

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

[DOI 10.35381/cm.v10i2.1427](https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1427)

Métodos multicriterio MCDM aplicados en la selección de un material para Rollbar

Multi-criteria MCDM methods applied in the selection of a rollbar material

Juan Diego Zurita-Vargas
ua.juanzv40@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1044-2681>

Jorge Sebastian Sanchez-Martinez
jorgesm53@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6483-7406>

Anthony Joel Perez-Perez
anthonypp39@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-8750-9787>

Jair Alessandro Valle-Galarza
jairvg23@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-9544-0679>

Recibido: 15 de mayo 2024
Revisado: 15 de junio 2024
Aprobado: 15 de septiembre 2024
Publicado: 01 de octubre 2024

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo aplicar un análisis multicriterio de materiales para un Rollbar. Este proceso implicó la consideración de varios criterios, como resistencia, peso, rigidez y disponibilidad, entre otros, a fin de determinar el mejor material disponible para esta específica aplicación. Metodológicamente, el estudio tuvo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, el cual permitió llevar a cabo un análisis que condujo a una evaluación exhaustiva de diferentes tipos de materiales utilizados, identificando las fortalezas y debilidades de cada uno. Con base en los métodos establecidos, se tomó una decisión fundamentada en el material más adecuado para el Roll bar, teniendo como resultado un enfoque de análisis multicriterio óptimo para la selección del material, teniendo en cuenta múltiples aspectos relevantes. Por tanto, se concluyó que al considerar factores clave y aplicar un método objetivo, se obtuvo una categorización del mejor material para esta aplicación, así como el menos viable.

Descriptor: Multicriterio; rigidez; peso; rally; Rollbar; automovilismo. (Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

The objective of this research was to apply a multi-criteria material analysis for a rollbar. This process involved the consideration of several criteria, such as strength, weight, stiffness and availability, among others, in order to determine the best material available for this specific application. Methodologically, the study had a quantitative experimental approach, which allowed an analysis that led to an exhaustive evaluation of different types of materials used, identifying the strengths and weaknesses of each one. Based on the established methods, an informed decision was made on the most suitable material for the Roll bar, resulting in an optimal multi-criteria analysis approach for material selection, taking into account multiple relevant aspects. Therefore, it was concluded that by considering key factors and applying an objective method, a categorization of the best material for this application, as well as the least viable, was obtained.

Descriptors: Multicriteria; stiffness; weight; rally; rollbar; automotive. (UNESCO Thesaurus).

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

INTRODUCCIÓN

La presente investigación cumple un papel importante sustentado en realizar un análisis, es decir, un cálculo de un rollbar para su implementación en un vehículo de rally. Ello implica la implementación de materiales que sean capaces de soportar las torsiones, volcaduras, frenado y vibraciones que se produce en competición. Yajure & Guzmán (2017) afirman que “es necesario tener una metodología para la selección correcta de la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica a partir de las fuentes de energías renovables, considerando las técnicas de decisión multicriterio” (p. 274).

El presente documento presenta diversos criterios y características a tomar en cuenta para determinar el tipo de material a utilizar en un vehículo de competición dependiendo de su categoría. Según Garza & González (2014), “la aplicación de más de un criterio para la selección contribuye al incremento de la calidad de las decisiones y a elevar la eficiencia y la eficacia de la organización” (p. 125). Izar et al. (2023) afirman que “la toma de decisiones es inherente en las actividades diarias que lleva a cabo el ser humano” (p. 2). Grajales et al. (2013) consideran:

El método multicriterio como una herramienta útil para determinar el impacto de acciones a desarrollo sobre la sostenibilidad al incorporar los conflictos que existen entre objetivos económicos, ambientales y sociales, y entre distintos niveles de decisión en las evaluaciones científicas. (p. 285)

Esto permitirá a los usuarios tener el conocimiento técnico suficiente para tomar sus propias decisiones y modificar, de manera responsable, sus jaulas dependiendo de su necesidad económica o de seguridad, utilizando un método objetivo para evaluar y seleccionar los materiales más adecuados. De acuerdo con Mayor et al. (2016) “los métodos de decisión multicriterio son cada vez más útiles para solucionar problemas de selección de contratistas de construcción e infraestructura debido al aumento de la comprensión de su utilidad” (p. 56).

