



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y**  
**PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**PROPUESTA DE EFICIENCIA ELÉCTRICA PARA LA EMPRESA  
INDUPETRA S.A. DE LA CIUDAD DE QUITO**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Chavez Larrea David Sebastián

**Tutor**

Ing. Juan Joel Segura D´Rouville Msc.

QUITO- ECUADOR  
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**


Yo, David Sebastián Chavez Larrea, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “PROPUESTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA EMPRESA INDUPETRA S.A. DE LA CIUDAD DE QUITO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 25 días del mes de abril del 2024, firmo conforme:

Autor: Chavez Larrea David Sebastián



Firma: .....

Número de Cédula: 1750483610

Dirección: Pichincha, Quito. El condado.

Correo Electrónico: [davouchavez@hotmail.com](mailto:davouchavez@hotmail.com)

Teléfono: 0962607413

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**PROPUESTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA EMPRESA INDUPETRA S.A. DE LA CIUDAD DE QUITO**” presentado por Chavez Larrea David Sebastián, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 25 de abril del 2024

.....

Ing. Segura D'Rouville Juan Joel. MSc

C.I: 1756974968

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 25 de abril del 2024



Chavez Larrea David Sebastián

CI: 1750483610

## APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **PROPUESTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA EMPRESA INDUPETRA S.A. DE LA CIUDAD DE QUITO**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 25 de abril del 2024

.....

Ing. Topón Visarrea Blanca Liliana. MSc

.....

Ing. Ortiz Sarmiento Fabián. MSc

## DEDICATORIA

**A mi amada Madre Paulina**, por haber estado ahí para mí en todo momento de dificultad, por su apoyo incondicional para salir adelante, enseñarme a lidiar con los problemas y ser una buena persona con los demás, así como sus lecciones y enseñanzas para la vida misma.

**A mi Padre David**, por haberme apoyado tanto en los estudios y motivarme a seguir adelante a pesar de los obstáculos de la vida.

**A mi querida hermana Paula**, por ayudarme en todo momento, ser una increíble persona, así como un ejemplo de fortaleza, cariño y humildad.

**A mi Abuelito Eduardo**, al que agradezco por haberme enseñado tantas cosas, por ser un ejemplo a seguir y porque la bondad en su corazón es incalculable además de, una figura paternal a lo largo de mi vida.

**A mi abuelita Olga**, que desde el cielo debe sentirse orgullosa por los logros de sus nietos. Porque en vida fue una persona excepcional y digna de recordar con orgullo.

**A mis tíos**, quienes han sido un pilar fundamental en el desarrollo de mi vida y darme la felicidad de poder llamarlos familia.

**A mis amigos**, por regalarme tantos buenos recuerdos y, de la misma forma haber estado para mí cuando los necesite.

**A mi tutor de tesis**, por su apoyo y exigencias que me han llevado a superarme y lograr cumplir con el presente trabajo de titulación.

David Sebastián Chavez Larrea

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Indoamérica por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación. Agradezco especialmente a mi tutor/a por su orientación y apoyo constante durante todo el proceso. También quiero agradecer a mi familia y amigos por su aliento y comprensión. Este logro no habría sido posible sin su apoyo incondicional. Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos los que participaron en este estudio y contribuyeron con su tiempo y conocimientos. ¡Gracias por ser parte de este viaje académico!

**David Sebastián Chavez Larrea**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES .....	v
INTRODUCCIÓN .....	10
MARCO TEÓRICO .....	17
ANTECEDENTES .....	21
JUSTIFICACIÓN .....	22
OBJETIVO GENERAL .....	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
CAPÍTULO II .....	25
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	25
CAPÍTULO III .....	42
CAPÍTULO IV .....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	71
ANEXOS .....	75



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cálculo del indicador Estructura Consumo.....	26
<b>Tabla 2:</b> Cálculo del indicador intensidad energética.....	27
<b>Tabla 3:</b> Resultado del cálculo del indicador índice de consumo .....	30
<b>Tabla 4</b> Levantamiento de cargas .....	34
<b>Tabla 5</b> Área de estudio .....	40
<b>Tabla 6</b> Resultado del Indicador Estructura Consumo .....	42
<b>Tabla 7</b> Medidas de reducción del Indicador Estructura de Consumo .....	43
<b>Tabla 8</b> Meses más críticos del indicador Estructura Consumo .....	44
<b>Tabla 9:</b> Demanda de energía neumática de los equipos de la empresa en (CFM).....	46
<b>Tabla 10</b> Dimensiones zona del compresor .....	50
<b>Tabla 11:</b> Tanques de almacenamiento valorados .....	55
<b>Tabla 12:</b> Matriz de priorización tanque horizontal y vertical .....	56
<b>Tabla 13:</b> Matriz de priorización material del tanque .....	57
<b>Tabla 14:</b> Matriz de priorización aditamentos del tanque .....	58
<b>Tabla 15:</b> Tanques de almacenamiento valorados .....	61
<b>Tabla 16:</b> Especificaciones del tanque seleccionado.....	61
<b>Tabla 17</b> Costos del tanque seleccionado con aditamentos, tipo de material e instalación .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Datos recopilados del año 2021 en ALC por sector energético en Mtep .....	10
<b>Figura 2</b> Consumo final de Sector Industrial en ALC.....	11
<b>Figura 3</b> Consumo promedio mensual de consumidores Industriales 2022...	12
<b>Figura 4</b> Energía total Evitada por Implementación del PLANEE entre el período 2016-2035 .....	14
<b>Figura 5</b> Perfil de consumo energético del transformador 1 .....	15
<b>Figura 6</b> Perfil de consumo energético del transformador 2 .....	16
<b>Figura 7</b> Analizador de redes eléctricas .....	17
<b>Figura 8</b> Beneficios de la Eficiencia Energética .....	18
<b>Figura 9</b> Transformador .....	20
<b>Figura 10</b> Área de los compresores.....	38
<b>Figura 11</b> Datos del tanque.....	39
<b>Figura 12</b> Especificaciones del tanque.....	39
<b>Figura 13:</b> Modelo Operativo .....	41
<b>Figura 14</b> Layout zona del compresor.....	45
<b>Figura 15:</b> Placa del compresor .....	47
<b>Figura 16:</b> Tiempo total de funcionamiento y tiempo de carga del compresor .....	48
<b>Figura 17</b> Esquema del espacio disponible para el tanque.....	51
<b>Figura 18:</b> Catálogo para tanques de aire Kaeser Compresores .....	53
<b>Figura 19:</b> Tanque de almacenamiento vertical .....	54

<b>Figura 20:</b> Tanque de almacenamiento horizontal.....	55
<b>Figura 21:</b> Aditamentos recomendados por Kaeser Compresores.....	59
<b>Figura 22</b> Cronograma de implementación de la propuesta .....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diagnóstico del analizador de redes	75
Anexo 2 Perfil de demanda del analizador de redes	75
Anexo 3 Perfil de voltaje promedio del diagnóstico del analizador de redes	76
Anexo 4 Perfil de corriente promedio del diagnóstico del analizador de redes	76
Anexo 5 Desequilibrio curva de flicker pst del diagnóstico del analizador de redes	77
Anexo 6 Distorsión armónica del diagnóstico del analizador de redes	77
Anexo 7 Evidencias de la instalación del analizador	78
Anexo 8 Sector de balance energético 2021	78
Anexo 9 Consumo del sector industrial de países de ALC	79
Anexo 10 Provincias más consumidoras de energía del sector industrial	79
Anexo 11 Energía total evitada con la implementación del PLANEE 2016 - 2035	80
Anexo 12 Consumo de energía transformador 1	80
Anexo 13 Consumo de energía transformador 2	80
Anexo 14 Ubicación de la empresa y sus áreas	81
Anexo 15 Pdf del Abstract enviado y aprobado por el departamento de idiomas	81
Anexo 16 Abstract aprobado en el SGA por el departamento de idiomas	82

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** PROPUESTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LA EMPRESA  
INDUPETRA S.A. DE LA CIUDAD DE QUITO

**AUTOR (A):** David Sebastián Chávez Larrea

**TUTOR (A):** Ing. Juan Joel Segura D' Rouville MSc.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se realiza en la empresa Indupetra S.A. dedicada a la manufactura de fundas plásticas. En las mismas no existen políticas encaminadas al ahorro energético. Por tanto, se hace necesario proponer un plan estratégico de Eficiencia Energética, mediante la detección de oportunidades de ahorro en el servicio para reducir los consumos, pérdidas y costos de producción. Se realiza la instalación de un equipo analizador de redes por parte de la Empresa Eléctrica encaminado a un diagnóstico en los mismos, la actualización del levantamiento de cargas para identificar las oportunidades de ahorro energético existente, se propone a la organización la implementación de tres indicadores de Eficiencia Energética, constituyendo una base referencial para su posterior mejora continua. Se obtuvo un nivel de cargabilidad para cada transformador de un 68.58 % y 82.62% respectivamente, una potencia activa instalada de 186.81 kW, una reactiva de 179.46 kVAR y aparente de 255.46 kVA. El indicador Estructura de Consumo se encuentra en ocasiones en un valor superior al límite máximo permisible de 16.6%. Por lo cual se detectó al compresor como el equipo de mayor demanda eléctrica. Por todo lo anteriormente expuesto se concluye que no es necesario proponer un cambio de capacidad en los transformadores debido a su bajo nivel de cargabilidad, la instalación de un nuevo tanque de almacenamiento para aire comprimido con una capacidad de 1000 litros, con un tiempo de carga y descarga de 1 minuto, permitiendo la utilización de un solo compresor en régimen de trabajo intermitente redundando en 12 horas de utilización y una reducción de su consumo energético en un 50%, que representa 7920 kW-h a un costo de valor promedio ascendente a \$678.82 mensuales.

**DESCRIPTORES:** indicadores de eficiencia energética, oportunidades de ahorro.

**UNIVERSIDAD INDOAMERICA**

**Faculty of Engineering, Industry and Production**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** CHAVEZ LARREA DAVID SEBASTIAN

**TUTOR:** MSc. SEGURA D ROUVILLE JUAN JOEL

**ABSTRACT**

ENERGY EFFICIENCY PROPOSAL FOR INDUPETRA S.A. COMPANY IN THE  
CITY OF QUITO

This research is carried out in the Indupetra S.A. company dedicated to the manufacture of plastic covers, there are no energy-saving policies. Therefore, it is necessary to propose a strategic Energy Efficiency plan, by identifying service savings opportunities to reduce consumption, losses, and production costs. The installation of network analyzer equipment by the Electrical Company is carried out for a diagnosis thereof, the updating of the load lifting to identify the existing energy-saving opportunities, and finally, the three Energy Efficiency indicators are implemented, constituting a reference base for its subsequent continuous improvement. Each transformer had a load level of 68.58% and 82.62% respectively, an installed active power of 186.81 kW, a reactive power of 179.46 kVAR, and an apparent power of 255.46 kVA. The Consumption Structure indicator is sometimes higher than the maximum permissible limit of 16.6%. Therefore, the compressor was detected as the equipment with the highest electrical demand. The above conclusion is that there is no need to propose a change in transformer capacity due to their low load capacity, the installation of a new compressed air storage tank that can hold 1000 liters and can be loaded and unloaded in a minute, allowing the use of a single compressor in an intermittent work regime resulting in 12 hours of use and a reduction of its energy consumption by 50%, which represents 7920 kW-h at an average value cost of \$678.82 monthly.

**KEYWORDS:** energy efficiency indicators, saving opportunities

*Anexo 15 Pdf del Abstract enviado y aprobado por el departamento de*

*idiomas* Anexo 15 Pdf del Abstract enviado y aprobado por el departamento de

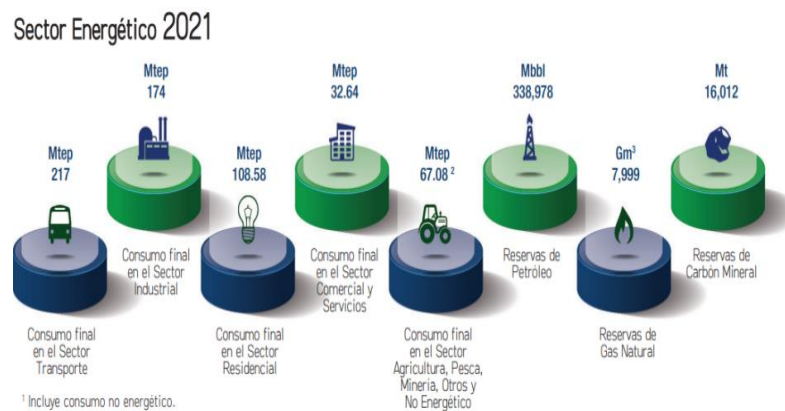
idiomas

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) En América Latina y el Caribe (ALC), la Eficiencia Energética varía significativamente entre los países. A nivel regional destacan países como México, Chile y Brasil han establecido marcos institucionales y regulaciones sólidas para promover la misma y han implementado programas exitosos en esta área. Sin embargo, en la mayoría de los países de la región, los avances han sido más lentos. A pesar de ello, en los últimos años, se han observado avances importantes a nivel regional, incluyendo la promulgación de leyes encaminadas a tal fin, la creación de agencias especializadas y la integración de planes de Eficiencia Energética en la planificación del sector energético. (Olade, 2017)

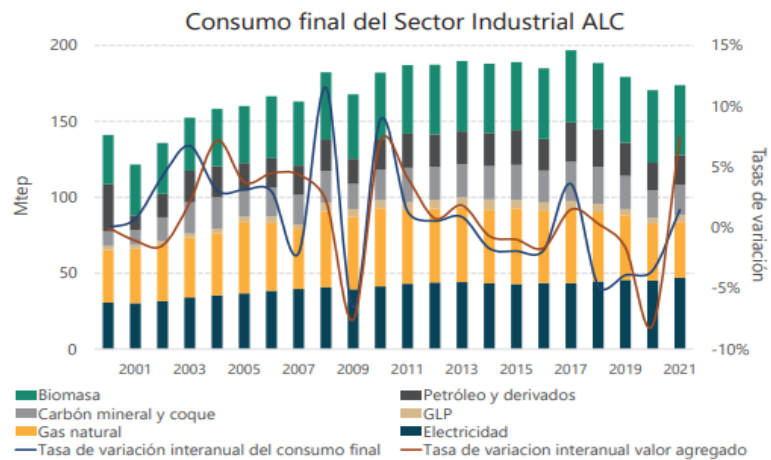
**Figura 1.** Datos recopilados del año 2021 en ALC por sector energético en Mtep



*Nota: Datos de consumo por sector energético de los recopilados en el año 2021 por la Olade en América Latina y el Caribe. Obtenido de: Obtenido de: Panorama Energético de América Latina y el Caribe 2022*

El consumo final de energía del sector Industrial es de 174 Mtep (Millones de toneladas equivalentes de petróleo) reflejado en el balance energético de la región sigue siendo el segundo sector que más energía consume. Sin embargo, se ha presentado una reducción de un 1% en comparación al balance energético correspondiente al año 2018, abarcando en el presente el 29% de dicho consumo. Una vez comprendido esto se debe analizar y entender cómo es en sí, el consumo energético del sector industrial. Como se muestra en la **Figura 2**, el consumo del sector industrial tuvo un aumento entre los años 2001 a 2021, aunque se aprecia que en los primeros 6 años la curvatura es similar. Se puede determinar que el consumo de energía eléctrica a nivel regional es de aproximadamente 50 Mtep, que es equivalente a 581500 GWh (giga watt-hora).

