9 No.2 (2025): Journal Scientific MQRInvestigar ISSN: 2588–0659
https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e446

Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to Improve Inventory Management in a Large-Format Printing Equipment Distribution Company

Aplicación Del Proceso De Análisis Jerárquico (AHP) Para Mejorar La Gestión De Inventario En Una Empresa Distribuidora De Equipos De Impresión De Gran Formato

Autores:

Flores-Bungacho, Francisco Ismael
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Maestrante, mención Administración de Empresas
Latacunga-Ecuador

francisco.flores3764@utc.edu.ec

https://orcid.org/0000-0003-2310-1659

Espín-Beltrán, Cristian Xavier
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Ing. Industrial, Mg en Gestión de la Producción
Docente Tutor del área de Administración de Empresas
Latacunga-Ecuador

cristian.espin@utc.edu.ec

https://orcid.org/0000-0002-8642-9670

Fechas de recepción: 04-MAR-2025 aceptación: 04-ABR-2025 publicación: 30-JUN-2025

https://orcid.org/0000-0002-8695-5005
http://mqrinvestigar.com/

Resumen

La investigación explora un método de decisión multicriterio denominado proceso de análisis jerárquico (AHP), el cual permite evaluar alternativas cuando se consideran varios criterios y para el presente particular tiene como objetivo determinar el peso de importancia de los criterios, categorizar el stock de inventario de repuestos acorde cada criterio y presentar una clasificación del inventario ABC según al puntaje final del AHP. Se utiliza una metodología cuantitativa para definir una importancia numérica de los criterios tales como el costo, compatibilidad, demanda y criticidad debido a que el AHP faculta el uso de información tanto cualitativa como cuantitativa facilitando la aplicación de una encuesta con la participación de personas de varias áreas de la empresa no solamente las personas asociadas a aspectos técnicos. Luego se validan los criterios mediante un análisis de consistencia enfocado en las comparaciones por parejas, el cuál es aceptable y le da validez al trabajo finalmente es importante mencionar que los datos obtenidos del proceso son tan importantes como la experiencia de los expertos que participaron.

Palabras clave: AHP; Consistencia; Inventario; Criterios; ABC

Abstract

The research explores a multicriteria decision-making method called the Analytic Hierarchy Process (AHP), which allows for the evaluation of alternatives when multiple criteria are considered. For this particular study, the objective is to determine the weight of importance of the criteria, categorize the inventory stock of spare parts according to each criterion, and present an ABC inventory classification based on the final AHP score. A quantitative methodology is used to define a numerical importance for criteria such as cost, compatibility, demand, and criticality, as the AHP enables the use of both qualitative and quantitative information, facilitating the application of a survey with the participation of individuals from various areas of the company, not just those associated with technical aspects. Then the criteria are validated through a consistency analysis focused on pairwise comparisons, which is acceptable and lends validity to the study. Finally, it is important to mention that the data obtained from the process are as significant as the experience of the experts who participated.

Keywords: AHP; Consistency; Inventory; Criteria; ABC

Introducción

El eje principal de las empresas dedicadas a la representación de marcas y servicio técnico se enfoca en la importación y suministro de bienes, servicios, además Larriva Vásquez & Retamales (2021) menciona que el valor agregado se encuentra en el servicio post venta el cuál es medido a través de los tiempos de repuesta y disponibilidad de repuestos, logrando de esta manera diferenciarse de la competencia en un mercado que hoy en día se encuentra orientado a precios. Sin duda la gestión eficiente y eficaz del inventario de repuestos como menciona Sarmah & Moharana (2015) permite ofrecer una ventaja competitiva sobre otras empresas ya que el propósito de una adecuada gestión de inventario de repuestos es tener los repuestos necesarios, en el momento adecuado, en el lugar adecuado y con un costo mínimo para lo cual se requiere una clasificación precisa y sólida.

Desde una perspectiva más general, las empresas del sector gráfico buscan introducir nuevas líneas de productos acorde a un mercado en constante crecimiento y considerando que "La impresión digital presentó un incremento desde el año 2020 debido a su naturaleza rápida, económica y flexible" (de la Industria Gráfica del Ecuador, 2024) de todos esto se desprenden nuevos desafíos, especialmente los asociados con el stock de inventario de repuestos para cubrir las necesidades técnicas de los equipos de impresión y al mismo tiempo otro factor importante a tener presente es mantener al personal constantemente capacitado ya que el repuesto correcto sin el técnico adecuado es inútil y viceversa (Khajavi, Partanen, & Holmström, 2014).

Indudablemente, la toma de decisiones ante un problema de múltiples criterios es resoluble con la ayuda del proceso de análisis jerárquico (AHP) debido a que utiliza tanto información cualitativa como cuantitativa facilitando la participación de personas de varias áreas no solamente las personas asociadas a aspectos técnicos (Gómez & Cabrera, 2008). Ahora bien, en el abastecimiento de inventarios se optimiza según los requerimientos de las empresas y en el caso presentado por Luna, Guanín, & Cordero (2019) se utiliza métodos probabilísticos y el proceso de análisis jerárquico para escoger la mejor opción.

La presente investigación propone la ejecución del proceso de análisis jerárquico (AHP) mediante el uso de una encuesta que permita determinar la importancia de criterios y ejecutar un estudio al inventario de repuestos de una empresa distribuidora de equipos de impresión de gran formato. Es necesario mencionar que, el proceso de análisis jerárquico es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se consideran varios criterios, según Gómez & Cabrera (2008) la experiencia y el conocimiento de los expertos son tan importantes como los datos obtenidos del proceso. Cabe resaltar que los criterios utilizados son validados mediante directrices de consistencia propias del AHP, las cuales determinan que los criterios no tengan errores entre ellos, es decir, que no se haya producido contradicciones en los mismos. Finalmente, los resultados se clasifican y ordenan los repuestos acorde la ponderación obtenida en los criterios de costo, criticidad, compatibilidad y demanda logrando presentar un inventario basado en la clasificación ABC en función la ponderación final de los repuestos obtenidos en el AHP.

