

**PROPUESTA DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
MEDIANTE LA METODOLOGÍA PROCESO ANALITICO JERÁRQUICO - AHP
CASO UNIVERSIDAD ECCI MUESTRA MULTIDISCIPLINAR**

DAINIRI JOHANA CAMARGO URREGO

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

2016

**PROPUESTA DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
MEDIANTE LA METODOLOGÍA PROCESO ANALITICO JERÁRQUICO - AHP
CASO UNIVERSIDAD ECCI MUESTRA MULTIDISCIPLINAR**

DAINIRI JOHANA CAMARGO URREGO

Trabajo de grado

GERMÁN ALBERTO RAMÍREZ VALLES

Ingeniero de Producción

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

2016

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del proyecto

Bogotá D.C., Septiembre de 2016

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	12
2	TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	13
3	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
3.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	14
4.1	OBJETIVO GENERAL	14
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5	JUSTIFICACIÓN DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
5.1	DELIMITACIÓN.....	15
6	MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
6.1	MARCO TEÓRICO	15
6.1.1	EL MÈTODO VIKOR	15
6.1.2	VALORACIÓN DE CRITERIOS Y VARIABLES EXPLICATIVAS	18
6.1.3	MÉTODOS CRITIC Y ENTROPÍA APLICADOS A LA VALORACIÓN.....	28
6.1.4	METODO DE LA ORDENACION SIMPLE	30
6.1.5	PROCESO ANALITICO JERARQUICO (AHP)	30
6.2	ESTADO DE ARTE	34
6.3	EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	36
7	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	42
8	DISEÑO METODOLÓGICO	42

9	PLANTEAMIENTO GENERAL DEL MODELO.....	43
9.1	SELECCIÓN DE CRITERIOS Y SUBCRITERIOS	43
9.2	SELECCIÓN DE EXPERTOS	48
9.3	APLICACIÓN INSTRUMENTO.....	50
9.4	APLICACIÓN MEDIA GEOMETRICA A LAS MATRICES PAREADAS	57
9.5	PROPUESTA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS MUESTRA MULTIDISCIPLAR	66
10	CONCLUSIONES	75
11	RECOMENDACIONES.....	75
12	FUENTES DE LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....	76
12.1	FUENTES PRIMARIAS	76
12.2	FUENTES SECUNDARIAS	76
13	RECURSOS.....	76
14	BIBLIOGRAFÍA	78

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Matriz de decisión normalizada.....	16
Ilustración 2 Clasificación de variables explicativas	19
Ilustración 3 Normalización por la suma	21
Ilustración 4 Normalización por el ideal.....	22
Ilustración 5 Formula general de normalización	22
Ilustración 6 Normalización por el rango	22
Ilustración 7 Jerarquía para un proceso de ayuda a la toma de decisiones	28
Ilustración 8 Método Critic	29
Ilustración 9 Método jerárquico.....	31
Ilustración 10 Metodología evaluación proyectos sociales	36
Ilustración 11 Política social.....	37
Ilustración 12 Clasificación de proyectos	39
Ilustración 13 Ciclo de vida de proyectos.....	40
Ilustración 14 Metodología proyectos ciencia, tecnología e innovación.....	41
Ilustración 15 Diseño metodológico	42
Ilustración 16 Árbol de Jerarquías	46
Ilustración 17 Introducción de criterios y subcriterios	49
Ilustración 18 Matriz comparada experto No. 1	51
Ilustración 19 Ponderación subcriterios experto No.1	52
Ilustración 20 Matriz comparada experto No. 2	53
Ilustración 21 Ponderación de subcriterios experto No. 2	54
Ilustración 22 Matriz comparada experto No. 3	55

Ilustración 23 Ponderación de subcriterios experto No. 3	56
Ilustración 24 Matriz de comparación resultante de la Agregación en Expert Choice.....	65
Ilustración 25 Metacriterios ponderados.....	65
Ilustración 26 Propuesta selección proyectos muestra universidad ECCI.....	69
Ilustración 27 Alternativas en el Expert Choice	70
Ilustración 28 Matriz de comparación Subcriterio costo - materiales	70
Ilustración 29 Pesos de importancia subcriterio costos de materiales	71
Ilustración 30 Matriz de comparación Subcriterio costo - proyecto.....	71
Ilustración 31 Pesos de importancia subcriterio costos de proyecto.....	71
Ilustración 32 Matriz de comparación Subcriterio técnico	72
Ilustración 33 Pesos de importancia subcriterio técnico.....	72
Ilustración 34 Matriz de comparación Subcriterio infraestructura	73
Ilustración 35 Pesos de importancia subcriterio infraestructura	73
Ilustración 36 Pesos de importancia Metacriterio viabilidad.....	73

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 Matriz de decisión normalizada	16
Fórmula 2 Fórmula 2 Índice Lp – metica	17
Fórmula 3 Vector selección Sj	17
Fórmula 4 Vector Rj	17
Fórmula 5 índice Qj	18
Fórmula 6 Normalización	21
Fórmula 7 Normalización por la suma.....	21
Fórmula 8 Normalización por el rango.....	23
Fórmula 9 Distancia.....	23
Fórmula 10 Ratio	24
Fórmula 11 Distancia Manhattan.....	24
Fórmula 12 Distancia Manhattan por el modelo Naive	24
Fórmula 13 Ponderación de cada alternativa	27
Fórmula 14 Calculo Entropía.....	29
Fórmula 15 Diversidad	30
Fórmula 16 Ponderación Entropía	30

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Comparación Metacriterios experto No. 1	51
Gráfica 2 Comparación Metacriterios experto No. 2.....	53
Gráfica 3 Comparación Metacriterios experto No. 3.....	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Información de alternativas y criterios para normalizar	21
Tabla 2 Producto de matrices.....	25
Tabla 3 Resultado producto de matrices	26
Tabla 4 Producto de las dos matrices.....	26
Tabla 5 Información alternativas y variables.....	27
Tabla 6 Escala comparaciones	32
Tabla 7 Comparaciones Pareadas	33
Tabla 8 Matriz Cuadrada	33
Tabla 9 Casos de aplicación del método AHP.....	35
Tabla 10 Criterios y subcriterios para la evaluación de proyectos	45
Tabla 11 Escala fundamental de comparación pareada	50
Tabla 12 Matriz de comparación pareada del Experto 1	57
Tabla 13 Matriz de comparación pareada del Experto 2	58
Tabla 14 Matriz de comparación pareada del Experto 3	58
Tabla 15 Matriz resultante de la Agregación de juicios individuales	58
Tabla 16 Matriz de comparación pareada Viabilidad experto 1	59
Tabla 17 Matriz de comparación pareada Viabilidad experto 2.....	59
Tabla 18 Matriz de comparación pareada Viabilidad experto 3.....	59
Tabla 19 Matriz resultante de agregación viabilidad.....	60
Tabla 20 Matriz de comparación pareada costos experto 1.....	60
Tabla 21 Matriz de comparación pareada costos experto 2.....	60

Tabla 22 Matriz de comparación pareada costos experto 3.....	60
Tabla 23 Matriz resultante de agregación costos.....	61
Tabla 24 Matriz de comparación pareada formulación experto 1	61
Tabla 25 Matriz de comparación pareada formulación experto 2	61
Tabla 26 Matriz de comparación pareada formulación experto 3	62
Tabla 27 Matriz resultante de agregación formulación	62
Tabla 28 Matriz de comparación pareada impacto experto 1	62
Tabla 29 Matriz de comparación pareada impacto experto 2.....	63
Tabla 30 Matriz de comparación pareada impacto experto 3.....	63
Tabla 31 Matriz resultante de agregación impacto.....	63
Tabla 32 Matriz de comparación pareada metodología experto 1	64
Tabla 33 Matriz de comparación pareada metodología experto 2.....	64
Tabla 34 Matriz de comparación pareada metodología experto 3.....	64
Tabla 35 Matriz resultante de agregación metodología.....	64
Tabla 36 Índice de Inconsistencias matriz resultante	66
Tabla 37 Criterios de evaluación de proyecto de muestra multidisciplinar.....	67
Tabla 38 Escala de valoración para cada criterio de evaluación	67
Tabla 39 Comparación criterio viabilidad con las cuatro alternativas.....	69

1 INTRODUCCIÓN

La evaluación de proyectos es un proceso que permite comparar una serie de criterios para determinar que se cumple con el alcance propuesto para el desarrollo del mismo con el fin de seleccionar el proyecto que mayores beneficios genere para la parte interesada.

El modelo matemático multicriterio que se utilizó para el desarrollo del proyecto propuesto de grado es el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), este método permite cuantificar juicios u opiniones sobre la importancia de cada uno de los criterios empleados para la toma de decisión de la evaluación de proyectos finalistas de la muestra multidisciplinar que se desarrolla cada semestre en la carrera de Ingeniería Industrial para la Universidad ECCI.

Actualmente, **¿cuántos de los proyectos de muestra multidisciplinar que se realizan cada semestre en la carrera de Ingeniería Industrial sirven o son utilizados para seguir su investigación?**, por tal razón el objetivo de este trabajo es definir los criterios de evaluación de proyectos, para así desarrollar una propuesta de un modelo matemático que permita evaluar los proyectos finalistas de la muestra multidisciplinar, para que los jurados expertos puedan tomar la mejor decisión de la selección del mejor proyecto finalista.

2 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

PROPUESTA DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS
MEDIANTE LA METODOLOGÍA PROCESO ANALITICO JERÁRQUICO - AHP
CASO UNIVERSIDAD ECCI MUESTRA MULTIDISCIPLINAR

3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Muestra multidisciplinar que se realiza en la universidad ECCI en el programa de Ingeniería industrial integra tres asignaturas: Ingeniería de Métodos, Ergonomía y Diseño Industrial (Universidad ECCI, 2015), la cual tiene como propósito principal presentar proyectos que solucionen problemáticas frecuentes en el sector de la manufactura, analizando procesos, métodos de trabajo, y desde la perspectiva del diseño industrial ofrecer de manera innovadora un elemento (dispositivo, máquina, herramienta, un proceso) para facilitar el trabajo, o la realización de un proceso.

Ésta actividad se realiza cada semestre en la semana de la Ingeniería, en los últimos 5 años se han realizado muestras de proyectos, con muy buenos resultados en diversos sectores económicos de la industria.

Los proyectos son formulados al inicio de cada semestre y es desarrollado a lo largo del semestre, y al final son evaluados por jurados.

Se conoce que los jurados tienen criterios para la evaluación de los proyectos participantes en la muestra, estos criterios tienen un peso (porcentaje) en la calificación total, el problema identificado es que el método de calificación de los proyectos de muestra finales seleccionados por el jurado no compara los proyectos entre sí.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo llevar a cabo la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar teniendo en cuenta distintos criterios de valoración, con el fin de tomar la mejor decisión entre varias alternativas?

4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una caracterización de las metodologías usadas para la evaluación de proyectos y determinar cuál es la más apropiada para definir criterios y su valoración al momento de evaluar un proyecto de muestra multidisciplinar en la Universidad ECCI, con el fin de proporcionar una herramienta a los jurados para evaluar los cuatro proyectos finalistas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar y caracterizar las metodologías usadas para la evaluación de proyectos.
- Determinar la metodología a usar para la evaluación de proyectos teniendo en consideración, método, información de entrada, valoración de criterios e inclusión de expertos para la elaboración de la herramienta.
- Aplicar un instrumento de toma de información a 3 expertos en la ciudad de Bogotá con el objetivo de construir la jerarquización de criterios y subcriterios a tener en cuenta para la evaluación de un proyecto.
- Elaborar mediante el software Expert Choice la propuesta de la herramienta de evaluación de proyectos dado los resultados.

5 JUSTIFICACIÓN DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La universidad ECCI ha realizado la muestra en últimos 5 años, los métodos de evaluación han sido diversos, dependientes de las personas que son jurados de los proyectos, la metodología más frecuente es la de definir unos criterios y un porcentaje de la calificación total.

El proyecto es pertinente dado que se requiere un método para la evaluación de forma estándar, debido a que los proyectos participantes son de distintas temáticas, alcances, con grados de innovación diferentes, con impacto empresarial, aplicabilidad y calidad técnica.

Este proyecto propone un método matemático de toma de decisiones para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar de la Universidad ECCI que permita a los jurados

seleccionar el mejor proyecto finalista de manera eficiente para contribuir con la investigación y/o aplicabilidad para la Universidad ECCI.

5.1 DELIMITACIÓN

El proyecto será desarrollado para definir una herramienta de evaluación de proyectos finales de la muestra multidisciplinar en la Universidad ECCI en la sede Bogotá Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Industrial.

6 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 MARCO TEÓRICO

6.1.1 EL MÉTODO VIKOR

VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje que traduce del bosnio, Optimizacion Multicriterio y solución de compromiso al cual nos referiremos de aquí en adelante como VIKOR fue desarrollado en 1998 por Serafim Opricovic como un método de Análisis Multicriterio para la optimización de sistemas discretos complejos con criterios conflictivos e inconmensurables (Serafim Opricovic & Tzeng, 2007).

Según (Ricardo Quijano Hurtado, 2012) citando a (S Opricovic, 1998) el método Vikor determina el ranking de alternativas, la solución de compromiso y los intervalos de estabilidad para la solución de compromiso obtenida con los pesos iniciales dados. Este método clasifica un conjunto de alternativas con criterios en conflicto y selecciona la alternativa de compromiso, entendida como la Alternativa que se encuentra más cercana a la ideal y más lejana de la peor de ellas. Este método da como resultado un ranking multicriterio basado en la particular medida de “cercanía” a la solución “ideal” (Ricardo Quijano Hurtado, 2012).

Suponiendo que cada alternativa se evalúa de acuerdo con cada función de criterio, la clasificación de compromiso podría llevarse a cabo mediante la comparación de la medida de proximidad a la alternativa ideal. La medida multicriterio para la clasificación de compromiso se desarrolla a partir de la L_p -métrica utilizada como una función de agregación en un método de programación de compromiso (Yu, 1973; Zeleny, 1982).

El primer paso es construir la matriz de decisiones y normalizarla por el método de la *i*-ésima componente del vector unitario.

Fórmula 1 Matriz de decisión normalizada

$$V_i = \frac{a_i}{(\sum_1 a_i^2)^{1/2}}$$

Donde $0 < V_i < 1$

Ilustración 1 Matriz de decisión normalizada

		CRITERIOS					
		C1	C2	...	Cj	...	Cn
A L T E R N A T I V A S	A1	F1(1)	F2(1)	...	Fj(1)	...	Fn(1)
	A2	F1(2)	F2(2)	...	Fj(2)	...	Fn(2)

	Ai	F1(j)	F2(j)	...	Fj(j)	...	Fn(j)

	Am	F1(m)	F2(m)	...	Fj(m)	...	Fn(m)

Fuente: (Serafim Opricovic & Tzeng, 2007)

Las alternativas del conjunto “J” son denotadas como A1, A2, Aj,.....Am. Para la alternativa Aj, la calificación del *i*-ésimo aspecto es notado por f_{ij} , por ejemplo f_{ij} es el *i*-ésimo valor del criterio para la alternativa Aj; *m* es el número de alternativas, *n* es el número de criterios. La solución del método VIKOR comienza con la siguiente forma de la Lp- metica

Fórmula 2 Índice Lp – metica

$$L_{p,j} = \left\{ \sum_{i=1}^n [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p}$$

$$1 \leq p \leq \infty; j = 1, 2, \dots, J.$$

Este concepto general de distancia Lp representa en el método VIKOR las distancias de manhattan y de chevishev para el cálculo de S_j y R_j . En el primer caso para el cálculo de S_j se utiliza la norma L1 donde $p=1$ correspondiente a la medida de mayor distancia entre dos puntos. En el segundo caso para calcular R_j se utiliza la distancia de Cheysev o norma L_∞ que se refiere a la menor distancia entre dos puntos donde $p = \infty$. (Bellver & Martinez, 2013; Serafim Opricovic & Tzeng, 2004).