**Figura 2** Consumo final de Sector Industrial en ALC



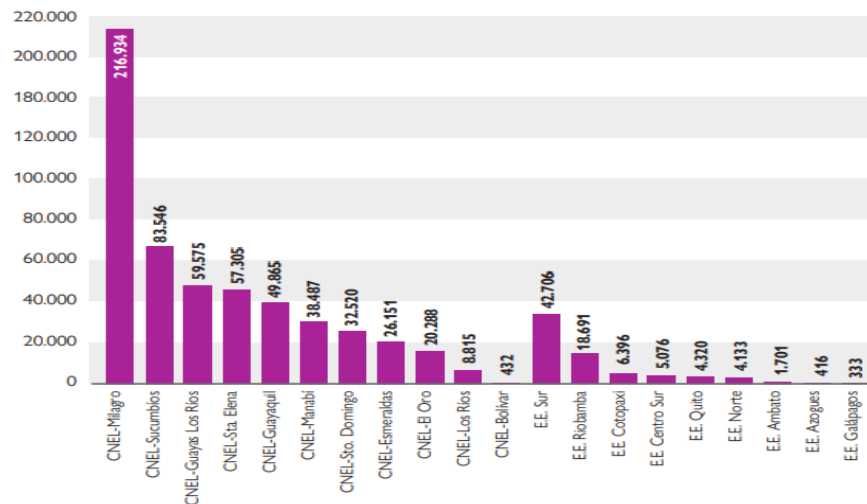


*Nota: Datos recopilados de consumo de energía eléctrica en países de ALC del sector Industrial desde el año 2001 hasta el año 2021. Obtenido de: Panorama Energético de América Latina y el Caribe 2022*

En el Plan de Eficiencia Energética se menciona que, en el ámbito energético, Ecuador ha sido agraciado con abundantes recursos naturales, especialmente recursos hídricos, que son esenciales para la vida y constituyen la base fundamental para el desarrollo. La utilización eficiente de estos recursos energéticos se presenta como la medida más rentable en el corto y mediano plazo para proteger el entorno ambiental, preservar los recursos no renovables y, al mismo tiempo, reducir de manera sustancial las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo el CO<sub>2</sub>. (Energía M. d., 2017)

En la **Figura 3** se tiene un ejemplo de los mayores consumidores en el sector Industrial divididos por provincias en el año 2022.

**Figura 3** Consumo promedio mensual de consumidores Industriales 2022



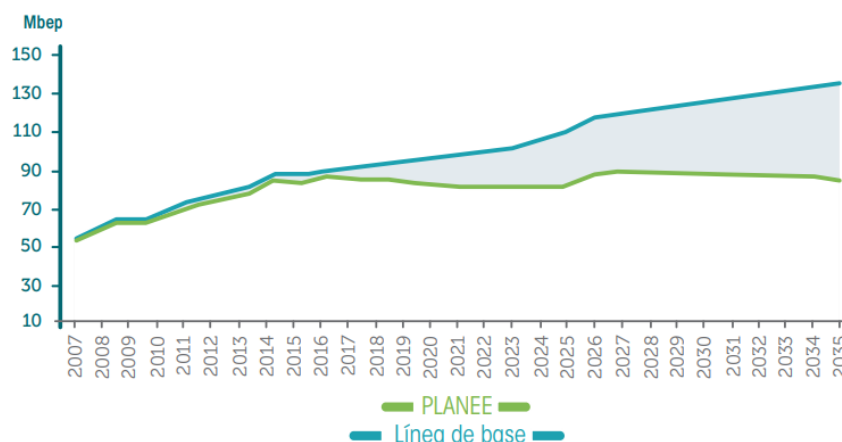
***Fuente:** Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables*

***Nota:** La gráfica muestra las diferentes unidades de negocio que tuvieron el mayor y el menor consumo de Energía Eléctrica en kWh. Obtenido de: Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2022.*

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) establece en la Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2022, que las unidades de negocio que tuvieron un mayor consumo fueron Sucumbíos y Milagro con un promedio superior a 80.000 kWh/consumidor y por otra parte Bolívar es la que presentó un menor consumo con un promedio de 431,57 kWh/consumidor. Cabe recalcar que este es el consumo promedio de consumidores industriales a nivel nacional.

El Plan de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE) recoge las mejores propuestas que se han planteado en base a la realidad en el Ecuador, hace referencia a prácticas internacionales en cuanto al uso y aprovechamiento de tecnologías tanto como en las experiencias para la aplicación de la EE en el Ecuador. En el mismo se plantea que, durante el período de 2016 a 2035, se prevé que la cantidad mínima de energía ahorrada en los sectores analizados en el PLANEE sea de aproximadamente 543 Mbep (Millones de barriles equivalentes de petróleo). Este ahorro se traducirá en alrededor de USD 84,131 millones, con una reducción estimada de 65 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). (Energía M. d., 2017)

**Figura 4** Energía total Evitada por Implementación del PLANEE entre el período 2016-2035



**Fuente:** CNEL EP

**Nota:** La gráfica ejemplifica la energía total evitada con la implementación del PLANEE proyectándose desde el año 2007 hasta el año 2035, cabe mencionar que desde el 2007 se priorizo por parte del estado la implementación de programas encaminados a la eficiencia energética en el país. Pero los ahorros del periodo 2007 – 2016 no son significativos a comparación de los esperados con el PLANEE. Y la línea verde en la gráfica es la energía evitada con la práctica del PLANEE y la azul una línea base de consumo general. Obtenido de: Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador.

La energía total evitada es el resultado de los proyectos y programas de eficiencia energética en los sectores que producen y consumen energía. Es importante destacar que la planificación de los escenarios de eficiencia energética comenzó en 2007, cuando el Estado enfocó sus esfuerzos en la implementación de planes y proyectos de eficiencia energética en el país. No obstante, los ahorros obtenidos entre

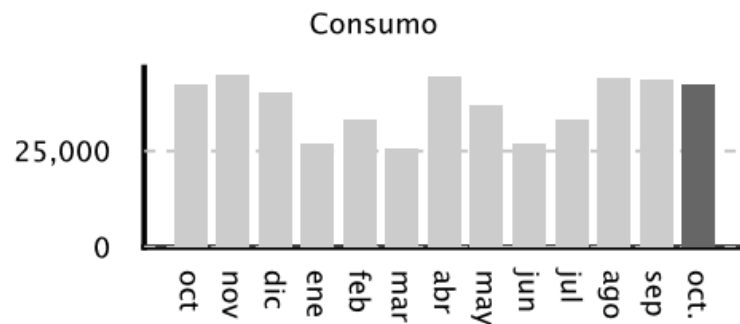
2007 y 2016 no son significativos en comparación con los objetivos establecidos en el PLANEE.

Actualmente la Empresa, no cuenta con un plan de medidas encaminado a la Eficiencia Energética. Sin embargo, al tener un servicio que trabaja las 24 horas y laborando en el horario pico nocturno, se requiere de la necesidad de un estudio en el cual se puedan detectar oportunidades de ahorro energético en el proceso de producción de la organización. Cabe recalcar que la misma cuenta con dos servicios de transformadores. No existen antecedentes en la organización acerca de la instalación de un analizador de redes para realizar un diagnóstico del comportamiento de los parámetros eléctricos.

A continuación, a través de un gráfico de barras se presenta el perfil del consumo energético de ambos servicios durante el año 2023, mes de octubre.

- **Transformador 1**

*Figura 5 Perfil de consumo energético del transformador 1*

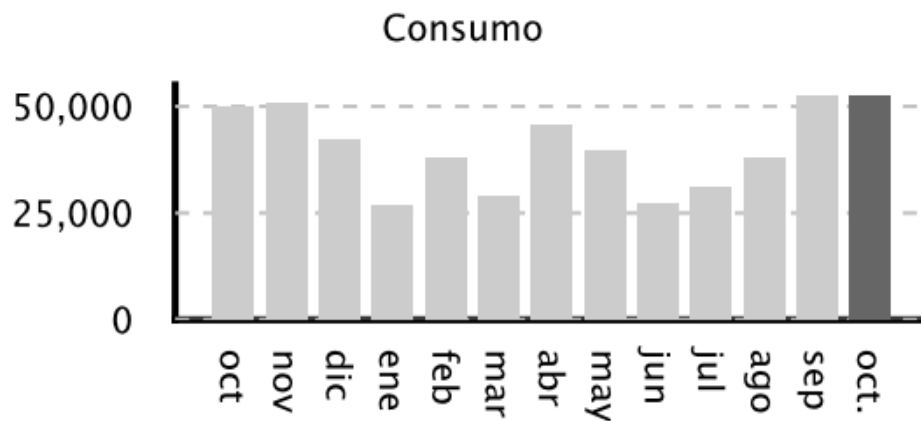


*Fuente: Planilla de la luz de la empresa del transformador 1*

*Nota:* El diagrama de barras muestra el perfil de consumo energético correspondiente al transformador 1 en el mes de octubre del año 2023, donde se puede apreciar las diferentes fluctuaciones durante los meses del año. Por ejemplo, en el mes de enero y marzo una disminución significativa en el consumo. Mientras, que a partir del mes de agosto el consumo de la organización supera los 25,000 kW-h.

- **Transformador 2**

**Figura 6** Perfil de consumo energético del transformador 2



**Fuente:** Planilla de la luz de la empresa correspondiente al transformador 2

*Nota:* El diagrama de barras muestra el perfil de consumo energético correspondiente al transformador 2 en el mes de octubre del año 2023, donde se aprecian las fluctuaciones del mismo en durante los meses del año. Se puede identificar que los meses de mayor consumo son: septiembre, octubre y noviembre. Ya que, el consumo promedio se iguala o supera los 50,000 kW-h

## MARCO TEÓRICO

### Analizadores de redes eléctricas

Un analizador de redes es un instrumento registrador que realiza tomas instantáneas de parámetros eléctricos cada 15 minutos, con la finalidad de conformar una característica de cada uno de los parámetros en el tiempo. El mismo, permite evaluar un banco de transformador eléctrico, verificando su nivel de cargabilidad, detectar problemas armónicos, evaluar el balanceo de la carga monofásica por el lado secundario del transformador, su máxima demanda y factor de potencia. El uso de este dispositivo es clave para abordar todo tipo de dificultades dentro de la infraestructura eléctrica y garantizar un funcionamiento óptimo de lo mismo. En la **Figura 7** se puede observar un analizador de redes común. (Seoadmin, 2022)

*Figura 7 Analizador de redes eléctricas*



*Fuente: ISOTEST*

### Eficiencia Energética

Se refiere a la capacidad de utilizar la energía de manera óptima, maximizando su aprovechamiento y minimizando el desperdicio. Contrario a lo que a menudo se cree, mejorar la Eficiencia Energética no significa comprometer la calidad

de vida, sino más bien lo contrario. Se trata de lograr los mismos niveles de bienestar, servicios y actividades con una huella energética reducida. (Ecuador, 2018)

En la **Figura 8** se pueden apreciar los principales beneficios de la eficiencia energética, como en el caso de una empresa el ahorro energético durante sus procesos además del cuidado del medio ambiente y también promueve una responsabilidad social y el desarrollo sostenible.

*Figura 8 Beneficios de la Eficiencia Energética*



*Fuente: E4e Efficiency for Energy*

*Elaborado por: ECOLED Desarrollos*

## **Energía**

Es la utilización de la potencia en el tiempo, lo cual es esencial para que cualquier proceso que involucre una variación, como: movimientos, cambios de temperatura o transmisiones de ondas. La intervención de la energía es necesaria para que esto suceda. (Smil, 2021)

La energía se puede manifestar de distintas maneras:

**Energía cinética:** Se refiere a la habilidad de ejecutar trabajo que está vinculada al desplazamiento de objetos.

**Energía térmica:** Se manifiesta como la expresión de la energía cinética, resultante de las contribuciones microscópicas de las partículas que componen una sustancia y su relación principal es con la temperatura de esa sustancia.

**Energía potencial:** Esta se almacena en circunstancias específicas según la configuración particular de un objeto en relación con un sistema de objetos.

### **Potencia**

Es un término común en diversas situaciones de la vida diaria y conlleva varios significados. No obstante, en el ámbito de la física, su definición es muy precisa, ya que representa la medida de la velocidad a la que se efectúa un trabajo o la rapidez con la que se transfiere la energía. (academy, 2018)

### **Tipos de potencia**

**Potencia Activa:** es la componente de la potencia total o aparente, que verdaderamente se transforma en trabajo útil, es decir, la potencia que una instalación utiliza para alimentar un dispositivo eléctrico y generar trabajo o calor.

**Potencia Reactiva:** es la componente de la potencia total o aparente, que no se transforma en trabajo útil, la misma se utiliza en suplir las necesidades de los circuitos magnéticos y las pérdidas que se producen.

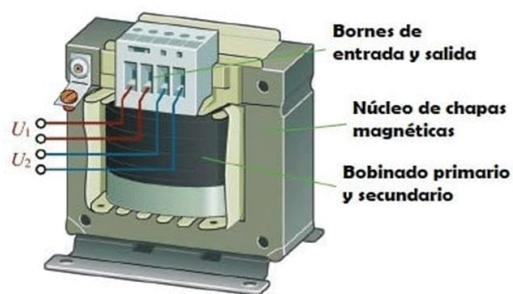
**Potencia Aparente:** es la potencia total suministrada al circuito eléctrico de corriente alterna, y se calcula mediante la suma vectorial de la potencia activa y a potencia reactiva. (Todo, luz y gas, 2023)

### **Transformador**



Es una máquina eléctrica estática destinada a transformar un nivel de voltaje y corriente primario en otro secundario, manteniendo la misma frecuencia y potencia a ambos lados de la misma.

*Figura 9 Transformador*



*Fuente: AUDAX*

### **Ahorro de energía**

Significa el proceso en el cual se gestiona el consumo energético del equipamiento y de las pérdidas que se producen en el mismo; con la finalidad de reducir al mínimo las mismas en todo el proceso.

### **Indicadores de Eficiencia Energética**

Un indicador es una señal o dato que proporciona información sobre algo, los indicadores son valores estadísticos que cuando se combinan son capaces de proporcionar pistas referentes a una situación o problema en específico. (Garnier, 2016)

## **ANTECEDENTES**

La empresa se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, en el cantón Quito, en la parroquia Pomasqui cuya dirección es Av. Manuel Córdova Galarza S7-27, no tiene sucursales, y cuenta con 45 trabajadores 13 personas en Administración y 32 operadores en diferentes áreas; no existe rotación de personal, debido a que los trabajadores se desempeñan en un excelente clima laboral.

Dentro de los procesos de producción la empresa cuenta con áreas específicas para cada proceso, así: área de extrusión donde se transforma la materia prima; área de corte donde se da el corte a la funda de acuerdo a las medidas solicitadas por los clientes; área de laminación, donde se da el toque personalizado a la funda solicitada por el cliente, es decir se coloca el logo y datos adicionales del producto que se va a introducir en la funda; área de sellado en donde se sella la funda, área de capuchón en donde se produce el capuchón para las flores de exportación y área de recuperado en donde se recupera el material de desperdicio o material devuelto, con esto se fabrica el sorbete.

Actualmente la organización objeto de estudio no ha realizado un diagnóstico de la situación actual de los dos transformadores con los que cuenta la misma, por ende, tampoco se han planteado anteriormente ni en el presente la realización de un estudio de Eficiencia Energética con el que se puedan detectar oportunidades de ahorro y una mejora continua de la misma dentro del sector industrial.

La organización objeto de estudio no utilizan indicadores de EE, por tanto, no manejan el control de su consumo con indicadores que demuestren como está

dándose dicho consumo dentro del horario pico en relación con su producción y sus ingresos.

Además, la empresa no cuenta con un levantamiento de cargas actualizado con la finalidad de detectar las diferentes oportunidades de ahorro energético; conjuntamente conocer los niveles de cargabilidad en sus equipos.

La empresa posee un tanque de almacenamiento muy pequeño en comparación con la capacidad real que tiene el compresor, y utiliza otro compresor que funciona como pulmón de respaldo utilizado cuando el ciclo del primero termina, es decir, que los tiempos de parada son prácticamente inexistentes sobre todo en el horario pico ya que la empresa tiene un horario de trabajo de las 24 horas del día.

Se toma como referencia la tesis de Jacho Loachamin, Edison Mauricio con el título “Rediseño de la red de aire comprimido de la empresa gráfica Imprenta Don Bosco C.S.P.” en la cual para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de aire toma en cuenta un periodo total de carga y descarga de 60 segundos para el diseño del tanque de almacenamiento.

## **JUSTIFICACIÓN**

La **importancia** del presente trabajo de investigación se basa en la posibilidad de detectar las diferentes oportunidades de ahorro energético en el servicio de la Empresa, las cuales se pretende gestionar con el fin de reducir las pérdidas, el consumo y el costo total de energía eléctrica y de producción que cubre la entidad.

