de proveedores para los gerentes de compras industriales. El estudio concluyó que el costo, la calidad y el tiempo de entrega fueron los tres criterios más importantes en la evaluación de proveedores. Basado en una revisión de 74 artículos sobre evaluación de proveedores, Weber et al. (1991) concluyeron que la calidad era el factor más importante seguido por el desempeño de entrega y el costo en la evaluación del proveedor (Talluri & Narasimhan, 2004).

2.2. Metodologías Multicriterio

En una revisión exhaustiva de los métodos de selección de proveedores, Weber et al. (1991) informaron que 47 de los 74 artículos en la revisión utilizaron criterios

múltiples. Por lo cual, la revisión de metodologías multicriterio está considerada en este estudio, para posteriormente en el desarrollo de la metodología realizar una propuesta de metodología multicriterio o una combinación de ellas que den solución al problema de investigación.

En la Tabla 2.2., los autores Talluri & Narasimhan (2004) y Yadav & Sharma (2015b) muestran los referentes de cada una de las metodologías de selección de proveedores.

Tabla 2.2. Metodologías de Selección de Proveedores.

Metodología	Autores
Modelos Lineales Ponderados	Lamberson et al. (1976), Timmerman (1986)
Programación Lineal	Pan (1989), Turner (1988), Talluri and Narasimhan (2003, 2005), Ng (2008)
Programación Entera Mixta	Weber and Current (1993), Talluri (2002), Hong et al. (2005)
Métodos de agrupamiento	Hinkle et al. (1969)
Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	Narasimhan (1983), Haill and Nydick (1992), Barbarosoglu and Yazgac (1997), Muralidharan et al (2002), Chan and Chan (2004, 2010), Hou and Su (2007), Kumar and Roy (2011), Bruno et al (2012)
Método Matricial	Gregory (1986)
Programación multiobjetivo	Weber and Ellram (1993)
Costo total de propiedad	Ellram (1995)
Modelos de juicio humano	Patton (1996)
Análisis de componentes principales	Petroni and Braglia (2000)
Análisis Envolvente de Datos DEA	Weber and Desai (1996), Weber et al. (1998), Liu et al. (2000), Forker and Mendez (2001), Narasimhan et al. (2001), Garfamy (2006), Seydel (2006), Wu et al. (2007), Songhori et al (2011), Dotoli and Falagario (2012), Partovi (2013)
Modelado estructural interpretativo	Mandal and Deshmukh (1994)
Análisis estadístico	Mummalaneni et al. (1996)

Experimentos discretos de análisis de elección	Verma and Pullman (1998) Siying
Red neuronal	Siying et al. (1997)

Fuente: (Talluri & Narasimhan, 2004), (Vinod Yadav & Kumar Sharma, 2017).

Con lo anterior podemos decir que las metodologías multicriterio son las más usadas para la selección de proveedores.

Por otro lado, es importante señalar que la definición de los criterios o atributos múltiples para las metodologías multicriterio es un factor relevante de considerar para la selección de proveedores, ya que si no se definen adecuadamente estos criterios o atributos pueden entrar en conflicto, y el resultado de uno puede demeritar el resultado de otros, por ejemplo, un proveedor nos puede brindar el mejor precio, sin embargo, las entregas de los materiales no las realiza en tiempo; o se puede dar el caso que el proveedor nos brinde la mejor calidad de producto pero no tiene la capacidad necesaria para responder al volumen que se le requiere.

Con la finalidad de mostrar los principales atributos empleados en el proceso de selección de proveedores, en la Tabla 2.2.1., aparece un resumen que reporta Güneri et al. (2011). Allí se lista un total de 30 atributos en la primera columna, ordenados de manera descendente en función del número total de citas que aparece en la última columna; de la letra A a la I se representa a los diferentes autores que han considerado ese atributo como importante. Se observa que tanto la calidad y la capacidad técnica y tecnológica usada son los atributos más evaluados, seguidos de la situación financiera y la capacidad de producción que tiene en sus instalaciones (“Selección de proveedores basada en análisis dimensional - SciELO”) Obsérvese que existen diez atributos que han sido citados una sola vez (García Alcaraz, Alvarado Iniesta, & Maldonado Macías, 2013).

Tabla 2.2.1. Atributos Evaluados en Proveedores.

Criterios de selección	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Total, citas
Calidad	*	*	*	*	*	*	*		*	8
Capacidad técnica y tecnología usada	*		*	*	*	*	*	*	*	8
Posición y situación financiera	*		*	*	*	*	*		*	7
Instalaciones de producción y capacidad	*		*	*		*	*	*	*	7
Entrega	*	*		*		*		*	*	6
Flexibilidad y respuesta al cambio		*	*	*			*		*	5
Precio	*	*					*	*	*	5
Servicio postventa	*					*		*		3
Cantidad de negocios anteriores	*					*	*			3
Facilidad para establecer comunicación		*					*		*	3
Gestión y organización	*		*	*						3
Sistemas de comunicación	*					*				2
Ubicación geográfica	*						*			2
Imagen e impresión en conversaciones	*		*							2
Historial de rendimiento	*						*			2
Cumplimiento de los procedimientos y disciplina	*			*						2
Acuerdos de reciprocidad	*					*				2
Garantías y políticas de reclamos	*							*		2
Cercanía de la relación: comprador – vendedor					*				*	2
Reputación y posición en la industria	*								*	2
Actitud	*									1
Resolución de conflictos					*					1
Deseo de entablar negocios	*									1
Economía							*			1
Historial de conflictos laborales	*									1
Controles de operación	*									1
Capacidad de empacado	*									1
Estabilidad política							*			1
Terrorismo							*			1
Ayudas de entrenamiento	*									1
Total	23	5	7	8	5	9	13	6	10	

Fuente: Güneri et al. (2011).

“El uso de la teoría de la utilidad de múltiples atributos o criterios puede ayudar a los profesionales de compras a formular estrategias de abastecimiento viables, ya que es capaz de manejar múltiples criterios conflictivos inherentes a la selección de proveedores (...)” (Bard, 1992) y (von Nitzsch & Weber, 1993)” (K.S. Bhutta & Huq, 2002).

Weber et al. (1991), Talluri & Narasimhan (2004), Liu & Hai (2005), Amid et al. (2006), Xia & Wu (2007) Chan et al. (2008) y Zimmer et al. (2015) concuerdan que Dickson (1966) fue de los precursores en precisar los criterios más importantes en la selección de proveedores. Dickson (1966) realizó un estudio en el cual resaltó la importancia de los criterios de evaluación en la selección de proveedores para los gerentes de compras.

Bhutta & Huq (2002) determinan que la importancia de cada criterio es distinta y depende del peso que le asigne el cliente a cada criterio en base a sus necesidades, además de que los criterios pueden ser tanto cualitativos (adaptabilidad, confiabilidad, entre otros) como cuantitativos (precio, demanda, entre otros), por lo cual se requiere de un modelo decisional que pueda ajustarse a los requerimientos del cliente y pueda integrar ambos aspectos tanto cualitativos como cuantitativos.

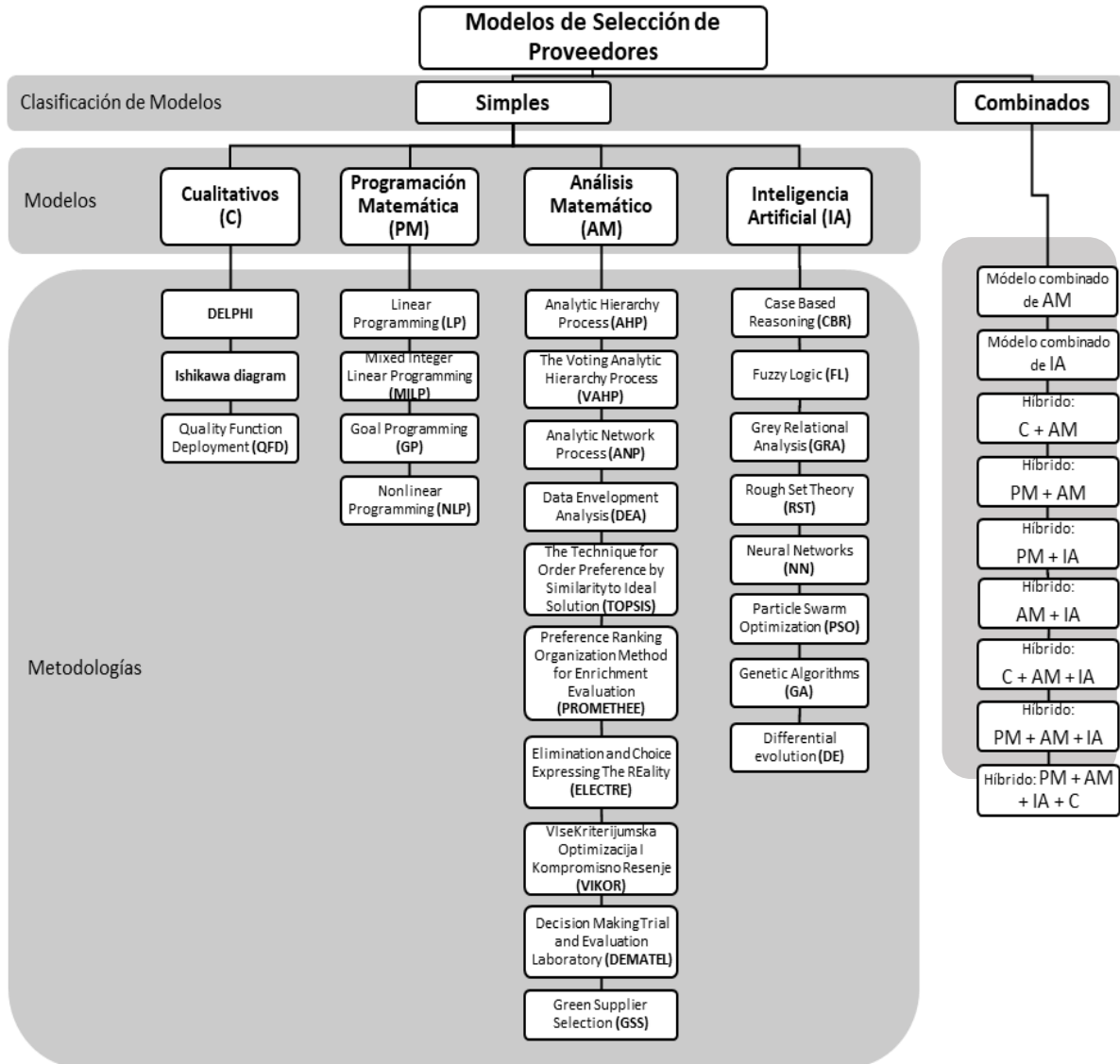
Basados en una revisión de 74 artículos de criterios de selección de proveedores. Weber et al. (1991) encontraron que en el 64% de los 74 artículos revisados incluían más de un criterio de evaluación. Por otro lado, los autores Weber et al. (1991) y (1993) “utilizaron los 23 criterios de Dickson (1966) e indicaron que el precio neto, entrega y calidad se discutieron en 80%, 59% y 54% de los 74 artículos, respectivamente” (F.-H. F. Liu & Hai, 2005, p. 309). Así mismo, los autores Weber et al. (1991) basados en el estudio de Dickson (1966) “concluyen que la calidad, era el más importante criterio seguido por el desempeño en la entrega y el costo en la evaluación de sus proveedores” (Talluri & Narasimhan, 2004, p. 238).

En consecuencia, varios métodos se han desarrollado para resolver problemas de selección de proveedores con múltiples criterios. La diferencia entre los métodos radica en cómo valoran cada criterio y como integran esta valoración que le dan a cada criterio para obtener una evaluación general.

Los autores Zimmer, Fröhling & Schultmann (2016) se basaron en Chen (2011), Bruno et al. (2012), Kannan et al. (2013) Brandenburg et al. (2014) para clasificar

los modelos de selección de proveedores, los cuales se dividen en dos categorías: Modelos Simples y Modelos Combinados los cuales se pueden visualizar en la Figura 2.2.

Figura 2.2. Clasificación de Modelos de Selección de Proveedores.



Fuente: Modificado de Zimmer, Fröhling & Schultmann, 2016.

“Mientras que los modelos simples son menos complejos, los modelos combinados pueden manejar diferentes situaciones de compra (número de criterios o proveedores) de manera más adecuada y el uso de un método compensa principalmente las desventajas del otro” (K. Zimmer et al., 2016).

Con base en la clasificación de Zimmer, Fröhling & Schultmann (2016) podemos decir que la aplicación de los modelos simples depende de utilizar algún método de forma independiente, por ejemplo, se podría utilizar el método LP del modelo de PM para los problemas relacionados con la selección de la ubicación del proveedor, o se podría utilizar el método de GSS de AM para los problemas relacionados con la selección del proveedor sustentable.

Con respecto a los modelos combinados, podemos decir que su aplicación se manifiesta en dos formas, (1) Cuando se combinan dos o más métodos de algún modelo en particular, por ejemplo, el modelo de AM con la combinación de los métodos AHP y DEA, (2) Cuando se combinan dos o más métodos de los diferentes modelos, por ejemplo, el modelo combinado híbrido de AM + IA con la combinación de los métodos AHP, GSS y FL, en el cual, los métodos de AHP y GSS corresponden al modelo de AM y el método FL corresponde al modelo de IA.

2.2.1. Modelos Cualitativos

DELPHI

La técnica Delphi se concibió originalmente como una forma de obtener la opinión de expertos sin necesariamente reunirlos cara a cara. El método de investigación Delphi es una técnica de investigación flexible que se ha utilizado con éxito para explorar nuevos conceptos dentro y fuera de los sistemas de conocimiento (J. Skulmoski, T. Hartman, & Krahn, 2007) citado por (Joshi, Banwet, & Shankar, 2011) y (Rakesh D. Raut, 2014).

Quality Function Deployment

QFD se desarrolló e implementó originalmente en Japón en las industrias Mitsubishi en 1972. La implementación del Despliegue de Funciones de Calidad (QFD) es una técnica de planificación multifuncional bien estructurada que se utiliza para escuchar la voz de los clientes durante las etapas de planificación, desarrollo, ingeniería y fabricación de cualquier producto, y desarrollar un sistema de calidad para cumplir con las expectativas del cliente (Bhattacharya, Geraghty, & Young, 2010),

(Pramanik, Haldar, Mondal, Naskar, & Ray, 2017). Tradicionalmente, QFD califica los requisitos de diseño con respecto a las necesidades del cliente y agrega las calificaciones para obtener puntajes de importancia relativa para los requisitos de diseño (Pramanik et al., 2017).

QFD, utiliza la herramienta House of Quality (HOQ) para mostrar la relación entre la voz de los clientes (QUÉ) y las características de calidad (CÓMO) (Hauser, 1993). Un análisis extenso de la literatura revela que la matriz en la casa de la calidad HOQ por sus siglas en inglés, es una herramienta casi universal que se puede utilizar para priorizar la mayoría de las tareas de cualquier industria. La técnica tiene como objetivo planificar un producto específico en lugar de cuantificar el valor de las alternativas. (Bhattacharya et al., 2010) citado por (Rajesh & Malliga, 2013).

2.2.2. Modelos de Programación Matemática

Linear Programming (Programación Lineal)

La programación lineal es una técnica matemática que se utiliza para encontrar soluciones óptimas a problemas que se pueden expresar mediante desigualdades y ecuaciones lineales. Si el problema se puede representar matemáticamente a partir de un programa lineal con precisión, este método encontrará la mejor solución (Soc et al., 1972).

Un problema de programación lineal puede definirse como el problema de maximizar o minimizar una función lineal sujeta a restricciones lineales. Las restricciones pueden ser igualdades o desigualdades. El proveedor (alternativa de decisión) que tiene la calificación más alta es la mejor opción. Si no hay limitaciones de capacidad, este proveedor se elige para satisfacer toda la demanda del producto, de lo contrario, se deben considerar los proveedores con calificaciones más bajas. Si existen algunas limitaciones, como la capacidad del proveedor, el número de proveedores requerido, etc., entonces debemos usar la calificación del proveedor como coeficientes de una función objetivo en programación lineal para asignar cantidades de pedido a los proveedores seleccionados (Rakesh D. Raut, 2014).

Mixed Integer Linear Programming (Programación Lineal Entera Mixta)

La programación lineal entera mixta permite al tomador de decisiones formular el problema de decisión en términos de una función matemática objetiva que posteriormente necesita ser maximizada o minimizada variando los valores de las variables en la función objetivo. Según el número de funciones objetivo, el problema de selección de proveedores se puede dividir en dos grupos: un solo objetivo y múltiples objetivos. La mayoría de los autores utilizaron técnicas de un solo objetivo como programación lineal o de enteros mixtos, en la que un criterio, normalmente el coste, se considera como función objetivo y otros criterios se tienen en cuenta como restricciones (Xia & Wu, 2007).

Hong et al. (2005) presentó un programa lineal de enteros mixtos para el problema de selección de proveedores. El modelo consistía en determinar el número óptimo de proveedores y la cantidad óptima de pedido para maximizar los ingresos. Se consideró el cambio en las capacidades de suministro de los proveedores y las necesidades de los clientes durante un período de tiempo (Ho, Xu, & Dey, 2010).

Goal Programming

La programación de metas es un procedimiento para manejar situaciones de objetivos múltiples dentro del marco general de la programación lineal, donde cada objetivo se ve como una meta. Luego, dadas las limitaciones o restricciones de recursos habituales, el responsable de la toma de decisiones intenta desarrollar decisiones que proporcionen la mejor solución en términos de lograr lo más cerca posible de todos los objetivos (Badri, 2001).

Nonlinear Programming

Ghodsypour y O'Brien (2001) desarrollaron un modelo de programación no lineal de enteros mixtos para resolver los múltiples problemas de abastecimiento, que tiene en cuenta el costo total de logística, incluido el precio neto, el almacenamiento, el transporte y los costos de pedido (Kokangul & Susuz, 2009).

En este modelo se considera que el comprador elija los mejores proveedores entre los n proveedores cuyas capacidades son limitadas. El objetivo es minimizar la suma del precio de compra, los costos de pedido y los costos de almacenamiento, sujeto a limitaciones en el presupuesto del comprador, calidad, servicio, entre otros.

2.2.3. Modelos de Análisis Matemático

Analytic Hierarchy Process (AHP)

“Narasimhan (1983), Nydick & Hill (1992), y Barbarosoglu & Yazgac (1997) propusieron el uso del AHP para tratar el problema de selección de proveedores” (Xia & Wu, 2007, p. 495).

“AHP es un enfoque de toma de decisiones con múltiples criterios, basado en el razonamiento, el conocimiento, la experiencia y las percepciones de los expertos en el campo” (Sarfraz & Balu, 2006, p. 464).

“La fortaleza de AHP radica en su capacidad para estructurar un problema complejo, multipersonal y de múltiples atributos jerárquicamente (...)” (F.-H. F. Liu & Hai, 2005, p. 310) asimismo, “(...) evalúa una gran cantidad de factores cuantitativos y cualitativos de manera sistemática bajo múltiples criterios en conflicto” (Badri, 1999, pp. 237–238).

Tramarico (2015) encontró que AHP es un método muy popular en la toma de decisiones y se aplica en un gran número de áreas, incluyendo la planeación, la selección de la mejor alternativa, la asignación de recursos y la resolución de conflictos por lo cual es el más aplicado.

El proceso analítico jerárquico (AHP) desarrollado por Tomas Saaty en (1987) es una herramienta de apoyo muy útil, práctica y sistemática en la toma de decisiones y ha sido de gran ayuda para los gerentes de compras en la difícil tarea de seleccionar eficazmente a sus proveedores. El AHP es una técnica de decisión multicriterio que provee un enfoque estructurado para determinar los pesos y

ponderaciones de los múltiples criterios y los estandariza para que puedan compararse. Este método permite verificar la robustez y credibilidad de la solución a través de un análisis de sensibilidad.

The Voting Analytic Hierarchy Process (VAHP)

El método VAHP es fácil de entender y usar para obtener prioridad o pesos. Como AHP, el método de evaluación VAHP para la selección de proveedores implica una jerarquización de los objetivos, por otro lado, el VAHP a diferencia del método AHP realiza un ranqueo de votos en lugar de comparación por pares para la ponderación de los criterios. Dependiendo de la cantidad de detalles que se requieran en el modelo, cada criterio se puede dividir en parámetros individuales cuyos valores se estiman o se determinan mediante medición o experimentación.

El VAHP le permite al gerente de compras analizar sistemáticamente las compensaciones inherentes entre los criterios relevantes (F. H. F. Liu & Hai, 2005).

La característica principal del VAHP que lo distingue del AHP es que prescinde de las comparaciones por pares entre los elementos en cada nivel de la jerarquía. En cambio, el método requiere que los miembros del comité envíen sus preferencias como clasificaciones ordinales.

Específicamente, cada miembro debe ordenar los criterios según su importancia para lograr el objetivo superior de seleccionar el proveedor más adecuado, según lo perciba. De esta forma, los miembros del comité están votando sobre la importancia de los respectivos criterios o subcriterios, lo que representa un sistema de votación clasificado (Sergio & Redondo, 2007).

Analytic Network Process (ANP)

ANP, presentado por primera vez por T.L. Saaty en 1996, es una extensión de la metodología AHP, permite interrelaciones más complejas entre los niveles de

decisión y atributos (Kameya, Miyagi, Taira, & Yamashita, 2002), (Meade & Sarkis, 1998), citado por (Xuguang, Ke, Wei, & Tian, 2007).

ANP proporciona un marco general para tratar las decisiones sin hacer suposiciones sobre la independencia de los elementos entre y dentro de los niveles, usa una red para tomar decisiones sin la necesidad de especificar niveles como en una jerarquía (R. W. Saaty, 1987).

Data Envelopment Analysis (DEA)

Análisis envolvente de datos DEA, presentado por primera vez por Charnes et al. (1978), fue desarrollado como un método numérico y analítico para evaluar opciones o unidades de toma de decisiones DMUs bajo múltiples entradas y múltiples salidas (Yuan, Liu, Tu, & Xue, 2008).

Liu et al. (2000) propuso un modelo DEA simplificado para evaluar el desempeño de los proveedores con respecto a tres criterios de entrada y dos de salida. El modelo tenía como objetivo seleccionar un proveedor con mayor variedad de oferta para reducir el número de proveedores.(V. Yadav & Sharma, 2015a).

The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

TOPSIS es una de las técnicas útiles para la toma de decisiones de múltiples atributos. Cuando el usuario prefiere un enfoque de ponderación más simple, se utiliza TOPSIS ya que es muy simple y fácil de implementar (Pramanik et al., 2017).

El concepto de TOPSIS es que la alternativa más preferida no solo debe tener la distancia más corta de la solución ideal positiva, sino que también debe estar más alejada de la solución ideal negativa. Existen numerosas aplicaciones de TOPSIS, incluida la evaluación del rendimiento de las aerolíneas y la selección óptima de materiales (J. W. Wang, Cheng, & Huang, 2009).

Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)

PROMETHEE es un método de clasificación superior desarrollado por J.P. Brans en 1982, que clasifica las alternativas según criterios contradictorios (Brans y Mareschal, 2005).

La implementación de PROMETHEE requiere que los pesos de los criterios expresen la importancia de cada criterio dentro de la familia de criterios y la función de preferencia de quien toma las decisiones para cada criterio (PrasannaVenkatesan & Goh, 2016).

Un número considerable de aplicaciones exitosas han sido tratadas por la metodología PROMETHEE en diversos campos como Banca, Ubicación Industrial, Planificación de Mano de Obra, Recursos Hídricos, Inversiones, Medicina, Química, Salud, Turismo, Ética en el quirófano, Gestión dinámica, ... El éxito de la metodología se debe básicamente a sus propiedades matemáticas y a su particular facilidad de uso (Brans & De Smet, 2016).

Elimination and Choice Expressing the Reality (ELECTRE)

Roy (1991) desarrolló en primer lugar ELECTRE en respuesta a las deficiencias de los métodos de solución de toma de decisiones existentes. En este método, se comparan las ventajas de las alternativas entre sí (Ozdemir, 2017). Es importante señalar que ELECTRE no se presenta como la “mejor” ayuda para la toma de decisiones (Roy, 1991) citado por (Birgün & Cihan, 2010).

Principalmente, dos acciones centrales están integradas en los métodos ELECTRE. En primer lugar, se construirán una o varias relaciones superiores (Birgün & Cihan, 2010). Posteriormente se realizará un proceso de explotación. Considerando A_1, A_2, \dots, A_m como posibles alternativas, y C_1, C_2, \dots, C_n como los criterios con los que se miden los rendimientos de las alternativas, x_{ij} es la calificación de la alternativa A_i con respecto al criterio C_j . Finalmente se determinan los pasos para

clasificar los grupos de proveedores (Azadnia, Ghadimi, Saman, Wong, & Heavey, 2013).

VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)

El enfoque VIKOR se aplica para evaluar a los proveedores de servicios en base a una programación de compromiso. Para tratar la información de evaluación incierta, los datos de evaluación se expresan como valores vagos por medio de la teoría de conjuntos vagos. En el VIKOR vago, la utilidad grupal maximizada y el arrepentimiento individual minimizado se obtienen con base en la medida de similitud entre dos valores vagos. Un conjunto de ponderaciones de criterios es una entrada fundamental de VIKOR (Geng & Liu, 2015).

VIKOR se puede utilizar de manera eficiente para resolver problemas MCDM con criterios conflictivos y no conmensurables (diferentes unidades), asumiendo que comprometer es aceptable para la resolución de conflictos. Recientemente, el enfoque VIKOR se ha utilizado en la evaluación de la calidad del servicio (Kuo, Shia, Chen, & Ho, 2011) y la evaluación de riesgos. Sanayei, Mousavi y Yazdankhah (2010) y Shemshadi et al. (2011) combinó VIKOR con técnica difusa para la selección de proveedores (Geng & Liu, 2015).

Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)

El Battelle Memorial Institute llevó a cabo el proyecto del método DEMATEL a través de su Centro de Investigación de Ginebra (1973). El método DEMATEL se utiliza para estudiar y resolver el grupo de problemas complicado e interrelacionado a través de la comprensión de la problemática específica, el grupo de problemas entrelazados y contribuir a la identificación de soluciones viables por un estructura jerárquica (Tzeng, Chiang, & Li, 2007), (W. W. Wu, 2008), (H. H. Wu, Chen, & Shieh, 2010) citado por (R.D. Raut, Bhasin, & Kamble, 2011).

El método DEMATEL original estaba dirigido a los fenómenos fragmentados y antagónicos de las sociedades mundiales y buscaba soluciones integradas (R.D.

Raut, Bhasin, & Kamble, 2011). DEMATEL es particularmente popular en Japón, porque es un método integral para construir y analizar un modelo estructural que involucra relaciones causales entre factores complejos (W. W. Wu, 2008).

