

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MATERIA PRIMA Y PROVEEDOR EN EL RENDIMIENTO DE UNA EMPRESA RECICLADORA

EVALUATION OF THE IMPACT OF RAW MATERIAL AND SUPPLIER ON THE PERFORMANCE OF A RECYCLING COMPANY

Alejandro Guillén Mujica ^{1*}

¹ Especialización en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Postgrado de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8782-4640>. Correo: aleguillenm@yahoo.com.ve

Alessandro Giuseppe Cecala Guerrieri ²

² Especialización en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Postgrado de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3134-6244>. Correo: agcg17@gmail.com

* Autor para correspondencia: aleguillenm@yahoo.com.ve

Resumen

Las organizaciones del siglo XXI, requieren evaluar todos los procesos productivos, con la finalidad de mejorar su desempeño en un mundo cada vez más competitivo y globalizado. El sector del plástico no escapa de esta realidad y más al adicionar el cuestionamiento, por los daños que ocasiona el consumo de este material al medio ambiente, requiriendo minimizar su uso, objetivo que se logra a través del reciclaje. La empresa objeto de estudio es una recuperadora de plásticos, fundada hace 25 años en Aragua, Venezuela, la cual recicla diversos tipos de plásticos y tiene como meta constituirse en líder del mercado, por lo que necesita mantener sus costos de producción lo más bajo posible, teniendo el presente estudio como razón fundamental determinar la Materia Prima que ofrece el mejor rendimiento y el Proveedor que brinda las mejores condiciones. Para realizar este trabajo, se emplearon métodos estadísticos y metodologías, sustentadas en el Diseño de Experimentos y Evaluación Tecno-Económica, los cuales sirvieron para determinar los factores objetivo de la investigación, basados en las condiciones de operación, el rendimiento de las materias primas y los valores de rentabilidad, lo cual generó la recomendación de utilizar el Polietileno y Polipropileno, como principales productos a comercializar.

Palabras clave: plástico; materia prima; estadística; rendimiento

Abstract

Organizations in the 21st century need to evaluate all production processes in order to improve their performance in an increasingly competitive and globalized world. The plastics sector is no exception to this reality, especially when it comes to questioning the damage caused to the environment by the consumption of this material, which requires minimizing its use, an objective that is achieved through recycling. The company under study is a plastics recycling company founded 25 years ago in Aragua, Venezuela, which recycles various types of plastics and aims to become a market leader, which is why it needs to keep its production costs as low as possible. The main purpose of this study is to determine the raw material that offers the best performance and the supplier that offers the best conditions. To carry out this work, statistical methods and methodologies were used, supported by the Design of Experiments and Techno-Economic Evaluation, which served to determine the objective factors of the research, based on the operating conditions, the performance of the raw materials and the profitability values, which generated the recommendation to use Polyethylene and Polypropylene as the main products to be marketed.

Keywords: plastic; raw material; statistics; performance

Fecha de recibido: 21/08/2024

Fecha de aceptado: 30/10/2024

Fecha de publicado: 10/11/2024

Introducción

El mundo de los negocios se orienta cada vez más hacia la globalización y a inmensos cambios tecnológicos, exigiéndole a la gerencia que busque mecanismos que les permitan tomar decisiones oportunas y previsiones efectivas, a fin de mantener a la organización en el mercado y de esta manera, enfrentar las turbulencias del mercado económico y ofrecer mejores productos o servicios.

Es por esta razón que las empresas demandan a sus directivos, una gran capacidad de gestión, teniendo muy en cuenta las variables económicas, a fin de poder realizar negocios de forma exitosas y generar las estrategias anticipativas y adaptativas requeridas para sobrevivir y ser más competitivos a corto, mediano y largo plazo, en su sector del mercado. Por lo tanto, actualmente las empresas venezolanas, deben poseer lineamientos gerenciales claros, enmarcados en una realidad económica muy singular, dados los constantes problemas de confianza y estabilidad, por lo que resulta clave a los empresarios conocer perfectamente el entorno económico interno y así desenvolverse de forma apropiada.

El sector del reciclaje del plástico no escapar de esta realidad, los precios y mercado se encuentran actualmente muy ajustados, dada la alta competencia existente tanto nacional como internacionalmente, por lo que se hace necesario evaluar con detenimiento y permanente empeño los factores que influyen en los precios para controlarlos eficazmente.

Aprovechando los conocimientos estadísticos y los procesos experimentales, se desarrolló un conjunto de pronósticos adecuados, que sirvieron de basamento para realizar un estudio tecno económico, que sirvió para responder la interrogante de la investigación, la cual es la determinación de la materia prima y proveedor que puede ofrecer el mayor rendimiento y beneficio económico y de esta manera garantizar la estabilidad empresarial.

Materiales y métodos

De acuerdo con Arias (2006), el marco metodológico representa el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos empleados para formular y resolver problemas, lo cual, permite descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos. En este orden de ideas, Hurtado (2012), comenta que los estudios proyectivos buscan proponer soluciones a una situación, por lo que el investigador examina, describe, expone y plantea alternativas que resuelven el problema. En consecuencia, la investigación se consideró de tipo proyectiva, ya que, acompañada de un modelo de Bloques Completamente Aleatorizados, basado en rendimiento, se determinó la materia prima que ofrece el mayor beneficio económico para una empresa recuperadora de plásticos ubicada en Venezuela.

En cuanto al diseño, menciona Arias (2006), que una investigación de campo se basa en la recolección de información directamente en el lugar u objeto de la realidad, sin manipular variable alguna y así, el investigador, obtiene los datos sin alterar las condiciones existentes, por lo que esta investigación es de campo y experimental, debido a que el investigador obtuvo los datos directamente del área de producción de la empresa y sin realizar modificación alguna.

Con relación al nivel de investigación y la unidad de análisis, Hurtado (2012), establece que el nivel de investigación viene dado por el grado de profundidad con la que se aborda un estudio con la finalidad de explicar, evaluar, predecir y/o proponer respuestas a los fenómenos objeto de estudio, por lo que en este caso se estableció el efecto de la materia prima en el rendimiento económico, por lo que el trabajo realizado es de nivel intermedio. En cuanto a la unidad de análisis, de nuevo Hurtado (2012), explica que la unidad de análisis es el contexto, ser o entidad que posea las características que requeridas para realizar el estudio de un evento en específico. Tomando como base el concepto previamente citado, la unidad de análisis del presente trabajo de investigación se estableció en el área de producción y almacén.

