Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP) para mejorar la evaluación técnica de proveedores de grupos electrógenos en el sector retail

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Iustin Maribel CISNEROS TRUJILLO

ASESOR

Mg. José Carlos ORÉ LUJÁN

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cisneros, I. (2021). *Aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP) para mejorar la evaluación técnica de proveedores de grupos electrógenos en el sector retail*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Iustin Maribel Cisneros Trujillo
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45979824
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	José Carlos Oré Luján
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06119405
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2174-4485
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Esther Berger Vidal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08766040
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Lucy Haydee De La Cruz Cuadros
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06554824
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.3. Toma de Decisiones

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	octubre 2021
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I)

En Lima, siendo las 12:00 horas del sábado 02 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Dra. Esther Berger Vidal (PRESIDENTA), Lic. Lucy Haydee De La Cruz Cuadros (MIEMBRO) y el Mg. José Carlos Oré Luján (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) PARA MEJORAR LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROVEEDORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS EN EL SECTOR RETAIL**", presentado por la señorita **Bachiller Iustin Maribel Cisneros Trujillo**, para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del trabajo de suficiencia, la Presidenta invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del Jurado Evaluador, la expositora mereció la aprobación BUENO, con un calificativo promedio de DIECISEIS.

A continuación, los miembros del Jurado dan manifiesto que la participante **Bachiller Iustin Maribel Cisneros Trujillo** en vista de haber aprobado la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesta para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Siendo las 12:30 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.

Dra. Esther Berger Vidal
PRESIDENTA

Lic. Lucy Haydee De La Cruz Cuadros
MIEMBRO

Mg. José Carlos Oré Luján
MIEMBRO ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Mg. Paulo César Olivares Taipe

Documento evaluado: APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) PARA MEJORAR LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROVEEDORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS EN EL SECTOR RETAIL

2. Autor de la tesis: CISNEROS TRUJILLO IUSTIN MARIBEL
3. Fecha de recepción de la tesis: 08/11/2021
4. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes:10/11/2021
   - Software utilizado: Turnitin
5. Configuración del programa detector de similitudes:
   - Excluye textos entrecomillados
   - Excluye bibliografía
   - Excluye cadenas menores a 40 palabras
6. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes:9%
7. Fuentes originales de las similitudes encontradas:
   Fuentes de internet:9%
   Publicaciones: 3%
   Trabajos de estudiantes:4%
8. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones

Lima, 23 noviembre del 2021

UNMSM

Firmado digitalmente por VELASQUEZ PINO Carmela Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 01.12.2021 16:59:01 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

Dedico el presente trabajo a cuatro personas que amo y admiro con todo mi corazón y que lo son todo para mí, aunque algunas ya no están en este mundo, sé que siempre me acompañarán.

A mis abuelitos Humberto Trujillo y Berta Diestro, quienes me brindaron un amor inmensurable y me enseñaron el valor de la perseverancia y la dedicación. Que desde el cielo me seguirán cuidando.

A mis padres Néstor Cisneros y Maribel Trujillo, quienes me enseñaron a ser autodidacta y honesta, además de apoyarme siempre en momentos difíciles y confiar en mí y en mis decisiones.

Resumen

APLICACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) PARA MEJORAR LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE PROVEEDORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS EN EL SECTOR RETAIL

IUSTIN MARIBEL CISNEROS TRUJILLO

OCTUBRE, 2021

Titulo obtenido: Licenciada en Investigación Operativa

En el presente trabajo busca visibilizar la aplicación del método Proceso Analítico Jerárquico (**Analytic Hierarchy Process - AHP**) como apoyo a la toma de decisiones para mejorar la evaluación de compras corporativas en el sector Retail, específicamente la adquisición de grupos electrógenos.

Con la aplicación se busca incrementar eficientemente el cumplimiento de los requerimientos del cliente para sus distintos proyectos. Es por ello que se trabajó con un equipo interdisciplinario dentro de la Dirección de Desarrollo y Construcción, que permitió determinar criterios importantes analizando distintas variables a tomar en cuenta, que luego mediante la construcción de la

estructura jerárquica del problema, se realizó el cálculo de síntesis, obteniendo como resultado un ranking priorizado de factores críticos y proveedores.

Palabras claves: Proceso Analítico Jerárquico, Evaluación Técnico, Grupo Electrógeno Proveedores, Retail

Abstract

APPLICATION OF THE HIERARCHICAL ANALYSIS PROCESS (AHP) TO IMPROVE THE TECHNICAL EVALUATION OF SUPPLIERS OF GENERATOR SETS IN THE RETAIL SECTOR

IUSTIN MARIBEL CISNEROS TRUJILLO

OCTOBER, 2021

Graduate: Operations Reseach

In the present work, it seeks to make visible the application of the Hierarchical Analytical Process method (Analytical Hierarchy Process - AHP) as support for decision-making to improve the evaluation of corporate purchases in the Retail sector, specifically the acquisition of generator sets.

The application seeks to efficiently increase compliance with the client's requirements for their different projects. That is why we worked with an interdisciplinary team within the Development and Construction Directorate, which will determine important criteria by analyzing different variables to take into account, which then through the construction of the hierarchical structure of

the problem, the synthesis calculation was carried out, obtaining as a result a prioritized ranking of critical factors and suppliers.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Technical Evaluation, Generator Set, Suppliers, Retail

Tabla de Contenidos

Introducción 1
Informacion del Lugar Donde se Desarrolla la Actividad 3
Institución 3
Periodo 4
Finalidad y objetivos de la entidad 5
Razón social 5
Dirección postal 5
Correo electrónico del profesional a cargo 5
Descripcion de la Actividad 6
Organización de la actividad 6
Finalidad y Objetivos de la Actividad 7
Objetivo general 7
Objetivo específico 7
Problemática 7
Metodología y Procedimientos 9
Toma de Decisiones 9
Decisiones multicriterio 12
Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) 13
Comparaciones pareadas 15
Consistencia 16
Resultados de la Actividad 18
Selección de expertos 18
Definición del objetivo general o meta global 18
Identificación de criterios 18
Identificación de las alternativas 19
Árbol de jerarquías 20
Evaluaciones del modelo 21
Evaluación pareada de los criterios respecto al objetivo general o meta global 22
Evaluación pareada de alternativas 27
Análisis e Interpretación de los Resultados 40
Análisis de Sensibilidad 40
Interpretación de los resultados 43
Conclusiones 44
Recomendaciones 45
Lista de referencias bibliograficas 46

Lista de tablas

Tabla 1 Escala Fundamental de Comparación por Pares 15
Tabla 2 Índice Aleatorio 17
Tabla 3 Identificación de Criterios 19
Tabla 4 Identificación de Alternativas 20
Tabla 5 Escala Porcentual para Evaluar el Cumplimiento 27

Lista de figuras

Figura 1 Empresas del Grupo Intercorp Retail 3
Figura 2 Organigrama Intercorp Retail 4
Figura 3 Red de Comunicación con Cliente y Proveedores 8
Figura 4 Marco de Toma de decisiones 11
Figura 5 Modelo Jerárquico para la Toma de Decisiones 14
Figura 6 Matriz de Comparaciones Pareadas 16
Figura 7 Árbol de Jerarquías 21
Figura 8 Objetivos, Criterios y Alternativas en Expert Choice 22
Figura 9: Matriz de Comparaciones por Pares para el Objetivo o Meta Global en el Expert Choice 26
Figura 10 Cuadro Comparativo Homologado para Datos Generales 28
Figura 11 Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Datos Generales en Expert Choice 29
Figura 12 Cuadro Comparativo Homologado para Cumplimiento de Códigos y Estándares 30
Figura 13 *Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Cumplimiento de Códigos y Estándares en Expert Choice* 30
Figura 14 Cuadro Comparativo Homologado para Alcance de Suministro 31
Figura 15 Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Alcance de Suministro en Expert Choice 32
Figura 16 Cuadro Comparativo Homologado para Consumo de Utilidad 32
Figura 17 Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterio de Consumo de Utilidad en Expert Choice 33
Figura 18 Cuadro Comparativo Homologado para Condiciones de Diseño del Equipo 34
Figura 19 Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Condiciones de Diseño del Equipo en Expert Choice 36
Figura 20 Cuadro Comparativo Homologado para Información con la Propuesta 37
Figura 21 Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Información con la Propuesta en Expert Choice 38
Figura 22 Opción de Síntesis con Respecto a la Meta 38
Figura 23 Sintesis de Resultado de la Alternativa Ganadora Respecto a la Meta 39
Figura 24 Opción de Gráficos de Sensibilidad 40
Figura 25 Gráfico de la Opción Performance en Expert Choice 41
Figura 26 Gráfico de la Opción Dinamyc 42

Introducción

Hoy en día, el sector retail ha ido creciendo de manera significativa y convirtiendo a nuestro país en uno de los que tiene mayor índice de crecimiento en toda América Latina.

Este es, entonces uno de los grandes indicadores atractivos para las empresas e inversionistas, que se animan e incursionan en la construcción de nuevos formatos de tiendas de venta minorista (retail).

Estas empresas invierten para que un periodo de tiempo, lo más corto posible, se pueda obtener una tienda operativa que cumpla con las normas, estándares y requerimientos que sus clientes necesitan.

Para que estas grandes inversiones sean rentables para la empresa, se realiza una serie de evaluaciones y estrategias que permitan optimizar los recursos para su respectiva implementación. Es por ello que, se aplica la realización de compras corporativas, permitiendo mejores condiciones de negociación frente a los proveedores para la adquisición de bienes y servicios, entre las compras corporativas más recurrentes se encuentran: Grupo Electrógeno, Equipo de Media Tensión, Bomba Contra Incendio y Suministros de Luminarias

En la presente investigación se trabajó con la toma de decisiones multicriterio que permite integrar distintos criterios de evaluación en el proceso de evaluación, en particular con la metodología de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), que permite generar criterios de evaluación técnicos para la adquisición de Grupos Electrógenos.

El diseño de las jerarquías para los criterios a evaluar requiere experiencia y conocimiento del problema que se plantea, para la cual es indispensable disponer de toda la información necesaria.

La justificación que se tuvo para emprender el estudio es la de brindar un aporte metodológico de evaluación de alternativas con distintos criterios para el sector retail y a su vez que la empresa decisora pueda tener la confianza de seleccionar una alternativa teniendo en cuenta que se hizo una evaluación con los criterios adecuados.

Informacion del Lugar Donde se Desarrolla la Actividad

Institución

Intercorp Retail es un holding minorista líder, presente en todas las regiones del Perú así como en Ecuador, Colombia y Bolivia a través del negocio farmacéutico.

Actualmente mantiene el liderazgo en sus tres segmentos principales: supermercados, farmacias y centros comerciales.

Figura 1

Empresas del Grupo Intercorp Retail

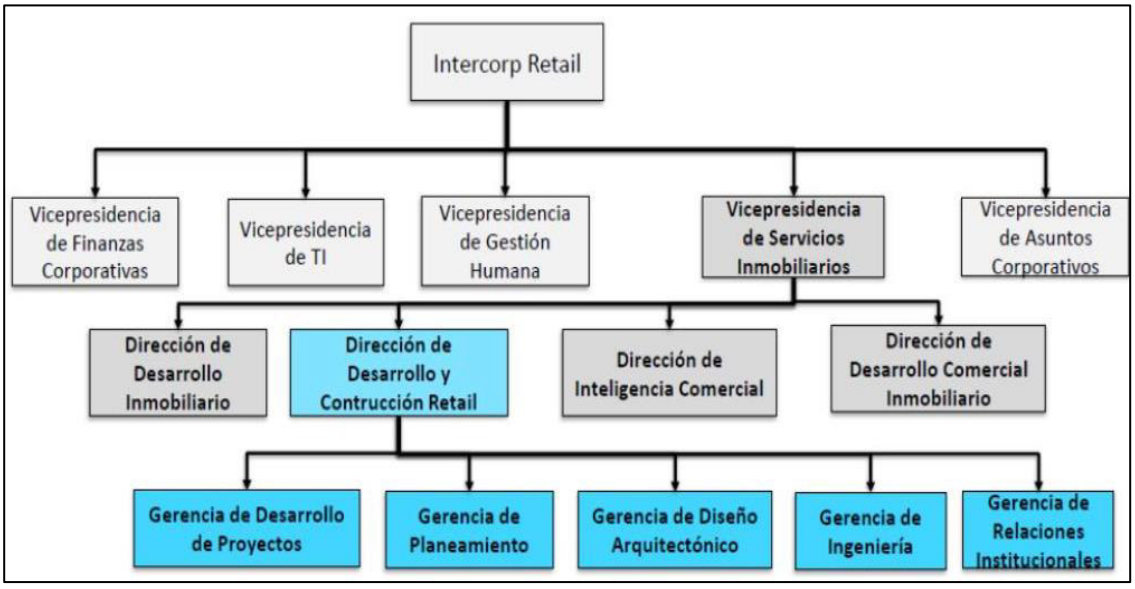


Fuente: (Intercorp Retail, 2018)

Dentro de Intercorp Retail se cuenta con un equipo interno (Vicepresidencia de Desarrollo Inmobiliario) enfocado en la búsqueda de nuevas ubicaciones y la construcción de sus distintos formatos.