Según (Ricardo Quijano Hurtado, 2012) citando a (Serafim Opricovic & Tzeng, 2007) la clasificación de compromiso de VIKOR se realiza mediante los siguientes pasos:

- Asumiendo que cada alternativa es evaluada de acuerdo a cada función de criterio, la jerarquía de compromiso podría ser desarrollada mediante la comparación de la medida de cercanía a la solución ideal. Se determinan los mejores y los peores valores para cada una de las funciones de criterio $i=1,2,\dots,n$. Si la i ésima función del criterio representa un beneficio entonces $f_i^* = \max f_{ij}$ y $f_i^- = \min f_{ij}$. (Ricardo Quijano Hurtado, 2012)
- Teniendo la identificación de los mejores y peores valores para cada función de criterio, se determinan los valores S_j y R_j , $j = 1, 2, \dots, J$ mediante las relaciones

Fórmula 3 Vector selección Sj

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$$

Fórmula 4 Vector Rj

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]$$

Donde S_j representa las distancias de las alternativas a la mejor solución; R_j representa la distancia entre las alternativas y la peor opción w_i son los pesos de criterio expresados en la preferencia de los decisores como la importancia relativa del criterio (Ricardo Quijano Hurtado, 2012).

- Calcular los valores Q_j mediante la relación

Fórmula 5 índice Qj

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

Donde $S^* = \min_j S_j$; $S^- = \max_j S_j$; $R^* = \min_j R_j$; $R^- = \max_j R_j$ y v se introduce como el valor que representa la posición del decisor frente al riesgo. Normalmente el valor de v se toma como 0.5 para representar una posición neutra frente al riesgo aunque se puede tomar cualquier valor de 0 a 1. (Ricardo Quijano Hurtado, 2012).

- Jerarquizar las alternativas, organizando según los valores de S, R y Q en orden decreciente. Los resultados obtenidos son tres listas ordenadas. Proponga como solución de compromiso la alternativa A (1), la cual es la mejor de todas según la medida Q (mínimo), si se cumplen las siguientes condiciones: (Ricardo Quijano Hurtado, 2012).
 - I. 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. (Ricardo Quijano Hurtado, 2012).
 - II. Estabilidad aceptable en la decisión. La alternativa $A^{(1)}$ deberá ser también la mejor en las listas S y/o R. (Ricardo Quijano Hurtado, 2012).

6.1.2 VALORACIÓN DE CRITERIOS Y VARIABLES EXPLICATIVAS

A continuación se detallan los conceptos importantes que se deben tener en cuenta para el desarrollo y aplicación de los métodos multicriterio los cuales son:

- Variables explicativas inversas
- Variables explicativas cualitativas

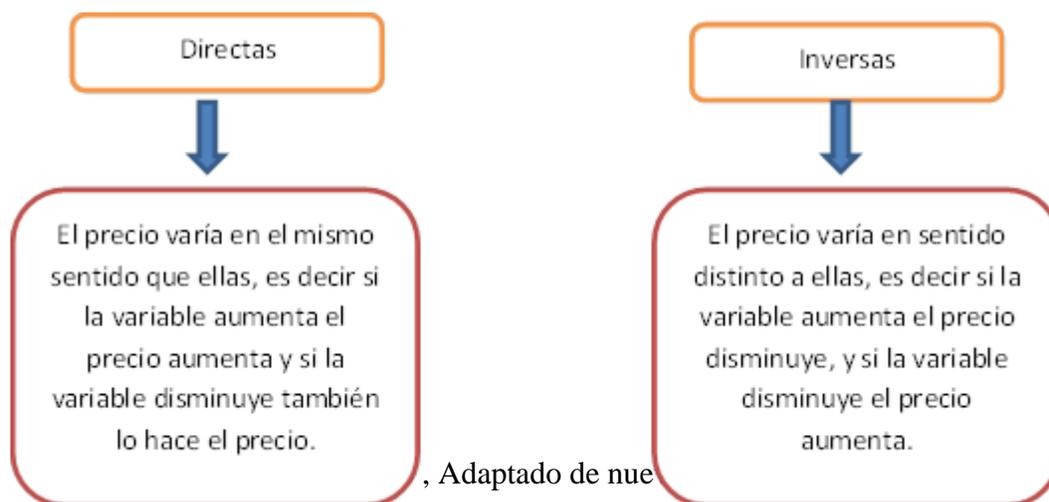
- Normalización de valores
- Funciones de distancia
- Índice de adecuación
- Agregación de vectores propios
- Multiplicación de matrices
- Suma ponderada
- Adaptación de la nomenclatura multicriterio a la valuación.

Variables explicativas inversas.

El valor de los bienes o activos depende de las características o especificaciones, es decir no es necesario acudir a un experto para conocer el valor de un automóvil debido a que sus características depende de la marca, cilindraje o el de un inmueble urbano depende de la superficie, ubicación, calidad de la edificación, estas características reciben el nombre de elementos de comparación y/o variables explicativas (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Las variables explicativas se clasifican en dos grupos:

Ilustración 2 Clasificación de variables explicativas



Variables explicativas cualitativas.

Son las valoraciones cuantitativas y cualitativas, las cuantitativas son aquellas que se expresan por cantidades, son medibles u observables como por ejemplo la producción, la renta, los ingresos, la altura, la distancia, la superficie. Las cualitativas son aquellas que no son medibles directamente, pero si un experto les asigna una determinada cuantificación utilizando una escalada definida previamente, van orientadas a las características de alguna cosa, como por ejemplo la calidad del suelo, la importancia de la imagen, esta valoración es muy importante en los procesos valorativos, su cuantificación se presenta mediante escala lineal de 0 a 10 ò de 0 a 100 (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Normalización de las variables.

Una de las exigencias de los métodos multicriterio es la normalización previa de la información, debido a que se debe unificar las unidades de medida necesarias para poder comparar los elementos entre sí, si los valores utilizados en cada criterio son diferentes sea por su tamaño o expresados en distinta forma esta diferencia puede afectar sensiblemente el resultado debido a que produce una desviación hacia las cantidades más elevadas (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Normalizar es el proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica, según la ISO (International Organization for Standardization) la normalización es la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, puede ser tecnológico, político o económico (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Existen diferentes procedimientos de normalización cada uno con sus criterios de cálculo y con resultados distintos en cuanto a su distribución dentro del siguiente intervalo [0-1] y al mantenimiento o no de la proporcionalidad.

A continuación en la siguiente tabla se desarrollan los procedimientos de normalización más importantes:

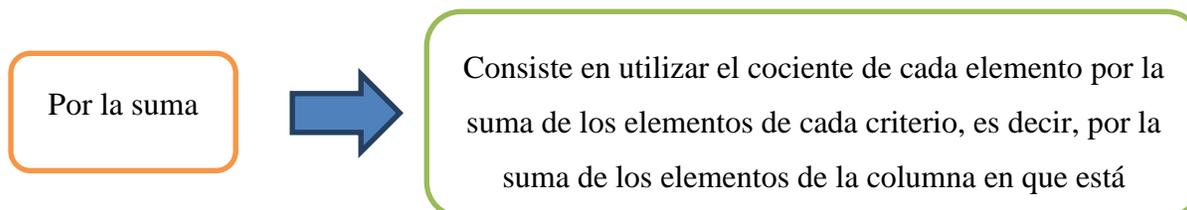
Tabla 1 Información de alternativas y criterios para normalizar

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Alternativa A	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
Alternativa B	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃
Alternativa C	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃
Alternativa D	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃
Alternativa E	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃
Alternativa F	X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

Tipos de Normalización

Ilustración 3 Normalización por la suma



Fuente: (Aznar & Guijarro , Adaptado de nuevos métodos multicriterio)

Fórmula 6 Normalización

$$x_{11} \text{ Normalizado} = \frac{x_{11}}{x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61}} = \frac{x_{11}}{\sum_{i=1}^6 x_{i1}} \quad (1)$$

La fórmula general de la normalización por la suma es:

Fórmula 7 Normalización por la suma

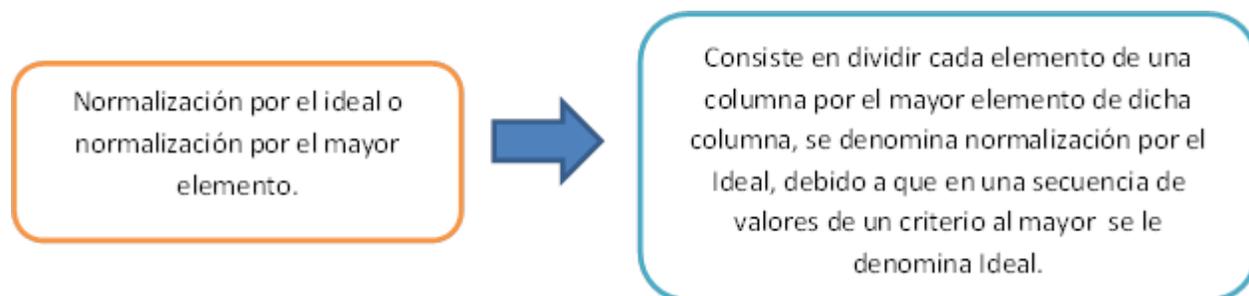
$$x_{ij} \text{ Normalizado} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2)$$

El intervalo de los valores normalizados es:

$$0 \leq x_y \leq 1 \quad \text{si} \quad x_y > 0$$

Una de las ventajas positivas de la normalización por la suma esta que conserva la proporcionalidad.

Ilustración 4 Normalización por el ideal



Fuente: (Aznar & Guijarro , Adaptado de nuevos métodos multicriterio)

De acuerdo a la Tabla 1, si en la columna del criterio 1 los valores de la X_y son:

$$x_{11} < x_{31} = x_{41} < x_{51} < x_{21}$$

La normalización de todos los elementos de esa columna se realizaría dividiendo cada uno de ellos por el elemento mayor X_{21} .

$$x_{11} \text{ normalizado} = \frac{x_{11}}{x_{21}}$$

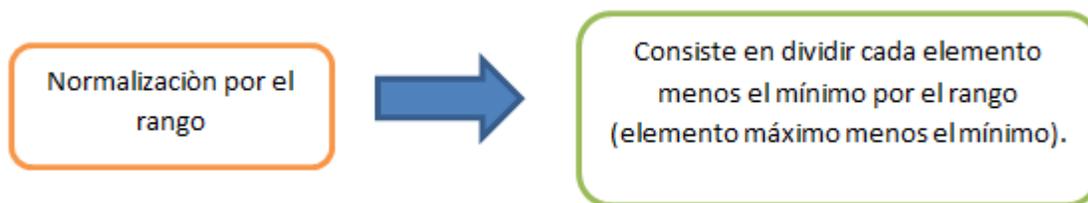
Por lo tanto la formula general de normalización en este caso, seria:

Ilustración 5 Formula general de normalización

$$x_{ij} \text{ normalizado} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}$$

El intervalo de los valores normalizados es $0 < X_y < 1$ de nuevo si $X_y > 0$ y y ; de igual manera pasa lo mismo que el método anterior, tambien se mantiene la proporcionalidad.

Ilustración 6 Normalización por el rango



Fuente: (Aznar & Guijarro , Adaptado de nuevos métodos multicriterio)

Siguiendo con el orden asumido en el método anterior, el elemento X_{31} quedaría normalizado de la siguiente forma:

$$x_{31,normalizado} = \frac{x_{31} - x_{11}}{x_{21} - x_{11}}$$

Siendo la formula general de normalización por el rango:

Fórmula 8 Normalización por el rango

$$x_{y,normalizado} = \frac{x_y - \min_{i=1 \dots n} x_{ij}}{\max_{i=1 \dots n} x_{ij} - \min_{i=1 \dots n} x_{ij}}$$

El intervalo de los valores normalizados es $0 \leq X_{ij} \leq 1$. Con este tipo de normalización siempre uno de los elementos es 0 y otro toma el valor de 1.

Funciones de distancia

El método basado en el concepto de distancia introducido por Minkowsky y en el axioma de Zeleny, la metodología indica: “Dadas dos soluciones posibles en el espacio de los objetivos f_1 y f_2 la solución preferida será aquella que se encuentre más próxima al punto ideal” (Zeleny, 1973).

Fórmula 9 Distancia

$$L_p = \left[\sum_{j=1}^n |x_{y_j} - x_{k_j}|^p \right]^{1/p} \quad (7)$$

De acuerdo al valor que se le dé a p se obtienen distancias diferentes, las siguientes son las más comunes:

$P= 1$. Distancia Manhattan o Norma L1

$P= 2$. Distancia Euclidiana o Norma L2

$P= \infty$. Distancia Cheysev o Normal L ∞

Índice de adecuación

La aplicación del índice de adecuación es otra manera de emplear la distancia de Manhattan en aquellos casos que solo se utiliza un solo método de valoración con un único resultado, lo cual se obtiene una solución ingenua nominada naive, esta solución es la que aplicaría el valorador cuando el único dato conocido de los comparables es su precio (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

El índice de adecuación se obtendrá a partir del ratio entre las sumas de las desviaciones de uno y otro modelo:

Fórmula 10 Ratio

$$I_a = \left(1 - \frac{z}{z'}\right) \times 100$$

Donde z es la distancia Manhattan por el método utilizado:

Fórmula 11 Distancia Manhattan

$$z = \sum_{j=1}^n \left| \hat{y}_j - y_j \right|$$

Y z' es la distancia Manhattan por el modelo naive u otra solución patrón:

Fórmula 12 Distancia Manhattan por el modelo Naive

$$z' = \sum_{j=1}^n \left| y_j - \bar{y} \right|$$

Siendo y_j el valor real del activo j , \hat{y}_j los valores estimados para el activo j , e \bar{y} la media de los precios.

El índice de adecuación puede tener un rango entre 0 y 100, con valores más próximos al límite superior cuanto más fiable resulte el modelo.

Agregación de vectores propios

Cuando existe una valoración se consulta a varios expertos y de acuerdo a las respuestas de cada uno se construye las correspondientes matrices de comparación pareada y los distintos vectores propios resultantes no tienen que ser idénticos, su desviación es mínima. Para determinar un vector propio se requiere calcular la media geométrica de todos los vectores.

Este procedimiento se utiliza en muchas de las aplicaciones de AHP y ANP (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Multiplicación de matrices.

El producto de matrices es una operación que se utiliza en el proceso de aplicación AHP. Puede realizarse por la función MMULT en Microsoft Excel.