Para los fines del trabajo de investigación que se desarrolló, se seleccionaron en primera instancia como muestra a toda la población involucrada directamente en las labores de producción y almacenaje de la empresa recuperadora de plásticos objeto de estudio, a los cuales se les aplicó un cuestionario y de esta manera se pudieron determinar aspectos útiles para el desarrollo de la investigación y fundamentales para elaborar la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas)

Tabla 1. Población de trabajadores.

Cargo	Cantidad
Gerente general	1
Supervisor área de operaciones	1
Jefe de mantenimiento área de operaciones	1
Operador especialista área de operaciones	3

Encargados de almacén de materias primas	2
Total	8

El segundo grupo de muestras estuvo comprendido por grupos de pellets ya procesados en los extrusores y seleccionados de acuerdo al criterio de los tres proveedores que le suministran materias primas a la empresa, tipo de materia prima y grado de impurezas, los cuales estarán presentados de acuerdo a las tablas indicadas en el desarrollo del trabajo y suministradas por el departamento aseguramiento de calidad.

Las técnicas para el análisis y presentación de la información empleadas fueron:

- Bloques Completamente Aleatorizados.
- MINITAB®
- Diagrama de Flujo de Procesos.
- Matriz FODA.
- Gráfico de Tortas.
- Método de Diseño en Ingeniería.
- Evaluación Tecno – Económica.

Resultados y discusión

Las empresas siempre se encuentran avanzando, por lo que buscan mejorar los productos y componentes que le ofrecen a los consumidores y de esta manera, lograr un permanente crecimiento en las ventas y rentabilidad económica. Para lograr esto, las compañías deben identificar nuevos componentes, procesos de fabricación, materias primas más rentables y metodologías o materiales, que las ayuden a mejorar sus ventajas competitivas, requiriendo realizar y experimentos, para así establecer, los factores, que bien sean solos o combinados, se comporten de manera apropiada y de esta forma garantizar el éxito empresarial.

Por lo tanto, existen diversos factores involucrados en los procesos y que, a través del análisis cuantitativo estadístico de experimentación, pueden determinar las variabilidades involucradas y de esta manera optimizar los elementos que concurren al momento de elaborar un producto. Los Diseños Experimentales, forman un área de la estadística, que se aboca en estudiar y resolver los aspectos que giran en torno a los procesos productivos y que de acuerdo con Gutiérrez y de la Vara (2008), tienen como finalidad, identificar posibles causas de variación o determinar los mejores componentes involucrados, asignando unidades experimentales a cada una de las condiciones de estudio y poder dar respuestas a las interrogantes planteadas.

A estas unidades experimentales, se le aplican tratamientos, los cuales como explica Chacín (2000), son el conjunto particular de condiciones experimentales a las que se ve sometido el experimento, teniendo especificadas las medidas con las que se trabajará y de esta forma dar respuestas de cada una, pudiendo pronosticar o anticipar diversas dificultades que puedan presentarse y en consecuencia dar resolución al problema.

En otro orden de ideas, el plástico es un material sintético muy maleable, menciona Santillán (2018), que está constituido por polímeros provenientes de la síntesis de derivados del petróleo y que es utilizado ampliamente en la industria, bien sea para elaborar piezas, componentes, material de empaque, muebles, juguetes y un sinnúmero de cosas más. Su empleo está muy difundido y masificado, pero tiene la enorme desventaja, que dada

su constitución molecular, la asimilación o degradación en la naturaleza, es muy compleja y por lo tanto, se considera como uno de los elementos más perjudiciales al medio ambiente que se conoce. Pero a pesar de esta situación, dado su bajo costo y diversidad de usos económicos y convenientes, han hecho que el plástico siga siendo ampliamente usado, con el problema adicional de que no se vislumbra en un futuro cercano, un sustituto práctico y económico del mismo.

Sin lugar a dudas, la manera más apropiada y segura que se ha conseguido para minimizar el impacto ambiental negativo del uso del plástico, es a través del reciclaje del mismo. Indica Rivas (2021), que el reciclaje de plásticos es el proceso de recuperación de desechos de plásticos y que presenta como ventajas, la disminución de la contaminación causada por este material y la creación de una economía circular que beneficia ampliamente a la humanidad. Esta situación ha hecho posible que en el mundo entero, como explica Bonilla (2016), surjan empresas encargadas de recuperar el plástico y someterlo a un proceso de reciclaje, para transformarlo en una nueva materia prima y así construir nuevos elementos.

La empresa que objeto de estudio, posee tres áreas de operaciones, la primera de almacenaje de materias primas, productos terminados y oficinas, la segunda de operaciones de reciclado y elaboración de los pellets de plástico y la tercera de elaboración de elementos, donde se fabrican muebles, láminas de plástico y material para envoltorios.

Cada una de las materias primas, son suministradas a través de tres proveedores de material reciclado provenientes de los vertederos de basura o empresas que desechan material obsoleto o dañado, tales como gaveras, muebles defectuosos, botellas y juguetes, de acuerdo a tres porcentajes de impurezas declaradas de 1%, 2% y 3% del peso total. La materia prima entregada, es debidamente verificada de acuerdo a su composición en: PET (Tereftalato de Polietileno), Polipropileno y Polietileno (Figura 1), para luego pasar por una etapa de limpieza y lavado (Figura 2), donde se extraen algunos elementos, restos de grasa, aceites u otros elementos, siendo luego enviada a uno de los tres molinos donde es triturada (Figura 3).



Figura 1. Recepción



Figura 2. Limpieza



Figura 3. Molinos

Una vez molida la materia prima, esta es dispuesta en contenedores, que la trasladan a uno de los cuatro extrusores (Figura 4), de donde salen largas tiras de plástico que son cortadas con un sistema de cuchillas que se encuentran al final del tanque de enfriamiento (figura 5). Finalmente, los pequeños pellets, basados en las tres materia primas previamente indicadas, son trasladados mediante un transportador de banda, a una tolva de

almacenamiento, donde son envasados, bien sea en súper sacos, para consumo interno de la empresa y en una proporción de 39,42%, utilizados posteriormente para elaborar diversos productos sobre todo basados en Polietileno, en contenedores suministrados por grandes clientes, lo cual representa el 44,38% o en bolsas para la venta a pequeños emprendedores lo cual es un 16,20%. (Figura 6)



Figura 4. Extrusores



Figura 5. Cuchillas



Figura 6. Almacenaje

La compañía actualmente trabaja dos turnos, con un personal total en la zona de producción de plástico de 35 trabajadores, dos electro-mecánicos de mantenimiento y seis empleados, estos últimos repartidos entre administrativos y supervisorio / gerencial, para un total de 43 trabajadores, los cuales colaboran en la fabricación de alrededor de 50.500 kg (50,5 t) diarias, de los tres materiales que se procesan, los cuales son elaborados de acuerdo a una proporción de 50% Polietileno, 40% Polipropileno y 10% PET, valores basados en los promedios ejecutados en los años 2021 y 2022. La producción anual ha venido manifestando un leve aumento en sus niveles, siendo de 10.180 t para el año 2019, 10.350 t en el año 2020, 10.820 t en el año 2021 y 10.995 t en el 2022, incremento que se basa en buena medida, con los esfuerzos que hace la organización en insertarse en el mercado internacional.