Figura 2

Organigrama Intercorp Retail



Fuente: Elaboración Propia

Dentro de la Vicepresidencia encontraremos la Dirección de Desarrollo y Construcción Retail, la cual es la encargada de realizar las gestiones para la construcción de los distintos formatos, minimizando costos y manteniendo el standard y calidad para sus clientes. Las áreas con las cuales trabajaremos el presente estudio serán Gerencia de Ingeniería y Gerencia de Planeamiento.

Periodo

El periodo de labores se desarrolla entre diciembre, 2017 – Actual

Finalidad y objetivos de la entidad Cada vicepresidencia tiene su propia visión, en el caso de Desarrollo y Construcción es: Ser reconocidos como la empresa de desarrollo inmobiliario comercial líder del Perú.

Razón social

IR MANAGEMENT S.R.L

Dirección postal

Cal. Morelli Nro. 139 Int. 204 (Piso 2) San Borja - Lima, Perú

Correo electrónico del profesional a cargo

Ing. Alex Álvarez Aliaga, Jefe de PMO - alex.alvarez@intercorpretail.pe

Descripcion de la Actividad

Organización de la actividad

Para la evaluación de los criterios técnicos y funcionalidades del Grupo Electrógeno puedan contribuir de manera eficiente a los requerimientos técnicos del cliente se realiza un análisis que permitan la correcta evaluación de los proveedores que participan del concurso de compras corporativas. más criterios para una mejor selección de alternativas.

Paso-1: Seleccionar los criterios: Es necesario determinar los criterios que se deseen valorar para efectuar la evaluación técnica requerida por el cliente.

Para ello, se llevará a cabo reuniones con representantes de distintos equipos de las áreas de Ingenierías y Planeamiento, para llegar al consenso de los criterios adecuados que se deban utilizar en dichas evaluaciones.

Paso-2: Determinar la importancia relativa de los criterios: Este es un paso realmente importante en el proceso de toma de decisiones, en el mismo se ponderan los criterios.

Paso-3: Establecer la categoría de cada criterio de evaluación

Para desarrollar el paso 2 y 3, se vuelve a convocar a una reunión con los responsables expertos, quienes con el expertis proponen el orden de importancia de los criterios y sus respectivas categorías.

Finalidad y Objetivos de la Actividad

Objetivo general

Determinar un ranking priorizado para la selección de proveedores en la adquisición de Grupos Electrógenos.

Objetivo específico

- Determinar qué criterios son relevantes en la evaluación de equipos mayores (Grupos Electrógenos)
- Recomendar estrategias para una evaluación de proveedores más óptima.

Problemática

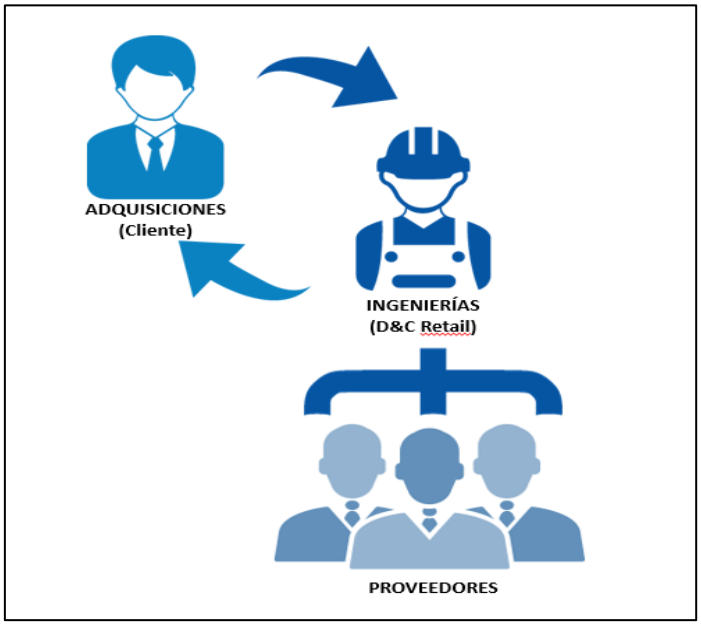
El área de Adquisiciones de uno de nuestros principales Clientes constantemente se encuentra realizando la evaluación de distintas compras corporativas de bienes y servicios para sus distintas tiendas en operación y en desarrollo (proceso de construcción) entre una de sus principales compras son la de equipos principales para la implementación de sus tiendas, Grupos Electrógenos.

Los Grupos Electrógenos, son equipos de suma importancia cuando nos encontramos frente a un retail, ya que éste evita que exista pérdida de insumos y que los colaboradores paralicen sus labores ante cualquier eventualidad garantizando un adecuado flujo energía eléctrica durante todo el día y sin interrupciones. Por ejemplo, haciéndose uso del aire acondicionado que es importante para mantener la temperatura fresca y óptima para garantizar al consumidor una experiencia agradable durante todo su recorrido por la tienda.

Es por ello, que se requiere la adquisición de equipos adecuados y de altos estándares para responder a los requerimientos necesarios de la demanda de cada una de las tiendas. Dado que el equipo de Adquisiciones no cuenta con un área de técnicos especializada solicita el apoyo constante del área de Ingenierías, para la evaluación de las especificaciones técnicas de las ofertas para las distintas compras corporativas de equipos principales (Grupo Electrógeno, Equipo de Media Tensión, Bomba Contra Incendio y Suministros de Luminarias) que se llevan a cabo para los futuros proyectos.

Figura 3

Red de Comunicación con Cliente y Proveedores



Fuente: Elaboración Propia

Para todos aquellos concursos de compras corporativas se trabaja con documentación formal, el presente trabajo se guía de las Bases específicas de Grupo Electrógeno que es enviado

del Área de Adquisiciones al Área de Ingeniería para evaluar los requerimientos de la tienda y los ofertados por los futuros proveedores.

En la mayoría de casos el factor determinante siempre ha sido el costo, pero hoy en día se pretende analizar más variables que puedan afianzar la toma de decisiones.

Metodología y Procedimientos

Toma de Decisiones

La toma de decisiones es un proceso, tan natural y común, que se realiza diariamente y lo seguiremos realizando a lo largo de toda nuestra vida. Sin embargo, muchas veces le restamos importancia y a medida que van cambiando los escenarios (situaciones complejas) en los cuales se opera, el tomar decisiones nos empieza a demandar un mayor análisis.

Es por ello que, la "toma de decisiones" ocupa un apartado especial en distintas áreas de estudio y ya no sólo en el ámbito empresarial. En un mundo cada vez más complejo y en constante cambio, puede llegar a ser muy desconcertante, pensar ¿cómo lograr asimilar toda la información necesaria para lograr la decisión más acertada? Todo ello nos conduce a pensar que el tomar decisiones supone un proceso mental que en la mayoría de casos ha sido relacionado con el proceso de dar solución a problemas. Donde se entiende que el proceso inicia al identificar y definir el problema, y el mismo termina con la selección de alguna alternativa, que a este acto se le conoce como toma de decisión.

Narro (1996) ha afirmado lo siguiente:

> Resolver un problema real generalmente es muy complicado y no se sabe por dónde empezar. Esto se debe, entre otras cosas, a que los elementos que en él intervienen son numerosos. También influye que las relaciones entre estos elementos no son evidentes. Por consiguiente, es difícil expresar el problema en forma clara. ¿Cómo podría encontrarse la solución de un problema que no se comprende? (pág. 184)

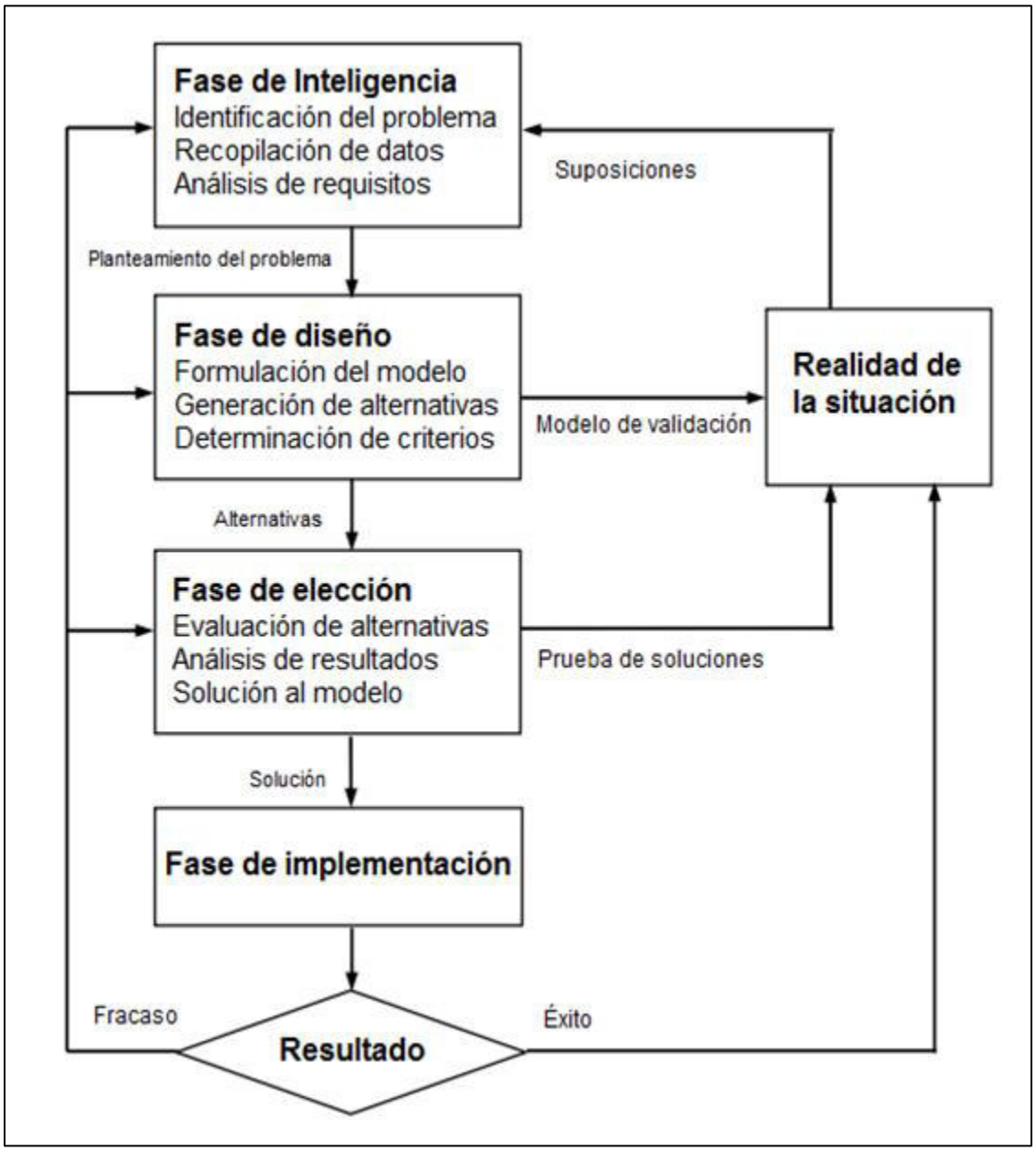
Dado que el proceso de toma de decisiones inicia con la fase de inteligencia, donde se debe de examinar la realidad, la siguiente fase sería identificar el problema y por último definir la declaración del problema. En la fase de diseño, se debe de construir un modelo que represente el sistema, esto se lleva a cabo realizando pruebas ficticias que simplifican la realidad y tomando en cuenta el comportamiento en relación a las variables. Por lo consiguiente podremos decir entonces que el modelo es válido, y se pueden establecer criterios que permitan una evaluación de las alternativas a identificar. A menudo el proceso de construcción del modelo identifica posibles soluciones alternativas, y viceversa. En la fase de elección se opta por escoger una solución propuesta al modelo. Esta solución pasa entonces a ser probada para determinar si es viable. Luego de demostrada que la solución propuesta parece ser razonable, estamos listos para la última fase: la implementación. La implementación exitosa resulta en la solución del problema real. El fracaso lleva a una vuelta a una fase anterior del proceso.

