



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DE FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO Y EFICIENCIA EN
LA INDUSTRIA NACIONAL Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRONÓSTICOS EN
EL PERIODO (2012 – 2022).**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de ingenierías industriales**

**AUTORAS: GREISS DANIELA VIVANCO TOSCANO
MILAGROS VANESSA ARROYO CADENA**

TUTOR: CRISTIAN CRISTOBAL CUJI CUJI

Quito – Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Greiss Daniela Vivanco Toscano con documento de identificación N.º 1752817757 y Milagros Vanessa Arroyo Cadena con documento de identificación N.º 1005216583; manifestamos que: Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 12 de julio del 2024

Atentamente,



Greiss Daniela Vivanco Toscano
1752817757



Milagros Vanessa Arroyo Cadena
1005216583

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POITECNICA SALESIANA

Nosotras, Greiss Daniela Vivanco Toscano con documento de identificación N.º 1752817757 y Milagros Vanessa Arroyo Cadena con documento de identificación N.º 1005216583, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del proyecto técnico, EVALUACION DE FUENTES DE CONSUMO ENERGETICO Y EFICIENCIA EN LA INDUSTRIA NACIONAL Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRONOSTICOS EN EL PERIODO 2012 – 2022, el cual ha sido desarrollo para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 12 de julio del 2024

Atentamente,



Greiss Daniela Vivanco Toscano

1752817757



Milagros Vanessa Arroyo Cadena

1005216583

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Cristóbal Cují Cují con documento de identificación N.º 1718002221, Docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACION DE FUENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO Y EFICIENCIA EN LA INDUSTRIA NACIONAL Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRONÓSTICOS EN EL PERIODO 2012 – 2022, realizado por Vivanco Toscano Greiss Daniela con documento de identificación N.º 1752817757 y Arroyo Cadena Milagros Vanessa con documento de identificación N.º 1005216583, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico, que cumple con todos los requisitos determinados por la universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 12 de julio del 2024

Atentamente



Ing. Cristian Cristóbal Cují Cují

1718002221

DEDICATORIA

A mi valiente mamá Verónica. Esta tesis es el resultado de tu amor, apoyo incondicional y sacrificio en mi viaje educativo. Tu valentía, tu perseverancia y tu ejemplo constante han sido mi inspiración. Esta tesis es un tributo a ti, mi fuente inagotable de fortaleza y valentía en mi búsqueda. A través de tus enseñanzas y cariño, has dejado una huella imborrable en mi vida, y mi éxito académico es un reflejo de tu inquebrantable dedicación. Te quiero con todo mi corazón y esta tesis es mi modesta forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mí.

A mi papá Fabián. Esta tesis es un tributo a tu influencia y apoyo en mi educación. Tus consejos han sido fundamentales en mi búsqueda de conocimiento. Cada sacrificio que hiciste por mi educación es invaluable. Mi éxito académico es un reflejo de tu perseverancia y orgullo.

A mi prima Karla y a mi Hermano Robert, que siempre han sido mis mayores aliados y confidentes. Sus consejos, su paciencia y su constante compañía han sido fundamentales para alcanzar esta meta. Este logro es tanto suyo como mío.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida y a Dios por darme la oportunidad de culminar mis estudios universitarios y también por bendecirme con una familia maravillosa que siempre me apoyo a pesar de las dificultades sin ellos no podría haberlo conseguido.

Agredo a mis padres, mi hermano y a mi familia, por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, su compañía en buenos y malos momentos y el cariño que siempre me han demostrado.

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi compañera de investigación por su invaluable apoyo y colaboración.

Gracias los quiero.

DEDICATORIA

Con el corazón rebotante de emoción y profunda gratitud, dedico esta tesis a mi pilar fundamental: mi familia. A mis padres, **Segundo** y **Cristina**, quienes con su amor incondicional, sus valores inquebrantables y su fé inquebrantable en mi, han sido los cimientos sobre los que he construido mi vida. Gracias por sus sabias palabras, su apoyo incondicional y por enseñarme el verdadero significado del esfuerzo y perseverancia.

A mi hermana, **Andrea**, mi confidente y compañera de vida, quien siempre ha estado presente para celebrar mis triunfos y brindarle aliento en los momentos difíciles. Tu amistad y apoyo ha sido un faro de luz en mi camino.

Extiendo mi mas profundo agradecimiento a mis primas, **Jacqueline e Ingrid**, por su cariño, sus consejos oportunos y su alegría contagiosa. Han sido parte fundamental en mi red de apoyo durante este proceso.

A mis jefes, **Oscar y Katherine**, por su confianza en mis capacidades y por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente, su liderazgo y apoyo han sido importantes en mi trayectoria.

A mi amiga **Samantha**, por su amistad incondicional, su positivismo y por ser una fuente constante de ánimo, gracias por estar siempre presente, por escucharme con paciencia y por celebrar mis logros con tanta alegría.

De manera especial, agradezco a mi compañera Vanessa por su invaluable apoyo durante la realización de esta tesis. Su colaboración, su paciencia y su disposición para compartir sus conocimientos han sido fundamentales para culminar este proyecto.

A todos ustedes, les dedico esta tesis con inmenso amor y reconocimiento, Son ustedes la fuerza motriz que me impulsa a seguir adelante, a perseguir mis sueños y a alcanzar mis metas.

Sepan que su presencia en mi vida ha sido la bendición mas grande que he podido recibir.

Los amo profundamente, Daniela.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar elevo mi mas sincero agradecimiento a Dios, su infinita bonbdas, su guía divina y su gracia me han acompañado en cada paso de este proceso. A mi amada familia, expreso mi mas produnfo amor y reconocimiento, por su amor incondicional, sus valores y apoyo inagtable. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por enseñarme el verdadero significado del esfuerzo y perseverancia.

Agradezco tambein a mi tutor de tesis, el Ingeniero Cristian Cují, por su invaluable guía, sabiduría y su paciencia durante todo el proceso investigativo, sus consejos importantes y confianza en mis capacidades han sido de gran impulso para avanzar.

A mis cuatro amigos de la carrera que fueron un pilar fundamental para poder completar esta etapa importante. Su presencia en mi vida ha sido una bendición y un motod de inspiración,

Que Dios los bendiga abundantemente, los quiero.

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES	2
1.2	PROBLEMA	3
1.3	JUSTIFICACIÓN	4
1.4	OBJETIVOS	4
1.5	METODOLOGÍA	5
CAPITULO I		5
1.1	ENERGÍA	5
1.2	FUENTES DE ENERGÍA	6
1.3	CONVERSIÓN DE ENERGÍA	7
1.4	PROCESOS DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA	8
1.5	ENERGÍA ÚTIL	9
1.6	PRONOSTICO LINEALES	10
1.6.1	<i>Regresión lineal simple</i>	10
1.6.2	<i>Regresión lineal múltiple</i>	11
1.6.3	<i>Análisis de series temporales</i>	11
1.6.4	<i>Modelo ARIMA</i>	11
1.6.5	<i>Modelos Autorregresivos AR(p)</i>	12
1.6.6	<i>Modelos de Medias Móviles Ma(q)</i>	13
1.6.7	<i>Modelos ARMA (p,q)</i>	13
1.6.8	<i>Modelo ARIMA Proceso Estocástico</i>	13
1.7	INDUSTRIA NACIONAL	14
1.8	BALANCE ENERGÉTICO	14
1.9	EVALUACIÓN DE MODELO	14
1.9.1	<i>Criterio Akaike</i>	14
1.5.1	<i>Distribución F</i>	15
CAPITULO II		16
2.	DESARROLLO	16
2.1	<i>Descripción de la solución</i>	16
2.2	<i>Propuesta de evaluación y pronósticos</i>	18
2.3	DATOS DEL CONSUMO DEL SECTOR INDUSTRIAL	20
2.3.1	<i>Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 - Electricidad</i>	20
2.3.2	<i>Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 - Gasolina</i>	21
2.3.3	<i>Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 – DIESEL OIL</i>	23
2.4	DATOS REALES DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EMPRESA UNACEM S.A.	25
2.5	PSEUDOCÓDIGO Y FLUJOGRAMAS	29
2.5.1	<i>Pseudocódigo para análisis de potencia generada y pronostico en MATLAB</i>	29
2.5.2	<i>Pseudocódigo</i>	29
2.6	DIAGRAMA ANALÍTICO	31
CAPÍTULO III		31
3.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
3.1.1	<i>Datos del Balance Energético Nacional (GWh)</i>	31
3.1.2	<i>Datos de consumo GLP (Miles Kg)</i>	36

3.1.3 Datos de consumo de Gasolina (Miles Gal).....	42
3.1.4 Datos de consumo del Diésel (Miles Gal).....	47
3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS UNACEM S.A	52
3.2.1 Datos de UNACEM S.A de Electricidad en semestres (GWh).....	52
3.2.2 Datos de consumo UNACEM S.A de Gasolina en semestres (Miles Gal).....	57
3.2.3 Datos de consumo UNACEM del Diésel en semestres (Miles Gal).....	61
3.2.4 Figuras con el modelo ARIMA – Distribución Gaussiana.....	65
3.3 CONCLUSIONES	69
3.4 RECOMENDACIONES	70

Figura 1 Proceso creativo de trabajo de titulación.....	2
Figura 2 Mapa conceptual de los tipos de Energía	6
Figura 3 Utilización de Electricidad en la industria (GWh)	21
Figura 4 Utilización de Gasolina en la Industria (Galeones)	22
Figura 5 Utilización de DIESEL en la Industria (Galones)	24
Figura 6 Uso de GLP en el sector Industrial(kg).....	25
Figura 7 Utilización de Electricidad en UNACEM S.A.....	26
Figura 8 Utilización del DIESEL en UNACEM S.A.....	28
Figura 9 Uso de la GASOLINA en UNACEM S.A	29
Figura 10 Diagrama del proceso de investigación.....	31
Figura 11 Consumo de electricidad - "Balance energético 2012 - 2022".....	32
Figura 12 Comparación de Métodos: Modelo Polinomial vs ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"	33
Figura 13 Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022"	33
Figura 14 Correlación - "Balance energético 2012 - 2022".....	34
Figura 15 Residuos de Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022".....	35
Figura 16 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3 y Autocorrelación de Residuos del Pronostico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022".....	35
Figura 17 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"	36
Figura 18 Consumo GLP - “Balance energético 2012 – 2022”	37
Figura 19 Comparación de Métodos: Modelo Polinomial vs ARIMA - “Balance energético 2012 – 2022”.....	38
Figura 20 Error entre Métodos - “Balance energético 2012 – 2022”.....	38
Figura 21 Correlación - “Balance energético 2012 – 2022”.....	39
Figura 22 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - “Balance energético 2012 – 2022”.....	40
Figura 23 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3 y Autocorrelación de Residuos del Pronostico ARIMA - “Balance energético 2012 – 2022”.....	41
Figura 24 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"	42
Figura 25 Consumo de Gasolina - "Balance energético 2012 - 2022".....	43

Figura 26 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA "Balance energético 2012 - 2022"	43
Figura 27 Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022"	44
Figura 28 Correlación - "Balance energético 2012 - 2022"	45
Figura 29 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022".....	46
Figura 30 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronostico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022".....	46
Figura 31 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"	47
Figura 32 Consumo de Diesel - "Balance energético 2012 - 2022"	48
Figura 33 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA "Balance energético 2012 - 2022"	49
Figura 34 Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022"	49
Figura 35 Correlación - "Balance energético 2012 - 2022"	50
Figura 36 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022".....	51
Figura 37 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronostico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022".....	51
Figura 38 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"	52
Figura 39 Consumo de Electricidad - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	53
Figura 40 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	54
Figura 41 Error entre Métodos - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	54
Figura 42 Correlación - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	55
Figura 43 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	55
Figura 44 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronostico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	56
Figura 45 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	57
Figura 46 Consumo de Gasolina - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	58
Figura 47 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	58
Figura 48 Error entre Métodos - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	59
Figura 49 Correlación - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	59
Figura 50 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	60
Figura 51 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronostico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	60
Figura 52 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	61
Figura 53 Consumo de Diesel - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	62
Figura 54 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	62
Figura 55 Error entre Métodos - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	63
Figura 56 Correlación - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	63
Figura 57 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronostico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023".....	64

Figura 58 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	64
Figura 59 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"	65
Figura 60 Distribución Gaussiana - Electricidad "Balance energético nacional 2022"	66
Figura 61 Distribución Gaussiana - GLP "Balance energético nacional 2022"	66
Figura 62 Distribución Gaussiana - Gasolina "Balance energético nacional 2022"	67
Figura 63 Distribución Gaussiana - Diesel "Balance energético nacional 2022"	67
Figura 64 Distribución Gaussiana - Electricidad "UNACEM S.A. - MIRAVALLE"	68
Figura 65 Distribución Gaussiana - Gasolina "UNACEM S.A. - MIRAVALLE"	68
Figura 66 Distribución Gaussiana - Diesel "UNACEM S.A. - MIRAVALLE"	69
Tabla 1 Datos recopilados 2012-2024.....	17
Tabla 2 Datos del consumo de Electricidad 2012-2022	20
Tabla 3 Datos del consumo de Gasolina 2012-2022.....	21
Tabla 4 Datos de consumo de DIESEL OIL 2012-2022	23
Tabla 5 Datos del consumo GLP 2012-2022	24
Tabla 6 Datos de consumo de la Electricidad 2020-2023.....	26
Tabla 7 Datos de consumo del DIESEL 2020-2023	27
Tabla 8 Datos de consumo de la GASOLINA 2020-2023.....	28

RESUMEN

El estudio se centró en evaluar las fuentes de consumo energético y la eficiencia en las industrias nacionales, realizando además un análisis comparativo de los pronósticos realizados durante el período comprendido entre 2012 al 2022. La metodología aplicada incluyó la recopilación y análisis de datos históricos sobre el consumo energético en el sector industrial, así como la evaluación de los modelos de pronósticos ARIMA utilizados en el proceso de estudio.

Los resultados del estudio mostraron que durante el período del 2012 al 2022, la industria nacional ha experimentó cambios significativos en los niveles de consumo energético. Se identificaron oportunidades de mejora de eficiencia energética a través de la implementación de modelos matemáticos más eficientes y la optimización de los procesos productivos. Además, el análisis comparativo de los pronósticos se halló una discrepancia entre las proyecciones realizadas con los valores reales observados, lo que resalta la importancia de mejora de la precisión del modelo matemático de predicción utilizado en el estudio.

En conclusión, el estudio brindó valiosa información para la toma de decisiones en materia de políticas, economía y estrategias de eficiencia en la industria nacional. Los hallazgos obtenidos servirán como base para implementar medidas que permiten optimizar el consumo de energía y mejora de competitividad al sector industrial al país.

Palabras claves: consumo energético, ARIMA, modelo, pronostico.

ABSTRACT

The study focused on evaluating the sources of energy consumption and efficiency in the national industries, also performing a comparative analysis of the forecasts made during the period from 2012 to 2022. The methodology applied included the collection and analysis of historical data on energy consumption in the industrial sector, as well as the evaluation of the ARIMA forecasting models used in the study process.

The results of the study showed that during the period from 2012 to 2022, the national industry has experienced significant changes in energy consumption levels. Opportunities for energy efficiency improvements were identified through the implementation of more efficient mathematical models and the optimization of production processes. In addition, the comparative analysis of the forecasts found a discrepancy between the projections made and the actual values observed, which highlights the importance of improving the accuracy of the mathematical prediction model used in the study.

In conclusion, the study provided valuable information for decision making in terms of policies, economics and efficiency strategies in the national industry. The findings obtained will serve as a basis for implementing measures to optimize energy consumption and improve the competitiveness of the industrial sector in the country.

Key words: energy consumption, ARIMA, model, forecasting.

1 INTRODUCCIÓN

En el entorno actual de creciente interés por la evaluación del consumo y optimización de energía y las fuentes de eficiencia de las industrias nacionales es un tema importante ya que se rige como una de las partes fundamentales en el aspecto económico, la industria juega un papel decisivo en el consumo de varias alternativas para la obtención de energía y su repercusión en el ecosistema[1].

La industria nacional es uno de los mayores consumidores de energía en el Ecuador, representando aproximadamente el 42,5% del consumo total de electricidad[2]. Se ha observado un elevado consumo de energía por parte del sector industrial en los últimos años, debido al aumento de la productividad activa[3]. Las principales fuentes de consumo de energía en la industria ecuatoriana son: electricidad, diésel, gas natural.

Existe una importante oportunidad para que la industria nacional mejore la eficiencia energética. Se estima que el consumo de energía se puede reducir entre un 10 y un 20% [4].

Desde esta perspectiva, comprender cómo se comportaron los consumidores de energía entre 2012 y 2022 y analizar la eficiencia en el uso de estos recursos se convierte en una tarea fundamental para identificar tendencias, áreas de mejora y oportunidades.

El estudio proporciona un análisis integral basado en varias fuentes de consumo de energía de las industrias del país durante el período antes mencionado, destacando la identificación de patrones, cambios significativos y factores que afectan su consumo. Además, realizar un análisis comparativo de los pronósticos realizados durante el mismo período para evaluar la precisión de los pronósticos energéticos y su impacto en las políticas y estrategias corporativas.

El propósito de este análisis es contribuir al desarrollo de políticas energéticas más eficientes y proveer datos significativos para de esta manera respaldar la toma de decisiones fundamentales en el entorno empresarial sobre eficiencia energética y gestión de recursos esto se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ya que, para llegar al final del proyecto vamos a realizar una serie de pasos como la recolección de datos, un análisis de datos sobre el consumo de energía en la industria y para finalizar una toma de decisiones basada en pronósticos que se realizaran en este proyecto.

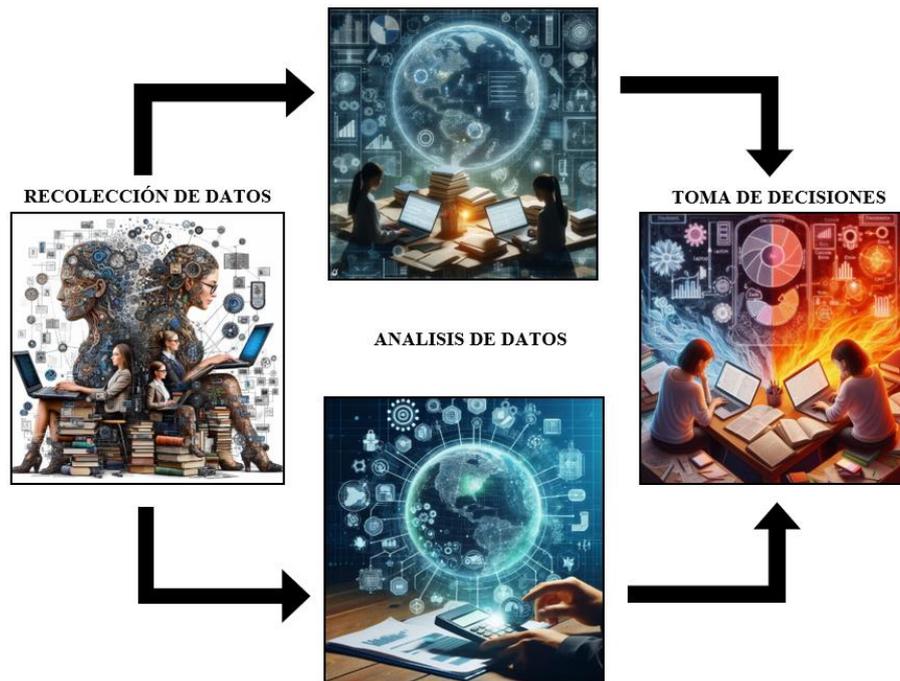


Figura 1 Proceso creativo de trabajo de titulación

1.1 ANTECEDENTES

La valoración del uso de energía y las fuentes de eficiencia de las industrias nacionales ha sido un tema de crucial investigación en los últimos años y es de creciente interés, especialmente en un contexto global caracterizado por la limitación de emisiones de gases causantes del efecto invernadero y el seguimiento de la sostenibilidad.[5]. Entre 2012 y 2022, el interés por estos temas ha aumentado significativamente debido a la influencia de factores económicos y ambientales[6]. Durante este período, la industria nacional enfrentó importantes desafíos en la optimización de procesos energéticos.

El incremento en los valores de los combustibles derivados de recursos no renovables, la volatilidad de los mercados energéticos internacionales y el endurecimiento de las regulaciones ambientales están obligando a las empresas a repensar sus prácticas de consumo y tomar medidas para mejorar la eficiencia energética. También ha habido un mayor interés por parte de agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y el mundo académico en la previsión y evaluación comparativa del consumo de energía industrial.

Estos análisis están diseñados para identificar tendencias, áreas de oportunidad y mejores prácticas, proporcionando información crítica para selección de políticas públicas y en el ámbito empresarial.

En este contexto, el período comprendido entre 2012 y 2022 marcó una serie de logros importantes en la evaluación del consumo energético y fuentes de eficiencia de la industria nacional. Sin embargo, aún quedan desafíos importantes, incluido el desarrollo de modelos de pronóstico más precisos y la ejecución efectiva de políticas y programas que se enfocan en reducir el uso de recursos energéticos en varios sectores particulares en la industria. Este estudio fue elaborado con el fin de investigar el análisis de estos temas y brindar perspectivas que colaboren a fomentar un desarrollo sustentable en la industria del país en el futuro [7].

1.2 PROBLEMA

En un mundo donde el consumo energético industrial sigue en crecimiento y la necesidad de aumentar la eficacia energética es más apremiante que nunca, surge un gran desafío, crucial para el desarrollo sostenible, necesitamos evaluar las fuentes y eficiencia del consumo energético de la industria nacional y analizar comparativamente sus resultados para establecer previsiones [8].

Este problema nos muestra la necesidad de entender la distribución y utilización de la energía en la industria nacional, para lo cual se toman como objeto de estudio a las empresas y sus hábitos de utilización de energía para identificar las principales fuentes de consumo y determinar la eficiencia del empleo de las mismas en el periodo 2012 – 2022.

Este proyecto permitirá identificar cualquier discrepancia que exista entre los datos de proyección diferencial, comparándolos con datos reales obtenidos del periodo de estudio para determinar la exactitud de los supuestos, analizando el impacto de estos en la política energética y la estrategia industrial.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La propuesta de estudio sobre “Evaluación del consumo energético y fuentes de eficiencia de la industria nacional y análisis comparativo de pronósticos para el período (2012-2022)” reviste una importancia decisiva en la situación actual de las cuestiones de sostenibilidad y eficiencia energética [9]. La razón es que existe la necesidad de comprender cómo la industria del país ha gestionado sus recursos energéticos durante la última década y examinar la eficacia de las tácticas para así mejorar la eficiencia energética implementadas.

Esta evaluación comparativa identifica patrones de consumo, identifica mejores prácticas y proporciona recomendaciones para mejorar la eficiencia futura y reducir el impacto ambiental [10]. Además, es posible observar cómo la política y la tecnología energética se han desarrollado de acuerdo con los cambios económicos, tecnológicos y ambientales en un período determinado, permitiendo una visión integral de la situación energética nacional.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar comparativamente en consumo de energía entre dos empresas realizando una evaluación de varias fuentes de consumo energético y su eficiencia en la Industria Nacional en el periodo (2012-2022)

Objetivos específicos

- Evaluar las diferentes fuentes de consumo energético en la industria nacional durante el periodo 2012-2022, identificando la más utilizada y su impacto en la eficiencia energética, mediante el análisis de datos históricos de consumo energético.
- Analizar la eficiencia energética en el sector industrial del Ecuador durante ese lapso de tiempo, identificando las prácticas y tecnologías que han contribuido a mejorarla, generando un estudio de patrones de consumo energético, evaluación de tecnologías que han demostrado ser más eficientes en términos de consumo energético.
- Comparar los pronósticos de consumo energético y eficiencia realizados durante el periodo 2012-2022 con datos reales, identificando las discrepancias y analizando las

causas externas, con el fin de identificar tendencias y patrones que puedan ayudar a mejorar la precisión de pronósticos realizados a futuro.

1.5 METODOLOGÍA

La metodología del estudio combina enfoques descriptivos, análisis cuantitativo, estadísticas inferenciales y el uso de MATLAB para obtener una comprensión integral del consumo de energía de la industria nacional y estimaciones de fuentes de eficiencia y proporciona un análisis comparativo de los pronósticos entre 2012 y 2022.

Capítulo I

Marco teórico

1.1 Energía

La energía es un concepto importante dentro del campo de la física y la ingeniería, ya que, desempeña una función importante dentro de la vida y la tecnología actual. La energía como la suficiencia de realizar una actividad o tener el poder de realizar un cambio en un sistema [11]. Esta energía se manifiesta de varias formas ya que se puede transformar de una u otra manera, pero, de acuerdo al principio de conservación de la energía siempre se va a conservar [12].

La energía no es solo importante para el funcionamiento diario, sino también juega un papel importante en el equilibrio del planeta. Sin embargo, la utilización desmedida de los recursos energéticos de origen fósil, como el carbón, el petróleo y el gas natural han tenido un gran impacto en el medioambiente [13].