Sin embargo, a pesar de este incremento en la producción y ventas, la compañía ha visto reducidos sus niveles de utilidad corporativa, ya que, de forma sostenida, entre los años 2019 y 2022, la utilidad neta en divisas y ajustada a la inflación, ha caído en un valor promedio de 0,19% interanual, aspecto por el cual se requiere evaluar, los rendimientos, en cuanto a producción se refiere, de las distintas materias primas, para así enfocarse en buscar las fuentes de Materia Prima que le ofrezcan mayor rendimiento a la fábrica.

Es por ello que se buscó desarrollar un grupo de diseño de experimentos basado en el método de Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados, en la empresa productora de plásticos reciclados para identificar cuál es la materia prima, que de acuerdo al proveedor y grado de impureza presentada, ofrece el mejor rendimiento en toneladas, para posteriormente establecidos los factores económicos apropiados, poder orientar a la gerencia, sobre donde concentrar sus esfuerzos y garantizar su rentabilidad en cuanto a proveedor y materia prima a utilizar, enmarcado en los temas de la Ley Plan de la Patria 2019 – 2025.

Se aplicó un cuestionario, avalado por tres expertos en el área, que sirvió de base a la matriz FODA y cuyos resultados se muestran a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Preguntas de Cuestionario.

#	Pregunta	Respuesta
1	¿Piensa usted que la empresa reconoce de manera adecuada las materias primas que se trabajan?	El 87% indico no reconocer la materia prima más adecuada.
2	¿Considera usted que el manejo de las materias primas, va acorde al margen económico que ofrece cada una?	El 90% considera que el manejo de las materias prima no va acorde a los intereses de la empresa.
3	¿Cree usted que la empresa tiene identificados los rendimientos de las materias primas usadas?	El 100% piensa que no se encuentra este aspecto identificado.
4	¿Considera usted que las personas encargadas en cada una de las áreas de la empresa, ejecutan las tareas para las que fueron contratados?	El 100% comento que el personal cumple con las tareas establecidas.
5	¿Piensa usted que se deberían establecer los parámetros de rendimiento de las materias primas utilizadas en los procesos de extrusión de la organización?	El 100% indico que se deben establecer estos parámetros.
6	¿Considera usted que se requieren establecer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del entorno organizativo de la empresa?	El 100% respondió que es importante realizar este estudio.
7	¿Cree usted que el realizar un estudio tecno-económico sobre el rendimiento de las materias primas, favorecerá el crecimiento y estabilidad de la compañía?	El 100% menciono que es necesario realizar un estudio económico.
8	¿Considera usted que al determinar la materia prima que ofrece mayor rendimiento, se pueden maximizar los beneficios y mejorar la rentabilidad en la organización?	El 88% reconoció que un estudio puede mejorar las condiciones de la organización.

Establecidos ya las condiciones de entrada, seguidamente se planteó el diseño de experimental, para una población de las tres materias primas objeto de estudio, las cuales son: Polietileno, Polipropileno y PET, estas a su vez vienen catalogadas cada una por el grado de impurezas declarado, que en este caso es 1%, 2% o 3% y los tres proveedores que las suministran, como se indica en la figura 7.

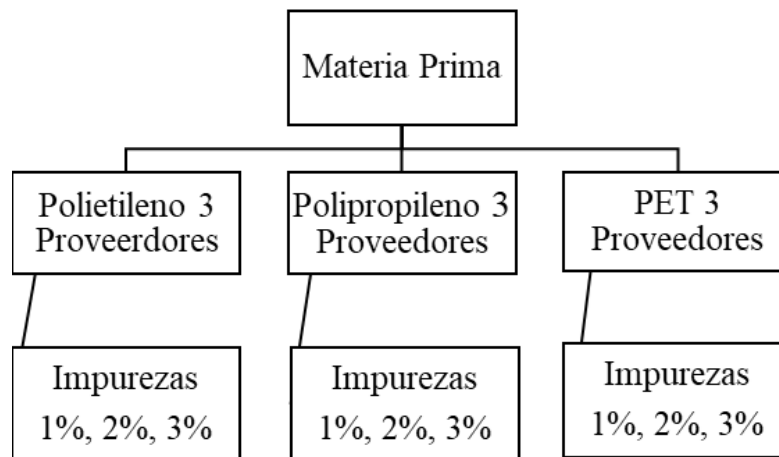


Figura 7. Esquema Presentación MP.

Una vez determinados los parámetros a evaluar, se le requirió al departamento de calidad de la empresa, que suministrara los datos obtenidos de rendimiento por cada 1000 k, de cada grupo de materias primas, proveedor y porcentaje de impurezas recibidas, durante el periodo enero – febrero de 2024.

Es importante destacar algunas consideraciones realizadas por la analista de aseguramiento de calidad:

- Los porcentajes de impurezas recibidas en el lote, son reportadas por el personal de operaciones y basados en el peso de recolectado, luego del lavado.
- La información es establecida en formatos y cargados en una hoja de cálculo para con estos valores, proceder al pago del proveedor respectivo.

Los datos del modelo estadístico para los tres experimentos son los que se indican a continuación:

- Variable Respuesta (Y): Rendimiento por cada 1000 k (Efecto fijo) Cuantitativo, tres muestras por grupo.
- Factores:
 - Factor A (A): Porcentaje de Impurezas en la Materia Prima (Efecto fijo) 3 niveles (1, 2, 3) Cuantitativo.
 - Factor B (U): Proveedor de (Efecto fijo) 3 niveles (1,2,3) Cualitativo.
- **Tipo de Diseño:**
Diseño de Bloque Completamente Aleatorizado.
Modelo Estadístico, para cada uno de los tres productos es mostrado en la tabla 3.

