

**METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE UN VEHÍCULO PARA UN
COLOMBIANO UTILIZANDO TRES TÉCNICAS DE DECISIÓN
MULTICRITERIO DISCRETA**

**JOHN JAIRO RODRÍGUEZ CASTRO
MARIO HENDRIE SILVA LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ, D.C.
2016**

**METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE UN VEHÍCULO PARA UN
COLOMBIANO UTILIZANDO TRES TÉCNICAS DE DECISIÓN
MULTICRITERIO DISCRETA**

**JOHN JAIRO RODRIGUEZ CASTRO
MARIO HENDRIE SILVA LOPEZ**

JORGE IVÁN ROMERO GELVEZ
Director

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ, D.C.
2016**

DEDICATORIA

John Jairo Rodríguez Castro

A mis padres que por ellos soy lo que soy, por el apoyo constante, la motivación incomparable por los proyectos que hare ahora y en el futuro y por inculcarme la importancia de estudiar.

Mario Hendrie Silva López

A mi esposa, mis hijos y a mis padres que son el motor que impulsa mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por darnos la fortaleza y las ganas de seguir adelante para culminar esta etapa académica.

A nuestro Director de proyecto de graduación, Jorge Iván Romero Gelvez.

Por su guía, comprensión, dedicación, entrega, valor y consejos para que esta investigación se llevara a cabo.

A la empresa Chevrolet.

Por el acceso a la información, la cual fue la mayor motivación para desarrollar esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	16
1.4 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	17
1.4.1 SPARK (M200)	17
1.4.2 SPARK GT.....	18
1.4.3 AVEOFAMILY	19
1.4.4 SAIL	20
2. SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS DE DECISIÓN	21
2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS.....	22
2.1.1 PRECIO	22
2.1.2 CILINDRAJE	23
2.1.3 CAPACIDAD DE CARGA.....	23
2.1.4 CONSUMO	23
2.1.5 DISEÑO	23
2.1.6 ESTABILIDAD.....	24
2.1.7 CAPACIDAD DE TANQUE	24
2.1.8 LUJOS Y ACCESORIOS	24
3. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS.....	25
3.1 MODELO SCORING	25
PASO 1	26
PASO 2	26
PASO 3. CÁLCULO DE LA PRIORIDAD GLOBAL MEDIANTE EL MODELO DE PODENRACION LINEAL (SCORING) EN EL CONJUNTO DE ALTERNATIVAS	27
4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO, DETERMINACIÓN DE LOS PESOS DE LOS CRITERIOS.....	28
4.1 PROCEDIMIENTO DE CADA MODELO.....	30
4.1.1 MÉTODO ENTROPÍA.....	30
PASO 1	30

PASO 2	30
PASO 3	31
PASO 4	31
4.1.2 MÉTODO DE ORDENACIÓN SIMPLE	31
4.1.3 MÉTODO DE TASACIÓN SIMPLE	32
4.1.4 MÉTODO EIGENPESOS	33
PASO 1	33
PASO 2	34
PASO 3	35
PASO 4	36
PASO 5	36
PASO 6	37
4.1.5 MÉTODO PATTERN.....	38
5. APLICACIÓN DE LAS TRES TÉCNICAS DE DECISIÓN	39
5.1 PRES.....	39
PASO 1	39
PASO 2	40
PASO 3	42
PASO 4	42
5.2 AHP.....	44
PASO 1	44
PASO 2	46
PASO 3	47
PASO 4	48
PASO 6	57
5.2 VIKOR	58
PASO 1	58
PASO 2	59
PASO 3	61
PASO 4	62
CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Planes financiación de acuerdo a cada financiera.....	15
Tabla 2. Matriz de decisión versión 1.....	24
Tabla 3 Matriz de decisión versión 2.....	25
Tabla 4. Escala de Ponderación según el modelo SCORING.....	25
Tabla 5. Modelo Scoring de acuerdo a los criterios elegidos en la investigación.....	26
Tabla 6. Valoración de las Alternativas.....	26
Tabla 7. Calculo de Prioridad Global Mediante Modelo Scoring.....	27
Tabla 8. Cuadro comparativo de los modelos para asignación de pesos.....	28
Tabla 9. Pesos a través de los diferentes modelos, según los criterios elegidos en la investigación.....	29
Tabla 10. Tabla normalizada, método entropía.....	30
Tabla 11. Método Entropía, Resultado al aplicar la multiplicación de cada criterio por el logaritmo del mismo.....	30
Tabla 12. Pesos (W_j) del modelo Entropía.....	31
Tabla 13. Método Ordenación simple, según criterios elegidos para la investigación.....	32
Tabla 14. Método Tasación simple, según criterios elegidos para la investigación.....	32
Tabla 15. Escala de importancia según el método Eingenpesos.....	33
Tabla 16. Comparación de criterio contra criterio, método Eingenpesos.....	34
Tabla 17. Normalización de la comparación de Criterios VS Criterio.....	35
Tabla 18. Autovector dominante y pesos (W_j) del modelo EIGENPESOS.....	36
Tabla 19. Coeficiente de Inconsistencia Aleatorio.....	37
Tabla 20. Escala de ponderación Método Pattern.....	38
Tabla 21. Método Pattern, según los criterios elegidos para la investigación.....	38
Tabla 22. Método PRESS, Matriz de decisión.....	39
Tabla 23. Método PRESS, Matriz normalizada.....	40
Tabla 24. Método PRESS, Comparación Criterio contra Criterio.....	41
Tabla 25. Tabla de convención de alternativas Método PRES.....	41
Tabla 26. Método PRESS, suma de las comparaciones.....	42
Tabla 27. Método PRESS, Tabla de DI, di y li, 1.....	42
Tabla 28. Método PRESS, Tabla de DI, di y li,.....	43
Tabla 29. Método AHP, comparación de los criterios.....	46
Tabla 30. Método AHP, normalización por la suma, cálculo del coeficiente y Ratio de inconsistencia.....	47
Tabla 31. Método AHP, Matriz de Juicio precio.....	49
Tabla 32. Método AHP, Matriz de Juicio Cilindraje.....	50
Tabla 33. Método AHP, Matriz de Juicio capacidad de carga.....	51
Tabla 34. Método AHP, Matriz de Juicio Consumo.....	52
Tabla 35. Método AHP, Matriz de Juicio diseño.....	53
Tabla 36. Método AHP, Matriz de Juicio Estabilidad.....	54
Tabla 37. Método AHP, Matriz de Juicio Lujos y Accesorios.....	55
Tabla 38. Método AHP, Matriz de Juicio Capacidad de Tanque.....	56
Tabla 39. Método AHP, Prioridad Global.....	57
Tabla 40. Víkor, Matriz de Decisión con Máximos y Mínimos.....	58
Tabla 41. VIKOR, matriz de decisión, al aplicar la fórmula 8.....	60

Tabla 42. Vikor, S, R y Q 1.....	61
Tabla 43. VIKOR, S, R y Q, con método de asignación de pesos Entropía.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Grafico 1 Portafolio de vehículos CHEVROLET.....	16
Grafico 2. SPARK (M200).....	17
Grafico 3. SPARK GT.....	18
Grafico 4. AVEO FAMILY.....	19
Grafico 5. SAIL.....	20
Grafico 6 Modelos de asignación de pesos, según los criterios elegidos en la investigación.....	29
Grafico 7. Índice PRESS (Li) Método Pres con Entropía.....	43
Grafico 8 Índice PRESS (Li) Método Pres con Eigenpesos.....	43
Grafico 9. Jerarquización modelo AHP.....	45
Grafico 10. Prioridad global método AHP.....	57
Grafico 11. Líneas S, Q Y; según cada alternativa y modelo Entropía.....	63
Grafico 12. Líneas S, Q y R; según Modelo de asignación de pesos Eigenpesos.....	64

INTRODUCCIÓN

El análisis de decisiones multicriterio, es un término muy amplio que incluye una colección de conceptos, que ayudan a las personas y grupos a tomar decisiones que implican diferentes puntos de vista en conflicto.

En la vida corriente, como en las organizaciones, a menudo nos vemos enfrentados a difíciles decisiones debido a la necesidad de cubrir varios imperativos.

Esta investigación implementa una metodología para la selección de un vehículo, utilizando la marca Chevrolet y herramientas o modelos de decisión multicriterio.

Las personas que por primera vez van a adquirir un vehículo y no tienen suficiente conocimiento técnico se les hace difícil elegir un vehículo que se ajuste a sus preferencias y criterios. En la mayoría de las ocasiones se basan en características superficiales como color, precio y diseño, pero después de un tiempo ven que la elección no es la correcta.

Los consumidores se enfrentan a varios problemas como: alto consumo de combustible, el espacio no es el indicado para su condición particular, no se le pueden agregar más accesorios, es estable en condiciones específicas, entre otros. Es por eso que esta investigación se empleara tres técnicas de decisión multicriterio los cuales son PRES, AHP y VIKOR, al problema de seleccionar un vehículo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología para selección de un vehículo utilizando tres técnicas de decisión multicriterio discretos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Indagar, analizar y proponer las alternativas y criterios que se van a tomar en cuenta para la decisión.
2. Buscar e Identificar los tipos de métodos, herramientas o modelo para cálculo de pesos y selección de alternativas más adecuados para esta decisión.
3. Diseñar una metodología para seleccionar el vehículo más adecuado para un colombiano.
4. Aplicar la metodología modular de tres métodos de selección de alternativas para comparar los resultados y tomar la decisión más adecuada.
5. Determinar cuál es la mejor alternativa, mediante un análisis de los resultados obtenidos a partir de los tres métodos aplicados.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día es muy fácil que un colombiano adquiera un carro debido a que hay muchas alternativas de financiación y muchas marcas en el mercado. Normalmente los colombianos se inclinan por el que tenga el precio más bajo, por el diseño más atractivo, por la marca, por el color, por el espacio entre otras cualidades.

Las anteriores son características básicas que se tienen en cuenta para adquirir un vehículo, aunque puede que después de un tiempo ya no le llame tanto la atención debido a que le dio preferencias a algunos aspectos más que otros.

Por otro lado es difícil para una persona que por primera vez va adquirir un vehículo se base solo en la información inicial (precio, diseño y color), ya que no tiene el suficiente conocimiento que le permita saber todas las características del vehículo y tomar la mejor decisión. Por lo tanto esta investigación propone abordar el problema mediante el análisis de decisiones discretas.

La marca que se trabajará para la decisión de la matriz multicriterio es Chevrolet

Según lo que dice ¹ hay diez opciones para comprar con facilidad un carro a crédito y según ² es una página en donde nos sirve para liquidar las cuotas del vehículo de acuerdo a precio, plazo de préstamo, ingresos mensuales y ubicación.

¹ <http://www.carroya.com/noticias/financiacion/10-claves-para-comprar-con-toda-facilidad-un-carro-credito-1435>

² <https://comparabien.com.co/creditos-vehiculos?gclid=Cj0KEQjwvuugBRDG95yR6tmfg9oBEiQAJE3RQE0IHZniEyDoTkJIXdFBPz-76iWNFp2fWbd8YUUDqx8aAmM58P8HAQ>

En la siguiente tabla se puede visualizar la facilidad para adquirir un vehículo por medio de diferentes opciones de financiación que se encuentran disponibles en el Estado Colombiano de fácil acceso a empleados con ingresos que no superen los dos millones de pesos:

Tabla 1 Planes financiación de acuerdo a cada financiera.

