



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE UN ESTUDIO DE  
ENERGÍA EN UNA FÁBRICA DE TUBOS EN LA CIUDAD DE TABACUNDO.**

---

Trabajo de titulación bajo la modalidad Propuestas Metodológica previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor(a)**

López Lalangui Christian Hernán

**Tutor(a)**

Ing. Juan Joel Segura D'Rouville Msc.

QUITO – ECUADOR

2021

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

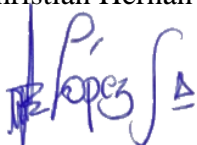
Yo, Christian Hernán López Lalangui, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Corrección de factor de potencia mediante un estudio de energía en una Fábrica de Tubos en la ciudad de Tabacundo” como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial” y autorizo al Sistema de Bibliotecas 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 30 días del mes de Julio del 2021, firmo conforme:

Autor: Christian Hernán López Lalangui.



Firma: .....

Número de Cédula: 1716940869

Dirección: Carlos Freile y Ramón Cabrera, Pichincha, Quito.

Correo Electrónico: [eclopezlac@gmail.com](mailto:eclopezlac@gmail.com)

Teléfono: 0983286721

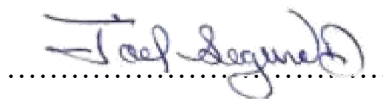
## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Corrección de factor de potencia mediante un estudio de energía en una Fábrica de Tubos en la ciudad de Tabacundo.” presentado por Christian Hernán López Lalangui, para optar por el Título Ingeniera Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación 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 del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 21 Septiembre del 2021



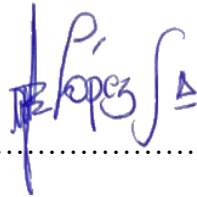
M.Sc. Juan Joel Segura D'Rouville

C.I. 1756974968

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

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

Quito, 30 de Julio 2021



.....  
Christian Hernán López Lalangui.

C.I.1716940869

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE UN ESTUDIO DE ENERGÍA EN UNA FÁBRICA DE TUBOS EN LA CIUDAD DE TABACUNDO, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 30 de Julio de 2021

.....

**Ing. Hernán Espejo M.Sc**  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

**Ing. Liliana Topón M.Sc**  
VOCAL

.....

**Ing. Fabián Sarmiento M.Sc**  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de tesis está dedicado a **Dios**, a mi madre **Germania**, mi esposa **Andrea**, mi hija **Dayanara**, mi hermano **Rubén**, que de una u otra forma me estuvieron apoyándome, enseñándome a seguir adelante hasta conseguir mis metas y objetivos, también a mi tutor Ing. **Joel**, al Ing. **Hernán**, Ing. **Liliana**, Ing. **Jorge**, Ing. **Andrés**, quienes estuvieron siempre dispuestos a brindarme su ayuda y guiarme durante la elaboración de este proyecto de Tesis.

Además, al Ing. **Carlos Eduardo González Castillo**, aunque ya no esté aquí, siempre me brindó su bondad su conocimiento y su apoyo incondicional, él es y será un pilar muy importante en mi vida... un ejemplo a seguir.

Lo que puedo decirle es muchas gracias.

**C.Lopezla**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios por haberme permitido realizar este sueño tan anhelado, a mi Madre, mi esposa, mi hija, mi hermano, me apoyaron en los momentos más difíciles, a mis PROFESORES que nos impartieron sus conocimientos. A mis compañeros quienes siempre estuvieron en la buenas y en las malas, gracias por ese apoyo.

**C.Lopezla**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA**  
**INDUSTRIAL**

**TEMA:** CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA MEDIANTE UN ESTUDIO DE ENERGÍA EN UNA FÁBRICA DE TUBOS EN LA CIUDAD DE TABACUNDO.

**AUTOR:** Christian Hernán López Lalangui.

**TUTOR:** Ing. Juan Joel Segura D'Rouville Msc.

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo se realizará en una Fábrica de Tubos de la ciudad de Tabacundo, se identificó un Factor de Potencia (0.82), inferior a lo establecido por la Empresa Eléctrica Quito, por lo cual se hizo necesario su corrección mediante la instalación de un banco de condensadores en paralelo con el transformador, con el fin de suministrar la potencia reactiva requerida por la entidad, pudiéndose elevar el mismo de 0.95. Por medio de una selección de la capacidad adecuada del banco, en función de la potencia del transformador y, de la magnitud a la que se desea elevar el mencionado indicador. A través, de la propuesta se eliminarían las penalizaciones mensuales que tiene el servicio por dicho concepto, por parte de la entidad antes mencionada, al corregir el Factor de Potencia se obtendrá también beneficios económicos para la empresa como: reducción de los costos de producción por facturación eléctrica.

**DESCRIPTORES:** Factor de Potencia, banco de condensadores, Fábrica de Tubos, potencia activa, simulación.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA**  
**INDUSTRIAL**

**TOPIC: POWER FACTOR CORRECTION THROUGH AND ENERGY STUDY IN A TUBE FACTORY IN THE CITY OF TABACUNDO**

**AUTHOR: Christian Hernán López Lalangui.**

**TUTOR: Ing. Juan Joel Segura D'Rouville Msc.**

**EXECUTIVE SUMMARY**

The present work will be carried out in a pipe factory in the city of Tabacundo, a power factor (0.82) was identified, lower than that established by Quito Electric Company, so it was necessary to correct it by installing a capacitor bank in parallel with the transformer, in order to supply the reactive power required by the entity, being able to raise it from 0.95. Through a selection of the appropriate capacity of the bank, depending on the power of the transformer and the magnitude to which it is desired to raise the mentioned indicator. Through the proposal, the monthly penalties that the service has for said concept would be eliminated by the aforementioned entity, by correcting the Power Factor, economic benefits will also be obtained for the company such as: reduction of the production costs for electric invoicing.

**DESCRIPTORS: Power factor, capacitor bank, tube mill, active power, simulation.**

## Índice de Contenido

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
EXECUTIVE SUMMARY.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Contexto macro, meso y micro.....	1
Cobertura Eléctrica.....	3
Metodología para la elaboración del plan de expansión de transmisión.....	5
Marco teórico.....	6
Factor de Potencia.....	7
Reactancia:.....	8
Inductancia:.....	8
Impedancia:.....	8
Conductancia (G):.....	8
Susceptancia:.....	9
Admitancia:.....	9
La componente activa $IR$ ,.....	9
La componente activa $IQ$ ,.....	9
Límites.....	10

Índice de calidad.....	10
Medición.....	11
Límite. ....	11
Formas de corregir el Factor de Potencia. ....	11
Formas de compensación que son 2: .....	11
Ordenamiento del proceso tecnológico. ....	12
Sustitución de motores asincrónicos por motores sincrónicos. ....	13
Elevación de la calidad de la reparación de los motores. ....	13
Equipos compensadores. ....	14
Motores sincrónicos: .....	14
Localización de los equipos compensadores. ....	14
Mediante la instalación de condensadores en paralelo con el transformador.....	15
Causas de un bajo Factor de Potencia. ....	15
Desventajas de la disminución del Factor de Potencia.....	16
Desventaja para la Empresa Eléctrica. ....	16
Aspectos a tener en cuenta para la compensación de potencia reactiva:.....	17
Interpretación del informe de calidad de energía. ....	17
¿Cómo calcular la Potencia Reactiva (Q)? .....	18
Los valores establecidos para cada país América Latina. ....	18
Bolivia: .....	18
Brasil.....	19
Chile: .....	19
Colombia: .....	19
Perú:.....	19
Uruguay: .....	19
¿Por qué se aplican penalizaciones a los servicios eléctricos industriales? .....	20
A la CENEL: .....	20