En la práctica, se aplica el método DEMATEL (Fontela & Gabus, 1976), (Warfield, 1976), para ilustrar las interrelaciones entre criterios y encontrar los criterios centrales para representar la efectividad de factores / aspectos. También se ha aplicado con éxito en muchas situaciones, como estrategias de marketing, sistemas de control, problemas de seguridad, desarrollo de competencias de los gerentes globales (Chiu, Chen, Tzeng, & Shyu, 2006), (Hori & Shimizu, 1999) citado por (R.D. Raut, Bhasin, & Kamble, 2011).

2.2.4. Modelos de Inteligencia Artificial

Fuzzy Logic (FL)

Al darse cuenta de la existencia de muchas reglas de decisión no estructuradas y la falta de disponibilidad precisa de datos, varios investigadores (Wray et al., (1994); Albino et al.,(1998); Chen et al., (2006); Bevilacqua et al., (2006); Chan y Kumar, (2008) proponen enfoques basados en la inteligencia artificial (IA) y técnicas como redes neuronales y lógica difusa (R.D. Raut, Bhasin, Kamble, & Banerjee, 2011).

La teoría Fuzzy Logic puede manejar adecuadamente la incertidumbre e imprecisión inherentes a la decisión humana para generar decisiones. Tiene la ventaja de representar matemáticamente la incertidumbre y proporcionar herramientas para lidiar con la imprecisión intrínseca a muchos problemas (F.T.S. Chan & Kumar, 2007).

En la Tabla 2.2.4., podemos visualizar una comparativa entre los distintos métodos de selección de proveedores, la cual incluye las ventajas y limitaciones de cada método.

Tabla 2.2.4. Comparativa de métodos de selección de proveedores.

Método	Ventajas	Limitaciones
Categórico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puede incluir tanto criterios cualitativos como cuantitativos 2. Fácil de implementar 3. Costo de implementación más bajo 4. Requiere datos mínimos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Igual peso a todos los criterios 2. Subjetividad
Plan de Puntos Ponderados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Simple de entender 2. Fácil de implementar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Subjetividad del decisor en la identificación de pesos 2. Suposición de escala ordinal como escala cardinal 3. Todos los factores deben expresarse en unidades estandarizadas o normalizadas
Programación Matemática	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puede garantizar una solución optima 2. Evaluación objetiva 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Difícil de incluir múltiples tomadores de decisiones 2. Requiere niveles de aspiración arbitrarios 3. Los coeficientes de la función objetivo deben determinarse antes de hacer el modelo 4. En programación lineal y en programación lineal entera mixta, muchos objetivos se consideran restricciones, ya que sus formulaciones permiten solo una función objetivo.
Enfoque de Costos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orientado al control de costos 2. Se puede eliminar el sesgo 3. Permite cuantificar los problemas internos de producción causados por el proveedor 4. Evaluación objetiva 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requiere muchos datos 2. Enfoque complejo que requiere un sistema integral de contabilidad de costos para generar los datos de costos precisos que se necesitan 3. Alto costo de implementación 4. Puede tratar solo con un número relativamente pequeño de criterios 5. Puede no ser útil para comparar el desempeño del proveedor debido a las dificultades inherentes a traducir todos los

		aspectos del desempeño del proveedor en cifras de costos precisas 6. Difícil incluir múltiples tomadores de decisiones
Análisis de perfiles de proveedores (VPA)	1. Incorpora la incertidumbre en el proceso de evaluación	1. Es posible que no sea capaz de estructurar problemas complejos 2. Dar pesos a varios criterios es subjetivo 3. La interpretación de la distribución resultante de puntajes ocurre juzgando el modo, la varianza y la superposición
Estadístico	1. La incertidumbre puede ser incorporada	1. Suposición de distribuciones 2. Difícil de entender ya que involucra características computacionales complejas
Índice de desempeño del proveedor (VPI)	1. Cada criterio se puede medir en sus propias unidades 2. Medida única del desempeño del proveedor 3. Se puede utilizar como criterio de evaluación para la evaluación continua	1. El sistema de calificación y ponderación es subjetivo 2. Es imposible obtener una puntuación de cero en un criterio ya que la división por cero no está definida
Índice de calificación sin unidad estandarizada	1. Medida única del desempeño del proveedor	1. El sistema de clasificación y ponderación es subjetivo 2. No puede utilizar la puntuación para la evaluación continua

Fuente: (Muralidharan, Anantharaman, & Deshmukh, 2002)

Realizando un análisis de la tabla anterior se puede inferir una comparativa para los enfoques propuestos en este estudio (ver Tabla 2.2.4.1.).

Tabla 2.2.4.1. Comparativa de los enfoques propuestos en este estudio.

Método propuesto (AHP y Costo Total de Propiedad)	1. Incluye la opinión de múltiples tomadores de decisiones 2. Incluye criterios cualitativos y cuantitativos	1. Puede haber subjetividad de los tomadores de decisiones en la ponderación de los criterios 2. Requiere muchos datos
---	---	---

	<p>3. Se lleva a cabo a través de entrevistas individuales</p> <p>4. Puede garantizar la solución optima</p> <p>5. Las limitaciones de un enfoque se compensan con las del otro.</p>	
--	--	--

Fuente: *Elaboración propia con base en (Muralidharan et al., 2002).*

2.2.5. Cadena de Suministro

“La cadena de suministro se puede describir como una red que enlaza (...), desde el cliente hasta el proveedor, a través de la fabricación y los servicios, de modo que el flujo de materiales, dinero e información se pueda administrar de manera efectiva para cumplir con los requisitos comerciales (Stevens, 1989), (Carvalho, Azevedo, & Cruz-Machado, 2014).

La Cadena de Suministro es un tema de vital importancia para las organizaciones de la industria automotriz, su gestión tiene un gran impacto en su desarrollo y competitividad. El concepto “Gestión de la Cadena de Suministro” fue ilustrado inicialmente por Oliver y Weber (1982), (Giannakis & Croom, 2004) y luego fue fundamentado como una teoría por Houlihan en (1985) citado por (Lamming, 1996). La gestión de la cadena de suministro ha sido estudiada a lo largo del tiempo por diferentes autores y su importancia ha ido aumentando en mayor medida.

Para Macbeth y Fergusson (1994) la competencia no ocurre individualmente entre empresas, sino a través del desempeño de sus cadenas de suministro. Sumado a lo anterior, las empresas automotrices se enfrentan a un mercado cada vez más global, para lo cual tienen la necesidad de internacionalizarse y ubicar sus operaciones en países que ofrezcan ventajas competitivas "ahora es común que los componentes y materias primas se compren en un continente, utilizado y ensamblado en otro continente y vendido al consumidor final en un tercero” (Robinson & Bookbinder, 2007).

Por lo anterior, países de todo el mundo han establecido bloques comerciales para facilitar el movimiento de bienes y servicios entre sus fronteras. “El comercio permite que los países asignen los recursos naturales, laborales y de capital de manera más eficiente, lo que se traduce en aumentos de la productividad y ganancias económicas que mejoran los ingresos y los niveles de vida” (Wilhelm et al., 2005).

2.2.5.1. La Cadena de Suministro y la Pandemia COVID 19

La pandemia por COVID-19 ha tenido un impacto negativo en la economía y las cadenas de suministro de manera global (Nicola et al., 2020), (Sharif, Aloui, & Yarovaya, 2020). El coronavirus está afectando el flujo de materiales entre oferta y demanda. Sin embargo, en los últimos 20 años, la globalización ha buscado en gran medida el "costo de entrega más bajo", que es el costo de llevar un producto del proveedor a su destino. Los estudiosos de la cadena de suministro y los epidemiólogos han advertido durante mucho tiempo a las organizaciones que las pandemias amenazan la vulnerabilidad del sistema de cadena de suministro global impulsado por medidores, que no comprende las formas de riesgo más sutiles y comunes. La investigación ha señalado la importancia de tener una base de suministro diversificada (Kahiluoto, Mäkinen, & Kaseva, 2020), pero cuando ocurren interrupciones de esta naturaleza, esto claramente no es suficiente.

2.2.5.2. La Cadena de Suministro y los Tratados Comerciales

El Informe sobre el comercio mundial (2018) reconoce que los costos comerciales se acumulan y se magnifican a lo largo de la cadena de valor, por lo que los procedimientos fronterizos ineficientes tienen un efecto disuasorio sustancial sobre el comercio.

Hay un número creciente de análisis que indican que los países que están estrechamente integrados entre sí a través de acuerdos comerciales tienen más probabilidades de desarrollar redes de producción internacionales (Hayakawa & Yamashita, 2011). La evolución en la gestión de la cadena de suministro implica la

adopción de diversas estrategias que inciden en el desempeño efectivo y eficiente de las organizaciones. Estas estrategias han enfatizado un nuevo paradigma de “pensamiento lean” que se refiere a “una serie de actividades o soluciones para eliminar el desperdicio, reducir las operaciones que no generan valor y mejorar las actividades que sí agregan valor” (Wee & Simon, 2009), lo que permite a las empresas mejorar la calidad, reducir costos y mejorar el servicio a los clientes a medida que se transforman los enfoques tradicionales de producción en masa por lotes y colas (Larson & Greenwood, 2004).

“Las prácticas lean son cada vez más difíciles de implementar y mantener a medida que las cadenas de suministro aumentan en complejidad y longitud” (Mollenkopf, Stolze, Tate, & Ueltschy, 2010), y esa es la razón porque es muy útil saber todos los aspectos en los que podemos optimizar los procesos. “Los procesos de la cadena de suministro lean (CSL) exigen un bajo inventario y entregas frecuentes..., también prescriben colaboración y comunicación constante” (Mollenkopf et al., 2010). Por lo tanto, las prácticas de CSL y los acuerdos comerciales como el TLCAN son compatibles ya que no se requiere un alto inventario y las entregas son ágiles debido a los cortos tiempos de tránsito. La colaboración y la comunicación no son difíciles debido a la proximidad geográfica entre los países involucrados en el acuerdo comercial.

Por otro lado, hoy en día tenemos una limitación en el desarrollo óptimo de la cadenas de suministro en todo el mundo, que es la pandemia COVID-19. Esta situación ha afectado a las industrias de manera individual y, como resultado, muchos insumos necesarios para los procesos de producción se han detenido o retrasado sin importar cuán optimizado estaba la cadena de suministro. Sin embargo, una cadena de suministro esbelta y flexible podría ayudar a minimizar el impacto. Por lo tanto, la industria automotriz, que fue una de las más afectadas, debe buscar una estrategia para mitigar los impactos negativos que esta situación trae consigo (Haldon, Eisenberg, Mordechai, Izdebski, & White, 2020).

2.3. Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)

La competencia global está aumentando la necesidad de que las empresas se internacionalicen, utilizando la estrategia de producción compartida para ubicar operaciones en países que ofrecen ventajas comparativas” (Wilhelm et al., 2005). Los autores (Geunes & Pardalos, 2003), (Sarmiento & Nagi, 1999), (Vidal & Goetschalckx, 1997) y (Tayur et al., 2017) describen los últimos estudios sobre el diseño de sistemas de producción/distribución internacionales (Wilhelm et al., 2005).

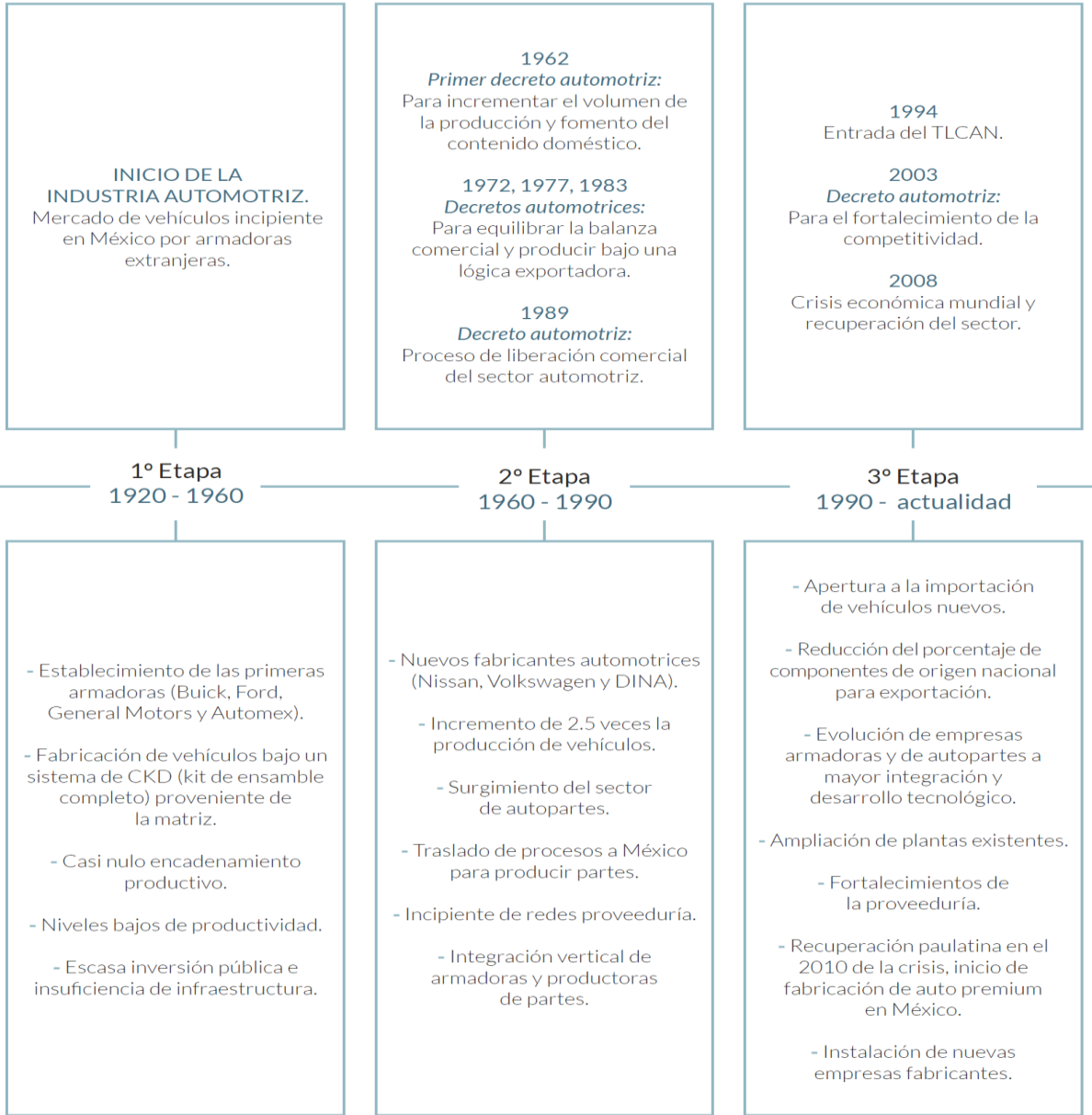
El TLCAN entró en vigor en enero de 1994 y fue firmado por Estados Unidos, Canadá y México con el objetivo de reducir costos y acelerar los movimientos entre sus fronteras para promover el intercambio de bienes y servicios entre ellos. Los principales beneficios perseguidos por el TLCAN fueron fomentar la creación de empleo, aumentar el flujo comercial transfronterizo, atraer inversión extranjera y ayudar a la Región de América del Norte a ser más competitiva en el mercado mundial. Además, Robinson y Bookbinder (2007) mencionan que los beneficios reales del TLCAN provienen de la empresa individual que debe aprovechar las oportunidades en el mercado. Esta empresa debe descubrir las ventajas del mercado y las ventajas de la CS, y administrarlas bien.

2.3.1. El TLCAN y la Industria Automotriz

Para la industria automotriz, la eliminación o reducción de aranceles aduaneros ha permitido a los fabricantes y proveedores de vehículos mejorar su cadena de suministro al ubicar el empaque y la fabricación en la ubicación de mejor costo (Dziczek et al., 2016). El TLCAN abrió la puerta para que las multinacionales automotrices principalmente estadounidenses consideraran la mano de obra calificada de bajo costo de México que compensa los costos logísticos adicionales y permitió que México se incluyera en su cadena de suministro (Robinson & Bookbinder, 2007).

Desde su entrada en vigor, el TLCAN ha contribuido significativamente al crecimiento de la industria automotriz en la región de América del Norte (ver Figura 2.3.1.1.), donde Estados Unidos, México y Canadá se ubican en el segundo, séptimo y décimo lugar entre los principales productores mundiales de vehículos (Dziczek et al., 2016).

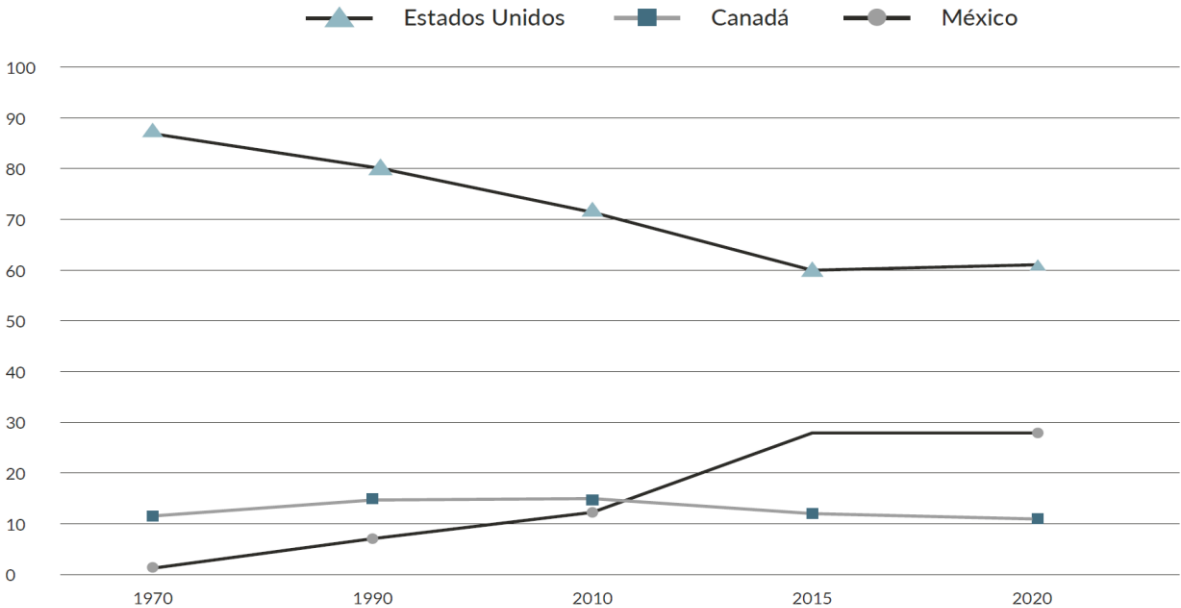
Figura 2.3.1.1. Desarrollo histórico la Industria Automotriz Mexicana.



Fuente: (Espinosa, Esteves, Moreno, Pacheco, & Morales, (2018)).

Como se puede ver en la Figura 2.3.1.2., México ha ganado terreno en la producción de automóviles en la región de Norteamérica, si bien antes de la entrada en vigor del TLCAN iba en aumento, después de su entrada en vigor de 1994 a 2010 se incrementó drásticamente en un 10% y de 2010 a 2015 en un 20% mientras que Estados Unidos y Canadá decrecieron en los mismos periodos. Desde 2015 a la actualidad, la tasa de producción de automóviles en la región de Norteamérica se ha estabilizado y mantenido constante desde 2015 en los tres países que comprenden la región.

Figura 2.3.1.2. Porcentaje de producción de automóviles, región TLCAN, por año y país 1970-2020.



Fuente: AMIA y OICA, 2018 (www.amia.com.mx, www.oica.net).

El sector automotriz se ha convertido en una de las industrias más dinámicas y estratégicas de México, no solo por su contribución al desarrollo económico, ya que genera casi el 3% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y cerca del 20% del PIB manufacturero, sino que también lo es por su alta relevancia social pues contribuye con poco más de un millón de empleos directos (Espinosa et al., 2018).

México es el principal proveedor de autopartes de los Estados Unidos con una participación de más del 40%, a la vez que importa de dicho país, alrededor del 54% de los materiales que ocupa para la fabricación de vehículos. México ha logrado posicionarse como uno de los mayores fabricantes de vehículos ligeros del mundo (ver Figura 2.3.1.3.), en los primeros años del TLCAN ocupaba el onceavo lugar; en los años de la crisis reciente (2008-2009) ocupó el décimo lugar y para el 2017 alcanzó el séptimo lugar, con 3.9 millones, contribuyendo así con alrededor del 4% de la producción global y en relación con las autopartes, su posición aún es más destacada: sexto lugar como productor mundial de partes y componentes (Espinoza et al., 2018).

Figura 2.3.1.3. Evolución del sector automotriz en México.

PERÍODO	DENOMINACIÓN	EXPORTACIÓN	DOMÉSTICO	TOTAL
<i>PROMEDIO PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS (MILLONES DE UNIDADES)</i>				
1978-1993	Pre TLCAN	0.14	0.43	0.57
1994-2009	TLCAN hasta la crisis	1.19	0.40	1.59
2010-2016	Post Crisis	2.54	0.55	3.09
2017-2020	Pronóstico	3.51	0.78	4.29

Fuente: ProMéxico con base en datos de la AMIA, 2018 (www.promexico.com.mx)

2.3.2. Del TLCAN al T-MEC

Como se mencionó anteriormente, el TLCAN ha traído beneficios sustanciales a los tres países, principalmente en el sector automotriz. Sin embargo, existen otros factores como el rápido cambio tecnológico, la expansión del comercio con otros países como China, el debate sobre el legado del TLCAN en los empleos y salarios de algunos trabajadores e industrias que han enfrentado una competencia mayor y libre; y, por el contrario, otros se han beneficiado de las nuevas oportunidades de mercado (Burfisher, Lambert, & Matheson, 2019). “La renegociación del TLCAN y

la firma del Acuerdo Estados Unidos-México-Canadá (T-MEC) son un resultado directo del proteccionismo claramente declarado del presidente Trump” (Dávalos, 2020).

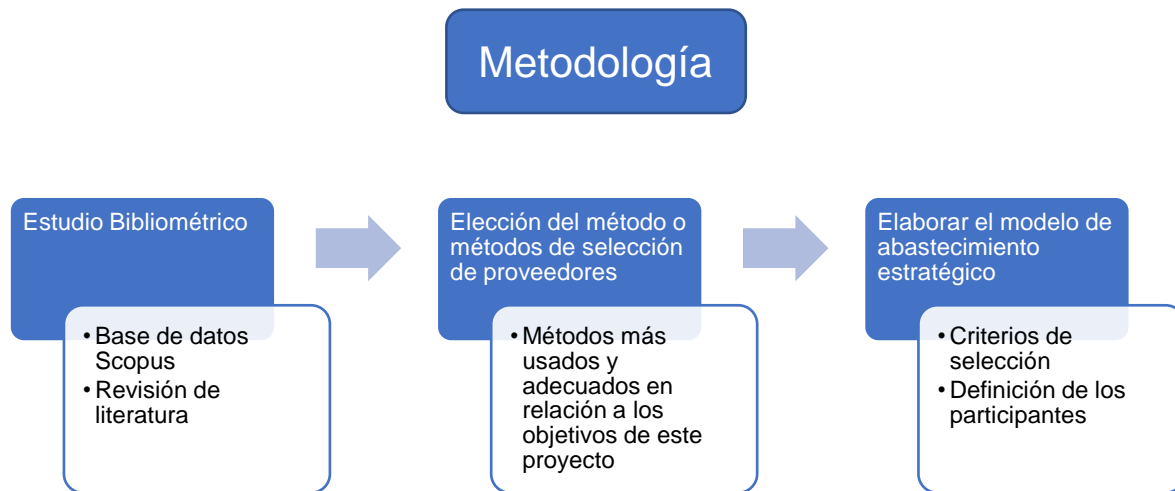
El Nuevo TLCAN, el “Tratado de México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC)” entró en vigor el 1 de julio de 2020 y reemplazará al TLCAN con reglas de origen más estrictas en el sector automotriz, aunque conserva la naturaleza literal de la industria automotriz, pero aumenta gradualmente el contenido de la Región Norteamericana para automóviles. y camiones ligeros del 62,5% al 75%, también requiere que los productores obtengan el 70% de aluminio y acero en la región de América del Norte, e introduce el concepto de "Contenido de valor laboral" para exigir que un porcentaje de la producción provenga de la fabricación con salarios altos de \$16 dólares la hora (Condon, 2019).

Los autos que se fabriquen en la región de Norteamérica deben tener el 75% de sus suministros proveniente de los tres países para no pagar aranceles, por lo que llegar al nuevo nivel implicará para las automotrices modificar su cadena de suministros. Es posible que la mitad de los modelos fabricados en el país probablemente no van a cumplir con estos requisitos y por ello, no se beneficia del arancel cero, pero podrán ser exportados con un arancel de 2.5% de Nación Más Favorecida, de la Organización Mundial de Comercio (OMC), lo que no representa una pérdida de competitividad en la manufactura de autos mexicanos (Peña Álvarez, 2018) citado por (De Los Angeles Rios Ruiz, 2019).

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología para el desarrollo del modelo. En la Figura 3 se muestra la estructura de la metodología.

Figura 3. Estructura de la Metodología.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

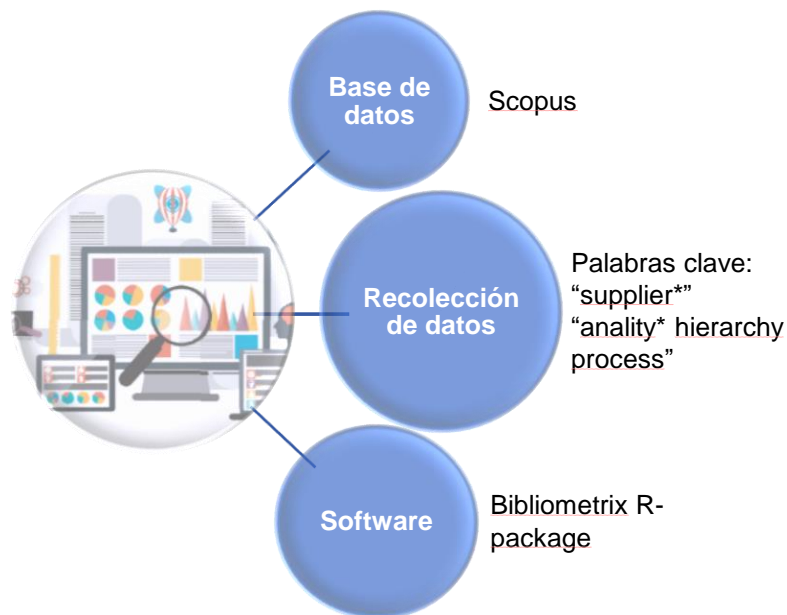
La metodología se divide en 3 secciones:

1. En la primera parte se realizó un estudio bibliométrico de documentos en Scopus para identificar los métodos más utilizados en la selección de proveedores.
2. En la segunda parte con base a los resultados del estudio bibliométrico se analizaron los métodos más utilizados en la selección de proveedores y se seleccionaron los más adecuados en relación los objetivos de este proyecto
3. En la última parte se definió el modelo de “Abastecimiento Estratégico” y se aplicaron los métodos seleccionados a un proyecto de global sourcing en el área de compras de una empresa automotriz global, para lo cual se establecieron los criterios de selección de proveedores y se definieron los participantes.