Podemos decir entonces dentro del proceso de toma de decisiones, distintos decisores pueden enfatizar una fase u otra. Diferentes casos que se pueden presentar para la toma de decisiones también podrían necesitar mayores detalles o subfases y técnicas de apoyo en una o más fases. La literatura sobre este tema muestra muchas teorías y resultados sobre cómo se toma una decisión, con algunos análisis detallados con más especificaciones y sugerencias. De forma

que los tomadores de decisiones puedan entender y seguir fácilmente un proceso de toma de decisiones, como se muestra en los nueve pasos en la Fig.4. (Lu, 2007)

Figura 4

Marco de Toma de decisiones



Fuente. Adaptado de Fig. 1.1: Decision making process framework, (p.6), por Lu, J. 2007. Multi – Objective Group Decision Making: methods, software and applications with fuzzy set techniques. Sydney, Imperial College Press.

A partir del proceso, se ve que una elección se da entre varias alternativas propuestas. Cada elección puede caracterizarse por una declaración de problemas, un grupo de criterios y alternativas de decisión. Entonces los tomadores de decisiones pasan por estas fases en el camino de llegar a una buena decisión. (Lu, Zhang, Ruan & Wu, 2007)

Decisiones multicriterio

Los problemas de decisión multicriterio tienen una particularidad que los caracteriza, siempre se busca identificar la mejor o las mejores soluciones considerando a su vez múltiples o diferentes criterios, éstos compitiendo unos contra otros, este conflicto nos lleva como resultado que al encontrar una posible o posibles alternativas de solución se pueden satisfacer algunos criterios y otros no.

Esto se debe, entre otras cosas, a que los elementos que en él intervienen son numerosos y que las relaciones entre estos elementos no evidentes influyen notoriamente, por consiguiente, es difícil expresar el problema en forma clara.

Sin embargo, no todo rece en cómo definimos el problema. También es importante saber el papel importante que toman los decisores respectos ante un problema multicriterio.

Bonome (2009) ha afirmado lo siguiente:

> En el caso de la toma de decisiones por los agentes individuales deberíamos de ser conscientes de algo básico: la mayoría de las veces nos encontramos en una situación de información incompleta. De ahí que cualquier cambio en la información inicialmente

disponible puede afectar a nuestro resultado. La percepción que tengamos de la realidad circundante ha de ser siempre vista como algo provisional y que está sujeto a cambios. (pág..80)

Por ello para poder evaluar de manera objetiva distintos tipos de problemas mullticriterio debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- Alternativas: Estas son las posibles soluciones o acciones a tomar por el decisor.
- Atributos: Son las características para describir cada una de las alternativas disponibles, estas pueden ser cuantitativas (atributos objetivos) o cualitativas (atributos subjetivos), cada alternativa puede ser caracterizada por un número de atributos (escogidos por el decisor).
- Objetivos: Son las metas relacionadas con los deseos y preferencias del decisor.
- Metas: Aspiraciones que especifican niveles de deseos de los atributos.
- Criterios: Son los parámetros, directrices y puntos de referencia que van a permitir evaluar las opciones o alternativas que se presenten en el proceso de decisión.

Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

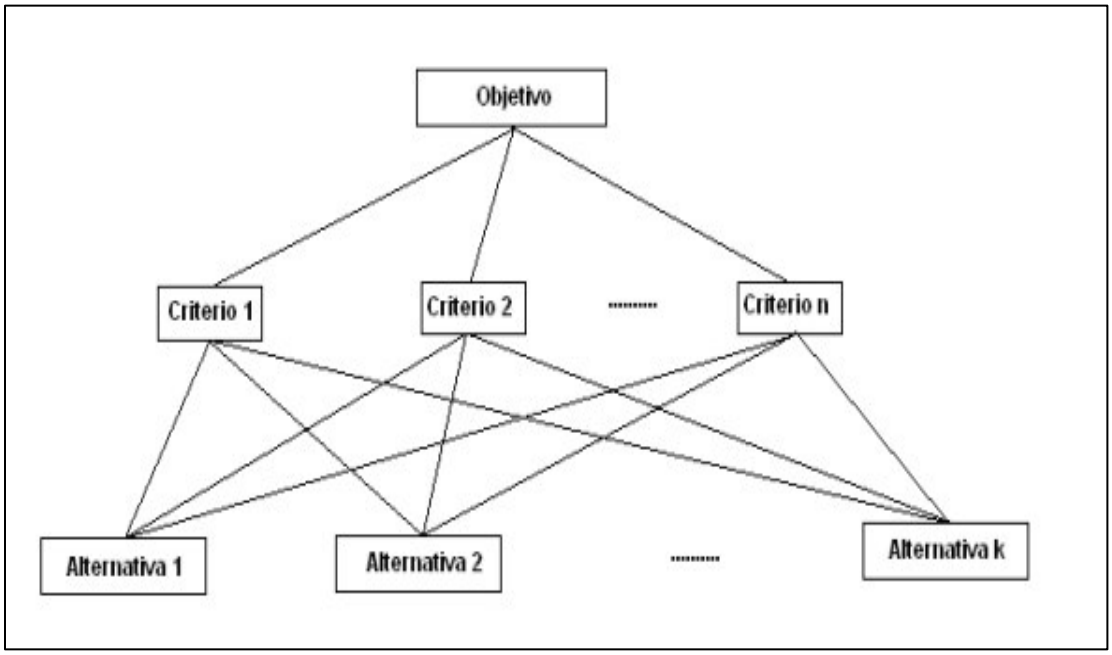
El Proceso Analítico Jerárquico o como se conoce en sus siglas en inglés AHP (Analytic Hierarchy Process) es método que fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty en 1980 con unos de los más grandes aportes del siglo XX, The Analytic Hierarchy Process.

Esta metodología lo que permite es presentar de manera formal el entendimiento intuitivo de un problema multicriterio complejo; esto mediante la construcción de un modelo jerárquico que permite al decisor o decisores (llamados expertos) poder estructurar el problema en forma más

sencilla. Dentro del modelo jerárquico podemos encontrar generalmente tres niveles importantes: objetivo o meta, criterios y alternativas; de manera que haya una relación de todos los elementos del siguiente nivel. Para el éxito del uso de este modelo cabe recalcar la intervención de expertos, punto clave dentro de cada una de las evaluaciones de criterios, subcriterios y alternativas que se lleguen a obtener.

Figura 5

Modelo Jerárquico para la Toma de Decisiones



Fuente: Elaboración Propia

Luego de construida la estructura jerárquica del problema se procede con la valoración de los elementos para cada criterio, en este caso el decisor o decisores son los responsables de emitir sus juicios de valor o preferencias. Esta actividad se realiza con una comparación de valores subjetivos por parejas (comparaciones binarias o pareadas), para ello se utiliza una escala fundamental del 1 al 9 que ha sido de uso comprobado en situaciones reales muy diversas.

Tabla 1

Escala Fundamental de Comparación por Pares

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Moderadamente importante	El juicio favorece moderadamente al criterio A sobre el criterio B
5	Fuertemente importante	El juicio favorece fuertemente al criterio A sobre el criterio B
7	Muy fuertemente importante	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
9	Extremadamente importante	La importancia del criterio A sobre el criterio B está fuera de toda duda

Nota: Los valores 2, 4, 6 y 8 se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los factores. Estos son valores intermedios de preferencia. Fuente: Adaptada de Saaty, Thomas. How to make a decision: the analytic hierarchy process. University of Pittsburgh. 1994

Comparaciones pareadas

Para la aplicación del método análisis jerárquico es necesario una comparación de las diferentes alternativas respecto a los distintos criterios de un mismo nivel de jerarquía. Estas comparaciones por pares dan como resultado a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión.

Esta matriz que es parte importante de nuestro modelo debe cumplir con las siguientes 3 propiedades:

- Reciprocidad, esto quiere decir, que si aij=x, entonces aji=1/x, esto con el fin de poder garantizar que en la comparación por pares se esté realizando de manera bidireccional.
- Homogeneidad, esto quiere decir, si i y j son igualmente importantes, aij=aji=1, y además, aii= 1 para todo i.
- Consistencia, esto significa que la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada

Figura 6

Matriz de Comparaciones Pareadas

P	A_i	...	A_j
A_i	1	...	a_{ij}
⋮	⋮		⋮
A_j	$1/a_{ij}$	...	1

Fuente: Adaptado de Matriz reciproca para comparación pareada de juicios en AHP sitio web: https://www.researchgate.net/figure/Figura-63-Matriz-reciproca-para-comparacion-pareada-de-juicios-en-AHP_fig3_50837663

Consistencia

Otro punto importante a tener en consideración para asegurar la calidad de la información como resultado final es la consistencia de los datos ingresados al modelo.

La consistencia es obtenida mediante el índice de consistencia (*Consistency Index*, CI) donde λmax es el máximo autovalor y *n* es la dimensión de la matriz de decisión. Un índice de consistencia igual a cero nos indica que la consistencia es completa. CI = $(\lambda \text{max} - \text{n}) / \text{n} - 1$

Luego de obtenido CI, se obtiene la razón de consistencia (*Consistency Ratio*, CR), éste se calcula mediante la división del índice de consistencia y el índice aleatorio .CR= (IC / IA). Ver Tabla 2, para encontrar los valores del IA, de acuerdo al tamo de la matriz. El índice aleatorio indica la consistencia de una matriz aleatoria.(Yepes, 2018)

Tabla 2

Índice Aleatorio

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Fuente: Elaboración propia

Toskano (2015) comenta lo siguiente:

> Esta razón o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes; es probable que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas: CR$\leq$ 0.10 : Consistencia Razonable y CR > 0.10 : Inconsistencia

Entonces tenemos:

obtenido CI, se obtiene la proporción de consistencia (Consistency Ratio, CR) siendo aceptado siempre que no supere los valores indicados en la Tabla 3. Si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones. Luego de construida la estructura jerárquica del problema se procede con la valoración de los elementos para cada criterio, en este caso el decisor o decisores son los responsables de emitir sus juicios de valor o preferencias. Esta tarea consiste en una comparación de valores subjetivos por parejas (comparaciones binarias o pareadas), para ello se utiliza una escala fundamental del 1 al 9 que ha sido de uso comprobado en situaciones reales muy diversas.

Resultados de la Actividad

Selección de expertos

En esta fase inicial se tuvo la tarea de buscar a las personas idóneas y con la experiencia correcta para atacar el problema de todas sus aristas. Se escogieron dos (2) expertos de la dirección de Desarrollo y Construcción, del área de ingeniería y planeamiento.

- Jefe de Ingenierías, experiencia de más de ocho años
- Analista de Planeamiento, experiencia de 10 años en el rubro retail.

Definición del objetivo general o meta global

La definición del objetivo general o meta global, consiste en hallar una respuesta que nos brinde una solución al problema o situación que se presenta. Para nuestro caso de estudio se definió de la siguiente manera: Focalización de criterios para la selección de proveedores.

Identificación de criterios

Para la identificación correcta de las características generales y criterios más importantes el equipo de expertos se enfocó en su afectación directa con el objetivo proponiendo criterios

cualitativos y cuantitativos en base a requerimientos específicos y necesarios; y características generales de los equipos mayores que son parte de las compras corporativas.