Tabla 3. Modelo Estadístico

$Y_{ijk} = \mu + A_i + U_j + \varepsilon_{ijk}$ donde $i = 1,2,3; j = 1,2,3; k = 3$	Prueba de Hipótesis para cada uno de los tres productos.
Estimadores $\bar{\mu} = \bar{Y} \dots$ $\hat{\sigma}^2 = CMEE$ $\hat{A}_i = \bar{Y}_i - \bar{Y} \dots \wedge \bar{U}_j = \bar{Y} - \bar{Y}_j$	Porcentaje de Impurezas
Supuestos del Modelo	Ho : $A_i = 0$ para todo $i = 1, 2, 3$
σ^2 Constante	Ha : $A_i \neq 0$ para algún $i = 1, 2, 3$
$\varepsilon_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$	Proveedor de Materia Prima
$\sum k \hat{A}_i = 0$ donde $k = 3$	Ho : $U_j = 0$ para todo $j = 1, 2, 3$
$\sum k \hat{U}_j = 0$ donde $k = 3$	Ha : $U_j \neq 0$ para algún $j = 1, 2, 3$
$Y_{ijk} \sim \text{DNI}(\mu + A_i + U_j, \sigma^2)$	

El resumen de los elementos del diseño y población de Materias Primas objeto de estudio, se visualizan en las tablas 4, 5, 6, 7 y 8, respectivamente.

Tabla 4. Tipo de diseño

Diseño en Bloques Completos Aleatorizados – Datos Balanceados - Rendimiento
Elementos del Modelo
Y_{ijk} = Rendimiento por cada 1.000 k
μ = Media Global
A_i = Efecto del i-ésimo porcentaje de impurezas en el rendimiento por cada 1.000 k
U_j = Efecto del j-ésimo proveedor de Materia prima
ε_{ijk} = Error experimental

Tabla 5. Variables de Interés

Variables y Factores Involucrados	Nomenclatura	Tipo	Efecto	Unidad
Variable de respuesta: Rendimiento por cada 1.000 k	Y	Cuantitativo	Fijo	k
Porcentaje de impurezas	A	Cuantitativo	Fijo	%
Proveedor de la materia prima	U	Cualitativo	Fijo	

Tabla 6. Población Polietileno.

Polietileno (Rendimiento por cada 1000 k)										
	Proveedor 1			Proveedor 2			Proveedor 3			
Impurezas	1%	960	966	962	961	967	962	962	955	954
	2%	964	959	958	963	949	951	956	956	958
	3%	955	957	949	948	947	951	949	946	944

Tabla 7. Población Polipropileno.

Polipropileno (Rendimiento por cada 1000 k)										
Impurezas	Proveedor 1			Proveedor 2			Proveedor 3			
	1%	915	913	917	917	913	916	907	902	901
	2%	911	909	904	911	913	914	900	889	897
	3%	899	900	902	905	903	888	901	901	903

Tabla 8. Población PET

PET (Rendimiento por cada 1000 k)										
Impurezas	Proveedor 1			Proveedor 2			Proveedor 3			
	1%	887	879	871	867	873	869	871	868	872
	2%	883	880	859	866	865	863	864	854	863
	3%	869	855	848	848	857	855	851	859	847

Continuando con el estudio correspondiente del diseño experimental, se procedió a realizar la verificación de supuestos y cálculo del ANAVAR para cada una de las Materias Primas y tomando en consideración los elementos de estudio, impurezas y proveedor, mostrados en las tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Tabla 9. Verificación de Supuestos para Polietileno.

		Polietileno (Rendimiento por cada 1000 k)											
		Proveedor 1			Proveedor 2			Proveedor 3			$Y_i \dots$	$\hat{Y}_i \dots$	$k\hat{A}_i$
Desperdicio	1%	960	966	962	961	967	962	962	955	954	8649,00	961,00	5,11
	2%	964	959	958	963	949	951	956	956	958	8614,00	957,11	1,22
	3%	955	957	949	948	947	951	949	946	944	8546,00	949,56	-6,33
$Y_j \dots$		8630,00			8599,00			8580,00			25809,00		0,00
$\hat{Y}_j \dots$		958,89			955,44			953,33			$\bar{Y} = 955,89$		
$k\hat{U}_i$		3,00			-0,45			-2,56			0,00		

Tabla 10. Cálculo de ANAVAR para Polietileno

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F_{cal}	F_{tab}	Decisión
A	2,00	609,56	304,78	19,63	$F_{tabA}(0,05;2;22) = 3,44$	Rechazo H_0
U	2,00	141,56	70,78	4,56	$F_{tabU}(0,05;2;22) = 3,44$	Rechazo H_0
Error Experimental	22	342	16			
Total	26	1093				

N=	27
Fc =	24670536,33

Tabla 11. Verificación de Supuestos para Polipropileno

		Polipropileno (Rendimiento por cada 1000 k)											
		Proveedor 1			Proveedor 2			Proveedor 3			$Y_i \dots$	$\hat{Y}_i \dots$	$k\hat{A}_i$
Desperdicio	1%	915	913	917	917	913	916	907	902	901	8201,00	911,22	5,63
	2%	911	909	904	911	913	914	900	889	897	8148,00	905,33	-0,26
	3%	899	900	902	905	903	888	901	901	903	8102,00	900,22	-5,37
$Y_j \dots$		8170,00			8180,00			8101,00			24451,00		0,00
$\hat{Y}_j \dots$		907,78			908,89			900,11			$\bar{Y} = 905,59$		
$k\hat{U}_i$		2,19			3,30			-5.48			0,00		

Tabla 12. Cálculo de ANAVAR para Polipropileno

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F_{cal}	F_{tab}	Desición
A	2,00	545,41	272,70	8,85	$F_{tabA}(0,05;2;22) = 3,44$	Rechazo H_0
U	2,00	411,19	205,59	6,67	$F_{tabU}(0,05;2;22) = 3,44$	Rechazo H_0
Error Experimental	22	678	31			
Total	26	1635				

N =	27
Fc =	22142644,48

Tabla 13. Verificación de Supuestos para PET

		PET (Rendimiento por cada 1000 k)											
		Proveedor 1			Proveedor 2			Proveedor 3			$Y_i \dots$	$\hat{Y}_i \dots$	$k\hat{A}_i$
Desperdicio	1%	887	879	871	867	873	869	871	868	872	7857,00	873,00	8,44
	2%	883	880	859	866	865	863	864	854	863	7797,00	866,33	1,77
	3%	869	855	848	848	857	855	851	859	847	7689,00	854,33	-10,23
$Y_j \dots$		7831,00			7763,00			7749,00			23343,00		0,00
$\hat{Y}_j \dots$		870,11			862,56			861,00			$\bar{Y} = 864,56$		
$k\hat{U}_i$		5,55			-2,00			-3,56			0,00		