Por ejemplo cuando se deben multiplicar dos matrices:

Tabla 2 Producto de matrices

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PRODUCTO DE MATRICES								
2									
3		MATRIZ 3X5						MATRIZ 5X1	
4		0,0840	0,0480	0,0679	0,5640	0,0960		0,3253	
5		0,3494	0,2422	0,3899	0,0642	0,3614		0,1252	
6		0,5054	0,6006	0,3899	0,2316	0,5014		0,0625	
7		0,0612	0,1091	0,1524	0,1402	0,0412		0,1876	
8								0,2994	
9									
10									
11									
12									

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

Se selecciona el espacio donde va ir el producto. Para el ejemplo se va a multiplicar una matriz 4x5 por otra matriz 5x1, el resultado será una matriz columna 4x1, por lo que se

seleccionó una columna con 4 celdas (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012), de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3 Resultado producto de matrices

MATRIZ 3X5					MATRIZ 5X1	MATRIZ PRODUCTO
0,0840	0,0480	0,0679	0,5640	0,0960	0,3253	
0,3494	0,2422	0,3899	0,0642	0,3614	0,1252	
0,5054	0,6006	0,3899	0,2316	0,5014	0,0625	
0,0612	0,1091	0,1524	0,1402	0,0412	0,1876	
					0,2994	

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

Se busca la función MMULT en la opción de funciones y se ingresan las matrices 1 y 2. Y finalmente se obtiene el producto de las dos matrices:

Tabla 4 Producto de las dos matrices

MATRIZ 3X5					MATRIZ 5X1	MATRIZ PRODUCTO
0,0840	0,0480	0,0679	0,5640	0,0960	0,3253	0,1721
0,3494	0,2422	0,3899	0,0642	0,3614	0,1252	0,2886
0,5054	0,6006	0,3899	0,2316	0,5014	0,0625	0,4576
0,0612	0,1091	0,1524	0,1402	0,0412	0,1876	0,0617
					0,2994	

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

Suma Ponderada

Es una serie de alternativas que pondera en función de un grupo de criterios. El proceso inicia de una serie de información similar a la siguiente tabla, el cual ya se tiene el valor

normalizado X_{ij} de las variables para cada alternativa y el peso o ponderación de cada variable W_j (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Tabla 5 Información alternativas y variables

ALTERNATIVA	Variable A	Variable B	Variable C
1	x_{1A}	x_{1B}	x_{1C}
2	x_{2A}	x_{2B}	x_{2C}
3	x_{3A}	x_{3B}	x_{3C}
4	x_{4A}	x_{4B}	x_{4C}
5	x_{5A}	x_{5B}	x_{5C}
6	x_{6A}	x_{6B}	x_{6C}
PESOS	w_A	w_B	w_C

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

La ponderación de cada alternativa se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 13 Ponderación de cada alternativa

$$W_i = \sum_{j=1}^n (w_j * x_{ij})$$

Siendo:

W_i = Ponderación final obtenida de cada alternativa

W_j = Peso de cada variable obtenido por uno de los métodos de ponderación

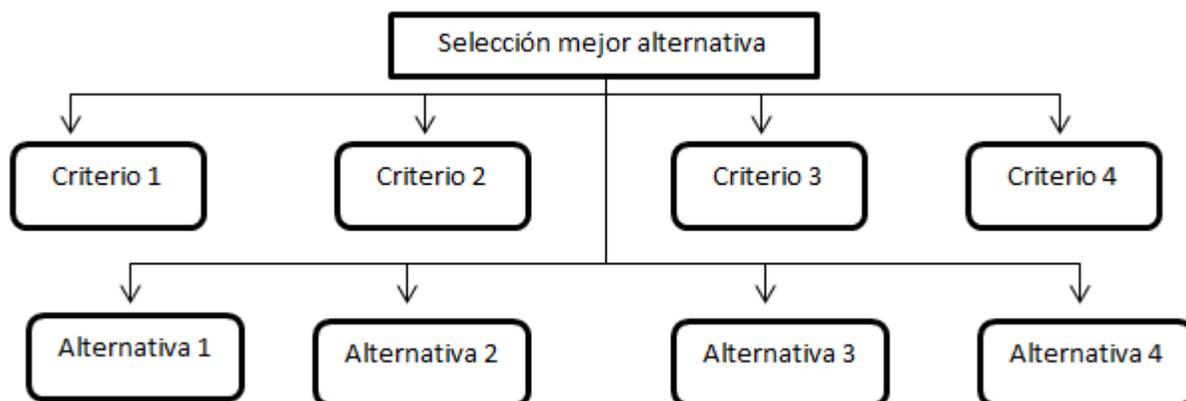
X_{ij} = Valor de cada variable para cada alternativa.

Nomenclatura

Corresponde a las alternativas en el modelo general, estas alternativas se corresponden con una valoración con el conjunto de activos comparables. Los denominados atributos o criterios en el modelo general equivalen a la valoración de elementos de comparación o variables explicativas (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

A continuación se muestra el árbol de jerarquía, el cual permite identificar los criterios y subcriterios e identificar el nivel con el fin de lograr la toma de decisiones:

Ilustración 7 Jerarquía para un proceso de ayuda a la toma de decisiones



Fuente: (Aznar & Guijarro , Adaptado de nuevos métodos multicriterio)

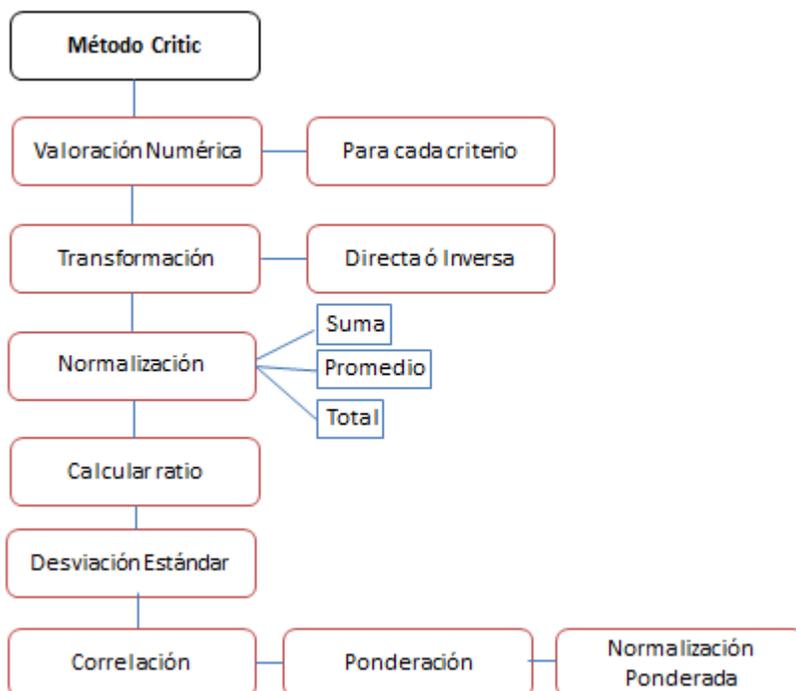
6.1.3 MÉTODOS CRITIC Y ENTROPÍA APLICADOS A LA VALORACIÓN

Método Critic

Diakoulaki, Mavrotas y Papagiannakis, publicaron en 1995 en la revista Computers Operation Research (vol 22, nº 7, pp. 763-777), este método, conocido como Criteria Importance Though Intercriteria Correlation, el cual pondera cada criterio partiendo de los datos de acuerdo al criterio se toman las distintas alternativas. (Diakoulaki, Mavrotas, & Papagiannakis, 1995).

A continuación se detalla la adaptación del método.

Ilustración 8 Método Critic



Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Método de la Entropía

Propuesto por Zeleny (1982), es un método que tiene como objetivo calcular el peso de los criterios, se emplea en contextos de toma de decisiones, parte de: (Zeleny, 1982).

Se tiene un criterio j , en un proceso de toma de decisiones siempre tendrá un peso W_j , el cual se encuentra correlacionado, el procedimiento es el siguiente:

- Se empieza por normalizar por la suma.
- Se calcula entropía con la siguiente función:

Fórmula 14 Calculo Entropía

$$E_j = -K * \sum_i (a_{ij} * \log a_{ij})$$

Donde $k = \frac{1}{\log m}$, y m es el número de alternativas en la matriz normalizada.

- Posterior se calcula la diversidad del criterio a partir de:

Fórmula 15 Diversidad

$$D_j = 1 - E_j$$

- Finalmente, se calcula el peso normalizado de cada criterio y se obtiene la ponderación:

Fórmula 16 Ponderación Entropía

$$w_j = \frac{D_j}{\sum_j D_j}$$

6.1.4 METODO DE LA ORDENACION SIMPLE

Este método de ponderación de variables es el más simple, el decisor ordena los criterios de mayor a menor importancia de acuerdo a su preferencia, el propósito de cada peso es de acuerdo al rango (0-1), en caso de que dos criterios tengan el mismo peso se cuantifican de acuerdo al promedio de ambas valoraciones, después se normaliza por la suma y el resultado es la ponderación final de los criterios (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

6.1.5 PROCESO ANALITICO JERARQUICO (AHP)

El proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) fue desarrollado por el profesor Thomas L. Saaty (1980), como una solución a los problemas específicos de toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los EEUU (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

El método AHP se ha aplicado hasta el momento en áreas como: la sociedad, ciencia, educación, economía, transporte, localización y asignación de recursos, marketing, producción, aplicaciones ambientales, sector público, sanidad, evaluación de sistemas, nuevas tecnologías, pensamiento y ética, este método es muy importante en el área de toma de decisiones (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

Distintos autores indican que este método AHP es potencial debido a que se adecua a distintas situaciones su cálculo es sencillo por medio de software existente y se puede utilizar

tanto individual como en grupo. El proceso AHP es un método de selección de alternativas en función de una serie de criterios o variables las cuales suelen estar en conflicto.

Metodología

Se inicia del interés que puede tener un decisor el cual debe seleccionar la más atractiva entre un grupo de alternativas estas pueden ser estrategias inversiones, etc.

Se determina qué criterios se van a utilizar para de esta manera hacer más atractiva una alternativa sobre otra, según el autor indica que la representación gráfica más sencilla es tres alternativas y dos criterios de acuerdo a la siguiente Ilustración (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012):

Ilustración 9 Método jerárquico



Fuente: (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012)

- Una vez conocidas las alternativas y definidos los criterios lo primero que se debe hacer es ordenar y ponderar el diferente interés de cada uno de los criterios en la selección de las alternativas. Después se procede a realizar las comparaciones por pares cuantificados mediante una escala esencial la cual fue introducida por el mismo autor según la siguiente tabla (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012):

Tabla 6 Escala comparaciones

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes. Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

- Conocida la ponderación de los criterios el siguiente paso es ponderar las distintas alternativas en función de cada criterio. Se deben comparar todas las alternativas en función de cada criterio, se obtiene n matrices, siendo n el número de criterios y de cada una de ellas se compara el vector propio (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).
- Con los dos procesos anteriores se obtienen dos matrices, una con la ponderación de criterios y otra matriz de las ponderaciones de las alternativas para cada criterio. El producto de la segunda matriz por la primera matriz dará una que indica al ponderación de las alternativas en función de todos los criterios y del peso de estos así de esta manera nos indica la alternativa más importante (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012).

- Finalmente el juez determina dentro de una escala de 1 a 10 el interés de cada uno de los criterios, Saaty propone que las realizar comparaciones pareadas entre los distintos elementos, estas comparaciones se pueden realizar utilizando distintos tipo de encuestas, como por ejemplo la siguiente tabla (Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012):

Tabla 7 Comparaciones Pareadas

Comparación PREGUNTA: Teniendo en cuenta el Criterio 1 que alternativa es mejor y cuanto	Notación
La Alternativa 1 o la Alternativa 2	1/3
La Alternativa 1 o la Alternativa 3	2/1
La Alternativa 2 o la Alternativa 3	5/1

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

Teniendo en cuenta la tabla anterior se construye una matriz cuadrada de la siguiente forma:

Tabla 8 Matriz Cuadrada

	A 1	A 2	A 3
A 1	1	1/3	2
A 2	3	1	5
A 3	1/2	1/5	1

Fuente: nuevos metodos de valoración (Aznar & Guijarro, 2012)

Según el autor indica que la matriz construida debe cumplir las siguientes propiedades:

- Reciprocidad Si $A_{ij} = X$, entonces $A_{ji} = 1/X$, con $1/9 \leq x \leq 9$
- Homogeneidad: Si los elementos i y j son considerados igualmente importantes entonces $A_{ij} = A_{ji} = 1$

Además $A_{ii} = 1$ para todo i

Consistencia: Se satisface que $A_{jk} * A_{kj} = A_{ij}$ para todo $1 \leq i, j, k \leq n$.

El índice de inconsistencia puede medirse mediante el cálculo del Ratio de consistencia. Una vez construida la matriz de comparaciones pareadas se verifica su consistencia y se calcula el vector propio.

Para el cálculo del AHP existe dos software específicos uno es el Expert Choice y el otro es Súper decisions el cual nos facilita estos cálculos para determinar la ponderación de cada una de las alternativas en función de los todos los criterios y su importancia.

6.2 ESTADO DE ARTE

En esta sección se presentan algunos casos de estudio utilizando el método multicriterio AHP, la tabla x contiene un pequeño resumen sobre el estado de arte, posteriormente se amplía la descripción de algunos métodos de toma de decisiones multicriterio y el método que se ha utilizado para resolver el problema.

Tabla 9 Casos de aplicación del método AHP

Título de la Investigación	Autor	Año	Resumen	Problema	Objetivos	Conclusiones
Aplicación del Metodo AHP a una institución financiera	Birhanu Beshah Daniel Kitaw	2013	La financiación de proyectos es una de las responsabilidades más importantes de las entidades financieras debido al gran riesgo para esta actividad, los financieros deben realizar una evaluación y valoración de los proyectos, se tiene actualmente definida una evaluación para la selección de los proyectos y tiene diferentes procesos para la aprobación para así garantizar la transparencia de la decisión pero debido a esos procesos la evaluación esta presentando demasiada demora para la selección del proyecto en promedio se demoran de 4 a 6 meses.	Reducir el tiempo de evaluación de proyectos y aumentar la fiabilidad de la decisión tomada.	Introducir un modelo multicriterio de toma de decisiones conocido como AHP en el sistema de financiación del proyecto del Banco de desarrollo de Etiopía para reducir la toma de decisiones de tiempo y al mismo tiempo aumentar la precisión de la toma de decisiones.	<ol style="list-style-type: none"> 1. El tiempo necesario para evaluar uno o varios proyectos no debería tomar más de un mes. 2. El método AHP es una herramienta conveniente para la selección de proyectos para la financiación de la entidad. 3. La aplicación del resultado de la investigación puede reducir la corrupción, facilitar el desarrollo del país, optimizar el tiempo y las cargas laborales.
Aplicación AHP para el proceso de desarrollo de horario de trenes - Estación de Riga Lavita	Busilis Dimidos Natalia Petukhova	2011	Debido al tráfico de almacenamiento de los horarios de trenes en la base de datos, se encuentran relacionados con la existencia de una multitud de versiones dependientes por los ciclos estacionales de los cambios de horario, días de la semana, mantenimiento y operaciones de reparación no planificados y la transferencias de días laborados y festivos, de acuerdo a lo anterior se desea construir un sistema de horario flexible teniendo en cuenta las limitaciones y reglas descritas anteriormente, con el fin de dar a los empleados de las empresas ferroviarias mecanismos eficaces de control de programación de la demanda de transporte de pasajeros.	complejidad de la fiabilidad de los datos proporcionados, y la inmediatez de la modificación del horario de los trenes	Construir por medio del método multicriterio AHP un sistema de horario de trenes flexible que permita un control eficaz en la estación de Riga Lavita.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Con el uso del método AHP esta investigación cumple la evaluación de la eficiencia de la aplicación de los tres modelos de presentación de los datos para el programa de tráfico de trenes en diferentes sistemas de información con la cuenta de los detalles específicos de su aplicación. Para determinar un método óptimo, un sistema de jerarquía de dos niveles de criterios se ha desarrollado con evaluaciones de expertos que van de acuerdo a la importancia y preferencia para todos los modelos en cada sistema considerado. 2. El método AHP ha permitido a los modelos que se organizan en orden de eficiencia de su uso para cada uno de los sistemas, ha mostrado sus diferencias en el conjunto determinado de criterios, y ha permitido el descubrimiento de un modelo universal.
MALASIA - En camino de convertirse en un País desarrollado - Priorizando problemas con el método AHP	Rafikul Islam Yusof Ismail	2010	Malasia tiene como visión en el año 2020 convertirse en un País desarrollado, para esto se plantearon unos objetivos con el fin de lograr la meta, en el año 2010 habían avanzado entre un 50% a 60% de acuerdo a los objetivos propuestos de la visión del 2020.	Por medio del AHP se quiere saber que se ha hecho para lograr la visión y en que áreas.	Aplicación en el método multicriterio AHP de un componente del diagrama de afinidad, para identificar los principales problemas que deben ser abordados para lograr cumplir con la totalidad de los objetivos para el 2020.	<ol style="list-style-type: none"> 1. En general, una sección transversal de la población de la nación cree que muchas más cosas se deben hacer antes de Malasia puede declarar a sí misma una nación desarrollada. Además del aspecto económico, el país también tiene que prestar seria atención al desarrollo de los recursos humanos - en especial la prevención de la delincuencia y la corrupción de todos los niveles de la sociedad en general. Los encuestados sugirieron que el gobierno debe desempeñar un papel doble: Por un lado, el gobierno debe desempeñar su papel tradicional en el fortalecimiento de la economía, lo que garantiza una educación de calidad a su gente y mantener la ley y el orden; por el contrario, debe hacer que la gente preparada para afrontar los retos del futuro y tomar las medidas necesarias para abordar con éxito.

