

Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica, Pilar, Paraguay.
ISSN en línea 23005-2599, abril-junio 2024,
Volumen 4, Número 2.

DOI: <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2>

OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO PARA EL CONTROL DE INVENTARIO EN EL SECTOR INDUSTRIAL CON UN ENFOQUE SOSTENIBLE

*Multi-Criteria Optimization for Inventory Control in the
Industrial Sector with a Sustainable Approach*

Jessica Alejandra Canto Maldonado
Universidad Autónoma de Yucatán, México

María de la Luz Trasfi Mosqueda
Investigador Independiente, México

Javier Ernesto Valencia Méndez
Investigador Independiente, México

Mayra Elizondo Cortés
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Karina Concepción González Herrera
Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile



Optimización Multicriterio para el Control de Inventario en el Sector Industrial con un Enfoque Sostenible

Jessica Alejandra Canto Maldonado

jessica.canto@correo.uady.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4113-8391>

Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida
México

María de la Luz Trasfi Mosqueda

luz.trasfi@correo.uady.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2844-6800>

Investigador Independiente
México

Javier Ernesto Valencia Méndez

javier.valencia@correo.uady.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2984-5341>

Investigador Independiente
México

Mayra Elizondo Cortés

mayra.elizondo@comunidad.unam.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2032-8682>

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Karina Concepción González Herrera

karina.gonzalez@utmetropolitana.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9572-7004>

Universidad Tecnológica Metropolitana
Chile

RESUMEN

El artículo aborda la complejidad del control de inventarios en la logística y la gestión de la cadena de suministro, destacando las deficiencias en la agrupación de inventarios como un área de mejora. Se propone un enfoque de optimización para mejorar el sistema de clasificación ABC existente, priorizando la eficiencia en la planificación de recursos materiales que incluya un enfoque de producción sostenible. Se destaca el creciente interés en la clasificación multicriterio, dejando a un lado la clasificación ABC tradicional en el control de inventarios. El estudio se enfoca en una empresa del sector de refrigeración e infraestructura industrial en México, proponiendo un control de inventario basado en múltiples criterios adaptados a las características y necesidades específicas de la empresa. Esta investigación ofrece una solución estratégica para mejorar la gestión de abastecimiento en el sector industrial.

Palabras Clave: *Clasificación multicriterio, Control de inventario*

Recibido: 18-abril-2024 / Aprobado: 22-mayo-2024

Multi-Criteria Optimization for Inventory Control in the Industrial Sector with a Sustainable Approach

ABSTRACT

The article addresses the complexity of inventory control in logistics and supply chain management, highlighting deficiencies in inventory pooling as an area for improvement. An optimization approach is proposed to improve the existing ABC classification system, prioritizing efficiency in material resource planning that includes a sustainable production approach. The growing interest in multi-criteria classification stands out, leaving aside the traditional ABC classification in inventory control. The study focuses on a company in the refrigeration and industrial infrastructure sector in Mexico, proposing inventory control based on multiple criteria adapted to the specific characteristics and needs of the company. This research offers a strategic solution to improve supply management in the industrial sector.

Keywords: *Multicriteria classification, Inventory control*

INTRODUCCIÓN

El control eficiente de grandes inventarios es fundamental para la gestión logística y la cadena de suministro en el sector industrial. Tradicionalmente, se ha empleado la clasificación ABC para organizar los inventarios en grupos y aplicar políticas de control específicas a cada uno. Sin embargo, este enfoque se basa únicamente en métricas como el uso anual en dólares, lo que puede limitar su efectividad (Ng, 2006).

La relación entre la planeación estratégica y la gestión de abastecimiento es esencial para el éxito empresarial. La madurez de los procesos, la estructura organizativa y la calidad de los proveedores son factores clave que influyen en esta relación (Arto, 2011). En este contexto, el control de inventarios desempeña un papel crucial. Mantener niveles óptimos de inventario es vital para evitar interrupciones en la producción y minimizar costos (Gayle, 1999; Sucky, 2005).

La planeación estratégica es el proceso a través del cual quienes guían a la organización crean procedimientos y operaciones con una visión de futuro. Es un mecanismo fundamental para que las empresas alcancen sus objetivos y metas planteadas, teniendo en cuenta que su correcta elaboración y desarrollo son determinantes para cumplirlas (R., 2014).

