

Implementación del análisis jerárquico analítico

Analytic hierarchy process development

Sergio A. Fernández Henao¹

, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
sfernandez@utp.edu.co

Resumen— El presente artículo se enfoca en la implementación del Análisis Jerárquico Analítico (AHP), para determinar estadísticamente la preferencia de las personas encargadas de tomar la decisión de qué sistema de combustión (Gasolina, Gas natural vehicular, A.C.P.M. y Etanol) instalar en su automóvil. Para el desarrollo de esta temática se eligió como población objetivo, el gremio de los taxistas, en cabeza de los directivos de las cooperativas de taxis de Pereira, Dosquebradas, Armenia y Cartago. Lo anterior, debido al alto consumo de combustible que presenta esta población y el conocimiento de los diferentes sistemas de combustión.

Palabras clave— Alternativas, Consistencia, Hipótesis, Jerarquía, Ponderaciones.

Abstract— This paper focuses on the development of the technique "Analytic Hierarchy Process (AHP)" to statistically determine the preference of the people who make the decision on which fuel system (gasoline, natural gas vehicles, diesel and ethanol) placed on your car. For the development of this research was taken as the target population, the union of taxi drivers, emphasis on managers of Pereira, Dosquebradas, Armenia and Cartago, taking as a factor in choosing the high fuel consumption shows that guild and their knowledge about different combustion systems.

Key Word— Alternatives, Consistency, Hierarchy, Hypothesis, Weights.

I. INTRODUCCIÓN

Los biocombustibles se han convertido con el paso de los años en una alternativa ideal para la disminución de la contaminación expedida a la atmósfera por los combustibles empleados tradicionalmente en los sistemas de transportes. Cada vez más, países del mundo se proponen en bajar sus índices de emisión de CO₂ a la atmósfera, mostrando gran preocupación por el efecto que están presentando por la acumulación de sustancias tóxicas en la atmósfera.

Desde el año 2001, el gobierno colombiano se propuso en impulsar la producción de biocombustibles, obligando una mezcla del 10% de etanol en la gasolina para el año 2005 (amparado en la ley 693 del año 2001), buscando primordialmente la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles [1].

En concordancia con lo anterior, se han generado otras propuestas para sistemas de combustión a base de Gas natural vehicular y Etanol, entre otros. Es así como en esta investigación se indagó en la población de gerentes de compañías de taxis de las ciudades de Pereira y Dosquebradas sobre, ¿Cuál sería el sistema de combustión elegido?, sí al momento de tomar la decisión, se tiene cuatro subcriterios claves "Economía, Potencia, Cuidado al medio Ambiente y Vida útil del sistema" en donde el gerente puede elegir entre los sistemas de combustión a base de: Gasolina, Gas natural vehicular (GNV), A.C.P.M y Etanol (sistemas flex fuel).

La Toma de Decisiones es una las actividades inherentes al ser humano que da idea de su capacidad, autodesarrollo y grado de libertad. Este carácter intrínseco ha provocado que su estudio se aborde desde diversas perspectivas dando lugar a una gran variedad de planteamientos y cuestionamientos, entre los cuales, existe una amplia gama de métodos cualitativos. Se puede mencionar algunos de ellos: Algoritmos de Decisión (AHP), Programación Lineal, Programación No Lineal, Heurísticas, Metaheurísticas entre otros. Cualquier actividad del ser humano involucra, directa o indirectamente, la valoración de un grupo determinado de posibilidades de alternativas, para los cuales la mayoría de veces uno de ellos está en conflicto con los otros [2].

II. ANÁLISIS JERÁRQUICO ANALÍTICO

I. Generalidades.

El método de Análisis Jerárquico Analítico (AHP), es un algoritmo diseñado para cuantificar juicios u opiniones gerenciales, sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios en conflicto, empleados en el proceso de toma de decisión.

¹ Ingeniero Industrial, M. Sc.

El AHP “ANALYTIC HIERARCHY PROCESS” permite mediante un modelo jerárquico, organizar la información de un problema de manera eficiente, descomponerla y analizarla por partes, para finalmente visualizar los efectos de cambios en los niveles de decisión con base a los criterios elegidos por el investigador.