Tabla 14. Cálculo de ANAVAR para PET

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F _{cal}	F _{tab}	Decisión
A	2,00	1610,67	805,33	18,07	$F_{tabA}(0,05;2;22) = 3,44$	Rechazo Ho
U	2,00	427,56	213,78	4,80	$F_{tabU}(0,05;2;22) = 3,44$	Rechazo Ho
Error Experimental	22	980	45			
Total	26	3019				

N =	27
Fc =	20181320,33

Como se puede apreciar a través de las tablas de verificación de supuestos y cálculo del ANAVAR para las tres materias primas objeto de estudio, Polietileno, Polipropileno y PET, tomando en consideración en cada una de ellas, al proveedor y el porcentaje de desperdicio, se puede afirmar con un 95% de confiabilidad en cada caso, que dado que los F_{cal} son mayores que los F_{tab} , el efecto de los tratamientos influyen significativamente en la variable de respuesta, por lo que se puede proseguir con el estudio planteado.

Seguidamente los valores obtenidos fueron ordenados de manera tal, que pudieran ser cargados en su totalidad al programa estadístico Minitab[®], a fin de poder realizar las pruebas respectivas y determinar para cada una de las materias primas objeto de estudio, cual ofrecía mejor rendimiento. A través de la opción Estadísticas, ANOVA, un solo factor, el programa realizó el cálculo respectivo, tomando como tipo de gráfica la opción de cajas y mostrado en las figuras 8, 9 y 10.

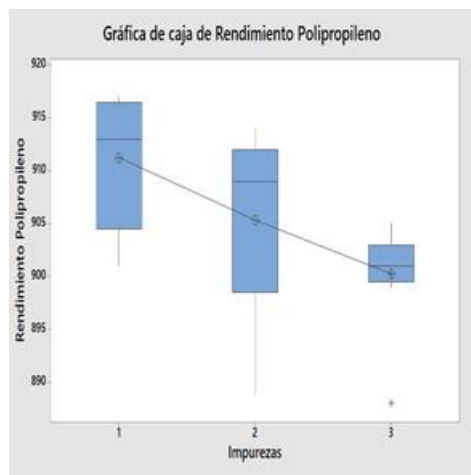


Figura 8. Gráfico de Cajas
Rendimiento de acuerdo a Impurezas
para Polietileno

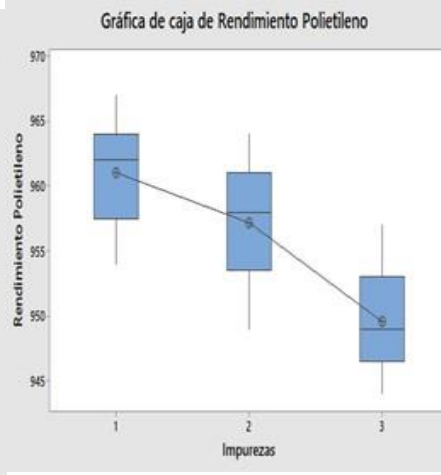


Figura 9. Gráfico de Cajas
Rendimiento de acuerdo a Impurezas
para Polipropileno

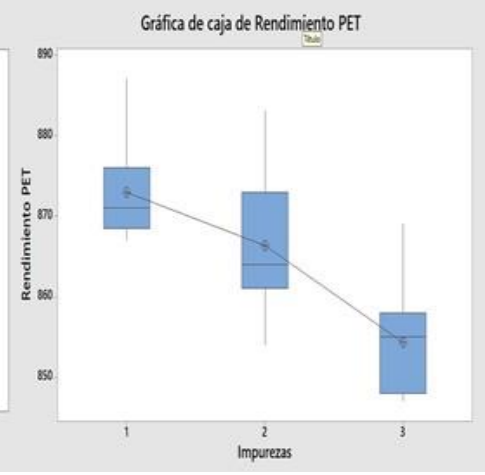


Figura 10. Gráfico de Cajas
Rendimiento de acuerdo a Impurezas
para PET

Luego se procedió a realizar el mismo tipo de cálculo de forma complementaria para determinar el rendimiento de acuerdo al proveedor para cada uno de los tres tipos de Materias Primas y mostrado en las figuras 11, 12 y 13. La evaluación de estos gráficos, revistió gran importancia al momento de realizar la matriz

FODA, ya que le indica a la gerencia, de acuerdo a tipo de material, cual proveedor ofrece mejor material y en consecuencia, a cual se le deben dar preferencias al momento de realizar las compras.

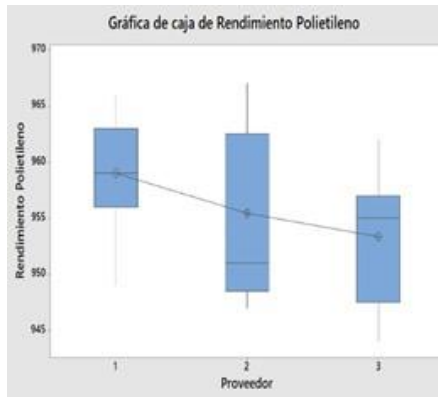


Figura 11. Gráfico de Cajas Rendimiento de acuerdo a Proveedor para Polietileno

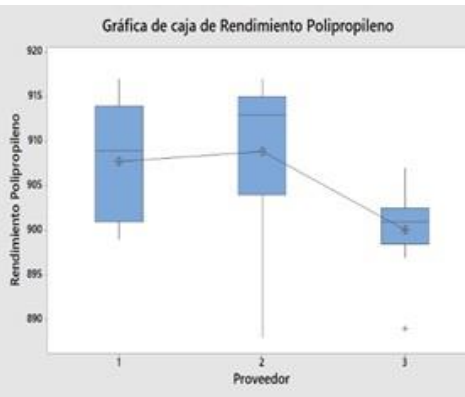


Figura 12. Gráfico de Cajas Rendimiento de acuerdo a Proveedor para Polipropileno