El tópico de inventarios es un tema muy sensible del área de logística y administración de la cadena de suministro, debido a que con un 29.5%, los inventarios constituyen uno de los dos elementos principales de los costos logísticos en las organizaciones (Conference.CSCMP, 2010).

El concepto de consumo y producción sostenibles se reconoció en el Plan de Implementación de Johannesburgo, adoptado en 2002, en la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (CMDs). En esa ocasión, el consumo y la producción sostenibles se identificaron como uno de los tres objetivos generales y requisitos esenciales para el desarrollo, junto con la erradicación de la pobreza y la gestión de los recursos para fomentar el desarrollo económico. Se reconoció que los cambios fundamentales en la forma en que las sociedades producen y consumen son indispensables para lograr el desarrollo sostenible global.

El concepto de consumo y producción sostenible es el objetivo número doce de la ONU, gestionar el consumo responsable de los recursos para asegurar la dinámica de abastecimiento en diferentes sectores.

Es una realidad, que, en el mundo, el control de materiales es cada vez más exigente, en exactitud y gestión de estrategias, principalmente cuando están involucrados los costos y el tiempo. Obtener los costos reales de demanda, preparación, manejo y faltantes, es imperativo para una impecable gestión de consumo responsable.

Desde 2000, ha habido una señal obvia de crecimiento asiático, con un efecto colateral positivo en Latinoamérica, y un flujo de materiales, a través de la exportación de productos, metales y combustibles fósiles para el desarrollo de infraestructura de servicios y fabricación en Asia (World Bank, 2013) y (CSIRO Global Material Flow Database, 2013).

La productividad del material ha disminuido, vinculada al rápido crecimiento del sector minero y energético y los flujos de residuos relacionados. En 2010, América Latina utilizó el 7% de la energía y el 12% del material global (World Bank, 2013). La productividad laboral y energética estaba por encima del promedio mundial, sin embargo, la productividad del material fue inferior al promedio, efecto que generó un incremento en costos de inventario e importación.

En este sentido, es importante que todas las directivas entiendan la importancia que representa la planeación estratégica en los inventarios y lo que conlleva sus procesos en el tema sustentable, por lo tanto, deben desarrollar sus conocimientos y comprender con claridad las necesidades de la empresa, para que la planeación estratégica les permita interactuar con un mundo cambiante, competitivo, riesgoso y que se encuentra en constante evolución.

Este artículo presenta un estudio que evalúa los criterios necesarios para un control de inventarios efectivo, considerando tanto aspectos operativos como estratégicos. Se propone un modelo de clasificación multicriterio adaptado a las necesidades de una empresa del sector industrial, con el objetivo de mejorar su competitividad y eficiencia en la gestión de inventarios. Este estudio aborda la importancia de una gestión de inventarios precisa y eficaz en un entorno

empresarial de competitividad y en el que se busca la sustentabilidad en sus procesos y resultados.