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

En la actualidad los rollbars de seguridad deben cumplir con ciertas condiciones de la FIA (Federación Internacional del Automóvil) y ser comprobadas con distintos simuladores que permitan ver las cargas y fuerzas que soporta dicha estructura mediante una colisión. Actualmente, existen varios estudios basados en el comportamiento de un rollbar de un vehículo de competición, tales como impactos, deformaciones, y análisis mecánico. Sin embargo, no existe un análisis que haga referencia al material más idóneo para ser construido. Acosta et al. (2009) manifiestan que “la metodología más aplicada por los investigadores es la de ensayo y error, debido a las inconsistencias en la literatura” (p. 105). Chérrez et al. (2018) expresan que “la selección de material para un componente automotor es un proceso complejo, porque implica una exploración de los principales criterios de acuerdo con las propiedades exigidas por el componente a diseñar” (p. 83). El rally es una cultura automovilística muy apreciada en nuestro país, la cual, hoy en día, debe basarse en reglamentaciones estructurales y mecánicas a cumplir por el vehículo para salvaguardar tanto la vida de sus ocupantes como de sus espectadores al momento de estar en competición.

El objetivo de esta investigación fue aplicar un análisis multicriterio de materiales para un Rollbar. Esto, para definir un criterio de selección del material más idóneo a utilizar. Para Burbano (2016), “el análisis multicriterio parte del enfoque sistémico de la realidad; por ello, las problemáticas son analizadas con un enfoque integral y holístico, desde las diversas dimensiones de la sociedad: económica, social, ambiental, cultural, política, tecnológica y legal” (p. 2). Contreras et al. (2010), por su parte, expresan que “las Técnicas de Decisión Multicriterio (MCDM) se han ido transformando en herramientas importantes en la actualidad, especialmente en la alta gerencia de las organizaciones, asesores y consultores técnicos para empresas privadas y gubernamentales” (p. 8). Según Parada (2009), “el control total de la calidad, la dirección por objetivos, el mercadeo y la logística constituyen, bajo formas y campos diferentes, métodos de gestión inspirados en un enfoque integrador y sistémico” (p. 171).

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

MÉTODO

La presente investigación se llevó a cabo bajo un análisis cuantitativo, ya que se obtuvieron datos mediante cálculos matemáticos de las cargas y de los tipos de materiales empleados. Se utilizó un método experimental, ya que se tuvo como principal objetivo aplicar un análisis multicriterio de un rollbar para la categoría N de rally y su cálculo con datos obtenidos de investigaciones previas. A continuación, en la figura 1, se describe el tipo de ensayo y materiales utilizados en la construcción de un rollbar, física 100% funcional.



Figura 1. Mecánica Miranda Racing.
Elaboración: Los autores.

RESULTADOS

Rollbar para Rally

Un rollbar es una estructura fundamental en el rally, la cual nos permite salvaguardar la vida de los ocupantes del mismo y minimizar la deformación de la cabina del automóvil. Hoy en día, toda jaula debe ser homologada por la FIA, ya que es la asociación encargada de calificarla, determinando así, si el este se puede usar en competencia según las especificaciones de los materiales y la geometría de la construcción. A continuación la figura 2, muestra la estructura de acero

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle



Figura 2. Estructura de Acero.

Elaboración: Los autores.

Procedemos a ver el diseño que le corresponde estructuralmente al modelo y, de igual forma, los tipos de material. Lo primero que se realiza es re-soldar todos los compactos para mayor resistencia; de ahí, se empieza a construir, lo cual se conoce como un rollbar con la carrocería ya empotrada. Esta jaula tiene ocho puntos de anclaje, cuya estructura puede ser armada con tres diferentes materiales. Así lo muestra la figura 3.

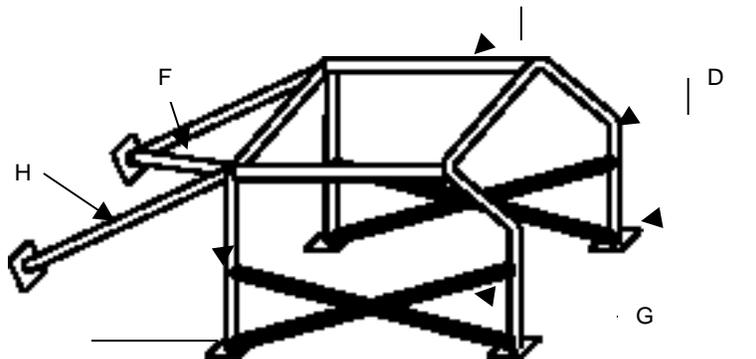


Figura 3. Estructura de RollBar.