Material y métodos

El enfoque de la investigación cuantitativo se basó en el análisis numérico de datos obtenidos a través del Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Sin olvidar también que presentó un componente cualitativo relacionado con la recopilación de juicios de valor y experiencias de expertos mediante la aplicación de encuestas, lo que permitió considerar aspectos subjetivos en la evaluación de criterios.

Al mismo tiempo, intervino la investigación aplicada, ya que buscó resolver un problema puntual: la clasificación y priorización de repuestos en el inventario, a la par también se ejecutó una revisión bibliográfica-documental para fundamentar teóricamente el uso del AHP y la clasificación ABC. Finalmente, se utilizó Excel para el cálculo relacionados con el AHP y Rstudio para mostrar los gráficos de los resultados.

Entrevistas o encuestas estructuradas

Las encuestas son utilizadas para obtener las preferencias y ponderaciones de los expertos sobre los criterios que afectan la gestión de inventarios. Y se utiliza como base las

ponderaciones acordes con la escala de (Saaty & Vargas, 2012) para establecer las comparaciones por pares.

Población y muestra

La población debe incluir a las personas que tienen experiencia o conocimientos relevantes sobre los criterios que se van a evaluar, ya que según Ishizaka & Labib (2011) al consultar a varios expertos se evita el sesgo que puede existir cuando los juicios son considerados por una persona, razón por la cual se consideran las siguientes áreas:

Compras: Conocen los costos, tiempos de entrega y relaciones con proveedores.

Servicio técnico: Entienden los aspectos técnicos, tiempos de mantenimiento y criticidad.

Vendedores: Saben acerca las necesidades del cliente y aspectos comerciales.

Logística: Manejan la disponibilidad, transporte e inventarios.

Gerentes: Tienen una visión estratégica de la empresa.

ABC

La clasificación ABC utiliza como base la ley de Pareto, la cuál es también conocida popularmente como la regla 20:80 (Vrat & Vrat, 2014). Los artículos de clase A son relativamente pocos en número, pero constituyen una cantidad relativamente grande de valor de uso anual, mientras que los artículos de clase C son relativamente grandes en número, pero constituyen una cantidad relativamente pequeña de valor de uso anual, mientras que los elementos entre las dos clases anteriores constituyen la clase B. Al aumentar más clientes de manera similar aumentará la demandan de una amplia gama de productos, también aumenta la necesidad de aumentar la variedad de artículos de inventario (Ramanathan, 2006).

Para determinar las clases del modelo ABC, es probable que la segmentación no siempre ocurra con tanta claridad, sin embargo, el objetivo de la clasificación ABC según Chase Richard (2009) es separar lo importante de lo que no lo es para lo cual depende del inventario en cuestión y de la antigüedad del personal en la empresa lo que definirá a las categorías A y B con más elementos.

Uno de los principales propósitos de la clasificación ABC acorde lo mencionado por Chapman (2006) consiste en señalar los artículos que merecen más atención y un nivel de precisión de inventario mayor debido a las implicaciones financieras que tendría para la empresa cualquier deficiencia en su registro.

Proceso de Análisis Jerárquico AHP

El AHP desarrollado por Saaty & Vargas (2012) está diseñado para resolver problemas complejos de toma de decisiones con múltiples criterios ya que requiere que el responsable de la toma de decisiones emita juicios sobre la importancia relativa de cada criterio y luego especifique una preferencia para cada alternativa de decisión utilizando cada criterio (Anderson, Sweeney, & Williams, 2019).

Además, según Sangiorgio, Uva, & Fatiguso (2018) manifiesta que el AHP se basa en la descomposición del problema en criterios independientes, lo que permite transformar un problema de escalamiento multidimensional en un problema de escalamiento unidimensional. El proceso de análisis jerárquico AHP utiliza las calificaciones numéricas en las comparaciones por parejas de criterios para establecer una medida de prioridad o importancia para cada criterio, si se utilizan k criterios entonces existen k(k-1)/2 posibles comparaciones por parejas (Anderson, Sweeney, & Williams, 2019).

En la comparación de criterios se utiliza la escala fundamental de Saaty & Vargas (2012) indicada en la Tabla 1, existen situaciones donde los criterios son iguales o casi iguales en medidas por lo tanto las comparaciones se realizan no para determinar cuántas veces un criterio es más grande que el otro, sino qué fracción es más grande que el otro.

Tabla 1

La escala Fundamental

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo
2 3	Débil Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre otra.
4 5	Moderada Fuerte importancia	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
6 7	Fuerte plus Importancia muy fuerte o demostrada	Una actividad es muy favorecida sobre otra; su predominio se demuestra en la práctica
8 9	Muy, muy fuerte Extrema importancia	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del más alto orden de afirmación posible.

Fuente: Tomado de (Saaty & Vargas, 2012)

Los 7 pilares del AHP

Para comprender el AHP Saaty & Vargas (2012) describe a los 7 pilares a continuación:

1. **Escalas de razón, proporcionalidad y escalas de razón normalizadas**

Enfatiza el uso de escalas proporcionales y normalizadas para medir las prioridades relativas entre criterios o alternativas. Los valores asignados en las comparaciones por pares no son absolutos, sino proporcionales, lo que permite calcular pesos relativos entre los elementos. La normalización asegura que las prioridades sumen 1, facilitando la interpretación.

2. Comparaciones recíprocas por pares

Las comparaciones recíprocas aseguran coherencia matemática. Si un criterio A es n veces más importante que el criterio B, entonces B es 1/n veces menos importante que A. Por ejemplo, Si "calidad" es 5 veces más importante que "costo", entonces el "costo" es 1/5 veces más importante que la "calidad".

3. Sensibilidad del vector propio principal

Se refiere a la sensibilidad del vector propio principal al cambiar los valores de las comparaciones. Este vector es el que determina las prioridades finales, si se modifica un

peso relativo en la matriz de comparación se evalúa cómo cambia el valor de las alternativas.