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

6.3 EVALUACIÓN DE PROYECTOS

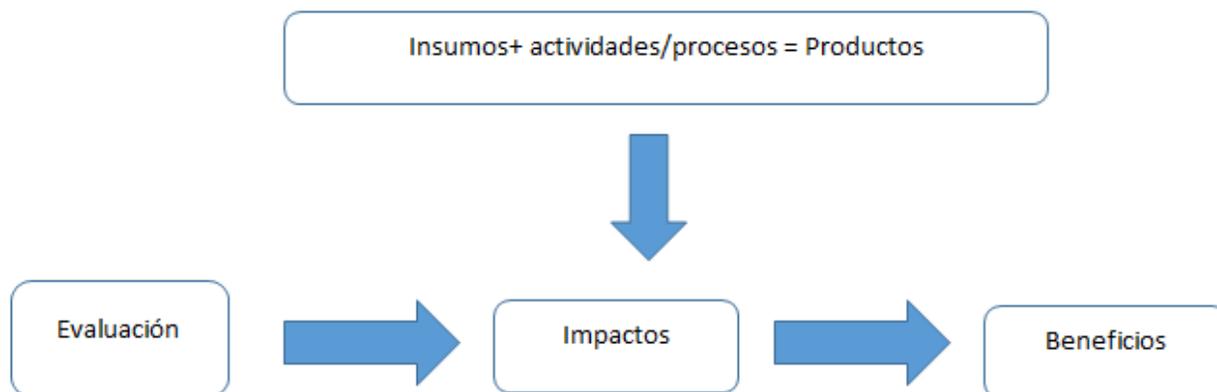
A continuación se indica la evaluación de proyectos sociales, inversión y de ciencia, tecnología en innovación, donde se destacan los criterios de evaluación a tener en cuenta para el desarrollo del mismo.

Proyectos sociales

- Título: Evaluación de programas y proyectos sociales
- Autores: Rodrigo Martínez
- Edición: Naciones unidas CEPAL
- Fecha: Noviembre 2005
- Objetivo: Los proyectos sociales y programas para disminuir el déficit existente en una población específica.
- Impacto: Mejorar el problema de la población con evidencia objetiva y clara.

Metodología:

Ilustración 10 Metodología evaluación proyectos sociales



Fuente: Adaptado de (Martinez, 2005)

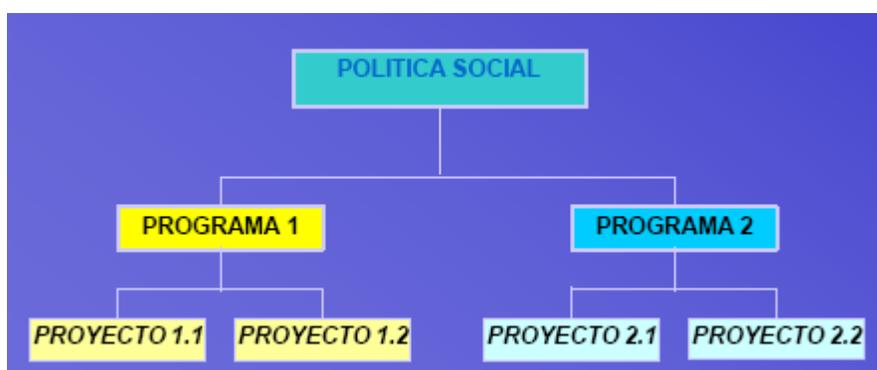
Los proyectos de tipo social son intervenciones a la comunidad con proyectos que permitan mejorar una condición negativa en cuanto al desarrollo normal, estas problemáticas son de tipo:

- Convivencia
- Seguridad
- Educación
- Salud
- Económico
- Discriminación

Para ello la formulación de los proyectos se hace en 3 etapas:

- Pre inversión: desde la concepción de la idea pasando de factibilidad.
- Inversión: destino de los recursos para la ejecución de las actividades propuestas en proyectos y las compras de insumos.
- Operación: monitoreo análisis de indicadores y medición del impacto del proyecto.

Ilustración 11 Política social



Fuente: (Martinez, 2005)

Evaluación:

El proceso de evaluación analiza alternativas, criterios, patrones de comparación, indicadores e instrumentos.

Como los proyectos son con finalidades sociales deben establecerse patrones de comparación, significa que se debe comparar casos exitosos en otros países y poblaciones.

Criterios de evaluación:

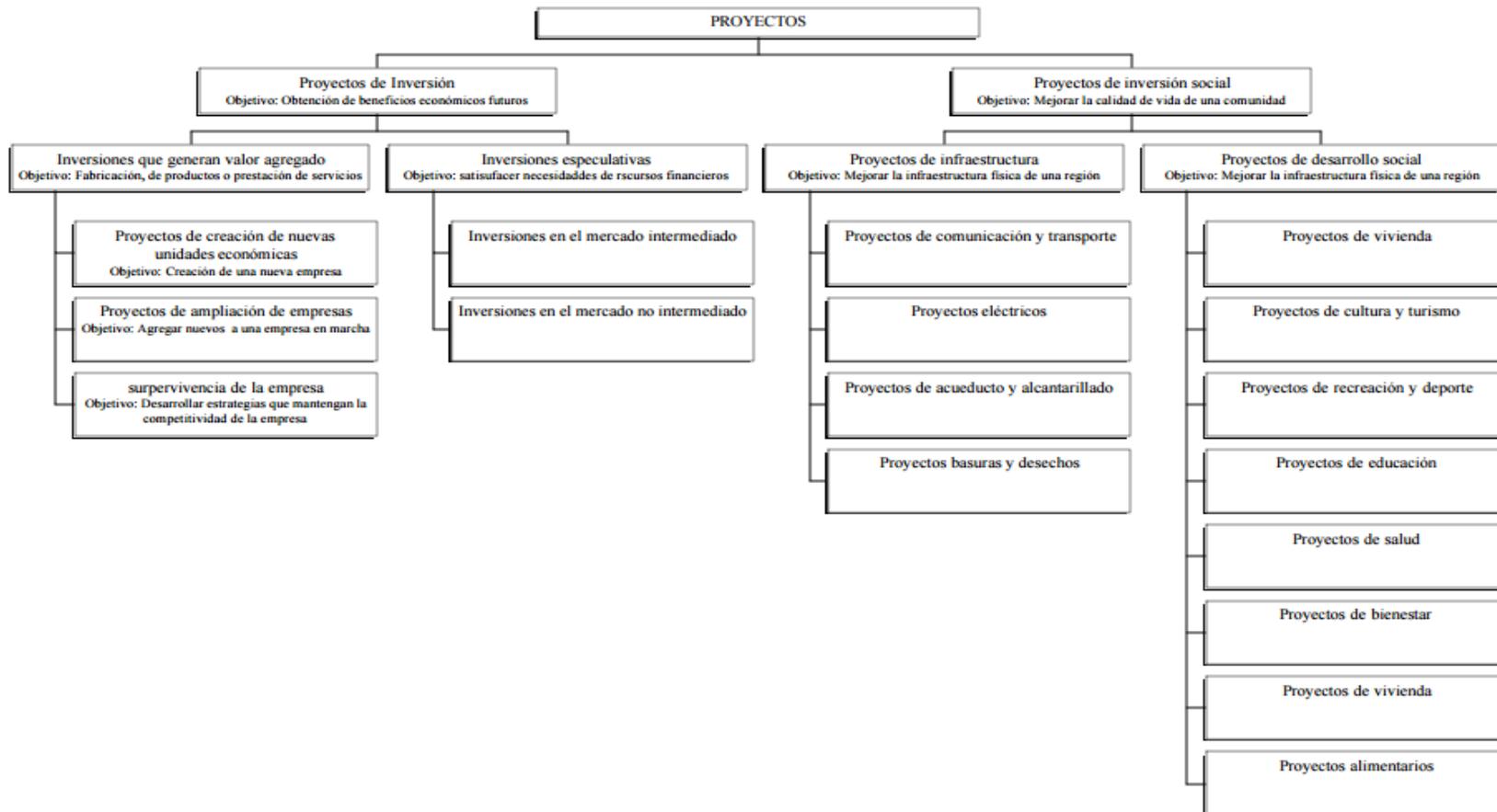
- Carácter útil y práctico
- Sistemática
- Necesidad de flexibilidad
- Ajuste de plazos temporales
- Análisis de planes programas y proyectos
- Eficacia: ejecutar las actividades del proyecto social en el tiempo establecido.
- Eficiencia: el aprovechamiento de los recursos humanos, financieros, tecnológicos y demás para lograr el objetivo del proyecto
- Pertinencia: el cumplimiento del objetivo del proyecto aplicado a la comunidad intervenida.
- El impacto: el efecto que tiene la ejecución del proyecto en la comunidad objetivo.
- Viabilidad: el grado en que se mide la posibilidad de poderlo realizar o ejecutar.

Tipos de evaluación: Por su ubicación temporal, según su objeto, por su quien la hace, por los Instrumentos.

Proyectos de Inversión

En el contexto de evaluación de proyectos existen diferentes categorías entre ellas están los proyectos de inversión y de ellas se desprende inversión social.

Ilustración 12 Clasificación de proyectos



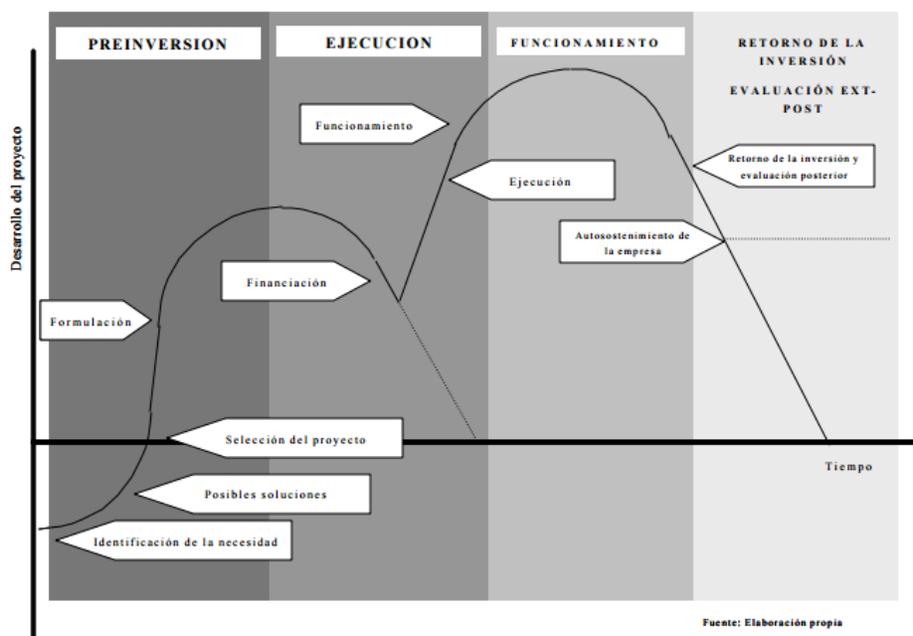
(Sarmiento, 2001)

Los proyectos tienen finalidades que dependen del origen del problema, los de carácter social tienen el objetivo de mejorar el bienestar de una población, los proyectos de infraestructura su objetivo es el de suplir el abastecimiento de un recurso necesario para la población, también se evidencia los proyectos de inversión los cuales su objetivo principal es obtener beneficios económicos por la realización de éste.

Los proyectos de inversión especulativa refieren a aquellos que se obtienen beneficios solo por la actividad de transacción y no la transformación y realización algún proceso de manufactura, productivo o de servicio.

Cada proyecto tiene varios ciclos que refieren a la duración y permanencia en el tiempo de cada proyecto, como lo menciona Sarmiento en el ciclo de vida de proyectos:

Ilustración 13 Ciclo de vida de proyectos



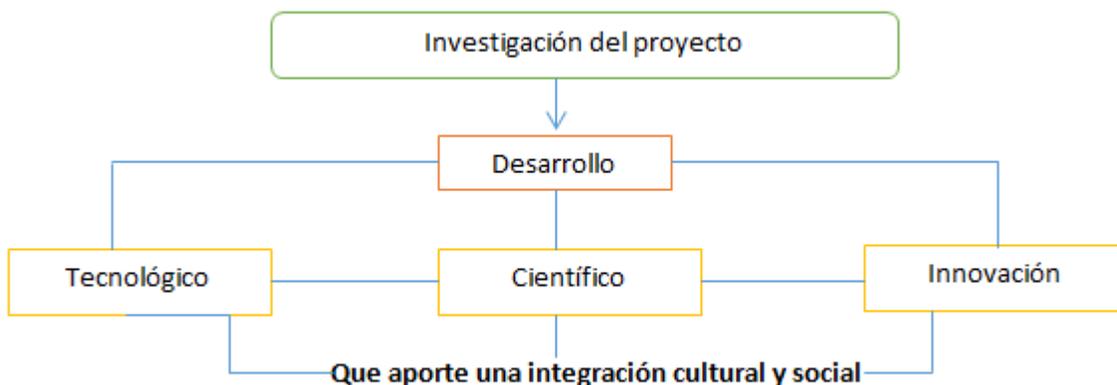
Fuente: (Sarmiento, 2001)

Proyectos de Ciencia, tecnología en innovación

- Título: Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e innovación - Colciencias
- Autores: Alejandro Olaya Dávila
- Edición: Colciencias
- Fecha: 09 de Marzo 2016
- Objetivo: Promover la investigación en proyectos de ciencia, tecnología e innovación que contribuya a la actualización, generación de nuevo conocimiento para el desarrollo económico y social del País.
- Impacto: Conocimiento para el desarrollo científico, tecnológico e innovación para contribuir a la sostenibilidad económica y social del país.

Metodología:

Ilustración 14 Metodología proyectos ciencia, tecnología e innovación



Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Criterios de evaluación:

- Formulación de la propuesta
- Calidad de los conceptos propuestos
- Calidad y eficiencia de la planeación del proyecto

- Impacto potencial del proyecto
- Pertinencia del proyecto
- Calidad del proyecto

Los proyectos de ciencia, tecnología e innovación los constituyen los empresarios en conjunto con los autores reconocidos por Colciencias, de esta manera quienes se postulan para el desarrollo de estos proyectos puedan obtener beneficios tributarios, permitiendo incrementar el porcentaje de inversión privada en proyectos de ciencia, tecnología e innovación.