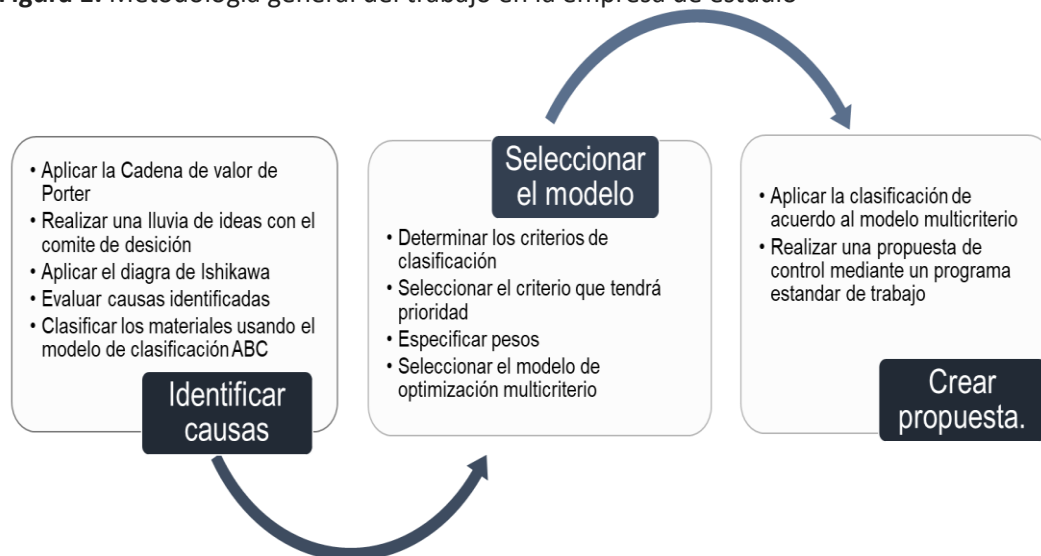
MATERIALES Y MÉTODOS

Para proponer un control de inventarios basado en múltiples criterios, se estableció un plan detallado de procedimientos. El tipo de investigación adoptado fue exploratorio, centrándose en la plataforma de negocio "Environmental & Applied Solutions" de la empresa de estudio, que abarca proyectos de infraestructura y equipos con ventas anuales de \$100 millones de dólares. Se optó por una investigación descriptiva para comprender la situación actual y proponer mejoras sin perturbar el funcionamiento normal.

La temporalidad transversal permitió obtener una instantánea del caso de estudio y analizar las tendencias. Se aplicó un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) para recopilar datos primarios a través de entrevistas, visitas de observación y recopilación de datos. El diseño no experimental se basó en la observación del fenómeno en su contexto natural. La unidad de análisis fue la plataforma anteriormente mencionada, la cual incluye la gestión de 339 ítems y una cartera de 180 proveedores.

Se diseñó un diagrama de flujo con la metodología a utilizar para guiar la recopilación, análisis y clasificación de datos, asegurando la validez y pertinencia de los resultados (Ver figura 1). La metodología consiste en tres etapas: identificar causas, seleccionar el modelo y crear una propuesta.