Triángulo de Potencias: .....	21
Potencia Activa (P): .....	21
Potencia Reactiva (Q): .....	21
Potencia Aparente (S): .....	22
Clasificación Estabilidad de los Sistemas de Potencia .....	24
Antecedentes.....	25
Normatividad.....	32
Internacional: .....	32
Regional:.....	32
Norma EN50160:.....	32
Norma IEC 6100032: .....	33
Norma IEC 6100024: .....	33
Norma IEC 61000430: .....	34
Estándar IEEE 1159: .....	34
Norma IEC 5552: .....	35
Estándar IEEE 519: .....	36
Flicker de tensión: .....	37
Norma empresa eléctrica 0.92 en Quito. ....	38
Justificación.....	38
Objetivo general. ....	39
Objetivos específicos.....	39
CAPÍTULO II .....	40
INGENIERÍA DEL PROYECTO. ....	40
Diagnóstico de la situación actual de la Fábrica de Tubos.....	40
Área de estudio: .....	42
Modelo operativo.....	45
CAPÍTULO III .....	47

PROPUESTAS Y RESULTADOS ESPERADOS. ....	47
Desarrollo de la propuesta. ....	47
Informe del análisis de energía de la fábrica de tubos en la ciudad de Tabacundo. ....	47
Recomendaciones a tomar en cuenta para los cálculos para el banco de condensadores. ....	58
Transformador de 100 KVA. ....	58
Transformador de 75 KVA. ....	60
Simulación banco de condensadores para transformador de 75 KVA y 100 KVA. ....	64
La realización los cálculos en “simulink” se utilizó los siguientes bloques. ....	66
Procedimiento de la operación del Teorema de Pitágoras aplicado matemáticamente. ..	67
Diagrama de cálculo. ....	69
Lenguaje de programación. ....	77
Protección y conexión de los condensadores. ....	82
Cronograma de actividades ....	84
Análisis de costos. ....	85
Costo banco de condensadores transformador de 75KVa. ....	85
Costo banco de condensadores transformadores de 100Kva. ....	85
CAPÍTULO IV .....	90
Conclusiones. ....	90
Recomendaciones: .....	91
Bibliografía. ....	92

## Índice de Tablas

Índice de Tablas.....	xiv
<b>Tabla 1</b> Crecimiento demográfico. ....	3
<b>Tabla 2</b> Cargos tarifarios del servicio público de energía eléctrica.....	5
<b>Tabla 3</b> Límites diferentes niveles de voltaje. ....	6
<b>Tabla 4</b> Variaciones de voltajes admitidas/valor de voltaje nominal. ....	10
<b>Tabla 5</b> Factor de Potencia Nominal. ....	13
<b>Tabla 6</b> Eficiencia.....	13
<b>Tabla 7</b> Factor de potencia de los receptores más usuales.....	22
<b>Tabla 8</b> Descripción planilla de Energía.....	27
<b>Tabla 9</b> Tensión de suministro.....	33
<b>Tabla 10</b> Orden Armónicos. ....	33
<b>Tabla 11</b> Clasificación en categorías de sobretensiones.....	35
<b>Tabla 12</b> Límites de corriente armónica. ....	37
<b>Tabla 13</b> Límites de distorsión armónica de voltaje.....	37
<b>Tabla 14</b> Tabla de cálculo para determinar la potencia del condensador. ....	55
<b>Tabla 15</b> Valores banco de condensadores 100 KVA 75 KVA.....	63
<b>Tabla 16</b> Condensadores tipo botella.....	63
<b>Tabla 17</b> Valores de capacitores comerciales.....	63
<b>Tabla 18</b> Especificación de motores.....	76
<b>Tabla 19</b> Cronograma de actividades. ....	84
<b>Tabla 20</b> Costo de materiales de banco de condensadores para el transformador de 75Kva. ....	85
<b>Tabla 21</b> Costo de materiales de banco de condensadores para el transformador de 100Kva. ....	86
<b>Tabla 22</b> Valor de penalización mensual por bajo Factor de Potencia durante el año 2020 y 2021. ....	86
<b>Tabla 23</b> Valores de planilla de energía. ....	87

<b>Tabla 24</b> Cuadro de análisis antes-después. ....	89
--	----

## Índice de Figuras

Figura: 1 Consumo de electricidad TWh.....	1
Figura: 2 Calidad y confiabilidad servicios eléctricos en América Latina.....	1
Figura: 3 Crecimiento proyectado demanda de energía. ....	2
Figura: 4 Total Perdidas. ....	3
Figura: 5 Pérdidas de Energía Eléctrica en la distribución.....	4
Figura: 6 Incremento cobertura de electricidad países de la Región. ....	4
Figura: 7 Plan maestro de electricidad 2018-2027. ....	5
Figura: 8 Rango aceptable variación de voltaje.....	7
Figura: 9 Triángulo de Factor de Potencia. ....	7
Figura: 10 Triángulo de Impedancia. ....	9
Figura: 11 Banco de condensadores Potencia reactiva antes/después.....	15
Figura: 12 Factores de Potencia países América del Sur.....	20
Figura: 13 Triángulo de potencias/magnitudes. ....	21
Figura: 14 Estabilidad de sistemas de potencia. ....	24
Figura: 15 Planilla de energía EmelNorte. ....	26
Figura: 16 Historial de consumos en dólares 2019-2020. ....	28
Figura: 17 Historial de pagos por KW 2019-2020. ....	29
Figura: 18 Historial de pago por KW 2020-2021.....	30
Figura: 19 Historial de pagos por consumo en dólares 2020-2021. ....	31
Figura: 20 Clasificación en categorías de normatividad. ....	32
Figura: 21 Valor del Factor de Potencia mensual.....	41
Figura: 22 Factor de Potencia.....	43
Figura: 23 Modelo Operativo. ....	45
Figura: 24 Gráficas de voltaje L1. ....	49
Figura: 25 Gráficas de voltaje L2. ....	49
Figura: 26 Gráficas de voltaje N.....	49



Figura: 27 Gráficas de corriente L1.....	50
Figura: 28 Gráficas de corriente L2.....	50
Figura: 29 Gráficas de corriente N. ....	51
Figura: 30 Gráficas de armónicos L1. ....	51
Figura: 31 Gráficas de armónicos L2. ....	52
Figura: 32 Gráficas de armónicos N.....	52
Figura: 33 Gráficas Frecuencia/Desequilibrio.....	53
Figura: 34 Gráficas Flicker L1. ....	53
Figura: 35 Gráficas Flicker L2. ....	54
Figura: 36 Gráficas de potencia KWA. ....	54
Figura: 37 Fuente de tensión programable trifásico. ....	64
Figura: 38 Transformador trifásico (dos devanados). ....	65
Figura: 39 Medidor trifásico V-I. ....	65
Figura: 40 Diagrama de cálculos. ....	69
Figura: 41 Cálculo Factor de Potencia. ....	70
Figura: 42 Motores trifásicos.....	71
Figura: 43 Conexión 6 motores trifásicos. ....	71
Figura: 44 Motores monofásicos. ....	72
Figura: 45 Conexión 3 motores monofásicos.....	72
Figura: 46 Bloque de parámetros generales. ....	73
Figura: 47 Cargas parásitas de la red.....	73
Figura: 48 Breaker trifásico.....	74
Figura: 49 Filtro Capacitivo. ....	74
Figura: 50 Bloque de parámetros filtro capacitivo. ....	75
Figura: 51 Diseño general de bloques. ....	77
Figura: 52 Incremento del valor de Factor de Potencia a los 3 segundos. ....	77
Figura: 53 Valores en el bloque de cálculos.....	78