7 TIPO DE INVESTIGACIÓN

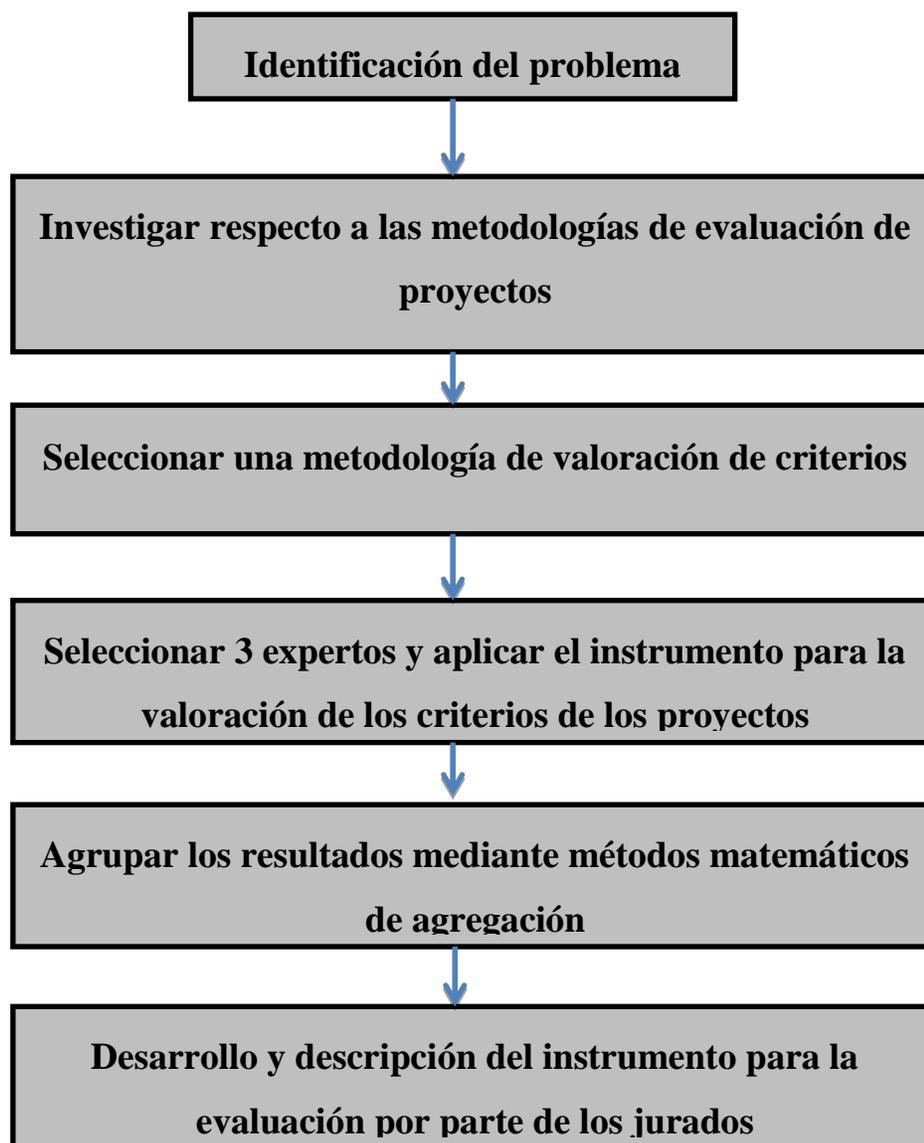
El tipo de investigación a desarrollar es explicativa, la cual es investigar sobre una problemática, y definir metodologías para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad ECCI.

La investigación explicativa del presente proyecto consiste en definir las metodologías de multicriterio de toma de decisiones, determinar qué criterios se utilizan para la evaluación de diversos proyectos y la consulta a expertos de las preferencias de comparación de los criterios entre sí.

8 DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico de construcción para este proyecto es de acuerdo a las siguientes fases:

Ilustración 15 Diseño metodológico



Fuente: (Elaboración propia, 2016)

9 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL MODELO

9.1 SELECCIÓN DE CRITERIOS Y SUBCRITERIOS

El método multicriterio más adecuado para el desarrollo de la herramienta de evaluación de proyectos finalistas de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad ECCI es el método AHP debido a que este modelo como hemos mencionado anteriormente permite tener criterios cualitativos y darles una valoración cuantitativa para tomar

decisiones adicionalmente son juicios que requieren una escala de valoración, es un modelo mental de las personas, debido a que cuando se tiene que tomar una decisión la mente no funciona para dar un juicio acertado cuando se tienen varias opciones por esta razón este modelo separa pares de comparación lo cual permite de una manera flexible tomar la decisión.

Ahora en base con el método de AHP, hay una valoración de juicios emitida por expertos por que no se cuenta con valores numéricos en todos los criterios o variables explicativas. Aplicamos esta metodología para el caso de la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar de la Universidad ECCI, por lo tanto se plantea lo siguiente de acuerdo a lo introducido por el Autor Saaty sobre el modelo jerárquico de AHP:

- Se parte de escoger un proyecto que cumpla con los requisitos y/o criterios de evaluación establecidos por la Universidad ECCI.
- Se determinan los criterios y alternativas que se van a utilizar para la evaluación de proyectos. La determinación de los criterios se basó en la investigación realizada en cuanto a la evaluación de proyectos de tipo social, inversión y ciencia – tecnología e innovación, una vez definido con la colaboración de los tres expertos se validó cada uno de los criterios definidos para ser aplicados a la herramienta de evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar de la Universidad ECCI, programa de Ingeniería Industrial.

En la siguiente tabla No. 10 se encuentran los criterios definidos que se establecieron para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar para Ingeniería Industrial teniendo en cuenta la investigación previa que se realizó en cuanto a las metodologías de evaluación de proyectos sociales, inversión y ciencia, tecnología e innovación.

Se clasifican los criterios de la siguiente manera:

- Metacriterios corresponden a la matriz de primer nivel.
- Subcriterios 1 corresponden a la matriz de segundo nivel.
- Subcriterios 2 corresponden a la matriz de tercer nivel.

Tabla 10 Criterios y subcriterios para la evaluación de proyectos

Meta Criterio - Primer nivel	Subcriterio 1 - Segundo nivel	Subcriterio 2 - Tercer nivel
Viabilidad	Infraestructura	
	Técnica	
	Costos	Materiales Proyecto
Formulación	Problema	
	Objetivos	
	Impacto	Social
		Ambiental Económico Productividad
Metodológico	Diseño Industria	Identificación del problema
		Implementación de alternativas
		Selección y desarrollo del diseño
	Ergonomía	Análisis puesto de trabajo
		Crear un sistema de trabajo
		Mejora condiciones de trabajo
	Ingeniería Métodos	Análisis de procesos
		Análisis de procesos
		Implantar un proceso
Factibilidad	TIR	
	VPN	
Contexto	Geografico	
	Socio-Economico	
	Cultural	
	Situacional	
	Tecnologico	

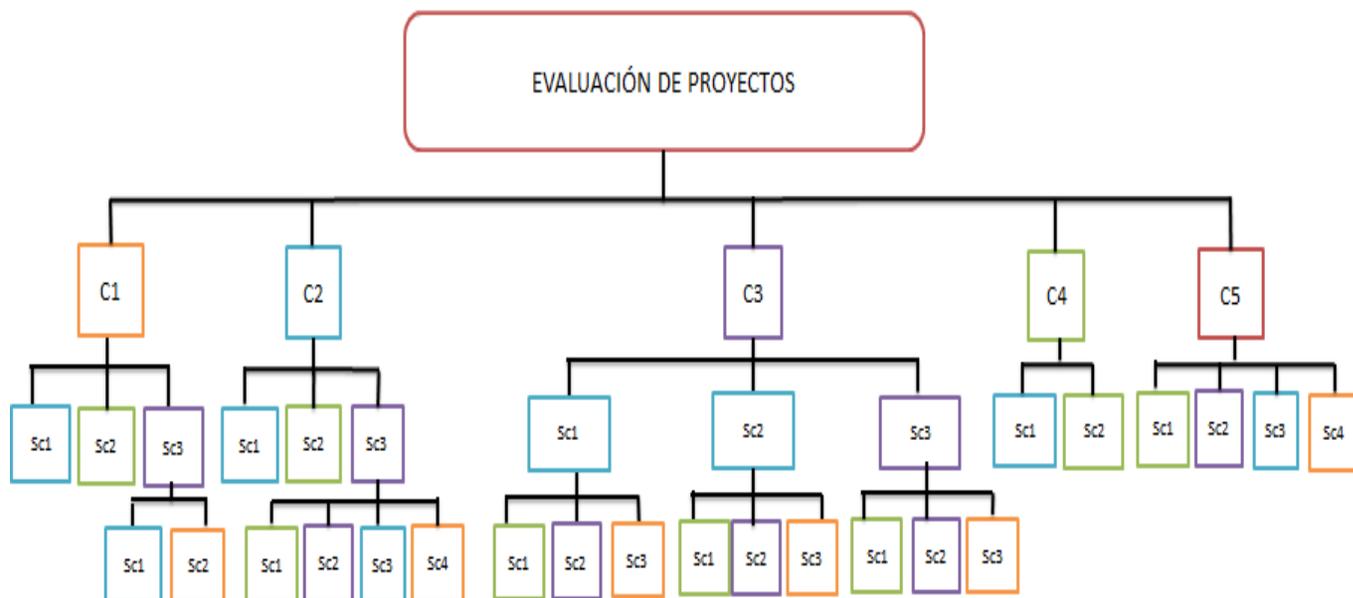
Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Los criterios metodológicos son en base a las tres materias integradas que se deben tener en cuenta para el desarrollo del proyecto, el cual corresponden a Diseño Industrial, Ergonomía e Ingeniería de Métodos, de acuerdo a los currículos de cada materia se seleccionaron los subcriterios de evaluación.

Posterior a la definición de los criterios para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar de Ingeniería Industrial se realiza el diseño del Árbol de Jerarquías:

Árbol de Jerarquías:

Ilustración 16 Árbol de Jerarquías



Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Siendo:

C1: Viabilidad

Sc1: Infraestructura

Sc2: Técnica

Sc3: Costos

Sc1: Materiales

Sc2: Proyecto

C2: Formulación

Sc1: Problema

Sc2: Objetivos

Sc3: Impacto

Sc1: Social

Sc2: Ambiental

Sc3: Económico

Sc4: Productivo

C3: Metodológico

Sc1: Diseño industrial

Sc1: Identificación del problema

Sc2: Implementación de alternativas

Sc3: Selección y desarrollo del diseño

Sc1: Ergonomía

Sc1: Análisis puesto de trabajo

Sc2: Crear un sistema de trabajo

Sc3: Mejora condiciones de trabajo

Sc1: Ingeniería de métodos

Sc1: Análisis de procesos

Sc2: Evaluar el proceso

Sc3: Implantar un proceso

C4: Factibilidad

Sc1: TIR

Sc2: VPN

C5: Contexto

Sc1: Geográfico

Sc2: Socio – económico

Sc3: Cultural

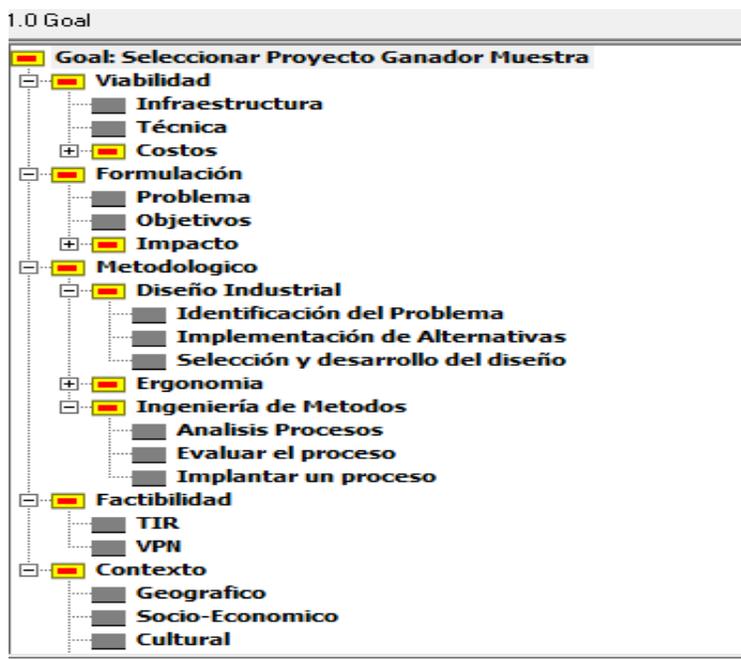
Sc4: Situacional

Sc5: Tecnológico

9.2 SELECCIÓN DE EXPERTOS

Definido los criterios y subcriterios para la evaluación de proyectos finales de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial se introducen los criterios y subcriterios anteriores en el software Expert Choice para proceder a realizar la encuesta a los expertos seleccionados, los expertos seleccionados fueron indicados por el tutor del proyecto el ing. German Ramírez debido a que estas personas cuentan con experiencia en selección y evaluación de proyectos y adicionalmente tienen conocimiento del proceso de selección de la muestra multidisciplinar que se desarrolla en la Universidad ECCI, a continuación se evidencia la introducción de los criterios y subcriterios de acuerdo a la siguiente ilustración:

Ilustración 17 Introducción de criterios y subcriterios



Fuente: Software Expert Choice

Objetivo del instrumento:

El objetivo del instrumento es determinar la valoración de los criterios y subcriterios establecidos para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar de Ingeniería Industrial, para ello se va a utilizar los conocimientos y experiencia del grupo de expertos seleccionados en la Universidad ECCI.

Una vez se tenga las matrices pareadas mediante el método de agregación de los resultados obtenidos por cada uno de los expertos encuestados se llegará a la valoración final resultante.

Justificación del instrumento:

De acuerdo a la investigación de evaluación de proyectos se hace necesario utilizar esta metodología debido a que la mayoría de variables son de tipo cualitativo, por lo cual esta información deducida de la encuesta permite cuantificar los criterios y de esta manera llegar al valor resultante final.

Metodología:

La metodología que se utilizará se basa en el método multicriterio de toma de decisiones Proceso Analítico Jerárquico AHP, el cual se desarrollará en el software Expert Choice con el fin de obtener las matrices de comparaciones pareadas. Para realizar estas comparaciones se aplicará la escala de comparación pareada propuesta por Saaty Tabla 11.

Tabla 11 Escala fundamental de comparación pareada

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
Recíprocos de lo anterior	Si el criterio A es de importancia grande frente al criterio B las notaciones serían las siguientes. Criterio A frente a criterio B 5/1 Criterio B frente a criterio A 1/5	

(Aznar & Guijarro, Nuevos métodos de valoración, 2012)

9.3 APLICACIÓN INSTRUMENTO

A continuación se evidencia los resultados de pesos de acuerdo a la preferencia de cada experto de valoraciones que indicó cada uno en la encuesta realizada:

De acuerdo a la tabla No. 11, se le solicita al experto que compare los criterios y subcriterios entre si en el software Expert Choice.