El **impacto** del presente trabajo de investigación para la organización radica en que, al detectar las oportunidades de ahorro energético, le permitirá a la misma

reducir los consumos de electricidad, el costo total a pagar a la Empresa Eléctrica y mejorar los indicadores de Eficiencia Energética en la organización.

Un estudio de Eficiencia Energética para la organización es de gran **utilidad** para la misma, pues le permitirá establecer las directrices necesarias encaminadas a un proceso de mejora continua con la finalidad de reducir el consumo eléctrico y la mejora de los indicadores de Eficiencia Energética.

El principal **beneficiario** con la presente investigación corresponde a la organización pues le proporciona un estudio de Eficiencia Energética el cual se encamina a la reducción del consumo eléctrico, las pérdidas eléctricas, al valor total a pagar en su factura mensual a la Empresa Eléctrica y una mejora continua de sus indicadores.

La presente investigación se considera **factible** para su realización, pues se cuenta con el apoyo de la alta directiva de la organización, brindando todo tipo de apertura para su realización. Además, está presente la colaboración de la Empresa Eléctrica de Quito para instalar un equipo analizador de redes encaminado al diagnóstico de los parámetros eléctricos en el transformador que alimenta al servicio.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Proponer un estudio de Eficiencia Energética, mediante la detección de oportunidades de ahorro en el servicio para la reducción del consumo eléctrico en la empresa.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Identificar el comportamiento actual de los parámetros eléctricos en ambos servicios de transformadores, mediante la instalación por parte de la EEQ de un analizador de redes, con la finalidad de visualizar posibles oportunidades de ahorro energético en los mismos.

Realizar un levantamiento de la carga eléctrica instalada en el servicio, mediante la identificación de sus parámetros nominales, y su consumo real de corriente, con la finalidad de conocer el verdadero régimen de explotación del equipamiento.

Incorporar Indicadores de Eficiencia Energética, mediante la utilización de datos aportados por la organización, con la finalidad de que la empresa cuente con esta herramienta de evaluación de sus consumos energéticos.

Proponer acciones estratégicas a la alta directiva mediante la evaluación de las oportunidades de ahorro detectadas, encaminadas a la reducción del consumo eléctrico.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

Analizando el informe de diagnóstico realizado en ambos transformadores que alimentan a la empresa, se aprecia un comportamiento de los parámetros eléctricos dentro de los estándares establecidos por la empresa eléctrica. Se evidencia que un servicio posee una mayor disponibilidad de carga de reserva con respecto al otro.

La capacidad disponible en cada servicio es de 31.42 y 17.38 % respectivamente, no permite valorar un reemplazo de dicho transformador por otro de diferente capacidad. Si la organización requiere un incremento de la carga en la instalación, debe ser valorada la magnitud de la misma y de preferencia incorporarla al transformador que tiene mayor disponibilidad.

La organización no cuenta con datos históricos del consumo energético a través del uso de indicadores de EE con los cuales se puede conocer como están actualmente estos parámetros dentro y fuera del horario pico en relación con la producción e ingresos.

La implementación de estos indicadores de eficiencia energética le permitirá a la organización tener un monitoreo certero del consumo de energía en sus operaciones analizando la variabilidad de estos parámetros. Determinar, a través de los mismos si la entidad ha mantenido o no su eficiencia durante su proceso de producción con respecto al uso de la energía.

## 1. Cálculo del indicador Estructura Consumo

*Tabla 1: Cálculo del indicador Estructura Consumo*

2023	Consumo pico		Consumo Total		Estructura de consumo	
	Servicio 1	Servicio 2	Servicio 1	Servicio 2	Servicio 1	Servicio 2
Enero	5414.32	5524.28	33088.96	37189.16	16.36	14.85
Febrero	4230.31	4771.95	25704.49	28651.27	16.46	16.66
Marzo	6457.40	7949.42	44862.97	44976.89	14.39	17.67
Abril	5951.46	5531.58	39213.48	36564.55	15.18	15.13
Mayo	4462.79	3862.52	26685.40	26275.49	16.72	14.70
Junio	4944.9	5246.72	30995.66	32874.37	15.95	15.96
Julio	7051.71	4610.38	43662.28	36665.96	16.15	12.57
Agosto	6963.17	6782.98	43448.41	40258.55	16.03	16.85
Septiembre	6591.67	6554.34	42168.62	50578.69	15.63	12.96
Octubre	6071.47	6837.10	49380.39	41814.12	12.30	16.35
Noviembre	5133.27	4946.67	33587.47	30685.02	15.28	16.12
Diciembre	4123.98	4024.39	26908.98	26276.77	15.33	15.32

En la **Tabla 1** se realizó el cálculo del indicador Estructura Consumo de forma mensual. El mismo indica el por ciento de la energía total consumida durante el horario pico, el límite superior de este valor constituye un 16,6%; pues el horario pico nocturno (6pm - 10pm) está comprendido por 4 horas las cuales representan un 16,6% con respecto a las 24 horas del día. En la tabla se identificó que los meses donde el indicador supera o iguala el límite superior en el servicio 1 es mayo, mientras, que en el servicio

dos fueron los meses de febrero, marzo y agosto. Si el valor iguala o supera al límite superior significa que en estos meses durante el horario de día y madrugada se está consumiendo menos energía, produciéndose una estabilidad en el consumo para el horario pico nocturno.

## 2. Cálculo del indicador Intensidad Energética

**Tabla 2:** Cálculo del indicador intensidad energética

Meses	Consumo de		Intensidad Energética
	energía total entre ambos servicios	Ingresos	
Enero	70278.12	227,121.58	0.309
Febrero	54355.76	239,679.43	0.227
Marzo	89839.86	309,650.64	0.290
Abril	75778.03	250,218.43	0.303
Mayo	52960.89	227,737.11	0.233
Junio	63870.03	243,578.50	0.262
Julio	80328.24	298,483.26	0.269
Agosto	83706.96	366,637.07	0.228
Septiembre	92747.31	325,328.99	0.285
Octubre	91194.51	355,747.20	0.256
Noviembre	64272.49	273,825.97	0.235
Diciembre	53185.75	249,260.71	0.213

Para realizar el cálculo del indicador intensidad energética se necesita conocer



el consumo total de energía eléctrica entre los dos servicios con los que cuenta la organización y el total de ingresos mensuales. Este indicador es la relación entre el consumo total de energía eléctrica con respecto al valor de los ingresos de la empresa. En esta se puede apreciar una disminución del valor del indicador a lo largo del tiempo lo cual representa un aspecto positivo ya que la entidad está produciendo más bienes con una cantidad de energía menor.

Analizando los datos obtenidos en la **Tabla 2** se determinó lo siguiente:

### **Marzo**

- Consumo de Energía: 89,839.86
- Ingresos: \$309,650.64
- Intensidad Energética: 0.290

Marzo destaca como un mes crítico con un aumento significativo en el consumo de energía y en los ingresos.

### **Agosto**

- Consumo de Energía: 83,706.96
- Ingresos: \$366,637.07
- Intensidad Energética: 0.228

Agosto resalta por su alto ingreso en comparación con el consumo de energía. La intensidad energética baja indica una gestión eficiente de recursos, y el mes destaca como uno de los más rentables.

### **Septiembre**

- Consumo de Energía: 92,747.31

- Ingresos: \$325,328.99
- Intensidad Energética: 0.285

Aunque el consumo de energía es elevado, septiembre presenta ingresos sustanciales, manteniendo una intensidad energética aceptable.

### **3. Cálculo del indicador Índice de consumo**

El indicador índice de consumo permite saber cuántos (kW-h) se consumen por cada objeto producido o servicio prestado. Y es la relación del consumo de energía eléctrica con respecto a la producción expresada en unidades o en servicios y se calcula dividiendo el consumo total de energía eléctrica de ambos servicios sobre la producción en kilos, que es la unidad con la que se maneja el volumen de producción.

**Tabla 3:** Resultado del cálculo del indicador índice de consumo

Meses	Consumo de		
	energía total entre ambos servicios	Producción en kilos	Índice de consumo
Enero	70278.12	43,645.65	1.610
Febrero	54355.76	45,884.00	1.185
Marzo	89839.86	58,555.98	1.534
Abril	75778.03	45,173.41	1.677
Mayo	52960.89	45,035.75	1.176
Junio	63870.03	48,250.39	1.324
Julio	80328.24	55,541.42	1.446
Agosto	83706.96	64,543.65	1.297
Septiembre	92747.31	68,965.89	1.345
Octubre	91194.51	75,579.07	1.207
Noviembre	64272.49	56,973.42	1.128
Diciembre	53185.75	47,737.34	1.114

Con los datos recopilados en la **Tabla 3** se tomó como ejemplo los meses de enero, marzo y febrero para determinar que:

#### **Abril**

- Índice de Consumo: 1.677
- Producción en Kilos: 45,173.41

Abril destaca como un mes significativo con un índice de consumo notablemente alto. Aunque la producción en kilos no es la más alta, la relación entre

el consumo de energía y la producción indica una eficiencia energética que podría necesitar mejoras.

### **Septiembre**

- Índice de Consumo: 1.345
- Producción en Kilos: 68,965.89

Septiembre presenta un índice de consumo considerablemente alto, a pesar de una producción en kilos significativa.

### **Octubre**

- Índice de Consumo: 1.207
- Producción en Kilos: 75,579.07

Aunque el índice de consumo disminuye, octubre destaca por la alta producción en kilos. Esto indica una mejora en la eficiencia energética en comparación con meses anteriores.

La adopción de estos indicadores de eficiencia energética permitirá a la empresa supervisar de manera más efectiva el consumo de energía en sus operaciones. Este análisis de la variabilidad de los parámetros asociados con el consumo de energía ayudará a determinar, mediante dichos indicadores, si la organización ha mantenido su nivel de eficiencia durante el proceso de producción en cuanto al uso de este recurso vital.

Se realizó la evaluación de carga correspondiente para cada equipo que forma parte de la instalación, utilizando los valores nominales proporcionados por el fabricante en la placa identificativa. Estos datos incluyen la potencia nominal, voltaje

y frecuencia para consecuentemente calcular la corriente del motor de cada equipo y la potencia tanto activa como reactiva.

Se asume un factor de potencia  $\cos\varphi$  de (0.85), pues para equipos inductivos a plena capacidad de trabajo, le corresponde el mencionado valor. Un factor de potencia de (0.85) indica que el 85% de la potencia aparente se está utilizando para realizar trabajo útil, mientras que el 15% se está utilizando como la potencia reactiva.

#### **Fórmula para calcular la corriente en un motor monofásico**

P: Potencia nominal

V: Voltaje

$\cos\varphi$ : Factor de potencia

I: Corriente

$$P = (V)(I)\cos\varphi$$

$$I = \frac{P}{V \cos\varphi}$$

- **Fórmula para calcular la potencia activa en un motor monofásico**

V: Voltaje

$\cos\varphi$ : Factor de potencia

I: Corriente

*Potencia activa monofásica*

$$P = (V)(I)\cos\varphi$$

- **Fórmula para calcular la potencia reactiva de un motor monofásico**

V: Voltaje

$\text{Sen}^\varphi$ : Factor de potencia

I: Corriente

*Potencia reactiva monofásica*

$$Q = (V)(I)\text{sen}^\varphi$$

- **Fórmula para calcular la corriente en un motor trifásico**

P: Potencia nominal

V: Voltaje

$\text{Cos}^\varphi$ : Factor de potencia

I: Corriente

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}(V)\text{cos}^\varphi}$$

- **Fórmula para calcular la potencia activa de un motor trifásico**

I: Corriente

$\text{Cos}^\varphi$ : Factor de potencia

V: Voltaje

*Potencia activa trifásica*

$$P = \sqrt{3} (V)(I)\text{cos}^\varphi$$

- **Fórmula para la calcular la potencia reactiva de un motor trifásico**

I: Corriente

$\text{Sen}^\varphi$ : Factor de potencia

V: Voltaje

*Potencia reactiva trifásica*

$$Q = \sqrt{3} (V)(I)\text{sen}\phi$$

La organización objeto de estudio no había realizado anteriormente un levantamiento de la cargabilidad correspondiente a cada equipo con el que cuentan en la instalación y debido a que se desea disminuir los consumos de energía es vital conocer estos parámetros para verificar que equipos son los más consumidores y así identificar en cual se puede proponer una oportunidad de ahorro.

*Tabla 4 Levantamiento de cargas*

Máquina	Canti dad	Voltaje (Volt)	Potencia (Watts)	Corriente (Amperes)	Monofásica	Trifásica	P. Activa (kW)	P. Reactiva (kVAR)	Q* Cantidad	P* Cantidad
Cortadoras	5	220	4000	21.39	X		4	2.44	12.2	20
Cortadoras	3	220	2200	11.76	X		2.2	1.34	4.02	6.6
Cortadoras	3	220	4200	12.96		X	4.2	2.56	7.68	12.6
Cortadora	1	220	4850	14.97		X	4.85	2.96	2.96	4.85
Cortadora	1	220	4400	13.58		X	4.4	2.69	1.69	4.4
Capuchonera	1	220	4200	22.45	X		4.2	2.56	2.56	4.2
Capuchonera	1	220	4200	12.96		X	4.2	2.56	2.56	4.2
Recuperadora	1	220	15000	46.31		X	15	9.17	9.17	15
Chiller	2	220	5000	15.43		X	5	3.05	6.1	10
Compresor	2	220	22000	67.92		X	22	13.4	26.8	44
Secadora	1	220	500	1.54		X	0.5	0.30	0.30	0.5
Secadora	1	220	500	2.67	X		0.5	0.30	0.30	0.5
Prensa	1	220	1500	4.63		X	1.5	0.91	0.91	1.5
Impresora Olger	1	380	2237	3.99		X	2.23	1.36	1.36	2.23



Máquina	Cantidad	Voltaje (Volt)	Potencia (Watts)	Corriente (Amperes)	Monofásica	Trifásica	P. Activa (kW)	P. Reactiva (kVAR)	Q* Cantidad	P* Cantidad
Impresora Lee Yung	1	220	2237	3.99		X	2.23	1.36	1.36	2.23
Laminadora	1	380	3000	5.36		X	3	1.83	1.83	3
Sello lateral	1	220	3000	16.04	X		3	1.83	1.83	3
Rebobinadora	2	220	6000	18.52		X	6	3.66	7.32	12
Selladora	1	220	500	1.54		X	0.5	0.30	0.30	0.5
Extrusora	3	220	4000	123.49		X	4	24.4	73.2	12
Extrusora sorbetes	1	220	15000	46.31		X	15	9.17	9.17	15
Micro perforadora	1	220	7000	21.61		X	7	4.28	4.28	7
Cortadora de manga	1	220	1500	8.02	X		1.5	1.58	1.58	1.5

### **Consumo de energía actual**

- **Consumo total:** 117.01 kW-h
- **Consumo diario:** 2808.24 kW-h
- **Consumo mensual:** 84247.2 kW-h

### **Fórmula para calcular potencia aparente total**

**Potencia activa total:** 117.01 kW-h

**Potencia reactiva total:** 94.01 kVAR

**Potencia activa total \* Cantidad de máquinas:** 186.81 kW-h

**Potencia reactiva \* Cantidad de máquinas:** 179.46 Kvar

### **Fórmula para calcular la potencia aparente total:**

$$S = \sqrt{(\sum P)^2 + (\sum Q)^2}$$

$$S = \sqrt{(186.81 \text{ kW})^2 + (179.46 \text{ kVAR})^2} = 255.46 \text{ kVA}$$

Se realizó el levantamiento de cargas respectivo en las instalaciones de la empresa, con el fin de conocer la potencia activa y reactiva de las máquinas para así abordar la problemática en función de que los compresores son los equipos que más energía consumen, ya que si se proponen tiempos de parada en máquinas como las extrusoras, impresoras o laminadora no resultaría beneficioso debido a que no se cuenta con equipos que los reemplacen y a su importancia para el proceso productivo recalcando que el servicio de la empresa trabaja 24 horas.

### **Consumo de energía de los compresores:**

Se procedió a calcular el consumo de energía diario y mensual en este caso del compresor ya que es una de las máquinas que más energía consume y la falta del tanque evita que dicho consumo puede ser reducido con tiempos de parada.