Tabla 3

Identificación de Criterios

Criterios	Descripción
Criterio 1	Datos generales
Criterio 2	Cumplimiento de códigos y estándares
Criterio 3	Alcance de suministro
Criterio 4	Consumo de utilidad
Criterio 5	Condiciones de diseño del equipo
Criterio 6	Información a suministrar con la propuesta

Fuente: elaboración propia

Identificación de las alternativas

Luego de evaluados los criterios por los expertos y llegar a un consenso se presentó ante el equipo las alternativas a ser evaluadas, en este caso de estudio se tomó en cuenta información brindada por los proveedores de Grupos Electrógenos. Cada una de estas alternativas fue evaluada respecto a los criterios presentados en la Tabla 3 lo cual permite obtener como resultado puntos a favor y en contra para cada una de ellas.

Tabla 4

Identificación de Alternativas

Alternativas	Descripción
Alternativa 1	Gamma
Alternativa 2	Modasa
Alternativa 3	Cummis
Alternativa 4	Flesan
Alternativa 5	Lugevi

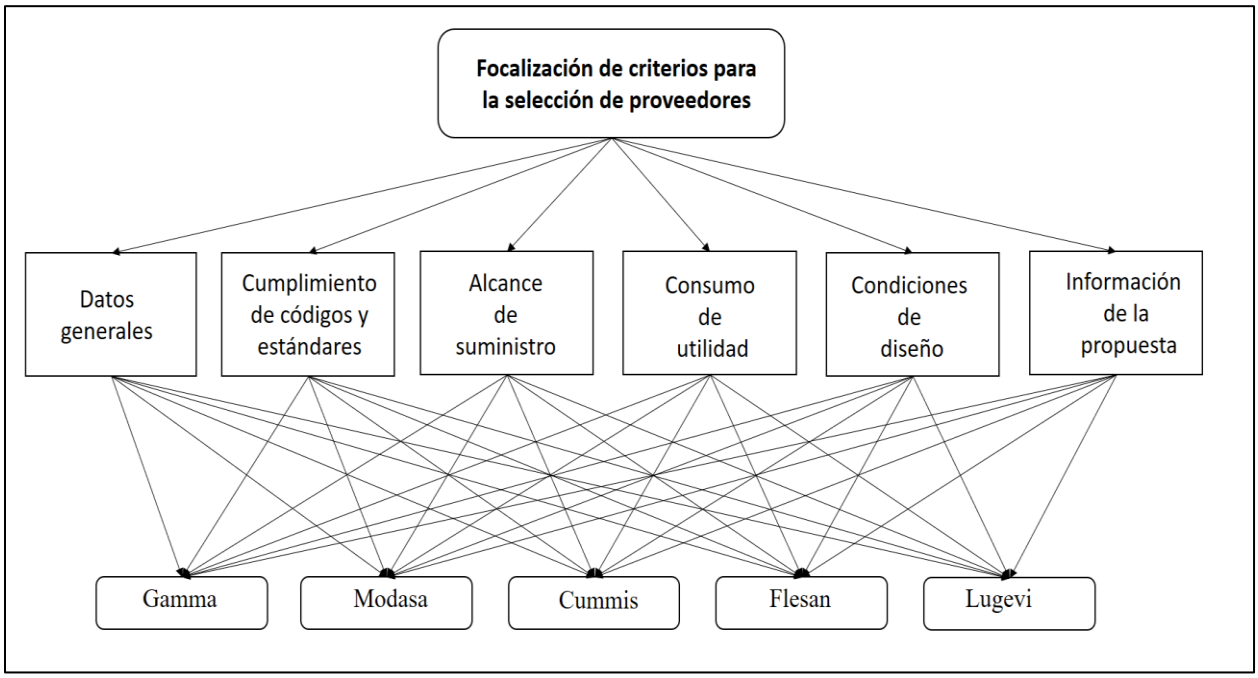
Fuente: elaboración propia

Árbol de jerarquías

En esta fase para representar nuestro modelo se decidió construir nuestra gráfica de arriba hacia abajo (árbol de jerarquías), recopilando información desde lo más general a lo particular, lo cual permitió un entendimiento mucho más sencillo y general donde se visibiliza la meta global u objetivo, criterios y alternativas que fueron dadas por los expertos.

Figura 7

Árbol de Jerarquías



Fuente: elaboración propia

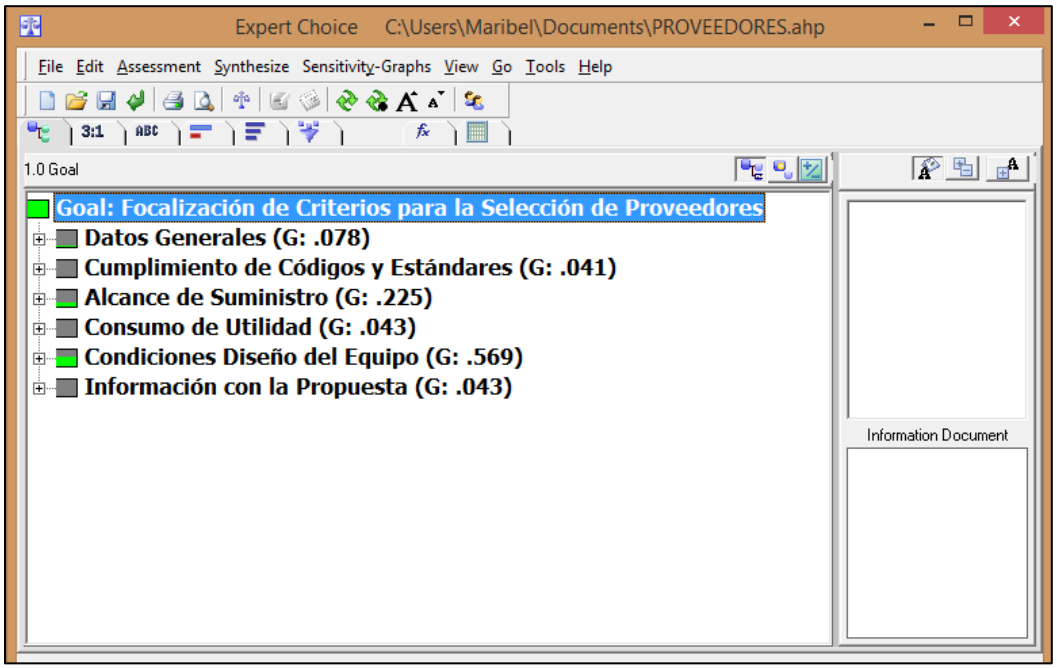
Evaluaciones del modelo

Luego de las etapas preliminares donde se identificó el objetivo general, criterios y alternativas; el trabajo se enfocó en las evaluaciones pareadas que fueron realizadas en varias reuniones por el participante experto (Jefe de Ingeniería), en base a la Tabla 1, respecto los juicios y evaluaciones dadas por del proceso de evaluación de equipos mayores, específicamente para este caso Grupos Electrógenos.

Para la evaluación del objetivo general, criterios y alternativas se utilizó el software Expert Choice, donde se ingresar los datos para su análisis.

Figura 8

Objetivos, Criterios y Alternativas en Expert Choice



Fuente: elaboración propia

Evaluación pareada de los criterios respecto al objetivo general o meta global

Para esta tarea se tomó como base el árbol de jerarquías (Figura 7), donde se observa que son seis criterios que están directamente relacionado con el objetivo o meta global: datos generales, cumplimiento de códigos y estándares, alcance de suministros, consumo de utilidad, condiciones de diseño del equipo e información de la propuesta.

Se detalla entonces las comparaciones pareadas:

- Datos generales Vs. Cumplimiento de códigos y estándares, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que los datos generales son moderadamente importantes que el cumplimiento de códigos y

estándares, ya que considerar las dimensiones y peso del equipo es un punto relevante.

- Datos generales Vs. Alcance de suministro, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que el alcance de suministro es más importante que los datos generales s, ya que considerar datos básicos como dimensiones, información del cronograma y entrega en la obra que es un punto relevante.
- Datos generales Vs. Consumo de utilidad, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que los datos generales se favorecen levemente sobre el consumo de utilidad, ya que el consumo de utilidad es información casi estándar que posee todos los equipos de Grupo Electrógeno.
- Datos generales Vs. Condiciones de diseño, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que las condiciones de diseño son mucho más importantes que los datos generales, ya que información de las partes del equipo y son indispensable para su funcionamiento (datos nominales del equipo, motor, generador, base y armado
- Datos generales Vs. Información a suministrar con la propuesta, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que los datos generales se favorecen levemente sobre la Información a suministrar con la propuesta, ya que en la propuesta se presenta la ficha técnica del equipo y manual de calidad del vendedor y su relevancia es menor.

- Cumplimiento de códigos y estándares Vs. Alcance de suministro, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera el alcance de suministro es más importante que Cumplimiento de códigos y estándares, ya que considera información como dimensiones, información del cronograma y entrega en la obra que es un punto relevante.
- Cumplimiento de códigos y estándares Vs. Consumo de utilidad, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera tienen el mismo nivel de importancia.
- Cumplimiento de códigos y estándares Vs. Condiciones de diseño del equipo, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que las condiciones de diseño del equipo son importancia extrema a comparación del cumplimiento de códigos y estándares, ya que brinda información de las partes del equipo y son indispensable para su funcionamiento (datos nominales del equipo, motor, generador, base y armado)
- Cumplimiento de códigos y estándares Vs. Información a suministrar con la propuesta, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que Cumplimiento de códigos y estándares y la Información a suministrar con la propuesta tienen el mismo nivel de importancia.
- Alcance de suministro Vs. Consumo de utilidad, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que alcance de suministro se favorecen fuertemente al consumo de utilidad, ya que considera

información como dimensiones, información del cronograma y entrega en la obra que es un punto relevante.

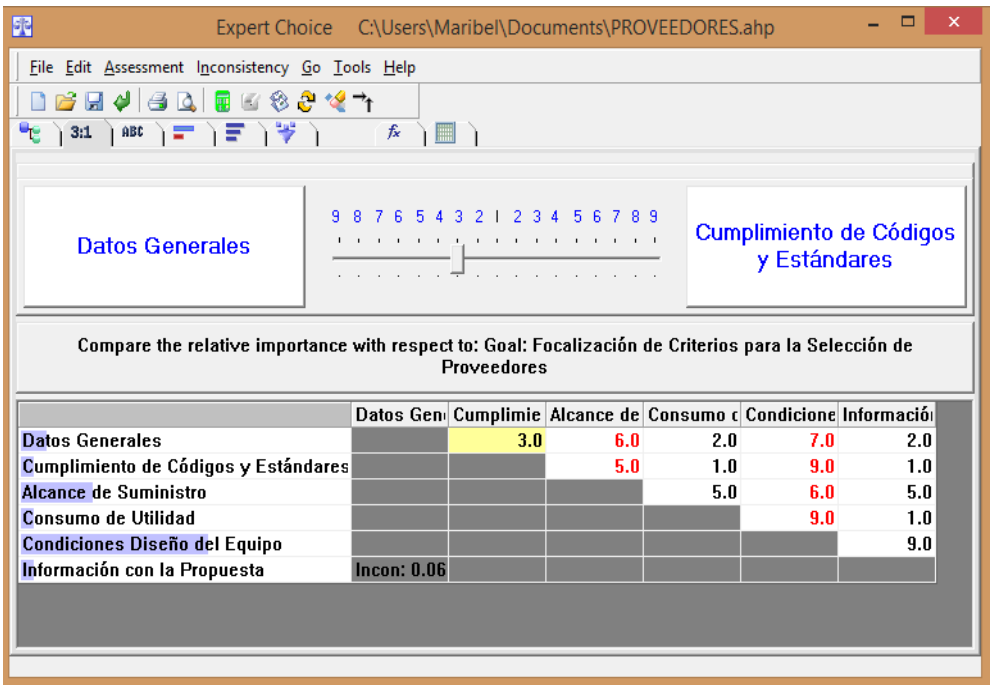
- Alcance de suministro Vs. Condiciones de diseño del equipo, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que las condiciones de diseño del equipo son de importancia extrema frente al alcance de suministros, ya que brinda información de las partes del equipo y son indispensable para su funcionamiento (datos nominales del equipo, motor, generador, base y armado)
- Alcance de suministro Vs. Información a suministrar con la propuesta, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que alcance de suministro se favorecen fuertemente respecto a la Información a suministrar con la propuesta, ya que considera información como dimensiones, información del cronograma y entrega en la obra que es un punto relevante.
- Consumo de utilidad Vs. Condiciones de diseño del equipo, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que las condiciones de diseño del equipo son de importancia extrema a comparación al consumo de utilidad, ya que brinda información de las partes del equipo y son indispensable para su funcionamiento (datos nominales del equipo, motor, generador, base y armado)
- Consumo de utilidad Vs. Información a suministrar con la propuesta, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que

el consumo de utilidad y la Información a suministrar con la propuesta tienen el mismo nivel de importancia.