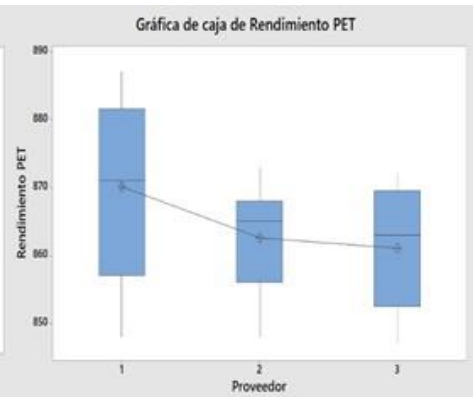


Figura 13. Gráfico de Cajas Rendimiento de acuerdo a Proveedor para PET

Del estudio estadístico, basado en el diseño experimental se desprenden los aspectos, indicados a continuación:

- Con base a los valores obtenidos, se puede afirmar con un 95% de confiabilidad, que el efecto de los tratamientos influye en las variables de respuesta Impurezas y Proveedor.
- Para todos los casos, se pudo establecer con 95% de confiabilidad y la prueba de medias individuales de Tukey, que la Materia Prima con un porcentaje de impurezas de 1% da mayor rendimiento.
- Para el estudio de impurezas, se puede observar que la amplia variabilidad entre los valores, no deja dudas sobre la aseveración previamente indicada.
- Con relación al proveedor de Materia Primas, se pudo determinar, afirmando con un 95% de confiabilidad y basados de nuevo en la prueba estadística de Tukey, que el proveedor uno ofrece el material con mayor rendimiento para el Polietileno y PET, mientras que el proveedor dos es el que ofrece el Polipropileno con mayor rendimiento.
- En el caso de la evaluación del proveedor, es posible establecer que, para el caso del Polietileno y PET, la variabilidad de los valores, no ofrecen dudas sobre la mejor calidad ofrecida por el proveedor uno, sin embargo, para el caso de la Materia Prima PET, solo se identifica con un margen relativamente estrecho.

Una evaluación estratégica, que implica como en este caso un estudio tecno - económico, requiere realizar una revisión de los factores internos y externos, con la finalidad de que la gerencia pueda tomar las decisiones corporativas necesarias y realizar los ajustes que garanticen el éxito de la organización. Esto implica analizar, cuáles son las fortalezas y debilidades que se posee, así como establecer las oportunidades y amenazas, con las cuales se van a poder complementar las recomendaciones a establecer.

En función al análisis externo, los gerentes reconocen el macroentorno, por lo que es necesario identificar todos los aspectos que afecten o beneficien a la compañía. Para realizar la matriz FODA, se tomaron cuenta los resultados del cuestionario aplicado, así como otros factores de índole político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal. Los resultados arrojados se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Matriz FODA

FORTALEZAS		DEBILIDADES	
F1. Personal con experiencia. (Recursos humanos)		D1. No se reconocen las Materias Primas más adecuadas que son empleadas. (Factor organizacional)	
F2. Buena relación entre los compañeros de trabajo. (Recursos humanos)		D2. Desconocimiento de los rendimientos de la Materias Primas en función de impurezas y proveedor. (Factor organizacional)	
F3. Marca reconocida en el área del reciclaje de material plástico. (Factor organizacional)		D3. No se tiene establecido el margen de ganancias de la Materia Prima utilizada (Factor organizacional)	
OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
O1. Aprovechamiento de la inversión en la industria. (Factor económico)		A1. Alto índice de incertidumbre (Factor político y económico)	
O2. Utilización de nuevas tecnologías en las operaciones de planta. (Factor tecnológico)		A2. Factores sociales como salud, empleo, pandemia, seguridad, transporte, entre otros. (Factor social)	
O3. Desarrollo de la cultura de la innovación. (Factor tecnológico)		A3. Altos niveles de emigración de la fuerza laboral (Factor económico y social)	
O4. Cumplimiento de legislación y regulaciones del sector. (Factor ambiental y legal)		A4. Importaciones de productos en forma desleal y de contrabando. (Factor económico)	

Al analizar los resultados arrojados por la matriz FODA, se pudieron determinar los siguientes aspectos relacionados cada uno con los factores de estudio:

- Fortalezas: La compañía posee un recurso humano comprometido con la organización y la marca es reconocida en el mercado del reciclaje de plásticos a nivel nacional.
- Oportunidades: La empresa posee un buen nivel de aprovechamiento de sus capacidades de operaciones y tecnología, innovando con nuevos productos.
- Debilidades: La organización desconoce cuáles son las materias primas que le pueden ofrecer el mejor rendimiento a la organización, tampoco tienen claridad de cuál es el proveedor que mejores materiales le ofrece y sobre todo, no tienen claridad acerca de los márgenes de ganancia que se poseen. De allí la importancia del trabajo de investigación realizado y de su absoluta pertinencia.
- Amenazas: Estas vienen fundamentalmente relacionadas a factores externos de la empresa, las cuales la misma no puede en muchos casos controlar. Sin embargo, es preciso reconocerlas y los efectos dañinos que estas puedan causar, pueden verse atenuados, si se atienden y solventan las debilidades, se potencian las fortalezas y usan las oportunidades como una vía para mejorar el posicionamiento en el mercado del plástico.

Tomando el análisis estadístico fundamentado en el Diseño de Experimentos y la matriz FODA, se procedió a realizar la evaluación económica de los resultados y determinar las Materias Primas que ofrecen el mejor rendimiento para la organización.

De la evaluación de los rendimientos, establecidos de acuerdo a los datos obtenidos mediante el empleo del programa Minitab®, se pudo establecer de manera clara que para las tres materias primas objeto de estudio, la que presenta 1% de impurezas es la más favorable y las que presentan índices de 2% y 3%, poseen rendimientos inferiores en todos los casos. Adicionalmente se puede mencionar que el diferencial de precios en cuanto a impurezas es de solo el 0,08% para todas las Materias Primas, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Precio de Acuerdo a Proveedor.

Proveedor	Materia Prima	Precio (US \$) Ton
1	Polietileno	305
2	Polietileno	312
3	Polietileno	312
1	Polipropileno	306
2	Polipropileno	303
3	Polipropileno	311
1	PET	105
2	PET	108
3	PET	111

Basado en la tabla previamente mostrada, se puede apreciar, que para el caso del Polietileno el proveedor 1 ofrece la mejor relación de precio para 1% de impurezas. Seguidamente, para el caso del Polipropileno, es el proveedor 2 es el que ofrece el mejor precio de venta con 1% de impurezas. Finalmente, para el PET, es el proveedor 1, el que ofrece el valor más bajo de la mercancía, siempre para el caso de 1% de impurezas presentadas.