FINANCIERA	PLAN DE FINANCIACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PLAN
GMAC	Plan 50-50	Posibilidad de financiar la adquisición de un vehículo pagando el 50% de cuota inicial y el saldo restante en el mes 12.
	Cuotas extra	Permite la posibilidad de pagar cuotas extraordinarias semestrales durante el plazo del crédito, disminuyendo el monto de la cuota mensual.
	Días de gracia	Permite pagar la primera cuota del crédito con GMAC 60 días después de ocurrido el desembolso.
	Plan estándar	Posibilidad de adquirir un vehículo de uso particular o comercial para personas naturales o jurídicas.
BANCOLOMBIA	Crédito normal	Otorgamiento de crédito para la compra de vehículo nuevo o usado, de servicio público o particular, bajo las modalidades de crédito ordinario; donde el vehículo a financiar se constituye en la garantía. Hasta 72 meses de plazo.
	Crédito leasing	Alternativa de financiación que consiste en entregarle al cliente un vehículo nuevo o usado, de servicio público o particular en arrendamiento financiero, donde se pacta una opción de compra al inicio de contrato.
BANCO DE OCCIDENTE	Crédito normal	72 meses de pago, financiación hasta del 90% del valor total del vehículo y sin necesidad de codeudor. Rápida aprobación de desembolso, viabilidad de aprobación por celular.
MULTIBANCA COLPATRIA	Crédito normal	Tasa fija, cuota fija y plazo fijo durante la vigencia del crédito. Plazo desde 12 hasta 72 meses. Financiación hasta el 90% del valor de vehículo. Sujeto a las políticas de crédito y aprobación del Banco Colpatría Multibanca Colpatría S.A.
BANCO DE BOGOTÁ	Crédito tradicional	Financiación hasta del 100% para vehículos nuevos. Financiación hasta del 90% para vehículos usados hasta con 7 años de antigüedad. Plazo hasta de 72 meses según el tipo de vehículo.
	Leasing o arrendamiento financiero	Arrendamiento con opción de adquisición hasta del 20%. Opciones de compra al finalizar el plazo de acuerdo al valor pactado al inicio del contrato. Opción de solicitar prórroga para el pago de la opción de adquisición. Aplica para vehículos comerciales o particulares.
	Leasing de importación	El contrato incluye una etapa previa a la entrega en la que se desembolsan recursos a manera de anticipo para pago al proveedor y para cubrir gastos de nacionalización. Posibilidad de nacionalizar con régimen de importación temporal o importación definitiva.
	Periodo de gracia	Hasta 6 meses de gracia para pago de capital. Financiación hasta del 100% para vehículos nuevos. Plazo hasta de 72 meses.
	Planes alto y súper alto	Financiación hasta del 70% de tu vehículo. Paga tu cuota inicial y el saldo restante comienza a pagarlo en uno o dos pagos iguales anuales. Los intereses puedes pagarlos mensualmente o anualmente con el capital. Posibilidad de diferir el pago a 36 meses.
	Plan 30/70	Paga como mínimo el 30% del valor de tu vehículo y el monto restante en un solo pago a 18 o 24 meses. Los intereses podrás pagarlos mensualmente o en un solo pago con el capital.
	Plan cuotas fijas	Plan 20/20/20/20/20 – 48 meses: Paga como mínimo el 20% del valor de tu vehículo y el valor restante difiérelo en 4 pagos iguales cada año. Plan 25/25/25/25 – 36 meses: Paga como mínimo el 25% del valor de tu vehículo y el valor restante difiérelo en tres pagos iguales anuales.

A continuación se relaciona el portafolio de vehículos Chevrolet disponibles para el mercado colombiano:

Grafico 1 Portafolio de vehículos CHEVROLET.

Carros	Camionetas	Vanes	Buses	Camiones	Taxis	Todos
 <i>Spark Life</i> Desde: \$ 20.990.000*	 <i>Spark GT</i> Desde: \$ 28.990.000*	 <i>Spark GTRS</i> Desde: \$ 30.190.000*	 <i>Sonic Hatchback RS</i> Desde: \$ 48.890.000*	 <i>Sail Sedan</i> Desde: \$ 27.990.000*	 <i>Sail Hatchback</i> Desde: \$ 33.850.000*	
 <i>Sail Sport</i> Desde: \$ 34.990.000*	 <i>Cobalt</i> Desde: \$ 41.570.000*	 <i>Sonic Sedán</i> Desde: \$ 45.890.000*	 <i>Sonic Hatchback</i> Desde: \$ 43.990.000*	 <i>Cruze Sedan</i> Desde: \$ 54.140.000*	 <i>Camaro SS</i> Desde: \$ 152.990.000*	
 <i>Camaro ZLI</i> Desde: \$ 209.230.000*						

Nota: Los precios de los vehículos que se manejarán para esta investigación son de Junio de 2015

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el carro más adecuado para un colombiano con ingresos de \$1.500.000 a \$2.000.000 COP incluyendo múltiples criterios en conflicto?

1.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se realizó un análisis de las diferentes alternativas de vehículos que tiene la marca Chevrolet y de acuerdo a un promedio que se plasmó por cada estilo de vehículo estimando el ingreso planteado para un colombiano, se identificaron las siguientes alternativas:

1. Spark
2. Spark GT
3. Aveo family
4. Sail LS

1.4 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

1.4.1 SPARK (M200)

Grafico 2. SPARK (M200)



PRECIO DESDE: \$ 20.890.000

Diseño simple que radica su fuerza en la practicidad de su manejo, suspensión que brinda excelente agarre y tracción, transmisión de 5 velocidades de intervalos cortos otorgando gran respuesta en la topografía colombiana, tiene un motor sobresaliente para el uso ciudadano con excelente torque. Tamaño ideal para desplazarse fácilmente en la ciudad. Es un vehículo versátil que parece pequeño en su exterior pero es amplio en su interior. Tiene cinco puertas, compacto, bastante atractivo por su diseño juvenil. Es un vehículo estilizado tanto en el exterior como en el interior. Sus asientos son ajustables manualmente, el espacio interior es para cinco personas, donde se puede viajar bastante cómodo. El timón ajusta su altura, posee aire acondicionado manual, radio con mp3 y auxiliar para el ipod. Viene equipado con un motor 1.0 litros de 4 cilindros con una potencia de 65 caballos y 9,12 Nm de torque. La tracción delantera le da mayor estabilidad y seguridad al manejar. Tiene un consumo bastante bajo gracias al cilindraje del motor lo que ayuda mucho al bolsillo del colombiano promedio teniendo en cuenta el alto costo del combustible hoy en día. Viene con rines de 13 pulgadas en acero El sistema de

frenos es de disco y campana hidráulicos que permiten seguridad en el momento de frenar.

El volumen de carga no es muy grande por lo que se puede tener inconvenientes cuando se tiene bastante equipaje. Igualmente que su consumo, es un vehículo económico; está entre los vehículos de más bajo precio que se pueden conseguir en el mercado.

1.4.2 SPARK GT

Grafico 3. SPARK GT



PRECIO DESDE: \$ 28.990.000

Es un vehículo diseñado para la ciudad, es un carro compacto que se mueve muy bien en los espacios urbanos. Viene equipado con un motor 1.2 litros de 4 cilindros con una potencia de 80.5 caballos y 10.91 Nm de torque. Posee en su interior airbag frontal para el conductor que le da mayor seguridad a la hora de tener algún impacto. Tiene un diseño divertido, juvenil, es estable, sólido y confiable. Sus farolas frontales elípticas le otorgan un diseño más audaz y atrevido. Viene equipado con un tercer stop con luces led que le dan mayor visibilidad al vehículo en los momentos de frenada. Las versiones con mayores accesorios vienen con espejos retrovisores con antiempañante y luces direccionales. Es un vehículo que no pasa desapercibido por las calles, guardabarros ajustado y llantas anchas para este el tipo de auto le dan sensación de robustez y un desempeño aerodinámico. Las manijas traseras vienen ocultas lo que da la sensación de tener un vehículo 3 puertas con la

ventaja de 5. El tablero viene con iluminación ice blue que da la sensación de estar en un carro deportivo al interior del mismo y permite que el conductor no se canse a la hora de manejar. Aire acondicionado manual y adicionalmente con dispositivos que permiten ahorrar energía a la batería. Tiene adicionalmente dirección hidráulica para facilidad en el manejo. Viene equipado con una transmisión de 5 velocidades propicias para el territorio colombiano. También posee rines de aluminio de 14 pulgadas que ayudan para la estabilidad del vehículo.

1.4.3 AVEOFAMILY

Grafico 4. AVEO FAMILY



PRECIO DESDE: \$ 23.990.000

Es un vehículo familiar de gran espacio en su baúl y en su interior. Viene equipado con un motor 1.5 litros de fácil mecánica y apropiada respuesta a las exigencias locales con una potencia de 83 caballos y 12.87 Nm de torque. Viene con una transmisión de cinco velocidades con respuesta dinámica y suave. Tiene un diseño dinámico y elegante, aunque es un vehículo familiar permite tener un vehículo bastante atractivo y bonito. Se mantiene el mismo color de los parachoques a la carrocería lo que le brinda un poco más de elegancia a este vehículo. Las llantas son en acero de 14 pulgadas con tapacubos que le dan mayor sofisticación a la apariencia del carro. Tiene opción de venir con aire acondicionado manual, viene con dirección hidráulica que da confort en el manejo. Viene con apertura interna de la tapa baúl y del tanque de combustible. La tracción es delantera lo que le da mayor estabilidad al conducir. Al igual que el spark el sistema de frenos es de disco y campana;

pero esta vez el disco es ventilado lo que ayuda al enfriamiento de esta parte y permite mayor eficiencia a la hora de frenar.

1.4.4 SAIL

Grafico 5. SAIL



PRECIO DESDE: \$ 27.990.000

Es un vehículo con formas modernas y elegantes. Cuenta con capacidad de carga en su baúl bastante generosa y un interior para 5 pasajeros perfectamente acomodados y confort comprobado. Es un vehículo equipado con un motor 1.4 litros, 4 cilindros con una potencia de 102 caballos y 13.23 Nm de torque. Es un vehículo con un óptimo consumo de combustible a pesar de su potencia. Se complementa con una caja de 5 velocidades manuales; perfectas para un buen manejo en la topografía colombiana. Viene con airbag para el conductor lo cual brinda mayor seguridad en el manejo y en algunas versiones también para el copiloto. Es un vehículo confortable, elegante y seguro. También cuenta con dirección hidráulica que le permite facilidad para moverse en la ciudad. Cuenta con rines de aluminio de 14 pulgadas. Posee frenos de disco delanteros, con ABS (anti-bloqueo en la frenada), EBD (Distribución electrónica en la frenada) y de campana en los traseros. Cuenta con aire acondicionado manual y un radio con múltiples opciones de reproducción.

2. SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS DE DECISIÓN

Para la selección de los criterios se corroboró con empleados de General Motors

Utilizando la siguiente metodología:

1. Preparación de una mesa redonda, informándoles a los jefes de cada área, el permiso para hacer la mesa redonda y del personal que iba a participar.
2. Se emitió un correo al personal que iba a participar en la mesa redonda, indicando que era para hacerle unas preguntas. El personal que participo: dos técnicos automotores, dos asesores que se encuentran en los concesionarios, dos asesores de posventa, un programador de partes y accesorios y analista de mercadeo ya que conocen el mercado, datos importantes que preguntan los clientes y datos técnicos que la gente debería tener en cuenta a la hora de tomar la decisión de comprar un vehículo.
3. El lugar era en las instalaciones de Chevrolet y la fecha el día 20 de febrero de 2014, con una duración estimada de 45 minutos, debido a que los jefes no autorizaban más tiempo.
4. Al iniciar la sesión de la mesa redonda, solo se les hizo una preguntar la cual fue: ¿qué criterios o que toman en cuenta a la hora de comprar o elegir un vehículo? Además, se iba moderando de derecha a izquierda y como los perfiles se solicitaron de a dos, excepto el programador y el de mercadeo podían entre los grupos darnos sus criterios a la hora de comprar un vehículo.
5. Por grupos mencionaron lo siguiente:

Asesores Concesionarios: El precio sea bajo, que sea de gama media, que no consuma tanto combustible, el color, que cuando pase por las vías no se mueva tanto, con poco mantenimiento.

Técnicos Automotores: El diseño, que se le puedan agregar accesorios, que no consuma tanto, que tenga un buen cilindraje, que se le pueda echar harta gasolina, que el precio no sea muy costoso.

Asesores de Posventa: El diseño sea bonito, argumentan que la mayoría de los clientes se inclinan por ese criterio, el color, que los rines, que consuma poco, que sea muy estable, y que se puede guardas varias cosas.

Programador de Repuestos y Partes: Diseño, confortable a la hora de conducir, precio y adicionalmente propuso tener en cuenta el esquema de mantenimiento, disponibilidad de partes y precios de las mismas.

Analista de mercadeo de vehículos: Diseño, accesorios, consumo de combustible, seguridad, autonomía, colores.

6. Luego se les indicó que, si tuvieran que elegir entre todo lo que dijeron; escogieran 8 criterios principales. Luego de debatir y con la ayuda principal de nosotros (investigadores) se llegó a la decisión dejar los siguientes criterios:

1. Precio
2. Cilindraje
3. Capacidad de carga
4. Consumo
5. Diseño
6. Estabilidad
7. Capacidad de tanque (cambio por capacidad de pasajeros-ver página 20)
8. Lujos y accesorios

Como se puede observar se contemplaron los dos tipos de criterios, tanto cuantitativos (precio, cilindraje, capacidad de carga, consumo y estabilidad) como cualitativos (diseño, lujos y accesorios), estos últimos evaluados y valorados tanto por personas interesadas en la adquisición de un vehículo como por empleados con experiencia de General Motors.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS

2.1.1 PRECIO

(Medido en Pesos Colombianos) (Alternativa a minimizar)

Evalúa este criterio a la hora de escoger alguna alternativa, pero será justo ya que el rango de precios que tiene los vehículos es muy parecido. Son vehículos con precios entre los 20 millones y 35 millones de pesos, con similares

opciones de financiación. Se escogieron vehículos asequibles para personas de estrato 3 que quieran estrenar vehículo.

2.1.2 CILINDRAJE

(Medido en centímetros cúbicos) (Alternativa a minimizar)

Evalúa el espacio que hay entre la culata y los pistones en la recámara de combustión, relacionado con el consumo de combustible y la potencia de cada vehículo. Dependiendo del tipo de carrocería puede tener un vehículo con mayor cilindraje o menor, esto le da mayor potencia y respuesta en momentos que las vías o el momento lo requiera.

2.1.3 CAPACIDAD DE CARGA

(Medido en litros) (Alternativa a maximizar)

Evalúa la capacidad en litros con el que cuenta cada uno de los vehículos en el baúl para llevar equipaje o carga.

2.1.4 CONSUMO

(Medido en Km/gl) (Alternativa a maximizar)

Evalúa el consumo de cada vehículo, cantidad de kilómetros que puede recorrer contra un galón de combustible. Esto ayuda a la economía de cada usuario y a percibir la autonomía de cada vehículo dependiendo de la cantidad de galones que se tengan en el tanque.

2.1.5 DISEÑO

(Criterio experto) (Alternativa a maximizar)

Evalúa el Diseño, de cada vehículo tanto interiormente como exteriormente, teniendo en cuenta, los materiales en que está construido, los colores, aditamentos estéticos, ayudas visuales, impacto del vehículo en la calle, espacios; entre otras cosas

2.1.6 ESTABILIDAD

(Distancia entre ejes y ancho de llantas) (Alternativa a maximizar).

Evalúa la distancia entre ejes, tipo de tracción y el tipo de llantas con el que cuenta cada vehículo para disminuir el riesgo de volcamientos por deficiencias en este aspecto.

2.1.7 CAPACIDAD DE TANQUE

(Cantidad de litros por tanque de cada vehículo) (Alternativa a maximizar)

Evalúa la capacidad en litros que caben en cada tanque de combustible de cada uno de los vehículos. Esta capacidad nos da una información adicional sobre la autonomía del vehículo a la hora de viajar; entre más litros de combustible tengamos (de acuerdo al consumo) podemos recorrer más kilómetros sin que tengamos que volver a recurrir a alguna estación de servicio.

2.1.8 LUJOS Y ACCESORIOS

(Cantidad de accesorios) (Alternativa a maximizar)

Evalúa los aditamentos adicionales que tiene cada versión del vehículo que le dan mejor apariencia o mayor funcionalidad.

Se contaba con la siguiente matriz de decisión, pero se cambió ya que por los métodos de normalización, el criterio de cantidad de pasajeros no permitió encontrar algún tipo de diferenciación porque todos contaban con el mismo valor numérico; es decir, se convierte en un criterio irrelevante debido todos tienen la misma valoración.

Tabla 2. Matriz de decisión versión 1

ALTERNATIVAS /CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA	CONSUMO	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD DE PASAJEROS	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	\$ 20.890.000	995	200	55	6	7	5	5
SPARK GT	\$ 28.990.000	1206	170	50	8	8	5	8
AVEO FAMILY	\$ 23.990.000	1498	351	48	7	8	5	7
SAIL LS	\$ 27.990.000	1398	370	53	7	9	5	8

Tabla 3 Matriz de decisión versión 2

ALTERNATIVAS/C RITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACI DAD DE CARGA	CONSUMO	DISEÑO	ESTABI LIDAD	CAPACI DAD TANQU E	LUJOS Y ACCESOR IOS
SPARK	\$ 20.890.000	995	200	55	6	7	35	5
SPARK GT	\$ 28.990.000	1206	170	50	8	8	36	8
AVEO	\$ 23.990.000	1498	351	48	7	8	45	7
SAIL	\$ 27.990.000	1398	370	53	7	9	46	8

3. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS

Para realizar la ponderación de los criterios también se debatió y con empleados de General Motors quienes tienen cierto conocimiento de los criterios más relevantes o importantes en el vehículo para el comprador y cuales los menos importantes, se utilizó una escala numérica siendo el instrumento más versátil y útil ya que permite plantear criterios cualitativos de una forma cuantitativa la cual se hace comparable con los demás criterios de evaluación, para el caso se utilizó una escala del 1 al 5 teniendo en cuenta la siguiente tabla y el modelo scoring:

3.1 MODELO SCORING

Tabla 4. Escala de Ponderación según el modelo SCORING

Nivel de Importancia	Descripción del nivel
1	Muy poco importante
2	Poco importante
3	Importancia media
4	Algo importante
5	Muy importante

El modelo scoring³ nos ayuda a abordar situaciones de incertidumbre, es un método fácil y utilizado en el mundo.

Cuenta con los siguientes pasos; dichos pasos que se indicarán serán en base a la investigación:

³Tzeng, 2011

PASO 1

Se le asigna una ponderación de 1 a 5 puntos, la escala ya está establecida para el modelo, cada punto tiene su significado.

1= Muy poco importante

2= Poco importante

3= Importancia media

4= Algo importante

5= Muy importante.

A continuación se aprecia la ponderación que se le asignó a cada criterio:

Tabla 5. Modelo Scoring de acuerdo a los criterios elegidos en la investigación

MODELO SCORING	
CRITERIOS	PONDERACIÓN (wi)
PRECIO	5
CILINDRAJE	3
CAPACIDAD DE CARGA	3
CONSUMO	5
DISEÑO	4
ESTABILIDAD	4
CAPACIDAD DE TANQUE	3
LUJOS Y ACCESORIOS	2

PASO 2

Se establece un rating de satisfacción empleando una escala de 1 a 9, la escala ya está establecida por el modelo, como anterior se enuncio, también cada punto tiene su significado.

1=extra bajo; 2=muy bajo; 3= bajo; 4= poco bajo; 5= medio; 6= poco alto; 7=alto; 8=muy alto; 9=extra alto.

Al aplicar esta escala, queda de la siguiente manera:

Tabla 6. Valoración de las Alternativas

CRITERIOS	SPARK	SPARK GT	AVEO	SAIL
PRECIO	9	6	8	7
CILIDRAJE	9	8	6	7
CAPACIDAD DE CARGA	7	6	8	9
CONSUMO	9	7	6	8
DISEÑO	6	9	7	8
ESTABILIDAD	6	7	8	9
CAPACIDAD DE TANQUE	6	7	8	9
LUJOS Y ACCESORIOS	6	9	7	8

PASO 3. CÁLCULO DE LA PRIORIDAD GLOBAL MEDIANTE EL MODELO DE PODERACION LINEAL (SCORING) EN EL CONJUNTO DE ALTERNATIVAS

Finalmente se calcula el score para cada alternativa y se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_j = \sum_i W_i r_{ij} \quad (1)$$

Donde:

r_{ij} : Rating de la alternativa j en función del criterio i

W_i : ponderación para cada criterio i

S_j : score para la alternativa j

Al aplicar la ecuación, se obtiene la siguiente tabla para el modelo:

Tabla 7. Calculo de Prioridad Global Mediante Modelo Scoring

CRITERIOS	PONDERACIÓN	SPARK	SPARK GT	AVEO	SAIL
PRECIO	5	45	30	40	35
CILIDRAJE	3	27	24	18	21
CAPACIDAD DE CARGA	3	21	18	24	27
CONSUMO	5	45	35	30	40
DISEÑO	4	24	36	28	32
ESTABILIDAD	4	24	28	32	36
CAPACIDAD DE TANQUE	3	18	21	24	27
LUJOS Y ACCESORIOS	2	12	18	14	16
SCORE SJ		216	210	210	234

De acuerdo a este análisis preliminar la opción a sugerir es el SAIL; pero como solo es un planteamiento, el cual la opción a sugerir se llevó a cabo con un método muy simple para la asignación de pesos (importancia de un criterio sobre el otro) o solución de problemas, que hace que la incertidumbre sea mayor. Más adelante se aplicarán las tres técnicas de decisión más adecuados planteados anteriormente para la solución del problema planteado.

4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO. DETERMINACIÓN DE LOS PESOS DE LOS CRITERIOS.

CUADRO COMPARATIVO, DE LOS DIFERENTES MODELOS DE ASIGNACIÓN DE PESOS.