Dicho método puede ser aplicado para diferentes entornos de decisión: selección de proveedores [3], Planes de biodiversidad [4], Localización de una fábrica [5], transporte urbano [6], entre otros.

II. Metodología.

Para la aplicación del Análisis Jerárquico Analítico en la población objeto de estudio, se utilizó la metodología propuesta por Saaty [7], la cual se resume a continuación.

- ✓ Establecimiento de una escala de calificación para la evaluación de las alternativas de decisión;
- ✓ Priorización de los elementos del modelo jerárquico;
- ✓ Comparaciones binarias entre los elementos;
- ✓ Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos;
- ✓ Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados;
- ✓ Análisis de sensibilidad.

Algunas de las ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio son:

- ✓ Presentar un sustento matemático.
- ✓ Permitir desglosar y analizar un problema por partes.
- ✓ Permitir medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común.
- ✓ Incluir la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso.
- ✓ Permitir verificar el índice de consistencia y hacer correcciones, si es el caso.
- ✓ Generar síntesis y análisis de sensibilidad.
- ✓ Servir como complemento o insumo para otras técnicas de optimización o de análisis multivariado.

III. CASO DE ESTUDIO.

Se diseñó un instrumentó de recolección de información que permitió conocer los factores de decisión más significativos que tienen en cuenta los gerentes de las compañías de taxis en cuanto a la utilización de un sistema de combustión.

Esta elección obedece entre otras razones, al hecho de que estos gerentes son expertos en la administración y mantenimiento de los taxis. Además son conocedores de los diferentes sistemas de combustión, sin olvidar su proximidad a los dueños de los taxis y el peso que tiene la opinión para un asociado al momento de pensar en realizar un cambio al sistema de combustión de sus vehículos.

Como objetivo del estudio se estableció “Seleccionar el mejor sistema de combustible”. Los criterios de decisión son: Economía, Potencia, Vida Útil y Cuidado del Medio Ambiente. Finalmente, las alternativas de decisión hacen referencia a los cuatro sistemas de combustible: A.C.P.M. Gas Natural Vehicular, Gasolina y Etanol.

La tabla 1, presenta la comparación de la escala de valoración tradicional y la escala propuesta y utilizada en la implementación de esta técnica estadística.

ESCALA DE COMPARACION		PROPUESTA
Extremadamente más preferido	9	Alta Preferencia (4)
De muy poderosamente más a extremadamente más	8	Mediana Preferencia (3)
Muy poderosamente más preferido	7	
De poderosamente más a muy poderosamente más	6	Baja Preferencia (2)
Poderosamente más preferido	5	
De moderadamente más a poderosamente más	4	
Moderadamente más preferido	3	Igual Preferencia (1)
De igual a moderadamente más	2	
Igualmente preferido	1	

Tabla 1. Comparación entre la escala tradicional y la propuesta en el estudio realizado.

Se realizaron en total 10 encuestas, en donde el elemento muestral fue cada uno de los gerentes de las asociaciones o empresas de taxis de las ciudades de Pereira, Dosquebradas, Armenia y Cartago.

La información de las encuestas realizadas se tabuló en un aplicativo para el análisis del método AHP, diseñado en EXCEL, por medio del cual, se comprobó la validez de los juicios realizados por los administradores

En la tabla 2, se presenta un instrumento diligenciado por un gerente que presenta validez en todos sus juicios, en donde los valores de la diagonal principal corresponden a comparaciones realizadas con la misma alternativa de decisión.

Los valores enteros de las tablas corresponden al juicio emitido por el gerente de la compañía y deben ser interpretados según los valores de verdad de la tabla 1. El valor inverso corresponde a una selección de preferencia inversa de un combustible sobre el otro.

Alternativa	Economía			
	Gas	Gasolina	ACPM	Etanol
Gas (GNV)	1	3	2	1
Gasolina	0.3	1	3	1
ACPM	0.3	0.3	1	1
Etanol	1	1	1	1
RC = 0.0435				
Alternativa	Cuidado al medio Ambiente			
	Gas	Gasolina	ACPM	Etanol
Gas (GNV)	1	2	2	1
Gasolina	0.5	1	1	1
ACPM	0.5	1	1	1
Etanol	1	1	1	1
RC = 0.0224				
Alternativa	Potencia			
	Gas	Gasolina	ACPM	Etanol
Gas (GNV)	1	0.25	0.25	1
Gasolina	4	1	0.3	1
ACPM	4	3	1	1
Etanol	1	1	1	1
RC = 0.0396				
Alternativa	Vida útil			
	Gas	Gasolina	ACPM	Etanol
Gas (GNV)	1	0.3	0.3	1
Gasolina	3	1	1	1
ACPM	3	1	1	1
Etanol	1	1	1	1
RC = 0.0580				

Tabla 2. Juicios emitidos por uno de los gerentes encuestados.