- Condiciones de diseño del equipo Vs. Información a suministrar con la propuesta, tomando en cuenta la comparación de estos dos criterios, el Jefe de Planeamiento considera que las condiciones de diseño del equipo son de importancia extrema a comparación a la Información a suministrar con la propuesta, ya que brinda información de las partes del equipo y son indispensable para su funcionamiento (datos nominales del equipo, motor, generador, base y armado)

Figura 9:

Matriz de Comparaciones por Pares para el Objetivo o Meta Global en el Expert Choice



Fuente: Expert Choice

Evaluación pareada de alternativas

Para esta tarea se tomó como base el árbol de jerarquías (Figura 7), donde se observa que son cinco proveedores que están directamente relacionados con los seis criterios de evaluación. Para realizar el trabajo de la evaluación de las alternativas se tomó en cuenta información brindada por cada uno de los proveedores dentro del concurso de Grupos Electrógenos buscando estandarizar también una escala de valoración para cada uno de ellos asignándoles un puntaje porcentual según el nivel de cumplimiento. Para la escala porcentual, en este caso, ya es una definición del tipo de trabajo que lleva actualmente el Jefe de Ingenierías para sus evaluaciones de equipos mayores.

Tabla 5

Escala Porcentual para Evaluar el Cumplimiento

Descripción	Porcentaje de Cumplimiento
Excelente	100%
Bueno	75%
Regular	50%
Malo	25%
Muy Malo	0%

Fuente: elaboración propia

Se detalla entonces las comparaciones pareadas:

- Datos generales, para este criterio se tiene información general acerca de los Grupos Electrógenos, proporcionada por el Jefe de Ingeniería (experto) se presenta en la Figura 10 la información recopilada y consolidad de cada uno de los proveedores.

Figura 10

Cuadro Comparativo Homologado para Datos Generales

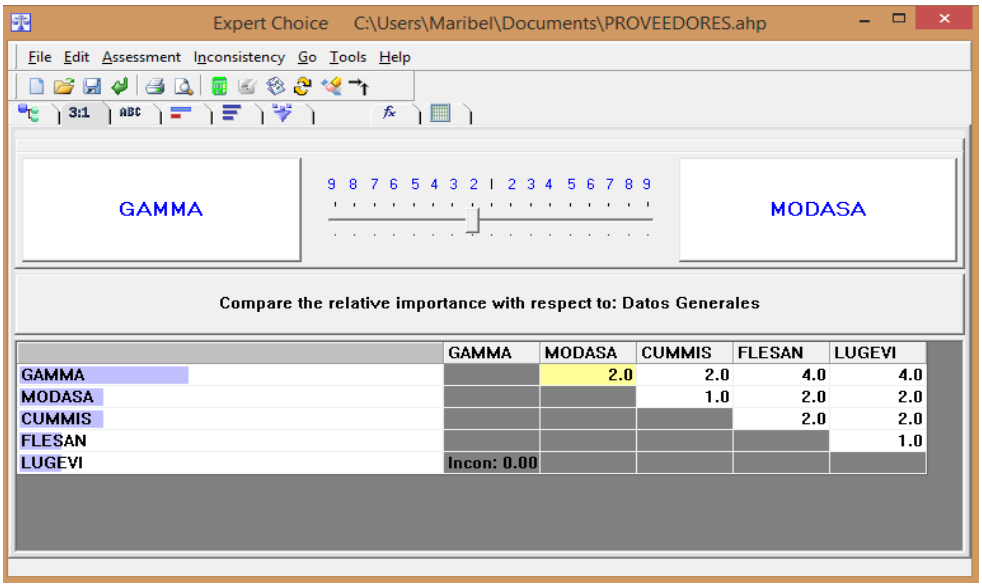
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
1. DATOS GENERALES			VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.
REFERENCIA DE COTIZACIÓN		REQUERIDO	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
FECHA DE COTIZACIÓN		REQUERIDO	cumple	100	cumple	50	cumple	100	cumple	100	cumple	100
NO. UNIDADES REQUERIDAS			cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
ENTREGA DESPUÉS DE LA ORDEN DE COMPRA (TIEMPO DE FABR. + IMP.)			cumple	0	cumple	0	No cumple	0	No cumple	0	No cumple	0
HOMOLOGACION DE EQUIPOS		REQUERIDO	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
INFORMACIÓN PARA TRAMITE DE USO DE VIAS		REQUERIDO	cumple	50	cumple	50	cumple	50	cumple	50	cumple	50
SITIO DE ENTREGA			cumple	75	cumple	75	cumple	75	cumple	75	cumple	75
DIMENSIONES DE ENVÍO (L X A X e)		REQUERIDO	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	50	cumple	50
DIMENSIONES DE EQUIPO (L X A X e)		REQUERIDO	4600X1622X2515	100	5000X1789X2255	100	5105X1550X2430	75	5400X1700X2450	50	5200X1900X2250	50
ÁREA DISPONIBLE (L X A)		7255X4950X3000	cumple	100	cumple	100	cumple	75	cumple	50	cumple	75
PESO DE EQUIPO VS ESTRUCTURA		8262	4500	100	5850	100	5798	100	6300	75	6500	50
PLAN DE IZAJE		REQUERIDO	cumple	50	cumple	50	cumple	50	cumple	50	cumple	50
PERIODO DE ALMACENAJE POR PARTE DE PROVEEDOR		REQUERIDO	no el adecuado	25	no el adecuado	25	no el adecuado	25	no el adecuado	25	no el adecuado	25
PUNTUACION	%		76.92		73.08		73.08		63.46		63.46	

Fuente: elaboración propia

Luego que a los valores nominales los transformamos en valores numéricos comparables, se procede a otorgarle un peso según su nivel de importancia basándonos en la Tabla 1, después esta información se registró y evaluó en el Expert Choice de la siguiente manera:

Figura 11

Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Datos Generales en Expert Choice



Fuente: Expert Choice

- Cumplimiento de códigos y estándares, para este criterio se tiene información de cumplir con los requisitos de certificación y protocolos, además de la verificación de contar con la declaración de conformidad acerca de los Grupos Electrógenos, la información recopilada y consolidad de cada uno de los proveedores se presenta en la Figura 12

Figura 12

Cuadro Comparativo Homologado para Cumplimiento de Códigos y Estándares

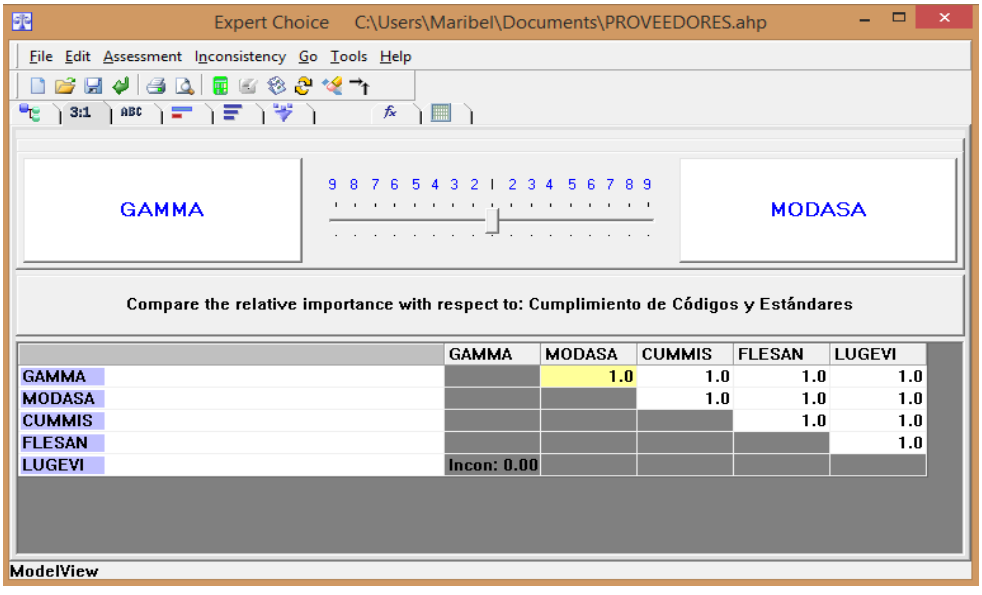
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
2. CUMPLIMIENTO DE CÓDIGOS Y ESTÁNDARES			VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.
DECLARACION DE CONFORMIDAD			cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
CERTIFICACIÓN Y PROTOCOLOS		REQUERIDO	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
PUNTUACION	%		100.00		100.00		100.00		100.00		100.00	

Fuente: elaboración propia

Luego que a los valores nominales se transforman a valores numéricos que puedan ser comparables, se procede a otorgarle un peso según su nivel de importancia basándonos en la Tabla 1, después esta información se registró y evaluó en el Expert Choice de la siguiente manera:

Figura 13

Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Cumplimiento de Códigos y Estándares en Expert Choice



Fuente: Expert Choice

- Alcance de Suministro, para este criterio se tiene información general acerca del alcance que tiene para con el proyecto, la información recopilada y consolidad de cada uno de los proveedores se presenta en la Figura 14.

Figura 14

Cuadro Comparativo Homologado para Alcance de Suministro

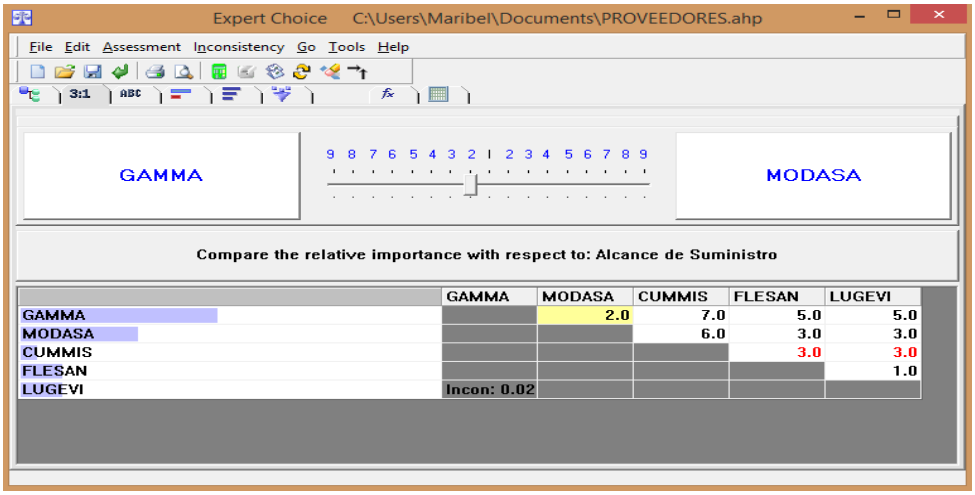
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
3. ALCANCE DE SUMINISTRO (de acuerdo al equipo y proyecto)			VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.
CERTIFICADO DE GARANTIA			cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO (almacenar la compra)			-	0	cumple	100	-	0	-	0	-	0
IZAJE A (12 METROS)			cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO			cumple	100	cumple	75	cumple	25	cumple	50	cumple	50
POTECCION ANTICORROSIVA			cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100
CRONOGRAMA PROPUESTO			70 DIAS	100	105 DIAS	50	161 DIAS	25	112 DIAS	50	112 DIAS	50
ENTREGA Y TRANSLADO DE MATERIALES A LA OBRA			cumple, hasta punto final	100	cumple, hasta la obra	50	cumple	50	cumple	50	cumple	50
PUNTUACION	%		85.71		82.14		57.14		64.29		64.29	

Fuente: elaboración propia

Luego que a los valores nominales se transforman a valores numéricos que puedan ser comparables, se procede a otorgarle un peso según su nivel de importancia basándonos en la Tabla 1, después esta información se registró y evaluó en el Expert Choice de la siguiente manera:

Figura 15

Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Alcance de Suministro en Expert Choice



Fuente: Expert Choice

- Consumo de utilidad, para este criterio se tiene información de la ventilación forzada que necesitan los Grupos Electrógenos, se presenta a continuación la información recopilada en la Figura 16.