4. Homogeneidad y agrupamiento

Los elementos comparados deben ser homogéneos para que las comparaciones sean significativas. Además, los criterios pueden agruparse según su naturaleza.

5. Síntesis que se puede extender a la dependencia y la retroalimentación

Algunos elementos de un sistema pueden depender entre sí o influenciarse mutuamente. Este pilar amplía el AHP para analizar sistemas complejos con retroalimentación.

6. Preservación y reversión de rangos

Analiza la estabilidad de los rankings de prioridades en algunos casos, la introducción o eliminación de opciones puede alterar el ranking es importante evaluar estas situaciones y su impacto en las decisiones.

7. Juicios grupales

Permite combinar juicios individuales de múltiples participantes en un único juicio colectivo, manteniendo la coherencia y representando la diversidad de opiniones. Este pilar enfatiza el uso de técnicas de agregación (como la media geométrica) para sintetizar las opiniones del grupo de expertos.

Criterios Propuestos

Acorde lo mencionado por Flores & Clay Whybark (1986) su investigación sugiere al precio, la obsolescencia, los plazos de entrega, la sustituibilidad, la reparabilidad, la criticidad y la demanda se denota que estos criterios están alineados acorde al departamento de la empresa involucrado.

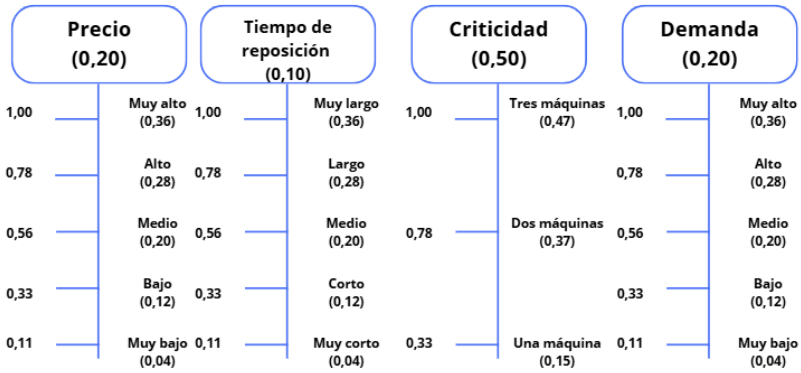
Por otro lado, en el trabajo de Molenaers, Baets, Pintelon, & Waeyenbergh (2012), se presenta un método de clasificación de inventario basado en la criticidad de los repuestos, se considera crítico si para el desarrollo normal de un proceso dicha falla o mal funcionamiento pueden tener consecuencias graves para el equipo.

Además de manera similar Karagiannis & Paleologou (2021) propone un enfoque centrado en criterios de clasificación para obtener de ponderaciones y analizar el inventario entorno a la importancia relativa de los criterios de clasificación. Al mismo tiempo Mu & Pereyra-Rojas (2016) menciona que se les considera de importancia relativa debido a que los pesos de los criterios se miden entre sí. Finalmente, en el trabajo desarrollo por Partovi & Burton

(1993) sé puntualiza que la empresa suministró la información luego de haber llevado a cabo una cuidadosa revisión para determinar que los cuatro criterios más importantes indicados en la Figura 1 son: criticidad, plazo de entrega, precio unitario de la pieza y demanda.

Figura 1

Niveles dentro de cada criterio



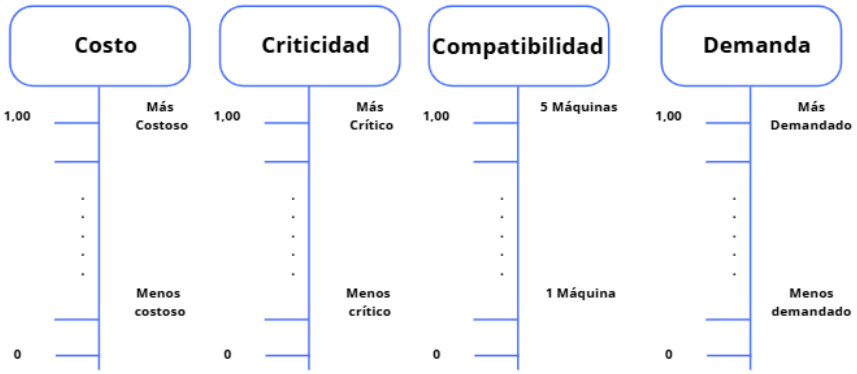
Fuente: Tomado de (Partovi & Burton, 1993)

La propuesta del presente trabajo toma como referencia del trabajo de (Partovi & Burton, 1993) y (Cortés Hurtado & Morales Bejarano, 2012) donde se presentan la aplicación del AHP al momento de analizar inventarios mediante la asignación de pesos a los criterios de selección y también pesos a cada repuesto, es importante mencionar que los pesos son calculados de diferentes maneras en ambos trabajos, pero mantienen la similitud que los criterios seleccionados son determinados en base al conocimiento de los expertos.

En la figura 2 se muestra a la compatibilidad como un nuevo criterio de selección propuesto para el análisis en reemplazo del tiempo de reposición, debido a que todos los repuestos provienen del extranjero con tiempos muy similares lo cual permite descártala para el desarrollo del presente trabajo de investigación; se considera importante la compatibilidad de repuestos debido a que pueden ser utilizados en varios modelos de máquinas, presentando así una variante al trabajo de Partovi & Burton (1993) manteniendo la fórmula de calcular la ponderación final de cada repuesto, pero dentro de cada criterio el repuesto tendrán un peso diferente y en concordancia con Cortés Hurtado & Morales Bejarano (2012) los pesos serán normalizados mediante la asignación del 100% al repuesto que presente el máximo valor dentro del criterio para luego asignar pesos proporcionales al mayor.