Figura: 54 Gráfica del incremento del Factor de Potencia de 0.85 a 0.95. ....	78
Figura: 55 Grafica (zoom) incremento Factor de Potencia. ....	78
Figura: 56 Grupo de polución.....	79
Figura: 57 Esquema diagrama equivalente.....	80
Figura: 58 Esquema Impedancia condensador. ....	81

## Índice de Anexos

ANEXO 1 Informe del análisis de energía de la Fábrica de Tubos en la ciudad de Tabacundo. ....	96
ANEXO 2: Gráficas tensión y corriente. ....	100
ANEXO 3: Gráficas de armónicos. ....	101
ANEXO 4: Gráficas: Frecuencia/Desequilibrio. ....	102
ANEXO 5: Gráfica Flicker. ....	103
ANEXO 6: Gráficas Potencia. ....	104
ANEXO 7: Planillas de energía EmelNorte. ....	105
ANEXO 8: Continuación planillas de energía EmelNorte. ....	106
ANEXO 9: Continuación planillas de energía EmelNorte. ....	107
ANEXO 10: Continuación planillas de energía EmelNorte. ....	108
ANEXO 11: Continuación planillas de energía EmelNorte. ....	109
ANEXO 12: Continuación planillas de energía EmelNorte. ....	110
ANEXO 13: Gráficas de la Simulación. ....	111
ANEXO 14: Continuación gráficas de la Simulación. ....	112
ANEXO 15: Continuación gráficas de la Simulación. ....	113
ANEXO 16: Continuación gráficas de compilación de la simulación 0.82. ....	114
ANEXO 17 Continuación gráficas de compilación incremento Factor de Potencia 0.95. ....	115
ANEXO 18: Gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 4. ....	116
ANEXO 19: Continuación gráficas de la simulación corrección Factor de Potencia Scope 4 (zoom). ....	117
ANEXO 20: Gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 2. ....	118
ANEXO 21: Continuación gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 2 (zoom). ....	119

ANEXO 23: Continuación gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 3 (zoom).....	121
---	-----

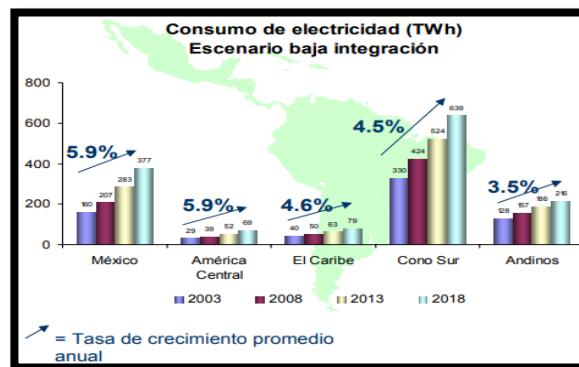
# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

**Contexto macro, meso y micro.**

**Confiabilidad de los servicios eléctricos en América Latina.**

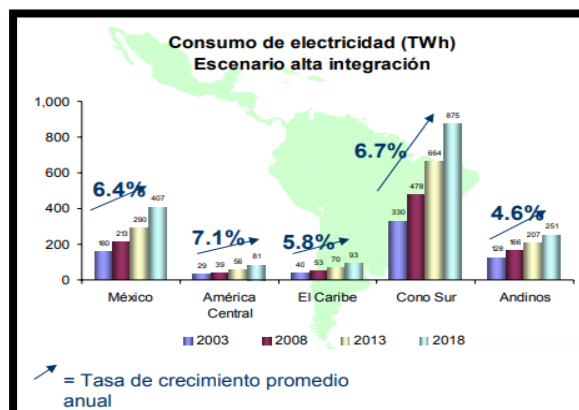
Los diferentes organismos reguladores de los países de: Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Panamá, Perú y Uruguay han hecho avances muy importantes en la provisión de electricidad, las coberturas de la región se han ampliado de 88% a 97% según las estadísticas de la Organización Latinoamericana de Energía 2019. (Yepez-García, 2019)



**Figura: 1** Consumo de electricidad TWh.

**Fuente:** www.oas.org,2017.

**Elaborado por:** www.oas.org,2017.



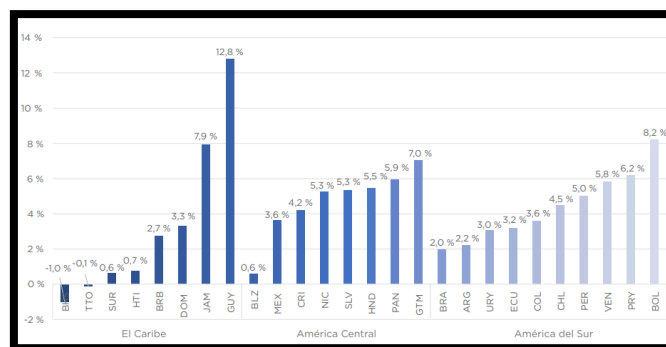
**Figura: 2** Calidad y confiabilidad servicios eléctricos en América Latina.

**Fuente:** www.oas.org,2017.

**Elaborado por:** www.oas.org,2017.

La tasa de crecimiento anualizada del pronóstico de la demanda de tendencia histórica, desde el 2015 al 2040, es del 2,7 %, mientras que la demanda ponderada tiene un resultado ligeramente más positivo, del 3,6 %, para el mismo período. Esta diferencia coincide con la configuración de los modelos, ya que mediante la escala log-log se basa en el crecimiento económico potencial de las economías en desarrollo, que es el factor principal detrás del aumento de la demanda de electricidad, mientras que la demanda de tendencia histórica toma en cuenta las demandas pasadas y, por lo tanto, pone menos peso sobre las expectativas futuras. (ORG, 2013)

Elaboración propia en base a las estadísticas energéticas de la AIE y de OLADE. HT representa la demanda de tendencia histórica (basada en ARIMAX); GW representa la demanda ponderada del PIB. (abril de 2017).



**Figura: 3** Crecimiento proyectado demanda de energía.  
**Fuente:** FMI expectativa de la economía, 2017  
**Elaborado por:** FMI expectativa de la economía, 2017.