Tabla 8. Cuadro comparativo de los modelos para asignación de pesos

MODELO DE ASIGNACIÓN DE PESOS	VENTAJA	DESVENTAJA
ENTROPÍA	Utiliza matrices muy grandes, permite que puede haber más alternativas y criterios, es decir, mucha más información.	Solo acepta datos cualitativos.
	No hay decisores. No hay preferencias del decisor	
ORDENACIÓN SIMPLE	Permite obtener la ponderación de los criterios por simple ordenación de los mismos	Es superado por otros métodos cuando hay gran cantidad de información
	Sirve para situaciones de muy poca información donde no se puedan utilizar los otros métodos	
TASACIÓN SIMPLE	Su solución es sencilla	La asignación del decisor puede variar en aspectos irrelevantes
	Mantiene valores proporcionales acordes a la ponderación que da el decisor	
EIGENPESOS	Está basado en el cálculo del autovector dominante. Es óptimo para la decisión de expertos	Es un método un poco dispendioso de realizar y es óptimo para criterios cualitativos.
	Permite relacionar criterios vs criterios y alternativas vs alternativas	
PATTERN	Busca un índice de homogenización de medida para todos los pesos	Depende la asignación de pesos el que sea más importante por un decisor
	Combina los criterios Objetivos y subjetivos de un programa	

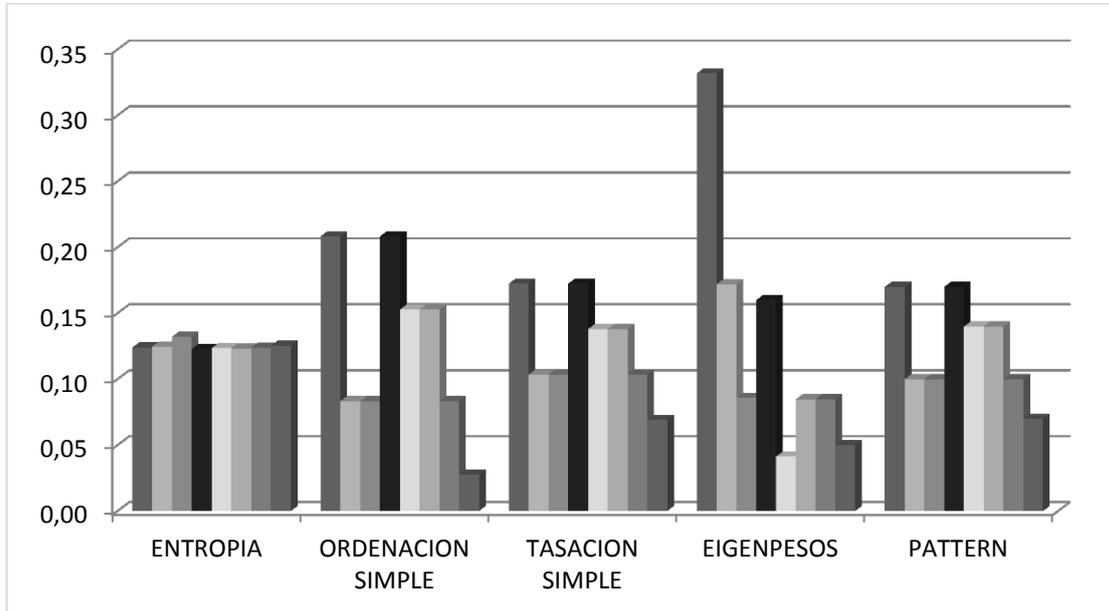
A continuación se muestra un cuadro resumen, de los pesos que se obtuvieron con cada modelo y el procedimiento para el cálculo.

Tabla 9. Pesos a través de los diferentes modelos, según los criterios elegidos en la investigación

	ENTROPÍA	ORDENACIÓN SIMPLE	TASACIÓN SIMPLE	EIGENPESOS	PATTERN
PRECIO	0,12	0,21	0,17	0,33	0,17
CILINDRAJE	0,12	0,08	0,10	0,17	0,1
CAPACIDAD DE CARGA	0,13	0,08	0,10	0,09	0,1
CONSUMO	0,12	0,21	0,17	0,16	0,17
DISEÑO	0,12	0,15	0,14	0,04	0,14
ESTABILIDAD	0,12	0,15	0,14	0,08	0,14
CAPACIDAD TANQUE EN LUJOS Y ACCESORIOS	0,12	0,08	0,10	0,08	0,1
	0,13	0,03	0,07	0,05	0,07
SUMA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

GRÁFICA MODELOS DE ASIGNACIÓN DE PESOS

Grafico 6 Modelos de asignación de pesos, según los criterios elegidos en la investigación



4.1 PROCEDIMIENTO DE CADA MODELO

4.1.1 MÉTODO ENTROPÍA

Es un método objetivo que se emplea en contextos de toma de decisiones en las cuales se presentan conflictos de interés, ya que los W_j se determinan en función de las evaluaciones normalizadas de la matriz de decisión, sin que influyan las preferencias del decisor⁴. Los pasos de este método son los siguientes:

PASO 1

Lo primero que se hace es normalizar la matriz de decisión (Tabla 3) por el método de la suma, quedando de la siguiente manera:

Tabla 10. Tabla normalizada, método entropía

ALTERNATIVA S/CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA LITROS	CONSUMO KM/GL	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	0,21	0,20	0,18	0,27	0,21	0,22	0,22	0,18
SPARK GT	0,28	0,24	0,16	0,24	0,29	0,25	0,22	0,29
AVEO	0,24	0,29	0,32	0,23	0,25	0,25	0,28	0,25
SAIL	0,27	0,27	0,34	0,26	0,25	0,28	0,28	0,29

PASO 2

Lo siguiente es multiplicar cada criterio normalizado por el LOG (logaritmo) del mismo, es decir $= C_n * \log(C_n)$ y se suma. Quedando de la siguiente manera:

Tabla 11. Método Entropía, Resultado al aplicar la multiplicación de cada criterio por el logaritmo del mismo

ALTERNATIVAS/CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA LITROS	CONSUMO KM/GL	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	-0,14	-0,14	-0,14	-0,15	-0,14	-0,14	-0,14	-0,13
SPARK GT	-0,16	-0,15	-0,13	-0,15	-0,16	-0,15	-0,15	-0,16
AVEO	-0,15	-0,16	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15
SAIL	-0,15	-0,15	-0,16	-0,15	-0,15	-0,15	-0,16	-0,16
SUMA	-0,60	-0,60	-0,58	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60

⁴Zeleny M. (1982): Multiple Criteria Decision Making. Ed. Mc GrawHill, New Yor

PASO 3

Lo siguiente es calcular la entropía (Ej.) de la siguiente manera:

La suma anterior por la fórmula:

$$\frac{-1}{\text{LOG} * Cn} \quad (2)$$

PASO 4

La siguiente tabla es resultado de los pesos (Wj) bajo el modelo, los cuales se proceden a calcular las evaluaciones globales para cada alternativa Ai, tomando las respectivas normalizaciones en los criterios Cn, para que ayude al decisor en la toma de una decisión que está sometida a múltiples criterios:

Tabla 12. Pesos (Wj) del modelo Entropía

Criterios (Cn)	Ej= (-1/LOG 8)* Σi aij * LOG aij	Dj=1-Ej	Wj= Dj/ΣjDj
Precio	0,34	0,66	0,12
Cilindraje	0,34	0,66	0,12
Capacidad de carga	0,36	0,64	0,13
Consumo	0,33	0,67	0,12
Diseño	0,34	0,66	0,12
Estabilidad	0,34	0,66	0,12
Capacidad de tanque	0,34	0,66	0,12
Lujos y accesorios	0,34	0,66	0,13
SUMA		5,28	1,00

4.1.2 MÉTODO DE ORDENACIÓN SIMPLE

Es un método en cual el decisor asigna directamente valores a los Wj. Sus procedimientos han sido aplicados en diversos campos del saber cómo: matemáticas, la investigación de operaciones y teoría de la decisión. Este método se hace de la siguiente manera:

Se ordena de mayor a menor importancia los criterios Cn, se están admitiendo empates entre estos, luego se asigna el valor de menor a mayor de acuerdo a su importancia, para los empates se promedian y van a tener el mismo número entre ellos, luego se divide cada asignación por la suma de los n criterios, para obtener los respectivos pesos, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 13. Método Ordenación simple, según criterios elegidos para la investigación

	CRITERIOS	PONDERACIÓN	n	Wj
C1	PRECIO	5	7,5	0,21
C4	CONSUMO	5	7,5	0,21
C5	DISEÑO	4	5,5	0,15
C6	ESTABILIDAD	4	5,5	0,15
C2	CILINDRAJE	3	3	0,08
C3	CAPACIDAD DE CARGA	3	3	0,08
C7	CAPACIDAD DEL TANQUE	3	3	0,08
C8	LUJOS Y ACCESORIOS	2	1	0,03

4.1.3 MÉTODO DE TASACIÓN SIMPLE

Por el método de tasación simple, primero se asigna un rating a los criterios, en donde se da una valoración subjetiva por parte del decisor a cada peso, en una escala de 1 a 5 siendo 5 el mayor y 1 el menor peso para un criterio. por consiguiente se realiza la normalización de los pesos a través de la ponderación lineal. ($W_j = W_j / \sum W_j$).

Tabla 14. Método Tasación simple, según criterios elegidos para la investigación

Cn	CRITERIOS	PONDERACIÓN	Wj
C1 - Minimizar	PRECIO	5	0,17
C2 - Minimizar	CILINDRAJE	3	0,10
C3 - Maximizar	CAPACIDAD DE CARGA	3	0,10
C4 - Maximizar	CONSUMO	5	0,17
C5 - Maximizar	DISEÑO	4	0,14
C6 - Maximizar	ESTABILIDAD	4	0,14
C7 - Maximizar	CAPACIDAD DEL TANQUE	3	0,10
C8 - Maximizar	LUJOS Y ACCESORIOS	2	0,07
	NORMALIZACIÓN	29	1

4.1.4 MÉTODO EIGENPESOS

Este método comprende un conjunto de asignación de pesos basados en el cálculo del autovector dominante de una matriz de comparaciones binarias de los criterios (Cn)⁵. El procedimiento de este método se hace de la siguiente manera:

PASO 1

Primero se debe realizar las matrices de comparación de alternativas contra alternativas y criterios contra criterios utilizando como base la siguiente tabla:

Tabla 15. Escala de importancia según el método Eigenpesos

Aij	Criterio Ci vs Cj
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostrablemente más importante
9	Absolutamente más importante

⁵Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 26(7), 641-658.

PASO 2

Cuando comparamos criterio contra criterio nos da uno, ya que tienen igual importancia. Si algún criterio tiene mayor importancia que otro usamos como base la primera tabla y de allí salen los valores. Si alguno de los criterios es menos importante que otro se utiliza la inversa de la calificación antes dada así: si C_i es más importante que C_j entonces colocamos 5; pero si C_j es más importante que C_i colocamos 1/5.

Tabla 16. Comparación de criterio contra criterio, método Eigenpesos

CRITERIO VS CRITERIO	PRECIO MIN	CILINDRAJE C.C. MIN	CAPACIDAD DE CARGA LITROS MAX	CONSUMO KM/GL MAX	DISEÑO MAX	ESTABILIDAD	LUJOS Y ACCESORIOS MAX	CAPACIDAD TANQUE EN LITROS MAX
PRECIO MIN	1.00	2.00	5.00	3.00	7.00	5.00	7.00	3.00
CILINDRAJE C.C. MIN	0.50	1.00	3.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00
CAPACIDAD DE CARGA LITROS MAX	0.20	0.33	1.00	0.33	1.00	1.00	3.00	3.00
CONSUMO KM/GL MAX	0.33	1.00	3.03	1.00	3.00	2.00	5.00	3.00
DISEÑO MAX	0.14	0.33	1.00	0.33	1.00	0.33	0.20	0.33
ESTABILIDAD MAX	0.20	0.33	1.00	0.50	3.03	1.00	3.00	1.00
LUJOS Y ACCESORIOS MAX	0.14	0.33	0.33	0.20	5.00	0.33	1.00	0.33
CAPACIDAD TANQUE EN LITROS MAX	0.33	0.33	0.33	0.33	3.03	1.00	3.03	1.00
SUMA	2.852	5.667	14.697	6.697	26.061	13.663	25.230	14.660

PASO 3

Luego debemos normalizar las matrices así:

Los valores corresponden a la división entre el número de la matriz y la sumatoria de la columna. Si el proceso de desarrolló de forma óptima la suma de la columna debe dar 1.