#### **Compresor**

Potencia: 22 kW-h

Tiempo: 24 horas

$$\text{Consumo diario} = 22\text{kW} \times 24\text{h} = 528 \text{ kW-h}$$

$$\text{Consumo mensual} = 528\text{kWh} \times 30 = 15840 \text{ kW-h}$$

La empresa cuenta con dos compresores, cada uno trabaja 12 horas a un régimen continuo. Con una potencia de 22kW-h, con un consumo diario y mensual entre ambos de 528 kW-h y 15840 kW-h respectivamente.

Se plantea la necesidad de valorar un nuevo tanque de almacenamiento que esté en correspondencia con la capacidad del compresor y la demanda de energía neumática que tiene la organización como oportunidad de ahorro.

***Figura 10*** Área de los compresores



Figura 11 Datos del tanque



Figura 12 Especificaciones del tanque

- Diseñado para aplicaciones de trabajo pesado como talleres automotores y trabajo de herramientas en línea
- RPM @ los HP especificados: 700 @ 10 HP & 1020 @ 15 HP
- Hasta 15,000 horas de servicio confiable información basada en B-10 vida de baleros
- Tanque con certificación ASME
- † Doble control para trabajo continuo ó paro/ arranque



Modelo	HP	Voltaje/ Fases	Desplazamiento CFM	Entrega de Aire CFM @ 40/90 PSI	Presión Máx	RPM @ los HP Especificados	Tamaño de Tanque(Gal)	Conf.
C1103120H	10	208-230/460V, 3 Ph	42,0	37,6/35,2	175 PSI	685	120	Horz.
C115K3120H	15	208-230/460V, 3 Ph	62,4	54,4/51,0	175 PSI	1020	120	Horz.
C1253120H*†	25	208-230/460V, 3 Ph	110	97,9/92,4	175 PSI	920	120	Horz.

El espacio con el que cuenta la empresa es muy limitado, sin embargo, para la propuesta del tanque los miembros de la misma dispondrán la reubicación del otro compresor, con la finalidad de contar de un espacio suficiente para el tanque de almacenamiento que se piensa instalar.

**Área de estudio:**

*Tabla 5 Área de estudio*

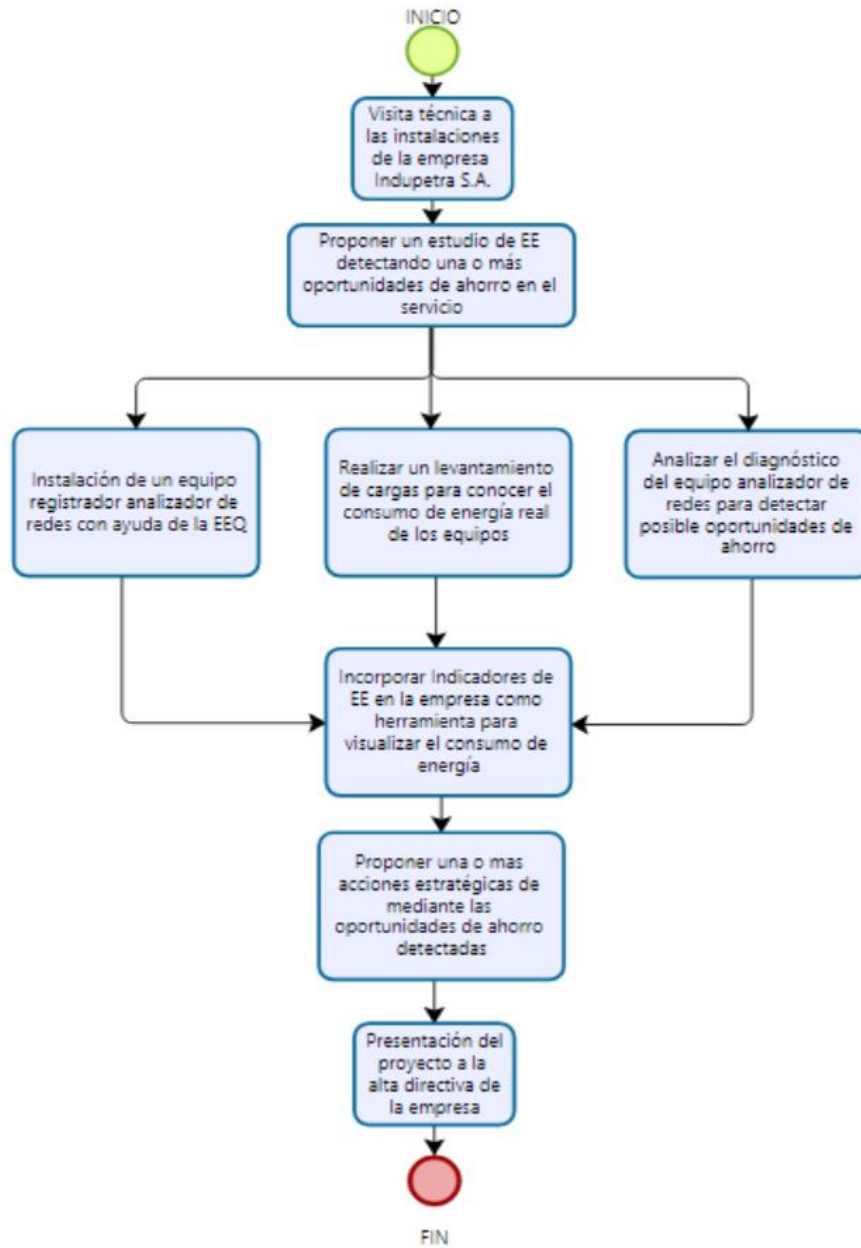
Dominio	Tecnología, Sociedad y Hábitat Sostenible
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Sub-Línea de investigación	Optimización energética de procesos con la integración de sistemas de generación renovable, eficiencia energética y estrategias de ahorro de energía.
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Eficiencia Energética
Aspecto	Evaluación de todos los consumos eléctricos durante la realización de todas las actividades laborales que se ejecutan en la empresa Indupetra S.A.
Objeto de estudio	Propuesta de Eficiencia Energética en la empresa Indupetra S.A. de la ciudad de Quito.
Período de análisis	Septiembre 2023 – enero 2024

**Nota:** Área enfocada en la Eficiencia Energética. Obtenido de: Universidad

Indoamérica 2023

## Modelo Operativo

*Figura 13: Modelo Operativo*



*Nota: Adaptado de Modelo Operativo (pág. 55), Céspedes, (2023).*

### CAPÍTULO III

#### PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Para el inicio del desarrollo de la propuesta en referencia a promover la reducción del indicador estructura consumo se propone implementar medidas para reducir el indicador de estructura de consumo en una empresa de manufactura de fundas plásticas. Estas medidas incluyen capacitación del personal en eficiencia energética, mantenimiento preventivo nocturno de las máquinas y sistemas de apagado automático. El objetivo es fomentar buenas prácticas de trabajo, reducir el consumo energético durante el horario pico (6 pm - 10 pm) y mejorar la eficiencia en el uso de la maquinaria.

A continuación, en la **Tabla 6** se presentan los resultados del indicador donde se puede apreciar que en la mayoría de los meses el porcentaje de energía consumida durante el horario pico está por encima del límite superior del 16,6%. Esto indica que aplicar medidas como las ya mencionadas resultaría beneficioso para la organización.

**Tabla 6** Resultado del Indicador Estructura Consumo

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Servicio 1	16.36	16.46	16.39	15.18	16.72	15.95	16.15	16.03	15.63	12.30	15.28	15.33
Servicio 2	14.85	16.66	17.67	15.13	14.70	15.96	12.57	16.85	12.96	16.35	16.12	15.32
Promedio	15.61	16.56	17.03	15.16	15.71	15.96	14.36	16.44	14.30	14.33	15.70	15.33

*Nota: La siguiente tabla presenta los resultados del indicador Estructura de consumo, en cual se puede apreciar que en el Servicio 1, el porcentaje de energía consumida durante el horario pico oscila entre 12.30% (octubre) y 16.72% (mayo).*

Mientras que en el Servicio 2, este porcentaje varía entre 12.57% (julio) y 17.67% (marzo).

**Tabla 7 Medidas de reducción del Indicador Estructura de Consumo**

<b>Máquinas</b>	<b>Medidas de Acción</b>
Cortadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación del personal en prácticas de eficiencia energética para el uso adecuado de las cortadoras.</li> <li>- Programación de mantenimiento preventivo durante el horario nocturno.</li> <li>- Implementación de sistemas de apagado automático cuando las máquinas no estén en uso.</li> </ul>
Recuperadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimización de los procesos de fusión para reducir el consumo de energía durante el horario pico.</li> <li>- Programar el mantenimiento preventivo en el horario pico enfocándose en: Inspección y limpieza de quemadores para mejorar la eficiencia de la combustión. Calibración de sistemas de control de temperatura para evitar sobrecalentamientos. Implementación de aislamiento térmico en zonas críticas para reducir pérdidas de calor.</li> </ul>
Prensa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programar el uso de la prensa fuera del horario para reducir el consumo de energía durante sus operaciones.</li> <li>- Capacitación del personal en la optimización de la operación de la prensa para reducir el consumo de energía.</li> </ul>
Impresoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar los tiempos de trabajo de las impresoras en horarios diurnos y capacitar al personal a realizar los cambios, ajustes, limpieza de rodillos y bandejas por las que pasa el plástico en el horario pico.</li> </ul>
Extrusoras tipo A50	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitar al personal para optimizar el trabajo en las extrusoras de manera más eficiente en cuanto al tiempo de trabajo y aprovechamiento del material para cumplir las ordenes y pedidos de los clientes. Para poder considerar un paro en las mismas y darles mantenimiento en el horario pico.</li> </ul>
Micro perforadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar los cambios de las planchas de perforación, ajustes de micro cilindros y limpieza de bandas transportadoras dentro del horario pico.</li> <li>- Programar todas las operaciones de la micro perforadora durante las jornadas diurnas.</li> </ul>

**Nota:** Esta tabla indica las diferentes medidas de acción consideradas para los equipos mas usados en la empresa, fomentado el mantenimiento el horario pico,



*uso eficiente del material e incentivos para programar las operaciones en jornada diurnas.*

A continuación, se presenta una tabla en la que se tomo en cuenta los meses del año en los que el valor promedio del indicador entre ambos servicios es críticamente más cercano, igual o superior al límite del indicador. Establecer un itinerario basado en el análisis del consumo de energía es crucial para optimizar la eficiencia energética en la industria plástica. Los datos del indicador de consumo revelan meses con un consumo energético superior al límite establecido, lo que sugiere la necesidad de implementar medidas de acción específicas.

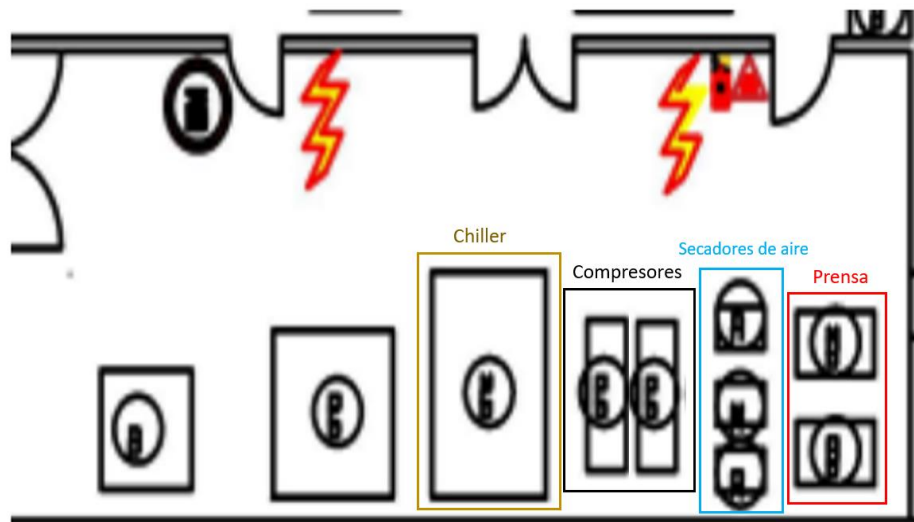
**Tabla 8** Meses más críticos del indicador Estructura Consumo

<b>Meses</b>	<b>Promedio</b>	<b>Observaciones</b>
Febrero	16.56	En estos meses críticos, es fundamental aplicar medidas como la optimización de procesos, la programación de mantenimiento preventivo y la capacitación del personal. Por ejemplo, se puede considerar la capacitación del personal en prácticas de eficiencia energética, la programación de mantenimiento preventivo durante el horario nocturno y la implementación de sistemas de apagado automático cuando las máquinas no estén en uso, entre otras medidas específicas para cada tipo de máquina. Estas acciones pueden contribuir significativamente a reducir el consumo de energía, mejorar la eficiencia operativa y, a su vez, disminuir los costos asociados al consumo energético en la empresa.
Marzo	17.03	
Junio	15.95	
Agosto	16.44	
Noviembre	15.77	

*Nota:* La tabla indica qué meses del año el valor promedio del indicador EC supera o iguala el límite superior de 16.6. Como se muestra, los meses de febrero, marzo, junio, agosto y noviembre destacan por cumplir este requisito para tomarse en cuenta como los periodos del año en los que mas factible resultaría poner en práctica las medidas de acción sin perjudicar a la producción.

En complemento a la propuesta se identificó a través del levantamiento de cargas en la **Tabla 4** que los compresores son los equipos que más energía consumen y en una reunión con los miembros de la alta directiva de la empresa se propuso suprimir una de los dos compresores con el fin de contar con uno de estos de reserva o para emergencias y así permitir valorar un tanque de almacenamiento en función de las características del compresor y del espacio disponible en la zona de la empresa donde estos encuentran. Por tanto, se propone un tanque de almacenamiento mayor al actual, en proporción a la capacidad el compresor y la demanda neumática de los equipos, debido a que el tanque que posee la empresa es menor en comparación a aspectos ya mencionados. Con un tanque de reserva más grande se almacena mayor cantidad de aire comprimido y por ende se pueden incrementar los tiempos de parada del compresor, sobre todo en el horario pico nocturno.

*Figura 14 Layout zona del compresor*



*Nota: Este Layout forma parte únicamente del área donde encuentran ubicados los compresores.*

En la **Figura 14** se presenta un Layout de la zona de los compresores donde se encuentran actualmente, permitiendo dar una primera vista del área donde se piensa realizar la propuesta.

Para empezar a valorar el tanque de almacenamiento para el compresor primero se identificó la demanda neumática de los equipos de la organización.

**Tabla 9:** Demanda de energía neumática de los equipos de la empresa en (CFM)

Número	Máquina	Cantidad	Consumo de aire en	
			pies cúbicos por minuto (CFM)	Consumos totales (CFM)
1	Cortadoras	6	1	6
2	Secadoras	2	4	8
3	Impresora Olger	1	2	2
4	Impresora Lee Yung	1	2	2
5	Laminadora	1	3	3
6	Sello lateral	1	3	3
7	Sello T	1	3	3
8	Extrusoras	3	1	3
9	Extrusora (Sorbetes)	1	5	5
10	Cortadora de manga	1	3	3
				Total: 38 cfm

Una vez obtenidos los consumos de energía neumática de cada equipo de la instalación se determinó el consumo total de los equipos. Cabe recalcar que solo se cuentan las cortadoras activas durante las diferentes jornadas.