Figura 1. Metodología general del trabajo en la empresa de estudio

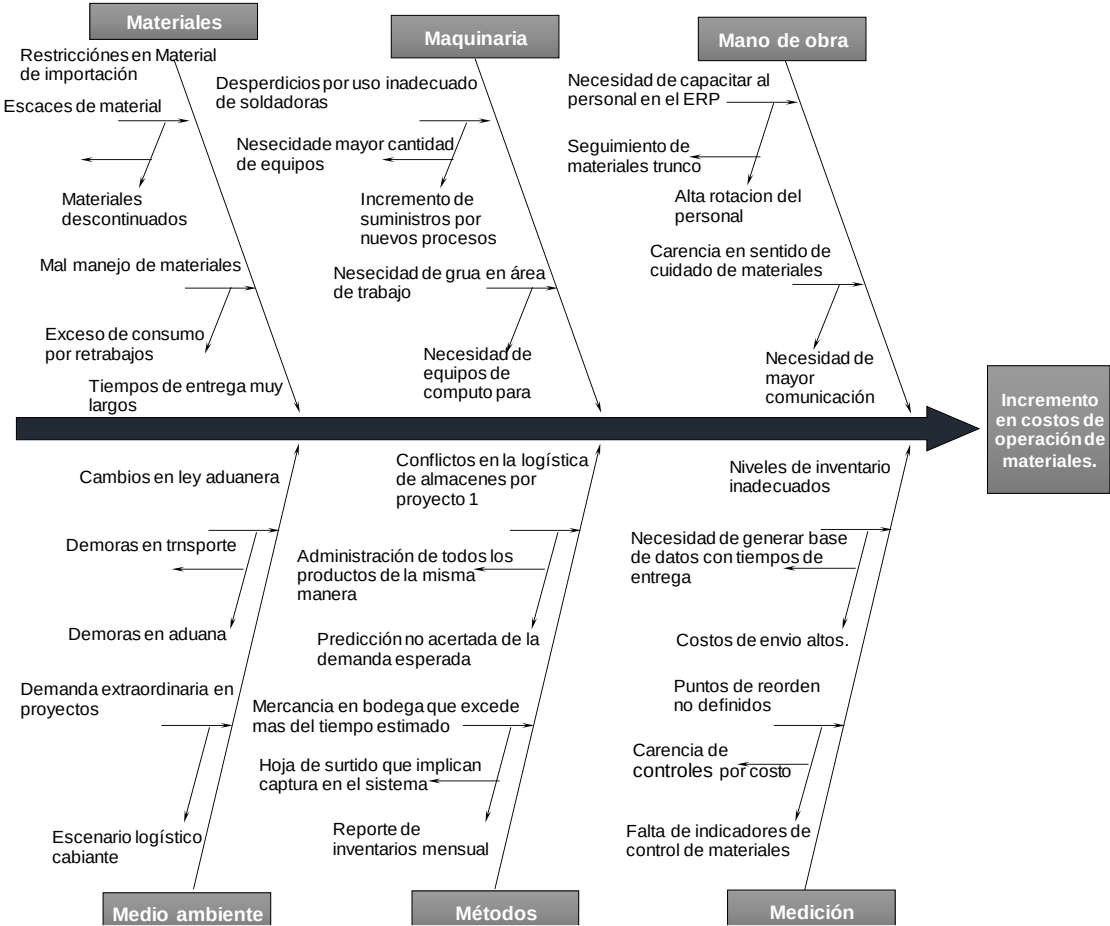


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizó la cadena de valor de Porter como herramienta principal, que permitió analizar las actividades de la empresa clasificándolas de soporte y en primarias. Las actividades de soporte identificadas incluyen la infraestructura (planeación, finanzas, contabilidad), recursos humanos (búsqueda, contratación, entrenamiento) y tecnología (investigación, desarrollo). Por otro lado, las actividades primarias están relacionadas con la elaboración, montaje y comercialización de los productos, así como la logística de entrada y salida, marketing y ventas. El análisis de la cadena de valor proporcionó una visión completa del contexto empresarial, permitiendo identificar fuentes de ventaja competitiva en actividades generadoras de valor. La integración de un comité de decisión compuesto por gerentes de la empresa facilitó la identificación de sugerencias y áreas de oportunidad.

Mediante una lluvia de ideas se identificó las posibles causas del incremento en los costos de inventario, utilizando la herramienta del diagrama causa-efecto de Ishikawa. Se identificaron causas potenciales clasificadas según su área semántica, lo que permitió evaluar su impacto y priorizar las más relevantes. El análisis reveló que el control de inventarios era el factor más influyente en los costos de la empresa. Ver figura 2.

Figura 2. Diagrama de Ishikawa de la empresa



El análisis mediante cadena de valor de Porter permitió una visión completa del contexto de la empresa, considerando el estudio de la actividad empresarial, buscando fuentes de ventaja competitiva en actividades generadoras de valor, como se presenta en la figura 3.

Figura 3. Cadena de valor de Porter de la empresa de estudio

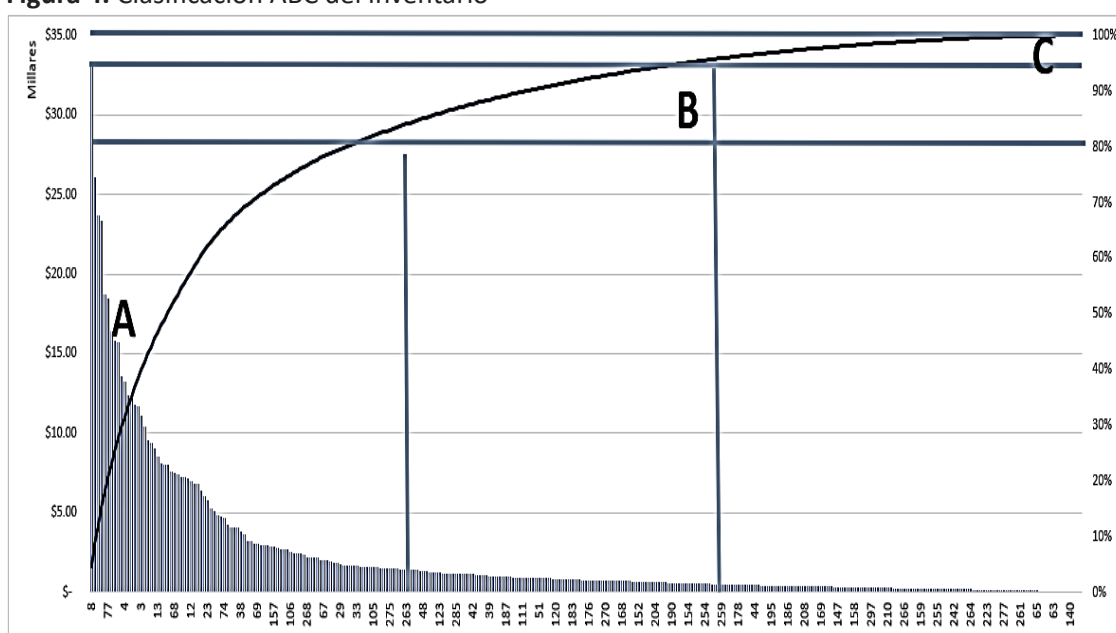
Actividades de apoyo	Recursos humanos					M A R G E N
	Tecnología					
	Infraestructura (Finanzas, legal, etc.)					
	Abastecimiento					
Actividades primarias	Logística de entrada	Operaciones	Logística de salida	Marketing y ventas	Servicio	
	Transporte	Fabricación	Distribución	Publicidad	Postventa	
	Handling	Ensamblado	Gestión de stocks	Promociones	Call center	
	Gestión de stocks	Packaging	Transporte	Red de ventas	Training	
		Testing			Customer	