Figura 16

Cuadro Comparativo Homologado para Consumo de Utilidad

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
4. CONSUMO DE UTILIDAD			VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.
VENTILACION FORZADA	%		cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100	cumple	100

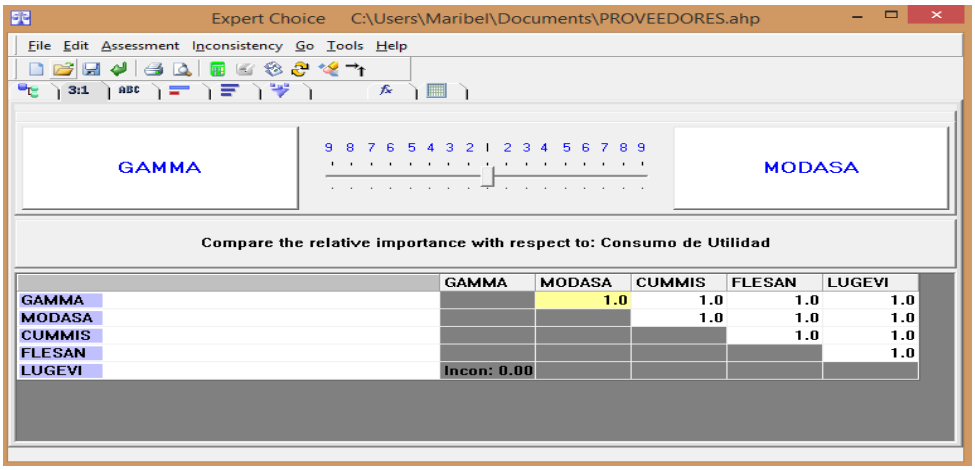
Fuente: elaboración propia

Luego que a los valores nominales se transforman a valores numéricos que puedan ser comparables, se procede a otorgarle un peso según su nivel de importancia

basándonos en la Tabla 1, después esta información se registró y evaluó en el Expert Choice de la siguiente manera:

Figura 17

Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterio de Consumo de Utilidad en Expert Choice



Fuente: Expert Choice

- Condiciones de diseño del equipo, para este criterio muy importante donde se muestra subpuntos (datos nominales del equipo, motor, generador, base y armado, tableros) que dependen uno del otro para su funcionamiento y por ello se evalúo de manera conjuntase tiene información general acerca de los Grupos Electrógenos, se presenta a continuación la información recopilada en la Figura 18.

Figura 18

Cuadro Comparativo Homologado para Condiciones de Diseño del Equipo

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
5. CONDICIONES DE DISEÑO DEL EQUIPO			VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.
Datos Generales												
Fabricante		----	GAMMA	75	MODASA	100	CUMMINS	100	MOTOR: DOOSAN/ ALTERNADOR: LEROY SOMER TAL	100	TIDE POWER	75
Normas		ISO 3046	ISO 3046	75	ISO3046 / ISO8528	100	ISO 3046	75	ISO 3046, ISO 8528	75	ISO 3046	75
Modelo			GDLS-3046	75	MD-670S	100	C500D6	100	FC790X-K	100	FC750XE-C	75
País de fabricación			CHINA	75	PERU	75	BRASIL	100	COREA	100	CHINA	50
Datos nominales del grupo												
Potencia Prime	kW	560	560	100	600	75	507	0	632	75	600	75
Potencia Stand By	kW	615	616	100	661	75	563	0	700	75	600	50
Fases		Trifásico	TRIFASICO	100	TRIFASICO	100	TRIFASICO	100	TRIFASICO	100	TRIFASICO	100
Voltaje	VAC	380	380	100	380	100	380	100	380	100	380	100
Regulación de tension entre vacio y plena carga	%	± 1.5	± 1.5	75	± 1.5	75	± 1.5	75	± 1.5	75	±0.5	50
Frecuencia nominal	Hz	60	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
Tipo de combustible		Diesel	Diesel	100	Diesel	100	Diesel	100	Diesel	100	Diesel	100
Modulo de control		Eléctronico	Eléctronico	100	Eléctronico	100	Eléctronico	100	Eléctronico	100	Eléctronico	100
Sistema Eléctrico	Vcc	12 ó 24	12 ó 24	100	24	100	24	100	24	100	24	100
Horas de autonomía a 75% carga		8 horas mínimo	8	75	9	100	8	75	8	75	10.3	50
Motor												
Velocidad	RPM	1800	1800	100	1800	100	1800	100	1800	100	1800	100
Alimentación de aire		Turbo alimentado / Post enfriado	TURBO CARGADO	100	Turbo alimentado / Post enfriado	100	Turbo alimentado / Post enfriado. No adecuado	0	Turbo alimentado / Post enfriado	100	Turbo alimentado / Post enfriado	50
Refrigeración		Agua con bomba, radiador y ventilación	Agua con bomba, radiador y ventilación	100	Agua con bomba, radiador y ventilación	100	Agua con bomba, radiador y ventilación. No adecuado	0	Agua con bomba, radiador y ventilación	100	Agua con bomba, radiador y ventilación	50
Sistema de arranque	VCC	12 ó 24	12 ó 24	100	24	100	24	100	24	100	24	100
Sistema de combustible		Inyección directa	Inyección directa	100	Inyección directa	100	Inyección directa, No adecuado por el modelo	0	Inyección directa	100	Inyección directa	50
Sistema de lubricación		Bomba de aceite	Bomba de aceite	100	Bomba de aceite	100	Bomba de aceiteNo adecuado por el modelo	0	Bomba de aceite	100	Bomba de aceite	50
Regulacion de velocidad		Electrónico o meánico	Electrónico	100	Electrónico	100	Electrónico, No adecuado por el modelo	0	Electrónico	100	Electrónico	50
Sistema de protección		Parada automatica por temperatura, baja presión y sobrevelocidad	Parada automatica por temperatura, baja presión y sobrevelocidad	100	Parada automatica por temperatura, baja presión y sobrevelocidad	100	Parada automatica por temperatura, baja presión y sobrevelocidad. No adecuado por el modelo	0	Parada automatica por temperatura, baja presión y sobrevelocidad	100	Parada automatica por temperatura, baja presión y sobrevelocidad	50
Sistema de escape		Silenciador tipo critico	Silenciador tipo crítico	100	Silenciador tipo crítico	100	Silenciador tipo crítico. , No adecuado por el modelo	0	Silenciador tipo crítico	100	Silenciador tipo residencial	50

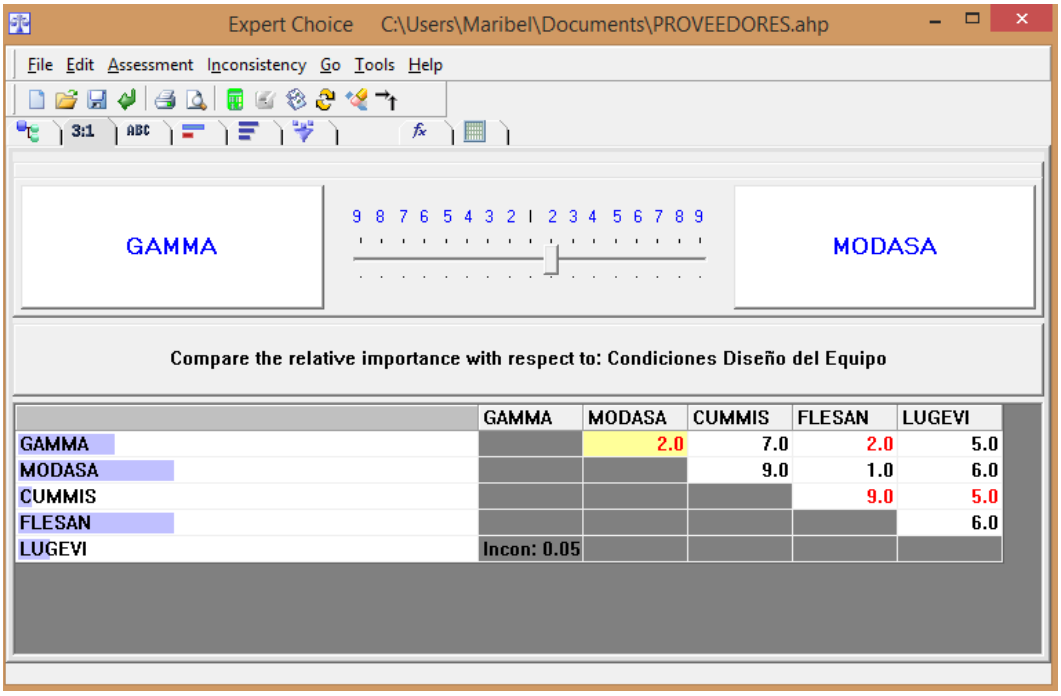
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
5. CONDICIONES DE DISEÑO DEL EQUIPO			**VALOR**	**Ptos.**	**VALOR**	**Ptos.**	**VALOR**	**Ptos.**	**VALOR**	**Ptos.**	**VALOR**	**Ptos.**
Generador												
Clase de aislamiento		H	H	100	H	100	H	100	H	100	H	100
Fases		Trifásico	Trifásico	100	Trifásico	100	Trifásico	100	Trifásico	100	Trifásico	100
Tensión nominal		380	380	100	380	100	380	100	380	100	380	100
Factor de potencia		0.8	0.8	100	0.8	100	0.8	100	0.8	100	0.8	100
Frecuencia nominal	Hz	60	60	100	60	100	60	100	60	100	60	100
Velocidad	RPM	1800	1800	100	1800	100	1800	100	1800	100	1800	100
Grado de protección		IP 23	IP 23	100	IP 23	100	IP 23	100	IP 23	100	IP 23	100
Base y Armado												
Bastidor		Acero estructural	Acero estructurado	100	Acero estructural	100	Acero estructural	100	Acero estructural	100	Acero estructural	50
Acoplamiento		Directo Motor/ alternador con discos metálicos flexibles	Directo Motor/ alternador con discos metálicos flexibles	100	Directo Motor/ alternador con discos metálicos flexibles	100	Directo Motor/ alternador con discos metálicos flexibles. No adecuado según el motor	0	Directo Motor/ alternador con discos metálicos flexibles	100	Directo Motor/ alternador con discos metálicos flexibles	50
Apoyos		Resilente antivibratorios	Resilente antivibratorios	100	Resilente antivibratorios	100	Resilente antivibratorios. No adecuado según el motor	0	Resilente antivibratorios	100	Resilente antivibratorios	50
Encapsulado		Planchas de acero SAE 1020 DE 1/16" de espesor	Planchas de acero SAE 1020 DE 1/16" de espesor	100	Planchas de acero SAE 1020 DE 1/16" de espesor	100	Planchas de acero SAE 1020 DE 1/16" de espesor. No adecuado según el motor	0	Planchas de acero SAE 1020 DE 1/16" de espesor	100	Plancha de acero de 2.0mm	50
Cargador de baterías		Carga automática, sistema de estado sólido, instrumentos de medición, cables de conexión, incluye cargador	cargador de baterias con instrumentos	75	Carga automática, sistema de estado sólido, instrumentos de medición, cables de conexión	75	Carga automática, sistema de estado sólido, instrumentos de medición, cables de conexión. No adecuado según el motor	0	Carga automática, sistema de estado sólido, instrumentos de medición, cables de conexión. Incluye cargador de baterias	100	Carga automática, sistema de estado sólido, instrumentos de medición, cables de conexión	50
Tablero de Protección y control												
Gabinete		Metálico con compartimentos de control y fuerza	Metálico con compartimentos de control y fuerza	100	Metálico con compartimentos de control y fuerza	100	Metálico con compartimentos de control y fuerza. No adecuado	0	Metálico con compartimentos de control y fuerza	100	-	0
Controles		Selector desconectado - local - remoto. Dispositivo electrónico para arranque y parada manual o automática. Boton de reset y pruba de lamparas. Boton parad de emergencia con retención mecánica	Selector desconectado - local - remoto. Dispositivo electrónico para arranque y parada manual o automática. Boton de reset y pruba de lamparas. Boton parad de emergencia con retención mecánica	100	Selector desconectado - local - remoto. Dispositivo electrónico para arranque y parada manual o automática. Boton de reset y pruba de lamparas. Boton parad de emergencia con retención mecánica	100	Tiempo de retardo en el arranque y parada. relos en tiempo real para la indicación de fallas y de eventos. reloj de ejercicios para iniciar una prueba con o sin carga, o una seccion de carga base o razurado de picos. registro de datos, iclo de arranque, parada de emergencia remota.	0	Selector desconectado - local - remoto. Dispositivo electrónico para arranque y parada manual o automática. Boton de reset y pruba de lamparas. Boton parad de emergencia con retención mecánica	100	Dispositivo electrónico para arranque y parada manual o automática. Boton de reset. Boton parad de emergencia con retención mecánica	50
Instrumentos para el control de motor		Termómetro, tacómetro, horómetro o dispositivo electrónico o digital	Termómetro, tacómetro, horómetro o dispositivo electrónico o digital	100	Termómetro, tacómetro, horómetro o dispositivo electrónico o digital	100	Termómetro, tacómetro, horómetro o dispositivo electrónico o digital. No adecuado	0	Termómetro, tacómetro, horómetro o dispositivo electrónico o digital	100	Termómetro, tacómetro, horómetro o dispositivo electrónico o digital	50
Instrumentos de medida alterna		instrumentos de medida alterna: dispositivo electrónico con microprocesador para medir voltajes, amperajes y kilowatios por fase y total o voltímetro con conmutador, amperímetro con conmutador,	instrumentos de medida alterna: dispositivo electrónico con microprocesador para medir voltajes, amperajes y kilowatios por fase y total o voltímetro con conmutador, amperímetro con conmutador, transformadores de corriente y frecuencímetro.	100	instrumentos de medida alterna: dispositivo electrónico con microprocesador para medir voltajes, amperajes y kilowatios por fase y total o voltímetro con conmutador, amperímetro con conmutador, transformadores de corriente y frecuencímetro.	100	instrumentos de medida alterna: dispositivo electrónico con microprocesador para medir voltajes, amperajes y kilowatios por fase y total o voltímetro con conmutador, amperímetro con conmutador, transformadores de corriente y frecuencímetro.. No adecuado	0	instrumentos de medida alterna: dispositivo electrónico con microprocesador para medir voltajes, amperajes y kilowatios por fase y total o voltímetro con conmutador, amperímetro con conmutador, transformadores de corriente y frecuencímetro.	100	instrumentos de medida alterna: dispositivo electrónico con microprocesador para medir voltajes, amperajes y kilowatios por fase y total , transformadores de corriente y frecuencímetro.	50
Sistema de protección		Modulo o dispositivo electrónico de control con led indicador de falla por baja presión de aceite, alta temperatura de agua, de arranque o sobrevelocidad con parada automática y led indicador de falla de carga de batería, parada de emergencia. incluye tres intentos de arranque.	Modulo o dispositivo electrónico de control con led indicador de falla por baja presión de aceite, alta temperatura de agua, de arranque o sobrevelocidad con parada automática y led indicador de falla de carga de batería, parada de emergencia. incluye tres intentos de arranque.	100	Modulo o dispositivo electrónico de control con led indicador de falla por baja presión de aceite, alta temperatura de agua, de arranque o sobrevelocidad con parada automática y led indicador de falla de carga de batería, parada de emergencia. incluye tres intentos de arranque.	100	Alarma de alto y bajo voltaje de bateria, alarma bateria debil. parada sobre velocidad, parada y alarma baja presion de aceite. parada y alarma alta temperatura de agua. parada o alarma bajo nivel de agua, alarma baja temperatura de agua. parada falla de arranque. bloqueo de arrancador con el motor en operacion. indicacion falla de sensor	0	Modulo electrónico COMAP AMF-25 de control con led indicador de falla por baja presión de aceite, alta temperatura de agua, de arranque o sobrevelocidad con parada automática y led indicador de falla de carga de batería, parada de emergencia. incluye tres intentos de arranque.	100	Modulo o dispositivo electrónico de control con led indicador de falla por baja presión de aceite, alta temperatura de agua, de arranque o sobrevelocidad con parada automática y aviso en pantalla de falla de carga de batería, parada de emergencia. incluye tres intentos de arranque.	50
Puerto de red		Puerto de red para visualizar los parámetros eléctricos en la pc o scada o cualquier sistema de computo de servicios generales del hospital	Puerto de red para visualizar los parámetros eléctricos en la pc o scada o cualquier sistema de computo de servicios generales del hospital	100	Puerto de red rs232 y rs485 para visualizar los parámetros electricos en la pc o scada o cualquier sistema de computo de servicios generales del proyecto.	100	PUERTO DE COMUNICACIÓN MODBUS RS485	0	Puerto de red RS-485, tarjeta IB-LITE , para visualizar los parámetros eléctricos en la pc o scada o cualquier sistema de computo de servicios generales. Protocolo MODBUS	100	Puerto de red para visualizar los parámetros eléctricos en la pc o scada o cualquier sistema de computo	50
PUNTUACION	%		95.73		96.95		51.83		96.95		69.51	