1cfm = 28.31 litros

**Consumo total de los equipos** = 38 cfm = 1075.78 litros

**Capacidad del compresor** = 120 galones = 454.24 litros

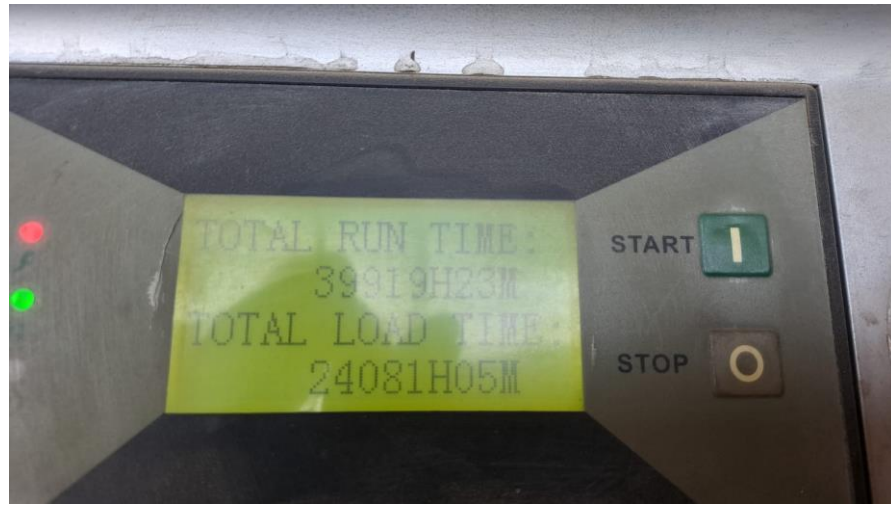
**Datos del compresor:**

*Figura 15: Placa del compresor*

Screw Compressor			
Model	FCF-30A	FAD	3.56 m <sup>3</sup> /min
Voltage	220 V	Max Pre	0.8 Mpa
Frequency	60 Hz	Size	1200/1200 MM
Power	22 kW	Weight	425 Kg
Speed	3536 r/min	Date	2015/06/12
No	163201506-3.40		

*Nota: En la presente figura se presenta la placa del fabricante con los respectivos parámetros del compresor que mantendrá en la zona dispuesta y para el cual se requiere seleccionar un tanque de almacenamiento.*

**Figura 16:** Tiempo total de funcionamiento y tiempo de carga del compresor



*Nota:* En la siguiente figura se presentan tanto el tiempo total de funcionamiento y el tiempo de carga del compresor. Datos necesarios para calcular la demanda real del mismo.

### 1. Porcentaje de tiempo de carga:

Para calcular la potencia del compresor se determinó principalmente la eficiencia del mismo con los datos proporcionados en la **Figura 16**.

$$\text{Eficiencia del compresor} = \frac{\text{Tiempo de Carga}}{\text{Tiempo total de funcionamiento}}$$

**Tiempo de carga:** 24082 horas

**Tiempo total de funcionamiento:** 39920 horas

$$\text{Porcentaje de tiempo de carga} = \frac{24082 \text{ hrs}}{39920 \text{ hrs}} = 0.60 \times 100 = 60\%$$

### 2. Potencia del compresor:

*Potencia del compresor = Caudal de aire x Presión de salida x Eficiencia*

**Caudal:** 3.56 m<sup>3</sup>/min

**Presión de salida:** 90 psi = 6.20 bares

**Eficiencia:** 60% = 0.6

$$Potencia\ del\ compresor\ (W) = \left(3.56 \frac{m^3}{min}\right) (6.20\ bares)(0.6) = 22.07\ kW$$

La potencia del compresor calculada coincide con la obtenida del levantamiento de cargas de la **Tabla 4** . El factor de conversión es igual a 0.60. Esto se debe a que la eficiencia del compresor es del 60%, lo que significa que solo el 60% de la energía suministrada al compresor se convierte en potencia útil.

### **3. Cálculo del volumen del tanque acumulador:**

El tanque a seleccionarse deberá ser lo suficientemente grande como para ser capaz de contener el aire que le suministre el compresor en un minuto.

Ya que el caudal (**Q**) está dado en (**m<sup>3</sup>/min**) se transformó a pie cúbicos por minuto (**cfm**) y de igual forma la presión atmosférica en (**hPa**) hectopascal a (**psi**) con el fin de poder trabajar con las mismas unidades en todos los valores.

**Vt:** Volumen del tanque, en cfm

**Q:** FAD del compresor: 3.56 m<sup>3</sup>/min =125.78 cfm

$$1m^3/min = 35.31\ cfm$$

$$Q = 3.56\ m^3/min \times 35.31 \frac{cfm}{m^3} = 125.78\ cfm$$

**Patm:** Presión atmosférica = 1011 hPa =14 lb/in<sup>2</sup>

**Pi:** Presión manométrica inicial = 90 lb/in<sup>2</sup>

**Pf:** Presión manométrica final = 175 lb/in<sup>2</sup>

### Fórmula para calcular el volumen del tanque

$$V_t = \frac{(Q)(P_{atm})}{P_f - P_i}$$
$$V_t = \frac{(125.78 \text{ cfm})(14 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2})}{(175 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} - 90 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2})} = 20.71 \text{ cfm}$$

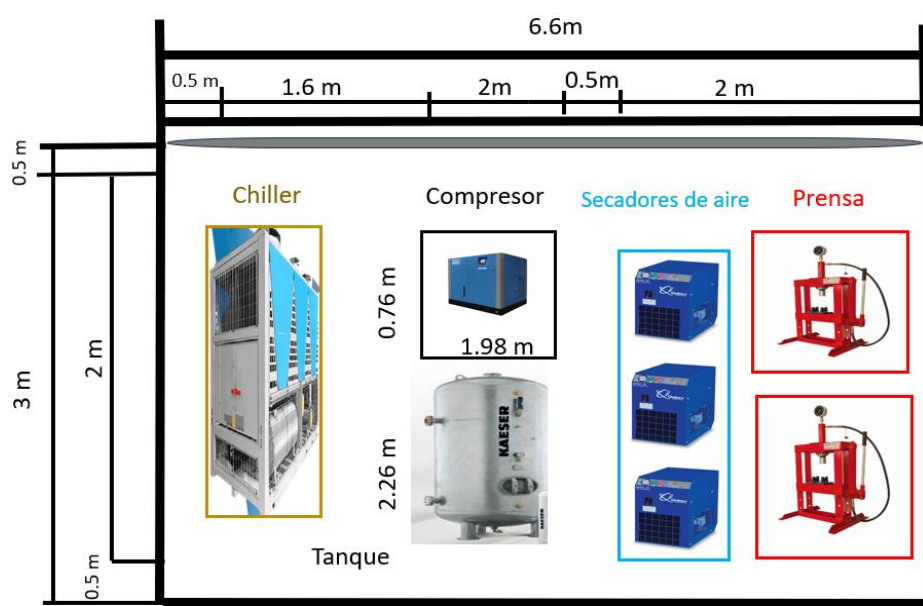
Al reubicar uno de los compresores se cuenta con más espacio para valorar y seleccionar en función de este aspecto el tanque de almacenamiento. En la **Figura 15** de la placa del compresor tenemos como dato las medidas del compresor que permitirá en función de esto y el espacio disponible en el área de los compresores determinar el diámetro y longitud del tanque de almacenamiento. Siendo 0.76 x 1.98 x 1.42 metros sus medidas de longitud ancho y alto respectivamente.

**Tabla 10** Dimensiones zona del compresor

Dimensiones	Longitud	Ancho	Altura
Compresor	0.76 m	1.98 m	1.42 m
Espacio disponible	3 m	2 m	2.75 m

*Nota:* La tabla muestra las medidas del compresor y el espacio disponible en la zona donde se colocaría el tanque de almacenamiento.

*Figura 17 Esquema del espacio disponible para el tanque*



*Nota:* Al realizar las respectivas mediciones del área de análisis, se determinó que el espacio disponible es de 2 metros de largo x 2 metros de ancho, y altura del lugar de 2.75 metros. Ahora se puede determinar el diámetro del tanque en función del espacio.

Teniendo esta información se determinó que el diámetro del tanque del almacenamiento debe ser de 1m. Y tomando en cuenta el volumen total calculado anteriormente podemos determinar la capacidad necesaria del tanque.

$$V_t: 20.71 \text{ cfm}$$

$$1 \text{ cfm} = 28.31 \text{ litros por minuto}$$

$$20.71 \text{ cfm} \times 28.31 \frac{\text{litros}}{\text{cfm}} = 594.51 \text{ litros}$$

Por tanto, la capacidad necesaria que deberá tener el tanque para satisfacer las necesidades del compresor será de **594.51 litros**. Una vez obtenida esta información



se procedió a investigar catálogos para seleccionar un tanque a través de diferentes criterios propuestos en matrices de priorización.

### **Criterios para la selección del tanque**

Se seleccionará un tanque en base a unas matrices de priorización para descartar las opciones menos viables en función de aspectos como el espacio disponible, la capacidad del tanque, aditamentos necesarios, material y posición del mismo.

Para seleccionar la capacidad del tanque en catalogo se determina el 20% del volumen total del tanque calculado como factor de reserva ante cualquier variación imprevista de la demanda, indicando el siguiente resultado:

#### **Margen (20%) de utilización de la capacidad del tanque:**

$$20\% \text{ de } 594.51 = 118.90$$

$$594.51 \text{ litros} + 118.90 \text{ litros} = 713.41 \text{ litros}$$

Con este criterio se procedió a seleccionar un tanque con una capacidad de 1000 litros ya que en el catálogo de la empresa ecuatoriana Kaeser Compresores los tanques de 900 litros tienen una presión máxima (160 psi), la cual es inferior a la del compresor en funcionamiento (175 psi).

**Figura 18:** Catálogo para tanques de aire Kaeser Compresores

Capacidad del Tanque	Presión máxima permitida	Versiones posibles		Versión vertical				Versión horizontal			
		Litros	psig	Vertical	Horizontal	Altura mm	Ø mm	Conexión de entrada/salida	Peso kg	Longitud mm	Ø mm
90	160	Si	—	1160	350	2 x G ½ hinten	37	—	—	—	—
150	160 230	Si	Si	1190	450	2 x G ¾ hinten	60 67	1050	450	2 x G 2	55 85
250	160 230	Si	Si	1540 1545	500	2 x G ¾ hinten	84 100	1410 1410	500	2 x G 2	84 100
350	160 230	Si	Si	1810	550	2 x G 1 hinten	100 150	1630 1640	550	2 x G 2	101 164
500	160 230	Si	Si	1925 1918	600	2 x G 1 hinten	110 210	1780	600	2 x G 2	130 208
	650		—	1925			420				—
900	160	Si	—	2170	800	2 x G 2; 2 x G 1½	238	—	—	—	—
1000	160 230	Si	Si	2265 2255	800	2 x G 1½; 2 x G 2	244 267	2150 2140	800	G 2; 1 x G 1½	240 360
	650			—			2245	500			—
2000	160 230	Si	Si	2375 2490	1150 1100	4 x G 2½	470 500	2180	1150	2 x G 2	470 600
	725		—	2430	1100	4 x DN 80	620				—

*Nota: La Figura 18 es de un catálogo de la empresa Kaeser Compresores de la ciudad de Quito Ecuador, donde presentan sus distintos tanques según capacidad, medidas, diámetro, etc. Ya obtenidos los datos necesarios para la selección del tanque se procede con las matrices de priorización a descartar y optar por las mejores opciones.*

## **Tanque de almacenamiento 1**

**Capacidad:** 1000 litros

**Posición:** Vertical

**P. Máx:** 230 psi

**Altura:** 2265 mm

**Diámetro:** 800 mm

*Figura 19: Tanque de almacenamiento vertical*



*Nota: Imagen de un tanque de almacenamiento vertical de la empresa Kaeser Compresores con sus respectivos datos obtenidos del catálogo de tanques de la organización.*

## **Tanque de almacenamiento 2**

**Capacidad:** 1000 litros

**Posición:** Horizontal

**P. Máx:** 230 psi

**Longitud:** 2150 mm

**Diámetro:** 800 mm

*Figura 20: Tanque de almacenamiento horizontal*



*Nota: Esta figura representa a un tanque de almacenamiento de aire horizontal, producto de la empresa Kaeser Compresores con sus datos respectivos obtenido del catálogo de esta.*

Se tomó en cuenta dos tipos de tanque en función del espacio disponible y sobre todo de la capacidad necesaria que deberá tener el tanque para cumplir con las necesidades del compresor, en este caso una capacidad de 1000 litros ya que no cuentan con uno de 900 litros que tenga una presión máxima en función de la del compresor que sería lo óptimo para esta situación.

### **Selección del tanque**

*Tabla 11: Tanques de almacenamiento valorados*

Posición	Capacidad	Altura	Longitud	Diámetro	P: Max
Vertical	1000 litros	2265 mm	X	800 mm	230 psi
Horizontal	1000 litros	X	2150 mm	800 mm	230 psi

*Nota: La Tabla 11 corresponde a los datos obtenidos anteriormente que servirán para seleccionar el tanque más idóneo que en este caso sería el vertical, debido a que cumple con las necesidades del compresor y el espacio que se dispone para colocarlo.*

- **Matriz de priorización (Tanque vertical / Horizontal)**

*Tabla 12: Matriz de priorización tanque horizontal y vertical*

		<b>Inadecuado</b>	1
		<b>Muy Adecuado</b>	5
<b>Criterios</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Tanque Vertical</b>	<b>Tanque Horizontal</b>
Eficiencia del uso del espacio	4	4	3
Flexibilidad de la instalación	4	4	4
Accesibilidad para mantenimiento	4	5	3
Capacidad de almacenamiento	5	5	5
Costos	4	4	3
		Total: 22	Total: 18

Con la ponderación resultante obtenida de matriz de priorización para el tanque vertical y horizontal se determinó que la opción más viable sería el tanque vertical sobre todo porque el horizontal ocupa más espacio en la zona de los compresores.

- **Matriz de priorización (Material del tanque)**

*Tabla 13: Matriz de priorización material del tanque*

Material	Ponderación	Resistencia a la corrosión	Resistencia Mecánica	Costo del material	Inadecuado
					Adecuado
Acero galvanizado	4	4	3	3	1
Acero al carbono	4	2	4	3	5
Otros materiales	4	2	2	4	

**Resultado ponderación**

**Acero galvanizado: 10**

**Acero al carbono: 9**

**Otros materiales: 8**

El resultado de las ponderaciones permite apreciar que el acero al carbono y el acero galvanizado son los dos materiales mejor valorados para el tanque de aire

comprimido. Sin embargo, el acero galvanizado por inmersión el caliente de acuerdo a la norma DIN EN ISO 1461 para el recubrimiento en materiales de hierro y acero permite que el tanque dure aproximadamente tres veces más que un tanque convencional y es recomendado por la empresa Kaeser Compresores.

- **Matriz de priorización (Aditamentos)**

*Tabla 14: Matriz de priorización aditamentos del tanque*

		<table border="1"> <tr> <td><b>Nada importante</b></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td><b>Muy Importante</b></td> <td>5</td> </tr> </table>			<b>Nada importante</b>	1	<b>Muy Importante</b>	5
<b>Nada importante</b>	1							
<b>Muy Importante</b>	5							
<b>Aditamento</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Costo</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Mantenimiento</b>				
Válvula de purga	4	3	4	3				
Brida de Verificación	2	2	3	4				
Manómetro	4	4	3	2				
Válvula de seguridad	5	5	5	3				

**Ponderación resultante:**

Válvula de purga: 10

Brida de verificación: 11

Manómetro: 9

Válvula de seguridad: 13

**Análisis:**

Con estos resultados se pueden ver la importancia de cada aditamento dependiendo también de su función. La empresa Kaeser Compresores recomienda al menos estos 4 aditamentos para el tanque de almacenamiento debido a que son los más básicos y adecuados para la función del depósito.

**Figura 21:** Aditamentos recomendados por Kaeser Compresores



*Nota:* La **figura 21** representa a los sets completos de grifería más adecuados recomendados por Kaeser Compresores a sus clientes.

### **Costos de los aditamentos**

**Válvula de purga:** Dispositivo utilizado para eliminar el exceso de agua, condensación u otros contaminantes del sistema de aire comprimido, ayudando a mantener la eficiencia y prolongar la vida útil de los equipos.

**Costo en el mercado: 289\$**



**Brida de verificación:** Conexión mecánica utilizada para asegurar la hermeticidad y la integridad estructural de las conexiones entre componentes en el sistema de aire comprimido, facilitando la inspección y el mantenimiento.

**Costo unitario en el mercado: 35 – 40\$.**

**Manómetro:** Instrumento de medición utilizado para indicar la presión del aire dentro del tanque de almacenamiento, proporcionando información crucial sobre el funcionamiento del sistema y permitiendo ajustes precisos según sea necesario.

**Costo del manómetro en el mercado: 25\$**

**Válvula de seguridad:** Dispositivo de seguridad diseñado para proteger el sistema de aire comprimido contra sobrepresiones peligrosas, liberando automáticamente el exceso de presión para evitar daños en el equipo y garantizar la seguridad del personal.