Elaboración: Los autores.

Análisis multicriterio

El análisis multicriterio es una herramienta útil para la toma de decisiones, especialmente en situaciones complejas que involucran varios factores o criterios. Los tres métodos más comunes para abordar estos problemas son COPRAS, VIKOR y

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

TOPSIS. En este análisis, examinamos paso a paso cómo se utiliza cada método, su propósito y cuándo se recomienda su uso.

Método Vikor

Cuando se requiere tomar una decisión entre varias opciones con diferentes objetivos y metas, el método VIKOR es adecuado. Es particularmente beneficioso en situaciones en las que las preferencias de los tomadores de decisiones están presentes y se busca una solución que combine las diferentes opciones.

El proceso para la aplicación de este método es el siguiente:

Paso 1: Encontrar Criterios y Alternativas.

- Definir de manera precisa los estándares que se utilizan para evaluar las alternativas del problema.
- Enumerar todas las opciones potenciales a evaluar.

Paso 2: Implementación de la normalización de datos.

Los datos deben tener el mismo rango y escala.

- Esto se logra normalizando los valores de cada criterio a una escala común, generalmente de 0 a 1.

Paso 3: Calcular la suma de los criterios de preferencia.

- Utilizar métodos de análisis subjetivo o encuestas para determinar el peso de los criterios de preferencia.

Paso 4: Cálculo de la matriz de concordancia.

- Calcular la matriz de concordancia, que mide el grado en que cada alternativa es mejor que las demás en cada criterio.

Paso 5: Cálculo de la matriz de discordancia.

- Calcular la matriz de discordancia, que mide el grado en que cada alternativa es peor que las demás en cada criterio.

Paso 6: Calculo de la medida de VIKOR.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Calcular la medida de VIKOR para cada alternativa, utilizando la siguiente fórmula: $V = w * S + (1 - w) * R$

Donde:

- V es la medida de VIKOR para una alternativa específica.
- w es el peso asignado al criterio de máximo desventaja ($0 \leq w \leq 1$).
- S es la distancia desde la mejor alternativa para cada criterio ($S_i = \max_i - x_i$).
- R es la distancia desde la peor alternativa para cada criterio ($R_i = x_i - \min_i$).
- x_i es el valor normalizado del criterio i para la alternativa.

Paso 7: Clasificación de alternativas

- Clasificar las alternativas en función de la medida de VIKOR, de mayor a menor. La alternativa con la mayor medida de VIKOR será la más recomendada para la selección.

Método Copras

Cuando se tienen datos cualitativos y cuantitativos y se necesita evaluar y clasificar alternativas según múltiples criterios, el método COPRAS es útil. Cuando la toma de decisiones implica un grado de incertidumbre o cuando se requiere una comparación sistemática y objetiva entre varias opciones, es particularmente adecuado.

El proceso para la aplicación de este método es el siguiente:

Paso 1: Encontrar Criterios y Alternativas

- Definir de manera precisa los estándares que se utilizarán para evaluar las alternativas del problema.
- Enumerar todas las opciones potenciales a ser evaluadas.

Paso 2: Establecer las relaciones de comparación

- Establecer las relaciones de comparación entre los criterios. Para cada par de criterios, se debe indicar si uno es más importante, igual o menos importante que el otro.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Paso 3: Construcción de la matriz de comparación

- Construir una matriz de comparación a partir de las relaciones establecidas en el paso anterior. La matriz de comparación es una matriz de proporciones complejas que refleja las relaciones entre los criterios.

Paso 4: Implementación de la normalización de datos

- Los datos deben tener el mismo rango y escala.
- Esto se logra normalizando los valores de cada criterio han una escala común, generalmente de 0 a 1.

Paso 5: Calcular el peso

- Cada criterio debe ser valorado en función de su importancia relativa en la toma de decisiones.
- Estos pesos se pueden calcular utilizando encuestas, métodos subjetivos o técnicas de análisis de preferencias.

Paso 6: Clasificación y Evaluación

- Evaluar cada opción en función de cada criterio utilizando las escalas normalizadas.
- Para obtener una calificación ponderada para cada alternativa, se deben multiplicar los valores normalizados por los pesos correspondientes.
- Clasificar las opciones según sus calificaciones ponderadas y elegir la opción con las mejores calificaciones.