Figura 2

Niveles dentro de cada criterio propuestos



Fuente: Realizado por el investigador

Encuesta

La encuesta se aplicó a 10 personas en la empresa, obteniendo resultados de consistencia válidos dentro de los parámetros del AHP para los 4 criterios propuestos, los resultados de la encuesta se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Resultados de la Encuesta

Pareja de criterios Cargo	Costo Criticidad	Costo Compatibilidad	Costo Demanda	Criticidad Compatibilidad	Criticidad Demanda	Demanda Compatibilidad
Ingeniero de servicio 1	1/9	1/9	1/9	5	3	1/4
Ingeniero de servicio 2	1/8	1/8	1/8	8	8	8
Jefe de Servicio Técnico	1/7	1/7	1/8	7	8	8
Gerente de Servicio Técnico	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6
Analista de compras	4	1/4	1/5	4	1/4	4
Jefa de compras	1/7	1/8	7	1/7	7	1/8
Encargada de despachos	1/8	1/8	8	8	8	1/8
Vendedor 1	1/8	1/7	1/8	8	2	7
Vendedor 2	1/7	9	1/8	8	1/8	8
Gerente general	1/9	1/5	1/8	9	9	7

Fuente: Realizado por el investigador

Se aplica la propiedad de reciprocidad antes mencionada se faculta el uso de la media geométrica para poder determinar los valores. Por ejemplo, el valor de 0,184 que se muestra como resultado de la media geométrica entre la pareja de criterios costo y criticidad se obtuvo a partir de la siguiente ecuación 1:

$$M_g = \sqrt[10]{\frac{1}{9} * \frac{1}{8} * \frac{1}{7} * \frac{1}{6} * 4 * \frac{1}{7} * \frac{1}{8} * \frac{1}{8} * \frac{1}{7} * \frac{1}{9}} = 0{,}184 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Se toma los valores de cada columna de la comparación de criterios y se los ubica dentro de la raíz obteniendo los resultados mostrados a continuación en la tabla 3.

Tabla 3

Media Geométrica

Pareja de Criterios		Media Geométrica
Costo	Criticidad	0,184
Costo	Compatibilidad	0,224
Costo	Demanda	0,302
Criticidad	Compatibilidad	3,228
Criticidad	Demanda	1,996
Demanda	Compatibilidad	1,518

Fuente: Realizado por el investigador

Matriz de comparación de criterios

Con los valores obtenidos en la tabla 3 de pareja de criterios se construye la matriz de comparación por pares criterios indicada en la tabla 4, al comparar a cada criterio consigo mismo se coloca una diagonal con números iguales a 1.

Se aplica el criterio de relaciones recíprocas, donde el número que debe aparecer en las celdas inferiores a la diagonal deber ser igual al inverso de las superiores, por ejemplo, en la comparación de costo vs criticidad se tiene un valor de 0,184 en la parte superior, mientras que en la parte inferior criticidad vs costo debe ser igual a 5,406 finalmente se sigue el mismo procedimiento para los demás criterios de la matriz.

Tabla 4

Comparación por pares criterios

Comparación por pares criterios				
	Costo	Criticidad	Compatibilidad	Demanda
Costo	1	0,184	0,224	0,302
Criticidad	5,406	1	3,228	1,996
Compatibilidad	4,444	0,309	1	0,658
Demanda	3,310	0,500	1,518	1
Suma	14,160	1,993	5,970	3,956

Fuente: Realizado por el investigador

Se normaliza los valores respecto a la suma de cada columna, como se observa en la ecuación 2 donde del criterio criticidad vs costo y la suma de costo, dando un valor de 0,381 finalmente se sigue el mismo procedimiento para los demás criterios de la matriz.

$$\frac{Criticidad\ vs\ Costo}{Suma\ Costo} = \frac{5{,}406}{14{,}160} = 0{,}381 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Los valores obtenidos se los ubica en la tabla 5 para construir la matriz de criterios normalizados y de manera simultánea se muestra el vector prioridad al calcular el promedio de cada fila de criterios que al sumarlos dan 1.

Tabla 5

Criterios Normalizados

Criterios Normalizados					
	Costo	Criticidad	Compatibilidad	Demanda	Prioridad
Costo	0,070	0,092	0,037	0,076	0,069
Criticidad	0,381	0,501	0,540	0,504	0,483
Compatibilidad	0,313	0,155	0,167	0,166	0,200
Demanda	0,233	0,250	0,254	0,252	0,247
				Suma	1

Fuente: Realizado por el investigador

Análisis de Consistencia

El procedimiento para determinar la consistencia se describe en los siguientes pasos indicados por (Anderson, Sweeney, & Williams, 2019):

Paso1: Multiplique cada valor de la primera columna de la tabla de comparación por pares por la prioridad del primer elemento; multiplique cada valor de la segunda columna de la matriz de comparación por pares por la prioridad del segundo elemento; continúe este proceso para todas las columnas de la matriz de comparación por pares. Sume los valores

en las filas para obtener un vector de valores denominado “suma ponderada”. En la ecuación 3 se desarrolla el siguiente cálculo:

$$= 0{,}069\begin{bmatrix}1\\5{,}406\\4{,}444\\3{,}310\end{bmatrix} + 0{,}483\begin{bmatrix}0{,}184\\1\\0{,}309\\0{,}500\end{bmatrix} + 0{,}200\begin{bmatrix}0{,}224\\3{,}228\\1\\1{,}518\end{bmatrix} + 0{,}247\begin{bmatrix}0{,}302\\1{,}996\\0{,}658\\1\end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix}0{,}069\\0{,}374\\0{,}308\\0{,}229\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0{,}089\\0{,}482\\0{,}149\\0{,}241\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0{,}045\\0{,}647\\0{,}200\\0{,}304\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0{,}074\\0{,}495\\0{,}163\\0{,}247\end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix}0{,}277\\1{,}998\\0{,}820\\1{,}021\end{bmatrix} \text{ (Ecuación 3)}$$