Existen varios tipos de energía:

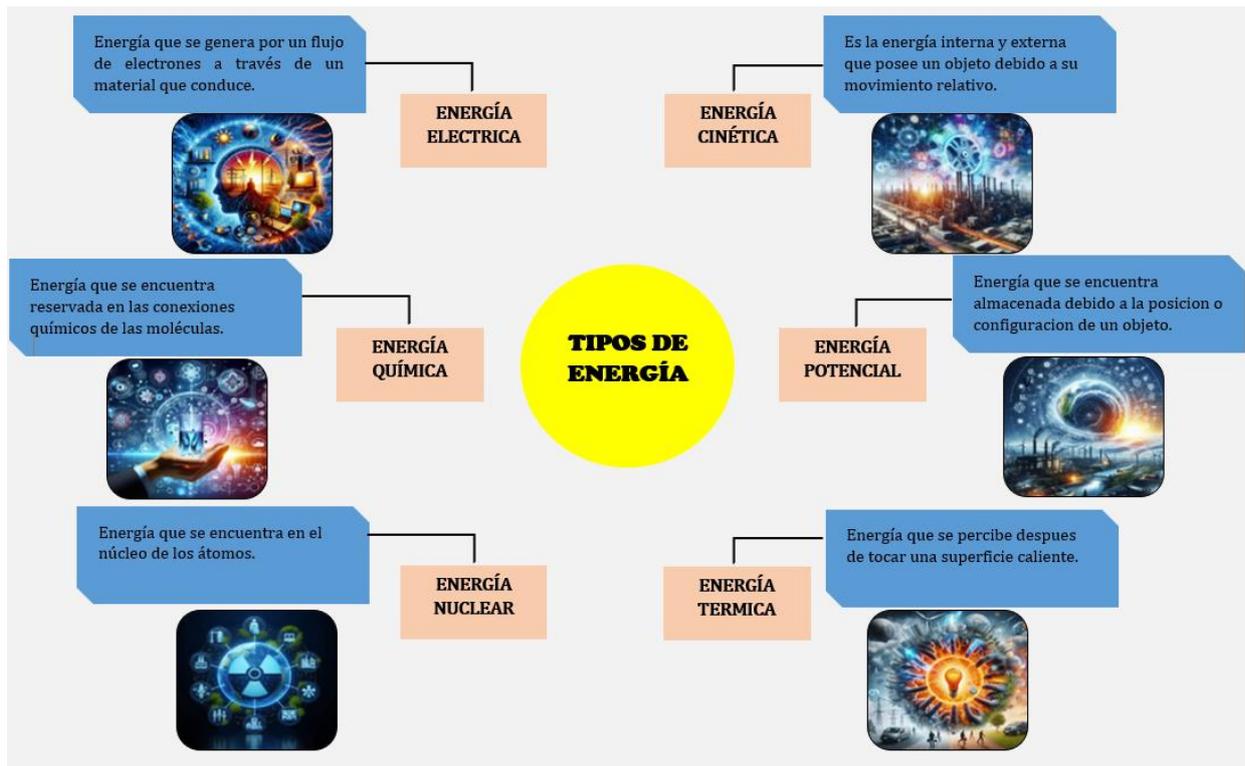


Figura 2 Mapa conceptual de los tipos de Energía

1.2 Fuentes de energía

El estudio de las fuentes de energía es importante para así comprender como abordar de manera eficaz y sostenible las necesidades energéticas de la sociedad [14]. Existen varias fuentes de energía, como:

- Gas natural: Es una fusión de hidrocarburos que se pueden encontrar en estado gaseoso, los cuales se encuentran en yacimientos subterráneos y se los puede extraer mediante perforación, se puede decir que es muy versátil ya que se utiliza para generar electricidad, calefacción y también se lo suele utilizar como combustible en las industrias y en el transporte [15].
- Leña: Es una fuente de energía antigua, la cual proviene de madera y se utiliza para la cocción y calefacciones, es una energía renovable, aunque su excesivo uso puede llevar a la deforestación y a que se produzca la degradación del medio ambiente [16].
- Productos de caña: Son sustancias residuales que se obtiene luego de la extracción del jugo de cada, se lo utiliza como biomasa utilizando tanto para generar electricidad y de igual manera sirve como combustible en el ámbito industrial [17].

- **Electricidad:** Se trata de un modo de creación de energía que se crea a través de distintas modalidades como son fuentes como la que se produce a través de la generación de energía a través del agua, del viento y de la fisión nuclear, entre otras. Es la más conocida por su versatilidad y es una de las más utilizadas en la sociedad actual, ya que alimenta sistemas de iluminación, electrodomésticos, industrias, entre otros. La generación de esta proviene de fuentes renovables que ayudan a la lucha contra el cambio climático y ayudan a promover la sustentabilidad en el sector energético. [18].
- **GLP:** Principalmente se utiliza gases como el propano y butano, los cuales son obtenidos del procesamiento del petróleo crudo y del gas natural, se lo utiliza principalmente para aplicaciones domésticas, comerciales e industriales, debido a que es una energía limpia y es una de las que emana menos emisión de contaminantes atmosféricos [19].
- **Gasolina y Diésel:** Son productos que se derivan del petróleo y se lo puede utilizar como combustibles, la gasolina se utiliza en su mayoría para vehículos de pasajeros, mientras que el Diésel se utiliza para vehículos pesados y maquinaria industrial. Aun que se los utiliza de gran manera se ha determinado que su combustión emite contaminantes atmosféricos serios y esto contribuye al calentamiento global [20].
- **Fuel Oil:** También se lo conoce como aceite de combustible o combustible para calderas, se lo utiliza principalmente en aplicaciones industriales, comerciales y residenciales para poder generar calor y energía térmica. Debido a que es una mezcla de hidrocarburos pesados que se genera durante una serie de procesos para el refinado de crudo [21].
- **Coque de petróleo:** Es un subproducto del proceso de purificación de petróleo, que se lo utiliza como combustible en procesos industriales, generalmente para la producción de acero, al igual que varias fuentes de energía esta también produce una gran polución y una inmensa liberación de gases que ayudan al fenómeno de retención de calor [22].

1.3 Conversión de energía

La modificación de energía es fundamental para poder transformar la energía en diferentes formas de energía útil mediante diversos mecanismos y tecnologías y así poder utilizarla de varias maneras [23]. Este proceso es fundamental en diversas aplicaciones como industriales, comerciales y residenciales.

La conversión de energía tiene varios aspectos entre ellos:

- Eficiencia energética: La efectividad en la conversión de energía proporciona la conversión a la energía útil que se puede obtener con el total de energía comparada con la que sale. Siempre existen pérdidas de energía durante esta conversión, generalmente en forma de calor, esto dado a conocer por la segunda ley de termodinámica [24].
- Aplicaciones: Las aplicaciones de la conversión energética son amplias y abarcan varias industrias y sectores, como la generación de electricidad, movimiento de vehículos, calefacción y refrigeración, entre otros [25].
- Sostenibilidad: Debido al aumento de conciencia ambiental, se ha apreciado que hay una mayor atención a la sostenibilidad de energía, de esta manera se buscan formas más eficientes y limpias para convertir la energía, como la energía renovable y varias tecnologías para generar el ahorro energético [26].

1.4 Procesos de conversión de energía

El proceso de transmutación de energía se genera de la siguiente manera:

1. Fuente de energía inicial:

Este proceso de conversión comienza con una fuente de energía inicial, la cual puede ser primaria, como energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, o energía secundaria, como la energía almacenada en combustibles fósiles o en baterías.

2. Captación y transformación de energía:

La energía que proviene de la fuente inicial se la captura y se transforma en una forma utilizable. Esto puede generar la conversión de energía mecánica en forma de energía eléctrica, como se puede apreciar en los ciertos motores.

3. Mecanismos de conversión:

Los mecanismos de conversión varían según las tecnologías y los sistemas que estén involucrados, varios de los mecanismos más comunes son:

- Motores de combustión interna
- Turbinas y generadores eléctricos
- Paneles solares
- Centrales hidroeléctricas

4. Eficiencia del proceso:

La eficiencia del proceso es una de las partes más importantes, ya que se determina cuanta energía útil se puede obtener en relación con la energía total suministrada [27]. La energía puede

tener una afectación debido a los varios aspectos como son los componentes de calidad, condiciones térmicas, presión, la pérdida de fricción y la resistencia eléctrica, o varias causas más [28].

5. Transporte y distribución de energía transformada:

Luego de que la energía está convertida, la energía que ya se considera utilizable se puede transportar y distribuir según lo que se requiera. Un ejemplo es la conducción de energía eléctrica, se transmite a través de redes de distribución eléctrica desde las plantas generadoras hasta los usuarios destinados.

6. Forma de energía final:

Finalmente, la energía se convierte en la forma específica para realizar tareas en determinadas.

El efecto de las acciones que se ejecutan en las modificaciones de conversión de energía suele variar dependiendo el tipo de método que se haya utilizado al realizar la conversión. Sin embargo, la mayoría de veces, cuando se realiza esta transformación simplemente se transforma de una forma a otra, es decir, la parte de la energía que se dispersa como calor o no se aprovecha y de esta manera se pierde en varias formas no útiles [29].

1.5 Energía útil

La energía útil da referencia a la parte de la energía que se utiliza al momento de realizar un trabajo en específico o para cumplir una función deseada en un sistema. La energía útil es aquella que se puede transformar en una forma en la que se pueda emplear para llevar a cabo un proyecto o un efecto deseado [30].

La diferencia entre la energía útil y la primaria es que esta se encuentra en su forma original, sin modificarse o cambiarse, varios ejemplos de esto son el crudo, la hulla y el gas natural, los cuales fueron fuentes energéticas primigenias [31]. Mientras que varios derivados de la transformación y resultados de la energía útil son la electricidad, la gasolina y el calor generado de manera artificial.

La energía útil es importante ya que la utilizamos en actividades del día a día, su importancia radica en satisfacer nuestras necesidades básicas, impulsar el avance económico lo cual genera una mejor condición de vida, mantiene a flote la salud pública y ayuda a proteger el medio

ambiente, sin embargo, cabe recalcar que el uso de la energía útil suele tener varios conflictos, como la dependencia de combustibles fósiles, desigualdad en el acceso a la energía [32].

Los combustibles fósiles son productos derivados de materia orgánica que se ha descompuesto y durante años ha sido comprimidos por debajo de la tierra, estos productos son el crudo, el gas natural y la hulla. En la actualidad son una fuente principal de energía lo cual ha generado un uso intensivo y esto ha dado lugar preocupaciones ambientales.

1.6 Pronostico lineales

1.6.1 Regresión lineal simple

Este pronóstico implica el uso de métodos estadísticos para construir un modelo que describa la relación entre una variable dependiente. Y una o más variables independientes utilizando una línea recta. De la forma más simple, se adapta a una recta para que así los datos se minimicen la distancia entre los puntos y la línea.

Este modelo se expresa como[33] :

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon \quad (1)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon \quad (2)$$

y = Variable dependiente.

β_0 = Intersección o término constante.

$\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$ = Coeficientes de los predicadores.

$x_1 + x_2 + \dots + x_n$ = Variables independientes.

ε = Término de error.

El propósito de la regresión lineal es estimar los valores de los coeficientes para minimizar la suma de los errores de mínimos cuadrados entre los valores vistos y los pronosticos por el modelo.

1.6.2 Regresión lineal múltiple

La regresión lineal múltiple busca establecer una relación lineal entre una variable dependiente y dos o más variables independientes. Es esencial analizar la heterocedasticidad, la multicolinealidad y la especificación en tales modelos.

Este modelo se expresa como[34]:

$$L = X\pi + \varepsilon \quad (3)$$

$L =$ Vector $n \times 1$ de las variables dependientes

$X =$ Matriz $n \times m$ que describe las variables

$\pi =$ Vector $m \times 1$ de los coeficientes de regresión

$\varepsilon =$ Término de error.

La regresión múltiple también nos permite entender la relación funcional entre las variables dependientes e independientes explorar cuál es el motivo de la variación versión Y.

1.6.3 Análisis de series temporales

El análisis de series de tiempo es un método estadístico empleado para analizar datos organizados en orden cronológico. Estos datos pueden representar mediciones que cambian con el tiempo, como temperatura o volumen. El principal objetivo del análisis de series de tiempo es comprender la estructura subyacente de los datos y hacer predicciones o conclusiones sobre el comportamiento futuro de la serie[35].

1.6.4 Modelo ARIMA

Los modelos ARIMA describen los valores como una función lineal de datos y errores pasados. En algunos casos, pueden estar involucrados factores cíclicos o estacionales. Este modelo tiene una combinación de tres componentes (AR, I, MA), crea un modelo ARIMA que se puede utilizar para modelado y pronóstico de series temporales. Los parámetros del modelo (p, d, q) se seleccionan utilizando métodos como la inspección visual de los datos, así como la identificación de patrones de auto correlación y auto correlación parcial.

El Modelo ARIMA se expresa como[36]:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

1.6.4.1 Método Box Jenkins

La metodología de Box y Jenkins se puede resumir en cuatro pasos[37]:

- El primer paso de la serie es definir los siguientes posibles modelos ARIMA:

Determina qué transformación utilizar para transformar la serie observada es estacionaria.

Determina el modelo ARMA para una serie estacionaria, implica determinar los ordenes p y q de su estructura autorregresiva y media móvil.

- Segundo paso las muestras se preseleccionan para una serie fija y luego pasan a la siguiente fase de estimación implica maximizar los parámetros AR y MA del modelo, para la obtención de la probabilidad, el error estándar y el residuo muestra.

- El tercer paso es el diagnóstico para verificar la estructura de los residuos y así realizar procesos adictivos y ruido blanco. Cuando los residuos exhiben una estructura definida que debe integrar los modelos y repetir los pasos previos hasta lograr un modelo apropiado.

- El paso cuarto se define en hacer predicciones después de obtener una muestra adecuada de predicción.

1.6.5 Modelos Autorregresivos AR(p)

Los modelos AR autorregresivos describen un tipo específico de proceso del cual surgen las observaciones un par dado es predecible basándose en observaciones previas del proceso y el tiempo equivocado.

Este modelo se expresa como[38]:

$$AR_p = X_t = \phi_1 X_{t-1} + a_t \quad (5)$$

1.6.6 Modelos de Medias Móviles $Ma(q)$

El modelo MA de media móvil define en series temporales estacionarias. El valor de este modelo se puede estimar basándose en la componente aleatoria de este par, y en menor medida el pulso aleatorio previo.

Este modelo se expresa como[37]:

$$X_t = a_t - v_1 a_{t-1} \quad (6)$$

1.6.7 Modelos ARMA (p,q)

Es una ampliación de los modelos anteriores AR(p) y Ma(q), este incluye términos que se autorregulan y términos de medias móviles.

Este modelo se expresa como[39]:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t - v_1 a_{t-1} - v_2 a_{t-2} - \dots - v_q a_{t-q} \quad (7)$$

ARMA(p, q), un proceso se considera estacionario cuando su componente autorregresivo lo es, y es clasificado como invertible si su componente de medias móviles cumple con esta característica..

1.6.8 Modelo ARIMA Proceso Estocástico

Es un conjunto de variables aleatorias X_t esta ordenada de acuerdo con parámetros de tiempo(t).

Los modelos estocásticos de series temporales consideran una secuencia aleatoria X_t como una colección de observaciones muestrales, donde cada una corresponde a una variable del proceso.[40]

1.7 Industria Nacional

Como muchos otros países, Ecuador depende en gran medida de la industria para impulsar su desarrollo dentro de lo social, económico. Estas industrias cubren una diversidad de campos, abarcando desde la agricultura y la manufactura hasta el sector energético. y los servicios. Sin embargo, un aspecto importante que requiere atención es el consumo de energía asociado a estas actividades industriales [41].

1.8 Balance Energético

El Balance Energético Nacional es una herramienta clave para comprender la situación energética del país en lo que concierne a la generación y utilización de energía [42]. Para Ecuador, un país con una variedad de fuentes de energía desde petróleo, gas, energía hidroeléctrica y energías renovables, el análisis es esencial para comprender el entorno energético actual y futuro. El propósito de esta revisión es examinar varios aspectos de Ecuador, incluida la producción, el consumo, las importaciones, las exportaciones y las políticas energéticas relacionadas[43].

1.9 Evaluación de modelo

1.9.1 Criterio Akaike

El criterio Akaike es útil en la selección de modelo ARIMA, ya que ayuda en la simplicidad y objetividad de la caracterización experimental de datos con un mínimo de parámetros

Este criterio se da en el campo de la teoría de la información.

Este modelo se expresa como[44]:

$$AIC = 2l + 2k \quad (12)$$

$$(l = \log(L)) \quad (13)$$

1.9.2 Criterio Bayesiano

Este criterio (BIC) o criterio Schwarz, se utiliza para la selección de modelos, se utiliza como criterio la evaluación de modelos en base a sus probabilidades posteriores.

Este modelo se expresa como[45]:

$$BIC(p) = \ln \frac{SCR(p)}{N} + (p + 1) * \frac{\ln(N)}{N} \quad (14)$$

N = Número total de observaciones

SCE = Suma de cuadrados de residuos

$(p + 1)$ = Número total de coeficientes de autorregresión

\ln = Logaritmo de efecto marginal

1.5.1 Distribución F

La distribución F son comparaciones entre las varianzas de dos muestras independientes, este método asistencia en pruebas destinadas a discernir si dos muestras proceden de poblaciones con varianzas idénticas. Este modelo se expresa como[46]:

k : Número de parámetro del modelo

l : Estimación de probabilidad logarítmica

L : Función de probabilidad

$$F = \frac{x_1^2}{x_2^2} \quad (15)$$

$$x_1^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2}{\sigma_1^2} \quad y \quad x_2^2 = \frac{(n_2 - 1)s_2^2}{\sigma_2^2} \quad (16)$$

F = Variable de Distribución

s₁² = Varianza muestra uno.

s₂² = Varianza muestra dos.

n₁ = Tamaño muestra uno

n₂ = Tamaño muestra dos.

$$F = \frac{x_1^2}{x_2^2} \quad (15)$$

$$x_1^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2}{\sigma_1^2} \quad y \quad x_2^2 = \frac{(n_2 - 1)s_2^2}{\sigma_2^2} \quad (16)$$

F = Variable de Distribución.

s₁² = Varianza muestra uno.

s₂² = Varianza muestra dos.

n₁ = Tamaño muestra uno.

n₂ = Tamaño muestra dos.

Capitulo II

Desarrollo

2. Desarrollo

2.1 Descripción de la solución

El análisis de las fuentes de consumo energético y la eficiencia en la industria nacional durante el período 2012-2022, es crucial para entender las dinámicas del sector energético y su impacto

en la economía y el medio ambiente. Este desarrollo se enfoca en evaluar las principales fuentes de energía utilizadas, la eficiencia con la que se emplean en distintos sectores industriales, y comparar los pronósticos realizados en el pasado con los datos reales observados en este periodo **Tabla 1.** El fundamento principal es entender las tendencias actuales, identificar áreas de mejora, áreas de crecimiento y decrecimiento.

Tabla 1 Datos recopilados 2012-2024

Año	Unidad					
	Unidad (GWh)	UNACEM (GWh)	Unidad (miles galones) Gasolina	Unidad (miles galones) Diésel Oil	Unidad (miles galones) Diésel Oil UNACEM	Unidad (miles galones) Gasolina UNACEM
2012	7993		6141	230082		
2013	8031		9916	259509		
2014	8419		5978	274290		
2015	8580		5665	242111		
2016	8919		5918	162081		
2017	9469		3986	155495		
2018	9998		4969	184783		
2019	10390		6915	159065		
2020	10143	2330	6058	155219	165086	2779
2021	11388	3028	8406	148134	185825	3192
2022	11802	3666	7333	205277	234712	2833
2023		2953			218061	1121

Esta investigación se estructura bajo un enfoque cuantitativo y cualitativo, utilizando un diseño descriptivo y analítico. Se recopilarán y analizarán datos tanto históricos como actuales sobre

el uso de energía y la eficiencia en la industria nacional durante el periodo 2012-2022, teniendo en cuenta datos reales de la empresa UNACEM S.A.

Adicionalmente, se realizaron comparaciones con pronósticos que se extendieron hasta 5 años al futuro y se propusieron estrategias para optimizar el uso de energías sin que se genere una pérdida de energía previos para evaluar su precisión y utilidad.

El modelo propuesto permite realizar un análisis de datos a nivel macro, así como también se abordó casos puntuales, como la empresa descrita a continuación, UNACEM ECUADOR S.A., ubicada en la Av. Simón Bolívar y Av. Interoceánica KM4 1/2, se especializa en fabricación de mezclas listas y secas para hormigón y mortero (incluyendo mortero en polvo), y producción de cualquier tipo de hormigón su nombre comercial es HORMIGON SEL VALEGRE. Además, UNACEM S.A. Ecuador promueve prácticas sostenibles y de responsabilidad social, apoyando iniciativas en beneficio a las localidades y el entorno ambiental.

Se tomo en cuenta varios datos usando aplicaciones como POWER BI y MATLAB. El modelo ARIMA pudo predecir y determinar cuál de ellos es el más efectivo, y por tanto obtuvo datos importantes, incluidos indicadores relevantes, que se convirtieron en una guía imprescindible para la toma de decisiones. Al final, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva para determinar cuál fue el consumo total de las fuentes de energía aplicando el modelo propuesto, con ello se determinó su efectividad y aplicabilidad en los próximos años [47].

2.2 Propuesta de evaluación y pronósticos

2.2.1. Análisis de datos

Se utilizaron dos unidades de medida específicas al analizar los datos. En cuanto al consumo de energía, se expresan en unidades como, GWh (gigavatio-hora), miles Kg (kilogramos), miles gal (Galones). Su misión trata de cuantificar y contrastar diversos suministros energéticos, fomentando una valoración completa de los distintos insumos en relación con su equiparación al petróleo y diversas fuentes de energía como la electricidad.

2.2.2 Power Bi

El programa POWER BI es una herramienta que facilita a los usuarios diseñar gráficos que sean fáciles de entender ya que genera una mejor distribución de datos y mayor comprensión. Facilita la recopilación de datos de múltiples fuentes, entre ellos, recopilación de datos, hojas

de cálculo y opciones de carga a la nube, lo que garantiza una integración automática y confiable.

Con capacidades interactivas, los gráficos de Power BI posibilita la exploración y comprensión de patrones y tendencias en grandes conjuntos de datos. Además, la interfaz intuitiva y las capacidades de personalización le permiten crear informes visualmente atractivos y fáciles de entender, mejorando la toma de decisiones basada en datos [48].

2.2.3 Polyfit MATLAB

Para realizar el análisis del método seleccionado se deberá utilizar el término Polyfit el cual es indica cómo encontrar los coeficientes de un polinomio $p(x)$ que suele ajustar a los datos y genera una disminución de la suma de polinomios de las desviaciones del modelo seleccionado, lo que quiere decir que se adapta aun polinomio en un grupo de datos, en donde:

- **x**: un vector 'x' de los puntos de datos
- **y**: un vector 'y' de los puntos de datos
- **n**: el grado del polinomio

Este se expresa como:

p= donde "x, y, n", son vectores de igual longitud que representan las coordenadas de un mínimo de cuadrados de los puntos de datos, **n** es el grado del polinomio, mientras que **p** es un vector que acopla los coeficientes que definen dicho polinomio ajustado en una secuencia decreciente.

Formulas al implementar:

$$p = \text{Polyfit}(x, y, n) \quad (17)$$

$$[p, S, mu] = \text{Polyfit}(x, y, n) \quad (18)$$

$$[p, S] = \text{Polyfit}(x, y, n) \quad (19)$$

2.2.4 Pronósticos lineales

Este pronóstico implica métodos estadísticos para construir un modelo que describa la relación de una variable independiente con una o más variables independientes mediante una línea recta. De la forma más simple, se adapta a una recta para que así los datos se minimicen la distancia entre los puntos y la línea.

2.2.5 Modelo ARIMA

Los modelos ARIMA describen los valores como una función lineal de datos y errores pasados. En algunos casos, pueden estar involucrados factores cíclicos o estacionales. Este modelo tiene una combinación de tres componentes (AR, I, MA), crea un modelo ARIMA que se puede utilizar para modelado y pronóstico de series temporales. Los parámetros del modelo (p, d, q) se seleccionan utilizando métodos como la inspección visual de los datos, así como la identificación de patrones de auto correlación y auto correlación parcial.

2.3 Datos del consumo del sector industrial

2.3.1 Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 - Electricidad

La **Tabla 2.** Muestra información anual sobre el consumo total de energía eléctrica fundamentado en el BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2022, tomando datos desde 2012 hasta 2022. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo.

Tabla 2 Datos del consumo de Electricidad 2012-2022

Año	Unidad (GWh)
2012	7993
2013	8031
2014	8419
2015	8580
2016	8919
2017	9469
2018	9998
2019	10390
2020	10143
2021	11388
2022	11802

La **Figura 3** proporciona datos recopilados durante 11 años dentro de la industria y su utilización de energía en GWh. El año de mayor consumo de energía fue el 2022, alcanzando los 11802 GWh, y el consumo menor fue en el 2012, con 7993 GWh. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento.

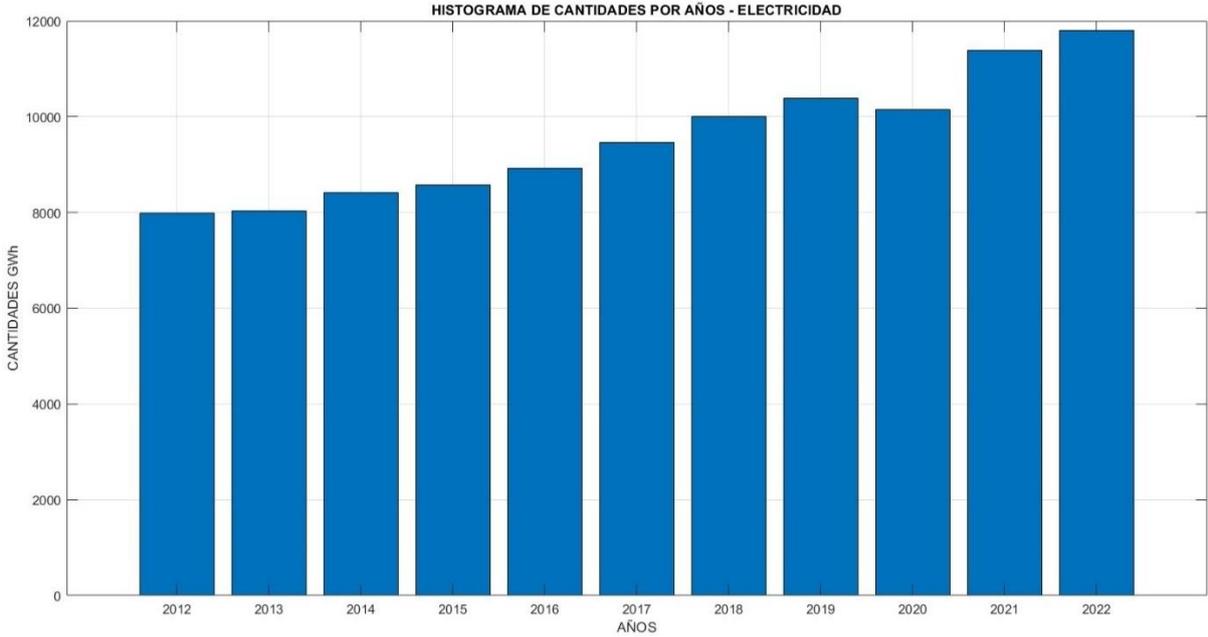


Figura 3 Utilización de Electricidad en la industria (GWh)

2.3.2 Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 - Gasolina

La **Tabla 3**. Muestra datos anuales del consumo total de la gasolina basado en el BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2022, tomando datos desde 2012 hasta 2022. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo

Tabla 3 Datos del consumo de Gasolina 2012-2022

Año	Unidad (miles galones)
2012	6141
2013	9916
2014	5978

2015	5665
2016	5918
2017	3986
2018	4969
2019	6915
2020	6058
2021	8406
2022	7333

La **Figura 4** proporciona datos recopilados durante 11 años dentro de la industria y su utilización de energía en miles galones. El año de mayor consumo de energía fue el 2013, alcanzando los 9916 miles galones y el consumo menor fue en el 2017, con 3986 miles galones. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento.