3.1. Estudio bibliométrico

Como se muestra en la Figura 3.1., para la recolección de datos se utilizó la base de datos de Scopus, la cual es “la mayor base de datos de resúmenes y de literatura revisada por pares y cuenta con herramientas inteligentes que permiten controlar, analizar y visualizar investigación académica, incluye el contenido de más de 5,000 editores y 105 países diferentes” (Avanzadas & Scopus, 2016).

Figura 3.1. Recolección de datos.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

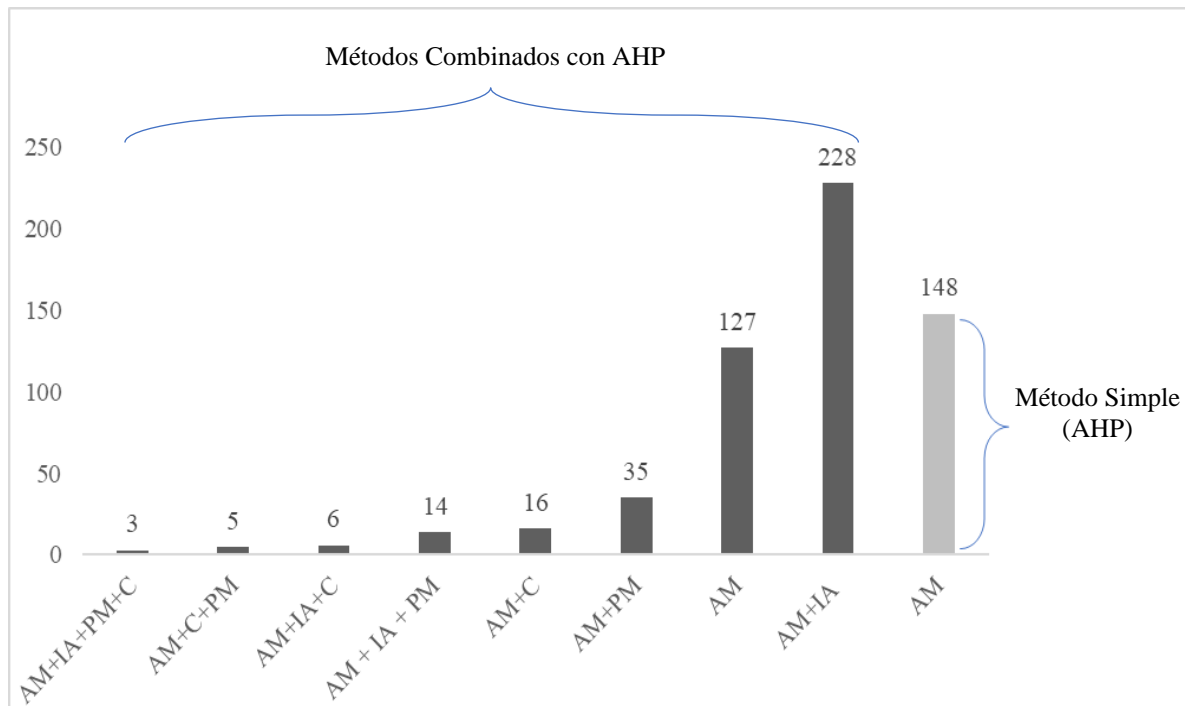
Las palabras clave para la consulta en Scopus fueron “supplier*” y “analyti* hierarchy process”, se buscaron en título, resumen y palabras clave. La palabra clave “supplier*” se dejó abierta con el * para que arrojara todas las variables del término, supplier selection (selección de proveedores), supplier evaluation (evaluación de proveedores) y supplier development (desarrollo de proveedores), de la misma manera, dentro de la palabra clave “analyti* hierarchy process”, la palabra analyti* se dejó abierta con el * para que arrojara todas las variables del término, analytic, analytical, analytics. Se obtuvieron 583 resultados de 345 fuentes (revistas y libros), de los cuales 378 son artículos de revista, 7 capítulos de libro, 196 ponencias y 2 en revisión.

El estudio utiliza el software Bibliometrix R-package para analizar los datos obtenidos en la búsqueda de Scopus. El uso de alguna técnica bibliométrica al hacer una revisión de la literatura permite la comprensión de patrones y la evolución de una corriente de investigación o tema” (Ferreira, 2011).

3.1.1. Resultados Estudio Bibliométrico

Analizando los 583 documentos identificados en la consulta de Scopus, se evidenció que el método AHP se aplicó como método de selección de proveedores en todos los documentos de la consulta tanto de manera simple como combinada con otros métodos, por lo cual, con base en la clasificación de Zimmer, Fröhling & Schutmann (2016) de la Figura 5 del marco teórico, se identificó su utilización y se graficó en la Figura 3.1.1.

Figura 3.1.1. Modelos de toma de decisiones con múltiples criterios.



Fuente: Elaboración propia a partir de documentos de Scopus, 2022.

En la Figura 3.1.1., podemos constatar que el modelo combinado híbrido de análisis matemático con inteligencia artificial (AM + IA) es el más usado en los problemas

de selección de proveedores con 228 publicaciones, en específico, la combinación más utilizada de este modelo es la del método AHP con el método de lógica difusa con el 37%.

En la Tabla 3.1.1. se detalla la interpretación de la Figura 3.1.1. de los modelos de toma de decisiones con múltiples criterios con base al análisis realizado.

Tabla 3.1.1. Modelos y métodos más utilizados en la selección de proveedores.

Lugar de clasificación	Número de publicaciones	Modelo Simple	Modelo Combinado	Combinación de métodos más utilizada	% de la combinación de métodos más utilizada con respecto al número de publicaciones
1	228		AM + IA	AHP + FL	37%
2	148	AM		Solo AHP	100%
3	127		AM	AHP + DEA	19%
4	35		AM + PM	AHP + LP	26%
5	16		AM + C	AHP + DELPHI	44%
6	14		AM + IA + PM	AHP + FL + LP	36%
7	6		AM + IA + C	AHP + FL + DELPHI	67%
8	5		AM + C + PM	AHP + DELPHI + GP	80%
9	3		AM + IA + PM + C	AHP + FL + LP + QFD	67%

Fuente: Elaboración propia a partir de documentos de Scopus, 2022.

La Tabla 3.1.2., ofrece una lista de los estudios académicos individuales más frecuentemente citados. La mayoría de estos estudios abordan el problema de la selección de proveedores y su relación con el AHP como metodología de apoyo para la toma de decisiones. Las citas locales se refieren al número de citas que un documento ha recibido de otros documentos incluidos en esta consulta y las citas globales se refieren al número de citas que un documento ha recibido de otros

documentos contenidos en toda la base de datos de Scopus. Se observa que el documento más citado es el de Ghodsypour (1998) el cual ha sido el referente de muchos de los artículos que se han escrito posteriormente.

Tabla 3.1.2. Artículos citados con mayor frecuencia.

Primer autor	Título	Citas locales	Citas globales	Año	Revista
Ghodsypour, S.H.	A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming	106	819	1998	International Journal of Production Economics
Chan, F.T.S.	Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach	65	765	2007	OMEGA
Handfield, R.	Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process	46	627	2002	European Journal of Operational Research
Lee, A.H.I.	A green supplier selection model for high-tech industry	46	442	2009	Expert Systems with Applications
Barbarosolu, G.	N/A	43	277	1997	Production and Inventory Management Journal
Chan, F.T.S.	Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach	41	373	2008	International Journal of Production Research
Liu, F.H.F.	The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier	38	332	2005	International Journal of Production Economics

Xia, W.	Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments	38	389	2007	OMEGA
Bhutta, K.S.	Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches	35	293	2002	Supply Chain Management
Lee, A.H.I.	A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks	35	251	2009	Expert Systems with Applications

Fuente: Elaboración a partir de documentos de Scopus, 2022.

El análisis también evidenció la contribución de diferentes países en la selección de proveedores, en el que podemos observar que Taiwán, Hong Kong y China concentran el mayor volumen de citas con 5,090. Por otro parte, las tendencias de los autores en la elección de las revistas en el periodo estudiado las encabezan Expert Systems with Applications e International Journal of Production Research con 23 y 20 publicaciones respectivamente. Otro aspecto que muestra el estudio, son los documentos más citados, precede la lista el de Ghodsypour (1998) con 106 citas locales.

3.2. Elección del Método de Selección de Proveedores

En la elección de los métodos de selección de proveedores se evaluaron aquellos que respondan a las preguntas de investigación de este trabajo.

Por lo anterior con base a los resultados que arrojó el estudio bibliométrico, se muestra que AHP es el método mayormente usado en la selección de proveedores y puede combinarse con otros métodos, tales como: **programación lineal, lógica difusa, el proceso de votación y el costo total de propiedad.**

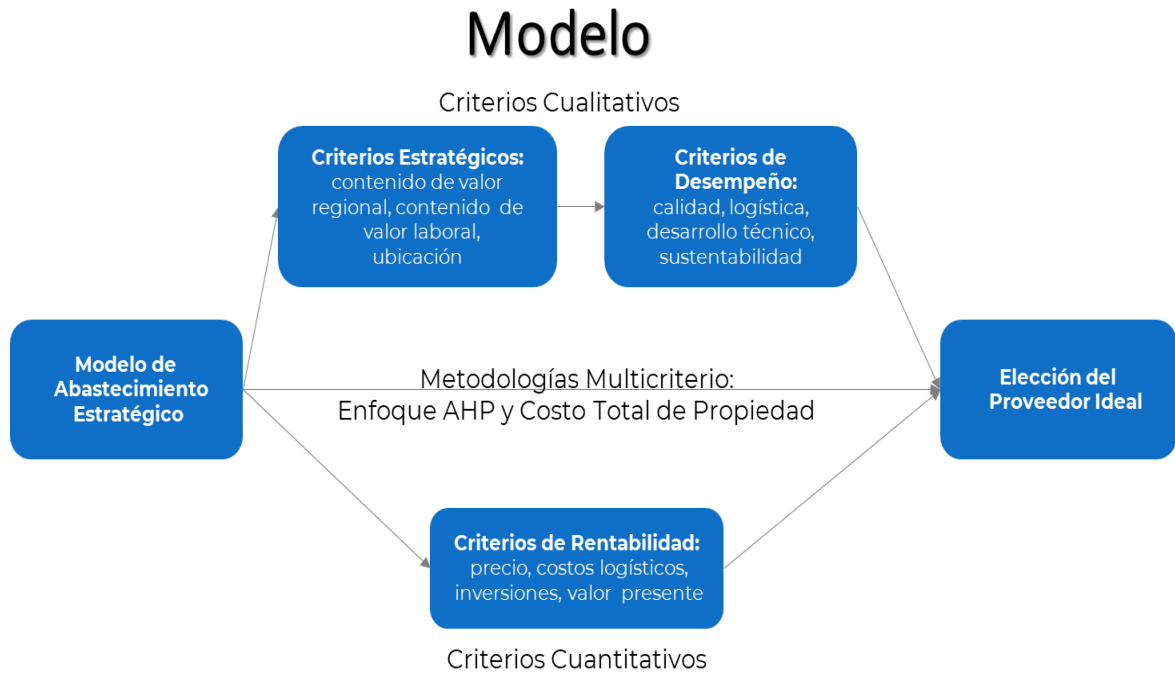
En los resultados del estudio bibliométrico se muestran en la Tabla 3.1.2. los estudios académicos individuales más citados. Se analizaron estos estudios y se encontró el documento del autor Bhutta K.S. (2002), con 35 citas locales y 293 citas globales, el cual hace una comparación de dos métodos de selección de proveedores, del enfoque de costo total de propiedad con el procesos jerárquico analítico (AHP).

Se tomó la decisión de considerar el documento de Bhutta K.S. (2002) como base de este trabajo porque responde ampliamente a las preguntas de investigación, de manera que compara dos métodos de selección de proveedores, el enfoque de costo total de propiedad con el proceso jerárquico analítico (AHP), puede incluir criterios estratégicos, de desempeño y de rentabilidad, ambos métodos son adaptables e incluyentes y toma en cuenta la opinión de los tomadores de decisiones en relación a que ambos enfoques son útiles, sencillos y fáciles de aplicar.

3.3. Elaboración del Modelo de Abastecimiento Estratégico

El modelo de abastecimiento estratégico considera diversos criterios cualitativos y cuantitativos, los cuales incluyen criterios estratégicos, de desempeño y rentabilidad que se **identifican, ponderan, comparan y priorizan a partir de dos enfoques multicriterio, el enfoque AHP y el Costo Total de Propiedad (ver Figura 3.3.)**. De tal manera, que la implementación de los enfoques mencionados, permita evaluar la elección del mejor proveedor.

Figura 3.3. Modelo de abastecimiento estratégico.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.3.1. Definición de los participantes

Para integrar el equipo para definir los criterios de selección de proveedores, se consideran diferentes áreas funcionales de la empresa que están directamente involucradas con los materiales suministrados por los proveedores. El equipo se conformó por diversos expertos (compras, producto, logística, producción, calidad, desarrollo técnico y relaciones internacionales).

Se desarrollaron reuniones individuales con cada uno de ellos para introducirlos con la metodología y poder determinar los criterios de selección de proveedores y la jerarquía de estos. La definición de los criterios es el paso más importante en el proceso de selección de proveedores.

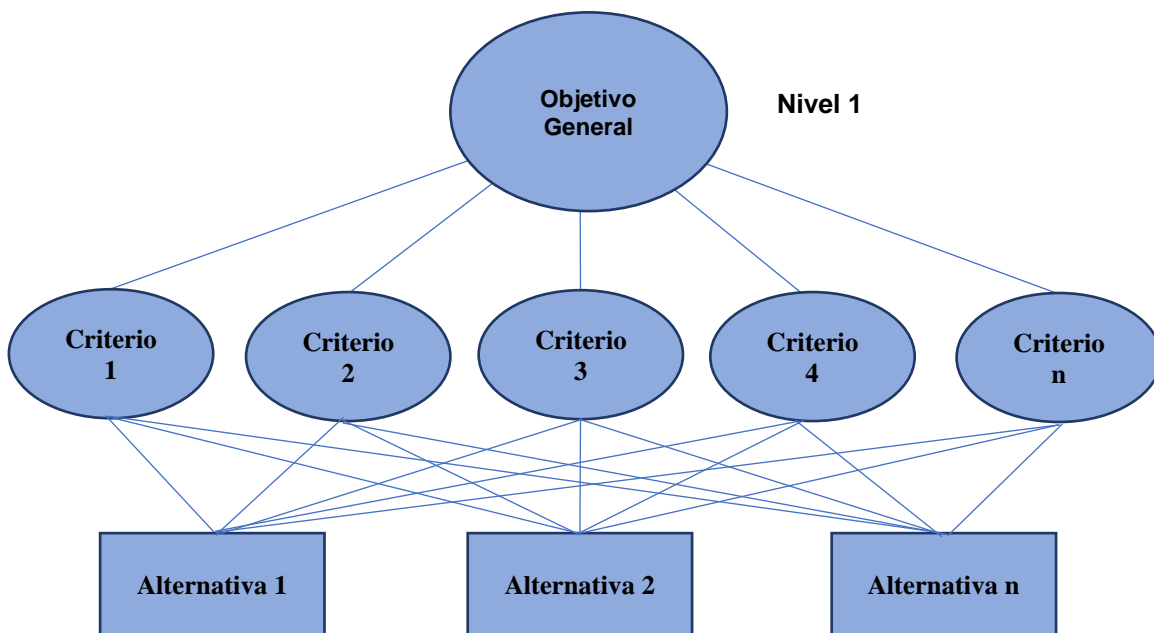
3.3.2. Metodología AHP

Los siguientes pasos determinan la aplicación del enfoque AHP:

1. Desarrollar la estructura jerárquica
2. Determinar los criterios o juicios de valor
3. Construir las matrices de los criterios normalizadas
4. Calcular los vectores de prioridad y consistencia
5. Analizar los resultados

En la Figura 3.3.2. se muestra la estructura jerárquica de la metodología AHP.

Figura 3.3.2. Estructura Jerárquica AHP.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El propósito de estructurar tal jerarquía es, en el sentido de AHP, es descomponer el complejo problema de decisión en partes constituyentes y así ayudar a los expertos a emitir juicios confiables al tratar con elementos del mismo orden de magnitud en cada nivel de la jerarquía (T. L. Saaty, 2008).

Una vez que se construye la estructura jerárquica se definen los criterios de selección. Los criterios que se definan representan las capacidades de rendimiento de un proveedor para suministrar una parte a la planta de fabricación de automóviles.

El paso siguiente de la definición de los criterios es la priorización de estos debido a su ambigüedad para su juicio. Para lo cual, es necesario definir los valores que pueden tomar los juicios emitidos por los expertos, de tal manera que los criterios de selección se puedan priorizar entre ellos mismos, así como se puedan priorizar las alternativas de acuerdo con dichos criterios.

Por lo anterior, se requiere utilizar una escala de medición que permita los juicios subjetivos, pero al mismo tiempo reduzca la incertidumbre por la naturaleza de los juicios personales (Mendoza, Solano, Palencia, & Garcia, 2019).

La escala de juicio establecida por Saaty se muestra a continuación en la Tabla 3.3.2.

Tabla 3.3.2. Escala de juicio.

Escala numérica	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen de igual forma al cumplimiento del objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuerte o especial importancia	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre otro
7	Muy fuerte o demostrable importancia	Un elemento domina fuertemente al otro
9	Extremada importancia	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible
2, 4, 6, 8	Valores intermedios o de compromiso	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes
$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Para comparación inversa	Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.

Fuente: (T. L. Saaty, 2008).

Esta escala se utiliza para hacer una matriz de comparación por pares entre los criterios y entre las alternativas. Estas comparaciones servirán para determinar los pesos para cada uno de los criterios y cada una de las alternativas. Con estos pesos

se obtendrá un puntaje global que ayudará en la clasificación de los criterios y las alternativas.

3.3.3 Metodología de Costo Total de Propiedad

Conforme al modelo de abastecimiento estratégico propuesto se implementó el enfoque de Costo Total de Propiedad (CTP) para determinar qué costos considera la empresa fabricante más importantes o significativos en la adquisición de las partes para la selección de proveedores.

En el enfoque de CTP se hace una comparación entre proveedores que compiten para distribuir una determinada pieza para la fabricación de automóviles.

El costo total de propiedad (CTP) va más allá del precio de una compra para incluir muchos otros costos relacionados con la compra ((Ellram, 1995), (Degraeve, Labro, & Roodhooft, 2000)). Este enfoque se ha vuelto cada vez más importante, ya que las organizaciones buscan formas de comprender y administrar mejor sus costos. Los modelos CTP se clasifican además por su uso principal: selección de proveedores y evaluación de proveedores (K.S. Bhutta & Huq, 2002).

El CTP proporciona una herramienta de evaluación de proveedores uniforme, lo que mejora el valor de las comparaciones de rendimiento de proveedores entre proveedores y a lo largo del tiempo, provee un enfoque y un mensaje consistente sobre las expectativas de desempeño del proveedor y el resultado de la selección/evaluación se puede usar directamente para precalificar proveedores, calificar proveedores e incluso ser parte del proceso de certificación de proveedores (Khurram S. Bhutta & Huq, 2002).

EL CTP es un enfoque complejo que requiere la empresa compradora para determinar qué costos considera más importantes o significativos en la adquisición, posesión, uso o servicio de ese producto (Degraeve & Roodhooft, 1999).

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

Para la aplicación del Proceso Jerárquico Analítico se consideró un proceso de Global Sourcing (Abastecimiento Global) del área de compras de una empresa fabricante de automóviles para la proveeduría específica de una pieza.

El proceso de Global Sourcing consiste en identificar proveedores competitivos a nivel mundial para reducir costes.

La empresa fabricante de automóviles de este estudio cuenta con áreas específicas internas como: Calidad, Logística, Finanzas, Desarrollo Técnico, Tratados Internacionales, Investigación y Desarrollo y Compras que evalúan las características de los proveedores para que les puedan surtir de piezas automotrices para la fabricación de sus vehículos.

El área de Compras de la empresa fabricante de automóviles integra toda la información de las áreas internas para postular a los proveedores mejor evaluados, para que a su vez los tomadores de decisión puedan elegir al mejor proveedor.

4.1. Clasificación de proveedores

Para el abastecimiento de las miles de piezas que conforman el automóvil, la empresa fabricante de este estudio tiene diferentes equipos especializados en su área de compras conforme a las secciones que conforman el vehículo: tren motriz, interiores y exteriores. Estos a su vez tienen una cartera de proveedores a nivel mundial para abastecer cada una de las piezas.

Para este estudio se consideró el proceso de global sourcing para el abastecimiento de una pieza en particular del equipo de compras de tren motriz.

En este proceso se consideraron los proveedores a nivel mundial que podían surtir la pieza en cuestión. Para la evaluación de estos proveedores, se consideraron tanto los criterios de selección que ya consideraba la empresa para la evaluación de sus proveedores como los que se incluyeron debido a las nuevas reglas de origen del T-MEC.

Cada uno de los criterios de selección es evaluado por cada una de las áreas internas de la empresa conforme a los atributos o criterios que tengan la responsabilidad de evaluar conforme a una escala de valoración, por ejemplo, el área de logística es la encargada de evaluar los costos logísticos que define el proveedor.

A continuación, se muestra en la Tabla 4.1., los posibles proveedores a surtir la pieza y sus respectivas ubicaciones.

Tabla 4.1. Lista de Proveedores Candidatos a Surtir la Pieza.

Proveedores	Ubicación
Proveedor 1 (P1)	México
Proveedor 2 (P2)	China
Proveedor 3 (P3)	México
Proveedor 4 (P4)	Turquía
Proveedor 5 (P5)	Turquía
Proveedor 6 (P6)	Turquía
Proveedor 7 (P7)	Croacia
Proveedor 8 (P8)	China
Proveedor 9 (P9)	Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa, 2022.

Para que un proveedor pueda enviar su cotización para suministrar la pieza debe considerar una serie de requisitos y documentación que solicita cada una de las áreas internas de la empresa, esta documentación a su vez puede ser informativa y en su caso es documentación que el proveedor debe llenar y enviar a la empresa

para su evaluación, se muestra en la Tabla 4.1.1. una matriz que enlista la documentación requerida.

Tabla 4.1.1. Documentación necesaria de los proveedores para que puedan enviar su cotización para suministrar la pieza.

Área	Documentación	Tipo
Compras	Hoja de información sobre capacidad requerida	Documento requerido
	Condiciones Generales de Compra	Informativo
	Definición de Precio: A, B, C	Informativo
Calidad	Formulario del factor técnico	Documento requerido
	Acuerdo de responsabilidad	Informativo
	Requisitos de calidad	Informativo
	Dispositivos y métodos para el control dimensional	Informativo
	Manual del usuario "Requisitos técnicos de calidad"	Informativo
	Formulario de Requisitos técnicos de calidad	Documento requerido
	Estructura de subproveedores	Documento requerido
	Autoevaluación del proveedor	Documento requerido
Logística	Manual proveedor extranjero	Informativo
	Manual proveedor nacional	Informativo
	Catálogo de especificaciones estándar	Informativo
	Condiciones generales para la gestión de empaques	Informativo
	Requerimientos de partes de motor importadas	Informativo
	Manual Justo en Secuencia (JIS) y Justo a Tiempo (JIT)	Informativo
	Catálogo de Protección de Piezas Productivas	Informativo
		Manual del Proveedor Extranjero

Relaciones Gubernamentales	Manual de Proveedor Nacional	Informativo
	Información de origen para envíos a la empresa	Informativo
Finanzas	Matriz “Seguros-Contratación”	Informativo
Ventas	Hoja de formulario para piezas defectuosas	Documento requerido
	Código del fabricante	Informativo
	Documento de lista de espera	Informativo

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa, 2022.

Una vez que los proveedores atienden y envían los documentos requeridos, la empresa autoriza a los proveedores para que puedan enviar su cotización.

4.2. Criterios de Selección

Se estimo que la definición de los criterios dependía de contar con un amplio espectro de opinión y experiencia como aporte. Por lo cual se decidió integrar un equipo en el cual pudieran participar actores involucrados en la prospección, búsqueda, evaluación, negociación y selección de proveedores, así como la localización de nuevos productos y materiales.

Se consideraron a 10 gerentes de compras que tuvieran más de 10 años de experiencia en la empresa de estudio. El equipo debe acordar la lista de criterios específicos según los cuales los proveedores candidatos deben ser evaluados. Esta lista se basa en los criterios sugeridos por los miembros del equipo en base a su experiencia profesional y al nuevo marco del T-MEC, así como en el trabajo de investigación existente según se revisó en el marco teórico. Este paso implicó dos rondas: primero, los expertos fueron encuestados a través de un cuestionario para definir los criterios que consideran relevantes para la selección de proveedores y segundo, todos los criterios sugeridos se discuten en una reunión conjunta para aclarar su significado y operacionalización, y establecer la lista de criterios finales.

Conforme la encuesta realizada, en la Tabla 4.2. se pueden visualizar los principales criterios que influyen en la selección de proveedores.

Tabla 4.2. Criterios de selección de proveedores.

Criterio	Descripción
% Contenido de Valor Regional (CVR)	El Contenido de Valor Regional es una variable que establece el T-MEC para que los vehículos puedan ser considerados productos originarios y libres de arancel, deben contar con un porcentaje de contenido norteamericano. Esta regla de origen es aplicable a la industria automotriz para las siguientes partes de automóviles y camiones ligeros: Autopartes Esenciales: motores, transmisiones, carrocería y chasis, ejes, sistemas de suspensión, sistemas de dirección y batería avanzada. Autopartes Principales: asientos, cinturones, compresores, frenos, poleas, radiadores, ruedas, ventiladores y volantes. Autopartes Complementarias: faros, limpiaparabrisas, estéreos, tuberías y válvulas.
% Contenido de Valor Laboral (CVL)	El contenido de valor laboral es una variable que establece el T-MEC, la cual requiere que un porcentaje del contenido norteamericano de un vehículo se haya producido con un salario mayor a \$16 dólares la hora.
Ubicación (U)	Variable relacionada con la localización geográfica de producción del proveedor.
Calidad (C)	Las características y estado del material cumplen con las especificaciones dadas. El proveedor es consistente en el cumplimiento de la calidad.
Desarrollo Técnico (DT)	Capacidad demostrada de un proveedor para adquirir nuevas tecnologías y recursos técnicos para prácticas y procesos de investigación y desarrollo.
Sustentabilidad (S)	Esta variable considera los requisitos mínimos que deben cumplir los proveedores basados en el código de conducta.
Precio (P)	Precio de la pieza competitivo Descuento por volumen
Logística (L)	Velocidad de entrega de la pieza desde que se realiza la orden de compra hasta la aceptación de la entrega por parte del cliente

	Cumplir con las fechas de entrega Flexibilidad en el calendario y horario de entrega
Costos Logísticos (CL)	Costo de transporte de la pieza
Inversiones (I)	Son las inversiones que la compañía realiza por los herramientas para la producción de las piezas
Condiciones a Largo Plazo (CLP)	Disposición para mejorar las operaciones Nivel de compromiso para desarrollarse Lealtad hacia la empresa
Valor Presente (VP)	Cálculo que representa los flujos de efectivo presentes y futuros

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa, 2022.