El sistema de relación entre las actividades de valor de la compañía facilitó entender qué hace diferente a la empresa de la competencia, de manera que, tanto actividades de apoyo como

primarias aseguren la satisfacción del cliente. Por consiguiente, identificar la causa era elemental para resolver la disconformidad por exceso de inventario.

Con el empleo del modelo de clasificación ABC se analizó el inventario de la empresa, una estrategia ampliamente utilizada para equilibrar costos y servicio. La reevaluación del inventario según este modelo confirmó su implementación, basada en la regla pocos vitales, muchos triviales. Ver figura 4. Sin embargo, se identificó un exceso de inventario, lo que hasta ahora había ofrecido una solución limitada a las necesidades de la empresa.

Figura 4. Clasificación ABC del inventario



Considerando la estrecha relación entre costos y servicio, se optó por implementar un modelo de clasificación multicriterio desarrollado por Wan, ampliando los criterios de evaluación. Los criterios seleccionados fueron el volumen de uso anual, el costo de transacción y el tiempo de reemplazo.

La comparación entre el modelo de Wan y otros enfoques de clasificación, como ABC y AHP, demostró la superioridad del modelo de Wan en términos de consistencia y eficacia. El control de inventarios utilizando este modelo era ideal para integrar criterios cuantitativos y cualitativos, y permitía una evaluación más automática y objetiva de cada artículo. El programa de control

estándar desarrollado en once etapas proporcionó un marco para mejorar continuamente el rendimiento del inventario, asegurando la maximización de la rentabilidad y la satisfacción del cliente.

Se seleccionó el modelo de clasificación multicriterio de Wan, como el modelo más adecuado para la correcta clasificación de los materiales en inventario, ya que el modelo de optimización lineal permite asignar pesos por ítem y/o por criterio, integrando aspectos cuantitativos y cualitativos, proporcionando una ventaja adicional en la competitividad de la empresa.

La integración de datos de múltiples fuentes implicó considerar otros factores, es decir, la detección y resolución de conflictos de valores de datos:

- Para la misma entidad, en el contexto real, los valores de atributos de distintas fuentes podían ser diferentes.
- La representación de datos en escalas distintas.

En seguida los valores obtenidos, se identificaron bajo las siguientes variables con base en el modelo de optimización lineal de Wan para la clasificación del inventario, ver ecuación **¡Error!**

No se encuentra el origen de la referencia.:

X: medida de rendimiento

n: secuencia de clasificación de criterio

i: ítem

$\min \beta$

$$s. t. \quad \geq \frac{1}{n} X_{in}, \quad n=1,2, \dots, n \quad (1)$$

La información requirió, la transformación de los datos, con el objeto de tratar los valores (v) correctamente, se realizó una transformación lineal sobre los datos originales para contar con el peso normalizado o desempeño de cada artículo, ver ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$v' = \left[\frac{v - \min A}{\max A - \min A} \right] (new_maxA - new_minA) + new_minA \quad (2)$$

Posteriormente, se asignó el peso de cada criterio según el grado prioridad, se presenta a continuación el orden de la ponderación:

- El volumen de uso: Uso anual en dólares
- El costo de transacción: Costo de adquisición del producto
- El tiempo de reemplazo: Tiempo de traslado del proveedor al almacén

Después, se obtuvo el promedio parcial de cada ítem, enseguida, se seleccionó el valor máximo alcanzado de cada uno, ver ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$maxn = \frac{1}{n} X_{in} \quad (3)$$

Los valores de desempeño obtenidos de la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** se ordenaron de forma descendente. La Tabla 1**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el valor de puntuación obtenido en el modelo de optimización multicriterio de Wan, para los primeros cinco ítems. La información de valores completa se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del anexo.