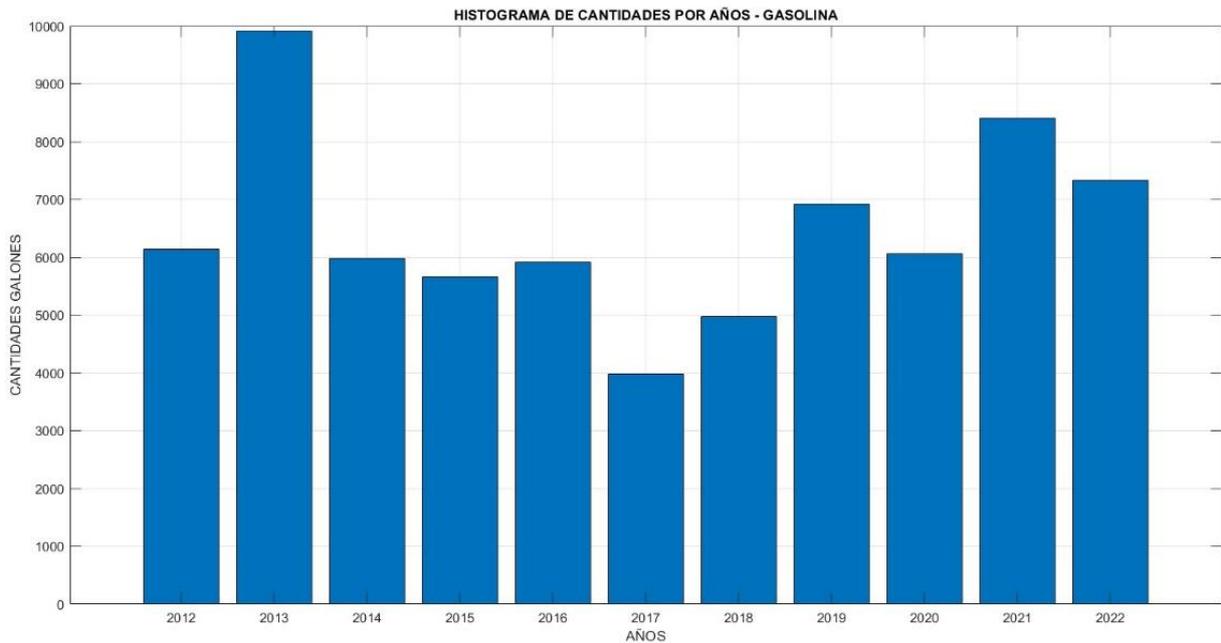


Figura 4 Utilización de Gasolina en la Industria (Galeones)

2.3.3 Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 – DIESEL OIL

La **Tabla 4** muestra datos anuales del consumo total del Diesel oíl basado en el BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2022, tomando datos desde 2012 hasta 2022. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo

Tabla 4 Datos de consumo de DIESEL OIL 2012-2022

Año	Unidad (miles galones)
2012	230082
2013	259509
2014	274290
2015	242111
2016	162081
2017	155495
2018	184783
2019	159065
2020	155219
2021	148134
2022	205277

La **Figura 5** proporciona datos recopilados durante 11 años dentro de la industria y su utilización de energía en miles galones. El año de mayor consumo de energía fue el 2014, alcanzando los 274290 miles galones y el consumo menor fue en el 2021, con 148134 miles galones. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento.

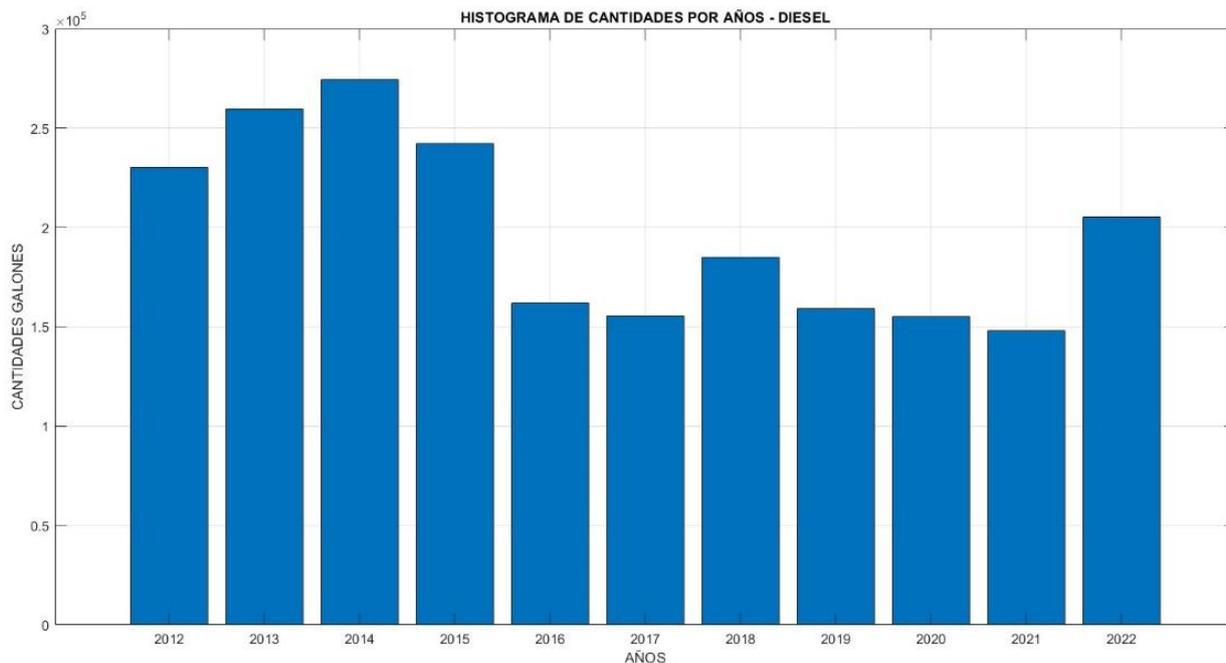


Figura 5 Utilización de DIESEL en la Industria (Galones)

2.3.4 Consumo energético sector industrial 2012 – 2022 – GLP

La **Tabla 5** son los datos anuales del consumo total de GLP basado en el BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2022, tomando datos desde 2012 hasta 2022. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo

Tabla 5 Datos del consumo GLP 2012-2022

Año	Unidad (kg)
2012	54247
2013	57673
2014	82812
2015	95199
2016	76867
2017	84781

2018	89564
2019	93566
2020	83294
2021	93129
2022	95868

La **Figura 6** proporciona datos recopilados durante 11 años dentro de la industria y su utilización de energía en kg. El año de mayor consumo de energía fue el 2015, alcanzando los 95199 kg y el consumo menor fue en el 2012, con 54257 kg. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento.

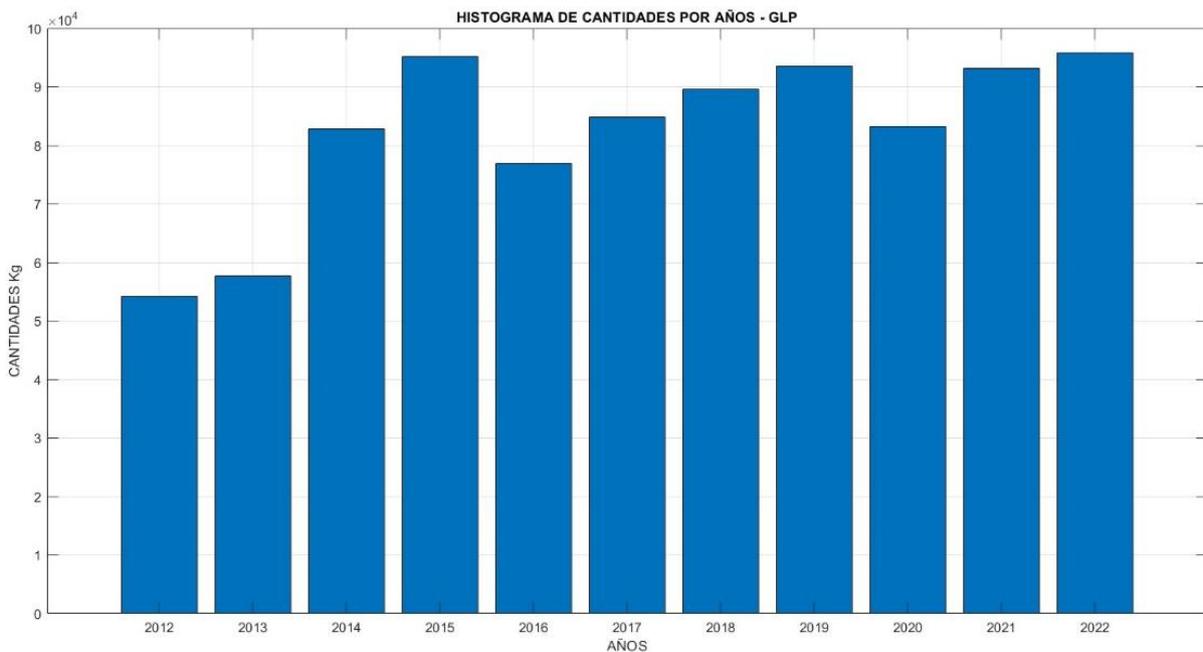


Figura 6 Uso de GLP en el sector Industrial(kg)

2.4 Datos reales del consumo de combustible Empresa UNACEM S.A.

2.4.1 Consumo energético sector industrial 2020 – 2023 – Electricidad

La **Tabla 6** Muestra datos anuales del consumo total de Electricidad basado en la Empresa UNACEM S.A. 2023, tomando datos desde 2020 hasta 2023. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo.

Tabla 6 Datos de consumo de la Electricidad 2020-2023

Año	Unidad (GWh)
2020	2330
2021	3028
2022	3666
2023	2953

La **Figura 7** proporciona datos recopilados durante 4 años dentro de la industria y su utilización de energía en GWh. El año de mayor consumo de energía fue en el 2022, alcanzando por 3666 GWh, y el consumo menor fue en el 2020, alcanzando los 2330 GWh. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento

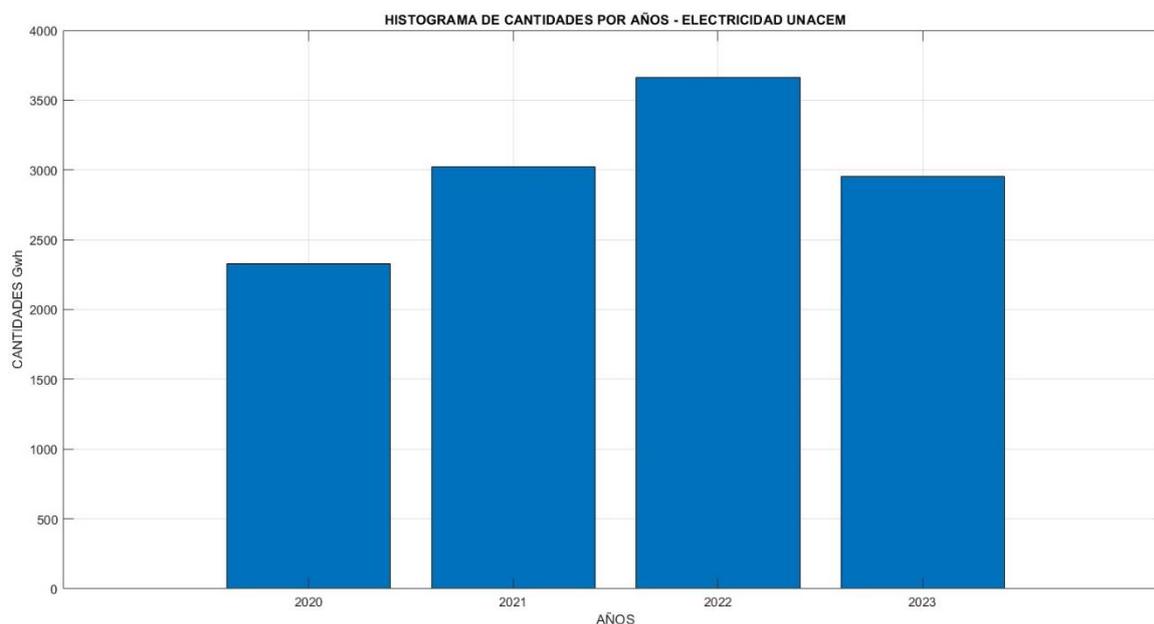


Figura 7 Utilización de Electricidad en UNACEM S.A.

2.4.3 Consumo energético en la empresa 2020 – 2023 – Diesel oíl

La **Tabla 7** Muestra datos anuales del consumo total de Diesel oíl basado en la Empresa UNACEM S.A. 2023, tomando datos desde 2020 hasta 2023. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo.

Tabla 7 Datos de consumo del DIESEL 2020-2023

Año	Unidad (galones)
2020	165086
2021	185825
2022	234712
2023	218061

La **Figura 8** proporciona datos recopilados durante 4 años dentro de la industria y su utilización de energía en galones. El año de mayor consumo de energía fue en el 2022, alcanzando por 234712 galones, y el consumo menor fue en el 2020, alcanzando los 165086 galones. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento.

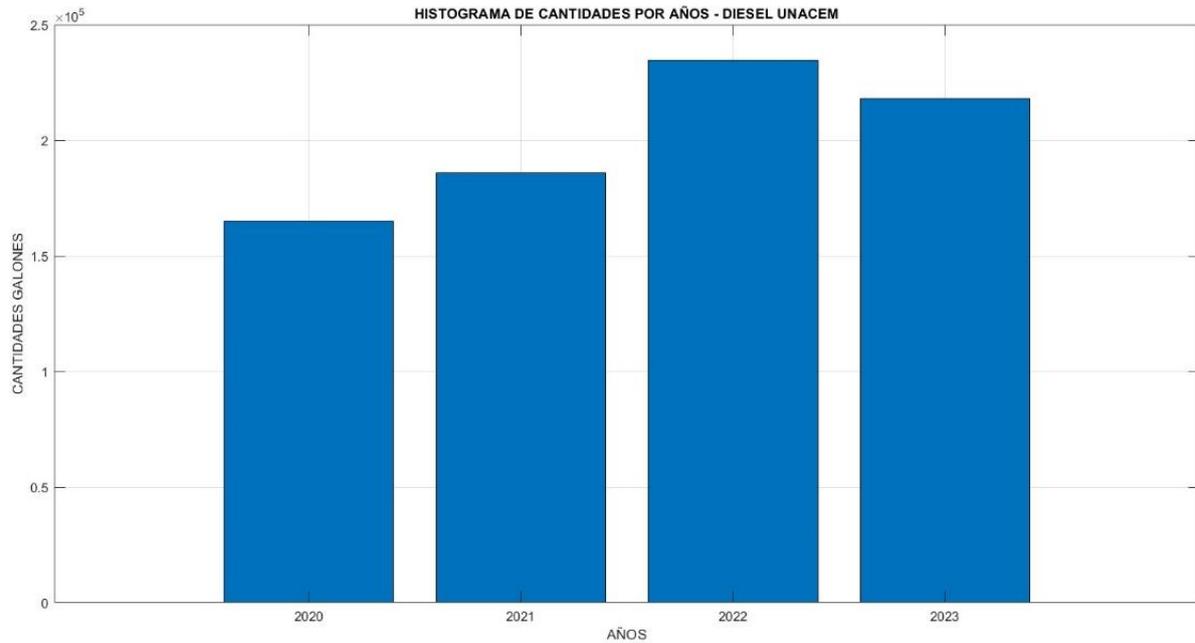


Figura 8 Utilización del DIESEL en UNACEM S.A.

2.4.4 Consumo energético sector industrial 2020 – 2023 - Gasolina

La **Tabla 8** Muestra datos anuales del consumo total de gasolina basado en la Empresa UNACEM S.A. 2023, tomando datos desde 2020 hasta 2023. Esta recopilación de información es necesaria para estimar la demanda de producción de electricidad a lo largo del tiempo.

Tabla 8 Datos de consumo de la GASOLINA 2020-2023

Año	Unidad (kg)
2020	2779
2021	3192
2022	2833
2023	1121

La **Figura 9** proporciona datos recopilados durante 4 años dentro de la industria y su utilización de energía en galones. El año de mayor consumo de energía fue en el 2021, alcanzando los 3192 kg, y el consumo menor fue en el 2023, alcanzando los 1121 kg. El análisis muestra que, durante este lapso, el consumo anual de energía experimentó un notable incremento.

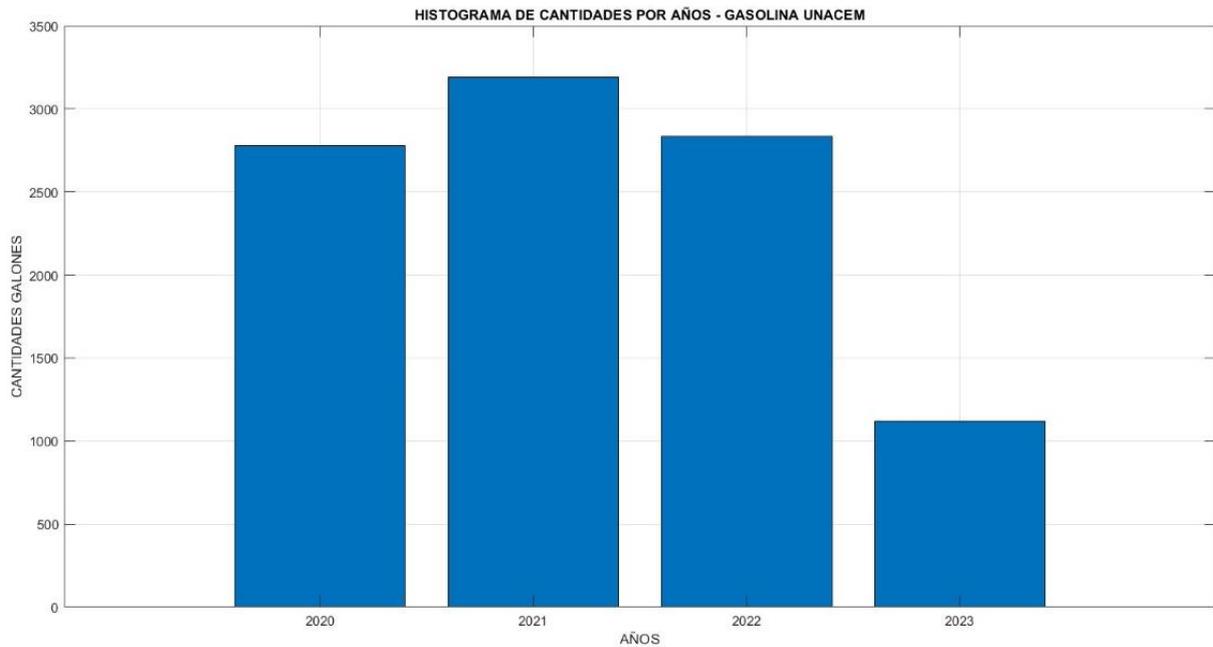


Figura 9 *Uso de la GASOLINA en UNACEM S.A*

2.5 Pseudocódigo y flujogramas

Los Pseudocódigo son una descripción de un algoritmo o proceso escrito en un formato con un cierto parecido al lenguaje de programación, pero más sencillo y entendible para las personas que lo vayan a descifrar. Los flujogramas son una representación gráfica de un proceso o algoritmo, el cual utiliza símbolos estandarizados para representar varios tipos de acciones e indica una secuencia de pasos a seguir [49].

2.5.1 Pseudocódigo para análisis de potencia generada y pronostico en MATLAB

El siguiente pseudocódigo corresponde a un programa desarrollado en Matlab. Este programa utiliza un enfoque de programación orientada a objetos, lo que permite modificar tanto a los objetos como las acciones dentro del programa de manera flexible y rápida. A continuación, se presenta el pseudocódigo utilizado para generar datos como, modelo polinomial, datos reales, pronostico promedio móvil simple, la comparación de métodos entre: modelo vs pronóstico, error entre métodos. A continuación, se presentará el pseudocódigo utilizado para generar las figuras que se analizaran en el siguiente capítulo:

2.5.2 Pseudocodigo

1. *Limpiar todas las variables y datos previstos*
 - ``clear all``
2. *Definir los datos de entrada*

- ``años = [20xx, 20xx, 20xx, 20xx, 20xx, 20xx, 20xx];``
 - ``potencia_generada = [xxxxx, xxxxx, xxxxx, xxxxx, xxxxx, xxxxx];``
3. Graficar los datos en un gráfico de barras
 - Crear una nueva figura.
 - Graficar ``años`` en el eje x y ``potencia_generada`` en el eje y.
 - Etiquetar los ejes al gráfico (``FUENTES DE ENERGÍA``).
 - Etiquetar cada barra con el valor correspondiente de ``potencia_generada``.
 4. Desarrollar un modelo matemático ajustado
 - Ajustar los datos con un polinomio de grado 3 (``polyfit``).
 - Evaluar el polinomio ajustado sobre los años extendidos (``polyval``).
 5. Graficar el modelo ajustado sobre los datos
 - Mantener la figura actual
 - Graficar la potencia ajustada en el mismo gráfico con una línea roja.
 - Agregar leyenda para distinguir los datos reales y el modelo polinomial.
 6. Desarrollar un pronóstico para los próximos 5 años
 - Utilizar la técnica del Promedio móvil simple (``movmean``).
 - Extender el pronóstico para los años 20xx, 20xx.
 - Graficar el pronóstico en la figura con una línea verde discontinua.
 - Actualizar la leyenda para incluir el pronóstico.
 7. Comparar ambos métodos en una misma gráfica
 - Crear una nueva gráfica
 - Graficar los datos reales con puntos azules.
 - Graficar el modelo ajustado con una línea roja.
 - Graficar una línea verde discontinua.
 - Etiquetar los ejes y agregar título al gráfico (``Comparación de métodos: Modelo matemático vs Pronóstico``).
 - Etiquetar cada punto con el valor correspondiente ``potencia_generada``.
 8. Calcular y graficar el error entre ambos métodos y los datos reales.
 - Calcular el error absoluto entre el modelo ajustado y los datos reales.
 - Calcular el error absoluto entre el pronóstico y los datos reales-
 - Crear una nueva figura
 - Graficar el error del modelo con una línea roja.
 - Graficar el error del pronóstico con una línea verde discontinua.
 - Etiquetar los ejes y agregar título gráfico (``Error entre Métodos``).
 - Etiquetar cada punto con los valores de error correspondientes.
 9. Mostrar una tabla con los errores calculados
 - Crear una tabla que incluya los años, errores del modelo y errores del pronóstico.
 - Mostrar la tabla en la consola.
 10. Realizar pruebas estadísticas para comprobar la confiabilidad del pronóstico
 - Calcular la correlación entre los datos reales y el modelo ajustado.
 - Calcular la correlación entre los datos reales y el pronóstico
 - Crear una figura con dos subgráficos:
 - Graficar los datos reales versus el modelo ajustado con ajuste lineal.
 - Graficar los datos reales versus el pronóstico con ajuste lineal.
 - Agregar leyenda y etiquetas a cada subgráfico.
 11. Generar un pronóstico ajustado y confiable
 - Calcular el promedio entre el modelo polinomial y el pronóstico de promedio móvil.
 - Crear una nueva figura
 - Graficar los datos reales, el modelo ajustado, el pronóstico y el pronóstico ajustado confiable.
 - Agregar leyenda para distinguir cada método y el pronóstico ajustado.
 - Etiquetar cada punto con el valor correspondiente de ``potencia_generada``.

2.6 Diagrama Analítico

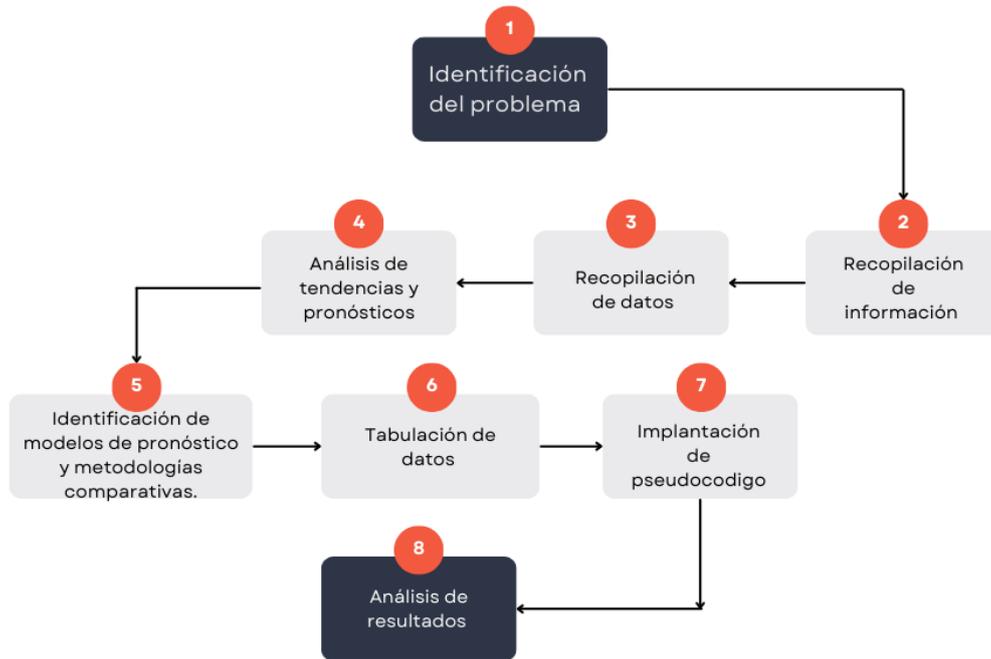


Figura 10 Diagrama del proceso de investigación

La **Figura 10** presenta un diagrama detallado de las etapas desde la identificación del problema de datos hasta el resultado final de la investigación.

Capítulo III

3.1 Análisis de Resultados

Entre los datos más importantes del consumo de fuentes se encuentran los siguientes, electricidad, GLP, gasolina y Diesel.

3.1.1 Datos del Balance Energético Nacional (GWh)

La dicha ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. , indica que el consumo de electricidad en Ecuador ha experimentado un aumento considerable entre los años 2012 – 2022. El incremento más significativo se produjo desde 2018 hasta 2022, lo que implica que la electricidad aumento un 22% en comparación con los años anteriores.

El pronóstico ARIMA sugiere que el consumo eléctrico en el Ecuador seguirá aumentando de manera considerable. Se estima que desde el 2022 hasta 2027, habrá un notable aumento, alcanzando 14476 GW/h en el año 2027.

Es relevante considerar que este aumento de consumo eléctrico podría estar relacionado con un incremento de demanda por parte de empresas industriales. Sin embargo, es importante destacar que el pronóstico generado hasta el 2027 es matemático y, como tal, puede presentar fallas. Por lo tanto, se debe ajustar de acuerdo a la curva real de consumo.