4.3. Escala de Valoración

La escala de valoración se obtuvo con la participación de las diferentes áreas con el objetivo de estandarizar los criterios de selección cualitativos y cuantitativos.

Como se puede visualizar en la tabla anterior, son doce los criterios de selección de proveedores establecidos por los expertos, de los cuales 9: Calidad (C), Desarrollo Técnico (DT), Sustentabilidad (S), Precio (P), Logística (L), Costos Logísticos (CL), Inversiones (I), Condiciones a Largo Plazo (CLP), y Valor Presente (VP) se definieron con base a su experiencia profesional, a la evaluación que realizan actualmente de sus proveedores y al trabajo realizado en este estudio, y 3: Contenido de Valor Regional (CVR), Contenido de Valor Local (CVL) y Ubicación (U) son alusivos a la investigación realizada en relación a las nuevas reglas de origen del T-MEC que deben cumplirse de los proveedores seleccionados.

Como se puede ver en la Tabla 4.3., los criterios de selección pueden ser datos cualitativos o cuantitativos, y su evaluación la determina cada una de las áreas responsables. Los datos cuantitativos no requieren una puntuación específica, ya que el mismo dato te proporciona la ponderación del criterio, para determinar que proveedor es mejor que el otro, sin embargo, para los datos cualitativos es necesario establecer una escala de valoración.

Tabla 4.3. Criterios de selección cualitativos y cuantitativos.

Área	Criterios para evaluar	Tipo de dato
Logística	L y CL	Cuantitativo
Desarrollo Técnico	DT y CLP	Cualitativo
Compras	P, CVR, CVL, U, S	Cualitativo
Calidad	C	Cualitativo
Finanzas	I y VP	Cuantitativo

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La escala de valoración para la puntuación cualitativa es la siguiente:

- **A:** El proveedor cumple satisfactoriamente con las especificaciones
- **B:** El proveedor cumple con las especificaciones, pero implica algún riesgo de incumplimiento
- **C:** El proveedor cumple con las especificaciones, pero implica riesgos de incumplimiento

En la Tabla 4.3.1. se definieron las consideraciones de cada uno de los criterios para que los expertos pudieran evaluar cada uno de los criterios cualitativos en relación con la escala de valoración.

Tabla 4.3.1. Escala de valoración para los criterios cualitativos.

Contenido de Valor Regional (CVR)	
Puntuación	Consideración
A	Comprobar que el contenido norteamericano de la producción de la pieza es igual o mayor al 75%
B	
C	
Contenido de Valor Laboral	
Puntuación	Consideración
A	Verificar que entre el 40% y 45% del contenido norteamericano de la pieza se produjo con un salario mayor a \$16 dólares por hora.
B	
C	

Ubicación (U)	
Puntuación	Consideración
A	Confirmar que el origen de producción de la pieza se encuentra en la región de Norteamérica (Estados Unidos, México y Canadá).
B	
C	
Calidad (C)	
Puntuación	Consideración
A	Comprobar la seguridad, funcionalidad y fiabilidad de la pieza, así como la velocidad de respuesta del proveedor en caso de modificación / no conformidad del pedido.
B	
C	
Desarrollo Técnico (DT)	
Puntuación	Consideración
A	Evaluar la innovación, tecnología de la pieza y la variedad de productos que el proveedor podría desarrollar.
B	
C	
Sustentabilidad (S)	
Puntuación	Consideración
A	<p>Verificar que el proveedor cuente con las siguientes políticas:</p> <p>Política en materia de derechos humanos y condiciones de trabajo</p> <p>Política en materia de salud y seguridad</p> <p>Política en materia de ética empresarial.</p> <p>Política en materia de sostenibilidad medioambiental, incluidas las emisiones de gases, la eficiencia energética y las energías renovables, los recursos sostenibles y la reducción de residuos.</p>
B	
C	
Logística (L)	
Puntuación	Consideración
A	Cumplir con las entregas justo en secuencia y justo a tiempo JIS y JIT.
B	
C	
Condiciones a Largo Plazo (CLP)	
Puntuación	Consideración
A	Verificar nivel de compromiso del proveedor para mejorar sus operaciones
B	
C	

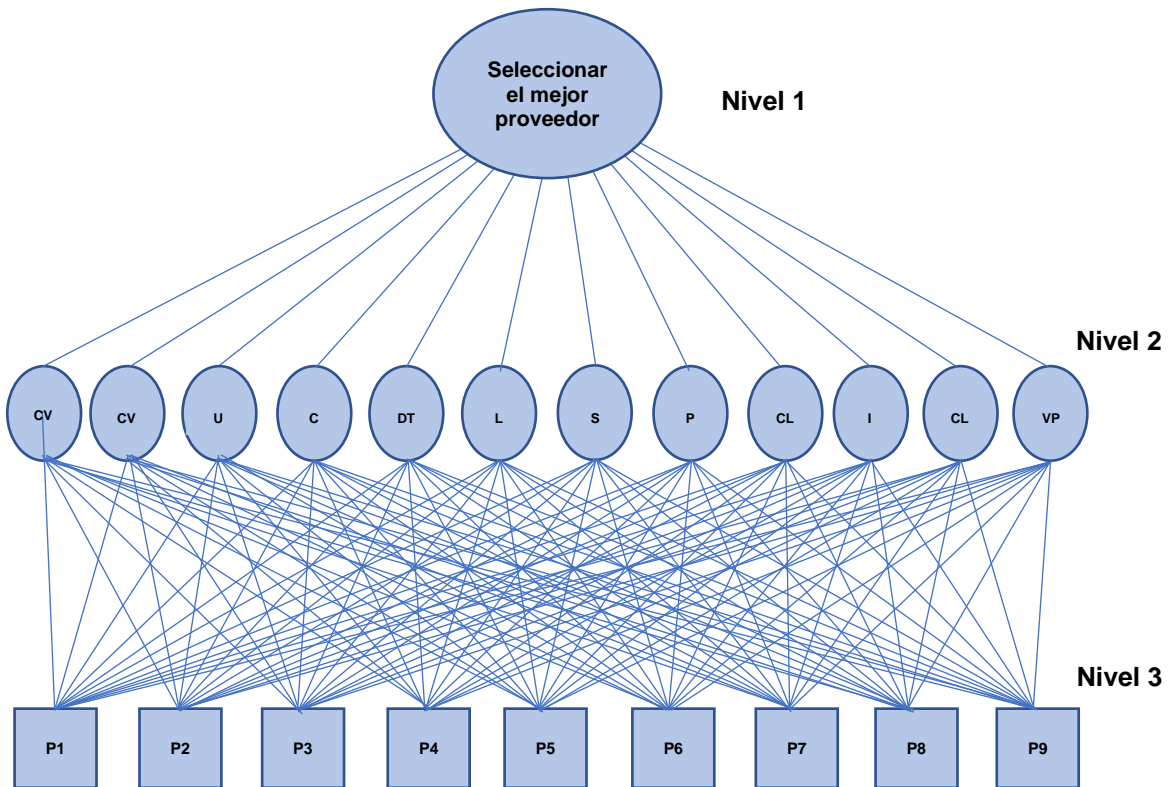
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa, 2022.

4.4. Aplicación del Enfoque AHP

Una vez que se definieron los criterios de selección se construye la estructura jerárquica. En la Figura 4.4. se muestra la estructura jerárquica de la aplicación de la metodología AHP:

- En el nivel 1, se describe el objetivo o la meta general de la decisión “seleccionar al mejor proveedor”
- En el nivel 2, se incluyen los criterios de selección de proveedores
- El nivel 3 de la jerarquía representa las alternativas, en este caso a cada uno de los proveedores.

Figura 4.4. Estructura Jerárquica AHP para Seleccionar al Mejor Proveedor.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Ya que se ha estructurado la jerarquía, se tienen que ponderar cada uno de los criterios, para lo cual la empresa evalúa a los proveedores que quieren participar en

la nominación. Para este proceso cada una de las áreas involucradas de la empresa: compras, desarrollo técnico, logística, calidad, finanzas emite un valor cualitativo o cuantitativo al respecto de los criterios que le corresponde evaluar, considerando las siguientes premisas:

1. Incrementar el %VCR del automóvil
2. Reducir la brecha de %VCL
3. Localización de proveedores en la región de Norteamérica

El siguiente paso es determinar las prioridades de los elementos en cada nivel ("elemento" significa cada criterio o alternativa de la jerarquía), para lo cual, se determina un conjunto de matrices de comparación de todos los elementos de un nivel de la jerarquía con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior para priorizar y convertir los juicios comparativos individuales en medidas de escala de razón (Jayant, 2018). Las preferencias se cuantifican utilizando la escala de valoración.

El número de matrices depende del número de elementos en cada nivel. El número de elementos en cada nivel decide el orden de cada matriz del siguiente nivel superior. Después de desarrollar todas las matrices, se calculan los vectores propios o los pesos relativos (el grado de importancia relativa entre los elementos) y el valor propio máximo (λ_{max}) para cada matriz. El valor de λ_{max} es un parámetro de validación importante en AHP. Se utiliza para calcular la relación de consistencia CR del vector estimado para validar si la matriz de comparación por pares proporciona una evaluación completamente consistente.

Para determinar si las comparaciones son consistentes con los resultados se verifica la relación de consistencia (CR). El índice de consistencia se calcula según los siguientes pasos:

1. Calcular el vector propio o los pesos relativos y λ max para cada matriz mediante la formula:

$$\lambda \text{ max} = \sum CA$$

$$CA = \sum A_j * AHP-1, \text{ donde:}$$

A = Matriz de comparación por pares

$$AHP-1 = \bar{x} Cw_i, \text{ donde:}$$

$$Cw = A_{ij} / \sum A_j$$

2. Calcular el índice de consistencia para cada matriz mediante la fórmula:

$$CI = (\lambda \text{ max} - m) / (m-1)$$

3. La relación de consistencia se calcula utilizando las fórmula:

$$CR = CI/RI, \text{ donde:}$$

CR = Relación de consistencia

CI = Índice de consistencia

RI = Índice de consistencia aleatoria

m = Número de elementos

El rango de CR aceptable varía según el tamaño de la matriz, es decir, 0,05 para una matriz de 3 por 3, 0,08 para una matriz de 4 por 4 y 0,1 para todas las matrices más grandes, $m \geq 5$. Si el valor de CR es igual o menor que ese valor, implica que la evaluación dentro de la matriz es aceptable o indica un buen nivel de consistencia en los juicios comparativos representados en esa matriz.

Por el contrario, si CR es mayor que el valor aceptable, se ha producido una inconsistencia de los juicios dentro de esa matriz y, por lo tanto, el proceso de evaluación debe revisarse, reconsiderarse y mejorarse. Un índice de consistencia aceptable ayuda a garantizar la confiabilidad del tomador de decisiones para determinar las prioridades de un conjunto de criterios.

Para facilitar la priorización de los criterios, se construyó en Excel una herramienta para poder realizar las comparaciones por pares de los elementos, la herramienta genera una matriz de clasificación para cada nivel de la jerarquía. El número de matrices depende del número de elementos en cada nivel y calcular la matriz normalizada de los mismos, de la misma manera la herramienta verifica los resultados a través de la relación de consistencia (ver Anexo 1).

Después de completar la comparativa de los criterios, se leyeron las respuestas individuales a los miembros del equipo para determinar el nivel de consenso. Esta fase del estudio duró unas seis horas y se realizó en dos sesiones durante un período de cinco días.

El desafío era acercarse lo más posible a un consenso en la priorización de los criterios sin coaccionar a ninguno de los miembros del equipo. Afortunadamente, esto resultó más fácil de lo esperado debido a que los resultados obtenidos de cada uno de ellos tienen la misma tendencia que los resultados obtenidos de manera conjunta por el equipo.

4.5. Aplicación del Enfoque de Costo Total de Propiedad (CTP)

El CTP es una herramienta de evaluación de proveedores uniforme, lo que mejora el valor de las comparaciones de desempeño de proveedores entre proveedores y a lo largo del tiempo y permite definir las expectativas del rendimiento del proveedor.

El TCP proporciona un enfoque y un mensaje consistente sobre lo que es importante y el resultado de la selección/evaluación se puede usar directamente para precalificar proveedores, calificar proveedores e incluso ser parte del proceso de certificación de proveedores. El uso de esta herramienta resulta ser complejo sino se cuentan con los datos de costos de los proveedores (Khurram S. Bhutta & Huq, 2002).

Para la aplicación del enfoque de CTP, se hace una comparación de costos entre nueve proveedores para determinar qué costos se consideran más importantes o significativos en la adquisición de una determinada parte o pieza.

Para la comparación de los proveedores se consideran los costos respectivos en la producción y distribución de la pieza. Los costos se dividen en 4 categorías principales:

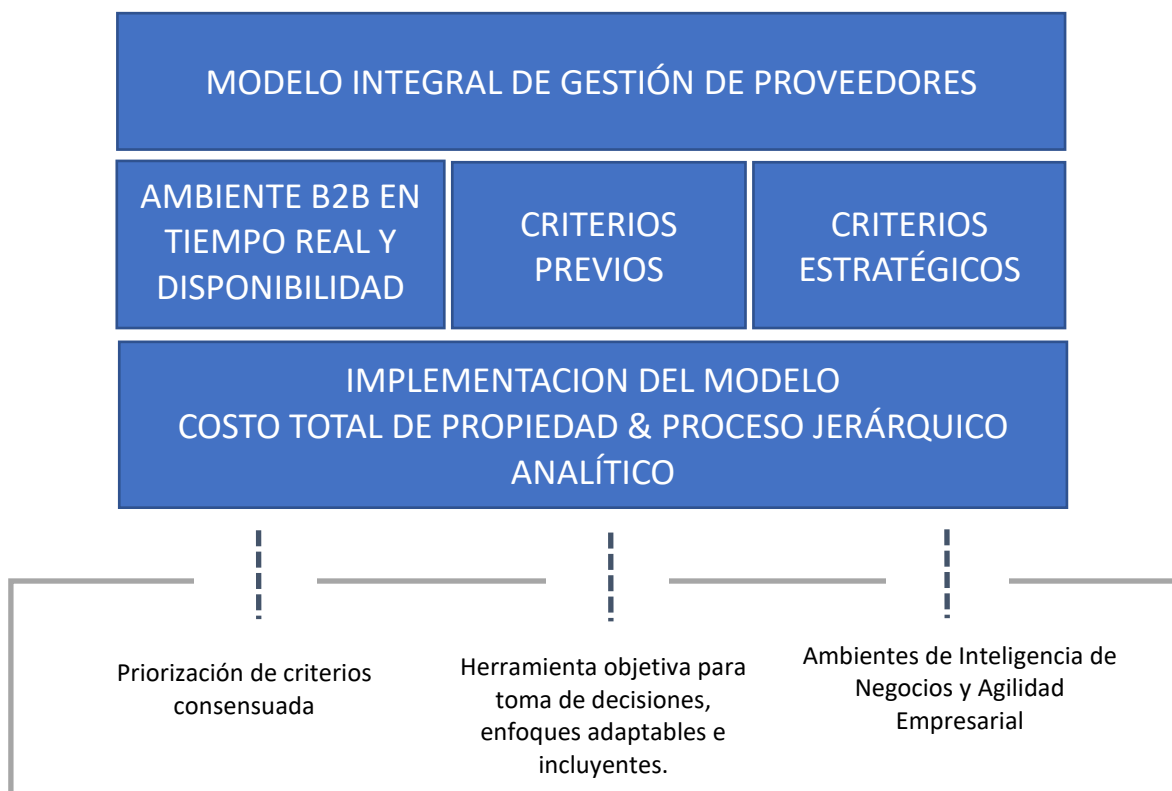
1. Costos logísticos: costos asociados a la distribución de la pieza
2. Precio: incluye los costos asociados a la materia prima, mano de obra, depreciación de la maquinaria y producción de la pieza
3. Condiciones a largo plazo: Son los costos asociados al compromiso del proveedor para desarrollarse y mejorar sus operaciones
4. Inversiones: Costos asociados a los herramientas que utiliza el proveedor para producir la pieza

CAPÍTULO 5

5.1. Análisis de Resultados

En relación al modelo de abastecimiento estratégico propuesto, los criterios previos engloban los criterios de desempeño y rentabilidad ya definidos por la compañía donde se realizó este estudio y los criterios estratégicos son los nuevos criterios que se propusieron derivado del análisis de este estudio y están relacionados con las nuevas reglas de origen del T-MEC. Tanto los criterios previos como los estratégicos se **identificaron, ponderaron, compararon y priorizaron a partir de dos enfoques multicriterio, el enfoque AHP y el Costo Total de Propiedad (ver Figura 5.1.)**. De tal manera, que la implementación de los enfoques mencionados, permita evaluar la elección del mejor proveedor.

Figura 5.1. Modelo Integral de Selección de Proveedores.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la Tabla 4.5., se asignaron los resultados de la evaluación cualitativa de los nueve proveedores que se postularon para surtir la pieza. Para cada uno de los criterios de selección se utilizó la escala de valoración de la Tabla 4.3.1. La escala iba de la A a la C, donde la A es la mejor opción y la C la inferior. Los resultados que arrojó la evaluación de los criterios cualitativos se incluyen en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Resultados de la evaluación cualitativa.

Proveedor (P)	CVR	CVL	U	C	DT	L	S	CLP
P1	A	C	A	B	A	A	C	A
P2	C	B	B	B	C	A	A	B
P3	A	C	A	A	A	A	A	A
P4	C	A	B	C	B	A	B	B
P5	C	A	B	C	B	A	B	B
P6	C	A	B	C	B	A	A	B
P7	C	A	B	A	B	A	A	B
P8	C	B	B	C	B	C	C	B
P9	A	A	A	C	A	A	C	A

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa, 2022.

Para los criterios cuantitativos no fue necesario utilizar una escala de valoración, ya que el mismo dato duro del criterio te indica su nivel de cumplimiento. Los datos duros de dichos criterios fueron proporcionados por las áreas correspondientes de la compañía. En la Tabla 4.5.1. se muestran los datos duros de los criterios cuantitativos.

Tabla 4.5.1. Datos de los criterios cuantitativos.

Proveedor (P)	P	CL	I	VP
P1	\$ 10.91	\$ 0.09	\$ 214,787.00	\$ 4,447,784.00
P2	\$ 10.89	\$ 1.41	\$ 183,000.00	\$ 5,091,704.00
P3	\$ 11.85	\$ 0.22	\$ 520,000.00	\$ 5,218,671.00
P4	\$ 12.37	\$ 3.95	\$ 183,850.00	\$ 6,420,753.00
P5	\$ 16.58	\$ 4.61	\$ 312,500.00	\$ 8,159,020.00
P6	\$ 13.01	\$ 2.83	\$ 350,000.00	\$ 6,793,780.00
P7	\$ 14.55	\$ 2.41	\$ 261,400.00	\$ 7,355,516.00
P8	\$ 19.07	\$ 1.31	\$ 36,000.00	\$ 8,055,222.00
P9	\$ 19.56	\$ 0.97	\$ 363,000.00	\$ 8,056,987.00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa, 2022.

Una vez que se evaluaron los criterios, se tienen que priorizar, para lo cual se utilizó el proceso jerárquico analítico (AHP). En Excel se diseñó una herramienta para poder realizar las comparaciones por pares de los 9 criterios a comparar. La herramienta genera una matriz, con la cual se comparan cada uno de los criterios utilizando la escala de juicio de Saaty. Diez gerentes del área de compras de la compañía participaron en la comparación. Con cada gerente se integró una matriz y se compararon los 9 criterios entre ellos mismos (ver Anexo 1).

De este procedimiento se obtuvo la ponderación de los 9 criterios de los 10 gerentes de compra, estos se promediaron para que se pudieran establecer las prioridades de cada uno de los criterios, la Tabla 4.5.2. resume las ponderaciones definidas por cada uno de las gerentes basadas en AHP.

Tabla 4.5.2. Comparación de criterios de selección de proveedores.

Criterios	Gerente A	Gerente B	Gerente C	Gerente D	Gerente E	Gerente F	Gerente G	Gerente H	Gerente I	Gerente J	Promedio
CVR	0.049	0.074	0.064	0.071	0.135	0.153	0.165	0.157	0.075	0.138	0.108
CVL	0.078	0.053	0.058	0.068	0.092	0.140	0.178	0.139	0.067	0.110	0.098
U	0.061	0.014	0.031	0.024	0.015	0.012	0.019	0.012	0.014	0.014	0.022
C	0.155	0.143	0.181	0.170	0.059	0.099	0.113	0.121	0.146	0.055	0.124
DT	0.155	0.218	0.206	0.193	0.066	0.087	0.087	0.088	0.202	0.062	0.136
L	0.155	0.040	0.086	0.104	0.030	0.036	0.042	0.032	0.040	0.027	0.059
S	0.155	0.154	0.161	0.145	0.076	0.022	0.076	0.025	0.126	0.071	0.101
P	0.065	0.084	0.042	0.055	0.255	0.187	0.101	0.166	0.108	0.242	0.131
CL	0.016	0.021	0.016	0.025	0.043	0.017	0.022	0.017	0.020	0.036	0.023
I	0.021	0.032	0.012	0.016	0.187	0.055	0.024	0.054	0.031	0.177	0.061
CLP	0.023	0.050	0.022	0.020	0.020	0.043	0.016	0.042	0.049	0.019	0.030
VP	0.070	0.117	0.120	0.108	0.023	0.149	0.157	0.146	0.122	0.048	0.106

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se puede visualizar que el criterio de Desarrollo Técnico (DT), es el más importante con un puntaje de 0.136, seguido con un puntaje muy similar el criterio de Precio (P) con 0.131, posteriormente se ubica la Calidad (C) y el criterio de Contenido de Valor Regional (CVR) con 0.124 y 0.108 respectivamente.

Después de haber identificado las prioridades de los criterios de selección de proveedores, se aplicó el modelo basado en AHP a un proceso de abastecimiento global en la empresa, en el cual, participaron 9 proveedores y se realizaron las comparaciones de cada proveedor en relación con cada uno de los criterios de selección, los resultados se verificaron a través de la relación de consistencia de cada matriz (ver Anexo 2).

Posteriormente, la matriz de prioridades establecidas por cada uno de los criterios se multiplica por la matriz de prioridades de proveedores. Una vez obtenido el resultado de la multiplicación de las matrices, se clasifica a cada proveedor según el peso obtenido y de esta manera podemos seleccionar al mejor proveedor (ver Tabla 4.5.3.).

Tabla 4.5.3. Multiplicación de matrices (proveedores vs. criterios).

	MATRIZ DE PROVEEDORES												MATRIZ DE CRITERIOS	RESULTADO	
	CVR	CVL	U	C	DT	L	S	P	CL	I	CLP	VP			
P1	0.250	0.169	0.195	0.111	0.185	0.120	0.049	0.221	0.282	0.091	0.052	0.308	0.108	P1	0.174
P2	0.021	0.029	0.030	0.155	0.019	0.120	0.179	0.306	0.077	0.354	0.052	0.155	0.098	P2	0.134
P3	0.250	0.142	0.195	0.194	0.246	0.120	0.179	0.154	0.282	0.024	0.026	0.212	0.022	P3	0.179
P4	0.044	0.057	0.071	0.063	0.061	0.120	0.070	0.108	0.032	0.083	0.145	0.077	0.124	P4	0.075
P5	0.044	0.058	0.071	0.086	0.061	0.120	0.070	0.036	0.032	0.083	0.145	0.027	0.136	P5	0.063
P6	0.044	0.058	0.071	0.050	0.061	0.120	0.179	0.076	0.032	0.083	0.145	0.038	0.059	P6	0.076
P7	0.044	0.058	0.071	0.205	0.061	0.120	0.179	0.053	0.032	0.083	0.145	0.054	0.101	P7	0.094
P8	0.021	0.027	0.030	0.074	0.061	0.040	0.044	0.026	0.077	0.159	0.145	0.019	0.131	P8	0.051
P9	0.282	0.401	0.266	0.063	0.246	0.120	0.053	0.019	0.153	0.041	0.145	0.110	0.023	P9	0.154
													0.061		
													0.030		
													0.106		

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los resultados muestran que el Proveedor 3 (P3) es el que tiene el mejor puntaje con el 0.179, por lo cual sería la primera opción de elección de la empresa, seguido del Proveedor 1 (P1) con un puntaje muy similar de 0.174 y como tercera opción sería el Proveedor 9 (P9) con un puntaje de 0.154.

La Tabla 4.5.4., representa la aplicación del enfoque del Costo Total de Propiedad (CTP), en la cual se incluyen las categorías de costos consideradas en este estudio: costos logísticos, precio condiciones a largo plazo e inversiones. Todos los costos son unitarios y están en dólares, el número de unidades a suministrar durante el proyecto son 400,000.

Tabla 4.5.4. Enfoque "Costo Total de Propiedad".

Costo Total de Propiedad	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Costos Logísticos	\$ 0.09	\$ 1.41	\$ 0.22	\$ 3.95	\$ 4.61	\$ 2.83	\$ 2.41	\$ 1.31	\$ 0.97
Precio	\$ 10.91	\$ 10.89	\$ 11.85	\$ 12.37	\$ 16.58	\$ 13.01	\$ 14.55	\$ 19.07	\$ 19.56
Condiciones a Largo Plazo	-\$ 0.16	\$ -	\$ -	-\$ 0.49	-\$ 0.64	-\$ 0.48	-\$ 0.34	-\$ 0.61	-\$ 0.62
Subtotal 1	\$ 10.84	\$ 12.30	\$ 12.07	\$ 15.83	\$ 20.55	\$ 15.36	\$ 16.62	\$ 19.77	\$ 19.91
Unidades	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000
Subtotal 2	\$ 4,336,000	\$ 4,920,000	\$ 4,828,000	\$ 6,332,000	\$ 8,220,000	\$ 6,144,000	\$ 6,648,000	\$ 7,908,000	\$ 7,964,000
Inversiones MUSD	\$ 214,787	\$ 183,000	\$ 520,000	\$ 183,850	\$ 312,500	\$ 350,000	\$ 261,400	\$ 36,000	\$ 363,000
Total, Costos	\$ 4,550,787	\$ 5,103,000	\$ 5,348,000	\$ 6,515,850	\$ 8,532,500	\$ 6,494,000	\$ 6,909,400	\$ 7,944,000	\$ 8,327,000

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Si sumamos cada uno de los costos de cada categoría, es decir, los costos logísticos más el precio, más las condiciones a largo plazo y lo multiplicamos por el número de unidades que el proveedor tiene que suministrar durante el proyecto (400,000), más los costos asociados a las inversiones de los instrumentales, obtenemos el costo total de propiedad.