Tabla 17. Normalización de la comparación de Criterios VS Criterio

CRITERIO VS CRITERIO	PRECIO MIN	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA LITROS	CONSUMO	DISEÑO	ESTABILIDAD	LUJOS Y ACCESORIOS	CAPACIDAD TANQUE EN LITROS
		C.C. MIN	MAX	KM/GL MAX	MAX		MAX	MAX
PRECIO MIN	0.35	0.35	0.34	0.45	0.27	0.37	0.28	0.20
CILINDRAJE C.C. MIN	0.18	0.18	0.20	0.15	0.12	0.22	0.12	0.20
CAPACIDAD DE CARGA LITROS MAX	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04	0.07	0.12	0.20
CONSUMO KM/GL MAX	0.12	0.18	0.21	0.15	0.12	0.15	0.20	0.20
DISEÑO MAX	0.05	0.06	0.07	0.05	0.04	0.02	0.01	0.02
ESTABILIDAD MAX	0.07	0.06	0.07	0.07	0.12	0.07	0.12	0.07
LUJOS Y ACCESORIOS MAX	0.05	0.06	0.02	0.03	0.19	0.02	0.04	0.02
CAPACIDAD TANQUE EN LITROS MAX	0.12	0.06	0.02	0.05	0.12	0.07	0.12	0.07
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

PASO 4

Luego hallamos el auto vector dominante colocando las sumas de las filas divididas por la cantidad de criterios a tener en cuenta; en este caso son ocho:

Tabla 18. Autovector dominante y pesos (W_j) del modelo EIGENPESOS

Autovector dominante		
	Suma	W_j
PRECIO MIN	2,61	0,33
CILINDRAJE C.C. MIN	1,36	0,17
CAPACIDAD DE CARGA LITROS MAX	0,68	0,09
CONSUMO KM/GL MAX	1,31	0,16
DISEÑO MAX	0,32	0,04
ESTABILIDAD MAX	0,65	0,08
LUJOS Y ACCESORIOS MAX	0,44	0,05
CAPACIDAD TANQUE EN LITROS MAX	0,63	0,08

PASO 5

$$CI = (\delta MAX - n)/(n - 1) \quad (3)$$

Luego hallamos el coeficiente de consistencia mediante la siguiente fórmula

En donde:

$$\delta MAX = (\sum cn * Wjcn) \quad (4)$$

n =Número de criterios.

$W_j cn$ = Los pesos de cada criterio.

Para la investigación él $\delta MAX = 8.929$, por lo tanto el ratio de consistencia (CI), da como resultado $CI = 0.13278$.

PASO 6

Luego se determina el Ratio de inconsistencia para saber si es aceptable el proceso jerárquico llevado a cabo para la determinación de los respectivos pesos (W_j) o Autovector dominante, con la siguiente fórmula:

$$R.I = (1/CIA) * C.I \quad (5)$$

En donde:

CIA= Coeficiente de inconsistencia aleatorio, según la siguiente tabla, para la investigación el CIA es de 1.41 dado a que escogimos ocho criterios.

Tabla 19. Coeficiente de Inconsistencia Aleatorio

n	CIA
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45

CIA = Ratio de consistencia.

Si el RI es <10% es aceptable el proceso de análisis jerárquico, por lo tanto nos da como resultado **RI = 4.99%**, el cual es aceptable.

4.1.5 MÉTODO PATTERN

El método Pattern puede traducirse como ayuda a la planificación por evaluaciones técnica de índices de pertenencia, es una técnica de mucha ayuda para la planificación, debido a que trata de la presencia de múltiples criterios los elementos del programa, sub-objetivos y objetivo más adecuados para ser alcanzados.

Tabla 20. Escala de ponderación Método Pattern

CRITERIOS	PONDERACIÓN
PRECIO	5
CILINDRAJE	3
CAPACIDAD DE CARGA	3
CONSUMO	5
DISEÑO	4
ESTABILIDAD	4
CAPACIDAD DE TANQUE	3
LUJOS Y ACCESORIOS	2

$5X + 3X + 3X + 5X + 4X + 4X + 3X + 2X$	=	1
$29X$	=	1
X	=	0,03

Tabla 21. Método Pattern, según los criterios elegidos para la investigación.

MODELO PATTERN				
Cn	CRITERIOS	PONDERACIÓN	VALORACION DEL DECISOR	Wj
C1 - MIN	PRECIO	5	$5X = 5*0,03 =$	0,17
C2 - MIN	CILINDRAJE	3	$3X = 3*0,03 =$	0,10
C3 - MAX	CAPACIDAD DE CARGA	3	$3X = 3*0,03 =$	0,10
C4 - MAX	CONSUMO	5	$5X = 5*0,03 =$	0,17
C5 - MAX	DISEÑO	4	$4X = 4*0,03 =$	0,14
C6 - MAX	ESTABILIDAD	4	$4X = 4*0,03 =$	0,14
C7 - MAX	CAPACIDAD DE TANQUE	3	$3X = 3*0,03 =$	0,10
C8 - MAX	LUJOS Y ACCESORIOS	2	$2X = 2*0,03 =$	0,07

5. APLICACIÓN DE LAS TRES TÉCNICAS DE DECISIÓN

5.1 PRES

⁶El método PRES (programa de evaluación de proyectos sociales) ayuda a la decisión de una sola alternativa, entre las que se tenga, teniendo en cuenta los criterios para llegar a la decisión. Establece un índice Pres, en donde indica que alternativa domina a demás o que alternativa fue dominada por las demás. Al aplicar el método pres al proyecto se dará la primera decisión de la alternativa a escoger, ya que con el pasado método solo se dio una alternativa básica.

A continuación se describirán los pasos para elegir o escoger esa alternativa.

TABLA DE MATRIZ DE DECISIÓN

Tabla 22. Método PRESS, Matriz de decisión

ALTERNATIVAS/CRITERIOS	PRECIO	CILINDR AJE	CAPACIDAD DE CARGA	CONSUMO	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	\$ 20.890.000	995	200	55	6	7	35	5
SPARK GT	\$ 28.990.000	1206	170	50	8	8	36	8
AVEO	\$ 23.990.000	1498	351	48	7	8	45	7
SAIL	\$ 27.990.000	1398	370	53	7	9	46	8
SUMA	\$ 101.860.000	5097	1091	206	28	32	162	28

PASO 1

Se procede a normalizar la tabla anterior quedando de la siguiente manera:

⁶ Gómez-Senent, E.; Chiner, M.; Chiner, M.J., 1991. PRES: Programade Evaluación de Proyectos Sociales. VII Congreso Nacional delIngeniería de Proyectos. Zaragoza 26-28 Junio

Tabla 23. Método PRESS, Matriz normalizada

ALTERNATIVAS/CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA	CONSUMO	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	0,21	0,20	0,18	0,27	0,21	0,22	0,22	0,18
SPARK GT	0,28	0,24	0,16	0,24	0,29	0,25	0,22	0,29
AVEO	0,24	0,29	0,32	0,23	0,25	0,25	0,28	0,25
SAIL	0,27	0,27	0,34	0,26	0,25	0,28	0,28	0,29

Para normalizar los datos, se hizo por el método de normalización de la suma en cual la suma de cada criterio debe dar uno, lo que anteriormente se explicó.

PASO 2

Se procede a comparar alternativa con alternativa, teniendo en cuenta si es a maximizar o a minimizar, si es a **maximizar** el primer valor debe ser mayor al segundo valor y si es a **minimizar** el primer valor debe ser menor al anterior y se aplica la siguiente ecuación para los dos casos:

$$C = (A1 - A2) * Wj \quad (6)$$

Se resta la alternativa con la otra y se multiplica por el peso, si no se cumple lo anteriormente enunciado se coloca 0. El peso que se escogió para este método es el de Entropía ya que no intervienen decisores, solo es un modelo que se aplica matemáticamente.

Una vez hecha las comparaciones se suman los datos horizontalmente, esta suma es en valor absoluto, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 24. Método PRESS, Comparación Criterio contra Criterio.

ALTERNATIVAS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA LITROS	CONSUMO KM/GL	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
A-B	0,010	0,005	0,004	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
A-C	0,004	0,012	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
A-D	0,009	0,010	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
B-A	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,004	0,000	0,013
B-C	0,000	0,007	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,004
B-D	0,000	0,005	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
C-A	0,000	0,000	0,018	0,000	0,004	0,004	0,008	0,009
C-B	0,006	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
C-D	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D-A	0,000	0,000	0,021	0,000	0,004	0,008	0,008	0,013
D-B	0,001	0,000	0,024	0,002	0,000	0,004	0,007	0,000
D-C	0,000	0,002	0,002	0,003	0,000	0,004	0,000	0,004

Se utilizaron las siguientes convenciones, para un mejor entendimiento y desarrollo.

Tabla 25. Tabla de convención de alternativas Método PRES

SPARK	A
SPARK GT	B
AVEO	C
SAIL LS	D

PASO 3

En la tabla anterior se muestra la matriz, en el cual se van colocando los datos de las sumas, igual a como se hizo las comparaciones (A-B, A-C-A-D-A-D-C...), como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 26. Método PRESS, suma de las comparaciones

ALTERNATIVAS	A	B	C	D	SUMA
A	0	0,022	0,020	0,020	0,062
B	0,026	0	0,017	0,009	0,052
C	0,043	0,035	0	0,005	0,083
D	0,054	0,038	0,016	0	0,108
SUMA	0,123	0,095	0,054	0,034	

PASO 4

Se procede a calcular el índice pres, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 27. Método PRESS, Tabla de Di, di y li, 1.

	Di	di	li
A	0,062	0,123	0,500
B	0,052	0,095	0,555
C	0,083	0,054	1,549
D	0,108	0,034	3,202

El valor **Di** (suma de filas de al anterior tabla), quiere decir hasta qué punto la alternativa i domina a todas las demás.