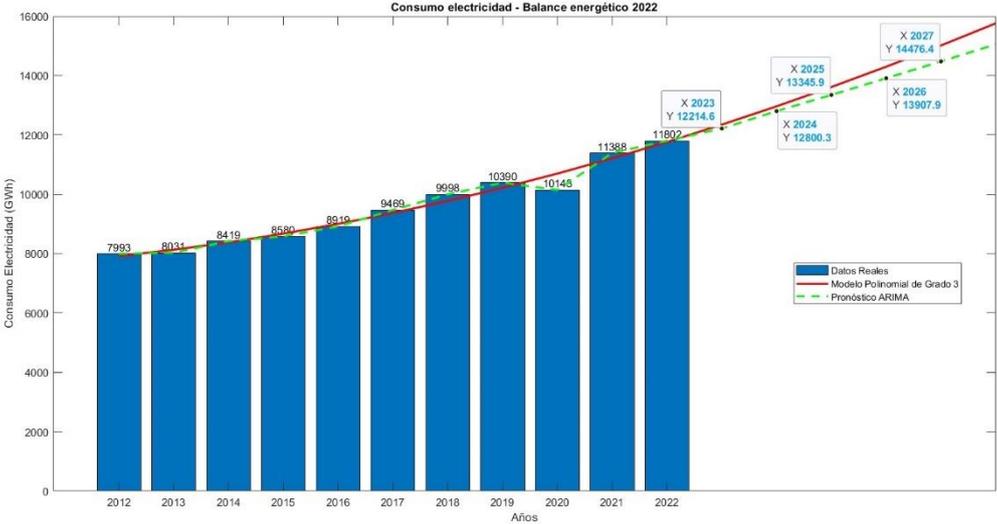


Figura 11 Consumo de electricidad - "Balance energético 2012 - 2022"

La No se encuentra el origen de la referencia. muestra un gráfico lineal que compara los métodos del modelo polinomial con ARIMA. Este gráfico representa la correlación ambos modelos y genera un pronóstico combinado. Según este pronóstico, desde 2022 hasta 2027, habrá un notable crecimiento, y se espera que alcance 14744 GW/h en el año 2027. Este incremento podría estar relacionado con la mayor demanda de empresas industriales y otros sectores.

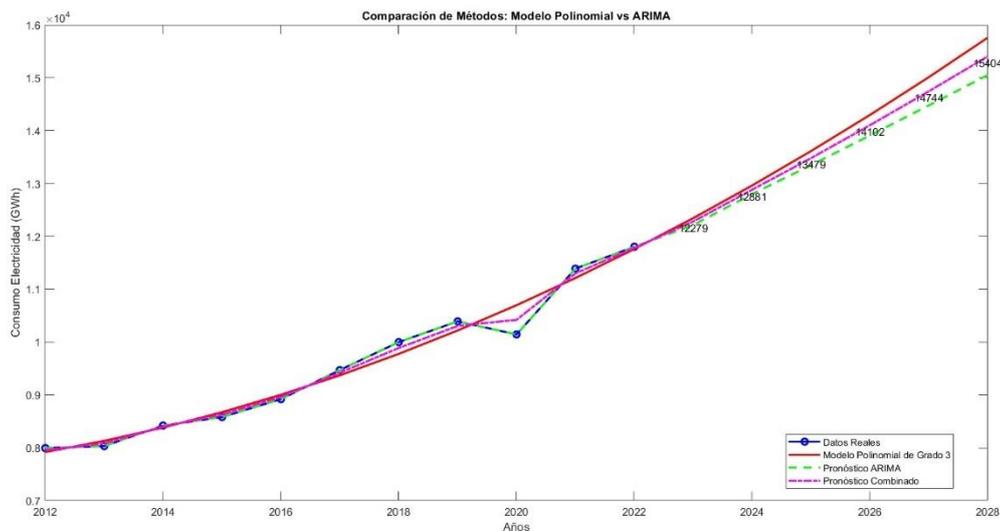


Figura 12 Comparación de Métodos: Modelo Polinomial vs ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 13** Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022" indica que ambos modelos han producido una disminución en el consumo a lo largo del tiempo. El modelo polinomial de grado 3 mostró un constante cambio en el error, mientras que desde 2019 y 2020 se produjo un aumento considerable, seguido de un descenso notorio entre 2020 y 2021. Por otro lado, el error generado por el modelo de pronóstico ARIMA ha sido desde cero desde el inicio del cálculo.

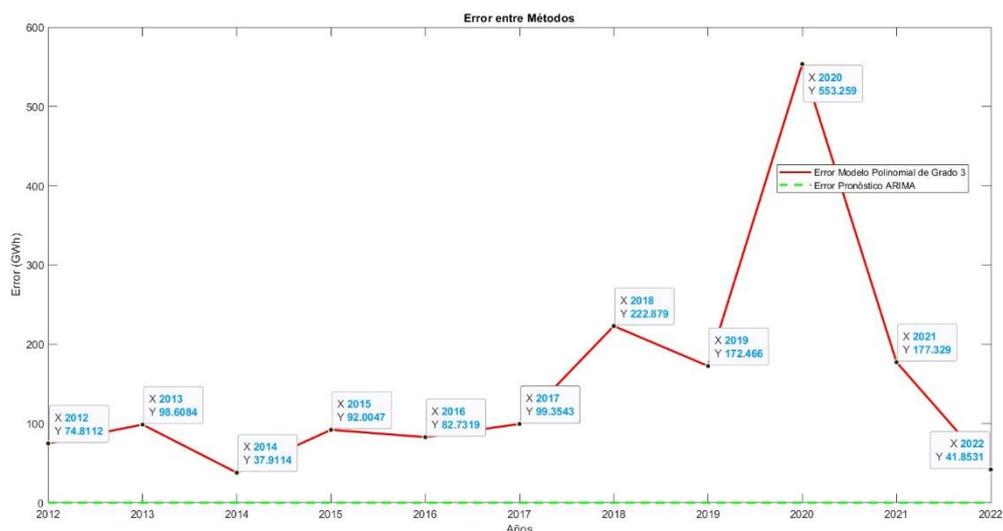


Figura 13 Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 14** muestra un gráfico que compara el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA.

- La figura de la izquierda, que utiliza el modelo polinomial de grado 3, observa una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, ya que los puntos están etiquetados desde X1 (2012) hasta X10 (2022), y existe una línea de mejor ajuste la que pasa por los puntos. La correlación en esta línea es de 0.98441 y un p-valor muy pequeño de 0.00000002283.
- Por otro lado, en la figura de la derecha, que se basa en el cual modelo Pronostico ARIMA, se evidencia una relación lineal positiva. La correlación de 1 y un p-valor de 0, esto quiere decir que todos los puntos pasan por la línea de ajuste lineal.

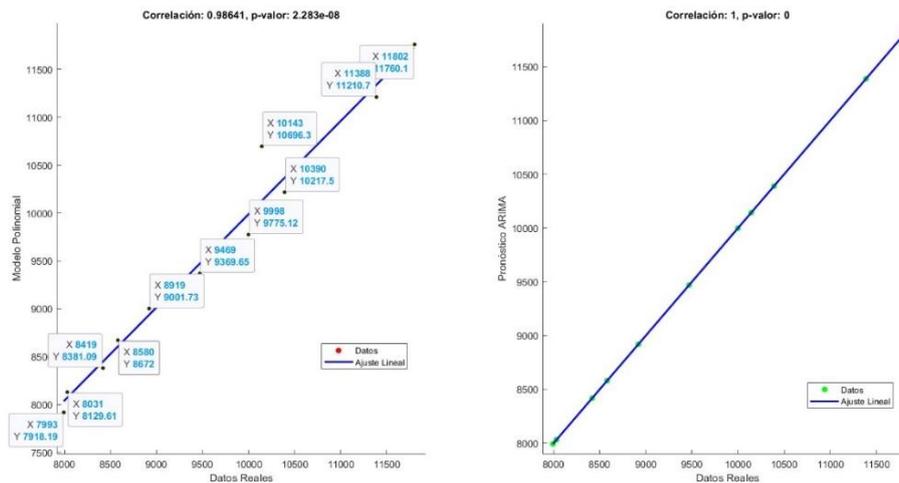


Figura 14 Correlación - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 15** representa un gráfico que analiza los residuos generados por los métodos utilizados.

- El modelo polinomial de grado 3, presenta la varianza de los residuos varia de gran manera a lo largo de los años. Se observan varios puntos alejados de la línea cero, lo cual quiere decir que hay errores más grandes en esos años, por ejemplo, en el año 2020 en donde se generó un error bastante grande.
- Mientras que, el modelo del pronóstico ARIMA indica errores más pequeños en comparación con el modelo polinomial, esto sugiere que posiblemente haya un mejor rendimiento en este modelo.

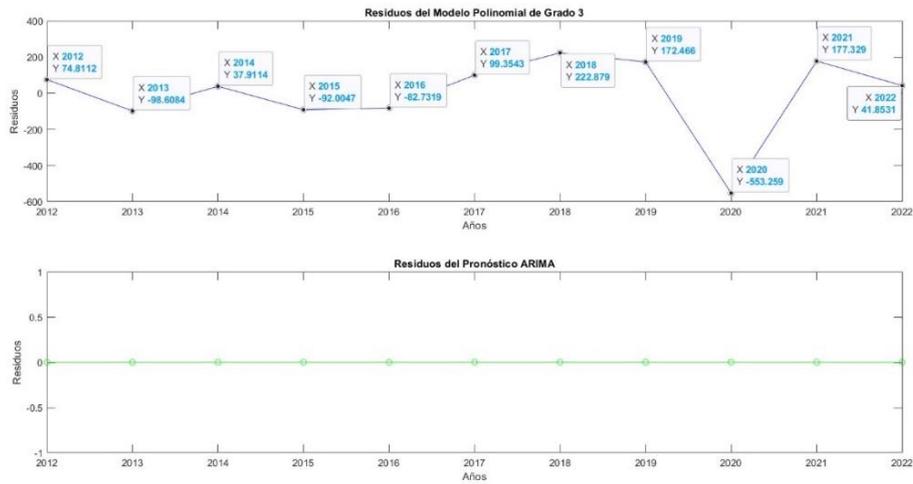


Figura 15 Residuos de Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 16** muestra una figura que revela información sobre los residuos de los dos modelos utilizados:

- los residuos del modelo polinomial de grado 3, presentan un un lag de crecimiento aproximado hasta el punto 4. A medida que el lag aumenta, la autocorrelación disminuye. Este modelo podrá beneficiarse de ajustes para reducir la autocorrelación en los residuos.
- Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

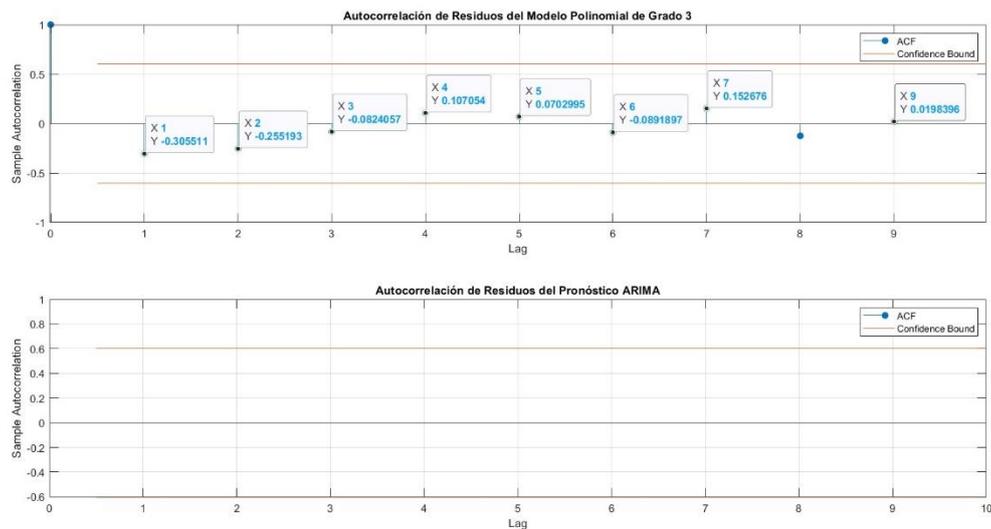


Figura 16 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3 y Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 17** presenta un análisis de errores generados por los modelos. El mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica que el rango de errores históricos y se encuentra entre los 7993 GW/h y 11802 GW/h y su mediana de errores es de 9469 GW/h. El modelo polinomial de tipos de rango se muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre los 7918 GW/h y 11760 GW/h, su mediana de errores es de aproximadamente 9369.65 GW/h. El pronóstico ARIMA tiene el mismo rango de errores, cambiando su mediana a 9459 GW/h.

Ambos modelos presentan un rango de errores similar, pero el pronóstico ARIMA tiene una mediana ligeramente mayor. Estos resultados son fundamentales para evaluar la precisión de las predicciones y tomar decisiones informadas en el análisis de consumo eléctrico.

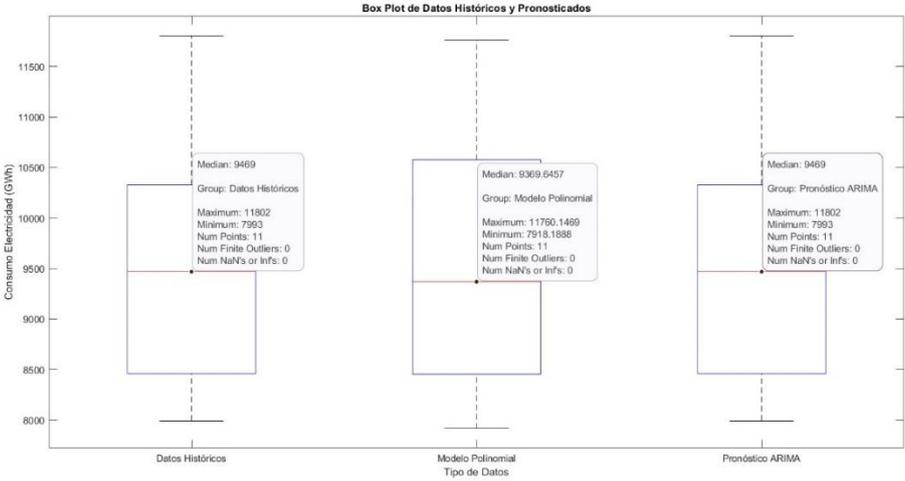


Figura 17 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"

3.1.2 Datos de consumo GLP (Miles Kg)

La **Figura 18** representa un gráfico de líneas que analiza datos reales calculados mediante el Pronóstico ARIMA y el Modelo Polinomial de Grado 3.

El dicho gráfico, se observa que el consumo de GLP en Ecuador ha experimentado un aumento considerable entre los años 2012 – 2022. El incremento más significativo se produjo desde 2018 hasta 2022, lo que implica que el GLP ha aumentado un 15.5% en comparación con los años anteriores.

El pronóstico ARIMA sugiere que el consumo de GLP en el Ecuador seguirá aumentando de manera considerable. Se estima que desde el 2022 hasta 2027, habrá un notable aumento, alcanzando 108631 miles Kg en el año 2027.

Es relevante considerar que este aumento de consumo de GLP podría estar relacionado con el incremento de actividades económicas como la expansión industrial y la transición de otros combustibles fósiles. Sin embargo, es importante destacar que el pronóstico generado hasta el 2027 es matemático y, como tal, puede presentar fallas. Por lo tanto, se debe ajustar de acuerdo a la curva real de consumo.

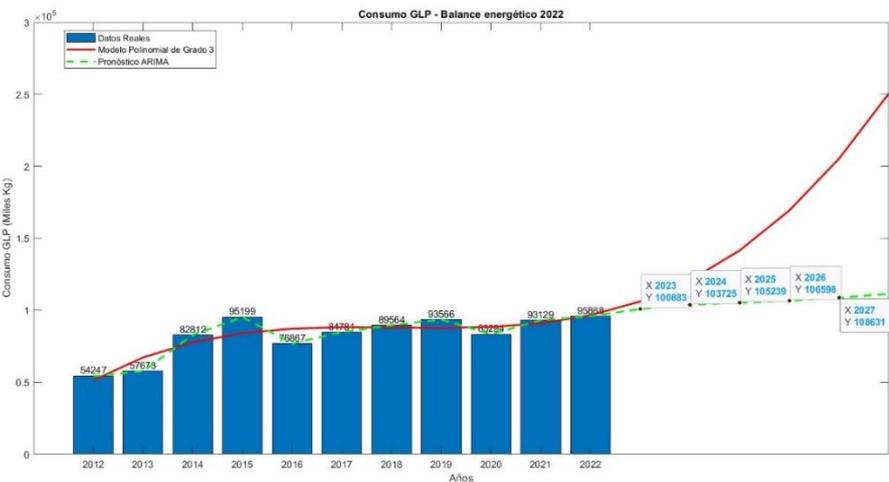


Figura 18 Consumo GLP - “Balance energético 2012 – 2022”

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** representa la correlación ambos modelos y genera un pronóstico combinado. Según este pronóstico combinado, se prevé que el consumo de GLP aumentará significativamente, llegando al año 2017 con un consumo de 108631 miles Kg.

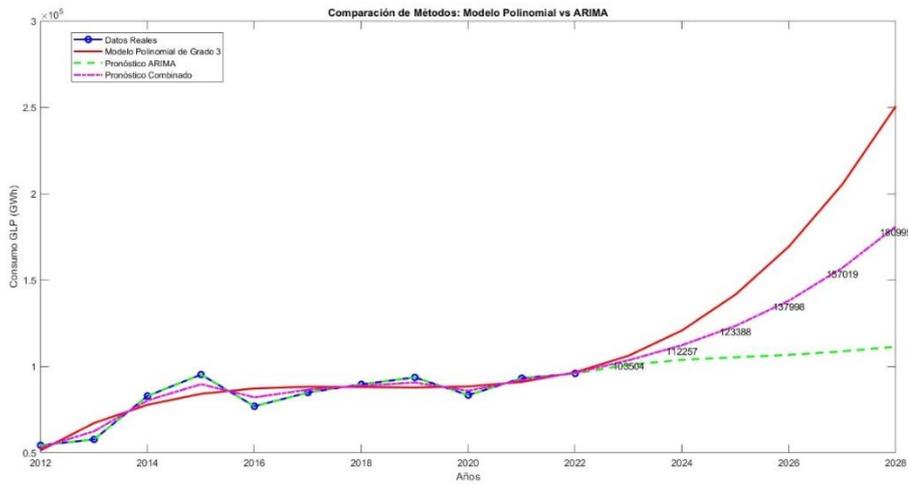


Figura 19 Comparación de Métodos: Modelo Polinomial vs ARIMA - “Balance energético 2012 – 2022”

La **Figura 20** **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** exhibe que ambos modelos han producido una disminución en el consumo a lo largo del tiempo. El modelo polinomial de grado 3 señaló un constante cambio en el error, mientras que desde 2012 y 2015 se produjo un aumento considerable, seguido de un descenso notorio entre 2016 y 2022. Por otro lado, el error generado por el modelo de pronóstico ARIMA ha sido desde cero desde el inicio del cálculo.

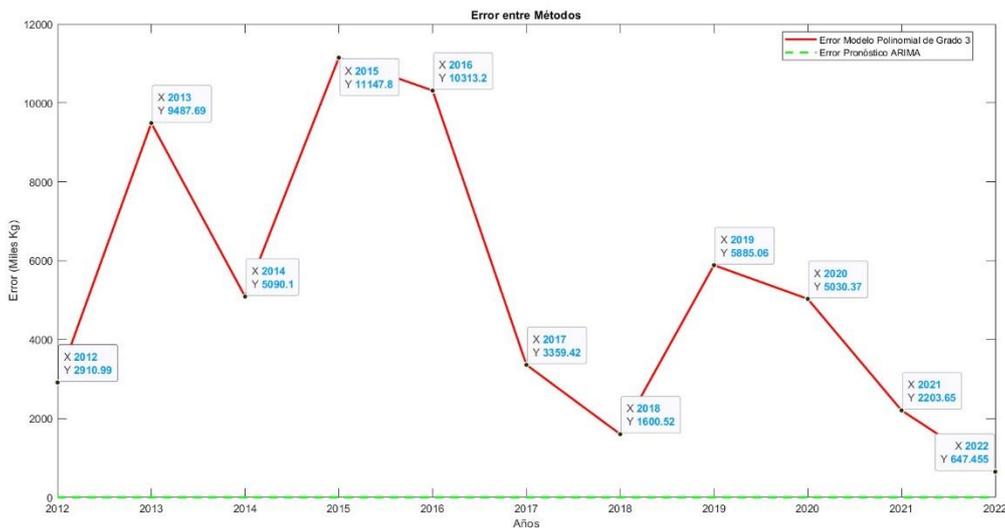


Figura 20 Error entre Métodos - “Balance energético 2012 – 2022”

La **Figura 21** compara el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA.

- La figura de la izquierda, que utiliza el modelo polinomial de grado 3, observa una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, ya que los puntos están etiquetados desde X1 (2012) hasta X10 (2022), y existe una línea de mejor ajuste la que pasa por los puntos. La correlación en esta línea es de 0.88941 y un p-valor muy pequeño de 0.00024767.
- Por otro lado, en la figura de la derecha, que se basa en el cual modelo Pronostico ARIMA, se evidencia una relación lineal positiva. La correlación de 1 y un p-valor de 1.3146e-69, esto quiere decir que todos los puntos pasan por la línea de ajuste lineal.

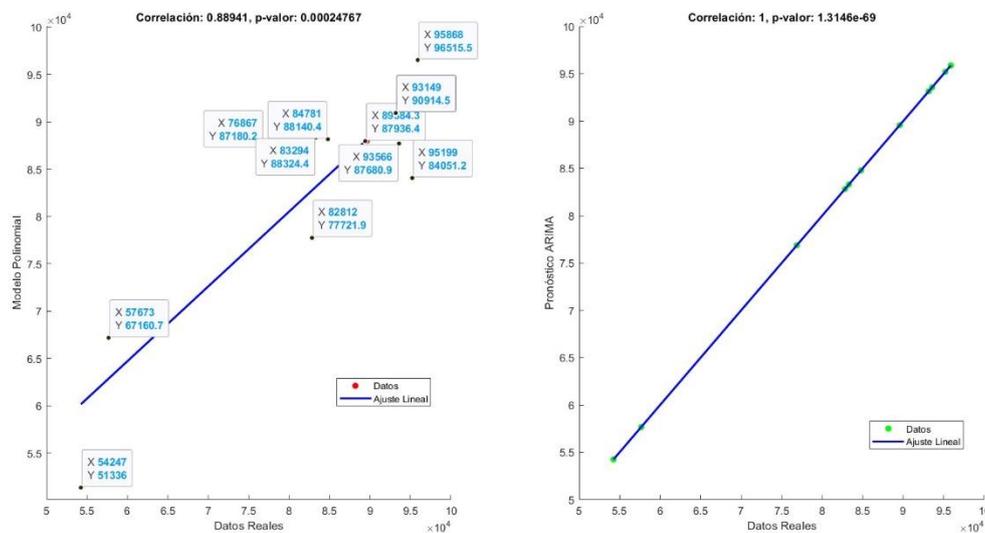


Figura 21 Correlación - “Balance energético 2012 – 2022”

La **Figura 22** orientó a una examinación de los residuos generados por los métodos utilizados.

- El modelo polinomial de grado 3, presenta la varianza de los residuos varia de gran manera a lo largo de los años. Se observan varios puntos alejados de la línea cero, lo cual quiere decir que hay errores más grandes en esos años, por ejemplo, en el año 2016 y en el año 2020 en donde se generó un error bastante grande.
- Mientras que, el modelo del pronóstico ARIMA no indica errores en comparación con el modelo polinomial, esto sugiere que posiblemente haya un mejor rendimiento en este modelo.

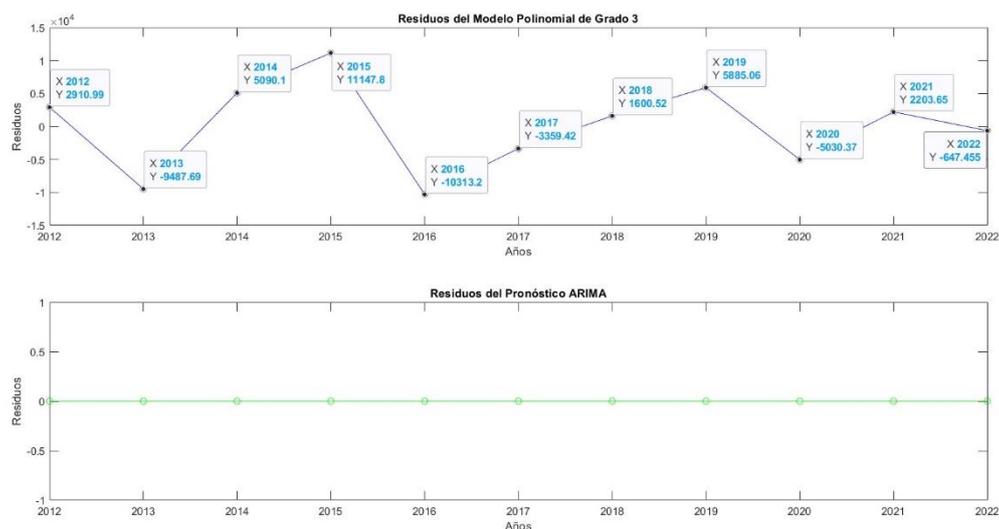


Figura 22 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - “Balance energético 2012 – 2022”

La **Figura 23** presenta los residuos de los dos modelos utilizados:

- Los residuos del modelo polinomial de grado 3, presentan un largo crecimiento aproximado en el punto 4 y un aumento en el punto 7. A medida que el lag aumenta, la autocorrelación disminuye. Este modelo podrá beneficiarse de ajustes para reducir la autocorrelación en los residuos.
- Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

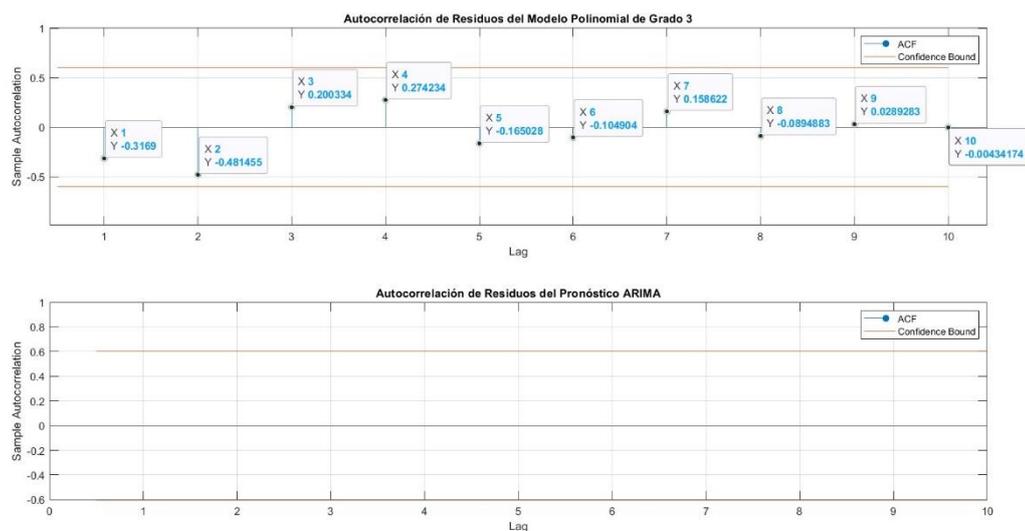


Figura 23 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3 y Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - “Balance energético 2012 – 2022”

La **Figura 24** es un análisis de errores generados por los modelos. El mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica que el rango de errores históricos y se encuentra entre 54247 miles Kg y 95868 miles Kg y su mediana de errores es de 9469 miles Kg. El modelo polinomial muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre los 51336.0137 miles Kg y 96515.4546 miles Kg, su mediana de errores es de aproximadamente 87680.936 miles Kg. El pronóstico ARIMA tiene el mismo rango de errores y la misma media. Ambos modelos presentan un rango de errores similar, pero el pronóstico ARIMA tiene una mediana ligeramente mayor. Estos resultados son fundamentales para evaluar la precisión de las predicciones y tomar decisiones informadas en el análisis de consumo de GLP.