Como tercer punto de evaluación toco determinar, de nuevo revisando los resultados arrojados por el programa Minitab®, que proveedor ofrecía la mejor combinación de materia prima, aspecto que se puede observar en la tabla identificado con el número 17 y resaltado cada una de los proveedores con condiciones más favorables y en la tabla 18 se indican el precio de venta de los materiales.

Tabla 17. Posición de Acuerdo a Proveedor.

Proveedor	Materia Prima	Posición
1	Polietileno	1
2	Polietileno	2
3	Polietileno	3
1	Polipropileno	2

2	Polipropileno	1
3	Polipropileno	3
1	PET	1
2	PET	2
3	PET	3

La empresa, con el producto elaborado realiza tres operaciones básicamente:

- Venta a grandes clientes. Esto se realiza a través de contenedores reciclables, que son suministrados por los propios interesados y son llenados de acuerdos a especificaciones.
- Super sacos (Big Bag). De esta manera son entregados los materiales a la empresa hermana, que se encarga de elaborar una serie de productos terminados a base de plástico. Es importante destacar, que no existe preferencia de precio, ya que, a pesar de ser parte del mismo conglomerado industrial, se trabaja bajo el concepto de empresas independientes desde el punto de vista contable.
- Sacos. Es la forma en la que se vende la materia prima a pequeños emprendimientos que trabajan con los materiales que elabora la empresa.

Tabla 18. Precio de venta.

Material	Cliente	Precio (US \$) Ton
Polietileno	Externo	505
	Interno	505
	Menudeo	515
Polipropileno	Externo	505
	Interno	505
	Menudeo	515
PET	Externo	180
	Interno	180
	Menudeo	200

Como se comentó previamente en el trabajo, los grandes clientes externos, representan el 44,38% de las ventas, el 39,42% es destinado al consumo propio de la organización y 16,20% para el menudeo. En lo que se refiere a cada una de las materias primas en particular, la proporción es indicada en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 19. Proporción de Acuerdo a Cliente.

Material	Cliente	Proporción
Polietileno	Externo	44,68%
	Interno	39,86%
	Menudeo	15,56%
Polipropileno	Externo	44,24%
	Interno	39,28%
	Menudeo	16,12%
PET	Externo	44,21%
	Interno	39,12%
	Menudeo	16,24%

Seguidamente se evaluaron los lineamientos tecno – económicos requeridos para poder determinar cuál es la Materia Prima más conveniente y que tocara definir en el siguiente componente de la investigación. Para lograr esto se cuentan con los siguientes elementos:

- Rendimiento de las Materias Primas de acuerdo a grado de impurezas.
- Rendimiento de las Materias Primas de acuerdo al proveedor.
- Precios de compra de Materias Primas de acuerdo al Proveedor.
- Precio de venta del Producto Terminado de acuerdo al cliente.
- Proporción actual de ventas de acuerdo al tipo de clientes.

En función de estos parámetros, se diseñó el cuadro para facilitar la evaluación.

Tabla 20. Establecimiento de Parámetros Económicos. Proveedor más Conveniente.

Materia Prima	Grado Impureza	Rendimiento	Proveedor	Precio de Compra	Cliente	Precio de Venta	Proporción Ventas
Polietileno	1%	961	1	305,00	E	505	44,68%
	2%	957		304,76	I		39,86%
	3%	950		302,32	M		15,56%
Polipropileno	1%	911	2	303,00	E	505	44,24%
	2%	905		302,76	I		39,28%
	3%	902		300,33	M		16,12%
PET	1%	873	1	105,00	E	180	44,21%
	2%	866		104,92	I		39,12%
	3%	855		104,08	M		16,24%

Cliente = E: Externo / I = Interno / M = Menudeo

Una vez determinados los valores de interés, toca establecer el efecto de la Materia Prima en el rendimiento económico, que la Materia Prima que posee un grado de impurezas de 1% ofrece un mejor rendimiento de acuerdo a lo establecido en la tabla 20 y basado sobre el rendimiento de 1000 k.

Cuadro 21. Rendimiento Porcentual.

Materia Prima	Grado Impureza	Rendimiento %
Polietileno	1%	96,10%
	2%	95,70%
	3%	95,00%
Polipropileno	1%	91,10%
	2%	90,50%
	3%	90,20%
PET	1%	87,30%
	2%	86,60%
	3%	85,50%

Por consiguiente, para el caso del Polietileno, la Materia Prima con un grado de impureza igual al 1%, posee un rendimiento de 96,10%. Seguidamente para el polipropileno la que posee 1% de impurezas tiene un rendimiento de 91,10%. Finalmente, para el caso del PET, el material con 1% de impurezas posee un rendimiento de 87,30%.

Es necesario aclarar que los rendimientos finales, poseen una diferencia de rendimiento debido al material que se pierde en el proceso ocurrida por el manejo, reconversión molecular, extrusión y otros factores asociados únicamente a la fabricación y que se ven influenciados también, por el grado de impureza presente. Como se puede observar, las materias primas recomendadas para proseguir el estudio, son en todos los casos, la que presentan 1% de impurezas.

Con referencia al precio de compra, tanto el Polietileno como el Polipropileno poseen un precio similar y su diferencia es de solo 0,66%, además tienen un precio de venta exactamente igual. Para los efectos del estudio final y tomando en consideración las variaciones observadas en función del grado de impurezas, es conveniente establecer que la evaluación debe ser realizada en tomando los materiales con 1% de impurezas, ya que serán, en cualquier caso, los que tendrán el mejor desempeño.

Por otra parte, el PET, si tiene un precio de compra significativamente diferenciado con respecto a los dos materiales previamente indicados y que es de 65.57%, siendo igualmente el que posee el 1% de impurezas, el que ofrece el mejor rendimiento.

En lo concerniente a los proveedores, la Materia Prima ofertada por el proveedor uno, es la más conveniente para el polietileno y el PET, mientras que le proveedor dos suministra una materia prima con mejor rendimiento para el caso del Polipropileno,

Ahora bien, para los tres materiales objeto de estudio, el diferencial de precios entre la Materia Prima recibida y el Producto Terminado que se entrega a los clientes (PVP final), es muy similar, como se puede apreciar en el cuadro 22 y para específicamente el caso de los proveedores que ofrecen el mejor rendimiento. Estableciendo, que los márgenes de la empresa, son muy similares en toda la gama de productos que ofrecen.