Paso 2: Dividir los elementos del vector suma ponderada obtenido en el paso 1 por la prioridad correspondiente para cada criterio, obteniendo las ecuaciones4,5,6,7 mostradas a continuación:

$$Costo = \frac{0{,}277}{0{,}069} = 4{,}014 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$Criticidad = \frac{1{,}998}{0{,}483} = 4{,}136 \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$Compatibilidad = \frac{0{,}820}{0{,}200} = 4{,}100 \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$Demanda = \frac{1{,}021}{0{,}247} = 4{,}133 \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Paso 3: Calcule el promedio de los valores obtenidos en el paso 2 a este resultado se lo denomina como λ_{max} en la ecuación 8:

$$\lambda_{max} = \frac{4{,}014+4{,}136+4{,}100+4{,}133}{4} \text{ (Ecuación 8)}$$

$$\lambda_{max} = 4{,}095$$

Paso 4: El índice de consistencia (CI) donde n es el número de criterios, se calcula mediante el uso de la ecuación 9.

$$CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

$$CI = \frac{4{,}095-4}{4-1}$$

$$CI = 0{,}0316$$

Paso 5: La relación de consistencia (CR) se calcula mediante el uso de la ecuación 10.

$$CR = \frac{CI}{RI} \text{ (Ecuación 10)}$$

$$CR = \frac{0{,}0316}{0{,}90} = 0{,}0351$$

Y para el caso del presente estudio se tiene n=4 debido a la cantidad de criterios, por lo tanto, se toma el valor RI=0,90 como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Índice de aleatoriedad

n	Índice de aleatoriedad (RI)
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41

Fuente: Tomado de (Anderson, Sweeney, & Williams, 2019)

Un índice mayor a 0,10 indica inconsistencia en la comparación por parejas, por lo cual se debe realizar la revisión en los criterios de comparación antes de continuar con el análisis Anderson, Sweeney, & Williams (2019). Por lo tanto, en el caso de la presente investigación se consideran aceptable las comparaciones por parejas para los criterios de selección de repuestos ya que muestran un índice de consistencia de 0,035 de esta manera se concluye que el grado de consistencia en las comparaciones por pares es aceptable.

Resultados y discusión

Clasificación de repuestos por costo

Los costos de los repuestos varían de $10 a $340, para asignar el peso individual de cada repuesto se normaliza la información mediante la división del costo de cada repuesto por el costo mayor ($340). Utilizando como base el trabajo de Partovi & Burton (1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio costo (0,069) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 7.

Se utiliza como ejemplo el Repuesto Pw008, como se muestra a continuación en la ecuación 11.

$$Peso\ del\ repuesto = \left(\frac{\$340}{\$340}\right) * 0{,}069 = 0{,}069 \qquad \text{(Ecuación 11)}$$

Tabla 7

Resumen del peso de los repuestos acorde el costo

N°	Repuesto	Costo	Normalización	Peso del Criterio	Peso del Repuesto
1	Pw008	$340	1	0,069	0,069
2	Pw016	$250	0,735	0,069	0,050
3	Pw006	$135	0,397	0,069	0,027
4	Pw009	$120	0,352	0,069	0,024
5	Pw010	$115	0,338	0,069	0,023
13	Pw013	$110	0,117	0,069	0,008

Fuente: Realizado por el investigador

Se realiza un análisis utilizando un diagrama de pareto de los repuestos con relación al costo, se muestran los datos obtenidos en la Tabla 8 y la Figura 3.

Tabla 8

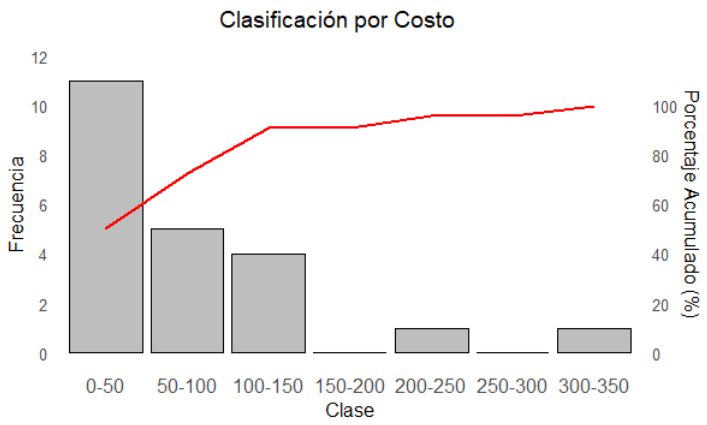
Datos del diagrama de costo

Clase	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
0-50	11	50%	50%
50-100	5	22,7%	72,7%
100-150	4	18,2%	90,9%
150-200	0	0%	90,9%
200-250	1	4,5%	95,95%
250-300	0	0%	95,5%
300-350	1	4,5%	100%

Fuente: Realizado por el investigador

Figura 3

Diagrama de costo



Fuente: Realizada por el investigador

El diagrama muestra que el 72,7% del inventario tiene un costo menor a $100, mientras el 22,8% está concentrado entre $150-$300 y solo el 4,5% supera el costo de $300.

Clasificación de repuestos por criticidad

La criticidad en la presente investigación tiene 5 niveles, que comprende del 1 al 5 siendo 1 el valor de baja de criticidad y el 5 un valor de alta criticidad, luego se normaliza la información mediante la división del valor numérico de la criticidad de dicho repuesto entre el valor más alto de criticidad. Posteriormente se sigue el modelo de Partovi & Burton (1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio criticidad (0,482) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 9.

Se utiliza como ejemplo el Repuesto Pw008, como se muestra a continuación en la ecuación 12.

$$Peso\ del\ repuesto = \left(\frac{5\ de\ criticidad}{5\ de\ criticidad}\right) * 0{,}482 = 0{,}482 \text{ (Ecuación 12)}$$

Tabla 9

Resumen del peso de los repuestos acorde la criticidad

N°	Repuesto	Criticidad	Normalización	Peso del Criterio	Peso del Repuesto
1	Pw001	5	1	0,482	0,482
2	Pw002	5	1	0,482	0,482
3	Pw004	5	1	0,482	0,482
4	Pw006	5	1	0,482	0,482
5	Pw008	5	1	0,482	0,482
13	Pw022	4	0,8	0,482	0,385

Fuente: Realizada por el investigador

Se realiza un análisis utilizando un diagrama de pareto de los repuestos con relación a la criticidad, se muestran los datos obtenidos en la Tabla 10 y la Figura 4.