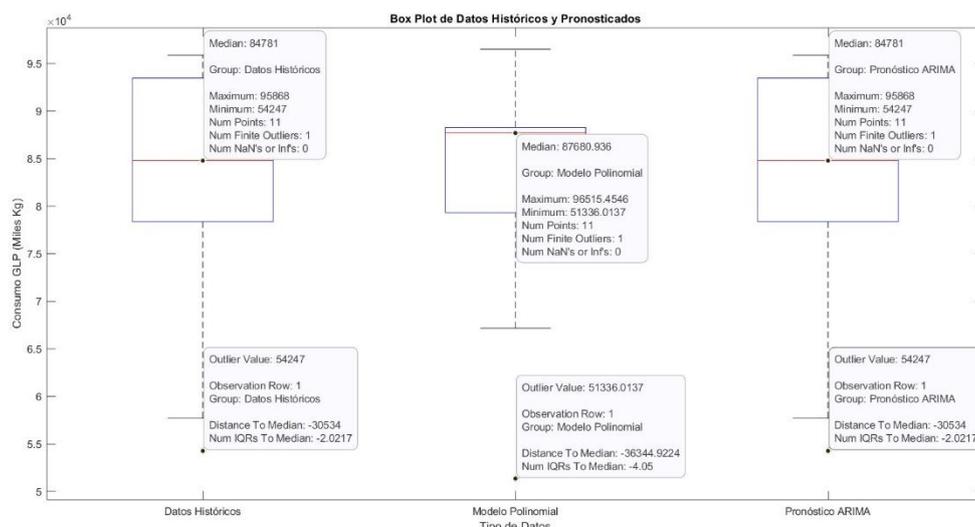


Figura 24 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"

3.1.3 Datos de consumo de Gasolina (Miles Gal)

La **Figura 25** representa un gráfico de líneas el cual analiza datos reales calculados mediante el Pronóstico ARIMA y el Modelo Polinomial de Grado 3.

Dicha figura, se observa que el consumo de Gasolina en Ecuador ha experimentado un aumento considerable entre los años 2012 – 2022. El incremento más significativo se produjo desde 2018 hasta 2022, lo que implica que la Gasolina ha aumentado de 0 a 2.5 galones en comparación con los años anteriores.

El pronóstico ARIMA sugiere que el consumo de Gasolina en el Ecuador seguirá aumentando de manera considerable. Se estima que desde el 2022 hasta 2027, habrá un notable aumento, alcanzando 9989 miles gal en el año 2027.

Es relevante considerar que este aumento de consumo de Gasolina podría estar relacionado con el incremento de precios en el petróleo y cambios de política. Sin embargo, es importante destacar que el pronóstico generado hasta el 2027 es matemático y, como tal, puede presentar fallas. Por lo tanto, se debe ajustar de acuerdo a la curva real de consumo.

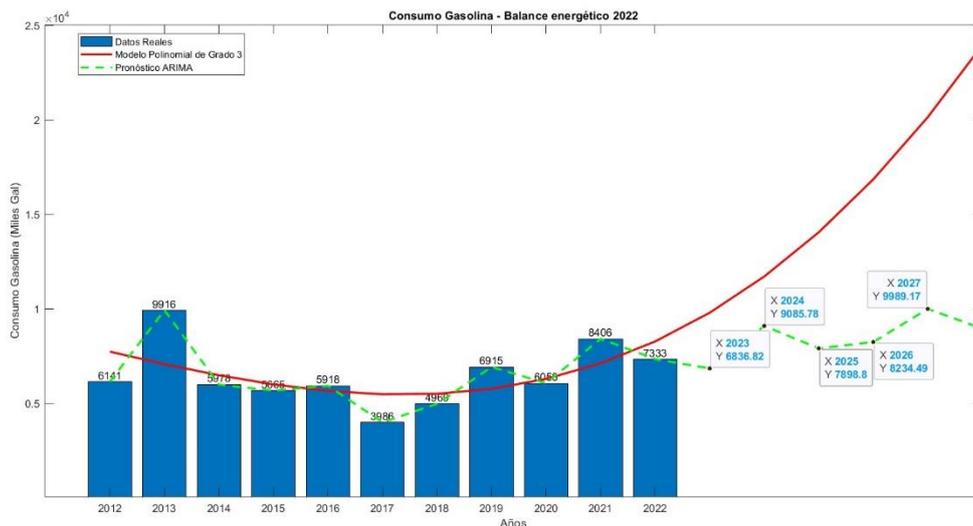


Figura 25 Consumo de Gasolina - "Balance energético 2012 - 2022"

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la lineal de comparación de los métodos del modelo polinomial con ARIMA. Esta figura representa la correlación ambos modelos y genera un pronóstico combinado. Según este pronóstico combinado, se prevé que el consumo de la Gasolina aumentará significativamente, llegando al año 2021 con un consumo de 7758.82 miles gal

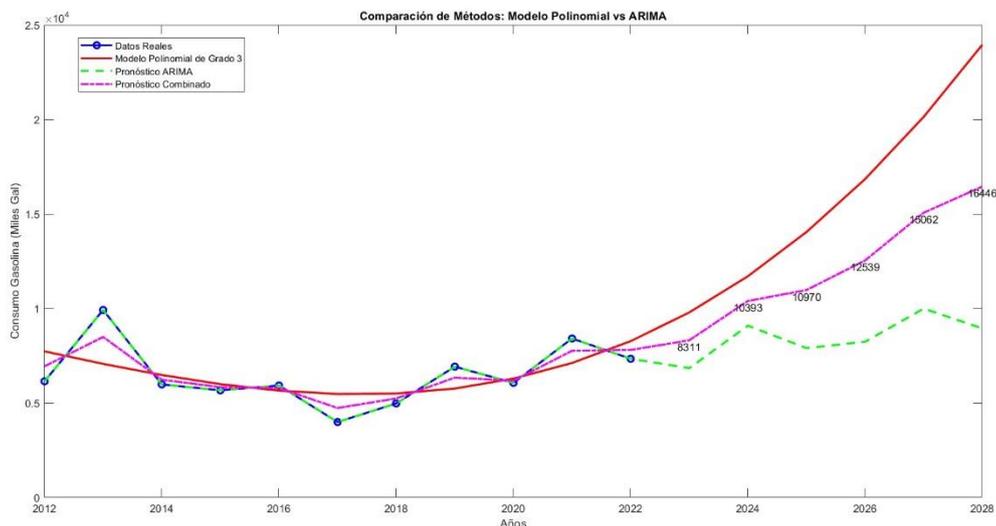


Figura 26 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 27** **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es un gráfico lineal que muestra los errores generados por los modelos utilizados para predecir el consumo de la Gasolina en la industria ecuatoriana.

La figura, se observa que ambos modelos han producido una disminución en el consumo a lo largo del tiempo. El modelo polinomial de grado 3 mostró un constante cambio en el error, mientras que desde 2017, 2019 y 2021 se produjo un aumento considerable, seguido de un descenso notorio entre 2014, 2018 y 2020. Por otro lado, el error generado por el modelo de pronóstico ARIMA ha sido desde cero desde el inicio del cálculo.

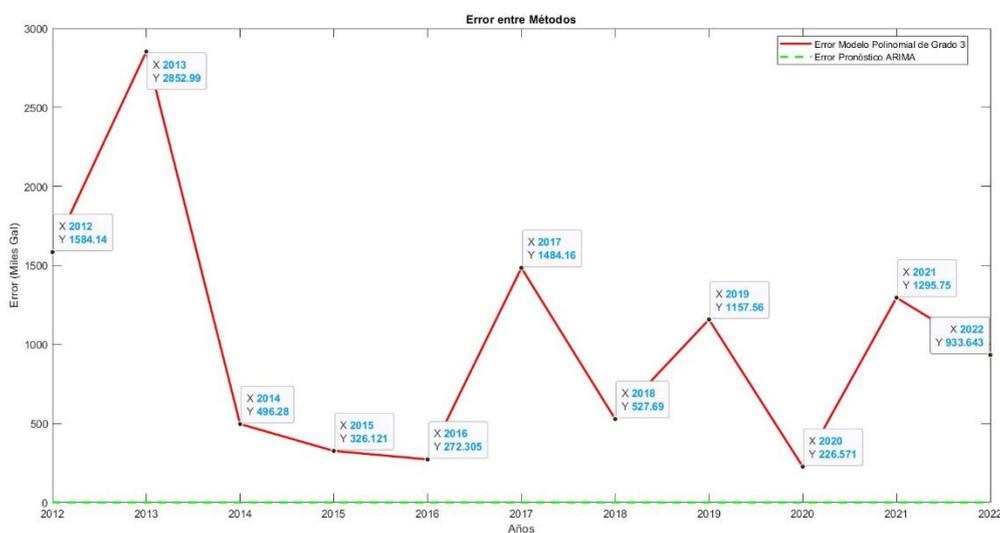


Figura 27 Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 28** es la comparan el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA.

- La figura de la izquierda, que utiliza el modelo polinomial de grado 3, observa una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, ya que los puntos están etiquetados desde X1 (2012) hasta X10 (2022), y existe una línea de mejor ajuste la que pasa por los puntos. La correlación en esta línea es de 0.58196 y un p-valor muy pequeño de 0.060342.
- Por otro lado, la figura de la derecha, que se basa en el cual modelo Pronostico ARIMA, se evidencia una relación lineal positiva. La correlación de 1 y un p-valor de 0, esto quiere decir que todos los puntos pasan por la línea de ajuste lineal.

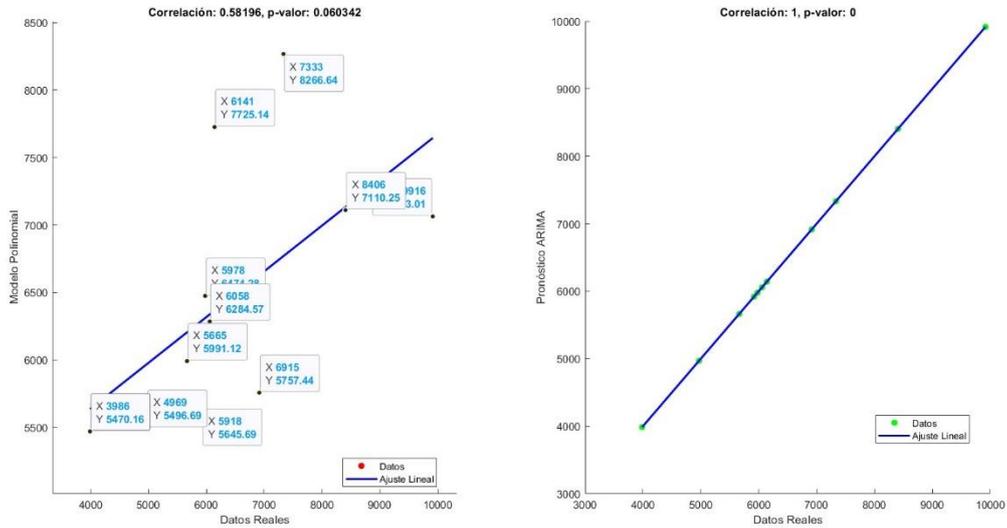


Figura 28 Correlación - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 29** es un análisis de los residuos generados por los métodos utilizados.

- El modelo polinomial de grado 3, presenta la varianza de los residuos varia de gran manera a lo largo de los años. Se observan varios puntos alejados de la línea cero, lo cual quiere decir que hay errores más grandes en esos años, por ejemplo, en el año 2013 y en el año 2017 en donde se generó un error bastante grande.

Mientras que, el modelo del pronóstico ARIMA no indica errores en comparación con el modelo polinomial, esto sugiere que posiblemente haya un mejor rendimiento en este modelo

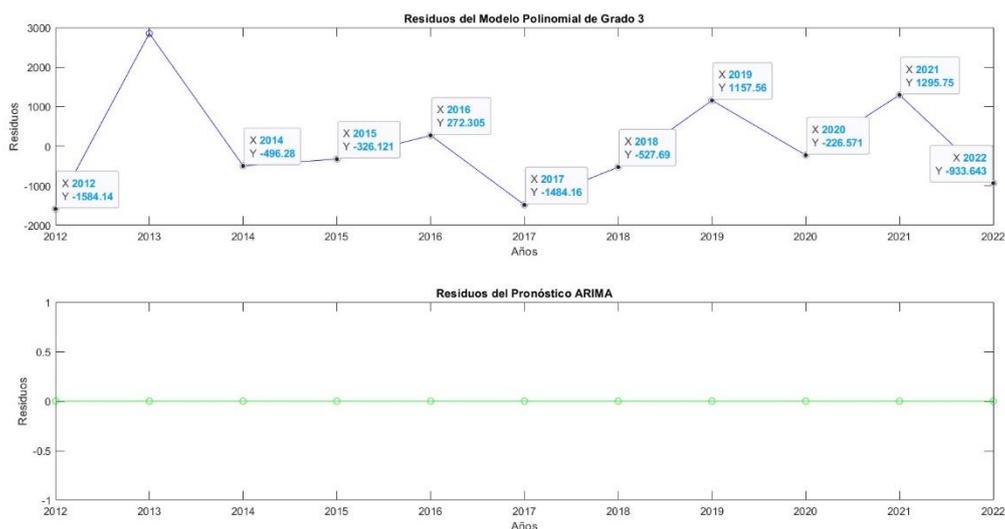


Figura 29 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 30** es la Autocorrelación de los Residuos y e modelo polinomial de grado 3 :

- Los residuos del modelo polinomial de grado 3, presentan un largo crecimiento aproximado en el punto 5 y un aumento en el punto 8. A medida que el lag aumenta, la autocorrelación disminuye. Este modelo podrá beneficiarse de ajustes para reducir la autocorrelación en los residuos.
- Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

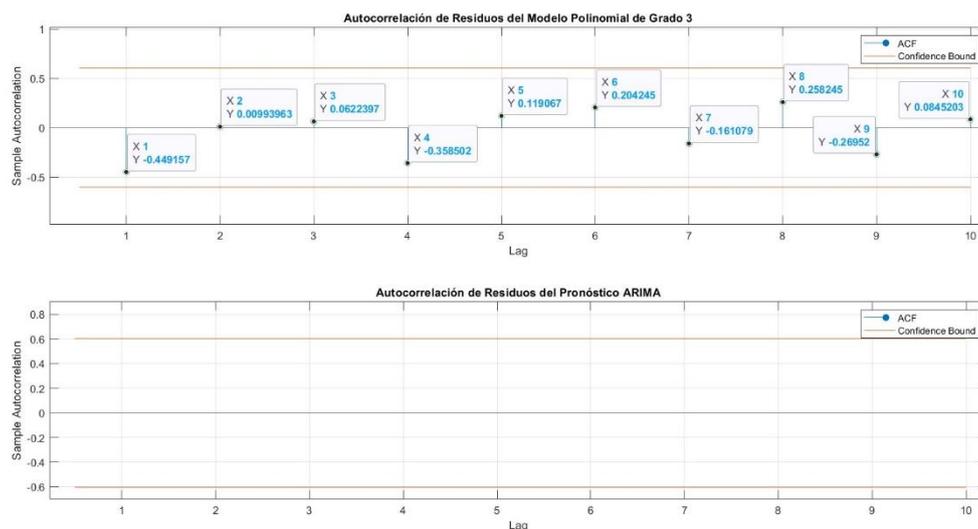


Figura 30 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 31** presenta un análisis de errores generados por los modelos. El mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica que el rango de errores históricos y se encuentra entre 3986 miles gal y 9916 miles gal y su mediana de errores es de 6058 miles gal. El modelo polinomial muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre los 5470.1632 miles gal y 8266.6433 miles gal, su mediana de errores es de aproximadamente 6584.5711 miles gal. El pronóstico ARIMA tiene el mismo rango de errores y la misma media.

Ambos modelos presentan un rango de errores similar, pero el pronóstico ARIMA tiene una mediana ligeramente mayor. Estos resultados son fundamentales para evaluar la precisión de las predicciones y tomar decisiones informadas en el análisis de consumo de la Gasolina.

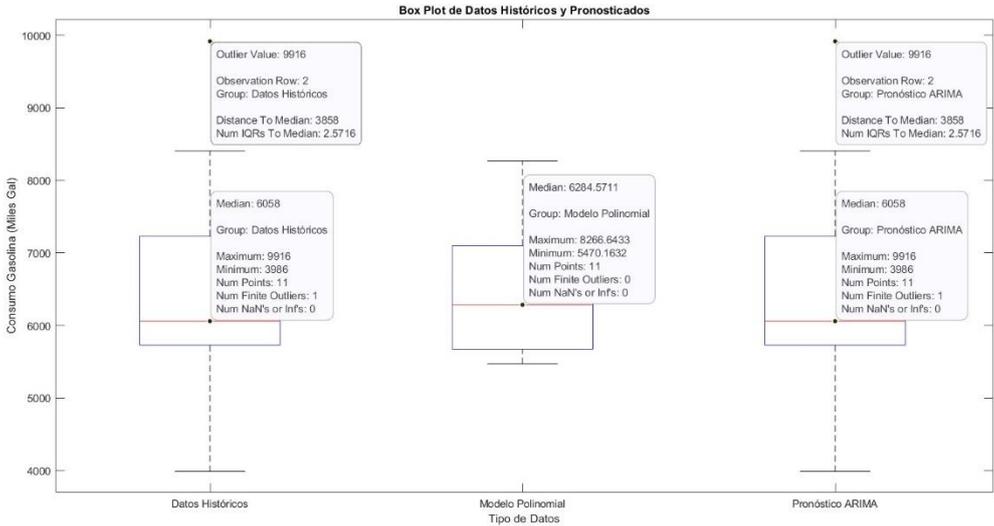


Figura 31 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"

3.1.4 Datos de consumo del Diésel (Miles Gal)

La **Figura 32** es un gráfico de lineal que da datos reales calculados mediante el Pronóstico ARIMA y el Modelo Polinomial de Grado 3.

En esta se observa que el consumo del Diesel en Ecuador ha experimentado un aumento considerable entre los años 2012 – 2022. El incremento más significativo se produjo desde 2018 hasta 2022, lo que implica que el Diesel ha aumentado de 0 a 2.6 miles gal en comparación con los años anteriores.

El pronóstico ARIMA sugiere que el consumo del Diesel en el Ecuador seguirá aumentando de manera considerable. Se estima que desde el 2022 hasta 2027, habrá un notable aumento, alcanzando 193720 miles gal en el año 2027.

Es relevante considerar que este aumento de consumo de Diesel podría estar relacionado con el incremento de actividades económicas como la expansión industrial y la transición de otros combustibles fósiles. Sin embargo, es importante destacar que el pronóstico generado hasta el 2027 es matemático y, como tal, puede presentar fallas. Por lo tanto, se debe ajustar de acuerdo a la curva real de consumo.

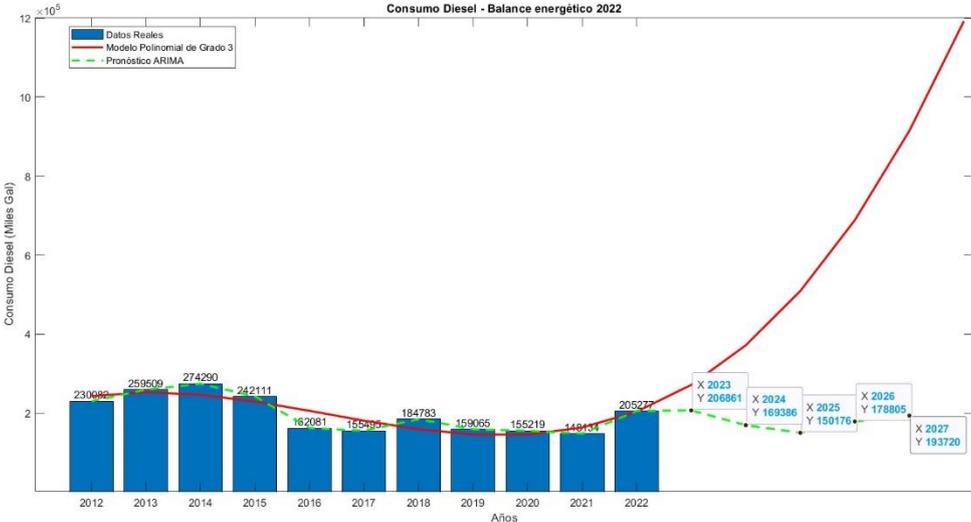


Figura 32 Consumo de Diesel - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 33** es un gráfico lineal que compara los métodos del modelo polinomial con ARIMA. Este gráfico representa la correlación ambos modelos y genera un pronóstico combinado. Según este pronóstico combinado, se prevé que el consumo del Diesel aumentará significativamente, llegando al año 2022 con un consumo de 204478 miles gal.

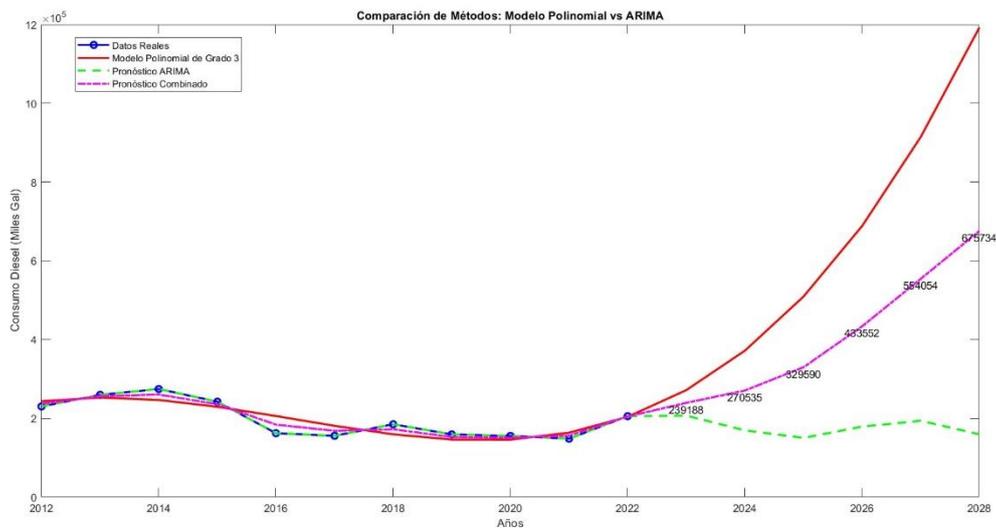


Figura 33 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 34** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ilustra los errores generados por los modelos utilizados para predecir el consumo del Diesel en la industria ecuatoriana.

Ambos modelos han producido una disminución en el consumo a lo largo del tiempo. El modelo polinomial de grado 3 mostró un constante cambio en el error, mientras que desde 2015 se produjo un aumento considerable, seguido de un descenso notorio desde 2017. Por otro lado, el error generado por el modelo de pronóstico ARIMA ha sido desde cero desde el inicio del cálculo.

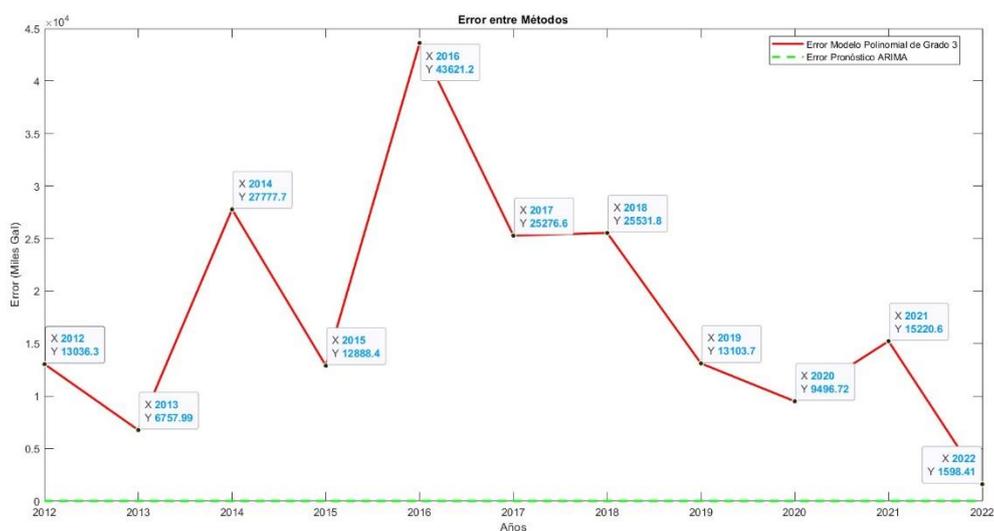


Figura 34 Error entre Métodos - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 35** es el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA.

- La figura 25 Datos reales de la izquierda, que utiliza el modelo polinomial de grado 3, observa una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, ya que los puntos están etiquetados desde X1 (2012) hasta X10 (2022), y existe una línea de mejor ajuste la que pasa por los puntos. La correlación en esta línea es de 0.88158 y un p- valor muy pequeño de 0.00033306.
- Por otro lado, en la figura Datos reales de la derecha, que se basa en el cual modelo Pronostico ARIMA, se evidencia una relación lineal positiva. La correlación de 1 y un p-valor de 2.1203e-70, esto quiere decir que todos los puntos pasan por la línea de ajuste lineal de correlación.

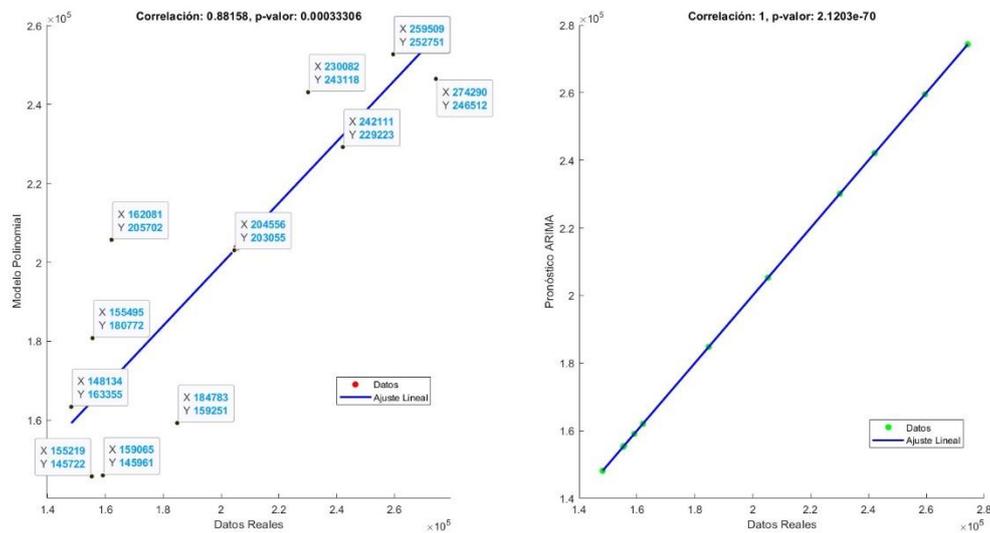


Figura 35 Correlación - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 36** analiza los residuos generados por los métodos utilizados.