Por ejemplo, para el factor de Economía el valor de 3 en la intercepción "Gas vs. Gasolina" de la tabla 2, indica que el gas es medianamente preferido sobre la gasolina. Su valor inverso se halla en la intercepción "Gasolina vs. Gas" y corresponde a un valor de 0.3, que si bien no da

información adicional directa, es necesario para el cálculo del indicador de "Razón de Consistencia". Los resultados de los demás factores se pueden interpretar de igual manera.

Después de haber realizado las comparaciones de todos los factores, estas matrices fueron normalizadas, es decir, se dividió cada término de la matriz sobre la suma de sus columnas, y se obtuvo una matriz de comparación. Con esta matriz, se obtuvo el vector de prioridad del criterio al promediar los valores de las filas. Este procedimiento se repitió para todos los criterios y se realizó una comparación de los criterios de decisión entre sí.

Finalmente se evaluó su razón de consistencia "RC", la cual, fue obtenida dividiendo el Índice de Consistencia de cada criterio evaluado con su correspondiente Índice de Aceptación.

Es así, como esta metodología de decisión, propone como regla de aceptación, que la Razón de Consistencia sea menor a 0.1 (Esto proviene de trabajar con un nivel de significancia del 10 %). De lo contrario, se debe volver a evaluar el criterio respectivo hasta que se acepte la razón de Consistencia.

Con base a lo anterior, se puede observar en la tabla 2, que todos los criterios arrojaron una Razón de Consistencia menor a 0.1 (Economía = 0.0435, Cuidado del Medio Ambiente = 0.0224, Potencia = 0.0396 y Vida Útil = 0.058), lo cual, indica que la evaluación de los juicios fue realizada a conciencia y por ende existe consistencia entre los valores asignados entre cada pareja de alternativas de decisión.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

La tabla 3, presenta los valores de elección ponderados para cada alternativa de decisión, clasificadas por cada criterio. Con esta información observada por columnas, se obtiene cuatro comportamientos de elección claramente diferenciables para la población objeto de estudio.

Por ejemplo, el sistema de combustión "Gas" es el más preferido, si se tiene en cuenta el criterio de "Economía" o el criterio de "Cuidado con el medio ambiente", ya que obtiene la mayor ponderación en la primera columna (0.37807) y en la tercera (0.38738).

En cambio, sí el criterio de elección es "Potencia" entonces el sistema elegido es "La Gasolina" con una ponderación de 0.30397 en la segunda columna.

Finalmente, para el criterio "Vida útil del sistema", el sistema de combustión elegido es el "ACPM" con una ponderación de 0.33610, observable en la cuarta columna.

MATRIZ DE PRIORIDADES PARA LAS CUATRO ALTERNATIVAS DE DECISIÓN				
	Economía	Potencia	Cuidado Ambiente	Vida Útil
Gas (GNV)	0.37807	0.15749	0.38738	0.19652
Gasolina	0.17314	0.30397	0.17877	0.12355
ACPM	0.21265	0.29366	0.19999	0.33610
Etanol	0.23614	0.24488	0.23386	0.34387

Tabla 3. Matriz de prioridades.

Igualmente, la ponderación obtenida para los cuatro criterios se presenta en la tabla 4, en donde se puede observar que la población objeto de estudio, tiene en primera consideración la “Economía” del combustible (0.37), seguido por la “Vida Útil” (0.303), luego el “Cuidado del Medio Ambiente y finalmente la “Potencia”.

Criterio	Ponderación
Economía	0,37
Potencia	0,115
Cuidado del medio ambiente	0,212
Vida Útil	0,303

Tabla 4. Ponderación de los criterios.

Por último, la tabla 5 muestra los resultados de la elección de los gerentes según el método AHP para cada tipo de combustible.