**Costo válvula de seguridad en el mercado: 114.78 \$**

#### **Tanque seleccionado**

Con todo lo anteriormente expuesto, ya se cuenta con los criterios y datos necesarios para la selección del tanque, partiendo del espacio con el que se cuenta para la propuesta y a los datos obtenidos para el tanque con sus determinadas características.

**Espacio disponible:** 3 metros largo x 2 metros ancho y 2.75 metros altura

**Capacidad del tanque:** 1000 litros

**Diámetro:** 800 mm = 0.8 m

**Altura:** 2265 mm = 2.26 m

**Tabla 15:** Tanques de almacenamiento valorados

Posición	Capacidad	Altura	Longitud	Diámetro	P: Max
Vertical	1000 litros	2265 mm	X	800 mm	230 psi
Horizontal	1000 litros	X	2150 mm	800 mm	230 psi

Se optará por un tanque vertical resaltado en la **Tabla 15** debido a que cumple con las especificaciones técnicas.

Con respecto al material del tanque determinado en la **Tabla 13** se puede optar por un tanque de acero galvanizado debido a que aumentan el tiempo de vida del tanque a diferencia de los convencionales de acero.

En la **Tabla 14** se ejemplifico la importancia de un set de 4 aditamentos necesarios para el tanque de almacenamiento destacando que unos son más relevantes que otros, pero todos se adecuan a las necesidades básicas para monitorear y asegurar el tanque.

#### Tanque seleccionado

**Tabla 16:** Especificaciones del tanque seleccionado

Posición	Material	Aditamentos	Altura	Diámetro	P.
Tanque y capacidad					Max
Vertical	Acero galvanizado por	Válvula de seguridad. Manómetro, válvula	2.26m	0.8 m	230 psi

Capacidad de 2000 litros	inmersión en caliente	de purga y brida de verificación
--------------------------	-----------------------	----------------------------------

*Nota: Especificaciones del tanque seleccionado.*

Al haber determinado el tanque de almacenamiento de aire comprimido que necesita la empresa, al adquirirlo la organización puede aumentar los tiempos de parada del compresor en vez de utilizar el otro como pulmón y satisfacer los requerimientos del proceso de producción de la organización. Se dispondrá del otro compresor para cuando el principal requiera mantenimiento o se manifieste algún inconveniente con el mismo.

*Tabla 17 Costos del tanque seleccionado con aditamentos, tipo de material e instalación*

	Tanque	Aditamentos	Material	Instalación
<b>Costos</b>	2250 \$	468,78 \$	500 \$	150\$

**Costos totales: 2900\$**

Realizando el análisis de costos se determinó que el costo total de instalación del tanque es de **2900\$**. Tomando en cuenta los aditamentos, el material más óptimo para el tanque y el costo de instalación.

#### **Tiempo de descarga del tanque**

Se toma en cuenta que el periodo total de carga para el tanque es de 60 segundos. (LOACHAMIN, 2016).

**4. Para calcular el tiempo de descarga se utilizó la siguiente fórmula:**

$$T = \frac{\text{Volumen del tanque (litros)}}{\text{Caudal de descarga (cfm)}}$$

**Donde:**

**V: 1000 litros**

1 cfm = 28.3168 litros

$$V = 1000 \text{ litros} \times \frac{1 \text{ pie cúbico}}{28.3168 \text{ litros}} = 35.32 \text{ pies cúbicos}$$

Se va a asumir un factor de demanda de 0.9, lo cual significa que todo el equipamiento neumático ubicado en la instalación se encuentra trabajando a un 90% de su capacidad instalada, criterio suministrado por el personal técnico que labora en la organización.

**Caudal de descarga: 38 cfm**

$$\text{Caudal de descarga ajustado} = 38 \text{ cfm} \times 0.90 = 34.2 \text{ cfm}$$

**Entonces:**

**V: 35.32 pies cúbicos**

**Caudal de descarga: 34.2 cfm**

$$T = \frac{35.32 \text{ pies cúbicos}}{34.2 \text{ pies cúbicos/min}}$$

$$T = 1.03 \text{ minutos}$$

El tiempo de descarga calculado fue de aproximadamente 1.032 minutos (o alrededor de 62 segundos), considerando un tanque de almacenamiento de aire con un volumen de 1000 litros y un caudal de descarga ajustado de 34.2 CFM (tomando en

cuenta un factor de demanda del 90%). Si bien el tiempo de descarga parece bajo, se debe considerar si el caudal de descarga utilizado en el cálculo es representativo de las condiciones reales de operación. Si el sistema tiene picos de demanda que superan el caudal de descarga ajustado del 90%, es posible que el tiempo de descarga resultante sea más corto de lo esperado.

### **Tarifa promedio del kW-h en Quito Ecuador**

Con la eliminación del subsidio a tarifas eléctricas para empresas del sector industrial en el horario de 22:00 pm a 8:00 am, las industrias en estos horarios pagan una tarifa de USD 0.05 por kilovatio/hora. La tarifa industrial en el Ecuador tiene un valor promedio de 8,58 cUSD/kWh.

**Costo del kW-h en horario día (8h00 – 16h00): 8.58 cUSD**

**Costo del kW-h en el horario pico nocturno (16h00 – 22h00): 8.58 cUSD**

**Costo del kW-h en el horario de madrugada (22h00 – 8h00): 0.05 cUSD**

Sin embargo, la corporación eléctrica del Ecuador estableció que hasta el 2023 el valor promedio de la tarifa industrial es de 8.58 cUSD. (celec.gob.ec, 2023)

### **Resultados esperados**

Con esta información se procedió a determinar el ahorro que supondría la puesta en servicio del tanque seleccionado teniendo en cuenta que también se retira un compresor.

**Datos:**

**Potencia del compresor:** 22 kW

**Tiempo:** 24 horas

**Consumo diario** =  $22\text{kW} \times 24\text{h} = 528 \text{ kW-h}$  entre los dos compresores

**Consumo mensual** =  $528\text{kWh} \times 30 = 15840 \text{ kW-h}$

**Tiempo de carga del tanque:** 1 minuto

**Tiempo de descarga del tanque:** 1 minuto

**12 horas de trabajo del compresor**

**12 horas de parada del compresor en las cuales abastece a la planta el tanque**

Con estos datos podemos determinar lo siguiente:

**El consumo diario y mensual de los dos compresores:**

$$\text{Costo diario} = (528 \text{ kWh})(\$0.0858) = \$45.26$$

$$\text{Costo mensual} = (\$45.26)(30) = \$1357.80$$

**Costo de consumo de energía con un compresor con el tanque de almacenamiento seleccionado**

Dado que solo habrá un compresor en funcionamiento y se incorporará un tanque de almacenamiento para abastecer durante las 12 horas en las que el compresor está parado, primero, necesitamos calcular el consumo de energía del compresor en un día:

$$\text{Consumo diario del compresor} = (22\text{kWh})(12\text{h}) = 264\text{kWh}$$

Luego, el consumo total con un compresor y tanque de almacenamiento sería igual al consumo diario del compresor multiplicado por el número de días trabajados en un mes, ya que el tanque no consume energía:

$$\text{Consumo mensual con un compresor} = (264\text{kWh})(30) = 7920\text{kWh}$$

Ahora, se calculó el costo mensual utilizando la tarifa promedio:

$$\text{Costo mensual un compresor con tanque} = (7920kWh) \left( \frac{\$0.0858}{kWh} \right) = \$678.82$$

**Análisis Comparativo:**

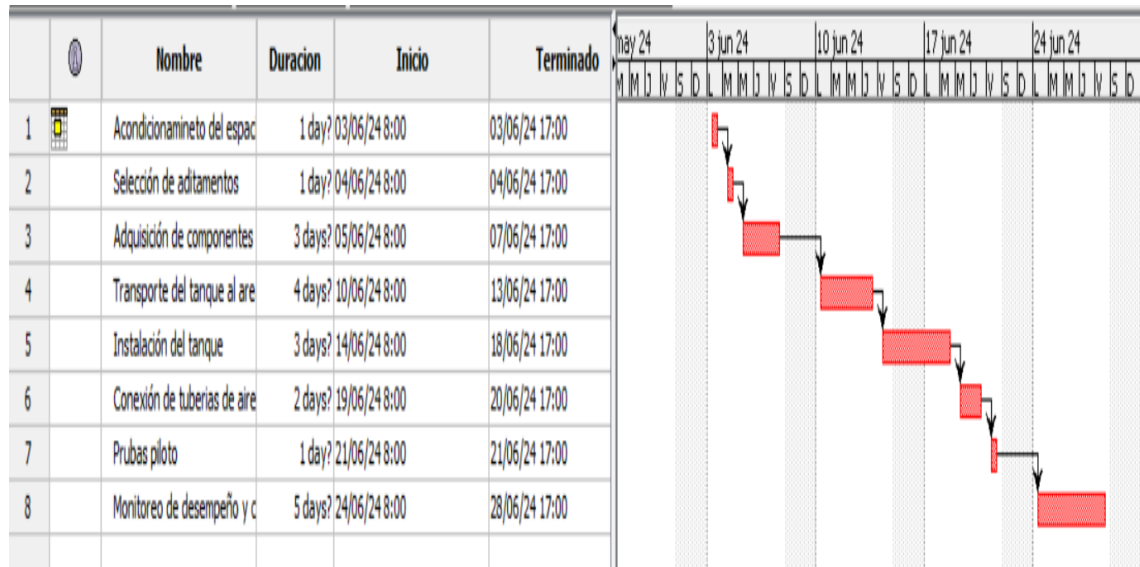
**Costo mensual con dos compresores:** \$1357.80

**Costo mensual con un compresor y tanque:** \$678.82

Se compararon los costos y se puede apreciar que la implementación de un compresor con un tanque de almacenamiento reduce significativamente el costo mensual de energía. Esto sugiere que la solución con un compresor y un tanque de almacenamiento es más rentable en términos de consumo de energía en comparación con mantener dos compresores en funcionamiento.

### Cronograma de implementación

*Figura 22 Cronograma de implementación de la propuesta*



### Análisis de Costos

**Tabla 18 Análisis de Costos**

<b>Tarea</b>	<b>Recursos</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costos</b>
Acondicionamiento del espacio	La tarea se realizará por operarios de la misma empresa, sin la necesidad de usar maquinaria pesada.	1 día	0\$
Selección de aditamentos	En este apartado tampoco es necesario un gasto ya que las diversas cotizaciones no tienen costo alguno.	1 día	0\$
Adquisición de componentes	Se selecciono un set básico para el funcionamiento del tanque de 4 aditamentos, el costo total de estos se detalla en la <b>Tabla 17</b> .	3 días	468.78\$
Compra y transporte del tanque de aire	La empresa donde se cotizo el tanque, traslada el producto hasta la empresa y el costo de esto esta incluido en el del tanque.	4 días	2250\$
Instalación del tanque	De igual manera el servicio de instalación del tanque para la organización objeto de estudio se ha detallado en la <b>Tabla 17</b> .	3 días	150\$
Conexión de tuberías de aire	La conexión de tuberías se realiza por parte de la empresa y está incluida a el valor de la instalación.	2 días	0\$
Pruebas Piloto	Esto se ejecutará un día domingo, pero se deberá contar con 3 trabajadores en labor de horas extras para comprobar el rendimiento de la maquinaria.	1 día	0\$
Monitoreo del desempeño del tanque	El jefe de planta corroborará pasando cada día durante una semana el funcionamiento del tanque con el fin de comprobar si esta trabajando correctamente.	5 días	0\$

***Nota:** Esta tabla presenta los costos y los recursos que deberá disponer la empresa para la compra e instalación de tanque con aditamentos. Dando un total de 2900\$ de capital necesario para llevar a cabo esta propuesta.*



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

El comportamiento de los parámetros eléctricos en ambos servicios de transformadores que alimenta a la organización se encuentra dentro de los rangos establecidos por la EEQ, por lo cual no se establece ningún criterio técnico para un reemplazo de éstos. La capacidad disponible en cada servicio es de 31.42 y 17.38 % respectivamente.

Se realiza el levantamiento de toda la carga eléctrica instalada en la organización, tanto monofásica como trifásica, se calcula la potencia total activa, potencia total reactiva y la potencia aparente; indicando los siguientes resultados respectivamente: 186.81 kW, 179.46 kVAR y, 255.46 kVA. La capacidad total de los bancos de transformadores corresponde a 250 kVA; la diferencia existente entre la potencia nominal instalada y la capacidad total de los bancos, no se toma en consideración pues en el diagnóstico realizado se obtiene un nivel de cargabilidad correspondiente a 68.58 % y 82.62 % respectivamente.

Se propone como estrategia encaminada a la reducción del consumo eléctrico la utilización de un solo compresor, adicionalmente un nuevo tanque de almacenamiento con una capacidad de 1000 litros y con un tiempo de carga y de descarga de 1 minuto. Lo cual redundaría en una reducción del 50% del tiempo de trabajo total de los compresores y por consiguiente una reducción proporcional al consumo eléctrico de los mismos. Debido a que en la organización trabajan 2

compresores de igual potencia cada uno 12 horas de forma ininterrumpida pues el tanque de almacenamiento existente resulta insuficiente respecto a la demanda neumática y a la capacidad del compresor, constituyendo los equipos de mayor demanda eléctrica en el servicio.

Se incorpora a la organización tres indicadores de Eficiencia Energética, tales como: Índice de Consumo, Intensidad Energética y Estructura de Consumo. Los mismos son utilizados como base referencial respecto a las condiciones actuales en el manejo de la energía eléctrica. Por lo cual, cualquier plan de acción enfocado a la mejora continua de los procesos en la organización deben tributar a la mejora correspondiente a estos indicadores en las condiciones actuales.

## **Recomendaciones**

La empresa objeto de estudio deberá tomar en cuenta la necesidad de solicitar un diagnóstico anualmente, a través de la instalación del equipo analizador de redes para conocer si existe algún cambio dentro de los parámetros eléctricos en los bancos de transformadores.

La organización debería implementar el monitoreo cada 24 horas del consumo eléctrico mediante la auto lectura diaria de ambos medidores con la finalidad de conocer su valor, lo cual redundaría en una gestión adecuada del consumo mensual.

Es importante que la organización acate de buena manera la propuesta planteada debido a los beneficios económicos que la misma representa al reducirse en un 50% el consumo eléctrico correspondiente al equipo mayor consumidor en este caso el compresor.