- El modelo polinomial de grado 3, presenta la varianza de los residuos varia de gran manera a lo largo de los años. Se observan varios puntos alejados de la línea cero, lo cual quiere decir que hay errores más grandes en esos años, por ejemplo, en el año 2016 en do'nde se generó un error bastante grande.
- Mientras que, el modelo del pronóstico ARIMA no indica errores en comparación con el modelo polinomial, esto sugiere que posiblemente haya un mejor rendimiento en este modelo.

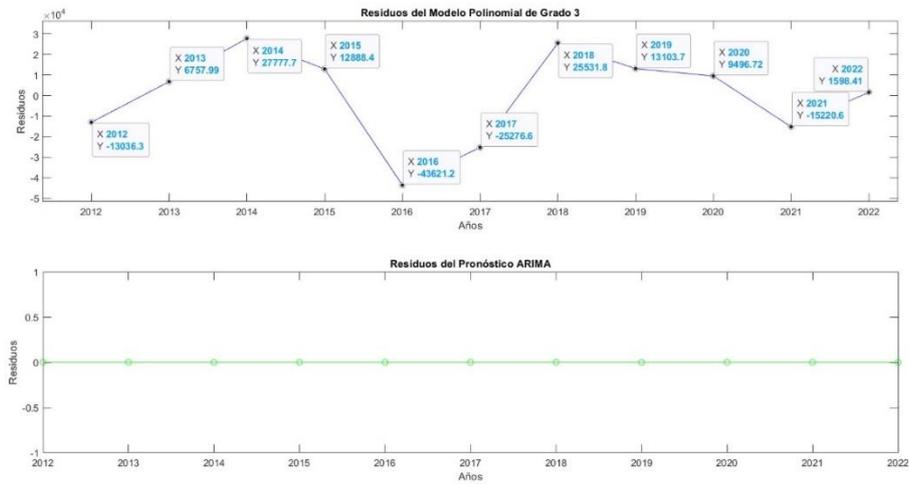


Figura 36 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 37** es el modelo de Autocorrelación de residuos y del modelo Polinomial de grado 3:

- Los residuos del modelo polinomial de grado 3, presentan un largo crecimiento aproximado en el punto 4 y un aumento en el punto 9. A medida que el lag aumenta, la autocorrelación disminuye. Este modelo podrá beneficiarse de ajustes para reducir la autocorrelación en los residuos.
- Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

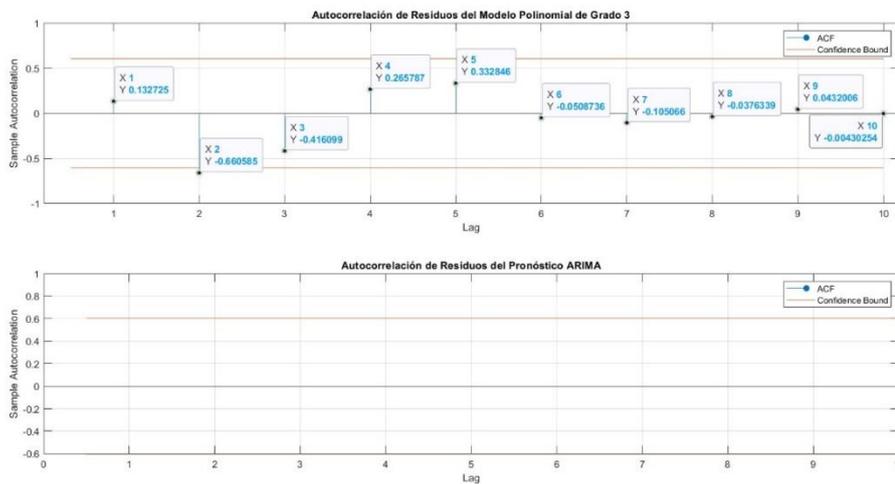


Figura 37 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "Balance energético 2012 - 2022"

La **Figura 38** es un análisis de errores generados por los modelos. El mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica que el rango de errores históricos y se encuentra entre

148134 miles gal y 274290 miles gal y su mediana de errores es de 184783miles gal. El modelo polinomial muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre los 145722.2803 miles gal y 252751.0059 miles gal, su mediana de errores es de aproximadamente 203678.5879 miles gal. El pronóstico ARIMA tiene el mismo rango de errores y la misma media.

Ambos modelos presentan un rango de errores similar, pero el pronóstico ARIMA tiene una mediana ligeramente mayor. Estos resultados son fundamentales para evaluar la precisión de las predicciones y tomar decisiones informadas en el análisis de consumo de la Gasolina.

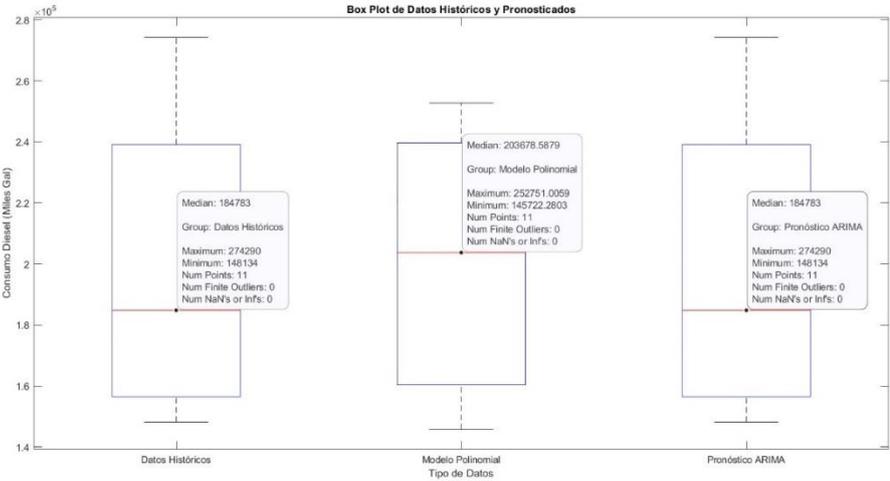


Figura 38 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "Balance energético 2012 - 2022"

3.2 Análisis de Resultados UNACEM S.A

Los datos utilizados en el siguiente análisis corresponden al consumo de electricidad, gasolina, Diesel, y han sido proporcionados por la empresa UNACEM S.A Hormigonera Selva Alegre – Planta Miravalle.

3.2.1 Datos de UNACEM S.A de Electricidad en semestres (GWh)

La Figura 39 es un gráfico líneal el cual es un análisis con datos reales calculados semestralmente con el Pronóstico ARIMA y el Modelo Polinomial de Grado 3.

La figura muestra que el consumo de electricidad de la empresa teniendo en cuenta que desde el 2020 hasta el 2023 que tenemos los datos exactos se generó un gran crecimiento de electricidad debido a que la empresa utiliza una gran variedad de implementos que utilizan electricidad como son: oficinas, bodega, laboratorio, despacho de hormigón y principalmente

la planta de hormigón, aunque hay que tomar en cuenta que esta planta de hormigón consume electricidad directamente de la empresa eléctrica y un gran porcentaje también del municipio de Quito.

El pronóstico ARIMA indica que el consumo de electricidad en la empresa tendrá un aumento de consumo de electricidad. De igual manera, este pronóstico nos indica que desde el primer semestre del 2022 hasta el segundo semestre del 2023 se ha generado una disminución de consumo de electricidad, se estima según este modelo que para el 2025 haya un consumo de 0.18 GW/h.

Mientras que el modelo polinomial de grado 3, indica que abra un decrecimiento notorio según este método, hasta el segundo semestre del 2024 habrá un decrecimiento hasta llegar al consumo 0, después de esos años existe una curva bastante negativa que genera números negativos, esto no quiere decir que el pronóstico generado hasta el 2024 sea exacto ya que es un modelo matemático el cual puede tener fallas y se debe ajustar de acorde a la curva que generé.

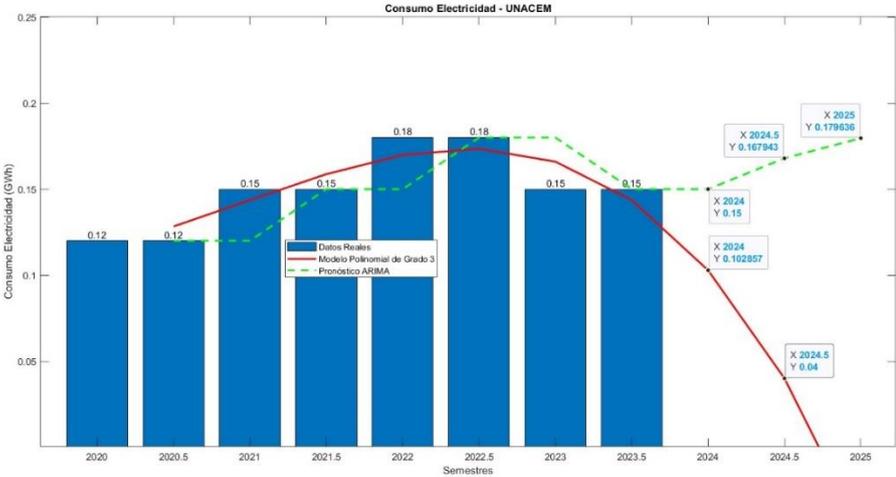


Figura 39 Consumo de Electricidad - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La Figura 40 es un gráfico lineal que indica la comparación de métodos entre el modelo polinomial vs ARIMA, el mismo que nos indica una correlación y genera un pronóstico combinado entre ambos métodos. En este pronostico combinado se aprecia que el consumo de electricidad fluctúa a lo largo del tiempo.

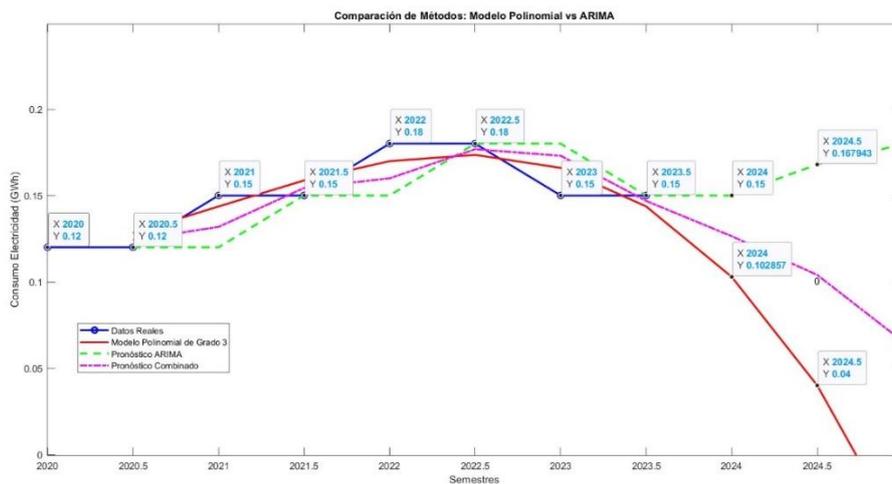


Figura 40 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

En la **Figura 41** se pudo apreciar que en ambos modelos se genera un gran error de los métodos en relación al consumo de electricidad con el tiempo. El error que indico el modelo polinomial de grado 3 tuvo un gran cambio ya que tomando en cuenta que se analizó por semestres hubo una gran variación del primer semestre en comparación con el segundo semestre, y hubo una gran variación en el primer semestre del 2023, aumentando de manera considerable para el segundo semestre.

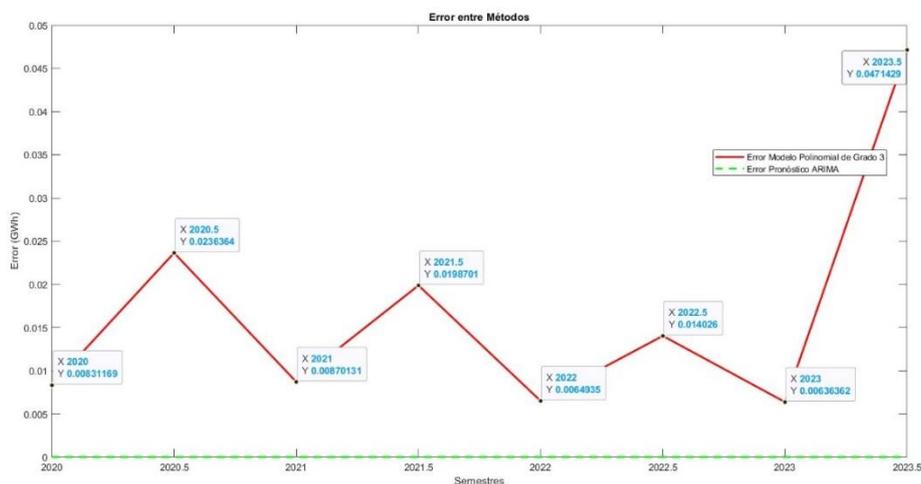


Figura 41 Error entre Métodos - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 42** presenta el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA. La figura de la izquierda el cual realiza el análisis mediante el modelo polinomial de grado 3 indica que hay una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, teniendo en cuenta que

existe una línea de mejor ajuste la cual pasa por los puntos. Sobre la línea, se genera un valor de correlación de 0.53195 y un p-valor de 0.17478

El pronóstico de la derecha el cual realiza el análisis mediante el modelo de pronóstico ARIMA indica una relación línea positiva.

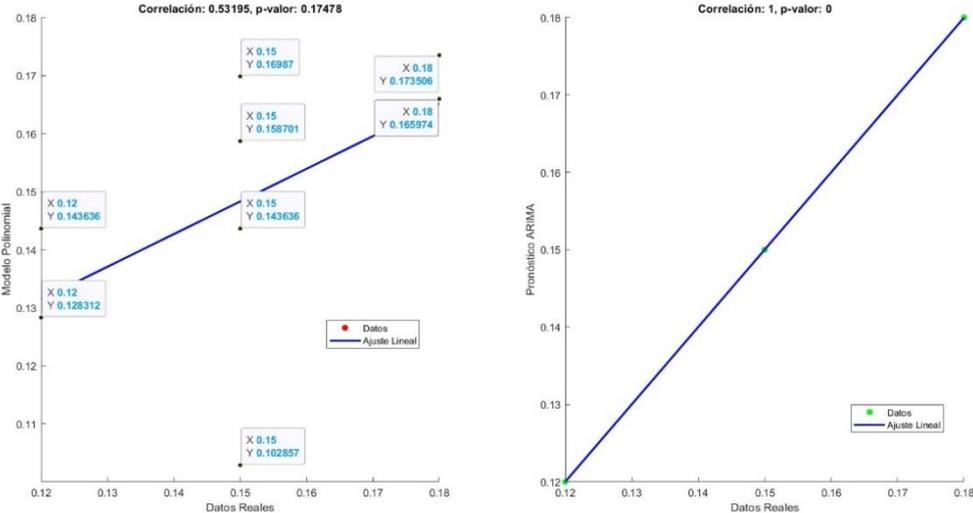


Figura 42 Correlación - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. La Figura 43 es un análisis los residuos generados por los métodos utilizados, el modelo polinomial de grado 3 indica que la varianza varia de gran manera a lo largo de los años, dando a conocer que tiene puntos negativos y puntos positivos los cuales no están tan alejados del cero. Mientras que el modelo del pronóstico ARIMA indica errores más pequeños sin alejarse de la línea base la cual es cero.

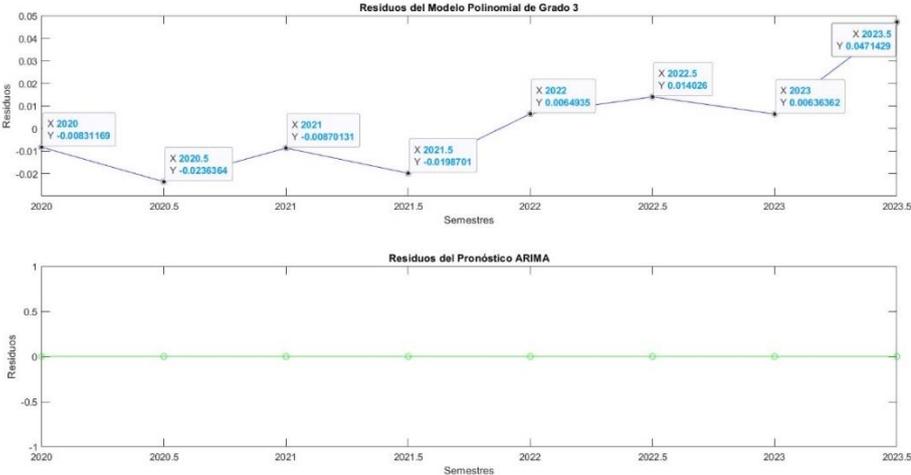


Figura 43 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 44** indica los residuos del modelo polinomial de grado 3 tienen un lag que desde el punto 1 hasta el punto 4 demuestra una disminución y a medida que el lag disminuye este modelo podría beneficiarse de ajustes para poder reducir la autocorrelación de residuos. Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

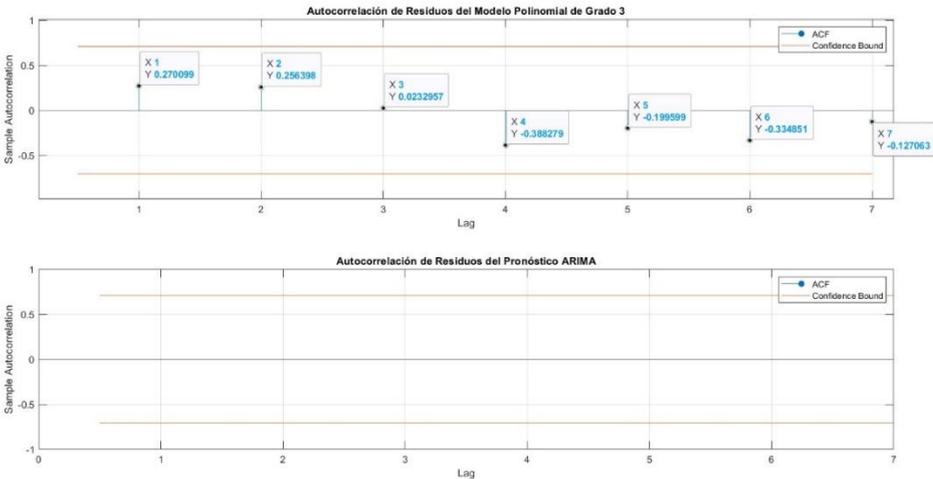


Figura 44 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La Figura 45 es el error generado por los modelos, el mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica el rango de errores históricos y se encuentra entre los 0.12 GW/h y 0.18 GW/h y su mediana de errores es 0.15 GW/h. El modelo polinomial muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre 0.10 GW/h y 0.17 GW/h, su mediana de errores es de aproximadamente 0.15 GW/h. El pronóstico ARIMA se encuentra entre los 0.12 GW/h y 0.18 GW/h y su mediana de errores es 0.15 GW/h.

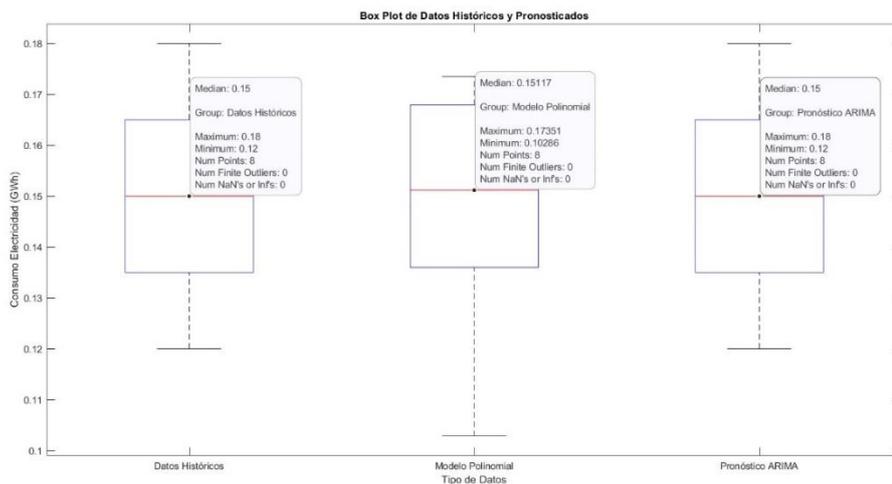


Figura 45 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

3.2.2 Datos de consumo UNACEM S.A de Gasolina en semestres (Miles Gal)

La **Figura 46** es un gráfico de línea que tiene un análisis con datos reales calculados semestralmente con el Pronóstico ARIMA y el Modelo Polinomial de Grado 3.

El gráfico muestra que el consumo de gasolina de la empresa teniendo en cuenta que desde el 2020 hasta el 2023 que tenemos los datos exactos se generó un gran decrecimiento de consumo de gasolina debido a que la empresa dejó de utilizar combustibles como la gasolina y solo se utiliza este combustible para ciertos lugares como son: taller de mantenimiento, uso de vehículos livianos y generador eléctrico.

El pronóstico ARIMA indica que el consumo de gasolina en la empresa tendrá un decrecimiento de consumo de gasolina. De igual manera, este pronóstico nos indica que desde el primer semestre del 2022 hasta el segundo semestre del 2023 se ha mantenido el consumo de gasolina, se estima según este modelo desde el 2024 existirá una reducción notable o en su defecto se deje de utilizar este tipo de combustibles en la empresa.

Mientras que el modelo polinomial de grado 3, indica que habrá un decrecimiento notorio según este método, desde el segundo semestre del 2023 habrá un decrecimiento hasta llegar al consumo 0, después de esos años existe una curva bastante negativa que genera números negativos, esto significa que el pronóstico generado hasta el 2024 sea exacto ya que es un modelo matemático el cual puede tener fallas y se debe ajustar de acuerdo a la curva que generé.

Figura 46

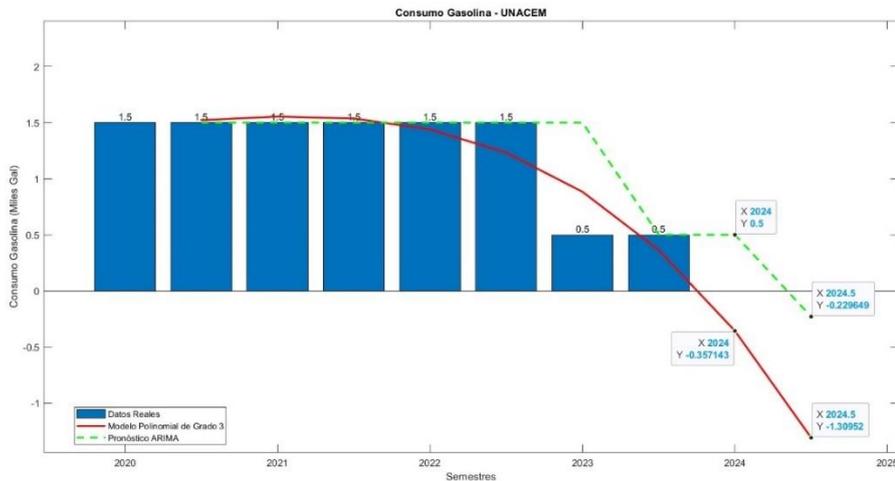


Figura 46 Consumo de Gasolina - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 47** es un gráfico lineal de comparación de métodos entre el modelo polinomial vs ARIMA, el mismo que nos indica una correlación y genera un pronóstico combinado entre ambos métodos. En este pronóstico combinado se aprecia que el consumo de gasolina fluctúa a lo largo del tiempo y se genera un decrecimiento de consumo de gasolina.

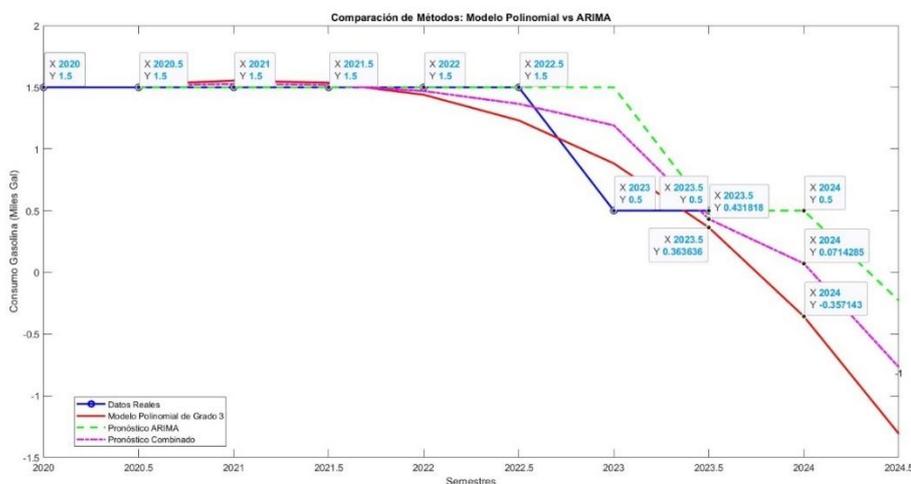


Figura 47 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 48** es un gráfico lineal en que ambos modelos se genera un gran error de los métodos en relación al consumo de gasolina con el tiempo. El error que indico el modelo polinomial de grado 3 tuvo un gran cambio ya que tomando en cuenta que se analizó por semestres hubo una gran variación del primer semestre, en comparación con el segundo semestre, y hubo una gran variación en el primer semestre del 2022, aumentando de manera considerable para el segundo

semestre del mismo año. Existió un decrecimiento en el 2023 y para el segundo semestre del 2023 hubo nuevamente un gran crecimiento.