MétodoTopsis

El método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) es una técnica de análisis multicriterio que se utiliza para tomar decisiones en situaciones en las que se deben evaluar varias alternativas en función de múltiples criterios. Este método es especialmente útil cuando se tienen criterios cualitativos o cuantitativos y se busca encontrar una solución que sea lo más cercana posible a la "solución ideal".

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Paso 1: Encontrar Criterios y Alternativas

- Definir de manera precisa los estándares que se utilizarán para evaluar las alternativas del problema.
- Enumerar todas las opciones potenciales a ser evaluadas.

Paso 2: Asignación de pesos a los criterios

- Asegurarse de que cada criterio tenga un peso específico para demostrar cuán importantes son en la toma de decisiones. Es necesario sumar todos los pesos. Por ejemplo, si hay tres criterios de importancia igual, cada uno tendría un peso de 1/3.

Paso 3: Normalización de datos

- Los valores de cada criterio se normalizan para mantener una escala uniforme. Los valores de cada criterio para cada alternativa se normalizarán utilizando la fórmula siguiente:

$$V_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Donde:

- V_{ij} es el valor normalizado del criterio j para la alternativa i .
- X_{ij} es el valor real del criterio j para la alternativa i .

Paso 4: Definir soluciones ideales positivas y negativas

- Calcular los valores máximos y mínimos de cada criterio para obtener las soluciones ideales positivas (A+) y negativas (A-).

Paso 5: Calculo de las distancias que están lejos de las soluciones ideales:

- Usando las siguientes fórmulas, se calcula la distancia de cada alternativa tanto a la solución ideal positiva (C+) como a la solución ideal negativa (C-):

$$C_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^+)^2} \quad C_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - v_j^-)^2}$$

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Donde:

- C_i^+ es la distancia de la alternativa i a la solución ideal positiva.
- C_i^- es la distancia de la alternativa i a la solución ideal negativa.
- V_{ij} es el valor normalizado del criterio j para la alternativa i .
- V_{j^+} es el valor máximo del criterio j entre todas las alternativas.
- V_{j^-} es el valor mínimo del criterio j entre todas las alternativas.

Paso 6: Cálculo de la puntuación de cada alternativa

- Finalmente, se calcula la puntuación de cada alternativa utilizando la siguiente fórmula:

$$C_i = C_i^- / (C_i^+ + C_i^-)$$

Donde:

- C_i es la puntuación de la alternativa i .
- C_i^- es la distancia de la alternativa i a la solución ideal negativa.
- C_i^+ es la distancia de la alternativa i a la solución ideal positiva.

Paso 7: Clasificación de las alternativas

- Ordenar las alternativas de mayor a menor según sus puntuaciones. Según los criterios establecidos, la opción con la puntuación más alta será elegida como la mejor.

Aceros para la construcción de un rollbar antivuelco

Acero Galvanizado: El acero galvanizado, por su composición, forma una aleación metalúrgica entre el hierro y el zinc, generando varias capas Inter metálicas de distinta composición. La capa más externa que tiene más contenido de zinc, se caracteriza por su aspecto estético y una superficie gris brillante metálica. A continuación, se muestra la figura 4.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle



Figura 4. Tipos de materiales.

Elaboración: Los autores.

Acero 1045: Es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro; laminado en caliente o con tratamiento térmico.



Figura 5. Acero 1020.

Elaboración: Los autores.

Acero1020: Es un acero de bajo contenido de carbono, de fácil mecanizado y buena soldabilidad. Por su contenido de carbono, estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales o de maquinaria de mediana resistencia.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Tabla 1.
 Detallado de las propiedades de cada material.

Propiedades	Acero Galvanizado	Acero 1045	Acero 1020
Densidad (g/cm ³)	7.85	7.85	7.86
Resistencia a tracción (MPa)	300-450	630-700	410-520
Límite de elasticidad (MPa)	250-370	570-630	290-420
Módulo de elasticidad (GPa)	200	210	190
Coefficiente de expansión térmica (1/°C)	12 x 10 ⁻⁶	11.7 x 10 ⁻⁶	11.7 x 10 ⁻⁶
Conductividad térmica (W/m·K)	43.6	50.2	54.6
Punto de fusión (°C)	1538	1480	1427
Características	Resistente a la corrosión debido al revestimiento de zinc	Alta resistencia mecánica y dureza	Buena maquinabilidad y soldabilidad

Elaboración: Los autores.