**El mes de mayor consumo de energía eléctrica que alcanzó el Ecuador fue mayo llegando a 2203 GW-h.**

En Ecuador, el consumo de energía eléctrica se incrementó en un 4.5% en 2019. En base a datos recopilados por el Operador Nacional de Electricidad (CENACE), en 2019, el consumo de energía eléctrica alcanzó 25.310 GW-h, lo que significó un incremento del 4,5% en relación a la demanda de energía de 2018, año en que el consumo eléctrico fue de 24.213 GW-h. En febrero de 2019, se registró un consumo de 1993,5 GW-h, siendo el mes con menor nivel de consumo. En mayo, se utilizaron

2203 GW-h, convirtiéndose en el mes que registró la mayor demanda de energía (Renovables., 2020).

**Cobertura Eléctrica.**

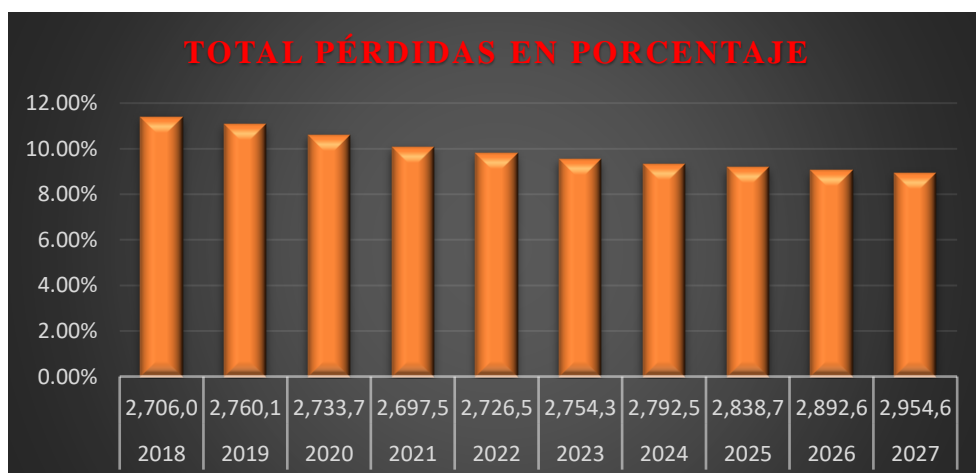
Pérdidas de Energía Considerando el número de clientes residenciales incorporados al sistema comercial de las empresas distribuidoras y el crecimiento demográfico de la población proyectado por el INEC, se plantea que para el año 2027 se alcance una cobertura eléctrica de 97,99%.

**Tabla 1** Crecimiento demográfico.

AÑO	TOTAL PÉRDIDAS GW-h	TOTAL PÉRDIDAS %
2018	2706,0	11,40%
2019	2760,1	11,05%
2020	2733,7	10,59%
2021	2697,5	10,07%
2022	2726,5	9,78%
2023	2754,3	9,53%
2024	2792,5	9,33%
2025	2838,7	9,17%
2026	2892,6	9,03%
2027	2954,6	8,92%

**Fuente:** www.centrosur.gob.ec, 2020.

**Elaborado por:** www.centrosur.gob.ec, 2020.

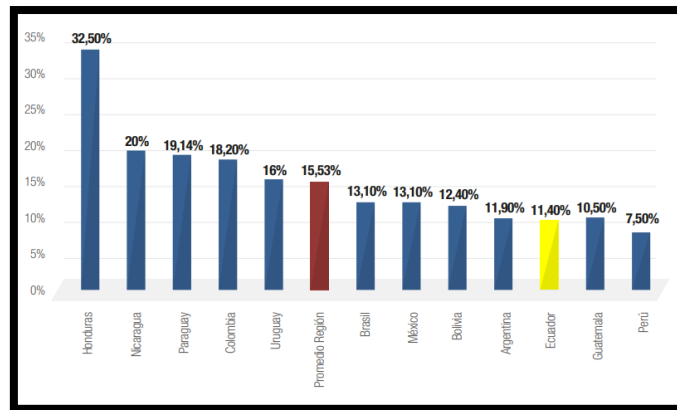


**Figura: 4** Total Perdidas.

**Fuente:** www.centrosur.gob.ec,2020

**Elaborado por:** www.centrosur.gob.ec,2020.

Mejorar y fortalecer la gestión de las empresas eléctricas del país ha sido otro de los objetivos planteados por el sector eléctrico. El mejoramiento de la gestión se refleja en los índices alcanzados; es así que se redujo en 8,22 puntos porcentuales las pérdidas de energía eléctrica. Este logro, nos permite estar por debajo de la media regional, en cuanto a las pérdidas de energía eléctrica en la distribución.



**Figura: 5** Pérdidas de Energía Eléctrica en la distribución.

**Fuente:** www.centrosur.gob.ec, 2020.

**Elaborado por:** www.centrosur.gob.ec, 2020.

También se logró incrementar la cobertura del servicio al 97.05%, evidenciando que las provincias con mayor cobertura fueron Pichincha (99.76%), Galápagos (99.68%), Carchi (99.13%) e Imbabura (98.88%). Siendo esta cobertura una de las más altas de Latinoamérica.

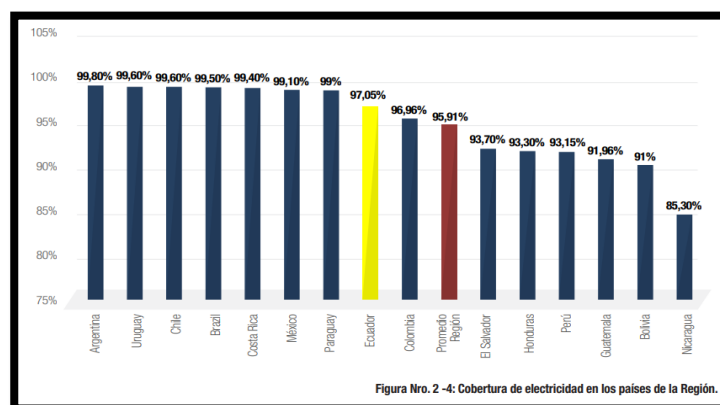


Figura No. 2-4: Cobertura de electricidad en los países de la Región.

**Figura: 6** Incremento cobertura de electricidad países de la Región.

**Fuente:** www.centrosur.gob.ec,2020

**Elaborado por:** www.centrosur.gob.ec, 2020.



### Metodología para la elaboración del plan de expansión de transmisión.

El desarrollo de redes de transmisión adaptadas a las necesidades del crecimiento de la demanda y a la inherente expansión de la generación, representa una tarea fundamental y de alto impacto en la economía del país o de una determinada región. Es, entonces, la planificación de la expansión de redes de transmisión una actividad preponderante, que se constituye en una importante herramienta de optimización del uso de recursos y en un mecanismo de direccionamiento técnico encaminado a garantizar la eficiencia y eficacia de los sistemas de potencia que brindan servicio a la sociedad (Conelec, 2021).



**Figura: 7** Plan maestro de electricidad 2018-2027.

**Fuente:** www.cnelep.gob.ec,2020

**Elaborado por:** www.cnelep.gob.ec,2020.

**Tabla 2** Cargos tarifarios del servicio público de energía eléctrica.

TARIFA Comercial con Demanda	USUARIOS 13,832	USUARIOS CON INCONSISTENCIAS		INCONSISTENCIAS (USD)	
		(#) 1,501	(%) 11,00%	(+) 1,972	(-) 18
Comercial con Demanda	16,836	1,08	6,40%	1,7462,052	21
Industrial con Demanda Horaria	2,361	722		1,746	10
Industrial con Demanda Horaria Diferenciada	3,398	646	19,0%	10,056	18
Otras tarifas	5,191,152	4,023	0,1%	14,282	691
<b>Total</b>	<b>5,227,379</b>	<b>7,972</b>	<b>0,2%</b>	<b>30,108</b>	<b>758</b>

**Fuente:** www.regulacioneolica.gob.ec, 2020.

**Elaborado por:** www.regulacioneolica.gob.ec, 2020.

El Factor de Potencia en la industria genera inconvenientes, tal es el caso en la Fábrica de Tubos que se encuentra ubicada en la ciudad de Tabacundo, debido a que la potencia reactiva no produce un trabajo físico directamente. La disminución del mismo ha ocasionado un deterioro de la eficiencia energética; como medida de corrección se plantea el diseño y la simulación de un banco de capacitores acorde al valor del Factor de Potencia que se desea corregir, lográndose de esta forma incrementar la eficiencia energética, reduciendo de manera considerable las pérdidas, de esta forma el servicio, evitaría la penalización en su factura por parte de la Empresa Eléctrica Quito.