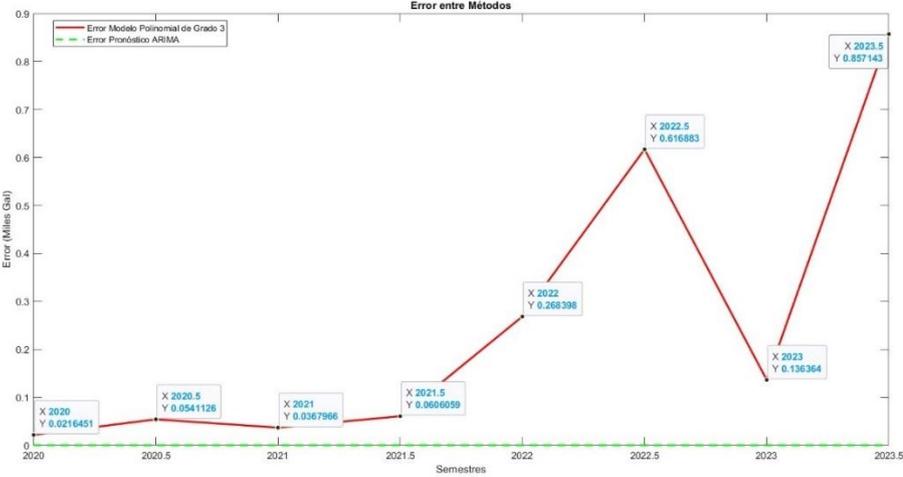


Figura 48 Error entre Métodos - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La Figura 49 es el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA. El grafico de la izquierda el cual realiza el análisis mediante el modelo polinomial de grado 3 indica que hay una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, teniendo en cuenta que existe una línea de mejor ajuste la cual pasa por los puntos. Sobre la línea, se genera un valor de correlación de 0.90582 y un p-valor de 0.0019438

El pronóstico de la derecha el cual realiza el análisis mediante el modelo de pronóstico ARIMA indica una relación línea positiva.

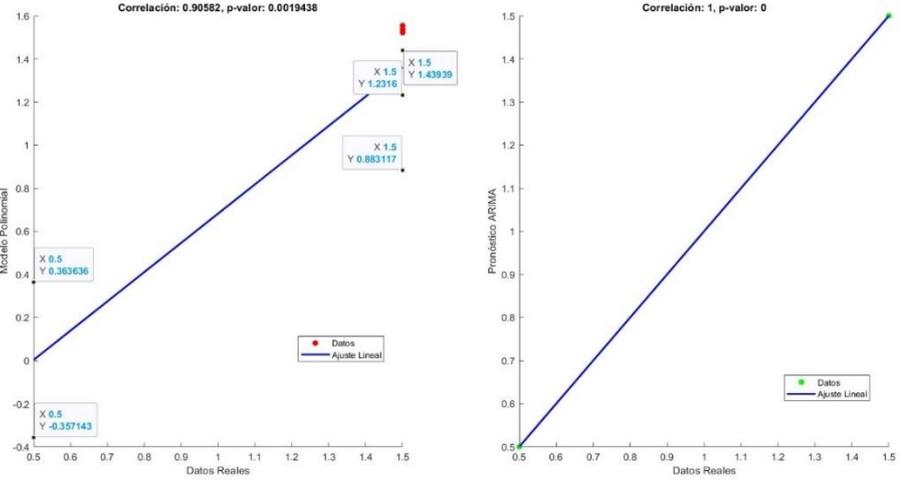


Figura 49 Correlación - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 50** analiza los residuos generados por los métodos utilizados, el modelo polinomial de grado 3 indica que la varianza varia de gran manera a lo largo de los años, dando a conocer que tiene puntos negativos y puntos positivos los cuales no están tan alejados del cero. Mientras que el modelo del pronóstico ARIMA indica errores más pequeños sin alejarse de la línea base la cual es cero.

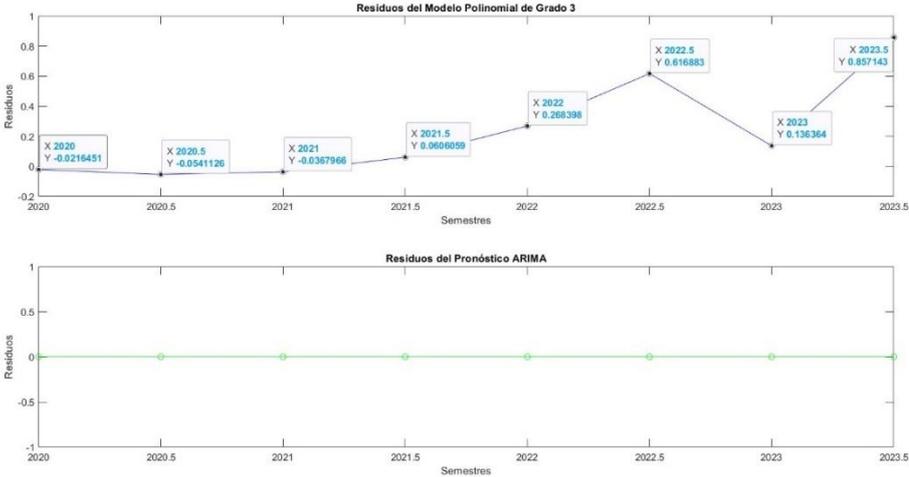


Figura 50 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 51** son los residuos del modelo polinomial de grado 3 tienen un lag que desde el punto 1 hasta el punto 4 demuestra una disminución y a medida que el lag disminuye este modelo podría beneficiarse de ajustes para poder reducir la autocorrelación de residuos. Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

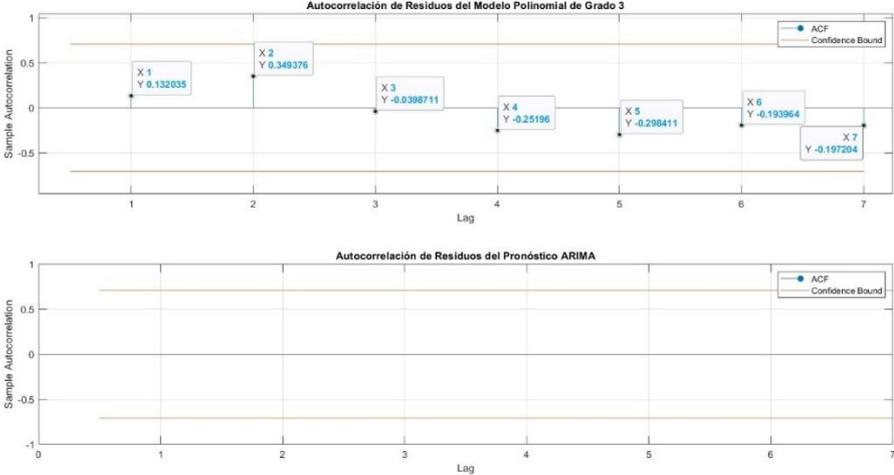


Figura 51 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 52** indica el error generado por los modelos, el mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica el rango de errores históricos y se encuentra entre los 0.5 Miles Gal y 1.5 Miles Gal y su mediana de errores es 1.5 Miles Gal. El modelo polinomial muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre -0.3 Miles Gal y 1.5 Miles Gal, su mediana de errores es de aproximadamente 1.33 Miles Gal. El pronóstico ARIMA se encuentra entre los 0.5 Miles Gal y 0.18 Miles Gal y su mediana de errores es 1.5 Miles Gal.

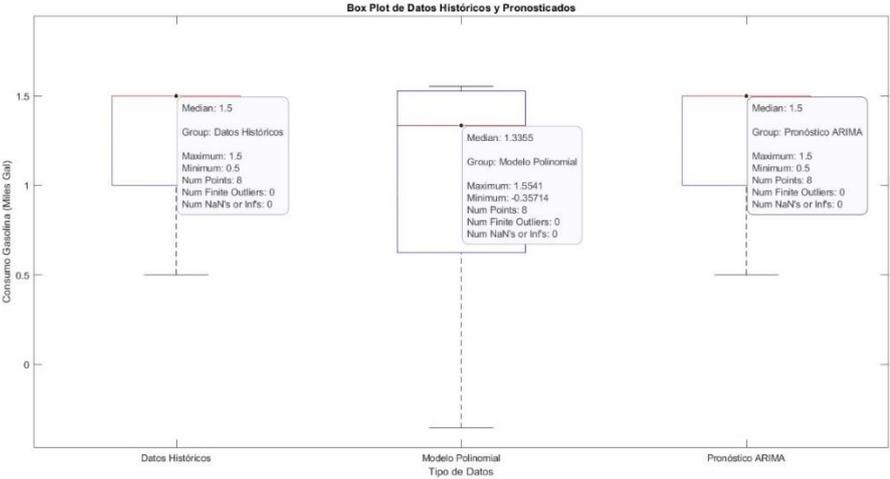


Figura 52 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

3.2.3 Datos de consumo UNACEM del Diésel en semestres (Miles Gal)

La **Figura 53** nos indica el consumo de Diesel de la empresa con datos exactos desde el 2020 hasta el 2023, se observó un gran crecimiento de consumo de Diesel debido a que la empresa empezó a consumir más Diesel con la obtención de nuevos vehículos pesador que consumen Diesel.

El pronóstico ARIMA indica que el consumo de Diesel en la empresa tendrá un crecimiento de consumo de Diesel. De igual manera, este pronóstico nos indica que con el consumo de este combustible hay una amplia posibilidad de seguir siendo dependientes de los combustibles fósiles.

Mientras que el modelo polinomial de grado 3, indica que abra un decrecimiento notorio según este método, después del segundo semestre del 2023 existirá una curva bastante negativa, esto no quiere decir que el pronóstico generado hasta el 2024 sea exacto ya que es un modelo

matemático el cual puede tener fallas y se debe ajustar de acorde a la curva que generé. **Figura 46**

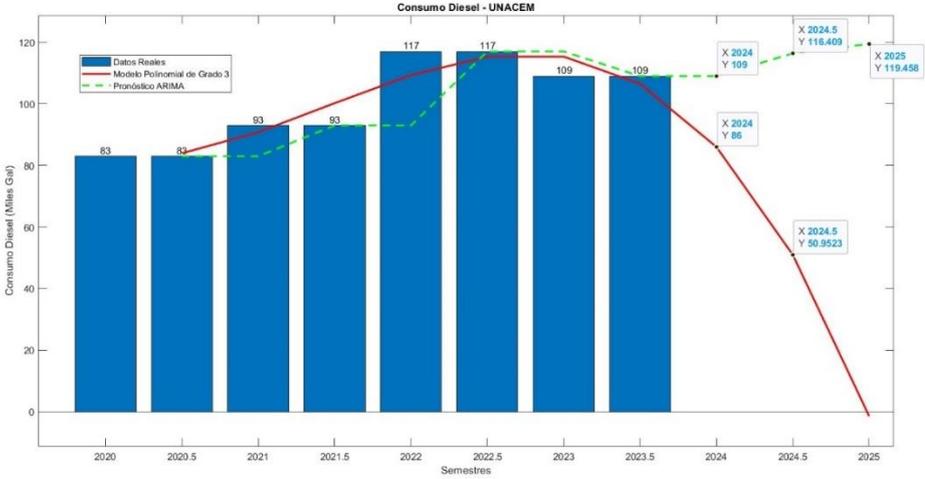


Figura 53 Consumo de Diesel - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 54** indica la comparación de métodos entre el modelo polinomial vs ARIMA, el mismo que nos indica una correlación y genera un pronóstico combinado entre ambos métodos. En este pronóstico combinado se aprecia que se seguirá utilizando el consumo de Diesel para poder seguir movilizandolos vehículos. Aunque debido al decrecimiento que se analiza en el modelo polinomial sería una buena opción seguir buscando soluciones y opciones alteras para realizar el transporte de hormigón en caso de que los combustibles fósiles empiecen a terminarse.

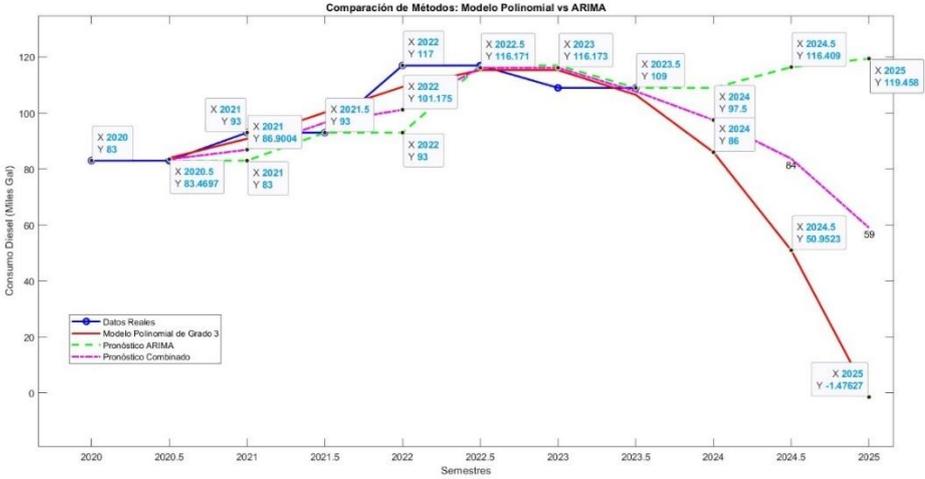


Figura 54 Comparación de Métodos - Modelo Polinomial vs ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 55** muestra que en ambos modelos generan un gran error de los métodos en relación al consumo de Diesel con el tiempo. El error que indico el modelo polinomial de grado 3 tuvo un gran cambio ya que tomando en cuenta que se analizó por semestres hubo una gran variación del primer semestre, en comparación con el segundo semestre, y hubo una gran variación desde el segundo semestre del 2020 y en el primer semestre del 2022.

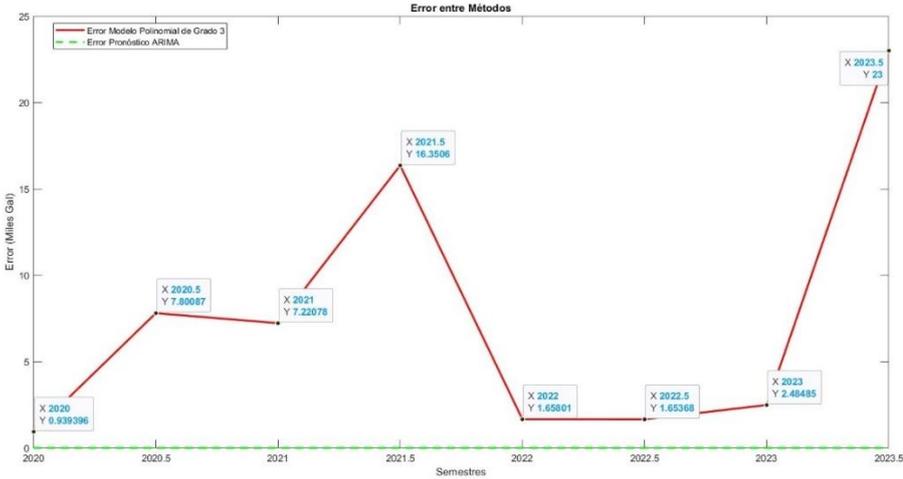


Figura 55 Error entre Métodos - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 56** es el error generado por el modelo polinomial y el pronóstico ARIMA. La figura de la izquierda el cual realiza el análisis mediante el modelo polinomial de grado 3 indica que hay una relación positiva entre los datos reales y los pronósticos, teniendo en cuenta que existe una línea de mejor ajuste la cual pasa por los puntos. Sobre la línea, se genera un valor de correlación de 0.64251 un resultado moderadamente positivo y un p-valor de 0.085785 que no es estadísticamente significativo al nivel 0.05.

El pronóstico de la derecha el cual realiza el análisis mediante el modelo de pronóstico ARIMA indica una relación línea positiva.

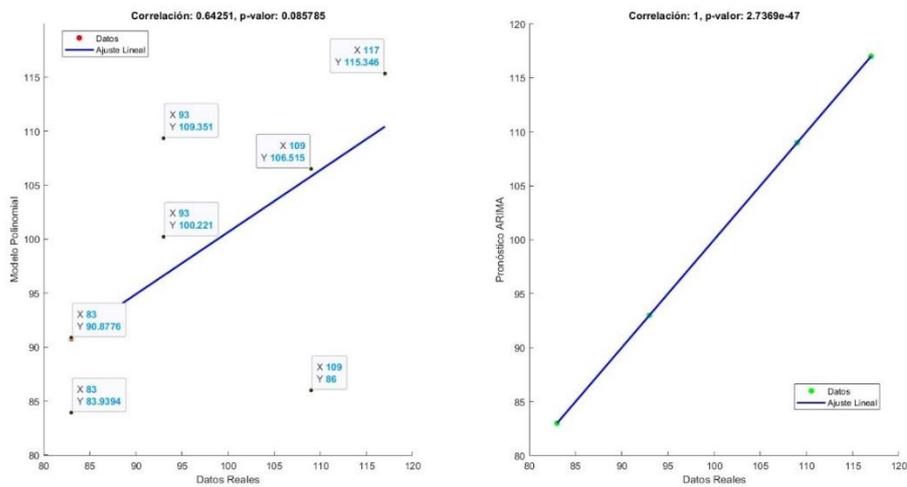


Figura 56 Correlación - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 57** son los residuos generados por los métodos utilizados, el modelo polinomial de grado 3 indica que la varianza varia de gran manera a lo largo de los años, dando a conocer que tiene puntos negativos y puntos positivos los cuales no están tan alejados del cero. Mientras que el modelo del pronóstico ARIMA indica errores más pequeños sin alejarse de la línea base la cual es cero.

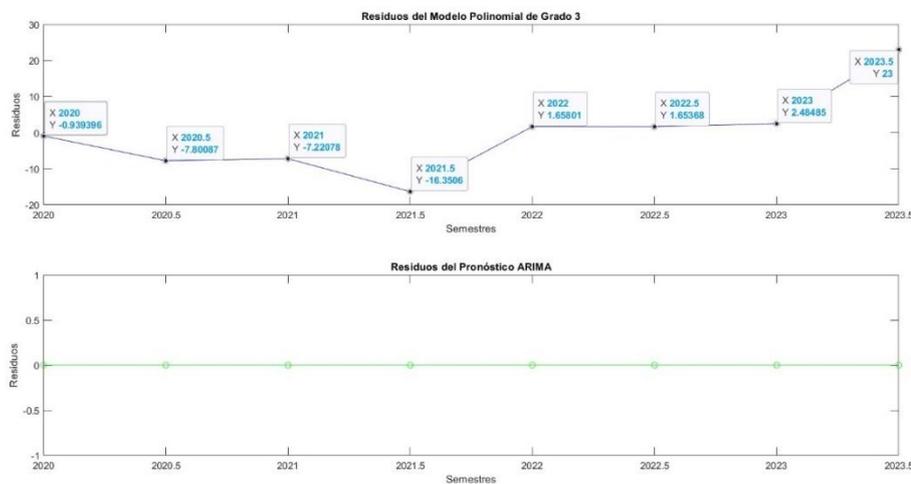


Figura 57 Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 58** exhibe los residuos del modelo polinomial de grado 3 tienen un lag que desde el punto 1 hasta el punto 3 demuestra una disminución y a medida que el lag disminuye este modelo podría beneficiarse de ajustes para poder reducir la autocorrelación de residuos. Los residuos del pronóstico ARIMA no indican autocorrelación.

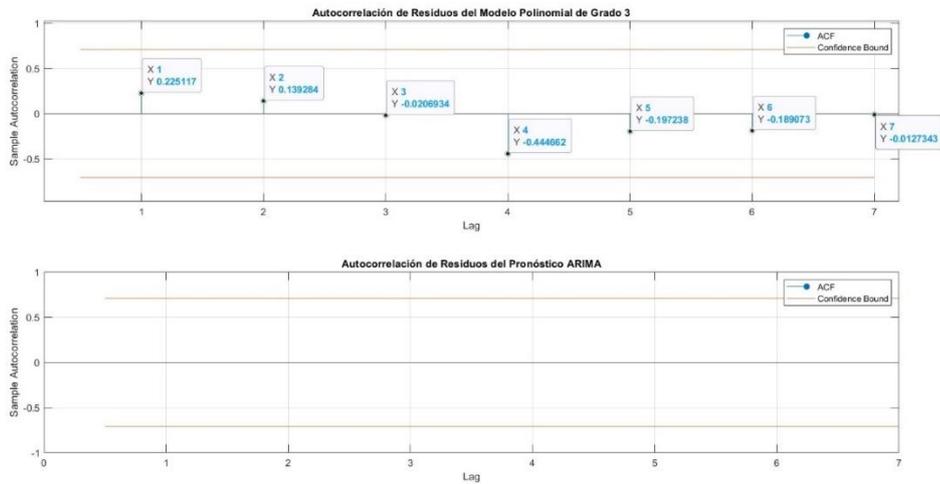


Figura 58 Autocorrelación de Residuos del Modelo Polinomial de Grado 3, Autocorrelación de Residuos del Pronóstico ARIMA - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

La **Figura 59** es un análisis que indica el error generado por los modelos, el mismo que genera un análisis con datos históricos y nos indica el rango de errores históricos y se encuentra entre los 83 Miles Gal y 117 Miles Gal y su mediana de errores es 101 Miles Gal. El modelo polinomial muestra que su rango de errores se encuentra aproximadamente entre 84 Miles Gal y 115 Miles Gal, su mediana de errores es de aproximadamente 103 Miles Gal. El pronóstico ARIMA se encuentra entre los 83 Miles Gal y 117 Miles Gal y su mediana de errores es 101 Miles Gal.

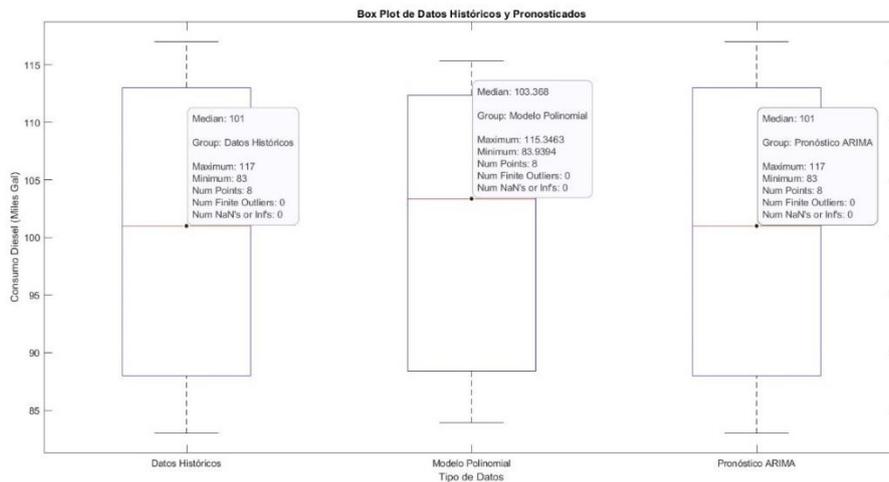


Figura 59 Box Plot de Datos Históricos y Pronosticados - "UNACEM S.A. 2020 - 2023"

3.2.4 Figuras con el modelo ARIMA – Distribución Gaussiana

La **Figura 60** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar que es un valor reamente alterado, este nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

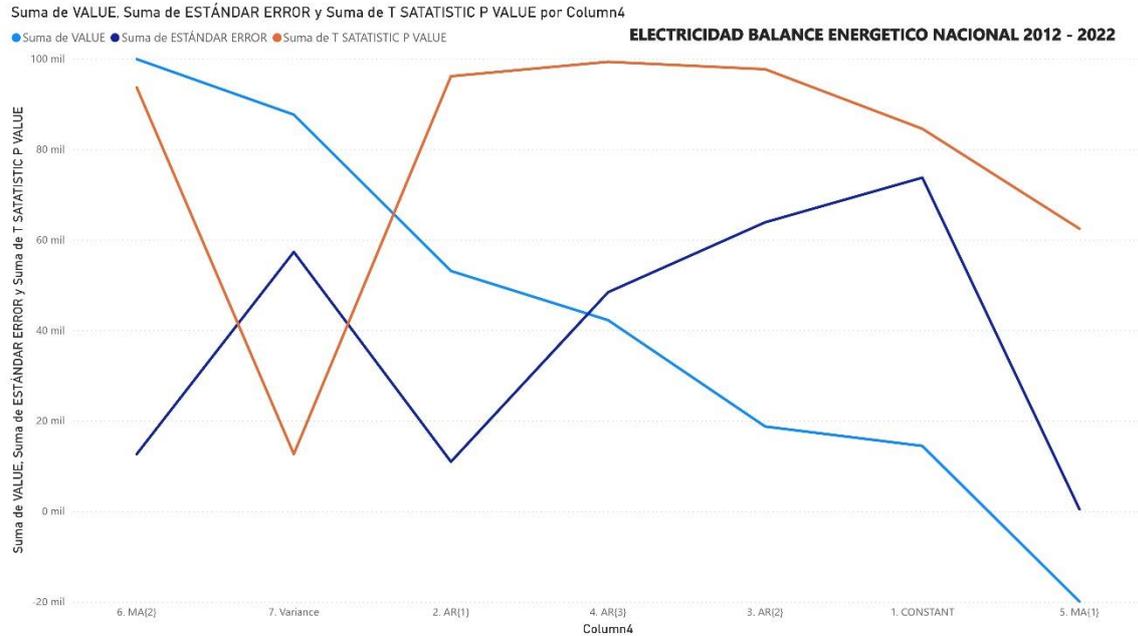


Figura 60 Distribución Gaussiana - Electricidad "Balance energético nacional 2022"

La **Figura 61** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar, en este se muestra un nivel normal sin alteraciones, este nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

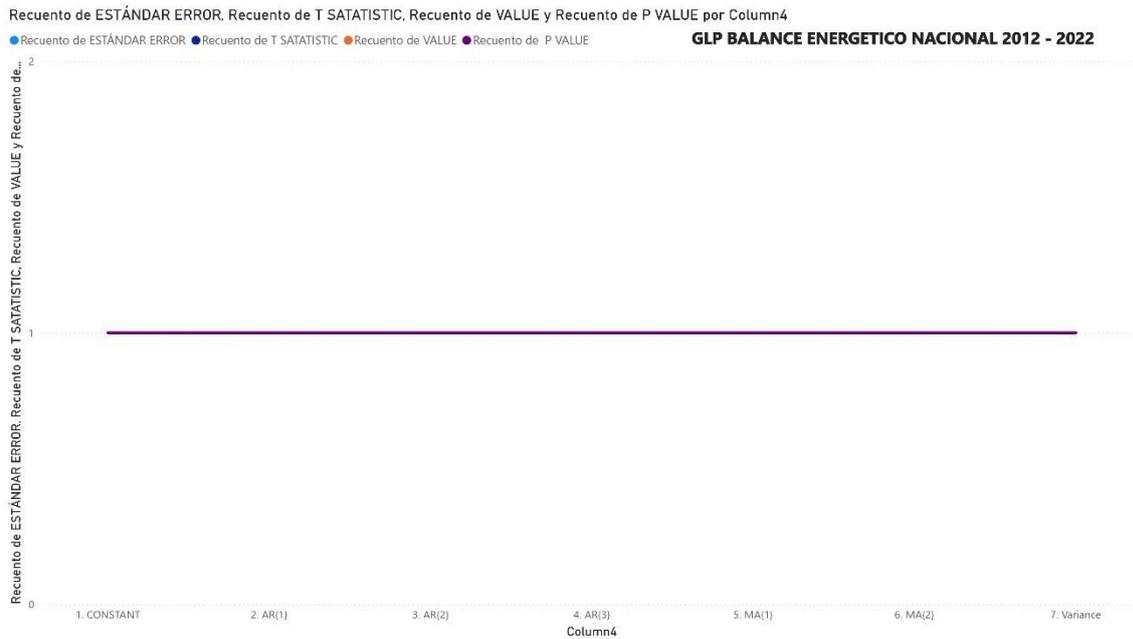


Figura 61 Distribución Gaussiana - GLP "Balance energético nacional 2022"