Este análisis de la tabla 1 muestra las propiedades de cada material, examinando el acero galvanizado, el acero 1045 y el acero 1020 como materiales para el rollbar de un automóvil de rally. La maleabilidad, el peso y la resistencia a la deformación son los criterios y se utilizan los métodos COPRAS, VIKOR y TOPSIS para elegir el material.

Paso 1: Identificación de Criterios y Alternativas

Criterios:

- Resistencia a la Deformación
- Peso
- Maleabilidad

Alternativas (Materiales):

- Acero Galvanizado
- Acero 1045
- Acero 1020

Paso 2: Normalización de Datos.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Los valores de los criterios deben normalizarse para que tengan el mismo rango y escala. A continuación, se muestra la tabla 2, referente a la Normalización de Datos.

Tabla 2.
Tabla de Normalización de Datos.

Criterio	Acero Galvanizado	Acero 1045	Acero 1020
Resistencia a la Deformación	0.85	0.70	0.60
Peso	0.65	0.55	0.80
Maleabilidad	0.75	0.90	0.50

Elaboración: Los autores.

Paso 3: Determinación de Pesos

Según la tabla 3, los pesos de los criterios se asignan según su importancia relativa.

Tabla 3.
Pesos de Criterios.

Criterio	Peso
Resistencia a la Deformación	0.30
Peso	0.40
Maleabilidad	0.30

Elaboración: Los autores.

Paso 4: Evaluación y Clasificación - Método COPRAS

En el método COPRAS, se multiplican los valores normalizados por los pesos a fin de obtener una calificación ponderada para cada alternativa. Luego se clasifican las alternativas en función de su calificación. A continuación, se muestra la tabla 4.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Tabla 4.
Evaluación Copras.

Material	Clasificación
Acero Galvanizado	0.735
Acero 1045	0.675
Acero 1020	0.615

Elaboración: Los autores.

Resultando del método COPRAS, el acero galvanizado como el material más adecuado, según la tabla 4.

Paso 5: Método VIKOR para la evaluación y clasificación

- Para cada criterio y alternativa, el método VIKOR calcula la distancia hacia la solución ideal y no ideal. Luego se calcula el índice de preferencia de compromiso (PCI) para cada opción. A continuación, se muestra la tabla 5.

Tabla 5.
Evaluación VIKOR.

Material	Distancia Solución Ideal	Distancia Solución No Ideal	Índice de Preferencia Compromiso
Acero Galvanizado	0.125	0.160	0.781
Acero 1045	0.225	0.100	0.490
Acero 1020	0.325	0.100	0.307

Elaboración: Los autores.

Resultante VIKOR: El método VIKOR indica que el acero galvanizado es el material más adecuado, según la tabla 5.

Paso 6: Clasificación y evaluación utilizando el método TOPSIS

El método TOPSIS se utiliza para calcular las distancias a las soluciones ideales y no ideales, así como para obtener la medida de rendimiento relativo (si). Así lo muestra la tabla 6.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

Tabla 6.
Evaluación Topsis.

Material	Distancia Solución Ideal	Distancia Solución No Ideal	Medida de Rendimiento Relativo (si)
Acero Galvanizado	0.125	0.160	0.365
Acero 1045	0.225	0.100	0.477
Acero 1020	0.325	0.100	0.648

Elaboración: Los autores.

Resultado TOPSIS: El mejor material según el método TOPSIS es el acero galvanizado, según la tabla 6.

DISCUSIÓN

El acero galvanizado, el acero 1045 y el acero 1020 fueron evaluados a través de un análisis multicriterio que empleó los métodos TOPSIS, VIKOR y COPRAS para elegir el material del rollbar para los autos de rally. Cada uno de estos enfoques produjo resultados que permitieron evaluar una variedad de elementos y consideraciones pertinentes para elegir el material más adecuado. A continuación, se resaltan algunos hallazgos.

De los tres materiales evaluados para el rollbar de los autos de rally, el acero galvanizado resultó ser la mejor opción. Su alta resistencia a la corrosión y su capacidad para soportar cargas, lo hacen una buena opción para competiciones de rally en condiciones diversas. El acero 1045 también recibió buenas calificaciones, lo que indica que podría ser una opción buena si se busca una mayor resistencia mecánica. El tercer lugar fue el acero 1020, que se clasificó por su menor resistencia en comparación con los otros dos materiales.