### **Marco teórico.**

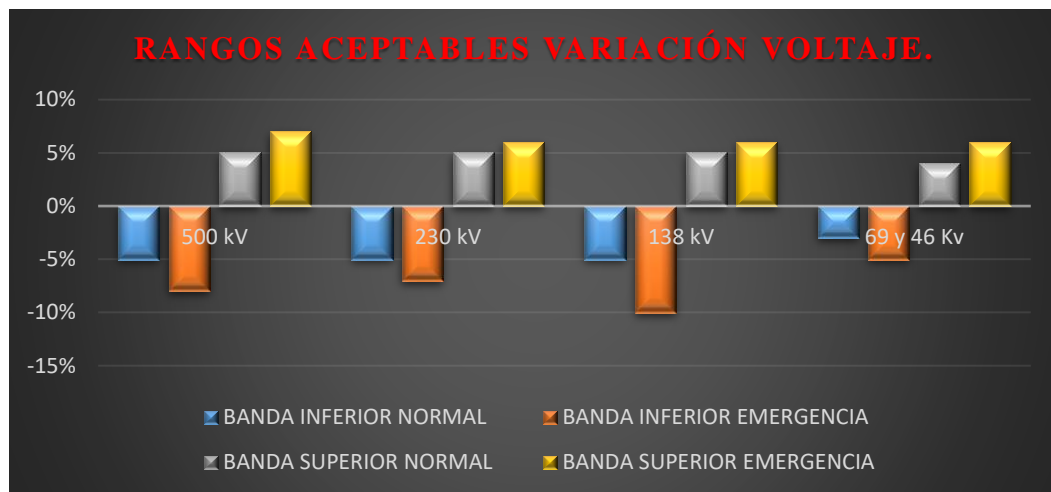
En el caso en que una industria presente un bajo Factor de Potencia eléctrica, tal situación incide negativamente en el costo de su factura eléctrica, pues le aparecen penalizaciones a causa del mismo, incrementándose sus gastos y, por ende, sus costos de producción, así como un deterioro en su gestión de eficiencia energética. El Factor de Potencia, indica el grado de aprovechamiento de la energía eléctrica, por tales razones cuando el mismo se encuentra deteriorado, para un mismo valor de voltaje y potencia de una carga, la misma demandará una mayor corriente de la red de suministro. Por tales razones, se producirá un incremento de las pérdidas por efecto Joule en la red; debido ya que las mismas son proporcionales al cuadrado de la magnitud de la corriente requerida por la carga. Por lo general, todos los equipos, ubicados en una instalación demandan una potencia eléctrica activa. Además, de un acompañante de potencia reactiva, para este caso en específico donde existen máquinas eléctricas, estáticas y rotatorias (transformadores y motores eléctricos).

**Tabla 3** Límites diferentes niveles de voltaje.

NIVEL DE VOLTAJE	BANDA INFERIOR		BANDA SUPERIOR	
	NORMAL	EMERGENCIA	NORMAL	EMERGENCIA
500 kV	-5%	-8%	5%	7%
230 kV	-5%	-7%	5%	6%
138 kV	-5%	-10%	5%	6%
69 y 46 Kv	-3%	-5%	4%	6%

**Fuente:** Plan maestro de electrificación, 2018-2027.

**Elaborado por:** Plan maestro de clasificación 2018-2027.



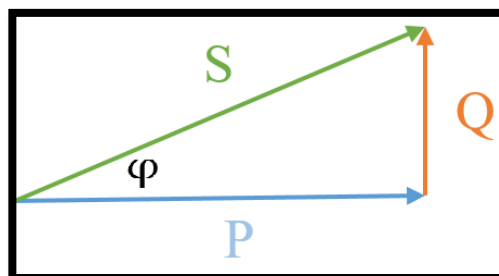
**Figura: 8** Rango aceptable variación de voltaje.  
**Fuente:** Plan maestro de clasificación 2018-2027  
**Elaborado por:** El investigador.

### Factor de Potencia.

El Factor de Potencia es el ángulo de desfase que existe entre la corriente y el voltaje, cuando la carga a servir no es resistiva pura. El mismo,  $\cos \varphi$  se define como la relación existente entre la componente activa  $I_R$  y el valor total de la corriente  $I$ , siendo  $\varphi$  el ángulo de fase entre la tensión y la corriente (Eléctricas, 2016).

Con una tensión  $V$  dada de fase resulta:

$$\cos \varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S} \quad (\text{Ec. 1})$$



**Figura: 9** Triángulo de Factor de Potencia.  
**Fuente:** Investigador 2020.  
**Elaborado por:** El investigador.

## **Triángulo de la impedancia.**

### **Reactancia:**

Es la oposición ofrecida al paso de la corriente alterna por inductores (bobinas) y condensadores, se mide en Ohm y su símbolo es  $\Omega$ . Junto a la resistencia eléctrica determinan la impedancia total de un componente o circuito, de tal forma que la reactancia (X) es la parte imaginaria de la impedancia (Z) y la resistencia (R) es la parte real, según la igualdad (Eléctricas, 2016):

### **Inductancia:**

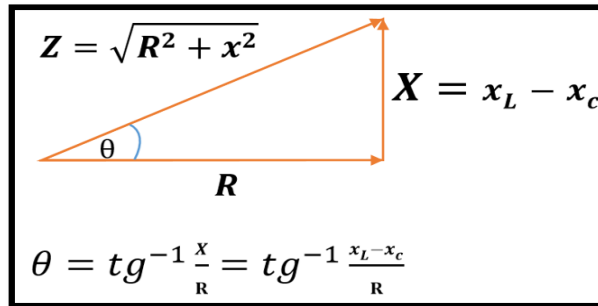
Es una medida de la oposición a un cambio de corriente de un inductor o bobina que almacena energía en presencia de un campo magnético, y se define como la relación entre el flujo magnético ( $\Phi$ ) y la intensidad de corriente eléctrica que circula por la bobina y el número de vueltas (N) del devanado: (Eléctricas, 2016)

### **Impedancia:**

La impedancia (Z) es una medida de oposición que presenta un circuito a una corriente alterna, cuando se aplica una tensión alterna. La impedancia extiende el concepto de resistencia a los circuitos de corriente alterna (CA), y posee tanto magnitud como fase, a diferencia de la resistencia, que sólo tiene magnitud. Cuando un circuito es alimentado con corriente continua (CC), su impedancia es igual a la resistencia; esto último puede ser pensado como la impedancia con ángulo de fase cero. Por definición, la impedancia es la relación (cociente) entre el fasor tensión y el fasor intensidad de corriente: (Ecured, 2016)

### **Conductancia (G):**

A la facilidad que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica; es decir, que la conductancia es la propiedad inversa de la resistencia eléctrica. Al encontrar el recíproco de la resistencia eléctrica de un material se tendrá una medida de que tan bien conducirá éste la electricidad. La cantidad se llama conductancia, tiene el símbolo G y se mide en siemens (S). No debe confundirse con conducción, que es el mecanismo mediante el cual la carga fluye, o con la conductividad, que es la conductancia específica de un material. (Eléctricas, 2016)



**Figura: 10** Triángulo de Impedancia.

**Fuente:** Investigador 2020.

**Elaborado por:** Investigador 2020.

### **Susceptancia:**

Es la parte imaginaria de la admitancia, inversa de la reactancia.