Experto 1:

Nombre: Gonzalo Solano

Cargo: Instructor facultad Ingeniería Industrial

Profesión: Master diseño y formulación de proyectos

Experiencia: 10 años

Valoración Metacriterios “seleccionar proyecto ganador muestra”

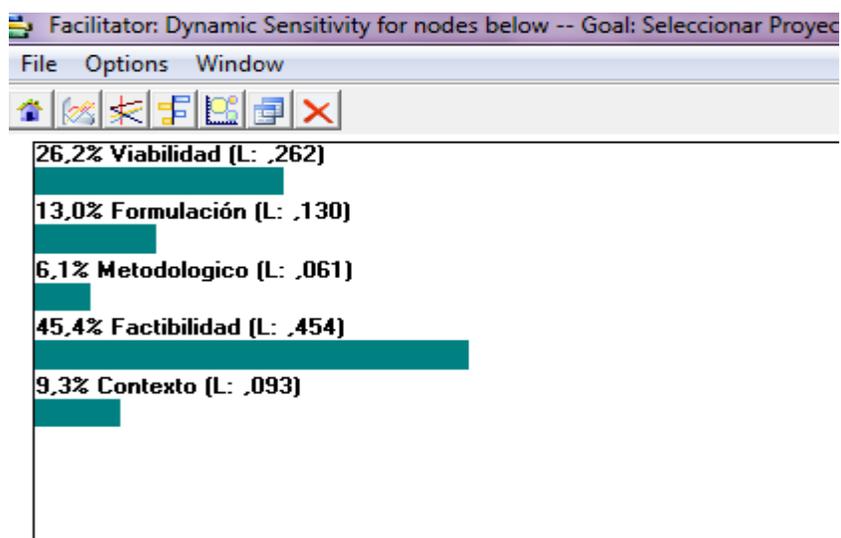
Aplicando el método AHP de comparaciones pareadas se toman los resultados de cada criterio de acuerdo a la preferencia del experto No.1:

Ilustración 18 Matriz comparada experto No. 1

Compare the relative importance with respect to: Goal: Seleccionar Proyecto Ganador Muestra					
	Viabilidad	Formulación	Metodologi	Factibilidad	Contexto
Viabilidad		4,0	4,0	4,0	4,0
Formulación			3,0	5,0	3,0
Metodologico				3,0	3,0
Factibilidad					3,0
Contexto	Incon: 0,17				

Fuente: Software Expert Choice

Gráfica 1 Comparación Metacriterios experto No. 1



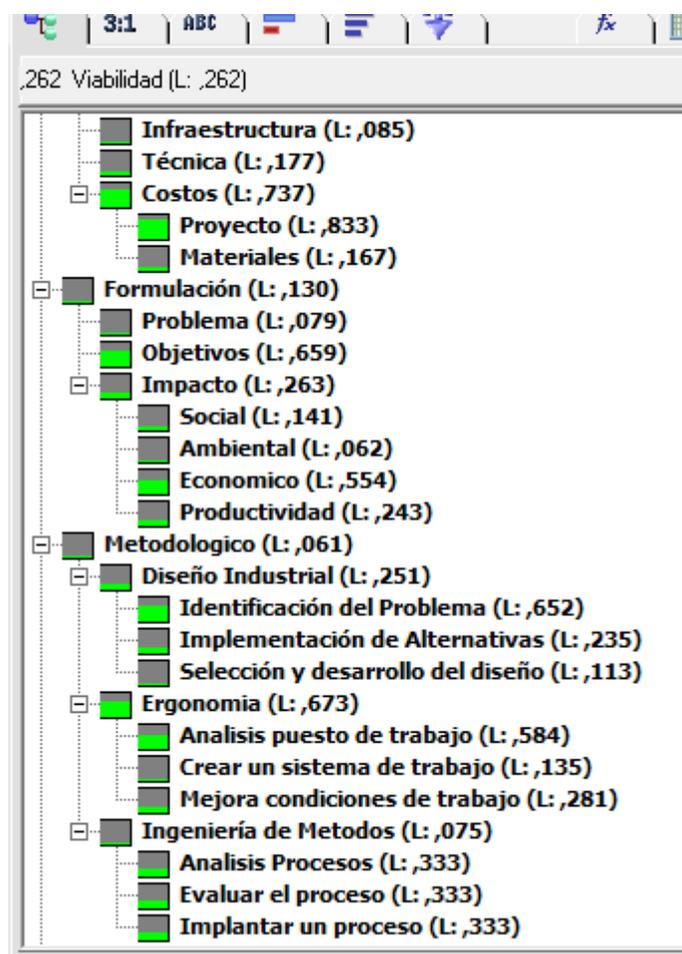
Fuente: Software Expert Choice

La ponderación obtenida indica la importancia de los metacriterios:

- Viabilidad: 26,2%
- Formulación: 13%
- Metodológico: 6,1%
- Factibilidad: 45,4%
- Contexto: 9,3%

Definida la ponderación de los metacriterios se procede a ponderar dentro de cada una la importancia de los subcriterios de segundo nivel y tercer nivel.

Ilustración 19 Ponderación subcriterios experto No.1



Fuente: Software Expert Choice

Experto 2:

Nombre: Guillermo Jerez Cortes

Cargo: Vicerrector Académico universidad ECCI

Profesión: Ingeniero de sistemas, Master en economía y organización de empresa

Experiencia: 14 años

Valoración Metacriterio seleccionar proyecto ganador muestra

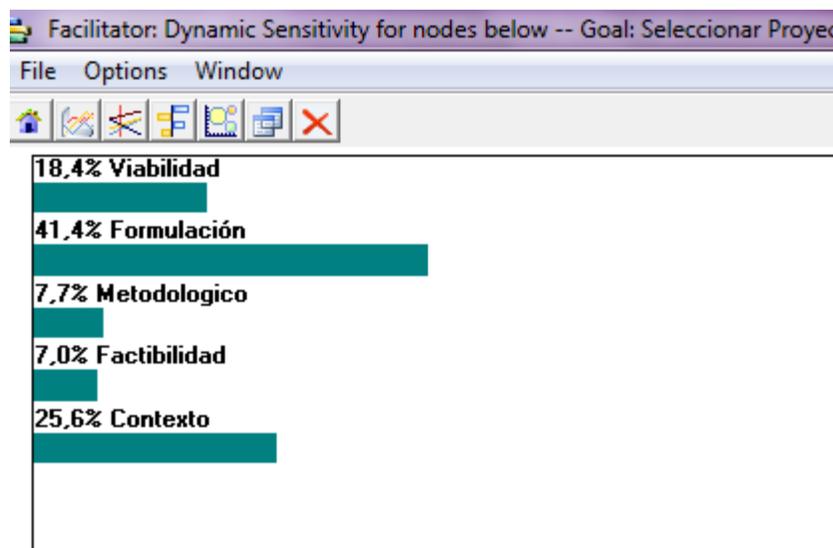
Aplicando el método de comparaciones pareadas se toman los resultados de cada criterio de acuerdo a la preferencia del experto No.2:

Ilustración 20 Matriz comparada experto No. 2

Compare the relative importance with respect to: Goal: Seleccionar Proyecto Ganador Muestra					
	Viabilidad	Formulación	Metodológico	Factibilidad	Contexto
Viabilidad		3,0	4,0	4,0	3,0
Formulación			3,0	4,0	3,0
Metodológico				1,0	3,0
Factibilidad					3,0
Contexto	Incon: 0,10				

Fuente: Software Expert Choice

Gráfica 2 Comparación Metacriterios experto No. 2



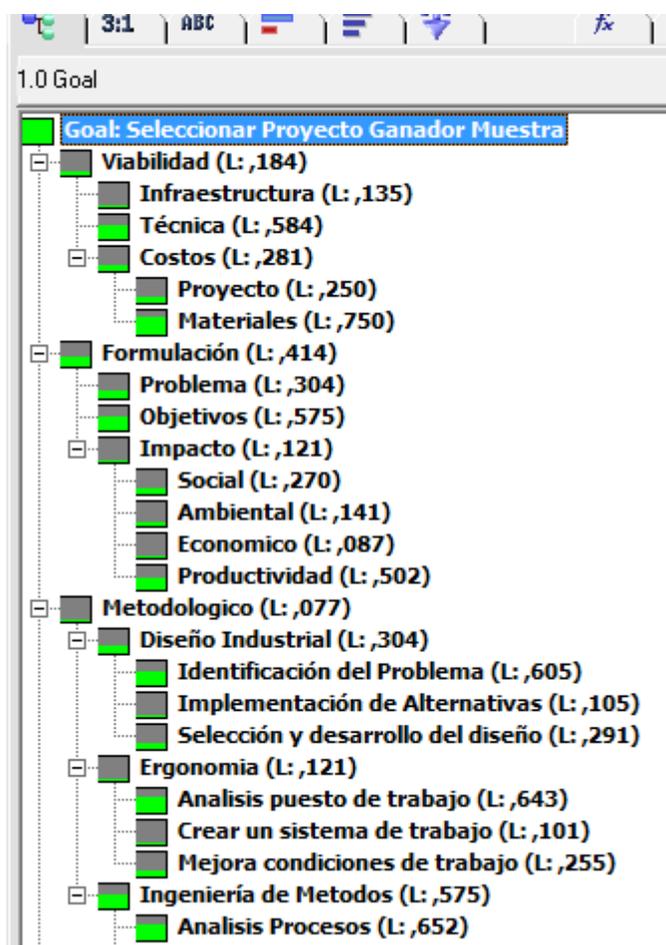
Fuente: Software Expert Choice

La ponderación obtenida indica la importancia de los metacriterios:

- Viabilidad: 18,4%
- Formulación: 41,4%
- Metodológico: 7,7%
- Factibilidad: 7%
- Contexto: 25,6%

Definida la ponderación de los metacriterios se procede a ponderar dentro de cada una la importancia de los subcriterios de segundo nivel y tercer nivel.

Ilustración 21 Ponderación de subcriterios experto No. 2



Fuente: Software Expert Choice

Experto 3:

Nombre: Julio Perea Sandoval

Cargo: Investigador Universidad ECCI

Profesión: Administrador de Empresas

Experiencia: 12 años

Valoración Metacriterios “seleccionar proyecto ganador muestra”

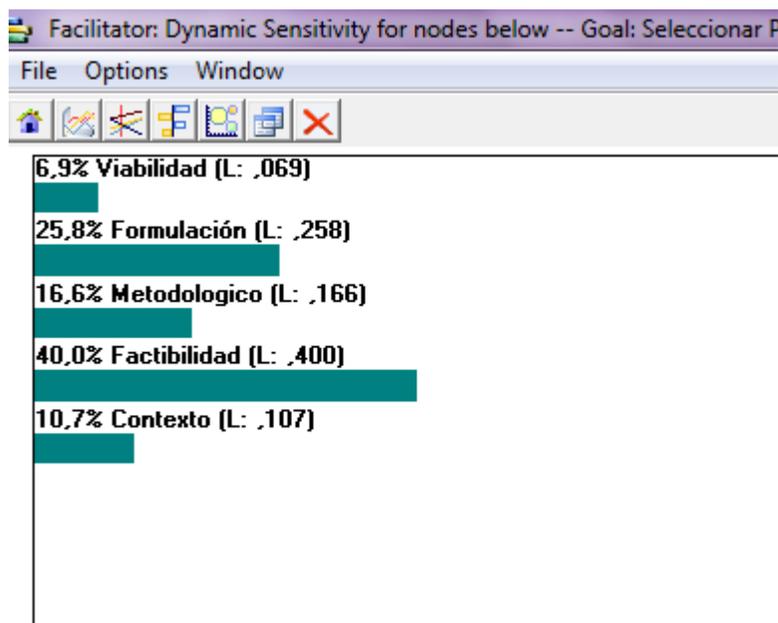
Aplicando el método de comparaciones pareadas se toman los resultados de cada criterio de acuerdo a la preferencia del experto No.3:

Ilustración 22 Matriz comparada experto No. 3

Compare the relative importance with respect to: Goal: Seleccionar Proyecto Ganador Muestra					
	Viabilidad	Formulació	Metodologi	Factibilidad	Contexto
Viabilidad		3,0	3,0	3,0	3,0
Formulación			3,0	3,0	3,0
Metodológico				3,0	3,0
Factibilidad					3,0
Contexto	Incon: 0,11				

Fuente: Software Expert Choice

Gráfica 3 Comparación Metacriterios experto No. 3



Fuente: Software Expert Choice

La ponderación obtenida indica la importancia de los metacriterios:

- Viabilidad: 6,9%
- Formulación: 25,8%
- Metodológico: 16,6%
- Factibilidad: 40%
- Contexto: 10,7%

Definida la ponderación de los metacriterios se procede a ponderar dentro de cada una la importancia de los subcriterios de segundo nivel y tercer nivel.

Ilustración 23 Ponderación de subcriterios experto No. 3



Fuente: Software Expert Choice

El método AHP fue aplicado a un grupo de expertos, finalmente llegando a una solución final el cual será el resultado de la opinión o preferencia de cada uno de los expertos y del objetivo al cual se quiere llegar en este proyecto.

9.4 APLICACIÓN MEDIA GEOMETRICA A LAS MATRICES PAREADAS

En el siguiente paso se aplica el método de agregación conocido como la media geométrica realizando la comparación de las matrices pareadas de acuerdo a las valoraciones indicadas por los expertos, el resultado ponderado de estas matrices de comparación muestra las prioridades de los criterios comparados, este método se realiza en Microsoft Excel con las 11 matrices resultantes, a continuación se muestra el método aplicado con cada uno de los criterios y subcriterios:

Metacriterios:

Siendo:

C1: Viabilidad

C2: Formulación

C3: Metodológico

C4: Factibilidad

C5: Contexto

Tabla 12 Matriz de comparación pareada del Experto 1

Metacriterio					
Experto 1 - Gonzalo					
	c1	c2	c3	c4	c5
c1	1	4	4	1/4	4
c2	1/4	1	3	1/5	3
c3	1/4	1/3	1	1/3	1/3
c4	4	5	3	1	3
c5	1/4	1/3	3	1/3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 13 Matriz de comparación pareada del Experto 2

Metacriterio					
Experto 2 - Guillermo					
	c1	c2	c3	c4	c5
c1	1	1/3	4	4	1/3
c2	3	1	3	4	3
c3	1/4	1/3	1	1	1/3
c4	1/4	1/4	1	1	1/3
c5	3	1/3	3	3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 14 Matriz de comparación pareada del Experto 3

Metacriterio					
Experto 3 - Julio					
	c1	c2	c3	c4	c5
c1	1	1/3	1/3	1/3	1/3
c2	3	1	3	1/3	3
c3	3	1/3	1	1/3	3
c4	3	3	3	1	3
c5	3	1/3	1/3	1/3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

La agregación se realiza de la siguiente forma:

Comparación c1:c2 = Media geométrica (4; 1/3; 1/3) = 0,76

Comparación c1:c3 = Media geométrica (4; 4; 1/3) = 1,75

.....

Comparación c2:c5 = Media geométrica (3; 3; 3) = 3

La matriz resultante es la de la tabla 15.

Tabla 15 Matriz resultante de la Agregación de juicios individuales

Matriz resultante de agregación					
	c1	c2	c3	c4	c5
c1	1	0,76	1,75	0,69	0,76
c2	1,31	1	3	0,64	3,00
c3	0,57	0,33	1	0,48	0,69
c4	1,44	1,55	2,1	1	1,44
c5	1,31	0,33	1,44	0,69	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Este mismo procedimiento se realiza con cada uno de los subcriterios de segundo y tercer nivel.