Los análisis similares en la literatura respaldan la elección del acero galvanizado como el mejor material para el rollbar de los autos de rally. Debido a su resistencia a la corrosión y su capacidad para soportar cargas significativas, varios estudios han

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

demostrado que el acero galvanizado es un material adecuado. Además, es atractivo para aplicaciones que requieren una alta tasa de deformación debido a su adaptabilidad y ligereza.

El análisis multicriterio ha dado una base sólida para la selección del material del rollbar para los autos de rally. Debido a su alta resistencia a la corrosión y capacidad para soportar cargas, el acero galvanizado es la opción preferida para ambientes difíciles y competiciones exigentes.

CONCLUSIONES

El acero galvanizado es la mejor opción para el roll bar de un automóvil de rally, según los tres métodos de análisis multicriterio (COPRAS, VIKOR y TOPSIS). Este material es ideal para los vehículos de alto rendimiento porque es ligero, maleable y resistente a la deformación, como segunda opción tenemos el acero 1045 y como tercera el acero 1020. La utilización de métodos multicriterio para seleccionar materiales adecuados brinda una base sólida para una toma de decisiones informada y eficiente en la industria automotriz.

En conclusión, la principal función del rollbar es salvaguardar la vida de sus ocupantes dentro del habitáculo siguiendo las reglas de seguridad de la FIA.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

A todos los autores por sus relevantes aportes en el análisis documental del presente estudio.

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Acosta, M., Díaz, R., & Anaya, Á. (2009). Revisión de técnicas de análisis de decisión multicriterio (múltiple criteria decisión analysis -MCDA) como soporte a problemas complejos: pronósticos de demanda. [Review of techniques of multiple criteria decision analysis (MCDA) as a support to complex problems: Demand predictions]. *Revista Guillermo de Ockham*, 7(2), 91-110. <https://n9.cl/ej3d8h>
- Burbano, R. (2016). El Análisis Multicriterio y el Teorema de Arrow. [Multi-criteria Analysis and Arrow's Theorem]. *Revista Politécnica*, 37(1), 1-13 <https://n9.cl/vmknrk>
- Chérrez, M., Martínez, J., Peralta, D., & Llanes, E. (2018). Métodos multicriterio aplicados en la selección de un material para discos de freno. [Multi-criteria methods applied in the selection of a brake disc material]. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (20), 83-95. <https://n9.cl/feszj>
- Contreras, W., Cloquell, V., & Owen, M. (2010). Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la tecnología de la madera, para construcción de viviendas sociales en Venezuela. [Multicriteria decision making techniques in the selection of structural components from wood technology, for construction of social housing in Venezuela]. *Madera y bosques*, 16(3), 7-22. <https://n9.cl/650wk>
- Garza, R., & González, C. (2014). Selección de alternativas críticas aplicando un enfoque multicriterio. [Apply multicriteria methods for critical alternative selection]. *DYNA*, 81(188), 125-130. <https://n9.cl/48zjq>
- Grajales, A., Serrano, E., & Hahn, C. (2013). Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. [Multicriteria methods and processes for assessment]. *Revista Luna Azul*, (36), 285-306. <https://n9.cl/790w1>
- Izar, J., Nájera, J., & Zarate, L. (2023). Estudio comparativo de la aplicación de 5 métodos multicriterio de decisión al caso de selección de personal docente. [Comparative study of the application of 5 multicriteria decision methods in the case of selection of teaching staff]. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 31(23), 1-15. <https://n9.cl/e890dr>
- Mayor, J., Botero, S., & González, J. (2016). Modelo de decisión multicriterio difuso para la selección de contratistas en proyectos de infraestructura: caso Colombia. [A

CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Juan Diego Zurita; Jorge Sánchez; Anthony Pérez; Jair Valle

fuzzy multi-criteria decision-making model for infrastructure projects contractor selection: the Colombian case]. *Obras y proyectos*, (20), 56-74. <https://n9.cl/0uwrw>

Parada, Ó. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. [A Multi-criterion focus for decision- making in inventory management]. *Cuadernos de Administración*, 22(38), 169-187. <https://n9.cl/nwyob>

Yajure, C., & Guzmán, Y. (2017). Estudio comparativo de técnicas de toma de decisiones multicriterio para la jerarquización de tecnologías de energías renovables a utilizar en la producción de electricidad. [Comparative study of multicriteria decision making methods for renewable energy technologies ranking in electricity production]. *Scientia Et Technica*, 22(3), 273-280. <https://n9.cl/akzvj>

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)