### **Admitancia:**

Es la relación entre su intensidad  $I$  y su tensión  $v$  inverso de la impedancia. En los circuitos de corrientes alterna, la corriente absorbida por una carga puede estar representada por dos componentes:

**La componente activa  $I_R$** , en fase con la alimentación, que está directamente relacionada con el trabajo útil desarrollado y, por tanto, con la parte proporcional de la energía transformada en energía de otro tipo: mecánica lumínica, térmica.

**La componente activa  $I_Q$** , perpendicular respecto a la tensión, que sirve para producir el flujo necesario para la conversión de las potencias a través del campo eléctrico o magnético y es un índice del intercambio energético entre la alimentación y el elemento de la instalación eléctrica. Por lo general en presencia de cargas de tipo óhmico-inductivo, la corriente total  $I$  se muestra desfasada y retardada respecto a la componente activa  $I_R$ .

Por lo tanto, en una instalación eléctrica es necesario generar y transportar, además de la **potencia activa útil (P)** a una cierta **potencia reactiva (Q)**, indispensable para la conversión de la energía que no es utilizada por el elemento sino intercambiada con la red. El complejo de la potencia generada y transportada constituye la **potencia aparente (S)**.

### **Nivel del voltaje**

### Mediciones.

La calidad del voltaje se determina con las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles (Conelec R. , 2018).

### Límites.

El distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje. Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor de voltaje nominal se señalan a continuación (Conelec R. , 2018):

**Tabla 4** Variaciones de voltajes admitidas/valor de voltaje nominal.

Voltaje	Sub-etapa 1	Sub-etapa 2
Alto Voltaje	± 7,00%	± 5,00%
Medio Voltaje	± 10,00%	± 8,00%
Bajo Voltaje Urmas	± 10,00%	± 8,00%
Bajo Voltaje Rurales	± 13,00%	± 10,00%

**Fuente:** www.regulacionelectrica.gob.ec, 2018

**Elaborado por:** El investigador.

### Índice de calidad.

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al **Factor de Potencia**, si en el 5% o más del período evaluado el valor del Factor de Potencia es inferior a los límites, el consumidor está incumpliendo con el índice de calidad (Conelec R. , 2018).

El Factor de Potencia indica la relación existente entre la **Potencia de activa expresada** en Kw y la **Potencia aparente** expresada kVA, a través de la fórmula:

$$FP = \frac{Kw}{kVA} \quad (\text{Ec. 2})$$

teniendo un Factor de Potencia elevado se beneficia tanto el cliente como a la Empresa Eléctrica, en caso contrario indica un incremento de las pérdidas eléctricas por el efecto Joule. (Circutor, 2016).

Según la Real Academia Española (RAE) define a la calidad como: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor (RAE, 2020).

La norma ISO 9001 General y desgraciadamente, los controles de calidad se basan en la producción a través de un departamento de calidad, que funciona como un control de vigilancia del mal funcionamiento general (Calidad, 2013).

### **Medición.**

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministros del Servicio de Electricidad, el distribuidor efectuará registros del Factor de Potencia en cada mes, en el 2% del número de consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

### **Límite.**

El valor mínimo es de 0.92 dictado por el **Consejo Nacional de Electricidad (CONEL)**.

### **Formas de corregir el Factor de Potencia.**

Corregir el Factor de Potencia significa la aplicación de medidas encaminadas a la disminución de la demanda de **potencia reactiva**, lo cual conlleva a una reducción del ángulo existente entre la **potencia aparente** y la **potencia activa**. De esta forma, las líneas, de los generadores y los transformadores pueden ser dimensionados para un valor de **potencia aparente inferior**. Desde un punto de vista estrictamente técnico, una instalación correctamente dimensionada puede funcionar con normalidad incluso en presencia de un bajo Factor de Potencia, por este motivo, no existen norma que indiquen que el valor exacto del mismo que debe tener una instalación eléctrica.

### **Formas de compensación que son 2:**

Existen dos formas de compensar el Factor de Potencia, las cuales son las siguientes:

- **Mediante técnicas Organizativas.**

- **Mejoramiento del Factor de Potencia.**

El Mejoramiento del Factor de Potencia industrial sólo puede ser alcanzado a través de la correcta combinación de diferentes medios de su elevación, cada uno de los cuales debe ser técnica y económicamente fundamentado. (A.A Feodorov, 1982)

Los medios para la evaluación del Factor de Potencia pueden ser considerados dentro de los grupos generales siguientes:

- Reducción del consumo de potencia reactiva, con la aplicación de medios compensadores.
- La aplicación de medios compensadores.

En primer orden se debe considerar los medios para la reducción del consumo de potencia reactiva, sin la aplicación de medios compensadores, por cuanto para su cumplimiento, en términos generales, no se requieren grandes inversiones capitales, a ellos pertenecen los siguientes:

- Ordenamiento del proceso tecnológico.
- Sustitución de los motores asíncronos sobrecargados, por otros de menor potencia.
- Reducción del voltaje de los motores que sistemáticamente trabajan con poca carga.
- Limitación del trabajo de los motores en vacío.
- Sustitución de motores asíncronos por motores síncronos.
- Elevación de la calidad de la reparación de los motores.
- Sustitución de los transformadores sobrecargados. (A.A Feodorov, 1982)

**Ordenamiento del proceso tecnológico.**

La sola aplicación de medidas organizativas del proceso de producción puede significar un efecto considerable en la elevación del Factor de Potencia, siempre que ellas sean encaminadas al mejoramiento del régimen de trabajo eléctrico de la instalación. Bien es sabido que la coincidencia innecesaria, en el proceso productivo, de actividades que implican algún grado de sub-utilización de los equipos eléctricos, siendo por lo general evitables, redundan en un mayor consumo



de energía eléctrica y casi siempre en el empeoramiento del Factor de Potencia (A.A Feodorov, 1982).

**Tabla 5** Factor de Potencia Nominal.

Factor de Potencia nominal del motor.	Relación $\cos \Phi_\lambda / \cos \Phi_\Delta$ coeficiente de carga $k_c$				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,78	1,94	1,8	1,64	1,49	1,35
0,80	185	1,73	1,58	1,43	1,3
0,82	1,78	1,67	1,52	1,37	1,26
0,84	1,72	1,61	1,46	1,32	1,22
0,86	1,66	1,55	1,41	1,27	1,18
0,88	1,6	1,49	1,35	1,22	1,14
0,91	1,57	1,43	1,29	1,17	1,1
0,92	1,5	1,36	1,29	1,11	1,06

**Fuente:** Suministros eléctricos de empresas industriales A.A Feodorov.

**Elaborado por:** El investigador.

Las investigaciones más esmeradas han demostrado que tal reconexión puede ser recomendada para motores con voltajes hasta 1000v sistemáticamente sub-cargados a menos del 35-40% de su potencia nominal.

**Tabla 6** Eficiencia.

Eficiencia	1,27	1,1	1,06	1,04	1,032	1,01	1,005	1
Coeficiente de carga.	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5

**Fuente:** Suministros eléctricos de empresas industriales A.A Feodorov.

**Elaborado por:** El investigador.

### **Sustitución de motores asincrónicos por motores sincrónicos.**

Puede ser ésta una interesante medida para la elevación del Factor de Potencia y por ende para la reducción de las pérdidas, pero debe tenerse presente que ello sólo es posible en aquellos casos en que las condiciones del proceso tecnológico así lo permiten. En tal caso tal sustitución resultaría siempre económicamente útil.