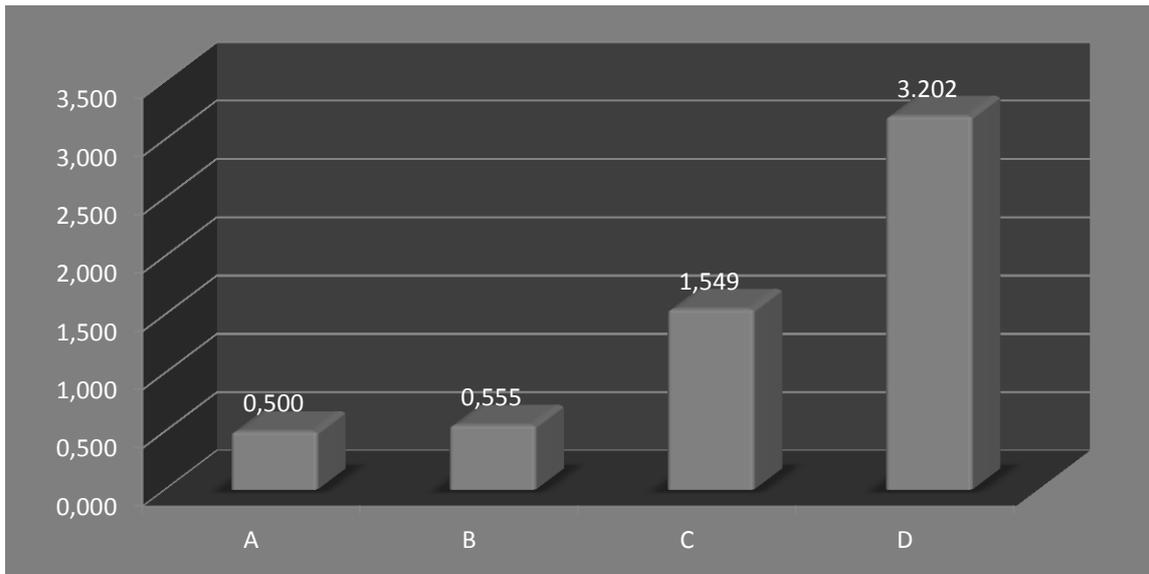
El valor **di** (suma de columnas de la anterior tabla), quiere decir hasta qué punto la alternativa i es dominada por las demás.

Li se obtiene entre la división de Di y di

La alternativa a escoger es la **D (SAIL)**, ya que tiene un índice pres de **3.202**, debido a que domino a las demás por un poco más del doble.

A continuación se observa la gráfica para una mayor comprensión:

Grafico 7. Índice PRESS (Li) Método Pres con Entropía



Con el Método **Eigenpesos** se obtiene el siguiente índice pres:

La alternativa a escoger es la **A (SPARK)**, ya que tiene un índice pres de **1.656** debido a que domino a las demás.

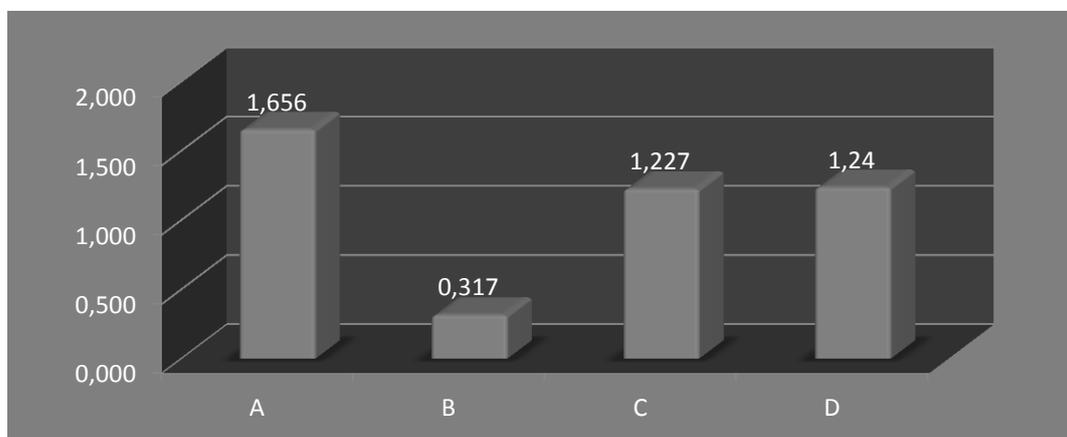
TABLA DE DI, di Y li

Tabla 28. Método PRESS, Tabla de DI, di y li,

	Di	di	li
A	0,110	0,066	1,656
B	0,033	0,104	0,317
C	0,073	0,060	1,227
D	0,073	0,059	1,242

A continuación se presenta una gráfica para una mejor comprensión:

Grafico 8 Índice PRESS (Li) Método Pres con Eigenpesos



5.2 AHP

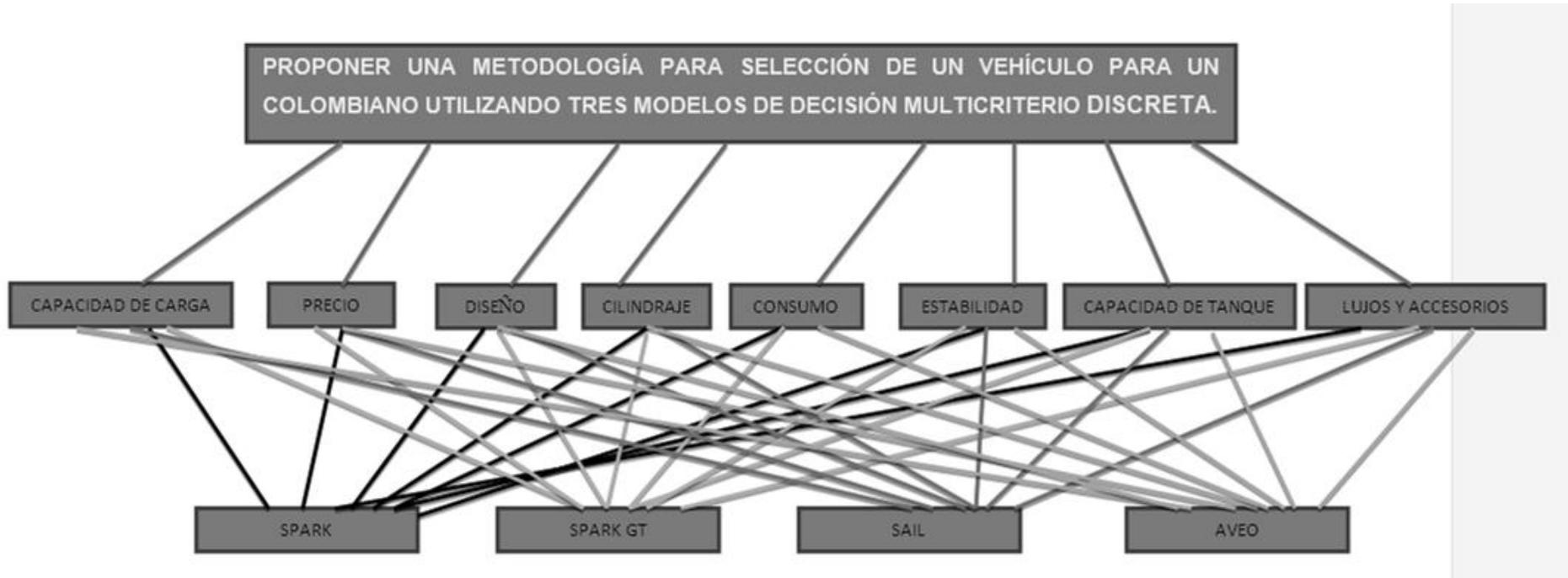
⁷AHPo PAJ (Proceso AnalíticoJerárquico) es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. En vez de prescribir la decisión “correcta”, el PAJ ayuda a los decisores a encontrar la solución que mejor se ajusta a sus necesidades y a su comprensión del problema. Este método puede considerarse, según la orientación dada al mismo, de muy diversas maneras. Su contribución es importante en niveles operativos, tácticos y estratégicos, sirviendo para mejorar el proceso de decisión debido a la gran información que aporta y a la mejora en el conocimiento del problema.

PASO 1

Se realiza la jerarquización del problema en tres niveles, a continuación se aprecia la del proyecto.

⁷Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 26(7), 641-658.

Grafico 9. Jerarquización modelo AHP



El método AHP tiene con 5 pasos, el primero paso es el la jerarquía del problema por tres niveles:

- Nivel 1 Objetivo fundamental
- Nivel 2 Criterios
- Nivel 3 Alternativas

Para nuestro proyecto aplica los tres niveles así:

Nivel 1 Proponer una metodología para selección de un vehículo para un colombiano utilizando tres modelos de decisión multicriterio discreta.

Nivel 2 Capacidad, Precio, Diseño, Cilindraje, Consumo, Estabilidad, Capacidad tanque, Lujos y accesorios.

Nivel 3 SPARK, SPARK GT, SAIL y AVEO

PASO 2

Se realiza la comparación binaria de cada nivel jerárquico, es decir se compara criterio con criterio y alternativa con alternativa teniendo en cuenta cada uno de los criterios. Para la investigación comparación es de la siguiente manera:

Tabla 29. Método AHP, comparación de los criterios.

ALTERNATIVAS/CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA	CONSUMO	DISEÑO	ESTABILIDAD	LUJOS Y ACCESORIOS	CAPACIDAD TANQUE EN
PRECIO	1,0000	2,0000	5,0000	3,0000	7,0000	5,0000	7,0000	3,0000
CILINDRAJE	0,5000	1,0000	3,0000	1,0000	3,0000	3,0000	3,0000	3,0000
CAPACIDAD DE CARGA	0,2000	0,3333	1,0000	0,3333	1,0000	1,0000	3,0000	3,0000
CONSUMO	0,3333	1,0000	3,0003	1,0000	3,0000	2,0000	5,0000	3,0000
DISEÑO MAX	0,1429	0,3333	1,0000	0,3333	1,0000	0,3333	0,2000	0,3333
ESTABILIDAD	0,2000	0,3333	1,0000	0,5000	3,0003	1,0000	3,0000	1,0000
LUJOS Y ACCESORIOS	0,1429	0,3333	0,3333	0,2000	5,0000	0,3333	1,0000	0,3333
CAPACIDAD TANQUE	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	3,0303	1,0000	3,0003	1,0000
	2,8524	5,6667	14,6670	6,7000	26,0006	13,6666	25,2003	14,6666

PASO 3

Se normaliza por la suma y se calcula el coeficiente de consistencia y el ratio de inconsistencia.

Tabla 30. Método AHP, normalización por la suma, cálculo del coeficiente y Ratio de inconsistencia

	PRECIO MIN	CILINDRAJE C.C. MIN	CAPACIDAD DE CARGA LITROS MAX	CONSUMO KM/GL MAX	DISEÑO MAX	ESTABILIDAD	LUJOS Y ACCESORIOS MAX	CAPACIDAD TANQUE EN LITROS MAX	W PROM	W PROM * A	Λ MAX	IC= (Λ MAX-N)/(N-1)	VA	RC=IC/VA
PRECIO MIN	0,35	0,35	0,34	0,45	0,27	0,37	0,28	0,20	0,33	2,89	8.92	0,132	1,404	9.41%
CILINDRAJE C.C. MIN	0,18	0,18	0,20	0,15	0,12	0,22	0,12	0,20	0,17	1,52				
CAPACIDAD DE CARGA LITROS MAX	0,07	0,06	0,07	0,05	0,04	0,07	0,12	0,20	0,09	0,78				
CONSUMO KM/GL MAX	0,12	0,18	0,20	0,15	0,12	0,15	0,20	0,20	0,16	1,49				
DISEÑO MAX	0,05	0,06	0,07	0,05	0,04	0,02	0,01	0,02	0,04	0,35				
ESTABILIDAD	0,07	0,06	0,07	0,07	0,12	0,07	0,12	0,07	0,08	0,73				
LUJOS Y ACCESORIOS MAX	0,05	0,06	0,02	0,03	0,19	0,02	0,04	0,02	0,06	0,47				
CAPACIDAD TANQUE EN LITROS MAX	0,12	0,06	0,02	0,05	0,12	0,07	0,12	0,07	0,08	0,69				

De acuerdo para el número de criterios se debe verificar que el índice de consistencia, en este caso 9.41% no supere los valores establecidos que son: para la matriz de 8X8, debe ser menor o igual a 10%, matriz de menos de 8 criterios debe ser menor o igual al 4%. Como en el caso no lo supera podemos seguir con el procedimiento sin volver a reevaluar los datos que nos ha brindado el decisor ya que ha sido muy consistente en sus respuestas.