Tipo de combustible	Porcentaje de predilección
Gas (GNV)	0.2997
Gasolina	0.1743
ACPM	0.2567
Etanol	0.2693

Tabla 5. Ponderación final de los juicios.

Los valores anteriores se lograron multiplicando la ponderación de los juicios de las alternativas de decisión presentados en la tabla 3, con la ponderación de sus correspondientes criterios presentados en la tabla 4.

Esta metodología de análisis de las prioridades del uso de combustibles aplicada a los gerentes de las compañías de taxis de Pereira, Dosquebradas, Armenia y Cartago, evidencia que el combustible ideal según los criterios de elección AHP, es el Gas natural vehicular GNV.

Lo anterior se evidencia en la tabla 5, observando que el combustible preferido por los empresarios del transporte es

“El Gas” con un peso de 0.2997, seguido por “El Etanol” con un peso de 0.2693.

También, es interesante observar como los pesos o ponderaciones finales obtenidas para el ACPM y el etanol, dieron muy similares, esto evidencia que no hay una diferencia marcada por la elección de alguno de estos dos tipos de combustible por parte de la población objeto de estudio.

V. CONCLUSIONES.

La investigación realizada, mostró que para la población de gerentes del gremio taxista de las ciudades de Pereira, Dosquebradas, Cartago y Armenia; el sistema de combustión elegido es el Gas Natural Vehicular, basados en los criterios de: Economía, Potencia, Cuidado del Medio ambiente y Vida útil del motor.

Dado que para el desarrollo de la investigación, se eligió un panel de “expertos” con el cual se esperaba contar con suficiente información significativa sobre los diferentes sistemas de combustión, dicha hipótesis fue desmentida al momento de probar la consistencia de los juicios emitidos por los gerentes, en donde el 50% de los gerentes encuestados no presentaron inconsistencias en los diferentes juicios. Lo anterior evidencia la complejidad que se genera cuando se realiza un juicio, el cual, conlleva a una elección, contradiciendo indirectamente la consistencia lógica de los juicios.

Se pudo también observar con la aplicación de la técnica AHP, que la Gasolina tiende a ser la elegida si se considera como factor principal la Potencia, sin embargo, factores como Economía y Cuidado del Medio Ambiente, han ido cambiando los hábitos de preferencia de los consumidores, más aún, en aquellas poblaciones donde el consumo de combustibles es relevante.

Gracias al componente estadístico de prueba que tiene la metodología AHP, el cual, se evalúa a través de la Razón de Consistencia, se puede confiar en los resultados finales de elección que arroja dicha metodología. Lo anterior debido a que la técnica solo acepta aquellas valoraciones de juicio que sean consistentes e impide continuar si hay una falla en dicha valoración de juicios.

REFERENCIAS

- [1]. Cárdenas. G.J. “El presente y futuro de los biocombustibles en Colombia” II Congreso de Vialidad y Tránsito–Expovial. Cali. Colombia. <http://expovialcolombia.com/expovial/index.php.2006>.
- [2]. Sánchez.R. “La toma de decisiones con múltiples criterios.” Un resumen conceptual y teórico. Centro de

- planificación y gestión, Universidad Mayor de San Simón. 2001.
- [3]. Herrera. U.M.F, Osorio. G.J.C. “Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso”. Estudios Gerenciales, Universidad ICESI, No 99. Pg. 69-88. 2006.
 - [4]. Diaz. D. “Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico a Planes de Conservación de la Biodiversidad”. Biodiversidad & Conservación Integral. N° 2. Art. 1. pp. 01-30. 2003.
 - [5]. Cook.G, Lopez.R.J.F. “Lúdica aplicada al problema de localización de planta física utilizando analytic hierarchy process (ahp), y solver para excel”, Scientia et Technica, Universidad Tecnológica de Pereira, No 42, pp 149-154. 2009.
 - [6]. Yedla.S, Shrestha.R.M. “Application of Analytic Hierarchy Process to Prioritize Urban Transport Options – Comparative Analysis of Group Aggregation Methods”, Asian Institute of Technology (AIT), Thailand. 2007.
 - [7]. Saaty.T. “How to a make a decision: The analytic hierarchy process” European Journal of Operational Research, Vol 48, pp 9-26. 1990.