De la Tabla 4.5.4., es evidente que el Proveedor 1 (P1) tiene el menor costo total para la pieza suministrada, aunque si observamos cada costo por separado, el P1 no es el “mejor” en cada categoría.

Con base en esta evaluación y utilizando el enfoque de CTP, los resultados muestran que P1 tiene los mejores costos totales con \$4,550,787, seguido del P2 con \$5,103,000, y finalmente el P3 con \$5,348,000.

Resumiendo, los resultados que te brindan los dos enfoques, los resultados serían los siguientes:

Tabla 4.5.5. Resultados de los enfoques AHP y CTP.

Prioridad (mejor opción)	Enfoque AHP	Enfoque CTP
1	Proveedor 3 (P3)	Proveedor 1 (P1)
2	Proveedor 1 (P1)	Proveedor 2 (P2)
3	Proveedor 9 (P9)	Proveedor 3 (P3)

Fuente: Elaboración propia: 2023.

Comparando los dos enfoques en la Tabla 4.5.5., visualizamos que P1 es la mejor opción de elección de proveedor tomando en cuenta los dos enfoques, ya que P1 es la prioridad 2 para AHP y la prioridad 1 para CTP, asimismo, P3 sería la segunda mejor opción de elección de proveedor, ya que P3 es la prioridad 1 para AHP y la prioridad 3 para CTP.

Por lo anterior, los tomadores de decisiones deberán tomar en cuenta ambos enfoques para la elección del mejor proveedor, sin embargo, para los objetivos de este estudio se concluye que el proveedor 3 es la mejor opción de elección de proveedor ya que en el enfoque AHP se consideran los criterios estratégicos relacionados con las nuevas reglas de origen del Nuevo Acuerdo Comercial entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo de este estudio se logró con el desarrollo y aplicación del modelo de abastecimiento estratégico. El abastecimiento estratégico es esencial en el proceso de compra, más aún, en el contexto del nuevo acuerdo comercial entre México, Estados Unidos y Canadá (TMEC). El objetivo de este trabajo era encontrar al proveedor ideal que de manera integral cubra los criterios estratégicos, de rentabilidad y de desempeño para su elección.

Se realizó un estudio bibliométrico para la revisión de metodologías multicriterio para la selección de proveedores. Los resultados de este estudio muestran que el enfoque del Proceso Jerárquico Analítico (AHP) puede combinarse con otros métodos, tales como el enfoque de Costo Total de Propiedad.

Este trabajo desarrollo un enfoque integrado que combina AHP y el Costo total de Propiedad para la selección de proveedores. Ambos enfoques son adaptables e incluyentes para considerar los criterios de selección que sean necesarios, además de que son herramientas muy útiles, elementales y su aplicación no es compleja.

Por otro lado, se determinaron y clasificaron los criterios estratégicos, de desempeño y rentabilidad para el proceso de selección de proveedores.

Los criterios estratégicos, Contenido de Valor Regional (CVR), Contenido de Valor Laboral (CVL) y Ubicación (U) se establecieron en función al cumplimiento de las nuevas reglas de origen del tratado comercial entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC).

Los criterios de desempeño, Calidad (C), Logística (L), Desarrollo Técnico (DT) y Sustentabilidad (S) están relacionados con el desarrollo de nuevos productos, capacidades y rendimiento de los proveedores.

Los criterios de rentabilidad, Costos Logísticos (CL), Condiciones a Largo Plazo (CLP), Inversiones (I), Valor Presente (VP) y Precio (P), se establecieron en función a los beneficios financieros que obtiene la compañía de sus proveedores.

De acuerdo con los criterios de selección de proveedores de Dickson (1966), la evaluación de los criterios más importantes fueron: 1. Precio, 2. Calidad y 3. Tiempo de entrega. De la misma manera Weber et al. (1991) concluyeron que la calidad era el factor más importante seguido por el desempeño de entrega y el precio. Finalmente, Güneri (2011) reporta un resumen del número de citas de los diferentes autores que atribuyen a cada criterio de selección de proveedores y concluyo que los criterios más importantes fueron: 1. Capacidad técnica y tecnología usada, y calidad (8 citas), 3. Posición financiera (7 citas), 4. Capacidad (7 citas), Entrega (6 citas) y Precio (5 citas).

En relación a lo anterior, el promedio obtenido de las prioridades de los criterios de los gerentes de compra considera en primer lugar al desarrollo técnico, el cual coincide con el de Güneri en el que la capacidad técnica y la tecnología usada ocupó el primer lugar. En segundo lugar, se considera el precio el cual es consistente con los criterios de Dickson, en el que el precio se considera en primer lugar y con los criterios de Weber en el cual el precio está en tercer lugar. En tercer lugar, se consideró a la calidad, la cual también es consistente con los criterios de Dickson, en el que la calidad ocupó el segundo lugar y con los criterios de Weber en el que la calidad está en primer lugar, de la misma manera coincide con el resumen de Güneri en el que la calidad está empatada en primer lugar con la capacidad técnica.

Finalmente, en cuarto y sexto lugar tenemos al contenido de valor regional y al contenido de valor laboral respectivamente, los cuales son criterios nuevos en la selección de proveedores, los cuales responden ampliamente a los objetivos de este estudio y a la necesidad de considerar los factores clave en la toma de decisiones debido a las nuevas reglas de origen del T-MEC.

Por lo anterior, podemos concluir que los principales criterios de selección definidos en este estudio por los gerentes de compras tienen una gran reciprocidad entre los criterios definidos por los autores referentes en la evaluación de proveedores.

Más de 30 criterios de selección se identificaron y se respaldan en la literatura de este estudio, los cuales se contrastaron y validaron con los criterios que utiliza la compañía para la evaluación de sus proveedores. De modo que, los 30 criterios que se identificaron en la literatura más los criterios relacionados con las nuevas reglas de origen del T-MEC se agruparon en 12 criterios principales y se priorizaron de la siguiente manera: 1. Desarrollo Técnico (DT), 2. Precio (P), 3. Calidad (C), 4. Contenido de Valor Regional (CVR), 5. Valor Presente (VP), 6. Contenido de Valor Laboral (CVL), 7. Sustentabilidad (S), 8. Inversiones (I), 9. Logística (L), 10. Condiciones de Largo Plazo (CLP), 11. Costos Logísticos (CL), y 12. Ubicación (U).

Estos criterios fueron analizados a través del modelo de abastecimiento estratégico AHP-Costo Total de Propiedad en un proceso de Global Sourcing (Abastecimiento Global) para surtir una determinada pieza y así validar la relación significativa en el proceso de selección de proveedores.

Los resultados demuestran que el modelo ayuda a tener una perspectiva integral en la elección del mejor proveedor que permita tomar en cuenta criterios clave. Por otro lado, el modelo te permite diferenciar los resultados de ambas metodologías para que el tomador de decisiones pueda respaldar su elección.

El estudio se valida ya que con la aplicación de los enfoque AHP y Costo Total de Propiedad (CTP) se puede seleccionar al mejor proveedor en relación con sus características principales.

Los resultados muestran que el modelo tiene la capacidad de ser flexible y es aplicable a cualquier empresa, más aún, cuando tenga una amplia cartera de proveedores y criterios de selección.

Por otra parte, el T-MEC tendrá implicaciones en toda la cadena de valor de empresas y proveedores debido a las nuevas reglas de origen impuestas por el acuerdo. El Contenido de Valor Laboral (CVL) incluido en el T-MEC contempla que el 40% de la producción se pague a 16 dólares la hora, este requisito podría modificar la gestión de la cadena de suministro en la región de Norteamérica, ya que México no puede pagar sus procesos de producción a 16 dólares la hora, por lo que muchas empresas automotrices tendrían que establecer estrategias de reubicación y ubicación con empresas proveedoras para cumplir con este requisito.

Con la metodología AHP, se priorizaron los criterios de selección con las opiniones de 10 Gerentes de Compras, se obtuvo la matriz de los criterios con el promedio de los puntajes obtenidos. Posteriormente se realizó una comparación por pares de 9 distintos proveedores con cada uno de los 12 criterios de selección, con la cual se obtuvo la matriz de proveedores. Finalmente, se realizó una multiplicación de matrices, se multiplicó la matriz de los criterios con la matriz de proveedores, de tal manera que el resultado nos da el mejor proveedor.

Una vez obtenido el resultado del mejor proveedor a través del enfoque AHP, se aplicó el enfoque de Costo Total de Propiedad con la información proporcionada por la empresa de sus proveedores. Este enfoque utiliza variables cuantitativas, entre las cuales se considera el Precio, el Costo Total de Propiedad, los Costos Logísticos y las Inversiones, se evaluaron los diferentes costos entre los 9 proveedores para determinar al mejor proveedor.

Con la aplicación de ambos enfoques se pudieron considerar valores cualitativos y cuantitativos, de modo que el tomador de decisiones pueda apoyar su elección en un método confiable y que logre una ventaja competitiva. El modelo también permite contrastar los resultados de ambos enfoques para que el tomador de decisiones pueda respaldar su elección.

Se puede concluir que el modelo podría facilitar el proceso de toma de decisiones en un entorno empresarial turbulento e incierto ya que El T-MEC tendrá implicaciones en toda la Cadena de Suministro de fabricantes y proveedores debido a las nuevas reglas de origen impuestas por el acuerdo, el tomador de decisiones puede aplicar este modelo para seleccionar el mejor proveedor en diferentes entornos comerciales.

Las principales ventajas de este modelo es que se puede utilizar tanto para criterios cualitativos como cuantitativos. La comparación por pares utilizada en este trabajo reduce la dependencia de los tomadores de decisiones a su juicio y experiencia más no la deja de lado, de manera adicional el modelo podría ayudar a reducir los esfuerzos que consumen mucho tiempo en la selección de proveedores.

REFERENCIAS

- Albino, V., & Garavelli, A. C. (1998). A neural network application to subcontractor rating in construction firms. *International Journal of Project Management*, 16(1), 9–14.
- Alvarez, R., Giacalone, R., & Sandoval, J. M. (1999). *GLOBALIZACIÓN, INTEGRACIÓN Y FRONTERAS EN AMÉRICA LATINA*. Mérida, Venezuela. Retrieved from [https://www.insumisos.com/lecturasinsumisas/Globalizacion y fronteras en Am% E8rica Latina.pdf](https://www.insumisos.com/lecturasinsumisas/Globalizacion%20y%20fronteras%20en%20Am%20rica%20Latina.pdf)
- Amid, A., Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2006). Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 394–407.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.04.012>
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). (2018). Diálogo con la industria automotriz 2018-2024. Retrieved from <http://www.amia.com.mx/boletin/dlg20182024.pdf>
- Avanzadas, F., & Scopus, E. N. (2016). Scopus funcionalidades avanzadas. *Fundación Española Para La Ciencia y La Tecnología*, 1–68.
- Azadnia, A. H., Ghadimi, P., Saman, M. Z. M., Wong, K. Y., & Heavey, C. (2013). *An integrated approach for sustainable supplier selection using fuzzy logic and fuzzy AHP*. *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 315).
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.315.206>
- Babbie, E. R. (1990). Survey research methods Wadsworth Pub. *Co Belmont, Calif*, 3(9), 31–50.
- Badri, M. A. (1999). Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. *International Journal of Production Economics*, 62(3), 237–248.
[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00249-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00249-7)
- Badri, M. A. (2001). A combined AHP-GP model for quality control systems. *International Journal of Production Economics*, 72(1), 27–40.
[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00077-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00077-3)

- Baldi, S., & Borgman, H. (2001). Consortium-Based B2B e-Marketplaces – A Case Study in the Automotive Industry. *BLED 2001 Proceedings*, (July 2002), 25–26. Retrieved from <http://aisel.aisnet.org/bled2001/1>
- Bancomext. (2018, October). Bancomext: una institució fructífera con vocación de futuro. *Comercio Exterior*, 10. Retrieved from <https://www.revistacomercioexterior.com/revistas/16/1542357212835.pdf>
- Bank, D. (2000). Roland Berger Strategy Consultants. *Automotive E-Commerce: A (Virtual) Reality Check*.
- Barbarosoğlu, G., & Yazgaç, T. (1997). An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. *Production and Inventory Management Journal*, 38(1), 14–21.
- Bard, J. F. (1992). A comparison of the analytic hierarchy process with multiattribute utility theory: A case study. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 24(5), 111–121.
<https://doi.org/10.1080/07408179208964251>
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2006). A fuzzy-QFD approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(1), 14–27.
- Bhattacharya, A., Geraghty, J., & Young, P. (2010). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing Journal*, 10(4), 1013–1027.
<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.05.025>
- Bhutta, K.S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management*, 7(3), 126–135.
<https://doi.org/10.1108/13598540210436586>
- Bhutta, Khurram S., & Huq, F. (2002). Supplier selection problem: A comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management*, 7(3), 126–135.
<https://doi.org/10.1108/13598540210436586>
- Birgün, S., & Cihan, E. (2010). Supplier selection process using ELECTRE

- method. *Proceedings of 2010 IEEE International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering, ISKE 2010*, 634–639.
<https://doi.org/10.1109/ISKE.2010.5680767>
- Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., & Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 299–312.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.032>
- Brans, J. P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE methods. *International Series in Operations Research and Management Science*, 233, 187–219.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6
- Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., & Passaro, R. (2012). AHP-based approaches for supplier evaluation: Problems and perspectives. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18(3), 159–172.
<https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.05.001>
- Burfisher, M., Lambert, F., & Matheson, T. (2019). NAFTA to USMCA: What is Gained? *IMF Working Papers*, 19(73), 1.
<https://doi.org/10.5089/9781498303286.001>
- Carvalho, H., Azevedo, S., & Cruz-Machado, V. (2014). Trade-offs among lean, agile, resilient and green paradigms in supply chain management: A case study approach. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 242 LNEE(VOL. 2), 953–968. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40081-0_81
- Chan, F.T.S., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega*, 35(4), 417–431.
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.08.004>
- Chan, Felix T.S., Kumar, N., Tiwari, M. K., Lau, H. C. W., & Choy, K. L. (2008). Global supplier selection: A fuzzy-AHP approach. *International Journal of Production Research*, 46(14), 3825–3857.
<https://doi.org/10.1080/00207540600787200>
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis*. sage.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of

- decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chen, C.-T., Lin, C.-T., & Huang, S.-F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289–301.
- Chen, Y. J. (2011). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. *Information Sciences*, 181(9), 1651–1670. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2010.07.026>
- Cherryholmes, C. H. (1992). Notes on pragmatism and scientific realism. *Educational Researcher*, 21(6), 13–17.
- Chiu, Y. J., Chen, H. C., Tzeng, G. H., & Shyu, J. Z. (2006). Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV. *International Journal of Management and Decision Making*, 7(2–3), 143–165. <https://doi.org/10.1504/IJMDM.2006.009140>
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (2004). *Narrative inquiry: Experience and story in qualitative research*. John Wiley & Sons.
- Condon, B. J. (2019). From NAFTA to USMCA: Two's Company, Three's a Crowd. *Latin American Journal of Trade Policy*, 1(2), 30. <https://doi.org/10.5354/0719-9368.2018.52140>
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Third). Los Angeles, London, New Delhi, Singapore: SAGE. Retrieved from http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhas hk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component
- Creswell, J. W., Hanson, W. E., Clark Plano, V. L., & Morales, A. (2007). Qualitative research designs: Selection and implementation. *The Counseling Psychologist*, 35(2), 236–264.
- Dávalos, E. (2020). Protectionism, USMCA and its Possible Effects on Mexico's Automotive Industry. *European Review of International Studies*, 7(1), 87–104. <https://doi.org/10.1163/21967415-bja10016>
- De Boer, L., Van Der Wegen, L., & Telgen, J. (1998). Outranking methods in

- support of supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 4(2–3), 109–118. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(97\)00034-8](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(97)00034-8)
- De Los Angeles Rios Ruiz, A. (2019). Diferencias Entre El Tlcan Y El Tmec Y Sus Posibles Impactos Para México. *Perfiles de Las Ciencias Sociales*, 7, 1–19. Retrieved from <http://revistas.ujat.mx/index.php/perfiles>
- Degraeve, Z., Labro, E., & Roodhooft, F. (2000). An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. *European Journal of Operational Research*, 125(1), 34–58.
- Degraeve, Z., & Roodhooft, F. (1999). Effectively selecting suppliers using total cost of ownership. *Journal of Supply Chain Management*, 35(4), 5–10.
- Dickson, G. W. (1966). An Analysis Of Vendor Selection Systems And Decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5–17. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.1966.tb00818.x>
- Dziczek, Kristin, Swiecki, B., Chen, Y., Brugeman, V., Schultz, M., & Andrea, D. (2016). *NAFTA Briefing: Trade benefits to the automotive industry and potential consequences of withdrawal from the agreement*. Ann Arbor, MI. Retrieved from https://www.cargroup.org/wp-content/uploads/2017/01/nafta_briefing_january_2017_public_version-final.pdf
- El Economista. (2019). Apertura comercial, la apuesta de México a futuro. Retrieved November 18, 2019, from <https://antad.net/apertura-comercial-la-apuesta-de-mexico-a-futuro/>
- Ellram, L. M. (1995). Total cost of ownership: an analysis approach for purchasing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Espinosa, M. E., Esteves, C., Moreno, J. M., Pacheco, R. I., & Morales, L. R. (2018). *Estudio de capacidades de México para el Sector Automotriz del futuro*. Retrieved from www.promexico.mx
- Ferreira, M. P. (2011). A bibliometric study on Ghoshal's Managing across Borders. *Multinational Business Review*, 19, 357–375. <https://doi.org/10.1108/15253831111190180>
- Fontela, E., & Gabus, A. (1976). *The dematel observer, battelle geneva research*

- center. Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10,0016-3287>
- García Alcaraz, J. L., Alvarado Iniesta, A., & Maldonado Macías, A. A. (2013). Selección de proveedores basada en análisis dimensional. *Contaduría y Administración*, 58(3), 249–278. [https://doi.org/10.1016/s0186-1042\(13\)71229-4](https://doi.org/10.1016/s0186-1042(13)71229-4)
- Geng, X., & Liu, Q. (2015). A hybrid service supplier selection approach based on variable precision rough set and VIKOR for developing product service system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(10), 1063–1076. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2014.959058>
- Geunes, J., & Pardalos, P. M. (2003). Network Optimization in Supply Chain Management and Financial Engineering: An Annotated Bibliography. *Networks*, 42(2), 66–84. <https://doi.org/10.1002/net.10082>
- Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56–57, 199–212. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00009-1)
- Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *International Journal of Production Economics*, 73(1), 15–27. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00093-7)
- Giannakis, M., & Croom, S. R. (2004). Toward the development of a supply chain management paradigm: A conceptual framework. *Journal of Supply Chain Management*, 40(1), 27–37. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2004.tb00167.x>
- Gobierno/SE. (2019a). *Síntesis Informativa*. Retrieved from <http://www.sintesis.economia.gob.mx/swb/work/models/sintesis/Resource/1/3/images/SI210119.pdf>
- Gobierno/SE. (2019b). *TLCAN: Inicia el año 26 de su entrada en vigor*. Retrieved from <https://www.gob.mx/se/prensa/tlcan-inicia-el-ano-26-de-su-entrada-en-vigor>
- Gottfredson, M., Puryear, R., & Phillips, S. (2005). *Estratégico : De La Periferia Al*

- Centro. *Harvard Deusto Business Review*, 1–9.
- Güneri, A. F., Ertay, T., & Yücel, A. (2011). An approach based on ANFIS input selection and modeling for supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 14907–14917.
- Haldon, J., Eisenberg, M., Mordechai, L., Izdebski, A., & White, S. (2020). Lessons from the past, policies for the future: resilience and sustainability in past crises. *Environment Systems and Decisions*, 40, 287–297.
<https://doi.org/10.1007/s10669-020-09778-9>
- Hauser, J. (1993). How puritan-Bennett used the house of quality. *Sloan Management Review*, 34(3), 61.
- Hayakawa, K., & Yamashita, N. (2011). The Role of Preferential Trade Agreements (PTAs) in Facilitating Global Production Networks. *Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization (IDE-JETRO)*, 280, 1–25.
<https://doi.org/10.20561/00037887>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta)*. Ciudad de México: Mc Graw-Hill.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
- Hong, G. H., Park, S. C., Jang, D. S., & Rho, H. M. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship. *Expert Systems with Applications*, 28(4), 629–639.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2004.12.020>
- Hori, S., & Shimizu, Y. (1999). Designing methods of human interface for supervisory control systems. *Control Engineering Practice*, 7(11), 1413–1419.
[https://doi.org/10.1016/S0967-0661\(99\)00112-4](https://doi.org/10.1016/S0967-0661(99)00112-4)
- Houlihan, J. B. (1985). International supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*.
- J. Skulmoski, G., T. Hartman, F., & Krahn, J. (2007). The Delphi Method for Graduate Research. *Journal of Information Technology Education: Research*,

- 6, 001–021. <https://doi.org/10.28945/199>
- Jayant, A. (2018). An Analytical Hierarchy Process (AHP) Based Approach for Supplier Selection : An Automotive An Analytical Hierarchy Process (AHP) Based Approach for Supplier Selection : An Automotive Industry Case Study. *International Journal of Business Insights & Transformation (IJBIT)*, 11(1), 36–45.
- Joshi, R., Banwet, D. K., & Shankar, R. (2011). A Delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 10170–10182.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.02.072>
- Kahiluoto, H., Mäkinen, H., & Kaseva, J. (2020). Supplying resilience through assessing diversity of responses to disruption. *International Journal of Operations and Production Management*, 40(3), 271–292.
<https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2019-0006>
- Kameya, N., Miyagi, H., Taira, N., & Yamashita, K. (2002). Multiple-Criteria Decision-Making Using Sectional Supermatrix. *The Proceedings of the International Technical Conference on Circuits/System, Computers and Communications*, 838–840.
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47, 355–367.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.010>
- Keppel, G. (1991). *Design and analysis: A researcher's handbook*. Prentice-Hall, Inc.
- Kokangul, A., & Susuz, Z. (2009). Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount. *Applied Mathematical Modelling*, 33(3), 1417–1429.
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2008.01.021>
- Kuo, J.-Y., Shia, B.-C., Chen, Y.-C., & Ho, J.-Y. (2011). Evaluating the green suppliers of the Printed Circuit Board base on the Fuzzy Analytic Hierarchy

- Process and Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje.
American Journal of Applied Sciences, 8(3), 246–253.
<https://doi.org/10.3844/ajassp.2011.246.253>
- Lamming, R. (1996). Squaring lean supply with supply chain management.
International Journal of Operations and Production Management, 16(1996),
 183–196. <https://doi.org/10.1108/01443579610109910>
- Larson, T., & Greenwood, R. (2004). Perfect complements: Synergies between
 lean production and eco-sustainability initiatives. *Environmental Quality
 Management*, 13(4), 27–36. <https://doi.org/10.1002/tqem.20013>
- Liu, F.-H. F., & Hai, H. L. (2005). The voting analytic hierarchy process method for
 selecting supplier. *International Journal of Production Economics*, 97(3), 308–
 317. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.09.005>
- Liu, F. H. F., & Hai, H. L. (2005). The voting analytic hierarchy process method for
 selecting supplier. *International Journal of Production Economics*, 97(3), 308–
 317. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.09.005>
- Liu, J., Ding, F. Y., & Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare
 suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain
 Management*, 5(3), 143–150. <https://doi.org/10.1108/13598540010338893>
- Macbeth, D. K., & Ferguson, N. (1994). *Partnership sourcing: An integrated supply
 chain approach*. Financial Times Management/Pitman.
- Mahler, D., & Kearney, A. T. (2007). The sustainable supply chain. *Supply Chain
 Management Review*, 11(8), 59–60.
- Meade, L., & Sarkis, J. (1998). Strategic Analysis of Logistics and Supply Chain
 Management Systems Using The Analytical Network Process. *Transportation
 Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 34(3), 201–215.
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso
 de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos
 Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) for decision-making
 with expert judgment. *Revista Chilena de Ingeniería*, 27, 348–360.
- Mertens, D. M. (1998). *Research methods in education and psychology:
 Integrating diversity with quantitative & qualitative approaches*. Sage

Publications.

- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L., & Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 40(1–2), 14–41.
<https://doi.org/10.1108/09600031011018028>
- Morgan, D. L. (2007). Paradigms Lost and Pragmatism Regained. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 48–76. <https://doi.org/10.1177/2345678906292462>
- Muralidharan, C., Anantharaman, N., & Deshmukh, S. G. (2002). A Multi-Criteria Group Decisionmaking Model for Supplier Rating. *Journal of Supply Chain Management*, 38(3), 22–33. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493.x.2002.tb00140.x>
- Narasimhan, R. (1983). An Analytical Approach to Supplier Selection. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19(4), 27–32.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.1983.tb00092.x>
- Nicola, M., Alsafi, Z., Sohrabi, C., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., ... Agha, R. (2020). The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. *International Journal of Surgery*, 78, 185–193.
<https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.04.018>
- Nieswiadomy, R. M. (1993). Quantitative research designs. *Foundations of Nursing Research*. (2nd Ed.). (p 135). Norwalk: Appleton & Lange.
- Nydick, R. L., & Hill, R. P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 28(2), 31–36.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.1992.tb00561.x>
- Oliver, R. K., & Webber, M. D. (1982). Supply-chain management: logistics catches up with strategy. *Outlook*, 5(1), 42–47.
- Ozdemir, Y. S. (2017). Bulanik AHP-elektre kullanarak tedarikçi seçimi ve bir tekstil firmasında uygulama. In *2017 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting, EBBT 2017*.
<https://doi.org/10.1109/EBBT.2017.7956778>
- Partovi, F. Y., Burton, J., & Banerjee, A. (1990). Application of Analytical Hierarchy

- Process in Operations Management. *International Journal of Operations & Production Management*, 10(3), 5–19.
<https://doi.org/10.1108/01443579010134945>
- Peña Álvarez, M. del C. (2018). USMCA, una buena noticia para la región de Norteamérica. Retrieved August 12, 2021, from
<https://www.bbva.com/es/umsca-una-buena-noticia-para-norteamerica/>
- Pramanik, D., Haldar, A., Mondal, S. C., Naskar, S. K., & Ray, A. (2017). Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.1080/17509653.2015.1101719>
- PrasannaVenkatesan, S., & Goh, M. (2016). Multi-objective supplier selection and order allocation under disruption risk. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 95, 124–142.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.09.005>
- PwC. (2018). *Tratado entre México , Estados Unidos y Canadá Contenido*. México. Retrieved from www.pwc.com/mx/tmec
- Rajesh, G., & Malliga, P. (2013). Supplier selection based on AHP QFD methodology. In *Procedia Engineering* (Vol. 64, pp. 1283–1292).
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.209>
- Raut, R.D., Bhasin, H. V., & Kamble, S. S. (2011). Evaluation of supplier selection criteria by combination of AHP and fuzzy DEMATEL method. *International Journal of Business Innovation and Research*, 5(4), 359–392.
<https://doi.org/10.1504/IJBIR.2011.041056>
- Raut, R.D., Bhasin, H. V., Kamble, S. S., & Banerjee, S. (2011). An integrated fuzzy-AHP-LP (FAHLP) approach for supplier selection and purchasing decisions. *International Journal of Services and Operations Management*, 10(4), 400–425. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2011.043464>
- Raut, Rakesh D. (2014). An integrated Delphi-AHP-DEA-LPP multi criteria decision making approach for supplier selection and order quantity allocation system. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 18(3), 366–393.
<https://doi.org/10.1504/IJLSM.2014.062823>

- REYES GONZÁLEZ, M. E. (2018). *EFFECTOS DEL TRATADO DE LIBRE COMERCIO PARA AMÉRICA DEL NORTE (TLCAN) EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ MEXICANO; RIESGOS Y OPORTUNIDADES*. Universidad Autónoma del Estado de México. Retrieved from <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/98821>
- Robinson, A. G., & Bookbinder, J. H. (2007). NAFTA supply chains: Facilities location and logistics. *International Transactions in Operational Research*, 14(2), 179–199. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2007.00586.x>
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. *Theory and Decision*, 31(1), 49–73. <https://doi.org/10.1007/BF00134132>
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Sanayei, A., Mousavi, S. F., & Yazdankhah, A. (2010). Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 24–30.
- Sarache, W. A., Castrillón, Ó. D., & Ortiz, L. F. (2009). Selección de Proveedores: Una Aproximación al Estado del Arte. *Cuadernos de Administración*, 22(38), 145–167. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20511730008>
- Sarfraz, A. R., & Balu, R. (2006). An integrated approach for supplier selection. In *2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN'06* (pp. 463–468). <https://doi.org/10.1109/INDIN.2006.275600>
- Sarmiento, A. M., & Nagi, R. (1999). A review of integrated analysis of production-distribution systems. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 31(11), 1061–1074. <https://doi.org/10.1080/07408179908969907>
- Sergio, A., & Redondo, L. (2007). Utilidad de metodos como AHP.
- Sharif, A., Aloui, C., & Yarovaya, L. (2020). COVID-19 pandemic, oil prices, stock market, geopolitical risk and policy uncertainty nexus in the US economy: Fresh evidence from the wavelet-based approach. *International Review of*

- Financial Analysis*, 70(May), 101496.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101496>
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., & Tarokh, M. J. (2011). A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12160–12167.
- Sipahi, S., & Timor, M. (2010). The analytic hierarchy process and analytic network process: An overview of applications. *Management Decision*, 48(5), 775–808.
<https://doi.org/10.1108/00251741011043920>
- Soc, J. C., Trans, D., Odell, A. L., Olliff, R. W., Rands, D. R., Soc, J. C., ... Ch, F. S. (1972). A, as a), 1561(34), 36–38.
- Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. sage.
- Stevens, G. C. (1989). Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 19(8), 3–8.
<https://doi.org/10.1108/EUM00000000000329>
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research*. Sage publications.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research techniques.
- Talluri, S., & Narasimhan, R. (2004). A methodology for strategic sourcing. *European Journal of Operational Research*, 154(1), 236–250.
[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00649-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00649-5)
- Tayur, S. R., Ganeshan, R., Magazine, M., Kapusinski, R., Glasserman, P., Chen, F., ... Stephens, P. (2017). *Quatitative Models for Supply Chain Management*. (S. Tayur, R. Ganeshan, & M. Magazine, Eds.), *BMC Public Health* (Vol. 5). Boston, MA: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4949-9>
- Teresa, M., & Rivadeneira, M. (2016). El abastecimiento estratégico y su aplicación en las empresas. *Saber, Ciencia y Libertad*, 11(1), 129–140.
- Tramarico, C. L., Mizuno, D., Salomon, V. A. P., & Marins, F. A. S. (2015). Analytic hierarchy process and supply chain management: A bibliometric study. *Procedia Computer Science*, 55(Itqm), 441–450.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.005>
- Tzeng, G. H., Chiang, C. H., & Li, C. W. (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and

- DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028–1044.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.02.004>
- Vidal, C. J., & Goetschalckx, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European Journal of Operational Research*, 98(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)80080-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)80080-X)
- von Nitzsch, R., & Weber, M. (1993). The Effect of Attribute Ranges on Weights in Multiattribute Utility Measurements. *Management Science*, 39(8), 937–943.
<https://doi.org/10.1287/mnsc.39.8.937>
- Wang, J. W., Cheng, C. H., & Huang, K. C. (2009). Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. *Applied Soft Computing Journal*, 9(1), 377–386.
<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.04.014>
- Wang, Y.-M., Chin, K.-S., & Leung, J. P.-F. (2009). A note on the application of the data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection. *International Journal of Production Research*, 47(11), 3121–3138.
<https://doi.org/10.1080/00207540701805653>
- Warfield, J. N. (1976). *Societal systems, Planning, Policy and Complexity*. New York, New York: John Wiley and Sons.
- Weber, C. A., & Current, J. R. (1993). A multiobjective approach to vendor selection. *European Journal of Operational Research*, 68(2), 173–184.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90301-3](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90301-3)
- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50(1), 2–18.
[https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90033-R](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90033-R)
- Wee, H. M., & Simon, S. (2009). Lean supply chain and its effect on product cost and quality: A case study on Ford Motor Company. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(5), 335–341.
<https://doi.org/10.1108/13598540910980242>
- Wilhelm, W., Liang, D., Rao, B., Warriar, D., Zhu, X., & Bulusu, S. (2005). Design of international assembly systems and their supply chains under NAFTA. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(6

- SPEC. ISS.), 467–493. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2005.06.002>
- Wray, B., Palmer, A., & Bejou, D. (1994). Using neural network analysis to evaluate buyer-seller relationships. *European Journal of Marketing*, 28(10), 32–48.
- Wu, H. H., Chen, H. K., & Shieh, J. I. (2010). Evaluating performance criteria of Employment Service Outreach Program personnel by DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 5219–5223. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.068>
- Wu, W. W. (2008). Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 828–835. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.025>
- Xia, W., & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35(5), 494–504. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.09.002>
- Xuguang, T., Ke, M., Wei, G., & Tian, H. (2007). An application of ANP with benefits, opportunities, costs and risks in supplier selection: A case study in a diesel engine manufacturing firm. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2007* (pp. 1446–1451). <https://doi.org/10.1109/ICAL.2007.4338798>
- Yadav, V., & Sharma, M. K. (2015a). An application of hybrid data envelopment analytical hierarchy process approach for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(2), 218–242. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2014-0041>
- Yadav, V., & Sharma, M. K. (2015b). *Application of alternative multi-criteria decision making approaches to supplier selection process. Intelligent Systems Reference Library* (Vol. 87). https://doi.org/10.1007/978-3-319-17906-3_27
- Yadav, Vinod, & Kumar Sharma, M. (2017). An application of hybrid data envelopment analytical hierarchy process approach for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(2), 218–242. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1108/JEIM-04-2014-0041>
- Yuan, S., Liu, X., Tu, Y., & Xue, D. (2008). Evaluating supplier performance using

DEA and piecewise triangular fuzzy AHP. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 8(3), 0310041–0310047.

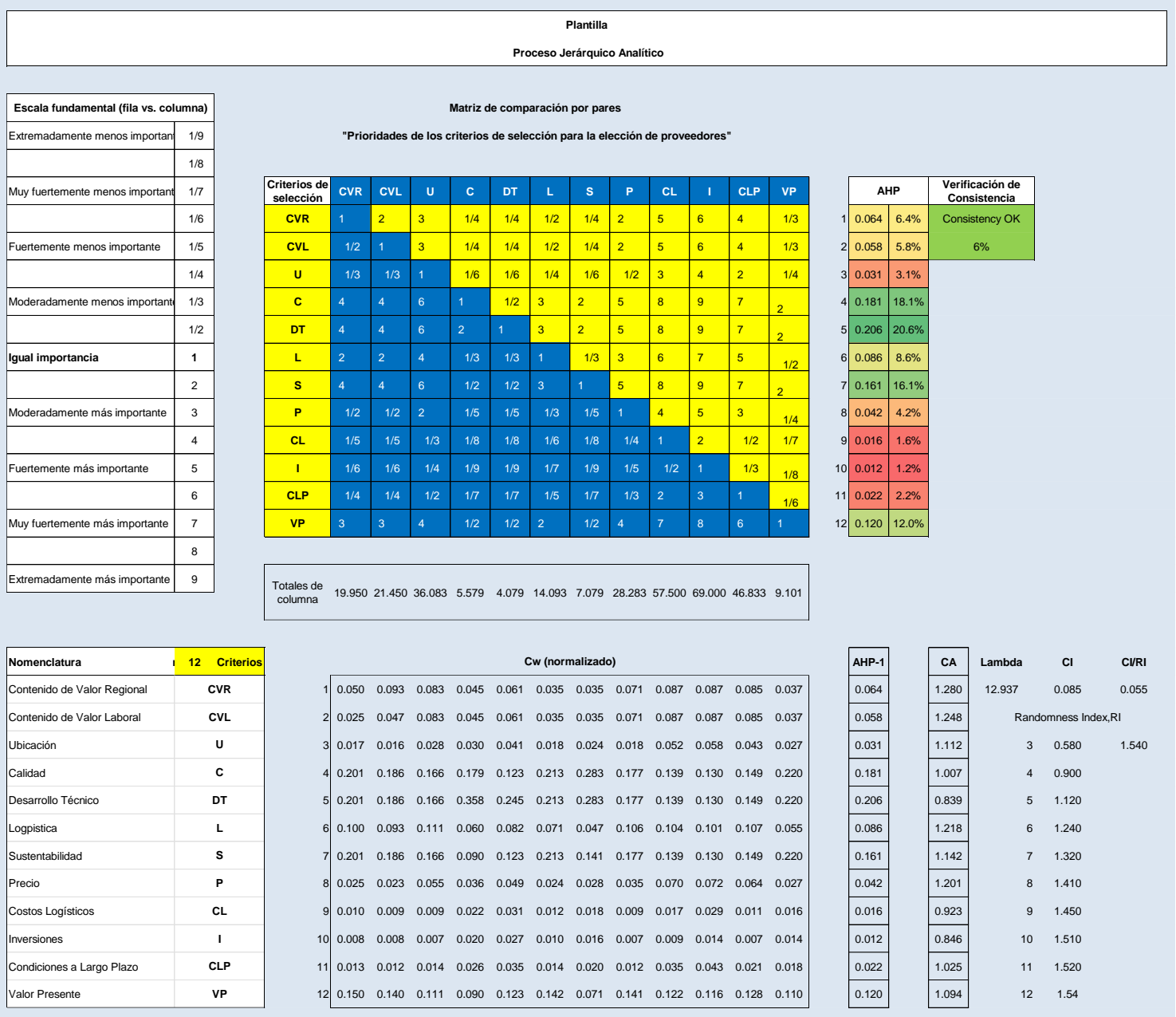
<https://doi.org/10.1115/1.2956997>

Yücel, A., & Güneri, A. F. (2011). A weighted additive fuzzy programming approach for multi-criteria supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 6281–6286.

Zimmer, K., Fröhling, M., & Schultmann, F. (2016). Sustainable supplier management - A review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development. *International Journal of Production Research*, 54(5), 1412–1442. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1079340>

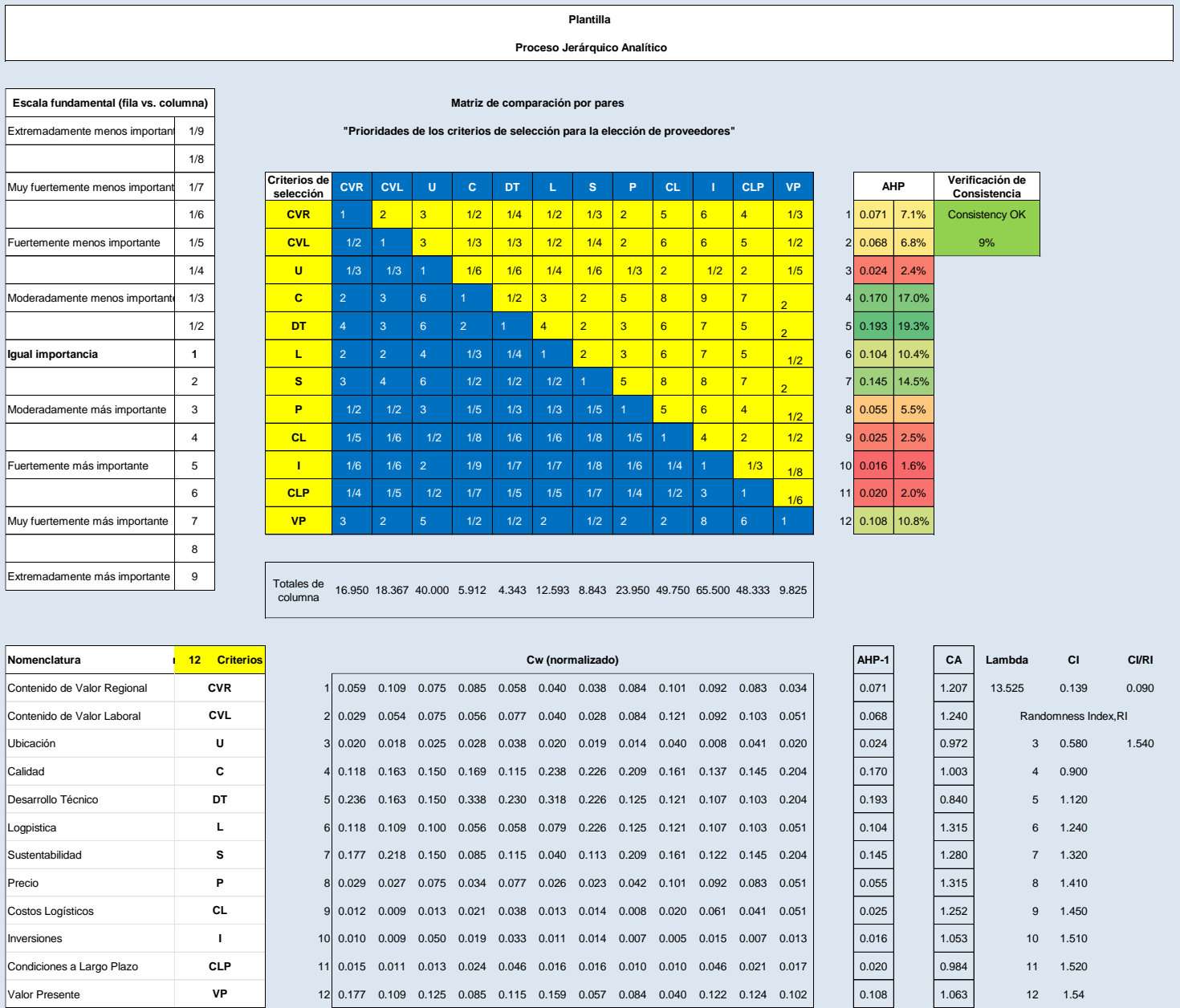
Zimmer, Konrad, Fröhling, M., & Schultmann, F. (2015). Sustainable supplier management – a review of models supporting sustainable supplier selection , monitoring and development, 7543(October).
<https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1079340>

Figura A1.3. Preferencias de criterios gerente C.



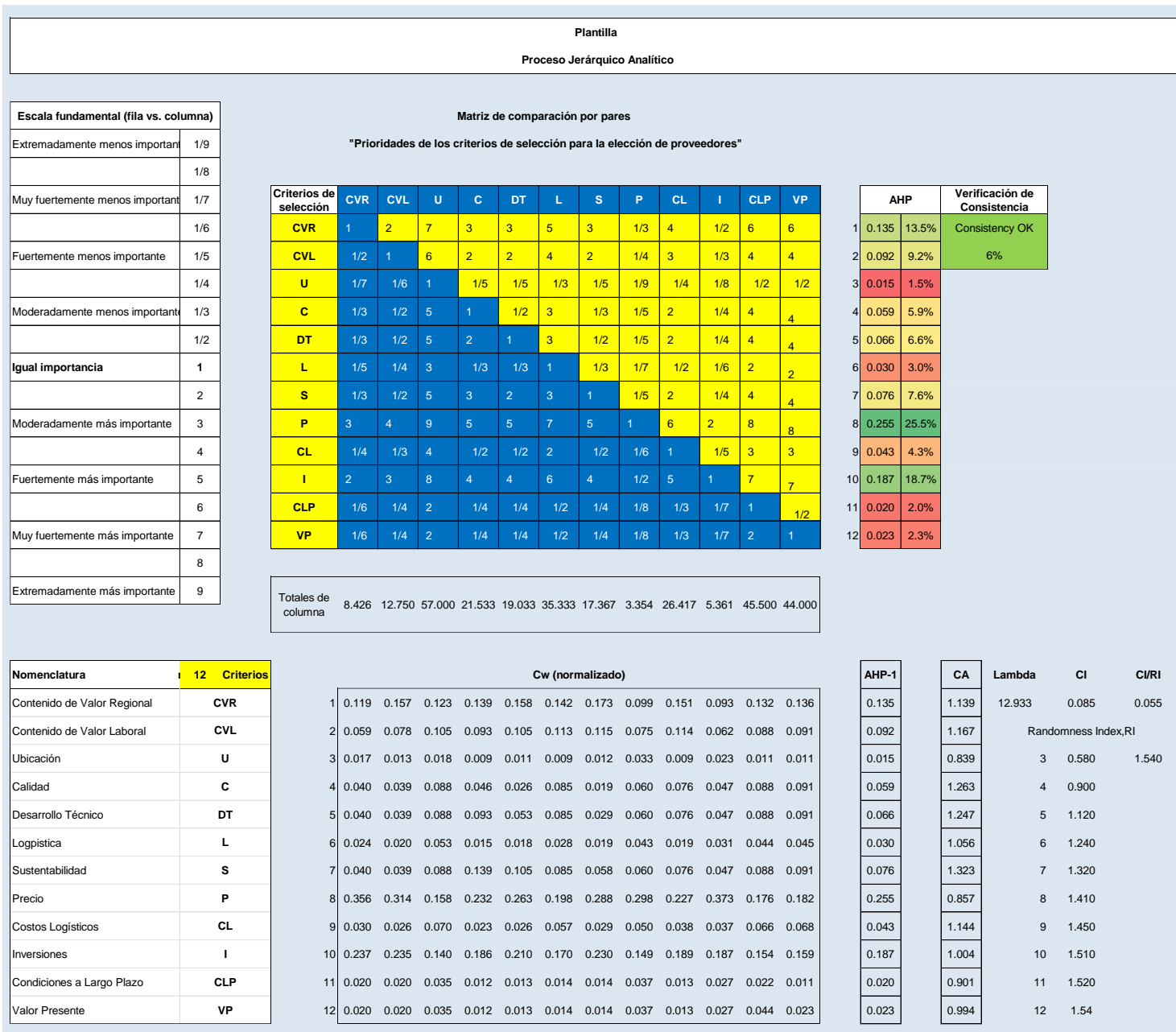
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A1.4. Preferencias de criterios gerente D.



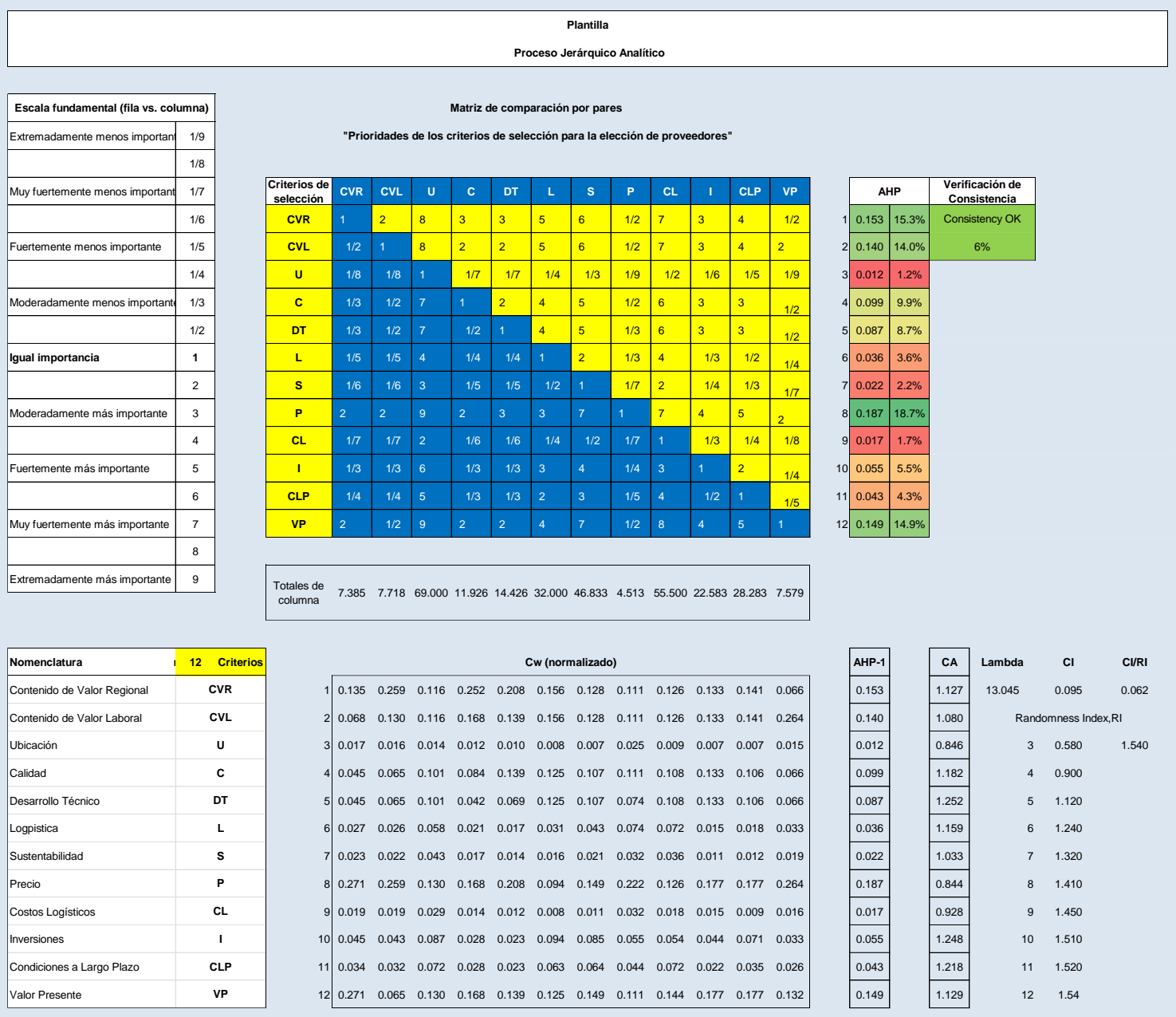
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A1.5. Preferencias de criterios gerente E.



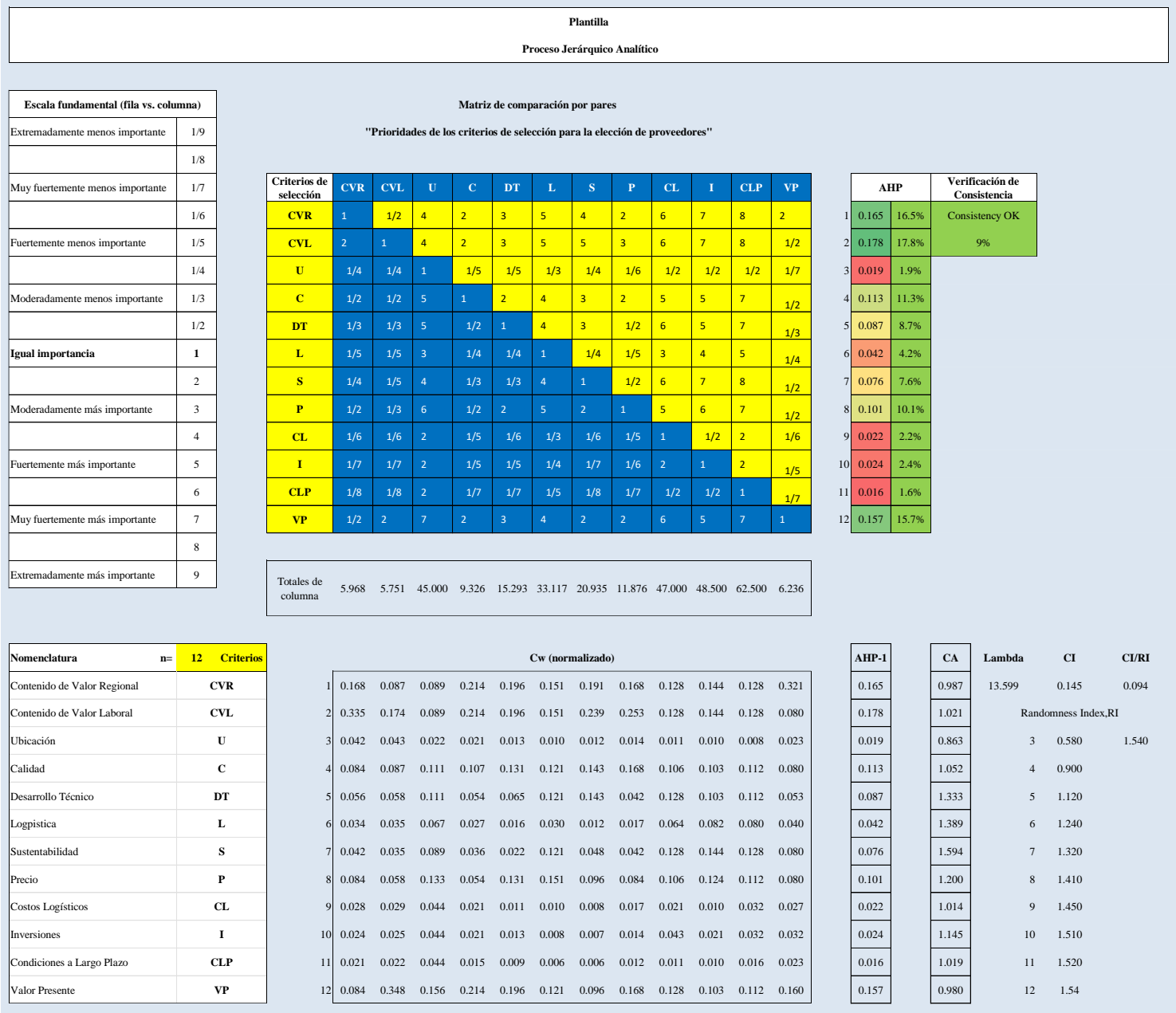
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A1.6. Preferencias de criterios gerente F.