### **Elevación de la calidad de la reparación de los motores.**

Durante la ejecución de la reparación de los motores es necesario conservar exactamente los datos nominales de éstos. En caso contrario, la reparación puede ser obtenidos motores con requerimiento mayores a potencia reactiva, con un gran

desbalance entre fases, con mayores corrientes en vacío, con un considerable cambio de los datos de los devanados originales y con otros serios defectos que pueden conducir al incremento de las pérdidas de energía y al empeoramiento del Factor de Potencia natural de la instalación. (A.A Feodorov, 1982)

### **Equipos compensadores.**

Para la compensación de la potencia reactiva, demanda por las instalaciones industriales, pueden ser aplicados los condensadores sincrónicos y los condensadores estáticos y utilizados los motores sincrónicos que se dispongan en la instalación (A.A Feodorov, 1982).

**Motores sincrónicos:** La aplicación de los motores sincrónicos puede ser conveniente en los casos siguiente:

- Instalación de motores sincrónicos de mecanismos de transmisión, en lugar de asincrónicos, allí donde el proceso tecnológico lo posibilite.
- Instalación de motores sincrónicos de mayor potencia que la requerida por el mecanismo de transmisión (A.A Feodorov, 1982).

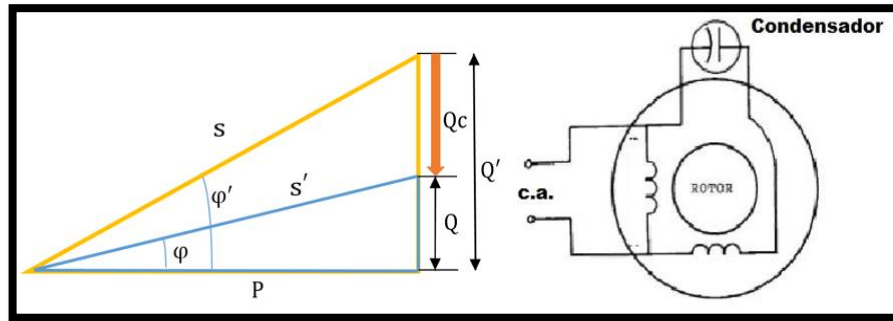
Como se mencionó anteriormente, la primera medida siempre será de utilidad. Por ello, en los casos de bajo Factor de Potencia se debe analizar en qué mecanismos es posible la aplicación de motores asincrónicos. La utilidad de la segunda medida debe ser fundamentada técnica y económicamente a través de la comparación con otras variantes del mejoramiento del Factor de Potencia. (A.A Feodorov, 1982)

### **Localización de los equipos compensadores.**

Después de la previa determinación orientada de la potencia necesaria y selección de los tipos de equipos de compensación, aparece la tarea de la óptima localización de éstos en los circuitos del sistema suministro industrial, de la selección de la ubicación de los equipos de compensación depende su costo y magnitud de las pérdidas de energía eléctrica. (A.A Feodorov, 1982)

**Mediante la instalación de condensadores en paralelo con el transformador.**

Si bien no existen reglas específicas para los diferentes tipos de instalaciones y, en teoría los condensadores pueden instalarse en cualquier punto, es preciso evaluar su ejecución práctica y económica. Cambiar las “S”



**Figura: 11** Banco de condensadores Potencia reactiva antes/después.

**Fuente:** [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com),2018

**Elaborado por:** El investigador.

$Q'$  = Potencia Reactiva inicial.

$Q$  = Potencia Reactiva final.

$Q_c$  = Potencia Reactiva del condensador conectado en paralelo.

$\varphi'$  = Ángulo phi antes de la corrección.

$\varphi$  = Ángulo phi después de la corrección.

$S'$  = Potencia Activa antes de la corrección.

$S$  = Potencia Activa después de la corrección (menor).

$P$  = Potencia Aparente.

**Causas de un bajo Factor de Potencia.**

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del Factor de Potencia. (Ecured, 2016)

Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria.
- Las cargas puramente resistivas, tales como: alumbrado incandescente y, resistencias de calentamiento, no causan este tipo de problema ya que no se produce desfasaje entre la corriente y el voltaje en la misma. (Ecured, 2016)

#### **Desventajas de la disminución del Factor de Potencia.**

- Reducción de la eficiencia en motores.
- Incremento de corriente.
- Caídas de voltaje.
- Incremento en las potencias de la planta y aumento en las facturas mensuales por penalización.
- Incremento de potencia en transformadores, reducción de su vida Factor de Potencia útil y de la capacidad de conducción de los conductores.
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye el tiempo de vida útil de su aislamiento.
- Aumento de las pérdidas térmicas en los conductores que son directamente proporcional al cuadrado de la corriente circulante.
- Aumento de la sección transversal de los conductores necesarios para transmitir la misma potencia, en tanto esa sección es inversamente proporcional al cuadrado del Factor de Potencia.
- Disminución de la tensión terminal en las cargas. (Ecured, 2016)

#### **Desventaja para la Empresa Eléctrica.**

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.

- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución, así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica. (Ecured, 2016)

#### **Aspectos a tener en cuenta para la compensación de potencia reactiva:**

- La selección de la magnitud de la compensación, que condiciona la potencia de compensación necesaria del dispositivo.
- La selección del tipo de compensación, que condiciona el tipo de dispositivo (fijo o variable) con sus parámetros técnicos.
- La ubicación óptima de la compensación, que condiciona la localización de los dispositivos de compensación. (Ecured, 2016)

#### **Interpretación del informe de calidad de energía.**

En una instalación eléctrica de corriente alterna que incluye equipos eléctricos como motores, transformadores, máquinas de soldadura, y en particular cualquier carga donde la corriente esté desfasada en relación a la tensión, absorbe una energía conocida como energía Aparente.

Cómo ya es de nuestro conocimiento y por definición, el Factor de Potencia o  $\cos \phi$ , es igual al cociente entre la potencia activa P (kW) y la potencia aparente S (kVA), pudiendo variar de 0 a 1.

$$\cos \phi = \frac{P(\text{KW})}{S(\text{KVa})} \quad (\text{Ec. 3})$$

De este modo, puede utilizarse para identificar el nivel de consumo de energía reactiva de los equipos instalados, un Factor de Potencia igual a 1 tendrá como resultado un consumo de energía reactiva es decir cero (0) resistencia pura, también tendrá como resultado un consumo de energía reactiva la cual aumentará a medida que alcance cero (0) inductancia pura. En esta instalación eléctrica, el Factor de Potencia puede variar de una red a otra, dependiendo de las cargas instaladas y de la forma en que estas se utilizan (plena carga, bajos regímenes de carga, etc.). Desde hace tiempo, los equipos de medida indican el consumo de energía activa y reactiva de manera más fácil y precisa. Otro término a tener en cuenta a la hora de analizar el consumo de energía reactiva es la Tg.

$$\mathbf{Tg \phi = \frac{Q(kVARh)}{P(kWh)} \quad (Ec. 4)}$$

La tangente es el cociente entre la energía reactiva Q (KVAh) y la energía activa P (KWh) utilizada durante el mismo periodo. Es fácil observar, que el valor de tangente debe ser lo más bajo posible para tener el consumo de energía reactiva mínimo.