Fuente: elaboración propia

Luego que a los valores nominales se transforman a valores numéricos que puedan ser comparables, se procede a otorgarle un peso según su nivel de importancia basándonos en la Tabla 1, después esta información se registró y evaluó en el Expert Choice de la siguiente manera:

Figura 19

Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Condiciones de Diseño del Equipo en Expert Choice



Fuente: Expert Choice

- Información para la propuesta, para este criterio se tiene información general acerca de los Grupos Electrógenos, se presenta a continuación la información recopilada en la Figura 20.

Figura 20

Cuadro Comparativo Homologado para Información con la Propuesta

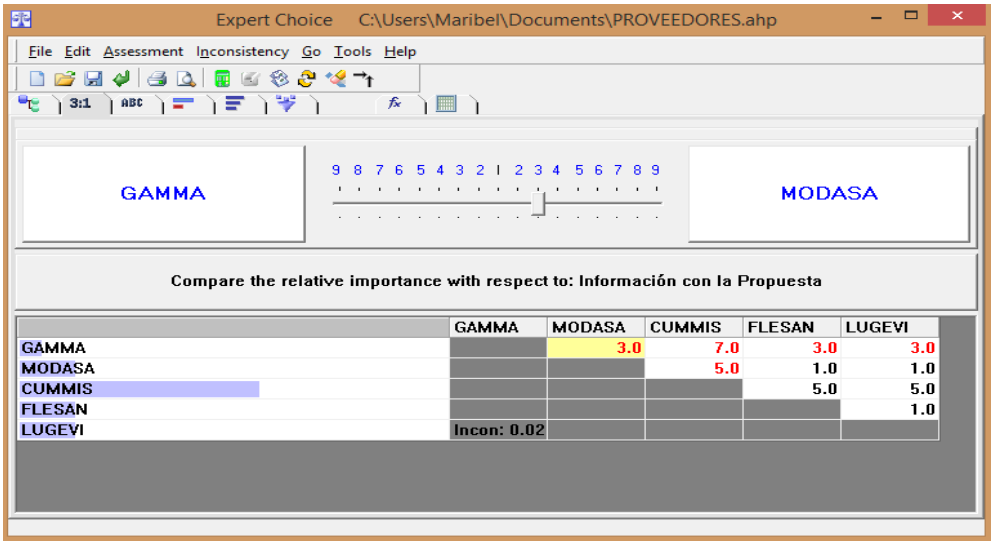
DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	PROVEEDOR N°1		PROVEEDOR N°2		PROVEEDOR N°3		PROVEEDOR N°4		PROVEEDOR N°5	
			GAMMA		MODASA		CUMMINS		FLESAN		LUGEVI	
14. INFORMACIÓN A SUMINISTRAR CON LA PROPUESTA			VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.	VALOR	Ptos.
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			SI	100	SI	100	SI	100	NO	0	SI	100
PROTOCOLOS DE PRUEBAS			MENCIONAN	50	NO	0	SI	100	SI	100	NO	0
MANUAL DE SERVICIO			N/I	50	SI	100	SI	100	SI	100	SI	100
COPIA DEL CERTIFICADO ISO 9001			N/I	50	N/I	50	N/I	50	N/I	50	N/I	50
MANUAL DE CALIDAD DEL VENDEDOR			N/I	50	SI	100	SI	100	SI	100	SI	100
LISTA DE DESVIACIÓN / ALTERNATIVA / ACLARACIÓN			NO	0	NO	0	NO	0	NO	0	NO	0
PUNTUACION	%		50.00		58.33		75.00		58.33		58.33	

Fuente: elaboración propia

Luego que a los valores nominales se transforman a valores numéricos que puedan ser comparables, se procede a otorgarle un peso según su nivel de importancia basándonos en la Tabla 1, después esta información se registró y evaluó en el Expert Choice de la siguiente manera:

Figura 21

Matriz de Comparaciones por Pares para el Criterios de Información con la Propuesta en Expert Choice

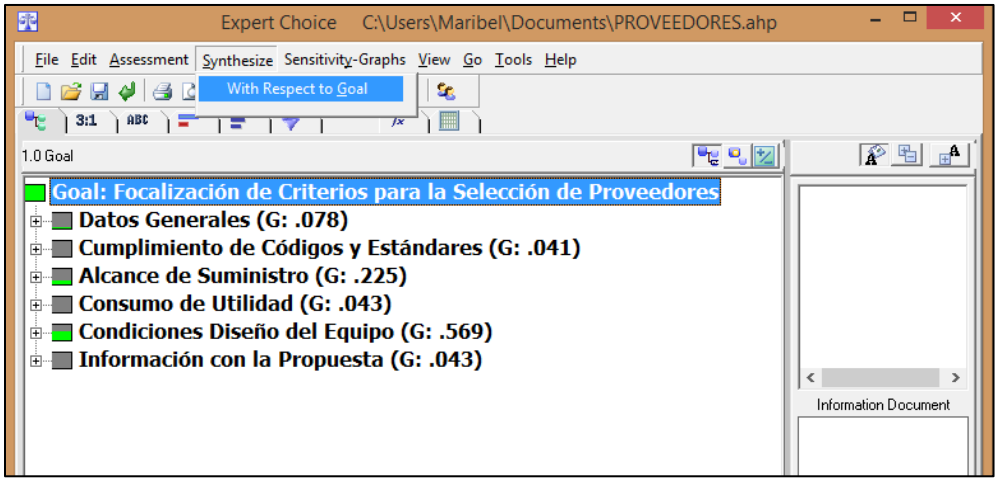


Fuente: Expert Choice

Luego de comparadas las alternativas, nos dirigimos a Synthesis Results, ver Figura 22.

Figura 22

Opción de Síntesis con Respecto a la Meta

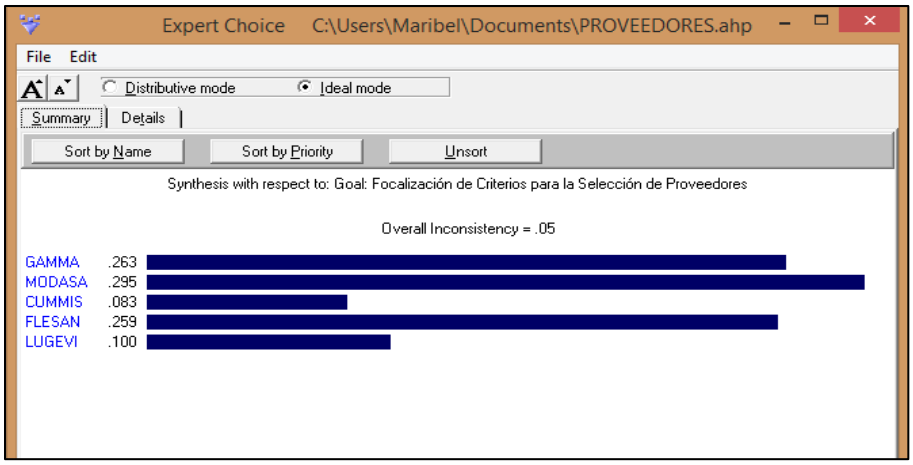


Fuente: Expert Choice

El programa entonces muestra el resultado de la toma de decisiones para la alternativa ganadora. Ver Figura 23.

Figura 23

Sintesis de Resultado de la Alternativa Ganadora Respecto a la Meta



Fuente: Expert Choice

Dada la Figura 23 nos muestra el análisis para las cinco alternativas presentadas anteriormente en base a seis criterios, obteniendo, así como resultado a Modasa, como la alternativa ganadora con una puntuación de 29,5 % en comparación con Gamma que obtuvo el segundo lugar como la mejor opción con una puntuación de 26,3 % y muy cerca de él se encontaría Flesan con un 25,9% tomando el tercer lugar como mejor opción.