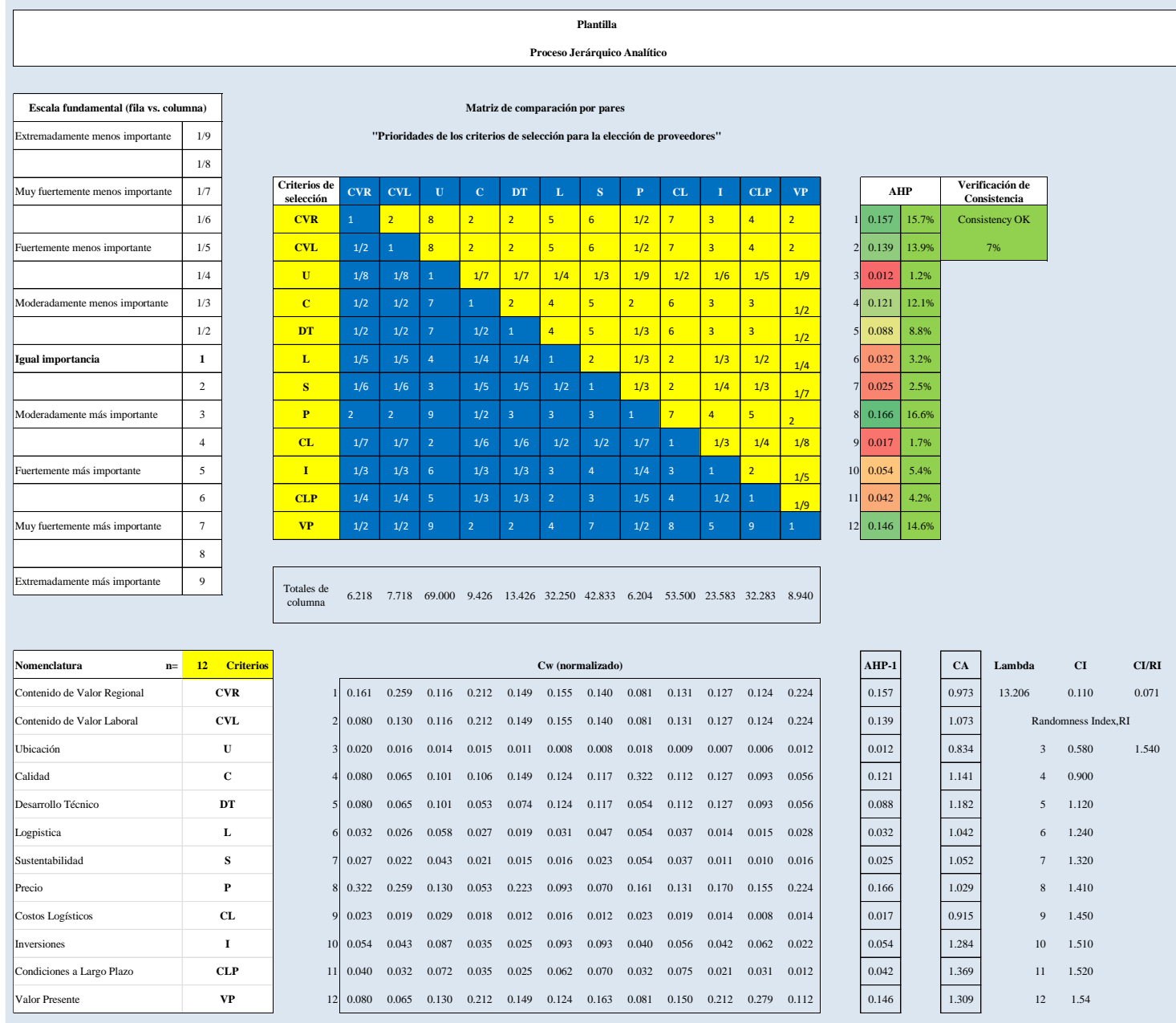
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A1.7. Preferencias de criterios gerente G.



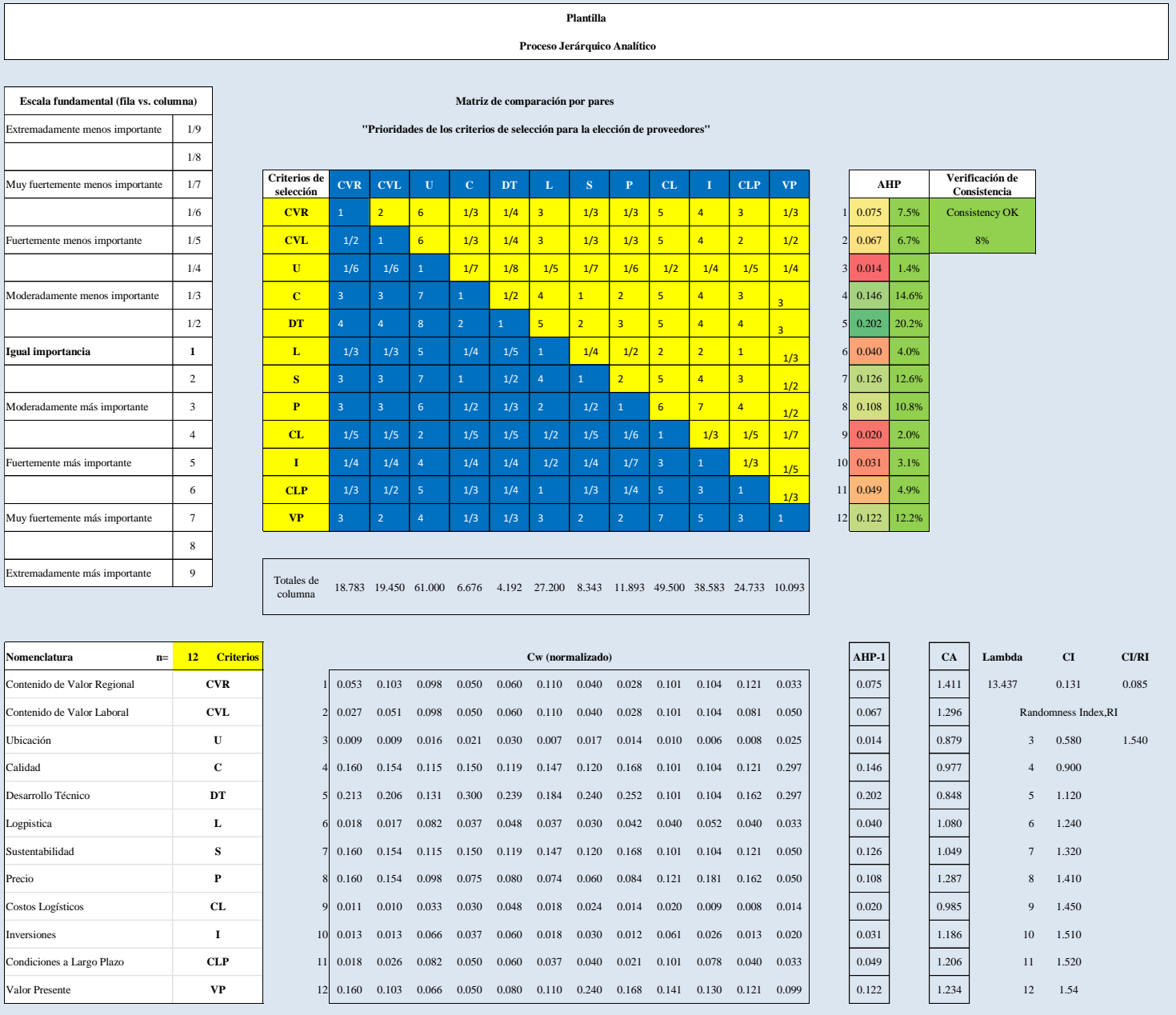
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A1.8. Preferencias de criterios gerente H.



Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A1.9. Preferencias de criterios gerente I.

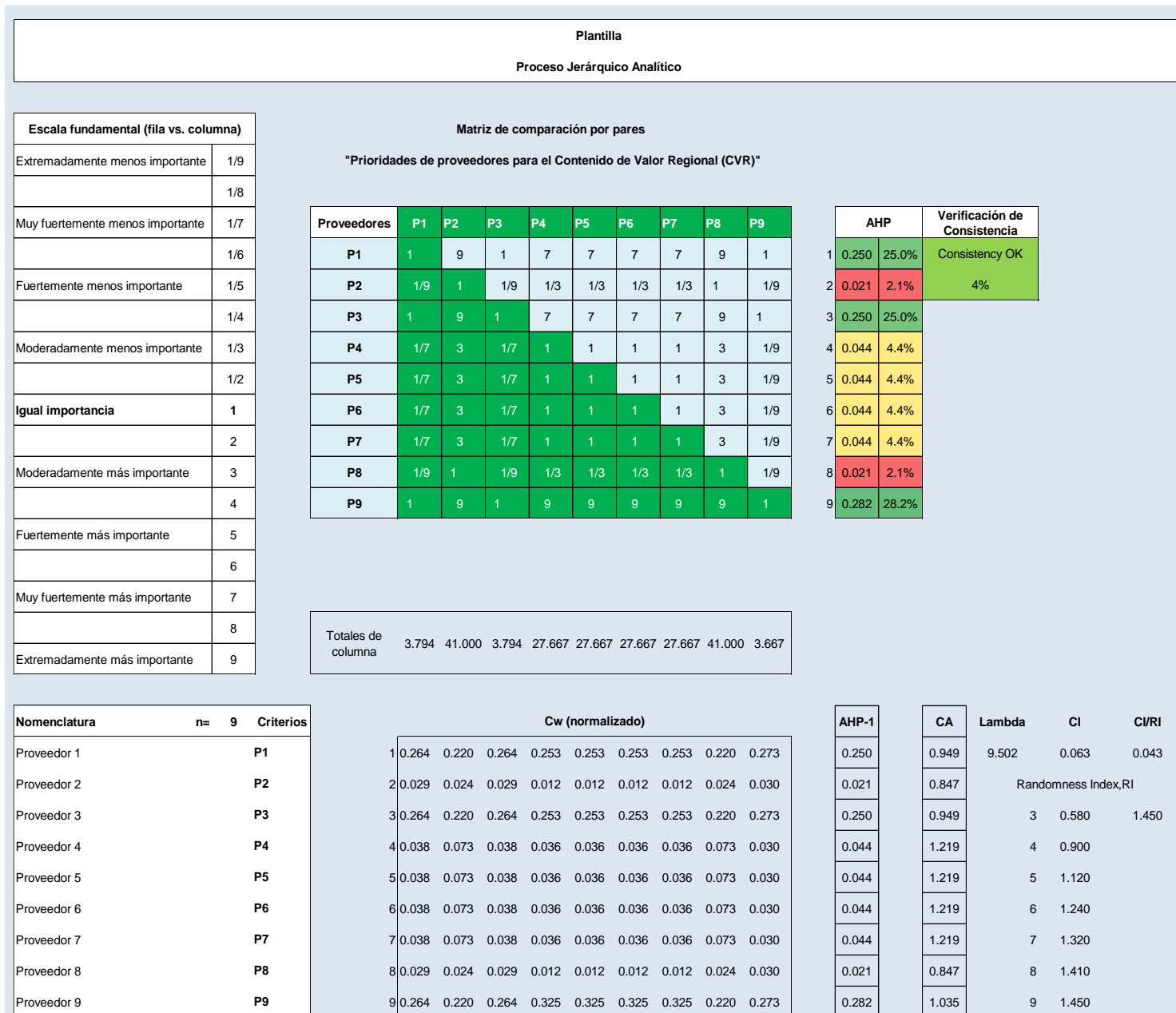


Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

ANEXO 2

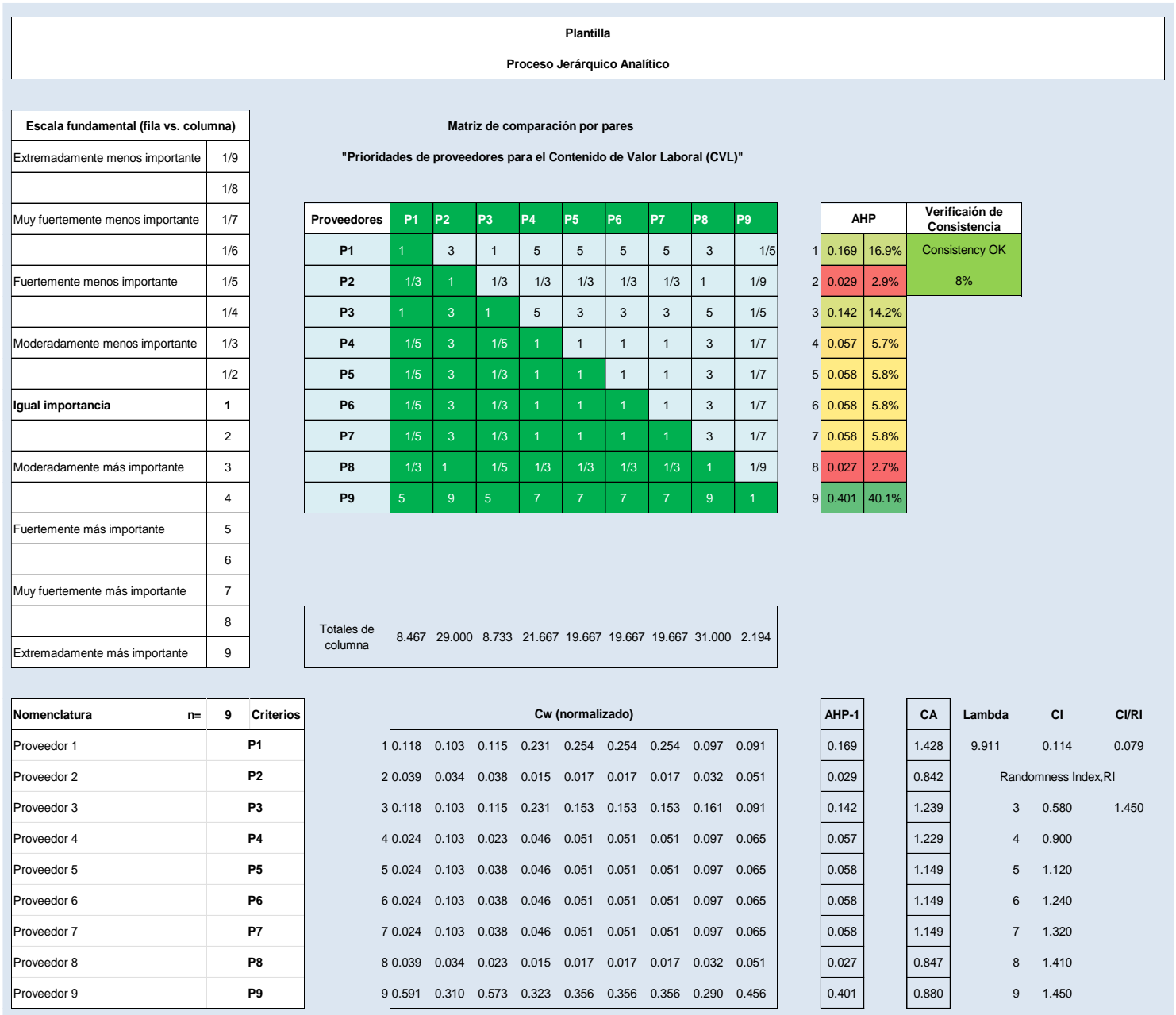
Matrices AHP de las prioridades para la elección de los proveedores con relación a cada uno de los criterios de selección.

Figura A2.1. Preferencias de proveedores “Contenido de Valor Regional” (CVR)



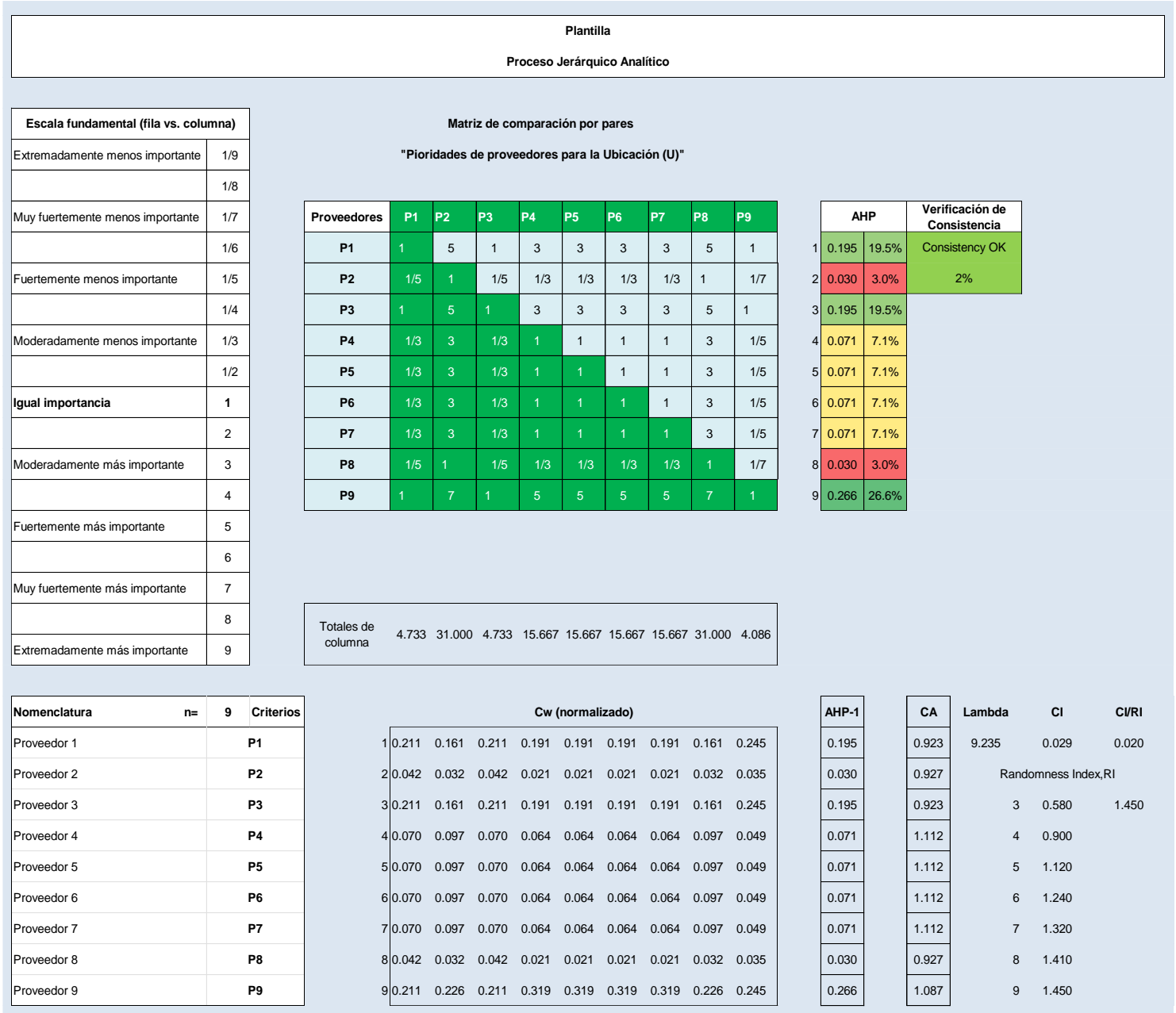
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.2. Preferencias de proveedores “Contenido de Valor Laboral” (CVL)



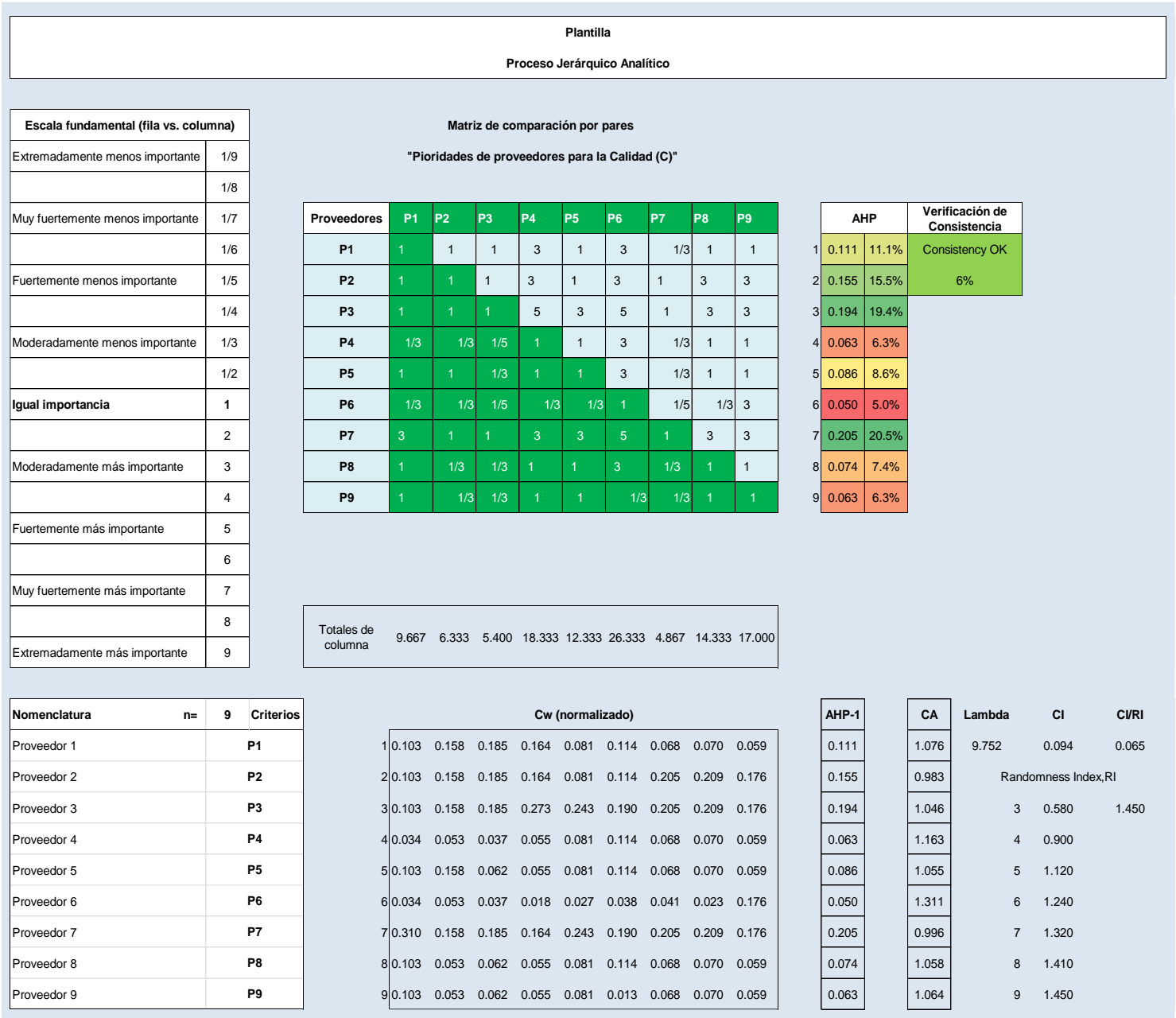
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.3. Preferencias de proveedores “Ubicación” (U)



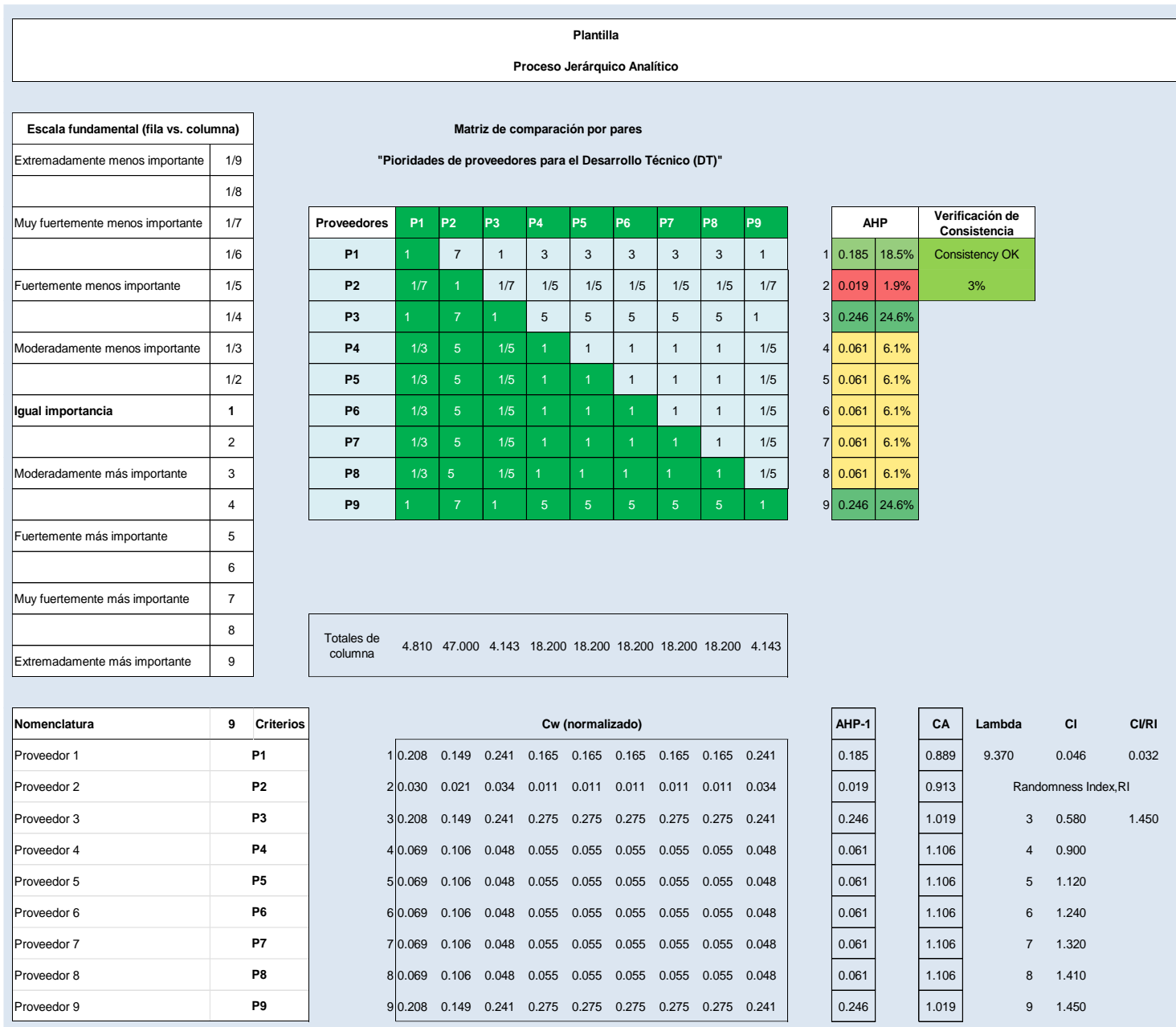
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.4. Preferencias de proveedores “Calidad” (C)