Cuadro 22. Diferencial de Precios.

Materia Prima	Diferencial de Precio (%)
Polietileno	65,57%
Polipropileno	66,67%
PET	71,43%

Es importante indicar que el PET ofrece un margen porcentual superior que el Polietileno y Polipropileno en alrededor de 5%, también es el material que ofrece la menor ganancia monetaria, como se puede apreciar en la tabla 23.

Tabla 23. Ganancia por Material.

Materia Prima	Diferencial de Precio (US \$)
Polietileno	200
Polipropileno	202
PET	75

En base a lo antes mencionado, resulta desde el punto de vista monetario, más conveniente, trabajar con las Materias Primas Polietileno y Polipropileno de los proveedores uno y dos respectivamente y con un grado de impurezas del 1%, ya que el diferencial de precio establecido por el PET es alrededor de un 36% que el de las otras dos Materias Primas.

Un aspecto importante de tomar en cuenta, es que, gracias al estudio estadístico realizado, se pudieron determinar de forma apropiada, el desempeño de cada una de las Materias Primas y en base a esto, ofrecer las conclusiones respectivas.

Conclusiones

Se determinaron los rendimientos por Materia Prima y Proveedor de acuerdo a la información suministrada por la empresa objeto de estudio, luego del proceso de extrusión, los cuales sirvieron para rellenar las tablas de valores empleadas al aplicar el programa estadístico Minitab®.

Se pudieron establecer los valores de rentabilidad por cada Materia Prima, basados en los precios de venta de los Productos Terminados, tal como se mostraron en el desarrollo del trabajo.

A través de las pruebas estadísticas y con un 95% de confiabilidad, se comprobó que el Polietileno y el Polipropileno, ofrecidos por los proveedores uno y dos respectivamente, son los que ofrecen el mayor rendimiento y ganancia para la empresa, siempre tomando en consideración el ofertado con 1% de impurezas. De la misma manera, los clientes que compran en contenedor y super sacos (internos), representan cerca del 85% de las ventas totales, por lo que es muy importante, ofrecerles todas las garantías de ventas y suministro, así como darle facilidades para mantenerlos como compradores seguros y permanentes.

A pesar del menor rendimiento económico del PET y el menor porcentaje de procesamiento y ventas, se recomienda a la empresa, no dejar de lado su producción y hacerle énfasis a los proveedores que ofrezcan el menor nivel de desperdicio posible, para que, de esta manera, se haga más atractivo su procesamiento. No se puede olvidar, que el reciclaje de cualquier tipo de material plástico, es un hecho muy importante, ya que ayuda a preservar la naturaleza y contribuye con la limpieza e higiene del medio ambiente.

Referencias

- Arias, F. (2006). Introducción a la metodología científica. (6ta Edición). Documento en línea. Consultado diciembre 2019. Disponible. <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>.
- Bonilla, D. (2016). El Reciclaje como Estrategia Didáctica para la Conservación Ambiental. Revista Scientific. Instituto internacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Educativo (INDTEC). Caracas. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5636/563660226004/html/>
- Chacín, F (2000). Diseño y Análisis de Experimentos. Ediciones Vicerrectorado Académico. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/chacin-diseno-y-analisis-deexperimentos.html?page=1>
- Espinosa, R. (2013). La matriz de análisis FODA. Disponible en: <https://robertoespinosa.es/2013/07/29/la-matriz-de-analisis-dafo-foda/>
- Ley Constituyente del Plan de la Patria, Proyecto Nacional Simón Bolívar, Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019 – 2025. Disponible en: http://spgoin.imprentanacional.gob.ve/cgiwin/be_alex.cgi?Acceso=T028700028441/0&Nombredb=spgoin&Sesion=112400677
- González, P. (2017). Diagrama de Torta. Documentos en línea. Consultado diciembre 19. Disponible: <https://www.guioteca.com/educacion-para-ninos/diagrama-circular-principales-caracteristicas-de-estos-graficos/>
- Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008). Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Universidad de Guadalajara. México.
- Hurtado, J. (2012). Metodología de la investigación holística (3a Edición). Recuperado el 05 de junio de 2023, de <https://metodologiaecs.wordpress.com/2015/09/06/metodologia-de-investigacion-holistica-3ra-ed-2000-jacqueline-hurtado-de-barrera-666p/>
- Martins, R. (2018). Diagrama de Flujo (Flujograma) de Proceso. Disponible en: <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-flujo-flujograma-de-proceso/>
- Montgomery, D. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. Limusa S.A. de C.V. México
- Nacif, N. (2013). Métodos de diseño. Disponible en: http://www.faud.unsj.edu.ar/descargas/blogs/apuntes-de-ctedra-mtodos-y-estrategias-de-diseo_Metodos%20y%20Estrategias%20de%20Dise%C3%B1o.pdf.
- Neuberger, T. y Ginzo, N. (2008). Evaluación Económica y Financiera de Proyectos Urbanos. Memorias Semana Internacional de Investigación. Facultad de Arquitectura. Universidad Central de Venezuela. Disponible: <https://trienal.fau.ucv.ve/2008/documentos/cs/CS-20.pdf>
- Pardinas, F. (1991). Metodología y Técnicas de Investigación en Ciencias Sociales. 32a. Edición. Editorial Siglo XXI. Bogotá.

- Rivas, V. (2021). El manejo de los residuos plásticos: una oportunidad para sensibilizar y valorar la basura. Revista Guayana Moderna. Vol. 10. Núm. 10. Universidad Católica Andrés Bello. Núcleo Guayana. Disponible en: <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/guayanamoderna/issue/view/554>
- Rudy, J. (2017). ¿Cuál Es la Definición de Lluvia de Ideas? (Para Grupos E Individuos). Disponible en: <https://business.tutsplus.com/es/tutorials/what-is-the-definition-of-brainstorming--cms-27997>
- Santillán, M. (2018). Una Vida de Plástico. Ciencia UNAM. Universidad Autónoma de México. Disponible en: <https://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>
- Supo, J. (2015). Cómo Empezar una Tesis. Tu proyecto de investigación en un solo día. Bioestadística EIRL. Arequipa. Disponible en: <https://asesoresenturismoperu.files.wordpress.com/2016/03/107-josc3a9-supoc3b3mo-empezar-una-tesis.pdf>
- Vílchez, J. (2019). Estadística Aplicada al Mejoramiento de la Calidad. Medición de Datos y Análisis de resultados Mediados por Minitab. Académica Española. Madrid.