La **Figura 62** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar, en este se muestra un nivel de disminución, este nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

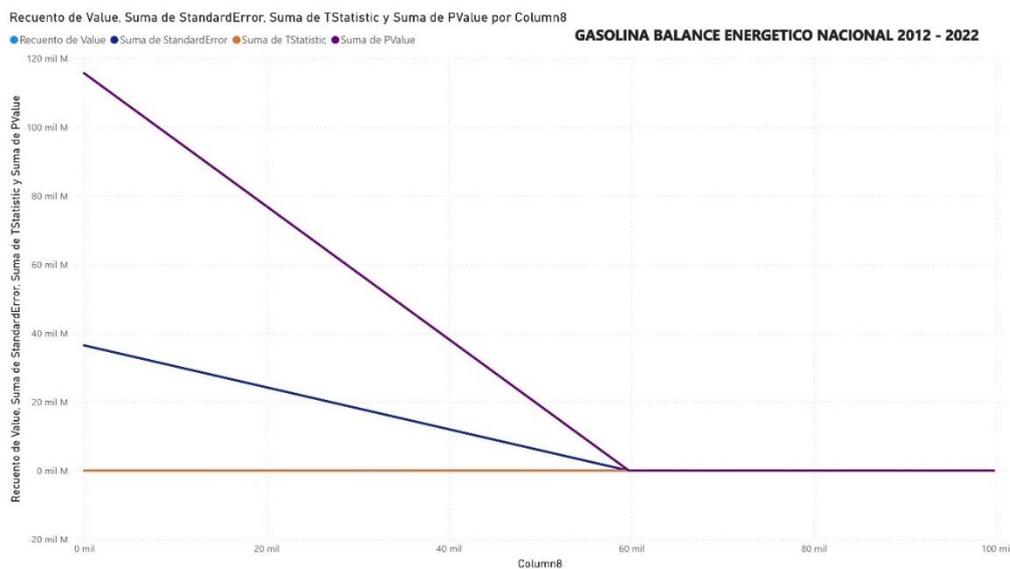


Figura 62 Distribución Gaussiana - Gasolina "Balance energético nacional 2022"

La **Figura 63** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar, en este se muestra un nivel de disminución en las variables, este

nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

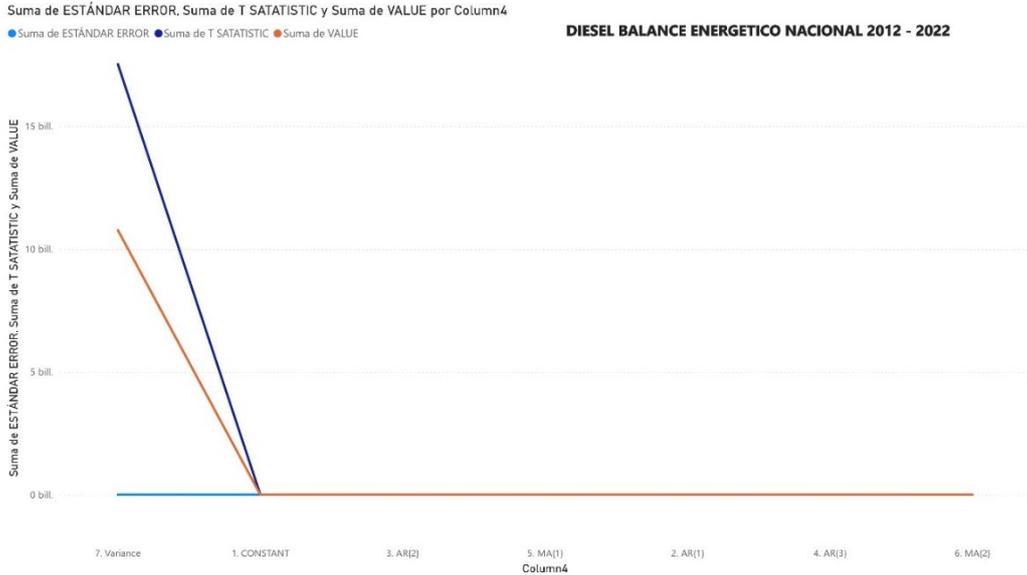


Figura 63 Distribución Gaussiana - Diesel "Balance energético nacional 2022"

La **Figura 64** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar que es un valor reamente alterado, este nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

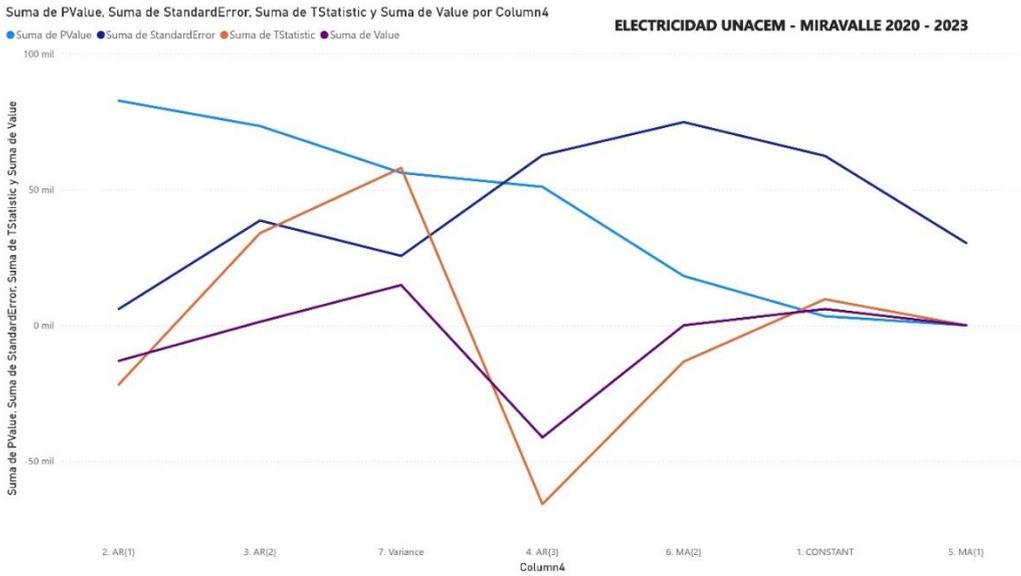


Figura 64 Distribución Gaussiana - Electricidad "UNACEM S.A. - MIRAVALLE"

La **Figura 65** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar, en este se muestra un nivel normal con alteraciones, este nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

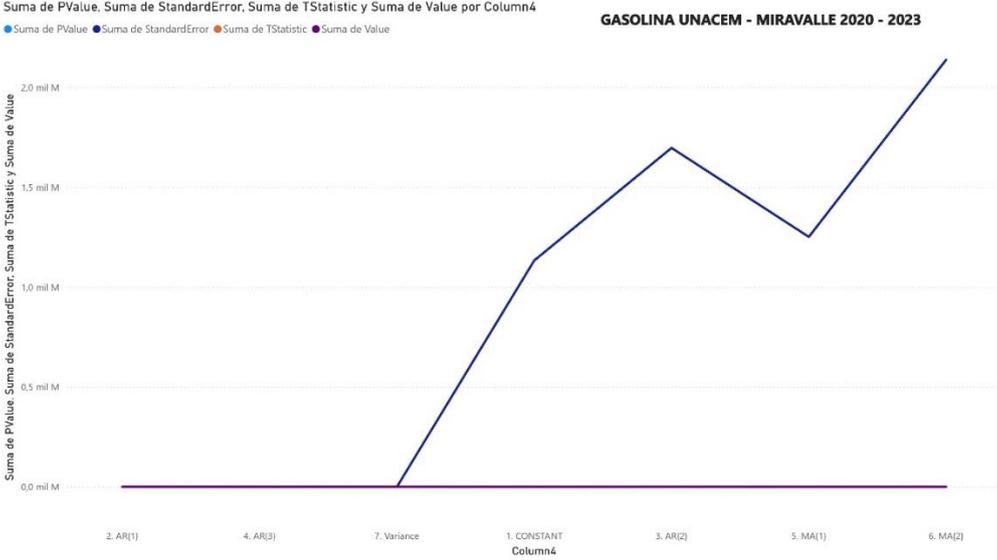


Figura 65 Distribución Gaussiana - Gasolina "UNACEM S.A. - MIRAVALLE"

La **Figura 66** representa la distribución Gaussiana que presenta la variabilidad y la distribución del consumo y error estándar, en este se muestra un nivel normal con alteraciones, este nos ayuda a analizar las tendencias e identificar los picos de demanda y evaluar a estabilidad del consumo.

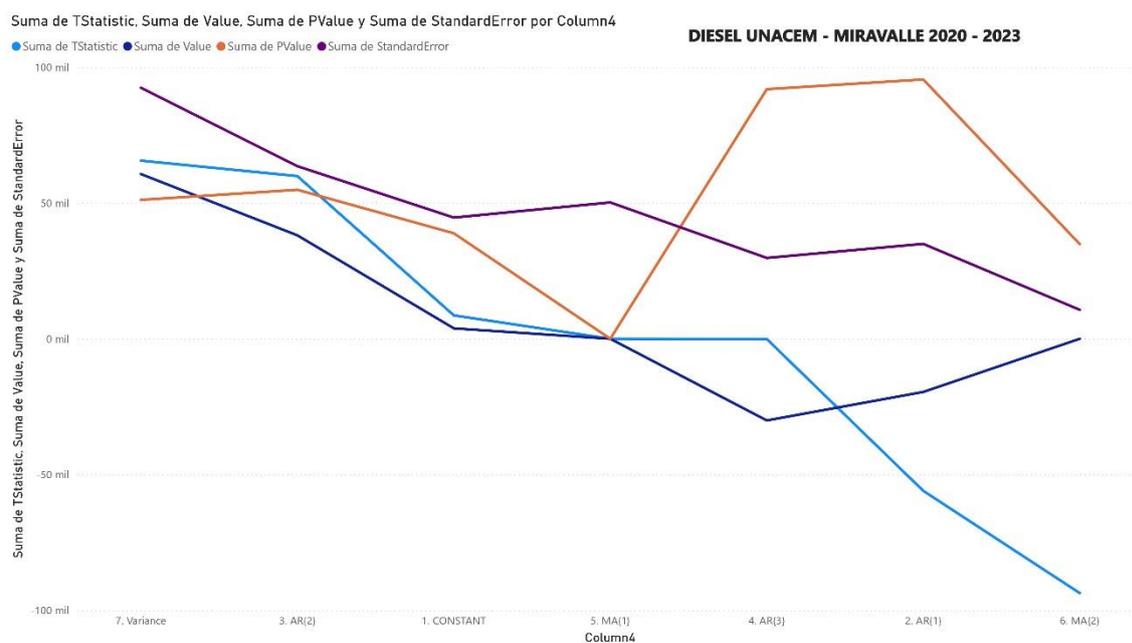


Figura 66 Distribución Gaussiana - Diesel "UNACEM S.A. - MIRAVALLE"

3.3 Conclusiones

1. Los modelos matemáticos desarrollados en MATLAB para pronosticar el consumo energético y la eficiencia en la industria nacional durante el periodo 2012-2022 han demostrado ser herramientas valiosas para evaluar las tendencias y patrones en el uso de diferentes fuentes energéticas. Estos pronósticos permiten a los responsables de la toma de decisiones planificar y optimizar el uso de recurso energéticos de manera más eficiente
2. Los de este estudio enfatizan la importancia de continuar invirtiendo en investigación y desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión energética en la industria. Esto implica mejorar los modelos predictivos, incorporar nuevas fuentes de datos y aplicar técnicas avanzadas de análisis. Con el objetivo de obtener proyecciones más precisas y orientar de manera efectiva las políticas y estrategias de eficiencia energética. Obtener la colaboración de empresas y ministerios para poder abordar retos desafiantes es importante para lograr el uso más sostenible y eficiente de los recursos energéticos
3. El análisis comparativo de los pronósticos realizados ha revelado que existen un margen de mejora significativo en cuanto a la eficiencia energética de la industria nacional. Esto sugiere que hay oportunidades para implementar medidas y tecnologías que permitan

reducir el consumo de energía y, en consecuencia, disminuir el impacto ambiental de la actividad industrial

3.4 Recomendaciones

1. Se sugiere explorar el uso de técnicas de aprendizaje automático y minería de datos para completar los modelos matemáticos desarrollados en MATLAB. Estas herramientas avanzadas podrían mejorar la precisión de los pronósticos, al incorporar una mayor diversidad de variables y patrones complejos en el consumo energético industrial
2. Se recomienda continuar el desarrollo de los modelos matemáticos en MATLAB para pronosticar el consumo energético y la eficiencia en la industria nacional.
3. Se recomienda promover la implantación de programas de eficiencia y de incentivos a la adopción de tecnologías más eficientes en las empresas industriales, esto podría ayudar a fomentar las auditorías energéticas.

REFERENCIAS

- [1] V. R. Padilla, “the electricity industry in Mexico: Tension between the state and the market”, *Probl. Desarro.*, vol. 47, núm. 185, pp. 35–57, 2016, doi: 10.1016/j.rpd.2015.11.001.
- [2] A. P. Martínez, J. Jara-Alvear, R. J. Andrade, y D. Icaza, “Sustainable development indicators for electric power generation companies in Ecuador: A case study”, *Util. Policy*, vol. 81, núm. January, 2023, doi: 10.1016/j.jup.2023.101493.
- [3] D. Romo, “Oil Refining in Mexico and Prospects for the Energy Reform”, *Probl. Desarro.*, vol. 47, núm. 187, pp. 139–164, 2016, doi: 10.1016/j.rpd.2016.10.005.
- [4] A. Barragán-Escandón, D. Jara-Nieves, I. Romero-Fajardoc, E. F. Zalamea-Leónesteban, y X. Serrano-Guerrero, “Barriers to renewable energy expansion: Ecuador as a case study”, *Energy Strateg. Rev.*, vol. 43, núm. July, 2022, doi: 10.1016/j.esr.2022.100903.
- [5] J. L. García-Saldarriaga y M. Rodríguez-Gámez, “La generación distribuida con fuentes renovables de energía en la parroquia Portoviejo - Ecuador”, *Sapienza Int. J. Interdiscip. Stud.*, vol. 3, núm. 7, pp. 289–299, 2022, doi: 10.51798/sijis.v3i7.547.
- [6] J. Torres-Quezada y S. Lituma-Saetama, “Sustainability Strategies Focused on Thermal Comfort and Embodied Energy of Emerging Housing in the Andean Region of Ecuador”, *Habitat Sustentable*, vol. 13, núm. 1, pp. 42–55, 2023, doi: 10.22320/07190700.2023.13.01.04.
- [7] M. Urdaneta, “Promoting energy efficiency mechanisms in residential, commercial and public sector in Ecuador | Plan de uso eficiente de la energía eléctrica en el eje residencial, comercial y público en el Ecuador”, *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 2020, núm. E25, pp. 16–30, 2020.

- [8] C. F. Terneus Páez, V. Guayanlema, y A. G. Cabrera Mera, “Estimation of energy consumption due to the elimination of an environmental tax in Ecuador”, *Energy Sustain. Dev.*, vol. 66, pp. 92–100, 2022, doi: 10.1016/j.esd.2021.11.005.
- [9] .., “Research Highlights”, *J. Fish. Aquat. Sci.*, vol. 5, núm. 4, pp. 316–367, 2010, doi: 10.3923/jfas.2010.316.367.
- [10] S. Çağman, E. Soyulu, y Ü. Ünver, “A research on the easy-to-use energy efficiency performance indicators for energy audit and energy monitoring of industrial compressed air systems”, *J. Clean. Prod.*, vol. 365, núm. February, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.132698.
- [11] P. Moriarty y D. Honnery, “The limits of renewable energy”, *AIMS Energy*, vol. 9, núm. 4, pp. 812–829, 2021, doi: 10.3934/ENERGY.2021037.
- [12] C. Cuji y J. Villarreal, “Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado En Un Enfoque Multipropósito”, *Rev. Técnica “energía”*, vol. 20, núm. 2, pp. 47–57, 2024, doi: 10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.614.
- [13] Y. Wang *et al.*, “Bi-level programming optimization method of rural integrated energy system based on coupling coordination degree of energy equipment”, *Energy*, vol. 298, núm. December 2023, p. 131289, 2024, doi: 10.1016/j.energy.2024.131289.
- [14] Y. Demirel y G. Energy, *Energy Sources 2*, *Energia* ve. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-56164-2.
- [15] A. Palma, A. Paltrinieri, J. W. Goodell, y M. E. Oriani, “The black box of natural gas market: Past, present, and future”, *Int. Rev. Financ. Anal.*, vol. 94, núm. February, p. 103260, 2024, doi: 10.1016/j.irfa.2024.103260.
- [16] M. del R. Rodriguez, M. G. Aguirre, y P. Babot, “Firewood, architecture for fire and society. Agro-pastoralist atmospheres in the Argentine Puna (South Central Andes, ca. 1500 B.P.)”, *J. Archaeol. Sci. Reports*, vol. 46, núm. October, p. 103672, 2022, doi: 10.1016/j.jasrep.2022.103672.
- [17] D. Polanco y C. Cuji, “Estimation of Energy Payback Time Applied In Hydrogen Production For Electricity Generation Purposes Estimación Del Tiempo De Recuperación De Energía Aplicado En Producción”, *Rev. técnica “energía”*, núm. 18, pp. 74–84, 2022, doi: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n2.2022.492>.
- [18] Y. Li *et al.*, “A review on carbon emission accounting approaches for the electricity power industry”, *Appl. Energy*, vol. 359, núm. September 2023, p. 122681, 2024, doi: 10.1016/j.apenergy.2024.122681.
- [19] J. Ye *et al.*, “Emissions of formaldehyde and nitrogen dioxide from liquefied petroleum gas combustion”, *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 177, núm. July, pp. 1225–1233, 2023, doi: 10.1016/j.psep.2023.07.093.
- [20] E. A. Mediavilla y C. C. Cuji, “Fuzzy Controller for Energy Management in a Transition Process from Thermal Generation Plant to Renewables”, núm. 18, pp. 61–73, 2022, doi: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n2.2022.491>.
- [21] M. J. Z. Ganji y H. Ghassemi, “Evaluation of the solid particle from heavy fuel oil and

- its formation trend”, *Powder Technol.*, vol. 427, núm. May, p. 118744, 2023, doi: 10.1016/j.powtec.2023.118744.
- [22] R. David, D. Cruz, L. F. Tipán, y C. C. Cuji, “Brief Analysis of the Location and Determination of Maximum Capacity of Distributed Generation in Electrical Systems Considering Demand Scenarios in Ecuador”, pp. 1–25, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/en17102308>.
- [23] F. Bibi *et al.*, “Advances in 2D/2D MXenes-based heterostructures for energy storage/conversion applications”, *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 202, pp. 82–118, 2024, doi: 10.1016/j.jmst.2024.03.005.
- [24] W. Y. Chen, T. Suzuki, y M. Lackner, *Handbook of climate change mitigation and adaptation, second edition*, vol. 1–4. 2016. doi: 10.1007/978-3-319-14409-2.
- [25] C. Cuji y R. O. Galarza Zambrano, “Gestión Óptima De La Energía En Un Proceso Paulatino Y Controlado Para Contribuir A La Descarbonización Del Sector Eléctrico”, *Rev. Técnica “energía”*, vol. 19, núm. 1, pp. 71–84, 2022, doi: 10.37116/revistaenergia.v19.n1.2022.518.
- [26] A. Kluczek y A. Buczacki, “Smart energy sustainability hub in light of Industry 4.0”, *Energy Reports*, vol. 10, núm. September, pp. 3835–3846, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.10.048.
- [27] A. Candela, G. Sandrini, M. Gadola, D. Chindamo, y P. Magri, “Lightweighting in the automotive industry as a measure for energy efficiency: review of the main materials and methods”, *Heliyon*, vol. 10, núm. 8, p. e29728, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29728.
- [28] A. Pavlenko, “Energy conversion in heat and mass transfer processes in boiling emulsions”, *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 15, núm. June 2019, p. 100439, 2020, doi: 10.1016/j.tsep.2019.100439.
- [29] I. Erro, P. Aranguren, F. J. Sorbet, I. Bonilla-Campos, y D. Astrain, “Enhancement of the Power-to-Heat Energy Conversion Process of a Thermal Energy Storage Cycle through the use of a Thermoelectric Heat Pump”, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 246, núm. October 2023, p. 122923, 2024, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2024.122923.
- [30] G. Chiriboga, R. Chamba, A. Garcia, R. Heredia-Fonseca, C. Montero-Calderón, y G. Carvajal C, “Useful energy is a meaningful approach to building the decarbonization: A case of study of the Ecuadorian transport sector”, *Transp. Policy*, vol. 132, núm. June 2022, pp. 76–87, 2023, doi: 10.1016/j.tranpol.2022.12.019.
- [31] T. Altmann, J. Robert, A. Bouma, J. Swaminathan, y J. H. Lienhard, “Primary energy and exergy of desalination technologies in a power-water cogeneration scheme”, *Appl. Energy*, vol. 252, núm. January, p. 113319, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113319.
- [32] M. Deva Prasad y S. Ansari, “Legal and ethical accountability of fossil fuel corporations: Need for a new social contract”, *J. Clean. Prod.*, vol. 423, núm. September, p. 138830, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.138830.
- [33] A. Kabović y V. Timčenko, “The influence of the input parameters variation of the

- non-seasonal ARIMAX model on the accuracy of meteorological parameters forecasting”, *2022 30th Telecommun. Forum*, núm. 2, pp. 1–4, 2022, doi: 10.1109/TELFOR56187.2022.9983670.
- [34] D. K. Yadav, K. Soumya, y L. Goswami, “Autoregressive Integrated Moving Average Model for Time Series Analysis”, *2024 Int. Conf. Optim. Comput. Wirel. Commun.*, pp. 1–6, 2024, doi: 10.1109/ICOCWC60930.2024.10470488.
- [35] E. D. E. Sectores, D. E. C. D. E. Energía, N. Javier, y H. Bueno, “Modelo de prospectiva energética para el pronóstico de escenarios futuros en colombia”, 2023, doi: 10.37467/revtechno.v14.4835.
- [36] T. Ullrich, “On the Autoregressive Time Series Model Using Real and Complex Analysis”, *Forecasting*, vol. 3, núm. 4, pp. 716–728, oct. 2021, doi: 10.3390/forecast3040044.
- [37] J. Rosel, P. Jara, y J. Arnau, “Geometrical interpretation of the mean and the constant in a Box-Jenkins time series model”, *Qual. Quant.*, vol. 36, núm. 4, pp. 411–425, 2002, doi: 10.1023/A:1020963420777.
- [38] C. S. P. Mendoza, J. C. Y. Delgado, M. R. Y. Delgado, J. A. R. Elescano, y M. S. C. Carrera, “STATISTICAL METHODS APPLIED TO THE STUDY OF PRE-PROFESSIONAL PRACTICE OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF UCAYALI | MÉTODOS ESTADÍSTICOS APLICADOS AL ESTUDIO DE LA PRÁCTICA PRE-PROFESIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI”, *Univ. y Soc.*, vol. 15, núm. 1, pp. 456–462, 2023.
- [39] I. F. G. Reis, M. A. R. Lopes, y C. H. Antunes, “Energy literacy: an overlooked concept to end users’ adoption of time-differentiated tariffs”, *Energy Effic.*, vol. 14, núm. 4, 2021, doi: 10.1007/s12053-021-09952-1.
- [40] J. Unal, E. D. U. Co, C. Unal, E. D. U. Co, H. Unalmed, y E. D. U. Co, “Un modelo no lineal para la predicción de la demanda mensual de electricidad en colombia”, 2023, doi: 10.1016/S0123-5923(09)70079-8.
- [41] L. A. FERNANDEZ SERANTES, J. A. MONTERO SOUSA, J. L. CASTELEIRO ROCA, X. M. VILAR MARTINEZ, y J. L. CALVO ROLLE, “GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO PARA INSTALACIONES DE GENERACIÓN-DISTRIBUCIÓN”, *DYNA Ing. E Ind.*, vol. 92, núm. 1, pp. 140–141, 2017, doi: 10.6036/8172.
- [42] C. Franco-Crespo, J. Guamán Pozo, J. Chuqui, y R. Tufiño, “Measuring Climate Change Effects on Traditional Crops of the Highlands, Ecuador 2 3”, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4396486>.
- [43] A. González-Castro *et al.*, “The Bayes factor in the analysis of mechanical power in patients with severe respiratory failure due to SARS-CoV-2”, *Med. Intensiva*, vol. 47, núm. 11, pp. 621–628, 2023, doi: 10.1016/j.medin.2023.03.005.
- [44] G. P. Cuerpo Caballero, “Interpretation of the Excel Trial bayesian analysis”, *Cir. Cardiovasc.*, vol. 27, núm. 4, pp. 123–124, 2020, doi: 10.1016/j.circv.2020.07.002.
- [45] P. Pang, Y. Shi, H. Xu, L. Deng, S. Wu, y X. Chen, “Prueba de métodos de acupuntura

- para un estudio del tinnitus: análisis Bayesiano”, *Rev. Int. Acupunt.*, vol. 13, núm. 4, pp. 124–136, oct. 2019, doi: 10.1016/J.ACU.2018.11.003.
- [46] M. Delgado, “Modelo para estimar el desempeño fiscal municipal utilizando un método de regresión lineal múltiple Model to estimate municipal fiscal performance using the multiple linear regression method”, vol. 24, 2024, doi: 10.22136/est20241939.
- [47] M. Baghdadi, E. Elwarraki, I. Ait Ayad, y N. Mijlad, “Behavioral electrothermal modeling of MOSFET for energy conversion circuits simulation using MATLAB/Simulink”, *Microelectron. Reliab.*, vol. 154, núm. August 2023, p. 115340, 2024, doi: 10.1016/j.microrel.2024.115340.
- [48] K. Rowe, G. Mokryani, K. Cooke, F. Campean, y T. Chambers, “Bi-level optimal sizing, siting and operation of utility-scale multi-energy storage system to reduce power losses with peer-to-peer trading in an electricity/heat/gas integrated network”, *J. Energy Storage*, vol. 83, núm. February, p. 110738, 2024, doi: 10.1016/j.est.2024.110738.
- [49] C. M. C. Rezende y E. L. Bispo, “Comparison between the use of pseudocode and visual programming in programming teaching: An evaluation from scratch tool”, *Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. Cist.*, vol. 2018-June, pp. 1–5, 2018, doi: 10.23919/CISTI.2018.8399305.