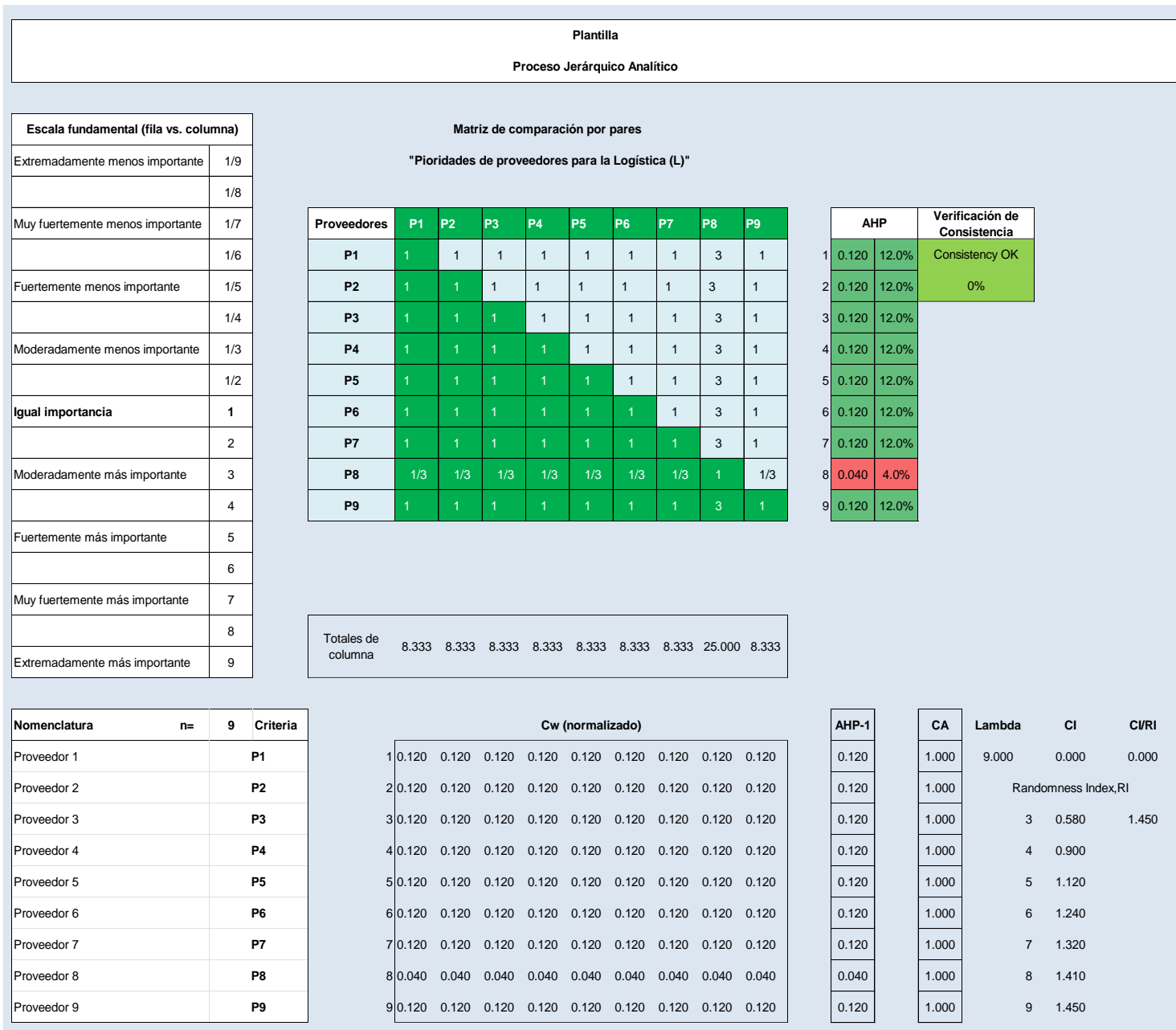
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.5. Preferencias de proveedores “Desarrollo Técnico” (DT)



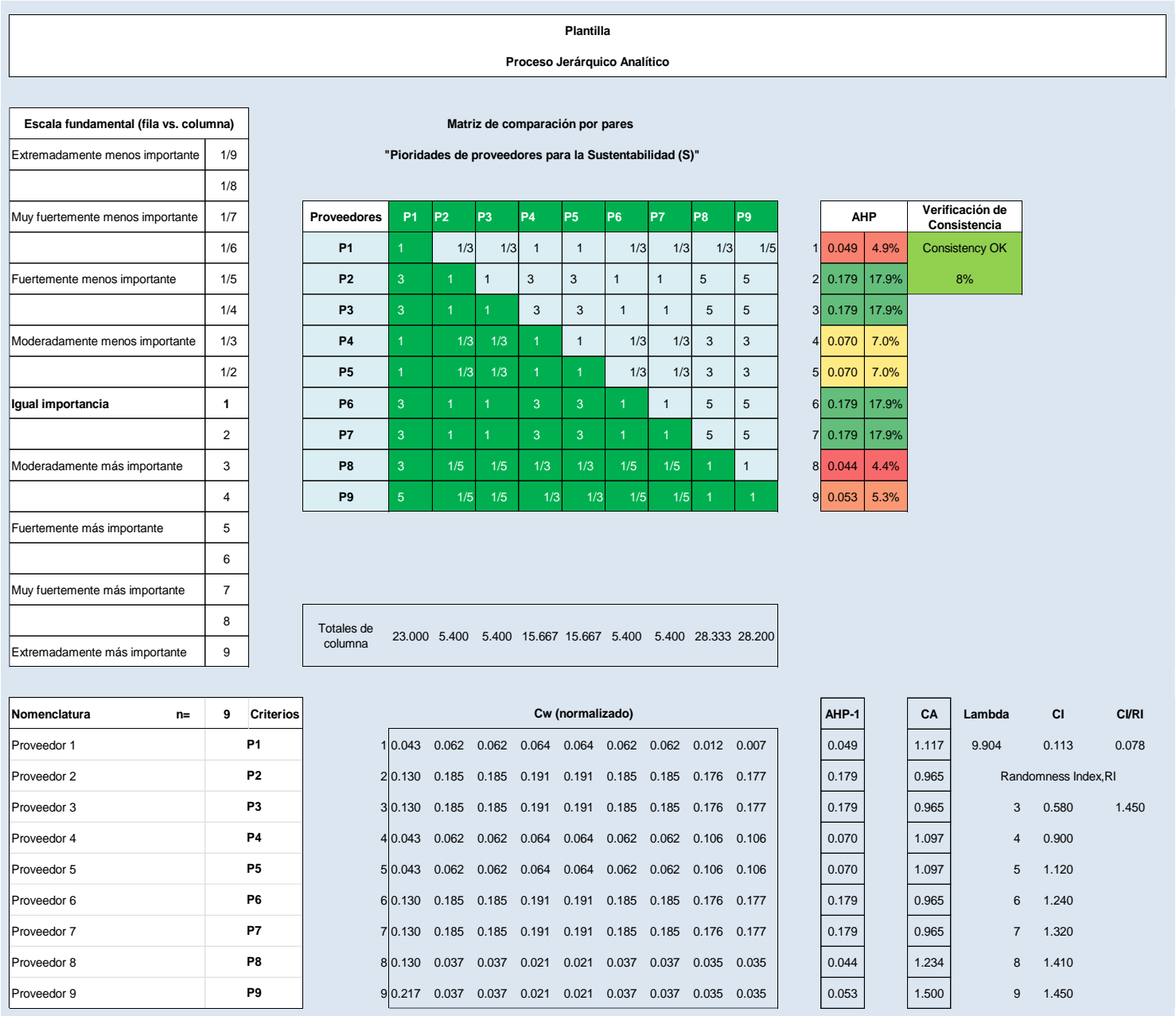
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.6. Preferencias de proveedores “Logística” (L)



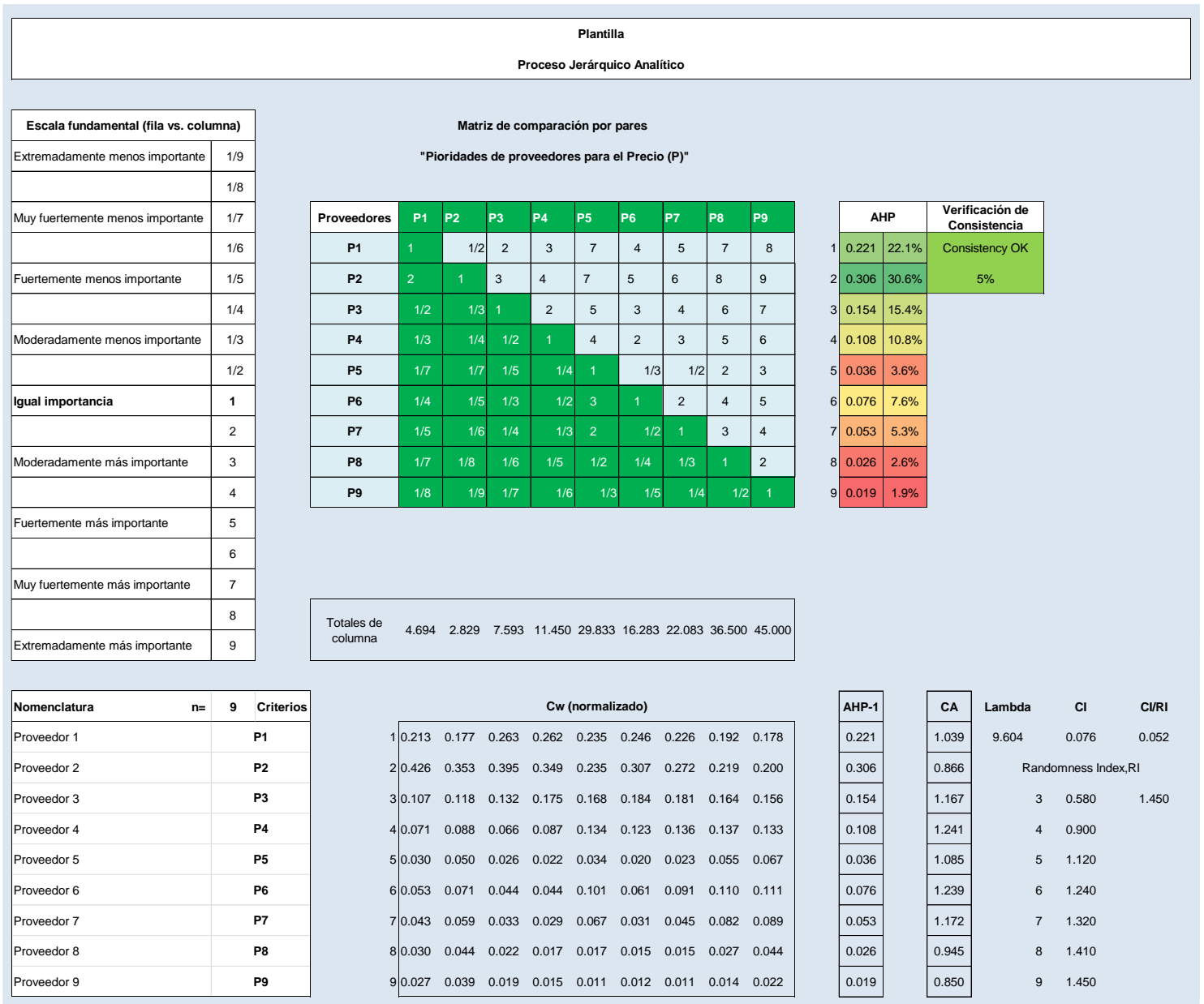
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.7. Preferencias de proveedores “Sustentabilidad” (S)



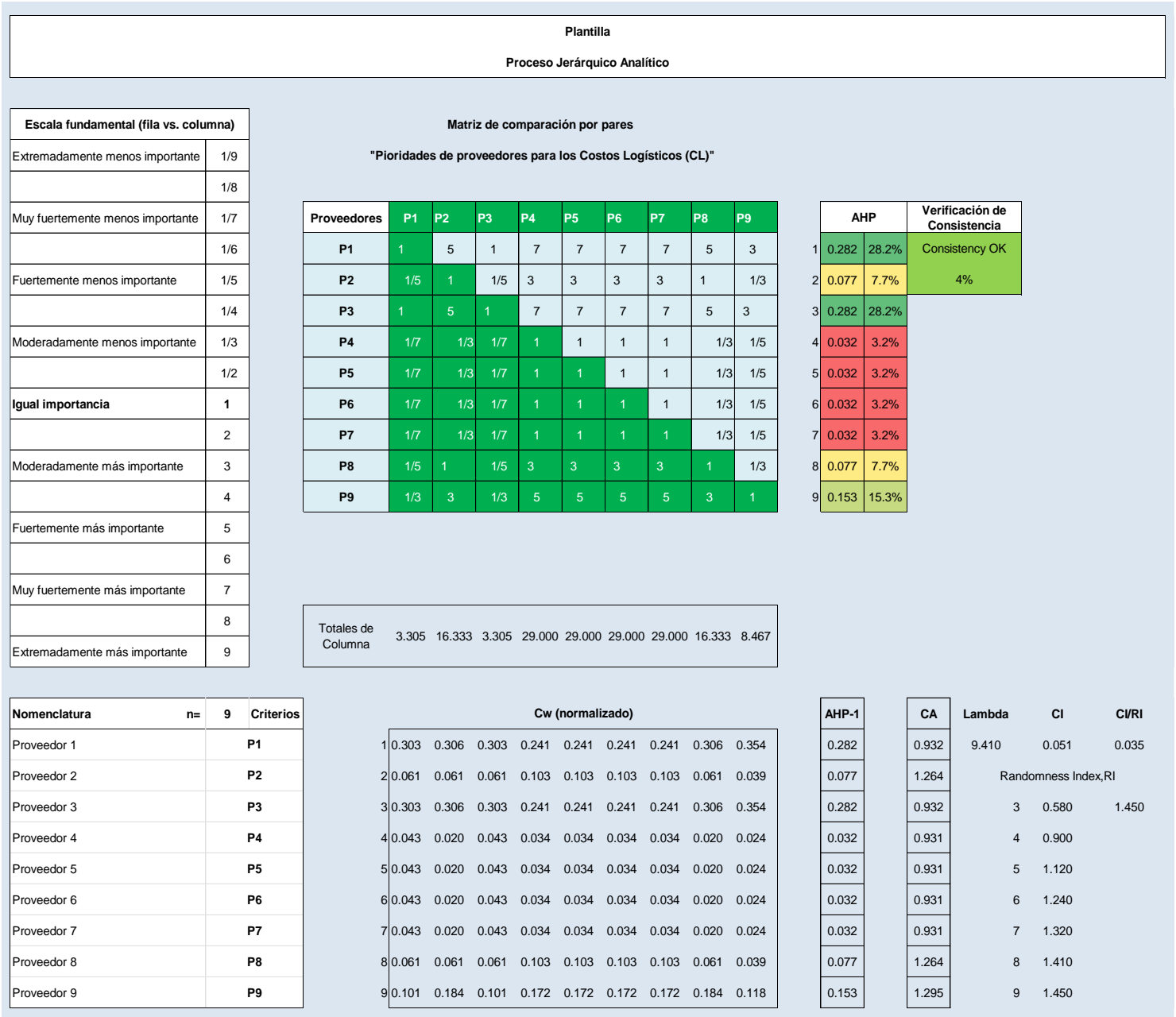
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.8. Preferencias de proveedores “Precio” (P)



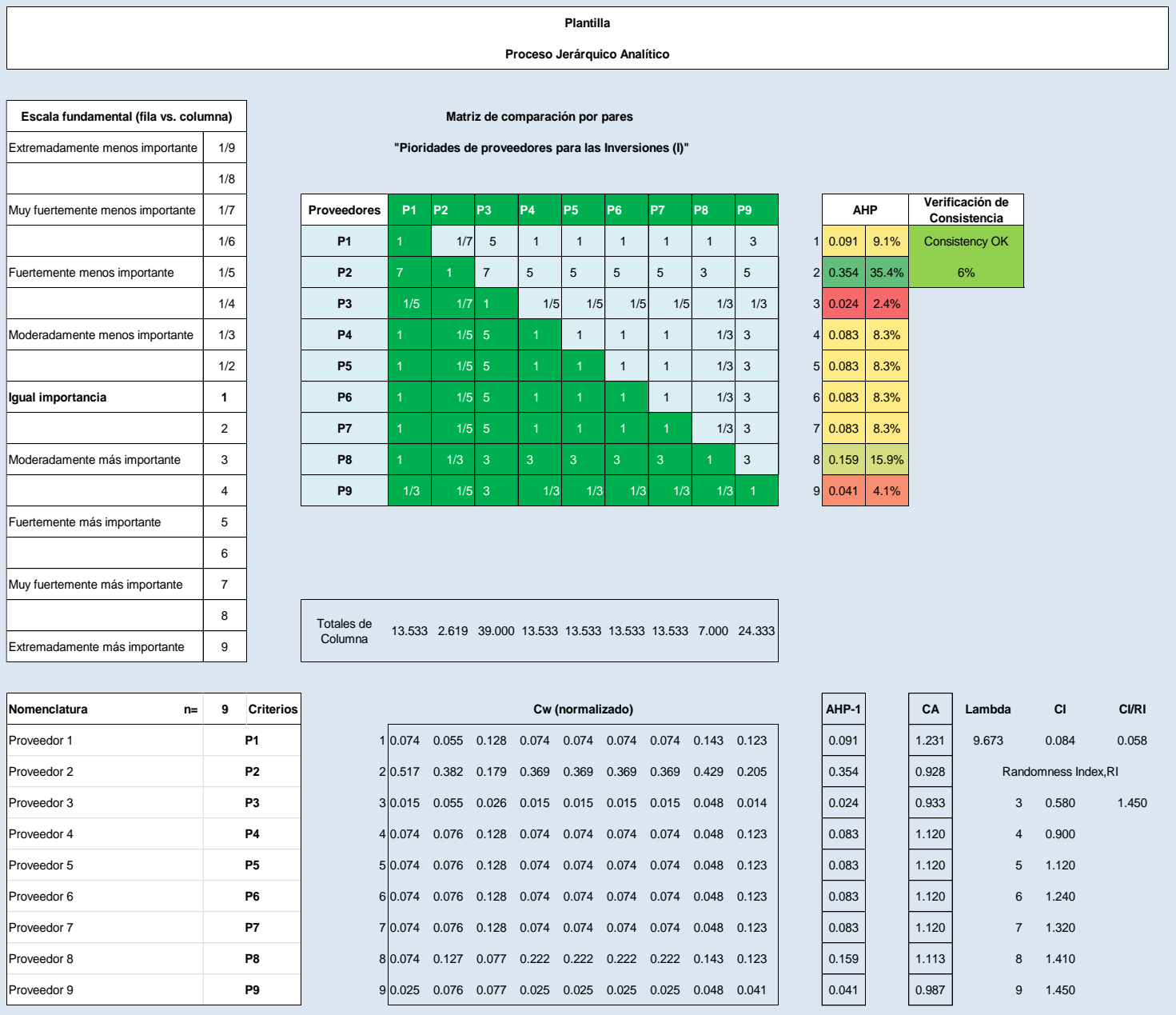
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.9. Preferencias de proveedores “Costos Logísticos” (CL)



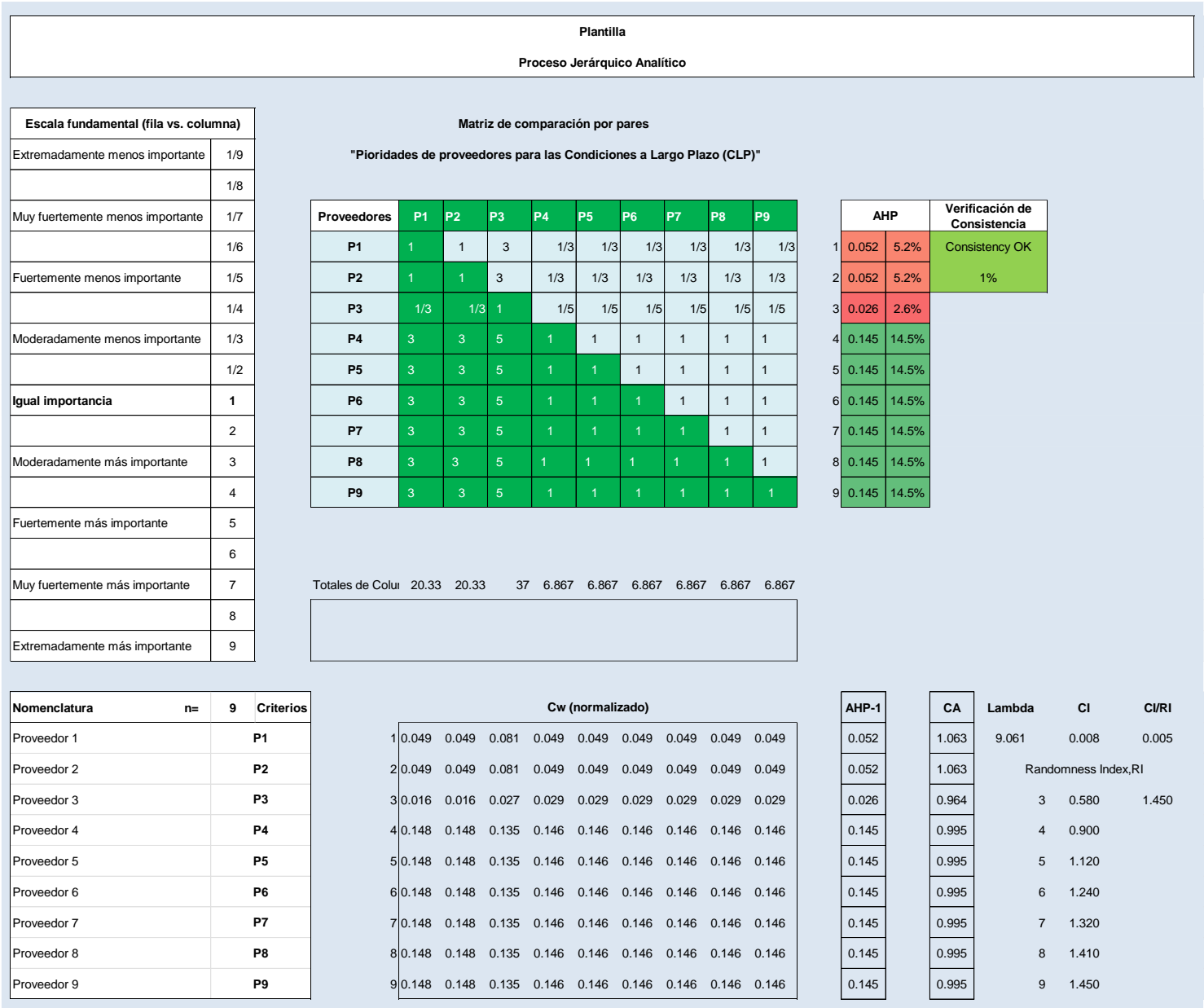
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.10. Preferencias de proveedores “Inversiones” (I)



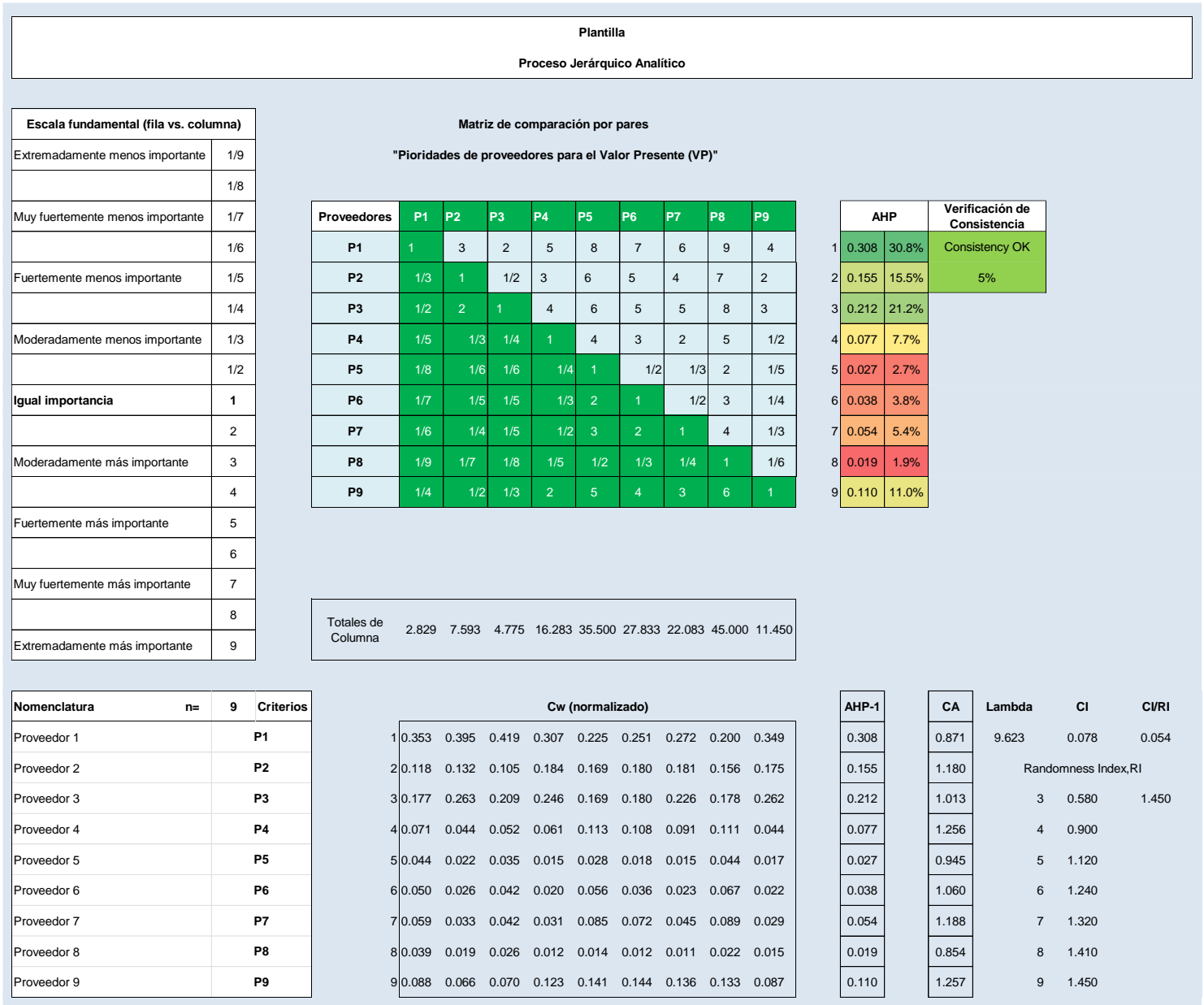
Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.11. Preferencias de proveedores “Condiciones a Largo Plazo” (CLP)



Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

Figura A2.12. Preferencias de proveedores “Valor Presente” (VP)



Fuente: Elaboración propia en Excel a partir de datos de la empresa, 2022.