Es importante para la empresa el establecimiento de indicadores de Eficiencia Energética como base referencial encaminado a un proceso de mejora continua dirigido a la reducción del consumo eléctrico y por ende del costo total de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/24\\_Reglamento\\_Ley\\_Organica\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/24_Reglamento_Ley_Organica_Eficiencia_Energetica.pdf)
- academy, K. (2018). Obtenido de <https://es.khanacademy.org/science/physics/work-and-energy/work-and-energy-tutorial/a/what-is-power>
- Alta tecnología. (22 de Marzo de 2016). Obtenido de Alta Tecnología: <https://altatecnologia.com.mx/la-importancia-de-los-transformadores-para-la-industria-electrica/>
- Asamblea Nacional. (2019,19 de marzo). *Ley orgánica de eficiencia energética*. Quito. Obtenido de [https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/15\\_ley\\_organica\\_eficiencia\\_energetica\\_diciembre\\_2019.pdf#:~:text=La%20presente%20Ley%20tiene%20por%20objeto%20establecer%20el,un%20ambiente%20sano%20y%20a%20tomar%20decisiones%20informada](https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/01/15_ley_organica_eficiencia_energetica_diciembre_2019.pdf#:~:text=La%20presente%20Ley%20tiene%20por%20objeto%20establecer%20el,un%20ambiente%20sano%20y%20a%20tomar%20decisiones%20informada)
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2019,19 de marzo). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. En *Corte Constitucional del Ecuador* (pág. 2). Ediciones Legales. Obtenido de [https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/20190319-S\\_R\\_O\\_449\\_19\\_MARZO\\_LEY-ORGANICA-DE-EFICIENCIA-ENERGETICA.pdf#:~:text=Uso%20racional%20y%20eficiente%20de%20la%20energ%C3%ADa%3A%20Son,calidad%20y%20una%20reducci%C3%B3n%20del%20impact](https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/12/20190319-S_R_O_449_19_MARZO_LEY-ORGANICA-DE-EFICIENCIA-ENERGETICA.pdf#:~:text=Uso%20racional%20y%20eficiente%20de%20la%20energ%C3%ADa%3A%20Son,calidad%20y%20una%20reducci%C3%B3n%20del%20impact)

Banco Mundial. (1 de Diciembre de 2017). Obtenido de Banco Mundia BIRF AIF:

<https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview#2>

*celec.gob.ec*. (2023). Obtenido de

[https://www.google.com/search?q=Cual+es+el+valor+promedio+del+consumo+del+kwh+en+el+sector+industrial+quito+e&sca\\_esv=919619def4e17474&rlz=1C1PNBB\\_esEC1094EC1094&biw=1280&bih=591&ei=8p\\_gZfucCNiNwbkPme-z-](https://www.google.com/search?q=Cual+es+el+valor+promedio+del+consumo+del+kwh+en+el+sector+industrial+quito+e&sca_esv=919619def4e17474&rlz=1C1PNBB_esEC1094EC1094&biw=1280&bih=591&ei=8p_gZfucCNiNwbkPme-z-)

[A8&ved=0ahUKEwj73dGE7NCEAxXYRjABHZn3DP8Q4dUDCBE&uact](https://www.google.com/search?q=Cual+es+el+valor+promedio+del+consumo+del+kwh+en+el+sector+industrial+quito+e&sca_esv=919619def4e17474&rlz=1C1PNBB_esEC1094EC1094&biw=1280&bih=591&ei=8p_gZfucCNiNwbkPme-z-A8&ved=0ahUKEwj73dGE7NCEAxXYRjABHZn3DP8Q4dUDCBE&uact)

Céspedes, B. (2023). *repositorio.uti*. Obtenido de

<https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5520/1/BRAVO%20CESP EDES%20DAVID%20ALEJANDRO.pdf>

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Regimen del buen vivir*. Obtenido

de <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf>

Ecuador, M. d. (2018). Obtenido de chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/ESTUDIANTES/Downloads/1624-Art%C3%ADculo-5015-1-10-20190204.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/ESTUDIANTES/Downloads/1624-Art%C3%ADculo-5015-1-10-20190204.pdf)

Energía, M. d. (2017). *cnelep.gob*. Obtenido de [https://www.cnelep.gob.ec/wp-](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/1.PLAN_NACIONAL_EFICIENCIA_ENERGETIC)

[content/uploads/2017/09/1.PLAN\\_NACIONAL\\_EFICIENCIA\\_ENERGETIC](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/1.PLAN_NACIONAL_EFICIENCIA_ENERGETIC)  
Amaqueta-final-digital.pdf

Energía, M. d. (2017). *cnelep.gob*. Obtenido de [https://www.cnelep.gob.ec/wp-](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/1.PLAN_NACIONAL_EFICIENCIA_ENERGETIC)

[content/uploads/2017/09/1.PLAN\\_NACIONAL\\_EFICIENCIA\\_ENERGETIC](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/1.PLAN_NACIONAL_EFICIENCIA_ENERGETIC)  
Amaqueta-final-digital.pdf

Garnier, J.-Y. (2016). *Biblioteca Olade.org*. Obtenido de

<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00332.pdf>

IllustrationPrize. (6 de Junio de 2022). Obtenido de IllustrationPrize:

<https://illustrationprize.com/es/692-types-of-losses-in-a-transformer.html>

INTRONICA. (25 de Abril de 2022). Obtenido de INTRONICA:

[https://www.intronica.com/producto/registradores-trifasicos-fluke-1742-1746-y-](https://www.intronica.com/producto/registradores-trifasicos-fluke-1742-1746-y-1748/308#:~:text=Mida%20los%20principales%20par%C3%A1metros%20de%20calidad%20el%C3%A9ctrica%20%3APermite,incluye%20desequilibrio%20parpadeo%20y%20cambios%20r%C3%A1pidos%20de%20)

[1748/308#:~:text=Mida%20los%20principales%20par%C3%A1metros%20de%20calidad%20el%C3%A9ctrica%20%3APermite,incluye%20desequilibrio%20parpadeo%20y%20cambios%20r%C3%A1pidos%20de%](https://www.intronica.com/producto/registradores-trifasicos-fluke-1742-1746-y-1748/308#:~:text=Mida%20los%20principales%20par%C3%A1metros%20de%20calidad%20el%C3%A9ctrica%20%3APermite,incluye%20desequilibrio%20parpadeo%20y%20cambios%20r%C3%A1pidos%20de%20)

LOACHAMIN, E. M. (2016). *Repositorio Universidad Salesiana*. Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12441>

Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Balance Energético Nacional*. Obtenido de

<https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/wp-1692740456472.pdf>

Ministerio de energía y recursos no renovables. (2019). *Balance energético nacional*.

Obtenido de [https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-](https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Balance-Energetico-Nacional-2019-1.pdf)

[content/uploads/2020/12/Balance-Energetico-Nacional-2019-1.pdf](https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Balance-Energetico-Nacional-2019-1.pdf)

OLADE. (2007). Eficiencia energética: Recurso no aprovechado. *Artículos Técnicos*,

5.

Olade. (2017). *Olade.org*. Obtenido de [https://biblioteca.olade.org/opac-](https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0397.pdf)

[tmpl/Documentos/old0397.pdf](https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0397.pdf)

Oyarzún, G. (21 de Octubre de 2022). Obtenido de ComparaSoftware:

<https://blog.comparasoftware.com/analizador-redes/>

PCCOMPONENTES. (25 de Abril de 2025). Obtenido de PCCOMPONENTES:

<https://www.pccomponentes.com/nuevo-etiquetado-de-eficiencia-energetica>

RTE. (13 de Abril de 2020). *RTE de México*. Obtenido de

<https://rte.mx/transformador-que-es-como-funciona-tipos-y-partes>

Seoadmin. (2022). *Como funcionan los bancos de condensadores*. Mexico. Obtenido

de <https://rentadepantallas.com.mx/como-funcionan-los-bancos-de-condensadores/#:~:text=Los%20Bancos%20de%20Condensadores%20son,de%20la%20corriente%20en%20cables>.

Sevilleja, A. D. (2011). *Eficiencia Energética en el Sector Industrial*.

Smil, V. (2021). Obtenido de

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YlpEEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=que+es+energia&ots=UHPuS4pNdm&sig=S06Vt2A9tkkP\\_tw3AccnAF\\_FUF4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YlpEEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=que+es+energia&ots=UHPuS4pNdm&sig=S06Vt2A9tkkP_tw3AccnAF_FUF4#v=onepage&q&f=false)

Soliet Perú S.A. (6 de Marzo de 2019). Obtenido de SOLIET S.A.C:

<https://solietperusac.com/transformadores-electricos/transformadores-electricos-tipos-y-caracteristicas/>

*Todo, luz y gas*. (2023). Obtenido de [https://www.todoluzygas.es/blog/luz/diferencia-](https://www.todoluzygas.es/blog/luz/diferencia-potencia-activa-reactiva-y-aparente)

[potencia-activa-reactiva-y-aparente](https://www.todoluzygas.es/blog/luz/diferencia-potencia-activa-reactiva-y-aparente)

Wenu Work. (24 de Marzo de 2022). Obtenido de Wenu Work:

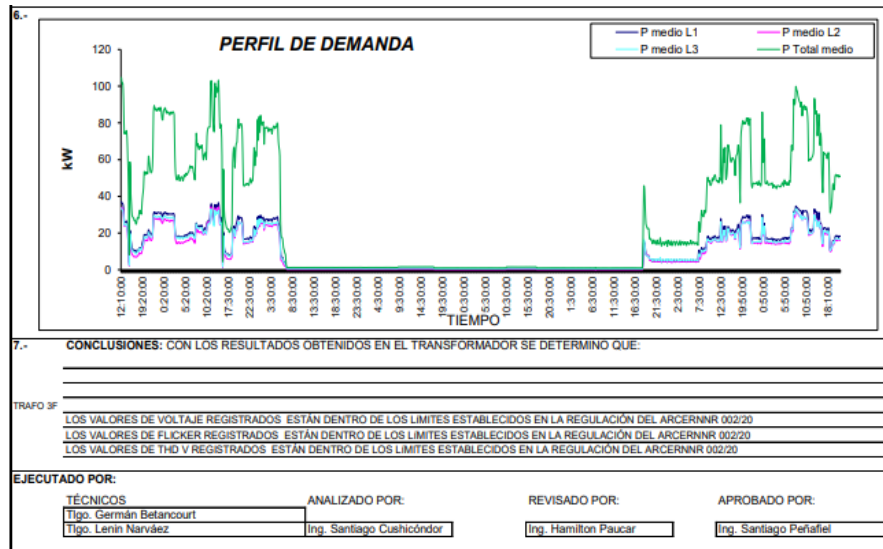
<https://www.wenuwork.cl/eficiencia-energetica-que-es-y-cuales-son-sus-beneficios-para-la-empresa/>

# ANEXOS

## Anexo 1 Diagnóstico del analizador de redes

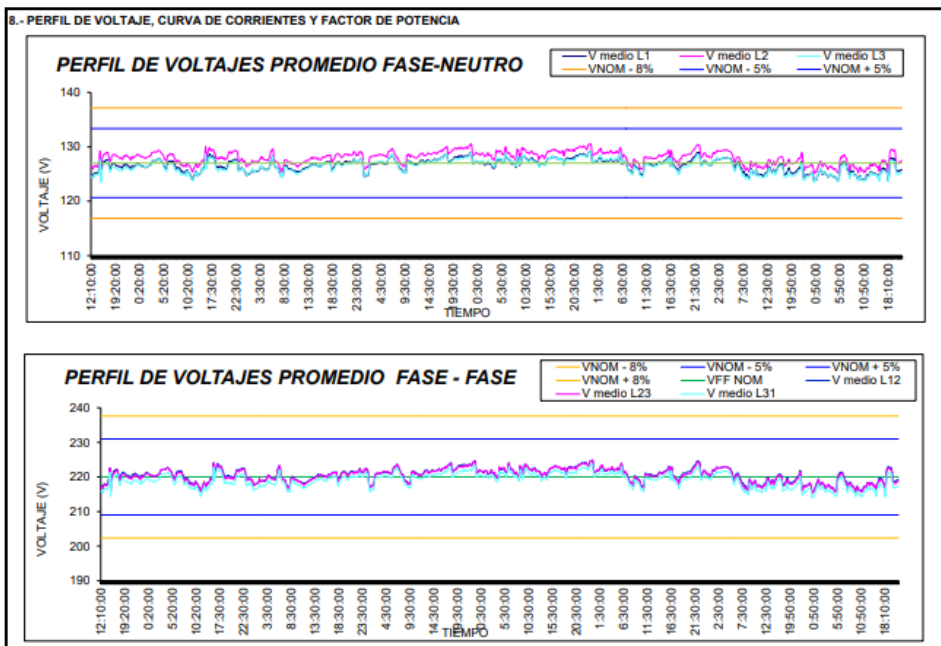
EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A. DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS SECCIÓN MEDICIÓN						
CALIDAD DE PRODUCTO Código: DI-CP-001-F003		ACP-2023-NOV-112	REFERENCIA: EEQ-DCPT-2023-0555-ME			
1.- ÁREA DE SOLICITA PERSONA QUE SOLICITA FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO		DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS ING. SANTIAGO PENAFIEL 31 de octubre de 2023 7 de noviembre de 2023				
2.- NOMBRE DEL CLIENTE: DIRECCIÓN: SECTOR Y ZONA: PUNTO GIS:		ING. JUAN SEGURA - INDUPETRA S.A AV. MANUEL CORDOVA GALARZA Y CALLE 57A RURAL PERIFERIA NORTE, POMASQUI 783093-236 9992948.39 2622				
3.- DETALLES Transformador N°:		105985	CUEN		22800 -- 220/127	
Montaje		CENTRO DE TRANSF. AEREO	Año del Transformador		2000	
Fases		3	Equipo Instalado		PD BOX 50	
Potencia (kVA)		125	Número de Serie		2116-002	
Propiedad		CLIENTE	Fecha de instalación		31 de octubre de 2023	
Medio Voltaje (V) (Del Primario)		22800	Fecha de Retiro		7 de noviembre de 2023	
Bajo Voltaje (V) (Evaluado)		220/127	Días de Lectura		7	
Subestación		57 (E.E. Quito / Pomasqui)	Intervalo de registro		0:10 min	
Primario		Primario 0	Número de registros		1008	
Sitio de la instalación:		Bornes de Bajo Voltaje del Transformador 105985 de 125 kVA				
4.- ANALISIS DE DEMANDAS		VALOR	UNIDAD	ENERGIAS	VALOR	UNIDAD
FACTOR DE USO A DEMANDA MINIMA		11.98	%	POTENCIA DISPONIBLE	17.38	kVA
FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA		26.41	%	FACTOR DE CARGA	26.31	%
FACTOR DE USO A DEMANDA MAXIMA		86.1	%	ENERGIA EN EL PUNTO DE MEDICION	4626.20	kWh
5.- DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO		PROM	MAX	MIN	CUMPLE REG ARCCERNR 002/20	OBSERVACIONES
DEMANDA KW		27.55	104.72	0.93		
DEMANDA KVA		33.04	107.52	14.97		
FACTOR DE POTENCIA TOTAL		0.83	0.97	0.66		
FACTOR DE POTENCIA FASE 1		0.98	0.99	0.96		
FACTOR DE POTENCIA FASE 2		0.97	0.98	0.92		
FACTOR DE POTENCIA FASE 3		0.91	0.99	0.11		
VOLTAJE FASE 1		126.59	129.09	123.54	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
VOLTAJE FASE 2		121.40	126.31	123.07	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
VOLTAJE FASE 3		126.42	129.12	123.47	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
FLICKER CORTA DURACION FASE 1		0.25	1.46	0.05	SI	EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
FLICKER CORTA DURACION FASE 2		0.25	4.14	0.05	SI	EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
FLICKER CORTA DURACION FASE 3		0.25	1.45	0.05	SI	EL 0.10% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
DISTORSION ARMONICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%)		2.88	3.85	1.27	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
DISTORSION ARMONICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%)		2.61	3.64	1.04	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
DISTORSION ARMONICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%)		2.69	3.47	1.13	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
CORRIENTE FASE 1		102.24	305.52	41.32		
CORRIENTE FASE 2		91.25	280.98	38.46		
CORRIENTE FASE 3		93.70	277.90	37.88		
CORRIENTE NEUTRO		3.69	10.93	1.22		
DESEQUILIBRIO DE VOLTAJE (%)		0.82	1.23	0.53	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LIMITES PERMITIDOS
DESBALANCE PORCENTUAL DE CORRIENTES (%)		31.69	9.89	6.80		
DESBALANCE PORCENTUAL DE VOLTAJES (%)		1.53	1.39	1.14		