Tabla 10

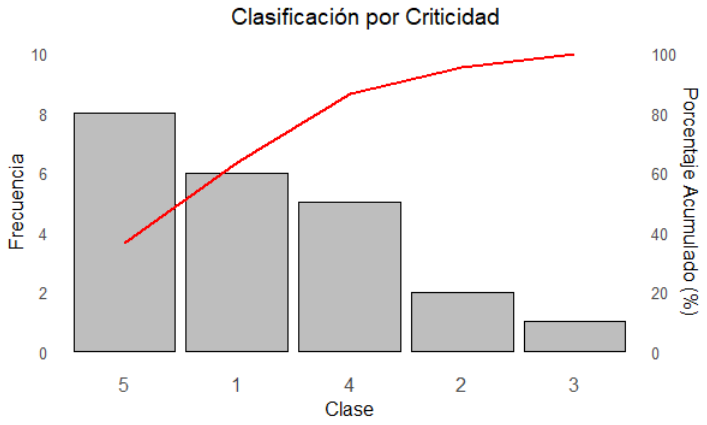
Datos del histograma de criticidad

Clase	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	6	27,3%	27,3%
2	2	9,1%	36,4%
3	1	4,5%	40,9%
4	5	22,7%	63,6%
5	8	36,4%	100%

Fuente: Realizada por el investigador

Figura 4

Diagrama de criticidad



Fuente: Realizada por el investigador

El diagrama muestra que el 36,4% del inventario tiene una criticidad alta equivalente a 5 en la escala numérica planteada, mientras el 63,6% se encuentra con una criticidad comprendida entre 1-4.

Clasificación de ítems por compatibilidad

La compatibilidad en la presente investigación se califica acorde a los 5 tipos de máquinas que vende la empresa, siendo 1 cuando el repuesto solo sea compatible con una máquina y 5 cuando sea compatible con 5 máquinas, luego se normaliza la información mediante la división del valor numérico de la compatibilidad de dicho repuesto entre el valor más alto de compatibilidad.

Posteriormente se sigue el modelo de Partovi & Burton (1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio compatibilidad (0,200) para obtener el peso del repuesto en ese criterio, como se muestra en la tabla 11.

Se utiliza como ejemplo el Repuesto Pw008, como se muestra a continuación en la ecuación 13.

$$Peso\ del\ repuesto = \left(\frac{4\ máquinas}{5\ máquinas}\right) * 0{,}200 = 0{,}160 \text{ (Ecuación 13)}$$

Tabla 11

Resumen del peso de los repuestos acorde la compatibilidad

N°	Repuesto	Compatibilidad	Normalización	Peso del Criterio	Peso del Repuesto
1	Pw004	5	1	0,200	0,200
2	Pw005	4	0,8	0,200	0,160
3	Pw006	4	0,8	0,200	0,160
4	Pw007	4	0,8	0,200	0,160
5	Pw008	4	0,8	0,200	0,160
13	Pw022	2	0,4	0,200	0,080

Fuente: Realizada por el investigador

Se realiza un análisis utilizando un diagrama de Pareto de los repuestos con relación a la compatibilidad, se muestran los datos obtenidos en la Tabla 12 y la Figura 5.

Tabla 12

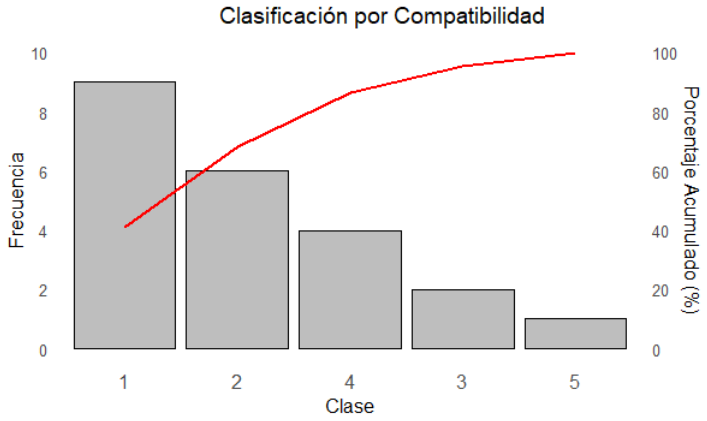
Datos del histograma de compatibilidad

Clase	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	9	40,9%	40,9%
2	6	27,3%	68,2%
3	2	9,1%	77,3%
4	4	18,2%	95,5%
5	1	4,5%	100%

Fuente: Realizada por el investigador

Figura 5

Histograma de compatibilidad



Fuente: Realizada por el investigador

El diagrama muestra que el 68,2% del inventario tiene una baja compatibilidad ya que solo pueden ser utilizados en 1 o 2 tipos de máquinas, mientras solo el 4,5% tiene una alta compatibilidad con 5 tipos de máquinas.

Clasificación de repuestos por demanda

La demanda en la presente investigación se califica según el número de veces que el repuesto ha sido solicitado, luego se normaliza la información mediante la división del valor numérico de la demanda de dicho repuesto entre el valor más alto de demanda.

Posteriormente se sigue el modelo de Partovi & Burton (1993) se multiplica el valor normalizado por el peso del criterio demanda (0,247) para obtener el peso del repuesto en

ese criterio, como se muestra en la tabla 13.