PASO 4

Se construye una matriz de juicio para cada nivel donde se realizara la comparación binaria para cada alternativa por cada criterio y a través de estas matrices por cada criterio se determina el vector de prioridad para cada nivel.

Tabla 31. Método AHP, Matriz de Juicio precio

	SPARK		SPARK GT		AVEO FAMILY		SAIL SEDAN				
SPARK	1		4		2		3				
SPARK GT	0,25		1		0,33		0,5				
AVEO FAMILY	0,5		3		1		2				
SAIL SEDAN	0,33		2		0,5		1				
SUMA	2,08		10		3,83		6,5				
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= (λ max- n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA	
SPARK	0.48	0.40	0.52	0.46	0.466	1.887	4,039	0,013	0,882	0,015	
SPARK GT	0.12	0.10	0.09	0.08	0.096	0.385					
AVEO FAMILY	0.24	0.30	0.26	0.31	0.277	1.120					
SAIL SEDAN	0.16	0.20	0.13	0.15	0.161	0.647					

Tabla 32. Método AHP, Matriz de Juicio Cilindraje

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN						
SPARK	1	2	4	3						
SPARK GT	0,5	1	3	2						
AVEO FAMILY	0,25	0,333333333	1	0,5						
SAIL SEDAN	0,333333333	0,5	2	1						
SUMA	2,083333333	3,833333333	10	6,5						
						prioridad		n=4		
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= $(\lambda_{max}-n)/(n-1)$	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,48	0,522	0,4	0,462	0,466	1,887	4,039	0,013	0,882	0,015
SPARK GT	0,24	0,261	0,3	0,308	0,277	1,120				
AVEO FAMILY	0,12	0,087	0,1	0,077	0,096	0,385				
SAIL SEDAN	0,16	0,130	0,2	0,154	0,161	0,647				

Tabla 33. Método AHP, Matriz de Juicio capacidad de carga

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN
SPARK	1	2	0,5	0,333333333
SPARK GT	0,5	1	0,333333333	0,25
AVEO FAMILY	2	3	1	0,5
SAIL SEDAN	3	4	2	1
SUMA	6,5	10	3,833333333	2,083333333

						prioridad		n=4		
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= (λ max-n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,153846154	0,2	0,130	0,16	0,161	0,647	4,0395	0,0132	0,8820	0,0149
SPARK GT	0,076923077	0,1	0,087	0,12	0,096	0,385				
AVEO FAMILY	0,307692308	0,3	0,261	0,24	0,277	1,120				
SAIL SEDAN	0,461538462	0,4	0,522	0,48	0,466	1,887				

Tabla 34. Método AHP, Matriz de Juicio Consumo.

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN						
SPARK	1	3	4	2						
SPARK GT	0,333333333	1	2	0,5						
AVEO FAMILY	0,25	0,5	1	0,333333333						
SAIL SEDAN	0,5	2	3	1						
SUMA	2,083333333	6,5	10	3,833333333						
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= (λ max- n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,48	0,462	0,4	0,522	0,466	1,887	4,0395	0,0132	0,8820	0,0149
SPARK GT	0,16	0,154	0,2	0,130	0,161	0,647				
AVEO FAMILY	0,12	0,077	0,1	0,087	0,096	0,385				
SAIL SEDAN	0,24	0,308	0,3	0,261	0,277	1,120				

Tabla 35. Método AHP, Matriz de Juicio diseño.

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN
SPARK	1	0,25	0,5	0,333333333
SPARK GT	4	1	3	2
AVEO FAMILY	2	0,333333333	1	0,5
SAIL SEDAN	3	0,5	2	1
SUMA	10	2,083333333	6,5	3,833333333

						prioridad		n=4		
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= (λ max- n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,1	0,12	0,077	0,087	0,096	0,385	4,039	0,013	0,882	0,015
SPARK GT	0,4	0,48	0,462	0,522	0,466	1,887				
AVEO FAMILY	0,2	0,16	0,154	0,130	0,161	0,647				
SAIL SEDAN	0,3	0,24	0,308	0,261	0,277	1,120				

Tabla 36. Método AHP, Matriz de Juicio Estabilidad

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN						
SPARK	1	0,5	0,333333333	0,25						
SPARK GT	2	1	0,5	0,333333333						
AVEO FAMILY	3	2	1	0,5						
SAIL SEDAN	4	3	2	1						
SUMA	10	6,5	3,833333333	2,083333333						
						prioridad		n=4		
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= (λ max-n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,1	0,077	0,087	0,12	0,096	0,385	4,039	0,013	0,882	0,015
SPARK GT	0,2	0,154	0,130	0,16	0,161	0,647				
AVEO FAMILY	0,3	0,308	0,261	0,24	0,277	1,120				
SAIL SEDAN	0,4	0,462	0,522	0,48	0,466	1,887				

Tabla 37. Método AHP, Matriz de Juicio Lujos y Accesorios

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN
SPARK	1	0,25	0,5	0,333333333
SPARK GT	4	1	3	2
AVEO FAMILY	2	0,333333333	1	0,5
SAIL SEDAN	3	0,5	2	1
SUMA	10	2,083333333	6,5	3,833333333

						prioridad		n=4		
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= $(\lambda$ max-n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,1	0,12	0,077	0,087	0,096	0,385	4,039	0,013	0,882	0,01492229
SPARK GT	0,4	0,48	0,462	0,522	0,466	1,887				
AVEO FAMILY	0,2	0,16	0,154	0,130	0,161	0,647				
SAIL SEDAN	0,3	0,24	0,308	0,261	0,277	1,120				

Tabla 38. Método AHP, Matriz de Juicio Capacidad de Tanque

	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN
SPARK	1	0,5	0,333333333	0,25
SPARK GT	2	1	0,5	0,333333333
AVEO FAMILY	3	2	1	0,5
SAIL SEDAN	4	3	2	1
SUMA	10	6,5	3,833333333	2,083333333

						prioridad		n=4		
	SPARK	SPARK GT	AVEO FAMILY	SAIL SEDAN	w prom	w prom * A	λ max	IC= (λ max-n)/(n-1)	VA	RC=IC/VA
SPARK	0,1	0,077	0,087	0,12	0,096	0,385	4,039	0,013	0,882	0,015
SPARK GT	0,2	0,154	0,130	0,16	0,161	0,647				
AVEO FAMILY	0,3	0,308	0,261	0,24	0,277	1,120				
SAIL SEDAN	0,4	0,462	0,522	0,48	0,466	1,887				

PASO 6

Se calcula la prioridad global asociada a cada alternativa mediante la siguiente fórmula:

$$P_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} * P_j \quad (7)$$

X_{ij}: Peso promedio de las alternativas vs criterios

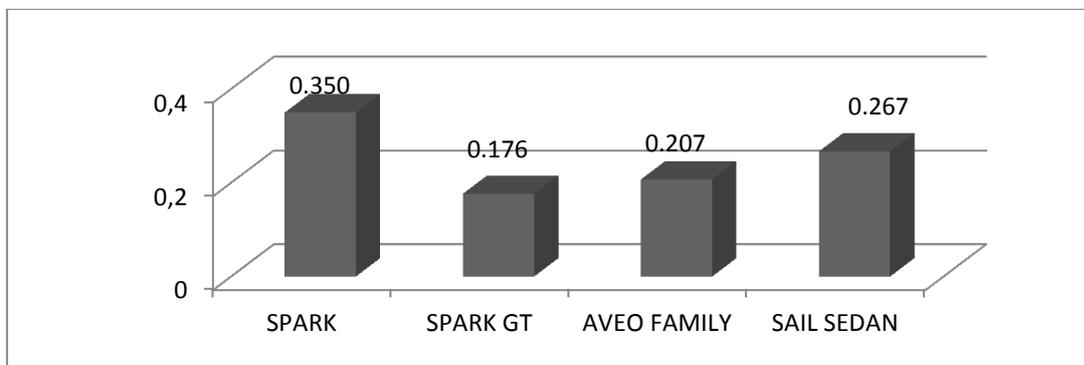
P_j: Peso promedio de los criterios

Tabla 39. Método AHP, Prioridad Global

	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA	CONSUMO	DISEÑO	ESTABILIDAD	LUJOS Y ACCESORIOS	CAPACIDAD TANQUE	PRIORIDAD GLOBAL
SPARK	0,466	0,466	0,161	0,466	0,096	0,096	0,096	0,096	0,350
SPARK GT	0,096	0,277	0,096	0,161	0,466	0,161	0,466	0,161	0,176
AVEO FAMILY	0,277	0,096	0,277	0,096	0,161	0,277	0,161	0,277	0,207
SAIL	0,161	0,161	0,466	0,277	0,277	0,466	0,277	0,466	0,267

Según la tabla de la prioridad global, la alternativa a elegir con un valor de 0.350 es el “**SPARK**”, veamos la siguiente grafica para una mejor comprensión:

Grafico 10. Prioridad global método AHP



5.2 VIKOR

⁸El método Vikor (visekriterijumskaoptimizacija I Kompromisnoresenje) que traduce, optimización multicriterio y solución de compromiso al cual vamos a llamarlo VIKOR. Es un método multicriterio para la optimización de sistemas discretos complejos con criterios en conflicto, es decir escoge una alternativa entre las que se tenga.

Este determina el ranking de alternativas, la solución de compromiso y los intervalos de estabilidad del peso, para la estabilidad de preferencia de la solución de compromiso obtenida con los pesos iniciales dados.

A continuación se describirán los pasos para escoger esa alternativa de compromiso:

PASO 1

Los pesos que vamos a utilizar para este método son entropía, como se explicó anteriormente y se tiene en cuenta si es a MAX o MIN para a calcular Fmejor y Fpeor, si es a minimizar se escoge el valor mínimo para Fmejor y el valor máximo para Fpeor, y si es a maximizar se escoge el mayor valor como Fmejor y el menor valor para Fpeor como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 40. Vikor, Matriz de Decisión con Máximos y Mínimos

Wj(ENTROPÍA)	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
ALTERNATIVAS/CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAGE	CAPACIDAD DE CARGA LITROS	CONSUMO KM/GL	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	\$ 20.890.000	995	200	55	6	7	35	5
SPARK GT	\$ 28.990.000	1206	170	50	8	8	36	8
AVEO	\$ 23.990.000	1498	351	48	7	8	45	7
SAIL	\$ 27.990.000	1398	370	53	7	9	46	8
SUMA	101.860.000	5097	1091	206	28	32	162	28
	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Fmejor	20.890.000	995	370	55	8	9	46	8
Fpeor	28.990.000	1.498	170	48	6	7	35	5

⁸Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European Journal of Operational Research, 178(2), 514-529.