Viabilidad:

Siendo:

C1: Infraestructura

C2: Técnica

C3: Costos

Tabla 16 Matriz de comparación pareada Viabilidad experto 1

Experto 1 - Gonzalo			
	c1	c2	c3
c1	1	1/3	1/6
c2	3	1	1/6
c3	6	6	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 17 Matriz de comparación pareada Viabilidad experto 2

Experto 2 - Guillermo			
	c1	c2	c3
c1	1	1/3	1/3
c2	3	1	3
c3	3	1/3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 18 Matriz de comparación pareada Viabilidad experto 3

Experto 3 - Julio			
	c1	c2	c3
c1	1	1/3	1/5
c2	3	1	1/4
c3	5	4	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 19 Matriz resultante de agregación viabilidad

Matriz resultante de agregación			
	c1	c2	c3
c1	1	0,33	0,22
c2	3	1	0,50
c3	4,5	2	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Costos:

Siendo:

C1: Proyecto

C2: Materiales

Tabla 20 Matriz de comparación pareada costos experto 1

Experto 1 - Gonzalo		
	c1	c2
c1	1	5
c2	1/5	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 21 Matriz de comparación pareada costos experto 2

Experto 2 - Guillermo		
	c1	c2
c1	1	1/3
c2	3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 22 Matriz de comparación pareada costos experto 3

Experto 3 - Julio		
	c1	c2
c1	1	4
c2	1/4	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 23 Matriz resultante de agregación costos

Matriz resultante de agregación		
	c1	c2
c1	1	1,88
c2	0,53	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Formulación

Siendo:

C1: Problema

C2: Objetivos

C3: Impacto

Tabla 24 Matriz de comparación pareada formulación experto 1

Experto 1 - Gonzalo			
	c1	c2	c3
c1	1	1/7	1/4
c2	7	1	3
c3	4	1/3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 25 Matriz de comparación pareada formulación experto 2

Experto 2 - Guillermo			
	c1	c2	c3
c1	1	1/3	4
c2	3	1	3
c3	1/4	1/3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 26 Matriz de comparación pareada formulación experto 3

Experto 3 - Julio			
	c1	c2	c3
c1	1	1/3	1/3
c2	3	1	4
c3	3	1/4	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 27 Matriz resultante de agregación formulación

Matriz resultante de agregación			
	c1	c2	c3
c1	1	0,25	0,69
c2	3,98	1	3,3
c3	1,44	0,30	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Impacto

Siendo:

C1: Social

C2: Ambiental

C3: Económico

C4: Productivo

Tabla 28 Matriz de comparación pareada impacto experto 1

Experto 1 - Gonzalo				
	c1	c2	c3	c4
c1	1	4	1/4	1/3
c2	1/4	1	1/5	1/4
c3	4	5	1	4
c4	3	4	1/4	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 29 Matriz de comparación pareada impacto experto 2

Experto 2 - Guillermo				
	c1	c2	c3	c4
c1	1	4	3	1/4
c2	1/4	1	3	1/3
c3	1/3	1/3	1	1/3
c4	4	3	3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 30 Matriz de comparación pareada impacto experto 3

Experto 3 - Julio				
	c1	c2	c3	c4
c1	1	4	1/4	1/3
c2	1/4	1	1/3	1/4
c3	4	3	1	1/3
c4	3	4	3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 31 Matriz resultante de agregación impacto

Matriz resultante de agregación				
	c1	c2	c3	c4
c1	1	4	0,57	0,30
c2	0,25	1	0,58	0,28
c3	1,7	1,7	1	0,763
c4	3,3	3,6	1,3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Metodológico

Siendo:

C1: Diseño Industrial

C2: Ergonomía

C3: Ingeniería de Métodos

Tabla 32 Matriz de comparación pareada metodología experto 1

Experto 1 - Gonzalo			
	c1	c2	c3
c1	1	1/3	5
c2	3	1	6
c3	1/5	1/6	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 33 Matriz de comparación pareada metodología experto 2

Experto 2 - Guillermo			
	c1	c2	c3
c1	1	4	1/3
c2	1/4	1	1/3
c3	3	3	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 34 Matriz de comparación pareada metodología experto 3

Experto 3 - Julio			
	c1	c2	c3
c1	1	4	4
c2	1/4	1	1/4
c3	1/4	4	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Tabla 35 Matriz resultante de agregación metodología

Matriz resultante de agregación			
	c1	c2	c3
c1	1	1,75	1,88
c2	0,57	1	0,79
c3	0,53	1,26	1

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Finalmente aplicado el método de agregación en las matrices pareadas se indica el resultado de cada una de las matrices de agregación de cada criterio en Expert Choice, de esta manera se evidencia las inconsistencias en cada uno de los resultados, de acuerdo a lo anterior se tiene:

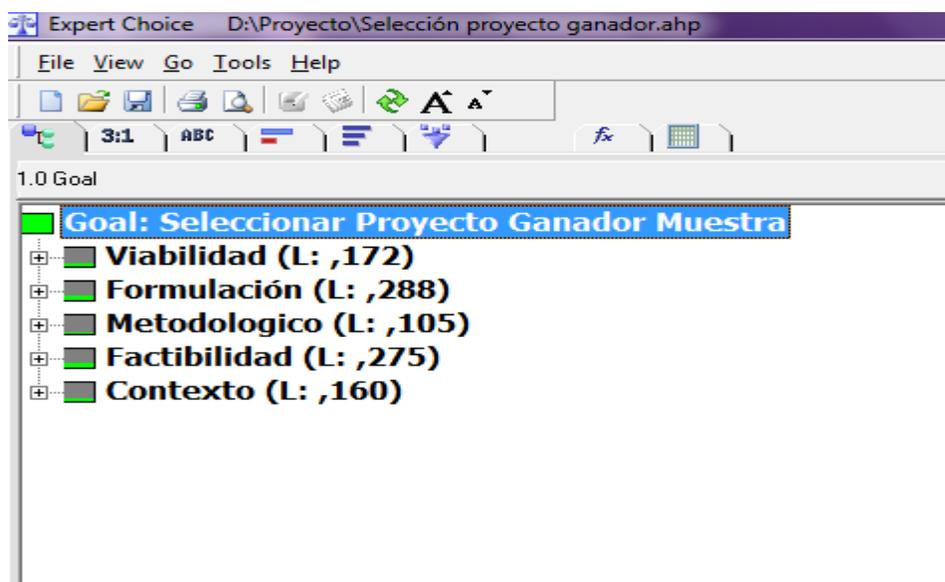
Ilustración 24 Matriz de comparación resultante de la Agregación en Expert Choice.

Compare the relative importance with respect to: Goal: Seleccionar Proyecto Ganador Muestra					
	Viabilidad	Formulació	Metodologi	Factibilidad	Contexto
Viabilidad		1,31	1,75	1,44	1,31
Formulación			3,0	1,55	3,0
Metodologico				2,1	1,44
Factibilidad					1,44
Contexto	Incon: 0,04				

Fuente: Software Expert Choice

Metacriterios ponderados

Ilustración 25 Metacriterios ponderados



Fuente: Software Expert Choice

De acuerdo al resultado obtenido por medio del metodo de agregación con las comparaciones de las valoraciones en las matrices pareadas de cada uno de los expertos indica que el Metacriterio de mayor importancia es la formulacion del proyecto con un 28,8 %, seguido de la factibilidad con un 27,5% la diferencia entre estos dos criterios es minima, sigue la viabilidad con un 17,2%, contexto con un 16% y finalmente el criterio de menor importancia indica que es el metodologico con un 10,5%.

El índice de inconsistencia de los metacriterios corresponde a 0,04 el cual indica que no existen inconsistencias en los juicios agregados en todos los niveles de criterios, de acuerdo a la tabla No. 36.

Tabla 36 Índice de Inconsistencias matriz resultante

Criterios	Grado de Inconsistencia
Metacriterios Matriz 5x5	0,04
Viabilidad matriz 3x3	0,01
Costos matriz 2x2	0
Formulación matriz 3x3	0
Impacto matriz 4x4	0,10
Metodología matriz 3x3	0
Diseño Industrial matriz 3x3	0,02
Ergonomía 3x3	0,02
Ingeniería de metodos matriz 3x3	0,11
Factibilidad matriz 2x2	0
Contexto matriz 5x5	0,07

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

De acuerdo a la tabla anterior se evidencia que las inconsistencias son aceptadas, de esta manera no hay inconveniente para el estudio.

9.5 PROPUESTA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS MUESTRA MULTIDISCIPLAR

De acuerdo al reglamento para la muestra multidisciplinar de proyectos para el programa de Ingeniería Industrial indica lo siguiente: La **Muestra Multidisciplinar** de proyectos realizada semestralmente es un evento académico realizado en la Universidad ECCI con el fin de promover la investigación formativa dentro de la academia, caracterizado por la innovación y creatividad para generar nuevo conocimiento utilizando nuevas metodologías que solucionen problemáticas frecuentes en el sector industrial tanto de manufactura, como de servicios ó necesidades no satisfechas en mercados emergentes con productos o diseño de procesos innovadores generando una vinculación más directa de los sectores industriales productivos con la academia (Ramirez , 2016).

Sus objetivos son:

- Enriquecer el proceso de aprendizaje brindando espacios para que los estudiantes desarrollen sus competencias específicas (Ramirez , 2016).
- Integrar las asignaturas de: Ingeniería de Métodos, Ergonomía y Diseño Industrial (Ramirez , 2016).
- Contribuir con soluciones a problemas presentados en el sector industrial soportado en los principios de humanismo y Tecnología de la Universidad ECCI (Ramirez , 2016).

Metodología:

Como se mencionó anteriormente las materias que integran los proyectos de la muestra multidisciplinar de Ingeniería Industrial son: Diseño Industrial, Ergonomía e Ingeniería de Métodos. En promedio se presentan en promedio 40 proyectos estos son “evaluados por jurados conformados por docentes del área, docentes invitados y empresarios su responsabilidad es emitir una calificación a cada proyecto teniendo en cuenta los siguientes criterios” (Ramirez , 2016):

Tabla 37 Criterios de evaluación de proyecto de muestra multidisciplinar

Criterios de Evaluación de Proyectos						
1	2	3	4	5	6	7
Grado de Innovación	Grado de Invención	Aplicación de Fundamento Teórico de Diseño Industrial	Aplicación de Fundamento Teórico de Ingeniería de métodos	Aplicación de Fundamento Teórico de Ergonomía	Argumentación (Expositiva)	Adecuación del Puesto Stand. (Prototipo, Maqueta, Bien, Artículo)

(Ramirez , 2016)

Tabla 38 Escala de valoración para cada criterio de evaluación

CALIFICACIÓN POR CRITERIO
1 - Grado de Innovación: Refiere a cambios mejoras o nuevas estructuras en su diseño, presentación o aplicación.
2 - Grado de Invención: Refiere al grado en que el producto de la investigación es resultado de la aplicación de conocimientos de ingeniería. Puede ser Producto o mejora de proceso
3 - Aplicación de Fundamento Teórico de Diseño Industrial e impacto en el resultado
4 - Aplicación de Fundamento Teórico de Ingeniería de métodos e impacto en el proceso
5 - Aplicación de Fundamento Teórico de Ergonomía e impacto en el proceso.
6 - Argumentación: Dominio del Tema y el grado de elocuencia durante la exposición de la muestra disciplinar.
7 - Adecuación del Puesto Stand.= Refiere a la calidad en los terminados del Prototipo, Maqueta, Producto o resultado obtenido, en conjunto con la presentación del puesto de la muestra.
Observaciones Generales
La escala para la valoración de cada uno de los jurados y en la evaluación de cada concepto.
0 = No Presenta, 3 = Aporte no destacable, 5 = Aporte levemente destacable, 7 = Aporte Moderadamente destacable, 9 = Aporte Destacado, 10 = Altamente Destacado; Los valores 1, 2, 4, 6 y 8, son valores intermedios entre escalas que el jurado puede establecer

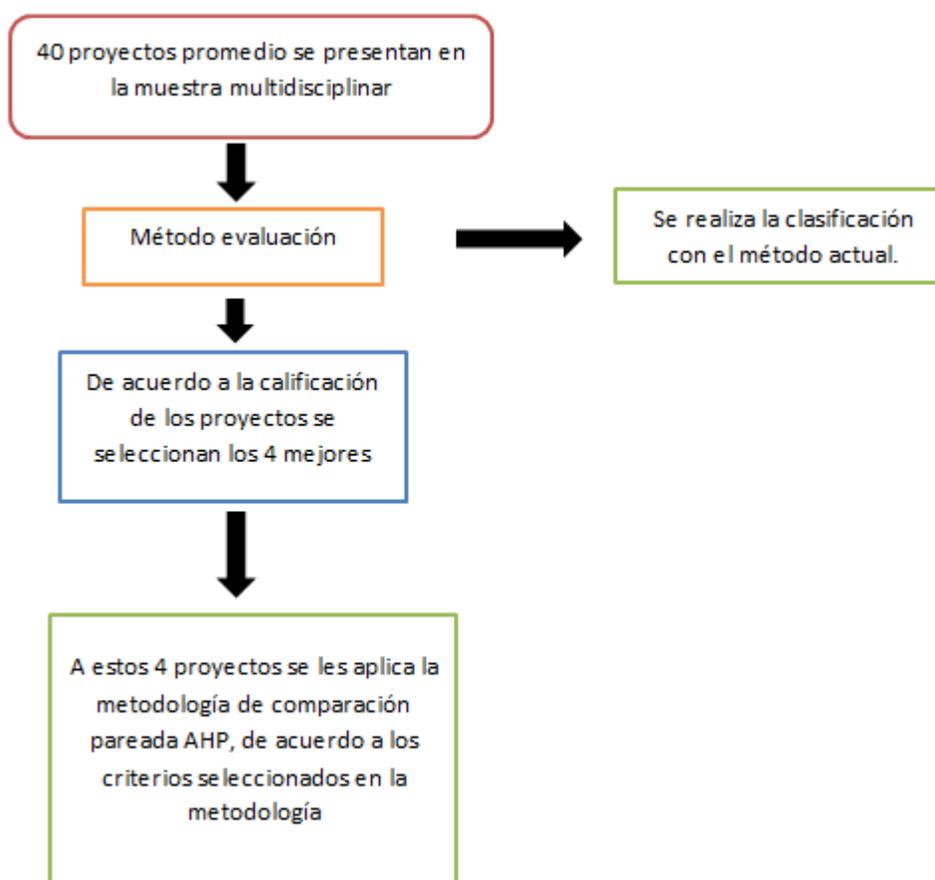
(Ramirez , 2016)

De acuerdo a los criterios anteriores y a las escalas de valoración los jurados realizan la calificación por medio de un formato en físico que les entrega el responsable de la muestra multidisciplinar, después cada jurado visita cada uno de los stand de los proyectos de la muestra multidisciplinar para calificarlos de acuerdo a lo indicado en el correspondiente formato.

La propuesta es la siguiente:

- La coordinación de la Universidad ECCI del programa de Ingeniería Industrial deberá realizar las correspondientes modificaciones al reglamento de la muestra multidisciplinar de ingenierías versión 2016-1 con el fin de indicar los criterios que se deben tener en cuenta para el desarrollo del proyecto, los criterios sugeridos son los indicados en el árbol Jerárquico Ilustración No. 16 para así de esta manera aplicar la evaluación de los proyectos finalistas con el método propuesto AHP.
- Como se mencionó anteriormente en promedio son evaluados 40 proyectos en la muestra multidisciplinar, el orden de clasificación se muestra en la siguiente ilustración No. 26 y posterior se aplica la correspondiente metodología AHP en el software Expert Choice.

Ilustración 26 Propuesta selección proyectos muestra universidad ECCI



Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Teniendo todas las valoraciones en todos los niveles de criterios, ingreso los cuatro proyectos finalistas en el campo de Alternativas de Expert Choice, vamos a suponer los siguientes valores y descripciones para las cuatro alternativas, únicamente vamos hacerlo con el criterio viabilidad.

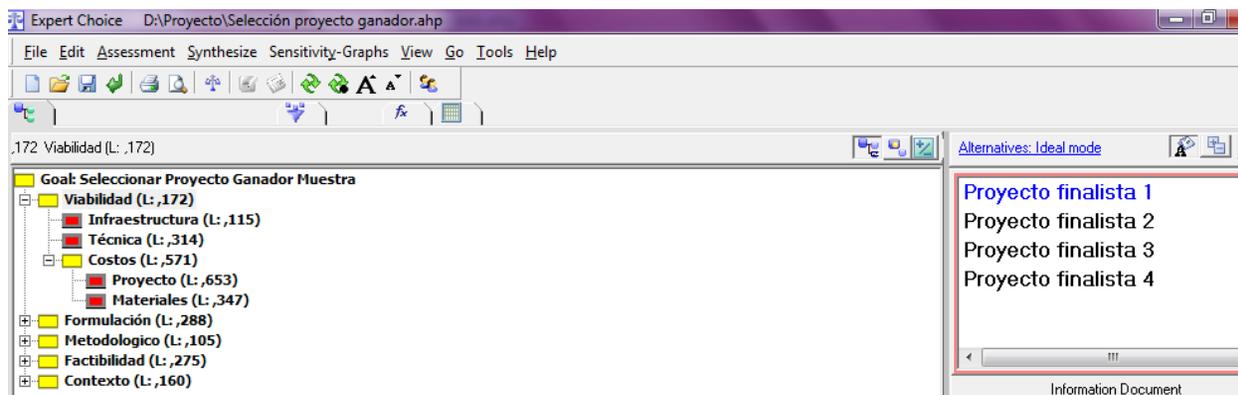
Tabla 39 Comparación criterio viabilidad con las cuatro alternativas

Metacriterio Viabilidad					
Subcriterios / Alternativas	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	
Infraestructura	No requiere espacio	Requiere una máquina	Necesita espacio	Realizar un hueco	
Técnica	no	si	si	si	
Costos	Proyecto	\$ 50.000.000	\$ 25.000.000	\$ 18.000.000	\$ 45.000.000
	Materiales	\$ 15.000.000	\$ 8.000.000	\$ 5.000.000	\$ 2.000.000

Fuente: (Elaboración propia, 2016)

Se introducen las alternativas correspondientes al Expert Choice.