Se utiliza como ejemplo el Repuesto Pw008, como se muestra a continuación en la ecuación 14.

$$Peso\ del\ repuesto = \left(\frac{1\ vez}{5\ veces}\right) * 0{,}247 = 0{,}049 \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Tabla 13

Resumen del peso de los repuestos acorde la demanda

N°	Repuesto	Demanda	Normalización	Peso del Criterio	Peso del Repuesto
1	Pw007	5	1	0,247	0,247
2	Pw005	4	0,8	0,247	0,198
3	Pw017	4	0,8	0,247	0,198
4	Pw021	4	0,8	0,247	0,198
5	Pw002	3	0,6	0,247	0,148
18	Pw008	1	0,2	0,247	0,049

Fuente: Realizada por el investigador

Se realiza un análisis utilizando un diagrama de Pareto de los repuestos con relación a la demanda, se muestran los datos obtenidos en la Tabla 14 y la Figura 6.

Tabla 14

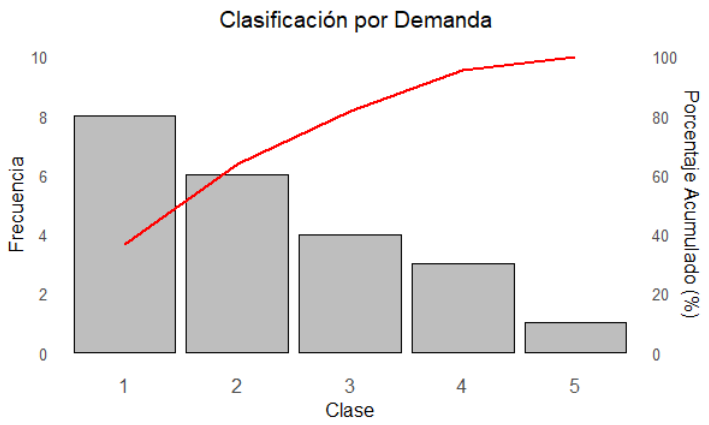
Datos del diagrama de demanda

Clase	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	8	36,4%	36,4%
2	6	27,3%	63,6%
3	4	18,2%	81,8%
4	3	13,6%	95,5%
5	1	4,5%	100%

Fuente: Realizada por el investigador

Figura 6

Diagrama de demanda



Fuente: Realizada por el investigador

El diagrama muestra que el 63,6% del inventario tiene una baja demanda, mientras solo el 4,5% tiene una demanda alta.

Peso final de los repuestos

Después de clasificar los ítems dentro de cada criterio, se adapta la metodología usada por Partovi & Burton (1993) para determinar la puntuación final de cada ítem, la suma de la multiplicación de los valores normalizados (obtenidos en la clasificación anterior) por el peso del criterio (obtenido en la técnica multicriterio AHP) como se muestran en la Tabla 15.

Se utiliza como ejemplo el Repuesto Pw008, como se muestra a continuación en la ecuación 15.

$$Peso\ final\ del\ repuesto = 0{,}069 + 0{,}482 + 0{,}160 + 0{,}049 = 0{,}762 \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Tabla 15

Resumen del peso final de los repuestos

N°	Repuesto	Peso Costo	Peso Criticidad	Peso Compatibilidad	Peso Demanda	Peso final del Repuesto
1	Pw007	0,022	0,385	0,160	0,247	0,817
2	Pw008	0,069	0,482	0,160	0,049	0,762
3	Pw004	0,017	0,482	0,200	0,049	0,750
4	Pw002	0,027	0,482	0,160	0,049	0,720
5	Pw015	0,006	0,482	0,040	0,148	0,677
18	Pw021	0,002	0,096	0,040	0,198	0,337

Fuente: Realizada por el investigador

Se realiza una clasificación ABC de los repuestos y se muestran los datos obtenidos en la Tabla 14 y la Figura 6.

Tabla 14

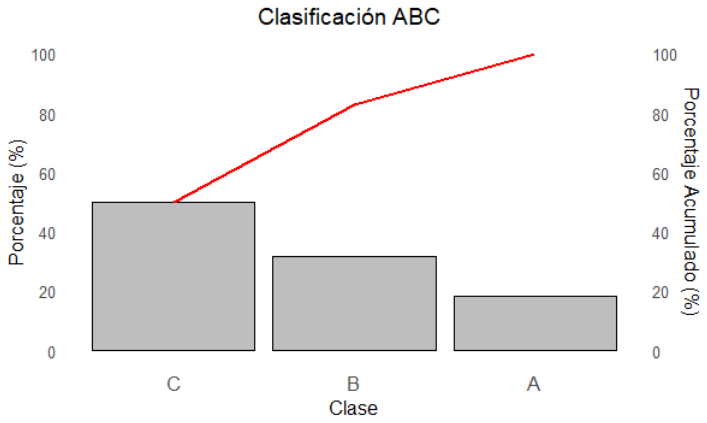
Datos del diagrama de ABC

Clase	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
A	4	18,18%	18,18%
B	7	31,82%	50,00%
C	11	50,00%	100%

Fuente: Realizada por el investigador

Figura 6

Clasificación ABC del inventario



Nota: Realizada por el investigador

El gráfico muestra que el 18,18% de los repuestos corresponde a la clase A, el 31,82% a la clase B y el 50% del inventario pertenece a la clase C.

Conclusiones

La presente investigación permitió determina que el criterio de criticidad es el más importante con un 48,20 %, dicho valor fue determinado con la aplicación del AHP.

El resultado al clasificar al inventario según el criterio de costo mediante un histograma se obtiene que el 72,7% del inventario tiene un costo menor a $100, mientras el 22,8% está concentrado entre $150-$300 y solo el 4,5% supera el costo de $300.

El resultado al clasificar al inventario según el criterio de criticidad mediante un histograma muestra que el 36,4% del inventario tiene una criticidad alta equivalente a 5 en la escala numérica planteada, mientras el 63,6% se encuentra con una criticidad comprendida entre 1-4.

El resultado al clasificar al inventario según el criterio de compatibilidad mediante un histograma muestra que el 68,2% del inventario tiene una baja compatibilidad ya que solo pueden ser utilizados en 1 o 2 tipos de máquinas, mientras solo el 4,5% tiene una alta compatibilidad con 5 tipos de máquinas.