PASO 2

Luego de calcular el F_{mejor} y el F_{peor} , se procede a aplicar la fórmula (8) para después determinar el R, S y Q; donde R es la distancia entre alternativas a la peor opción y S es la distancia entre las alternativas a la mejor opción, Q Representa la solución de compromiso

$$= \frac{F_{mejor} - C_n}{F_{mejor} - F_{peor}} * W_j \quad (8)$$

En donde:

Cn: cada uno de los criterios

Wj: pesos del método que este se escogió (Entropía)

Al aplicar la fórmula 8, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 41. VIKOR, matriz de decisión, al aplicar la fórmula 8

ALTERNATIVAS/CRITERIOS	PRECIO	CILINDRAJE	CAPACIDAD DE CARGA LITROS	CONSUMO KM/GL	DISEÑO	ESTABILIDAD	CAPACIDAD TANQUE	LUJOS Y ACCESORIOS
SPARK	0,00	0,00	0,11	0,00	0,12	0,12	0,12	0,13
SPARK GT	0,12	0,05	0,13	0,09	0,00	0,06	0,11	0,00
AVEO	0,05	0,12	0,01	0,12	0,06	0,06	0,01	0,04
SAIL	0,11	0,10	0,00	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00

PASO 3

Se procede a calcular Qj, S Y R mediante la siguiente Relación:

S: Se obtiene sumando verticalmente los valores de los criterios (los resultados de la anterior tabla).

R: Se obtiene del máximo de valores de los criterios (Los resultados de la anterior tabla).

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1 - v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*)$$

(9)

En donde:

$$S^* = \min_j S_j; S^- = \max_j S_j; R^* = \min_j R_j; R^- = \max_j R_j$$

v: Valor que representa la posición del decisor frente al riesgo. Normalmente el valor se toma 0.5 para representar una posición neutra frente al riesgo aunque se puede tomar cualquier valor de 0 a 1. El valor que se toma para esta investigación es 0.5 (Posición neutra)

Al aplicar la fórmula 9, se obtiene la siguiente tabla:

TABLA DE S, R Y Q

Tabla 42. Vikor, S, R y Q 1

ALTERNATIVAS	S	R	Q
SPARK	0,61	0,13	0,86
SPARK GT	0,57	0,13	0,94
AVEO	0,48	0,12	0,63
SAIL	0,31	0,11	0,00

Dónde:

Q (Representa la solución de compromiso)

R (Representa la distancia entre las alternativas a la peor solución)

S (Distancias de las mejores alternativas a la mejor solución)

PASO 4

Para comprobar que nuestra solución es aceptable se hace de la siguiente manera, como son alternativas (J) son 4, se obtiene utilizando la fórmula:

$$DQ = 1/(J - 1) \quad (10)$$

En donde:

J= número de alternativas

Se obtiene un **DQ=0.3333** este valor debe ser mayor o igual al siguiente procedimiento:

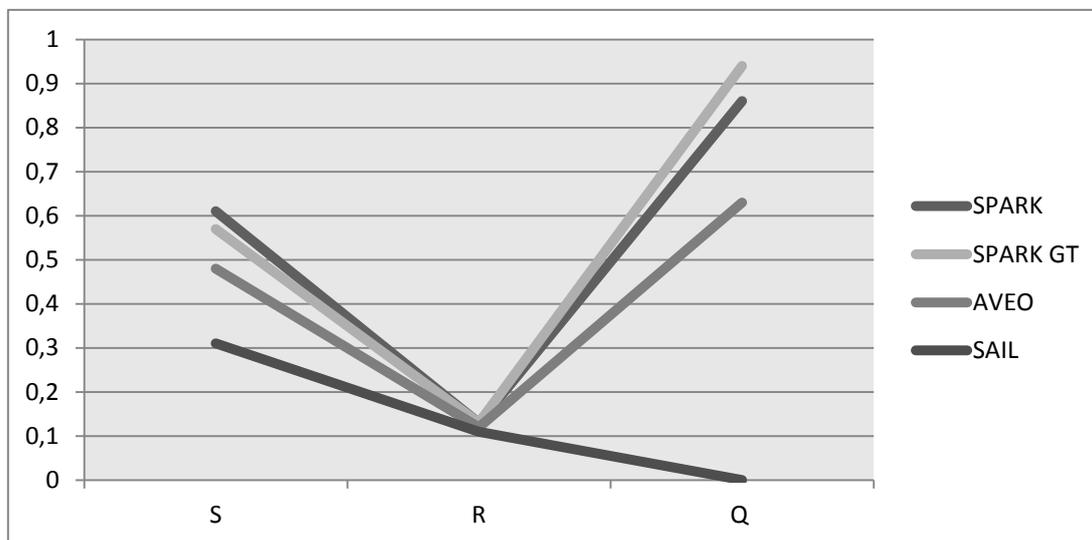
- a. Ventaja aceptable. $Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ$, donde $DQ = 1/(J - 1)$ y $A^{(2)}$ es la alternativa que ocupa la segunda posición en la lista ordenada por valor de Q.
- b. Estabilidad aceptable en la decisión. La alternativa $A^{(1)}$ deberá ser también la mejor en las listas S y/o R.

Se toma el segundo valor más cercano al primero, que es 0.63, y se hace la siguiente operación (**Literal a**) $0.63 - 0 = 0.63$, lo cual es aceptable ya que es mayor que DQ.

En la tabla anterior se puede observar, el **SAIL** es la solución de compromiso, ya que es aceptable por lo anteriormente dicho. A continuación se observa la gráfica para una mayor apreciación.

GRÁFICA DE LINEAS S, Q Y R; SEGÚN ALTERNATIVA

Grafico 11. Líneas S, Q Y; según cada alternativa y modelo Entropía



En la gráfica anterior se aprecia que nuestra solución de compromiso, con el modelo de asignación de pesos Entropía es el **SAIL**, es línea que se aleja de las demás.

Utilizando el modelo de asignación de pesos eigenpesos, se obtiene lo siguiente:

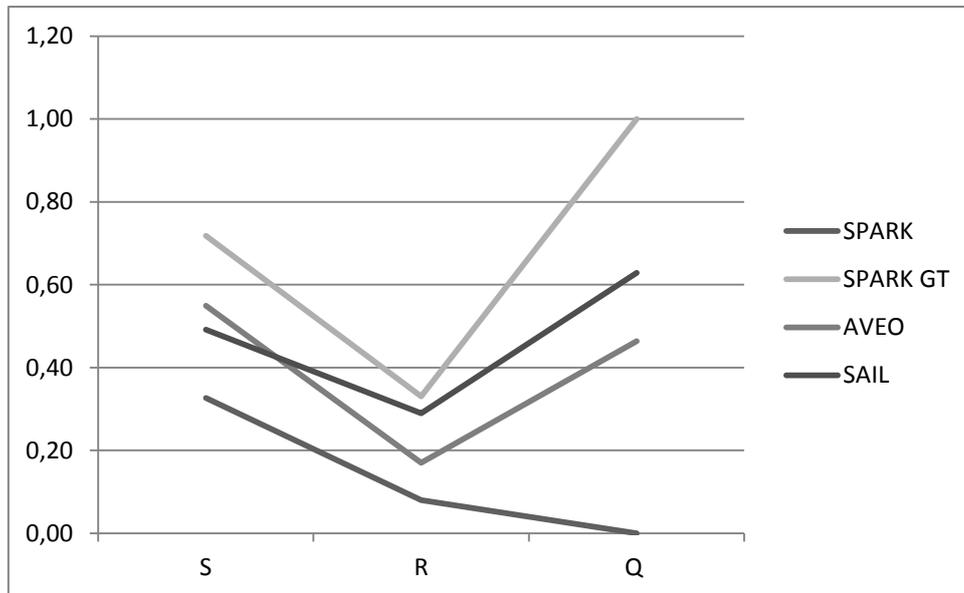
TABLA S, R Y Q

Tabla 43. VIKOR, S, R y Q, con método de asignación de pesos Entropía

ALTERNATIVAS	S	R	Q
SPARK	0,33	0,08	0,00
SPARK GT	0,72	0,33	1,00
AVEO	0,55	0,17	0,46
SAIL	0,49	0,29	0,63

GRÁFICA DE LINEAS S, Q Y R; SEGÚN CADA TERNATIVA

Grafico 12. Líneas S, Q y R; según Modelo de asignación de pesos Eigenpesos



En la gráfica de líneas se aprecia, que la solución de compromiso con el modelo de entropía es el **SPARK**.

Como se observa anteriormente con los modelos de asignación de pesos de entropía y eigenpesos nos dan como resultado dos soluciones de compromiso diferentes. Con el modelo eigenpesos la alternativa a escoger es el **SPARK** y con el modelo de entropía nos da como alternativa el **SAIL**.

CONCLUSIONES

- Se propone una metodología para seleccionar un vehículo para un colombiano utilizando tres modelos de decisión multicriterio discreta, el cual brinda información para ayudar al proceso de toma de decisiones de una manera estructurada y comprensible.
- Se indagó, analizó y propuso las alternativas y los criterios que se tuvieron en cuenta para la toma de decisiones. El modelo para la ponderación de los criterios que se escogió fue el de entropía, debido a que no intervienen decisores, no tiene un límite de información (permite agregar más criterios y alternativas), es modelo que es netamente matemático y el método que se escogió para la selección de la alternativa es Vikor, porque genera estabilidad de la alternativa a elegir y establece la solución de compromiso.
- Se buscaron e Identificaron los tipos de métodos, herramientas o modelo para cálculo de pesos y la selección de alternativas más adecuados para esta decisión.
- Se diseñó una metodología para seleccionar el vehículo más adecuado para un colombiano, la cual es fácilmente comprobable y replicable.
- Se aplicó la metodología modular de 3 métodos de selección de alternativas para comparar los resultados y tomar la decisión más adecuada.
- Se determinó cuál es la mejor alternativa, la cual fue el SAIL mediante un análisis de los resultados obtenidos a partir de los tres métodos aplicados.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARBA-ROMERO, S., POMEROL, J.Ch., (1997), Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica. Serv. Public. Universidad de Alcalá de Henares
2. ROMERO J, (2012).Selección del método de explotación minera a partir de información cuantificada aplicando técnicas de decisión multicriterio
3. CORTES ALDANA F. A. Y OTROS, Selección de una tecnología de Banda ancha para la Universidad Nacional de Colombiamediante el empleo de una técnica de decisión multicriterio.
REVISTA INGENIERIA E INVESTIGACION VOL. 27 No.1, ABRILDE 2007 (132-137)
4. JERONIMO AZNAR BELLVER Y FRANCISCO GUIJARRO MARTINEZ, (2012), Nuevos Métodos de Valoración. Modelos Multicriterio. UniversitatPolitécnica de Valencia.
5. Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European Journal of Operational Research, 178(2), 514-529.
6. Tzeng G.H. (2011) Multiple Attribute Decision Making, Methods and Appications
7. Zeleny M. (1982): Multiple Criteria Decision Making. Ed. Mc GrawHill, New York
8. Kendall, 1970 Kendall, M.G. (1970). Rank Correlation Methods, 4th ed. Griffin, London
9. Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. Management science, 26(7), 641-658.
10. Saaty, T. L. (2010). Mathematical Principles of Decision Making
11. Romero, C. (1996). Análisis de las decisiones multicriterio (No. 14). Madrid,, Spain: Isdefe.
12. Osorio, J. C., & Orejuela, J. P. (2005). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio.
13. Leyton, L. A. G. (2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. Universitat Politècnica de Catalunya.

14. GUERRERO-BAENA, M. D., GÓMEZ-LIMÓN, J. A., & FRUET-CARDOZO, J. V. LAS DECISIONES FINANCIERAS CORPORATIVAS Y EL PARADIGMA MULTICRITERIO: ESTADO DE LA CUESTIÓN.
15. Delgado, A., & Blanco Fonseca, M. (2009). Modelo multicriterio para el análisis de alternativas de financiamiento de productores de arroz en el Estado Portuguesa, Venezuela. *Agroalimentaria*, 15(28), 35-48.