## Anexo 2 Perfil de demanda del analizador de redes

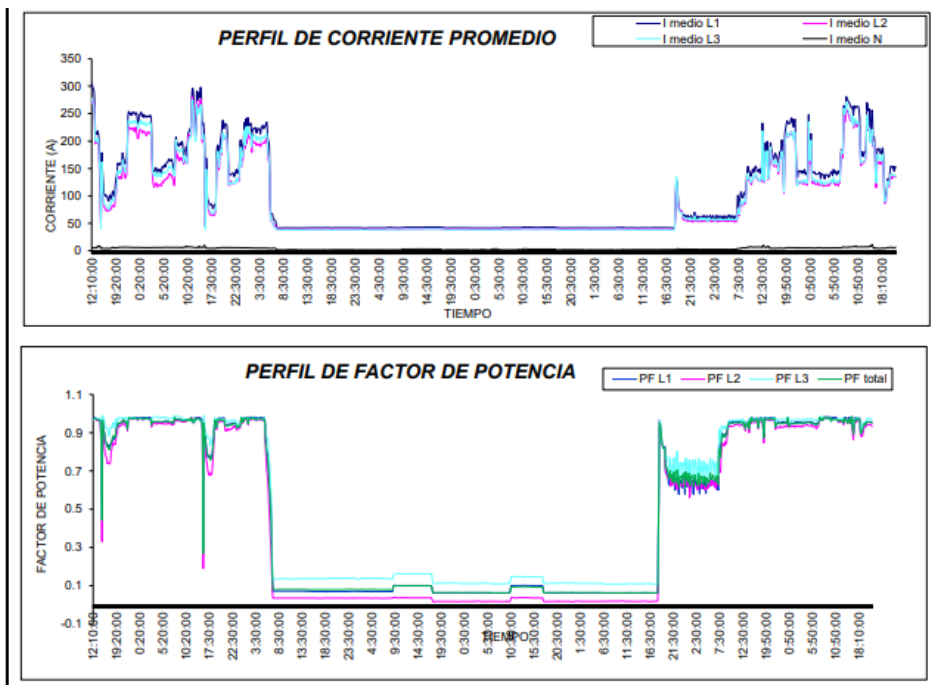




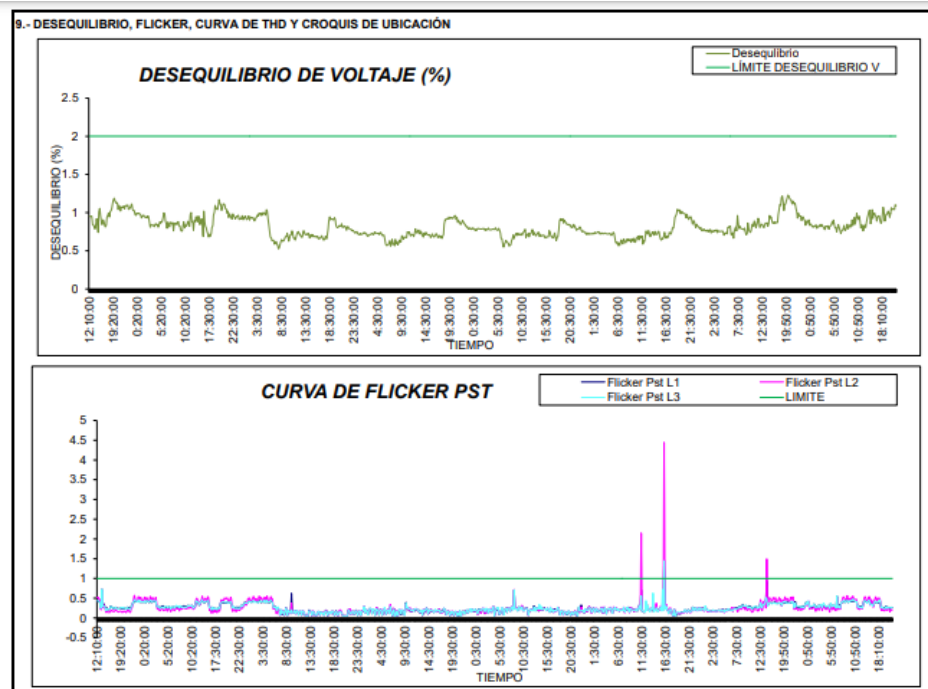
Anexo 3 Perfil de voltaje promedio del diagnóstico del analizador de redes



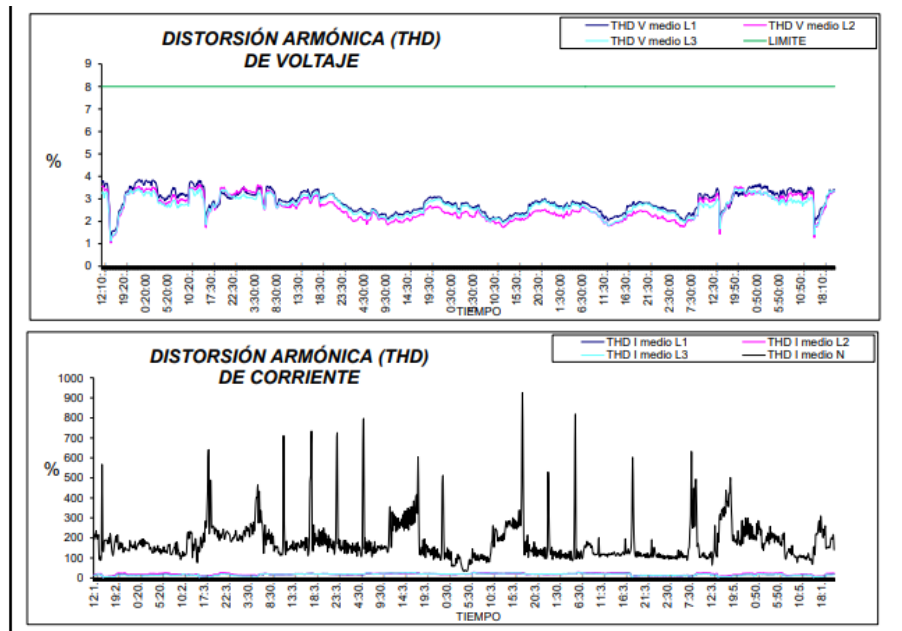
Anexo 4 Perfil de corriente promedio del diagnóstico del analizador de redes



Anexo 5 Desequilibrio curva de flicker pst del diagnóstico del analizador de redes



Anexo 6 Distorsión armónica del diagnóstico del analizador de redes

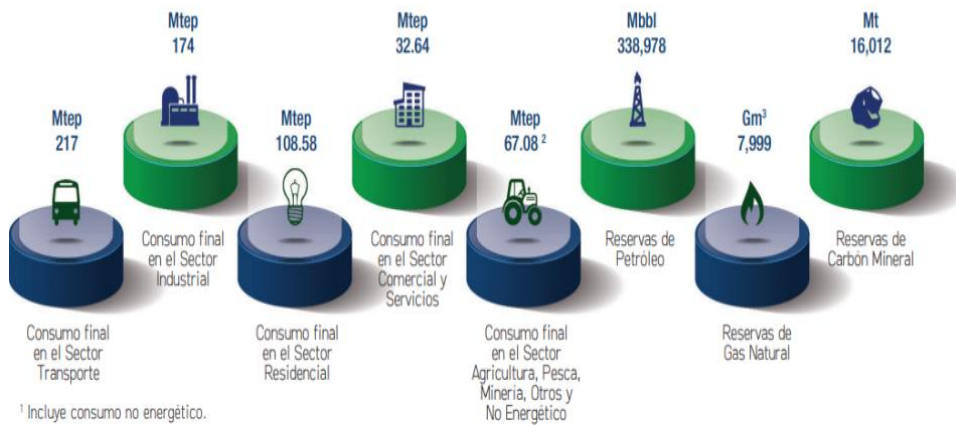


Anexo 7 Evidencias de la instalación del analizador

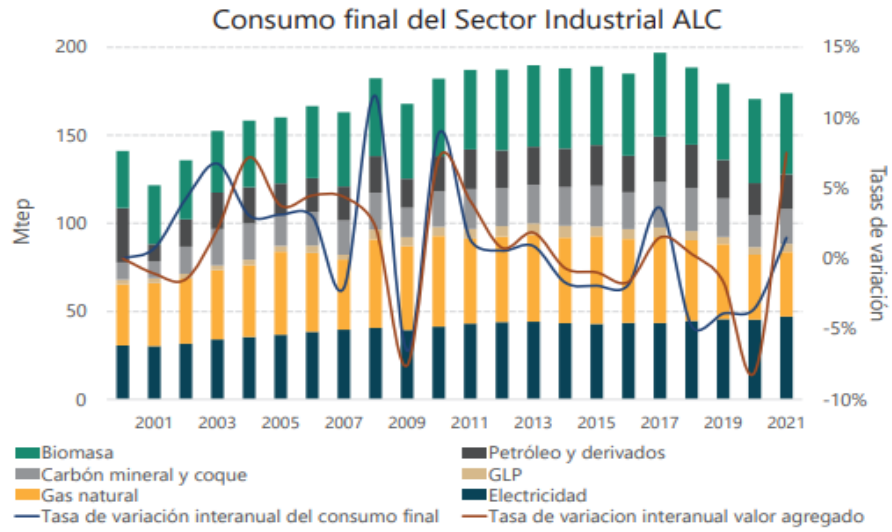


Anexo 8 Sector de balance energético 2021

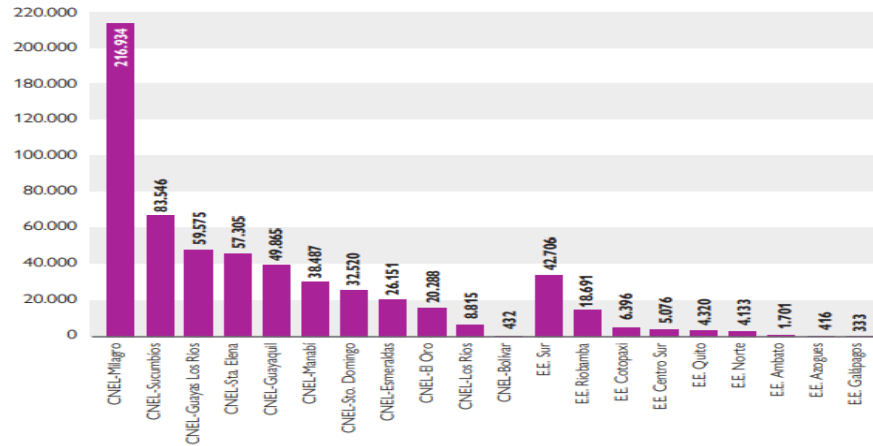
Sector Energético 2021



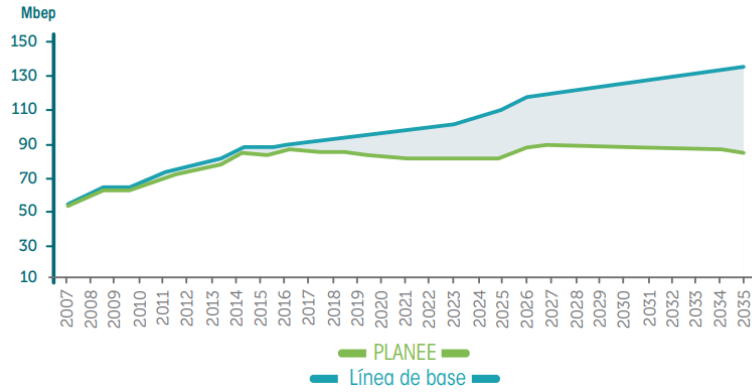
Anexo 9 Consumo del sector industrial de países de ALC



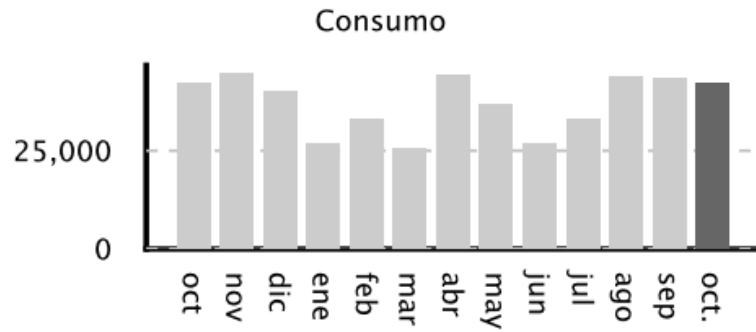
Anexo 10 Provincias más consumidoras de energía del sector industrial



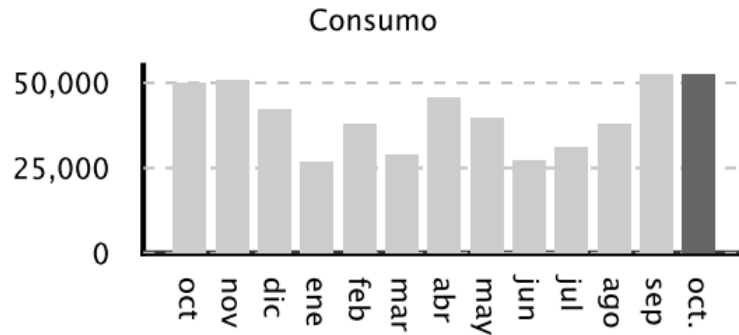
Anexo 11 Energía total evitada con la implementación del PLANEE 2016 - 2035



Anexo 12 Consumo de energía transformador 1



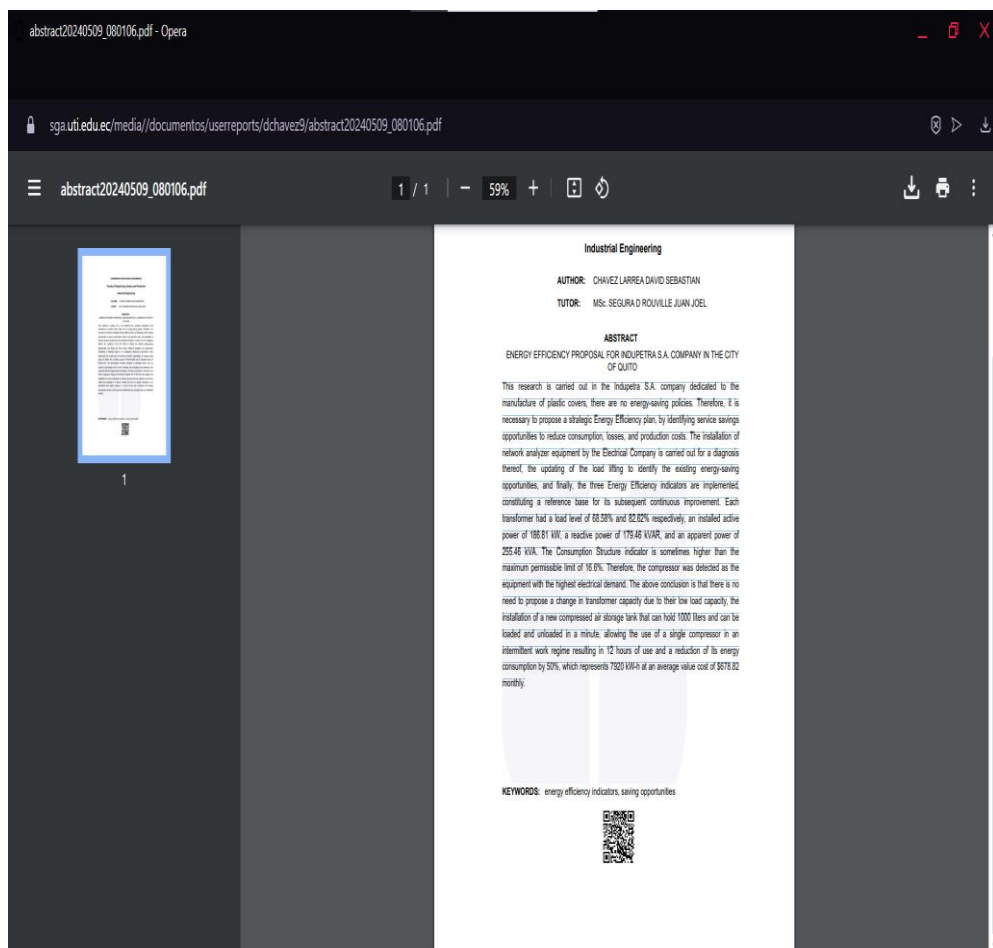
Anexo 13 Consumo de energía transformador 2



Anexo 14 Ubicación de la empresa y sus áreas



Anexo 15 Pdf del Abstract enviado y aprobado por el departamento de idiomas



Anexo 16 Abstract aprobado en el SGA por el departamento de idiomas

Abstra x Talleres A (48) What Inicio - O LAS MEJO Matriz Re Normas In 1.PLAN\_N 1168660 Maquinai Mail x +

sga.uti.edu.ec/alu\_tutorias

Universidad Indoamérica DAVID C Cuenta Clave Salir B23 8:09 AM

Inicio / Proyectos de grado Atras

### Abstract

[Ya puede subir su abstract](#)

Traductor	Tiene Solicitud	Valor	Fecha Pago	Pagado	Enviado	Estado	Texto	Obs.	Archivo	
PATIÑO FERNANDEZ AZUCENA DEL ROCIO	No				SI	APROBADA	Texto	Observaciones	↓	Enviado

Sistema de Gestión Académica, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA | [Inicio y coordinación](#) | [Noticias de notificación](#)  
Todos los derechos reservados © 2012. Acceso al sistema desde - 201.183.103.230