El resultado al clasificar al inventario según el criterio de demanda mediante un histograma muestra que el 63,6% del inventario tiene una baja demanda, mientras solo el 4,5% tiene una demanda alta.

Con los pesos finales calculados y acorde a los criterios aplicados en el AHP, los repuestos de inventario quedan determinados de la siguiente forma con el 25,96% de los repuestos corresponde a la clase A, el 42,47% a la clase B y el 31,57% del inventario pertenece a la clase C.

Referencias bibliográficas

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2019). An introduction to management science: quantitative approaches to decision making. Cengage learning.

Chapman, S. N. (2006). Planificación y control de la producción. Pearson educación.

Chase Richard, J. R. (2009). Administración de Operaciones, Producción y cadena de suministro. Administración de Operaciones, Producción y cadena de suministro. México: Mc Graw Hill.

Cortés Hurtado, B. E., & Morales Bejarano, L. V. (2012). Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali.

de la Industria Gráfica del Ecuador, C. (2024, April 10). Impresión digital: aumento en la demanda. Retrieved June 25, 2024, from Impresión digital: aumento en la demanda: https://www.camaragrafica.org.ec/web/2024/04/10/impresion-digital-aumento/

Dodevska, Z., Radovanović, S., Petrović, A., & Delibašić, B. (2023). When Fairness meets consistency in AHP pairwise comparisons. Mathematics, 11, 604.

Flores, B. E., & Clay Whybark, D. J. (1986). Multiple criteria ABC analysis. International Journal of Operations & Production Management, 6, 38–46.

Gómez, J. C., & Cabrera, J. P. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. Scientia et technica, 2.

Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. Expert systems with applications, 38, 14336–14345.

Karagiannis, G., & Paleologou, S. M. (2021). A regression-based improvement to the multiple criteria ABC inventory classification analysis. Annals of Operations Research, 306, 369–382.

Khajavi, S. H., Partanen, J., & Holmström, J. (2014). Additive manufacturing in the spare parts supply chain. Computers in industry, 65, 50–63.

Larriva Vásquez, J. A., & Retamales, M. L. (2021). Aplicación de herramientas lean six sigma y administración de la cadena de suministro para la reducción del volumen de inventarios registrados como inoperativos en una empresa de importación de maquinaria industrial. Ph.D. dissertation, ESPOL. FIMCP.

Luna, K., Guanín, J., & Cordero, G. (2019). Aplicación de un proceso analítico jerárquico (AHP) para mejorar la gestión de inventarios en cadenas de abastecimientos. Ecuadorian Science Journal, 3, 25–32.

Molenaers, A., Baets, H., Pintelon, L., & Waeyenbergh, G. (2012). Criticality classification of spare parts: A case study. International Journal of Production Economics, 140, 570–578.

Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2016). Practical decision making: an introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP) using super decisions V2. Springer.

Partovi, F. Y., & Burton, J. (1993). Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. International Journal of Operations & Production Management, 13, 29–44.

Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. Computers & operations research, 33, 695–700.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer Science & Business Media. doi:10.1007/978-1-4614-3597-6

Sangiorgio, V., Uva, G., & Fatiguso, F. (2018). Optimized AHP to overcome limits in weight calculation: Building performance application. Journal of Construction Engineering and Management, 144, 04017101.

Sarmah, S. P., & Moharana, U. C. (2015). Multi-criteria classification of spare parts inventories–a web based approach. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 21, 456–477.

Vrat, P., & Vrat, P. (2014). Systems Approach and Supply Chain Management. Materials Management: An Integrated Systems Approach, 357–378.

Conflicto de intereses:
Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.
Financiamiento:
No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.
Agradecimiento:
N/A
Nota:
El artículo no es producto de una publicación anterior.

Anexos

Encuesta

1. Seleccione al departamento que pertenece dentro de la empresa.

Servicio Técnico_
Operaciones_
Publicidad y Textil_
Gerencia/Jefatura_

2. ¿Conoce usted la cantidad de equipo de impresión de gran formato vendidos por la empresa?

SI_
NO_

3. ¿Considera que el stock actual de repuestos es suficiente para abastecer la cantidad de los equipos de impresión de gran formato vendidos por la empresa?

SI_
NO_

4. ¿Conoce usted acerca de la compatibilidad de repuestos entre los equipos de impresión de gran formato?

SI_
NO_

5. ¿Cuál criterio usted considera que es más importante al momento de adquirir un repuesto el costo o la criticidad?

Costo__
Criticidad_

6. De su repuesta anterior elija el grado de importancia que considere adecuado acorde a su experticia

1 2 3 4 5 6 7 8 9

7. ¿Cuál criterio usted considera que es más importante al momento de adquirir un repuesto el costo o la demanda?

Costo__
Demanda_

8. De su repuesta anterior elija el grado de importancia que considere adecuado acorde a su experticia

1 2 3 4 5 6 7 8 9

9. ¿Cuál criterio usted considera que es más importante al momento de adquirir un repuesto el costo o la compatibilidad?

Costo__
Compatibilidad_

10. De su repuesta anterior elija el grado de importancia que considere adecuado acorde a su experticia

1 2 3 4 5 6 7 8 9

11. ¿Cuál criterio usted considera que es más importante al momento de adquirir un repuesto la compatibilidad o la criticidad?

Compatibilidad__
Criticidad_

12. De su repuesta anterior elija el grado de importancia que considere adecuado acorde a su experticia

1 2 3 4 5 6 7 8 9

13. ¿Cuál criterio usted considera que es más importante al momento de adquirir un repuesto la compatibilidad o la demanda?

Compatibilidad__
Demanda_

14. De su repuesta anterior elija el grado de importancia que considere adecuado acorde a su experticia

1 2 3 4 5 6 7 8 9

15. ¿Cuál criterio usted considera que es más importante al momento de adquirir un repuesto la criticidad o la demanda?

Costo__
Demanda_

16. De su repuesta anterior elija el grado de importancia que considere adecuado acorde a su experticia

1 2 3 4 5 6 7 8 9