Para el caso de Lugevi y Cummis quedaron en tercer y cuarto lugar respectivamente y un tanto alejados con las siguientes puntuaciones: 10% y 8,3%.

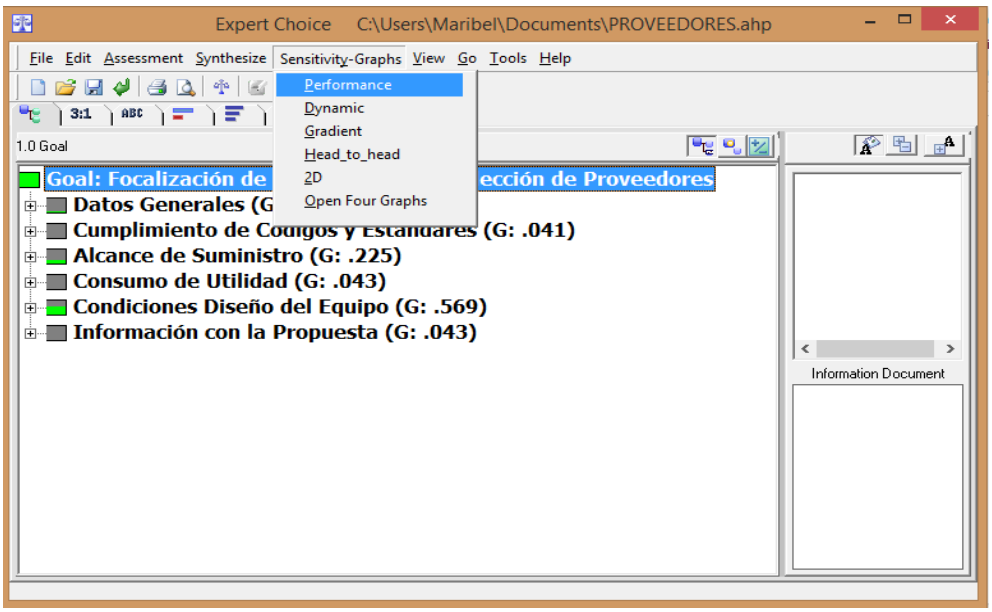
Análisis e Interpretación de los Resultados

Análisis de Sensibilidad

Para realizar el análisis de sensibilidad del modelo se utilizó el software Expert Choice, el cual nos brinda las opciones de "Performance" y "Dynamic" dentro de la pestaña "Sensivity-Graphs" que se encuentra ubicado en la parte superior de la ventana principal, tal y como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Opción de Gráficos de Sensibilidad

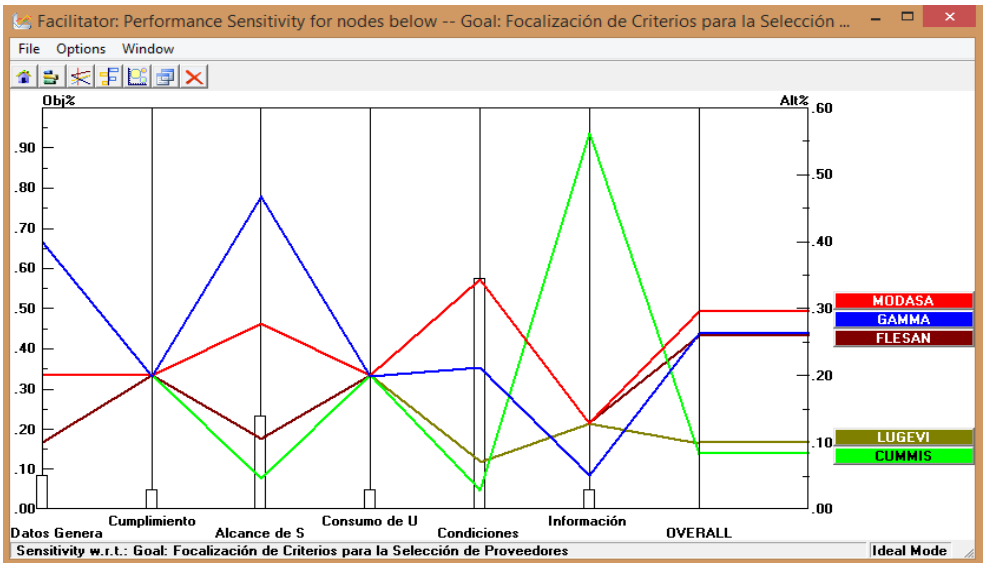


Fuente: Expert Choice

Primero se seleccionó la opción "Performance", donde el software redirecciona a la siguiente pantalla "Performance Sensitivity for nodes below" como se muestra en el grafico de la Figura 25.

Figura 25

Gráfico de la Opción Performance en Expert Choice



Fuente: Expert Choice

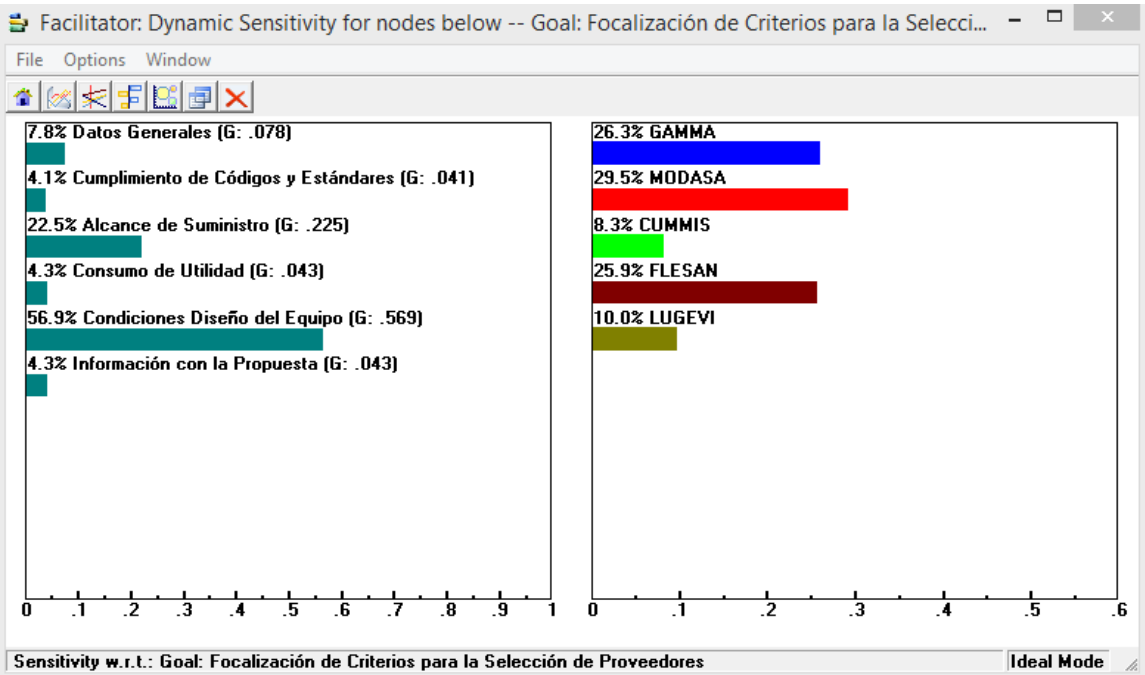
En este gráfico están representados cada una de las cinco alternativas (proveedores) con líneas de distintos colores. Gamma, es representada por la línea de color azul; Modasa, por la línea roja; Flesan, por la línea marrón; Lugevi, por la línea verde oscuro y Cummis, por la línea verde claro.

Entonces a partir del gráfico se observa que la línea de verde oscuro (Lugevi) siempre se encontrará por debajo que la línea de azul (Gama) y la línea roja (Modasa). Sin embargo, la línea verde claro (Cummis) supera a las líneas roja, azul y verde, cuando se acerca a Información de la Propuesta, esto hace notar que respecto a este criterio Cummis es la mejor alternativa.

Lo segundo a analizar es la opción “Dynamic”, donde el software nos redirecciona a la a la siguiente pantalla “Dynamic Sensitivity for nodes below” como se muestra en el gráfico de la Figura 26.

Figura 26

Gráfico de la Opción Dinamyc



Fuente: Expert Choice

En este gráfico se encuentran representado las cinco alternativas (proveedores) mediante barras, estos mismos colores corresponden y son el resultado de utilizar anteriormente la opción "Performance". Además, nos permite una visualización en paralelo de los criterios y las alternativas, donde resalta que, si se incrementa el valor para el criterio de Información de la Propuesta, la mejor alternativa sería Cummis, en base a los resultados de la Figura 25.

El aporte del uso de este gráfico es la manipulación de las barras con el fin de saber cómo podría afectar el incremento o reducción de la puntuación que tiene actualmente cada una de las alternativas, si el rango de variación de las preferencias para cada uno de los criterios cambiara.

En este caso, se deja a elección del experto modificar a elección si desea analizar la variación de una de estas alternativas.

Interpretación de los resultados

Dado el ranking priorizado obtenido luego de la ejecución del software Expert Choice, éste nos sugiere como mejor alternativa a Modasa con un 29,5 % cumpliendo así con los criterios de evaluación y directrices del área de Ingeniería y Adquisiciones del Cliente.

La segunda alternativa con mejor puntuación es Gamma con un 26,3 % y muy cerca de él se encontaría Flesan con un 25,9% tomando el tercer lugar como mejor opción.

Para el caso de Lugevi y Cummis quedaron en tercer y cuarto lugar respectivamente y un tanto alejados con las siguientes puntuaciones: 10% y 8,3%. Es importante mencionar que, un posible cambio en las valoraciones de los criterios de evaluación podría afectar el resultado del ranking priorizado presentado en la Figura 23. Sin embargo, la alternativa Lugevi, a pesar que se hiciera algún cambio en la puntuación de los criterios, no podría llegar ser elegida como la mejor alternativa propuesta.

Conclusiones

- Gracias al Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se logró presentar al área decisora (Adquisiciones del Cliente) un ranking priorizado para la mejor elección de su proveedor de Grupo Electrógeno obteniendo como mejor opción respecto al objetivo a Modasa, como la con una puntuación de 29,5 % en comparación con Gamma que obtuvo el segundo lugar con una puntuación de 26,3 % y muy cerca de él se encontró Flesan con un 25,9% tomando el tercer lugar como mejor opción. Y a Lugevi y Cummis en tercer y cuarto lugar respectivamente con 10% y 8,3%.
- La aplicación de la metodología permitió reconocer los criterios relevantes en la evaluación de equipos mayores (Grupos Electrógenos).
- La El Proceso de Analítico Jerárquico (AHP), ha demostrado ser una metodología muy poderosa y su aplicación para la evaluación de proveedores fue muy bien recibida por las demás áreas y tendrá pronta aplicación para más casos donde se tenga una evaluación de alternativas multicriterios donde no sólo se considere información cuantitativa.

Recomendaciones

- Para el uso correcto del Proceso de Analítico Jerárquico (AHP), es importante mencionar que depende del consenso del juicio de expertos del tema donde se requiere hacer la evaluación, haciéndose entender el trabajo en equipo es primordial y base para una buena evaluación.
- Se sugiere el empleo de un software que aplique el método, a modo de facilitar y agilizar el proceso para los decisores.

Lista de referencias bibliograficas

Narro, A. E. (1996). Aplicación de algunos modelos matemáticos a la toma de decisiones. *Política y Cultura*, (6), 183- 198. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26700614

Lu, J., Zhang, G., Ruan, D. & Wu, F. (2007) Decision making process framework. Multi – Objective Group Decision Making: methods, software and applications with fuzzy set techniques. Sydney, Imperial College Press. Sitio web: http://www.boente.eti.br/fuzzy/ebook/ebook-fuzzy-zhang.pdf

Bonome, M. (2009) La racionalidad en la toma de decisiones: Análisis de la Teoría de la Decisión de Herbert A. Simon. La Coruña: Netbiblo, S.L.

Yepes, V.(2017) Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) Sitio web: https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/

Toskano, B. (2005) El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores. Sitio web: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/basic/toskano_hg/contenido.htm