Ilustración 27 Alternativas en el Expert Choice



Fuente: Software Expert Choice

Se procede con la correspondiente evaluación de acuerdo a los criterios y subcriterios establecidos previamente, para ello se utiliza el juicio de cada experto en el tema con cada proyecto finalista de la muestra multidisciplinar de Ingeniería Industrial, en la siguiente ilustración se realizó la evaluación del subcriterio costos – materiales y el resultado es el siguiente:

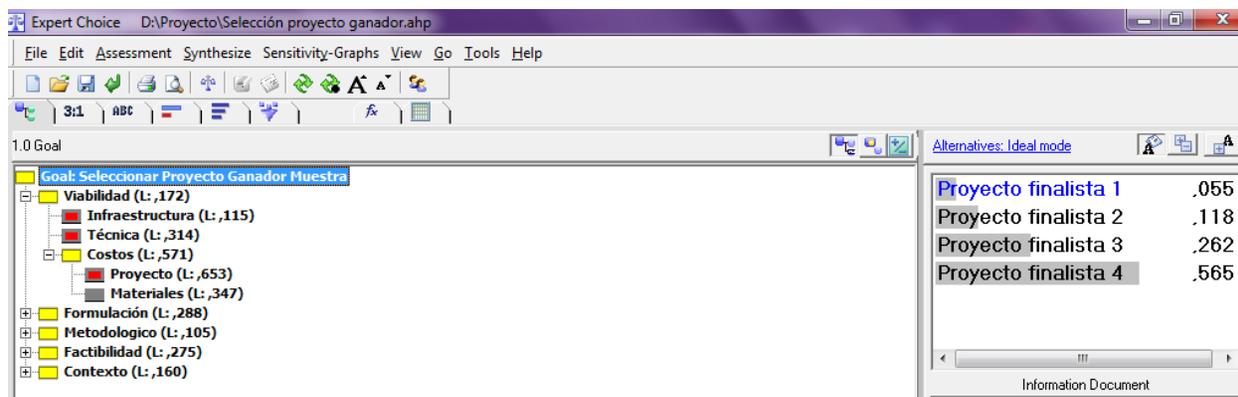
Ilustración 28 Matriz de comparación Subcriterio costo - materiales

Compare the relative preference with respect to: Viabilidad \ Costos \ Materiales				
	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi
Proyecto finalista 1		3,0	5,0	7,0
Proyecto finalista 2			3,0	5,0
Proyecto finalista 3				3,0
Proyecto finalista 4	Incon: 0,04			

Fuente: Software Expert Choice

Inconsistencia del 0,04 aceptada.

Ilustración 29 Pesos de importancia subcriterio costos de materiales



Fuente: Software Expert Choice

Como se muestra en la ilustración anterior indica que el mejor proyecto en cuanto a viabilidad de costos de materiales es el proyecto finalista 4 con un porcentaje de importancia de 56,5%.

Continuamos con la correspondiente evaluación aplicando el procedimiento a los siguientes subcriterios del metacriterio viabilidad:

Subcriterio costos – proyecto

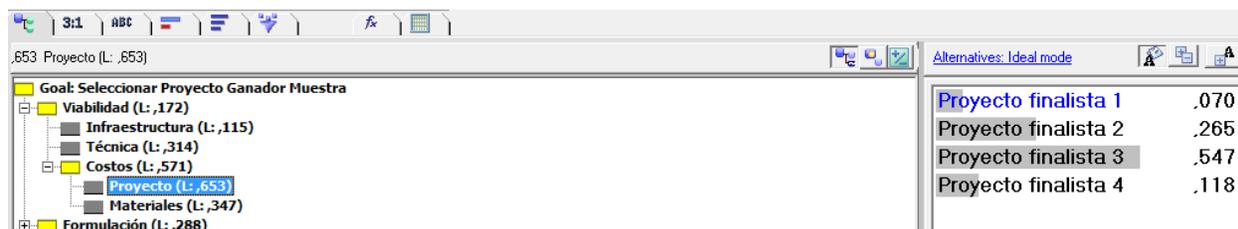
Ilustración 30 Matriz de comparación Subcriterio costo - proyecto

Compare the relative preference with respect to: Viabilidad \ Costos \ Proyecto				
	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi
Proyecto finalista 1		4,0	6,0	2,0
Proyecto finalista 2			3,0	3,0
Proyecto finalista 3				4,0
Proyecto finalista 4	Incon: 0,03			

Fuente: Software Expert Choice

Inconsistencia del 0,03 aceptada.

Ilustración 31 Pesos de importancia subcriterio costos de proyecto



Fuente: Software Expert Choice

Como se muestra en la ilustración anterior indica que el mejor proyecto en cuanto a viabilidad de costos del proyecto es el proyecto finalista 3 con un porcentaje de importancia de 54,7%.

Subcriterio Técnico

Ilustración 32 Matriz de comparación Subcriterio técnico

Compare the relative preference with respect to: Viabilidad \ Técnica				
	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi
Proyecto finalista 1		3,0	3,0	3,0
Proyecto finalista 2			1,0	1,0
Proyecto finalista 3				1,0
Proyecto finalista 4	Incon: 0,00			

Fuente: Software Expert Choice

Inconsistencia del 0,00.

Ilustración 33 Pesos de importancia subcriterio técnico

The screenshot shows the Expert Choice software interface. On the left, a hierarchical tree structure is displayed under the goal 'Seleccionar Proyecto Ganador Muestra'. The criteria and their weights are: Viabilidad (L: ,172), Infraestructura (L: ,115), Técnica (L: ,314), Costos (L: ,571), Proyecto (L: ,653), and Materiales (L: ,347). Other criteria include Formulación (L: ,288), Metodológico (L: ,105), Factibilidad (L: ,275), and Contexto (L: ,160). On the right, a table titled 'Alternatives: Ideal mode' shows the weights for the four alternatives: Proyecto finalista 1 (.500), Proyecto finalista 2 (.167), Proyecto finalista 3 (.167), and Proyecto finalista 4 (.167).

Alternatives: Ideal mode	Weight
Proyecto finalista 1	.500
Proyecto finalista 2	.167
Proyecto finalista 3	.167
Proyecto finalista 4	.167

Fuente: Software Expert Choice

Como se muestra en la ilustración anterior indica que el mejor proyecto en cuanto a viabilidad de costos del proyecto es el proyecto finalista 1 con un porcentaje de importancia de 50%.

Subcriterio Infraestructura

Ilustración 34 Matriz de comparación Subcriterio infraestructura

Compare the relative preference with respect to: Viabilidad \ Infraestructura				
	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi	Proyecto fi
Proyecto finalista 1		4,0	3,0	2,0
Proyecto finalista 2			3,0	3,0
Proyecto finalista 3				3,0
Proyecto finalista 4	Incon: 0,06			

Fuente: Software Expert Choice

Inconsistencia del 0,06 aceptada.

Ilustración 35 Pesos de importancia subcriterio infraestructura

The screenshot shows the hierarchy of sub-criteria for 'Viabilidad' (L: .172) and the resulting weights for four finalist projects. The sub-criteria and their weights are: Infraestructura (L: .115), Técnica (L: .314), Costos (L: .571), Proyecto (L: .653), and Materiales (L: .347). The weights for the four finalist projects are: Proyecto finalista 1 (.451), Proyecto finalista 2 (.085), Proyecto finalista 3 (.160), and Proyecto finalista 4 (.304).

Alternatives: Ideal mode	Weight
Proyecto finalista 1	.451
Proyecto finalista 2	.085
Proyecto finalista 3	.160
Proyecto finalista 4	.304

Fuente: Software Expert Choice

Como se muestra en la ilustración anterior indica que el mejor proyecto en cuanto a viabilidad de costos del proyecto es el proyecto finalista 1 con un porcentaje de importancia de 45,1%.

Resultado Ponderación Metacriterio Viabilidad:

Ilustración 36 Pesos de importancia Metacriterio viabilidad

The screenshot shows the hierarchy of metacriteria for 'Viabilidad' (L: .172) and the resulting weights for four finalist projects. The metacriteria and their weights are: Infraestructura (L: .115), Técnica (L: .314), Costos (L: .571), Proyecto (L: .653), and Materiales (L: .347). The weights for the four finalist projects are: Proyecto finalista 1 (.259), Proyecto finalista 2 (.182), Proyecto finalista 3 (.319), and Proyecto finalista 4 (.241).

Alternatives: Ideal mode	Weight
Proyecto finalista 1	.259
Proyecto finalista 2	.182
Proyecto finalista 3	.319
Proyecto finalista 4	.241

Fuente: Software Expert Choice

De acuerdo a la ilustración anterior, muestra el resultado total del Metacriterio de viabilidad de acuerdo a lo anterior indica que el mejor proyecto es el proyecto finalista 3 con un porcentaje de importancia del 31,9% seguido del proyecto finalista 1 con un porcentaje de importancia de 25,9%.

Dado el resultado anterior indica que el método multicriterio AHP funciona para la aplicabilidad de la evaluación de los proyectos finalistas de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad ECCI.

10 CONCLUSIONES

El método multicriterio Proceso de Jerarquía Analítica ofrece una excelente alternativa de toma de decisiones para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial, debido a que permitió comparar un determinado número de criterios comparándolas entre sí, con esto se logró obtener la importancia de cada criterio y subcriterio respectivamente arrojando un resultado porcentual, este resultado es promediado con los resultados de los otros expertos y de esta manera se obtiene el resultado final del peso de importancia de cada criterio y subcriterio, lo que significa que el método AHP permite priorizar los criterios y mostrar los que realmente son pertinentes para la selección del mejor proyecto finalista.

El trabajo realizado resulta interesante al verificar los resultados de cada uno de los expertos en las ponderaciones de las matrices pareadas, debido a que los expertos cuentan con una experiencia en un tema en común su juicio presenta diferentes puntos de vista en la calificación de los criterios, cada experto desde su preferencia indicaban mayor importancia a unos criterios con respecto a otros, por ejemplo dos de ellos le dieron mayor importancia al criterio factibilidad y el otro experto le dio mayor importancia al criterio formulación, por esta razón el método AHP permitió equilibrar los criterios basándose en los resultados del método de agregación.

La aplicación del método AHP resulta útil para la evaluación de proyectos finales de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial, debido que permite a los jurados tomar una decisión acertada en base a los criterios establecidos con su peso de importancia y de esta manera permitir su continuidad de investigación al proyecto más conveniente para la Universidad ECCI.

11 RECOMENDACIONES

Se recomienda modificar el reglamento de la muestra multidisciplinar de ingenierías con el fin de establecer los criterios de evaluación con su peso correspondiente para así lograr comparar los cuatro proyectos finalistas y obtener un resultado asertivo para la toma de decisión del mejor proyecto.

Realizar capacitación a los jurados en caso de implementar el método multicriterio AHP para la evaluación de proyectos de la muestra multidisciplinar del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad ECCI.

12 FUENTES DE LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

12.1 FUENTES PRIMARIAS

La información fue recolectada de fuentes bibliográficas, bases de datos de artículos científicos.

- Entidades privadas y del gobierno que evalúan proyectos de innovación, y de inversión
- Fondo Emprender
- Colciencias
- Cundinamarca Investiga
- Ministerios del gobierno de Colombia que haga elección de proyectos de innovación

12.2 FUENTES SECUNDARIAS

Informes científicos de las metodologías a estudiar.

13 RECURSOS

Nombres y apellidos	Profesión	Función	Dedicación horas semana	duración	costo
Dainiri Johana Camargo Urrego	Estudiante Ingeniería	Elaboración del proyecto	6	6 meses	
Germán Ramírez Valles	Ingeniero de producción (c.) Maestría en gestión y producción de operaciones	Asesoría metodológica	2	6 meses	

Equipo	propósito	actividades en la cual se utiliza	costo
--------	-----------	-----------------------------------	-------

Computador de escritorio	realización del proyecto	permanentemente	\$ 1.200.000
computador portátil	realización del proyecto	permanentemente	\$ 800.000
Papel	Instrumentos e impresiones	permanentemente	\$ 25.000
software office 365	realizar el documentos	Permanentemente	\$ 180.000
software superdecisions	procesamiento matemático de los modelos	uso del modelo	gratis
Expert Choice	Valoración de criterios	Definición de criterios de evaluación	Trial

14 BIBLIOGRAFÍA

- Aznar , J., & Guijarro , F. (s.f.). Adaptado de nuevos métodos multicriterio.
- Aznar, J., & Guijarro, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración*. Valencia ee.
- Beshah, B., & Kitaw, D. (2013). AHP APPLICATION IN A FINANCIAL INSTITUTION. 5, 54 - 70. Ethiopia.
- Colciencias. (2016). Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e innovación. Bogotá, Colombia.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papagiannakis, L. (1995). Criteria Importance Though Intercriteria Correlation. *Computers Operation Research*, 22(7), 763-777.
- Hernández Sampieri, R. (1991). *Definición del tipo de investigación a realizar: básicamente exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa*.
- Islam, R., & Ismail, Y. (2010). MALAYSIA ON COURSE TO BECOME A DEVELOPED COUNTRY: PRIORITIZING ISSUES WITH THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS. 2. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Kopytov, E., Demidovs , V., & Petukhova, N. (2011). APPLICATION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN DEVELOPMENT OF TRAIN SCHEDULE INFORMATION SYSTEMS. 3. Riga, Latvia.
- Martinez Guijarro, F., & Beller Aznar, J. (2013). *NUEVOS METODOS DE VALORACION MODELOS MULTICRITERIO*.
- Martinez, R. (11 de 2005). Evaluación de programas y proyectos sociales. Naciones unidas cepal.
- Opricovic, S. (1998). Multicriteria optimization of civil engineering systems. *Faculty of Civil Engineering, Belgrade*.
- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.

- Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2007). Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research*, 178(2), 514-529.
- Plataforma de ONG de Acción Social. (s.f.). *Guía de evaluación de programas y proyectos sociales*. Madrid : Plataforma de ONG de Acción Social.
- Quijano Hurtado, R. (2012). Diseño e implementación de una plataforma integrada de modelación para la planificación energética sostenible -Modergis ? ?estudio de caso Colombia".
- Ramirez , G. (2016). *Reglamento de la muestra multidisciplinar de Ingenierías*. Bogotá : Universidad ECCI.
- Sarmiento, J. (2001). *Evaluación de proyectos*. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Universidad ECCI. (01 de 12 de 2010). Microcurrículo Diseño Industrial. Bogotá, Colombia.
- Universidad ECCI. (01 de 12 de 2010). Microcurrículo Ergonomía. Bogotá, Colombia.
- Universidad ECCI. (01 de 12 de 2010). Microcurrículo Ingeniería de métodos. Bogotá, Colombia.
- Universidad ECCI. (20 de 07 de 2015). *Universidad ECCI programas de pregrado*. Obtenido de Universidad ECCI programas de pregrado: <http://pregrados.ecci.edu.co/documentos/pensum/PensumProfesionalIII.pdf>
- Yu, L. (1973). A Class of Solutions for Group Decision Problems. *Management Science*, 19(8), 936-946.
- Zeleny, M. (1982). Multiple criteria decision making. *McGraw-Hill series in quantitative methods for*