Tabla 1. Valor de puntuación de artículos en el modelo de Wan

Item no.	Valor de puntuación
66	1.00
67	0.89
68	0.84
69	0.79
70	0.78

Finalmente, el inventario fue clasificado de acuerdo con la puntuación obtenida.

Los resultados obtenidos avalaron la integración del modelo multicriterio en el control de inventarios como elemento estratégico diferenciador. Al poner la prioridad en el control de inventarios se asegura la efectividad y eficiencia en la búsqueda de un mejor rendimiento en el desempeño.

CONCLUSIÓN

Si bien la clasificación tradicional de ABC cumplía con las reglas teóricas del modelo, no satisfacía las necesidades específicas de la empresa, ya que no consideraba otros criterios importantes además del consumo anual en dólares. Esto llevó a la necesidad de implementar un modelo de clasificación multicriterio, que incorporara criterios adicionales como el lead time, el costo promedio y el uso anual.

El Control de Inventarios, es el corazón de cualquier empresa para obtener los mejores resultados financieros desde los inventarios y asegurar la efectividad y eficiencia en la búsqueda de un mejor rendimiento en su desempeño, permite la clasificación correcta de los materiales, identificando así el nivel de criticidad, lo que simplifica determinar y calcular la cantidad correcta de existencia en inventario. Así también, la correcta clasificación de los materiales en inventario facilita la distribución y administración de los materiales en un almacén y disminuye el número de operaciones en su administración, impactando significativamente en los recursos económicos y por ende la sustentabilidad de la empresa.

Los resultados obtenidos respaldaron la confiabilidad del modelo de Wan, que se mostró comparable a los modelos de programación lineal, pero con una menor cantidad de pasos, lo que lo convierte en un modelo eficaz para el control de inventarios. Es esencial comprender las necesidades y características específicas del negocio para garantizar un enfoque objetivo al utilizar herramientas de análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arto, J. R. (2011). La gestión de la cadena de suministro. Madrid, España: EOI. Recuperado el 14 de 08 de 2019

Conference.CSCMP, A. G. (2010). Logistics Cost and Service 2010. Logistics Cost and Service 2010. Establish, Inc.

CSIRO Global Material Flow Database. (2013). *CSIRO and UNEP Latin America and the Caribbean Material Flow and Resource Productivity*,. Recuperado el 01 de 09 de 2019, de www.csiro.au/LatinAmericaCaribbeanMaterialFlows

Castellanos Villarruel, M. S., Cuevas Rodríguez, E., & Guzmán Mares, L. (2024). El Mercado Laboral del Adulto Mayor: Análisis de sus Vulnerabilidades. Emergentes - Revista Científica, 4(1), 424–451. <https://doi.org/10.60112/erc.v4i1.122>

Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 1(1), 46–59. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>

Freire Ramos, E. del R., Jaya Velaño, W. L., Flores Andrade, M. F., Soto Cuzco, J. P., Matute Macías, P. A., & Jijón Andrade, M. C. (2024). Quiste de colédoco en paciente pediátrico: Reporte de caso. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 5(1), 28–45. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i1.73>

Gayle, R. (1999). Contabilidad y administración de costos.

González, M. (2023). Emotions and Academic Performance in Primary School: A Study in Zacatecas. Revista Veritas De Difusão Científica, 4(1), 01–17. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i1.34>

Ng., W. L. (08 de 02 de 2006). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis.

R., A. (1 de 09 de 2014). La planeación estratégica. Recuperado el 05 de 10 de 2019, de Crecenegocios.

Rivera Ayala, A. (2024). Aula a Media Luz en Preescolar, La Integración y Desarrollo Armónico de un Menor con Retinopatía del Prematuro . Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica , 4(1), 1929–1951. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.158>

Sciencedirect (177), 344-353. Recuperado el 02 de 05 de 2019

Sucky, E. (2005). Inventory management in supply chains: A bargaining. *International Journal of Production Economics*, 253-252.

World Bank. (2013). *Mapping Carbon Pricing Initiatives: Developments and Prospects 2013*. World Bank. Recuperado el 2019