La siguiente ecuación relaciona el Coseno con la Tangente:

$$\mathbf{Cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1+(tg\phi)^2}} \quad (Ec. 5)}$$

Las cargas que consumen la mayor cantidad de energía reactiva son:

- Motores con su funcionamiento a baja carga.
- Máquinas de soldadura.
- Hornos de arco y de inducción.
- Rectificadores de potencia.

### **¿Cómo calcular la Potencia Reactiva (Q)?**

La potencia reactiva Q que se necesita para la compensación se calcula a partir de la potencia activa P(KW) y el tg  $\phi$  medidos en la instalación. Estas medidas se realizan aguas abajo del transformador.

$$\begin{aligned} Q \text{ (batería a ser instalada)} &= P(\text{Tg } \phi \text{ media} - \text{Tg } \phi \text{ deseada}) \quad (\text{Ec. 6}) \\ &= P * K \end{aligned}$$

### **Los valores establecidos para cada país América Latina.**

**Argentina:** Según EPEC, el **Factor de Potencia es 0,95** (valor mínimo exigido por la EPEC) indica que, del total, de la energía abastecida por la distribuidora sólo el 95 % de la energía es utilizada por el Cliente mientras que el 5 % restante es energía que se desaprovecha (Epec, 2000).

**Bolivia:** Es un indicador del uso eficiente de las instalaciones eléctricas en relación al consumo, entre la energía activa kWh y la energía reactiva kVAh, el mismo que

debe ser mayor o igual a **0.90** para evitar cargos por bajo factor de potencia en los usuarios que se encuadran en las categorías industrial II o especial (Cre, 2012).

**Brasil:** Para unidad consumidora o conexión entre distribuidoras con tensión inferior a 230 kV, o **Factor de Potencia** en el punto de conexión debe estar comprendido entre **0,92** (noventa y dos centésimos) y 1,00 (uno) inductivo o 1,00 (uno) y 0,92 (noventa y dos centésimos) capacitivo, de acuerdo con la reglamentación vigente. (Factor, 2017)

**Chile:** La legislación eléctrica vigente obliga a los consumidores, frente a los distribuidores, a no bajar su **Factor de Potencia de 0,93** inductivo. Si no cumplen con dicha condición, se recarga en 1% de la factura total, por cada centésima que este factor baje de 0,93 (EMB, 2021).

**Colombia:** En Colombia, el **Factor de Potencia** debe ser siempre mayor de **0.9**. Las empresas con un valor menor de Factor de Potencia sufrirán penalidades, por esto es necesario tomar medidas correctivas para aumentar el valor del Factor de Potencia (SAS, 2020).

**Paraguay:** En el Paraguay el valor del **Factor de Potencia** correspondiente a la demanda máxima no debe ser inferior a **0.95** y el Factor de Potencia medio del mes no debe ser inferior a 0.92 (Ande, 2019).

**Perú:** Su indicador de **Factor de Potencia 0,92** inductivo, con lo cual la concesionaria le facturará el cargo por energía reactiva, para reducir a cero esta facturación se debe elevar el Factor de Potencia a un valor mayor de 0,96 inductivo (Minas, 2011).

**Uruguay:** Según el pliego UTE tarifario para los servicios comprendidos en las actuales tarifas General Simple, Residencial Simple, de Consumo Básico Residencial y Alumbrado Público, dando un **Factor de Potencia de 0.92** según lo establecido en la reglamentación vigente (Une, 2020).



**Figura: 12** Factores de Potencia países América del Sur.

**Fuente:** El investigador 2020

**Elaborado por:** El investigador.

### ¿Por qué se aplican penalizaciones a los servicios eléctricos industriales?

El simple hecho de tener o existir un bajo Factor de Potencia produce los siguientes inconvenientes (Cuenca, 2020):

- Aumenta la intensidad de la corriente.
- Incremento en las pérdidas por efecto Joule en los conductores, caídas de tensión y de pérdidas constantes en los transformadores.
- Reducción de capacidad de los conductores.
- Aumento de la temperatura de los conductores y disminución de la vida útil de su aislamiento.
- Aumento en las facturas por consumo de electricidad.

### A la CENEL:

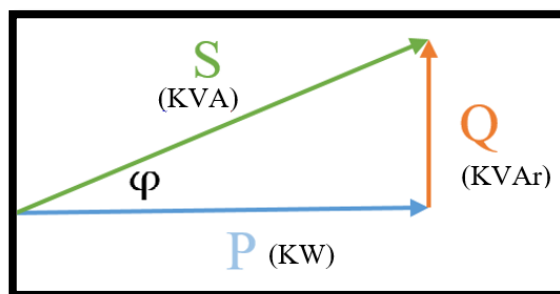
- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución, así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de voltaje y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.
- Una forma de que las Empresas de Electricidad a nivel nacional hagan reflexionar a las industrias sobre la conveniencia de generar o controlar su



consumo de energía reactiva ha sido, a través de un cargo por demanda, es cobrar por capacidad suministrada en KVA. Factor donde se incluye el consumo de los KVAR que se entregan a la industria.

La Potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado (Ecured, 2016).

### Triángulo de Potencias:



**Figura: 13** Triángulo de potencias/magnitudes.

**Fuente:** El investigador 2020

**Elaborado por:** el investigador.

- Potencia Activa (P) (KW).
- Potencia Reactiva (Q) (KVA).
- Potencia Aparente (S) (KVAr).

**Potencia Activa (P):** La denominada “**potencia activa**” representa en realidad la “potencia útil”, o sea, la energía que realmente se aprovecha cuando ponemos a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo. Por otra parte, la “potencia activa” es realmente la “potencia contratada” en la empresa eléctrica y que nos llega a la casa, la fábrica, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite a través de la red de distribución de corriente alterna (AF, 2007).

Para los siguientes sistemas tenemos:

- Sistemas monofásicos:  $P = V * I * \cos \varphi$  (Ec. 7)
- Sistemas trifásicos:  $P = \sqrt{3} * V * I * \cos \varphi$  (Ec. 8)

**Potencia Reactiva (Q):** La potencia reactiva es la que consumen los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo

de bobina o enrollado para crear un campo electromagnético. Esas bobinas o enrollados que forman parte del circuito eléctrico de esos aparatos o equipos constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y de su eficiencia de trabajo depende el Factor de Potencia. Mientras más bajo sea el factor de potencia, mayor será la potencia reactiva consumida. (AF, 2007)

La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAR y su múltiplo es el kVAR (kilovoltio-amperio-reactivo).

Para los siguientes sistemas tenemos:

- Sistemas monofásicos:  $Q = V * I * \text{sen } \varphi$  (Ec. 9)
- Sistemas trifásicos:  $Q = \sqrt{3} * V * I * \text{sen } \varphi$  (Ec. 10)

**Potencia Aparente (S):** El valor que representa la potencia aparente o potencia total (S) de un circuito eléctrico con carga reactiva se obtiene (de acuerdo con el teorema de Pitágoras para un triángulo rectángulo) hallando la raíz cuadrada del resultado de sumar, algebraicamente, los valores de la potencia reactiva (Q) y la activa (P), elevados ambos valores al cuadrado.

Para los siguientes sistemas tenemos:

- Es la suma de las potencias activa y reactiva:  $Q^2 + P^2 = S^2$  (Ec. 11)
- Sistemas monofásicos:  $S = V * I$  (Ec. 12)
- Sistemas trifásicos:  $S = \sqrt{3} * V * I$  (Ec. 13)

El valor de la potencia aparente será igual al resultado de extraer la raíz cuadrada de S<sup>2</sup>.

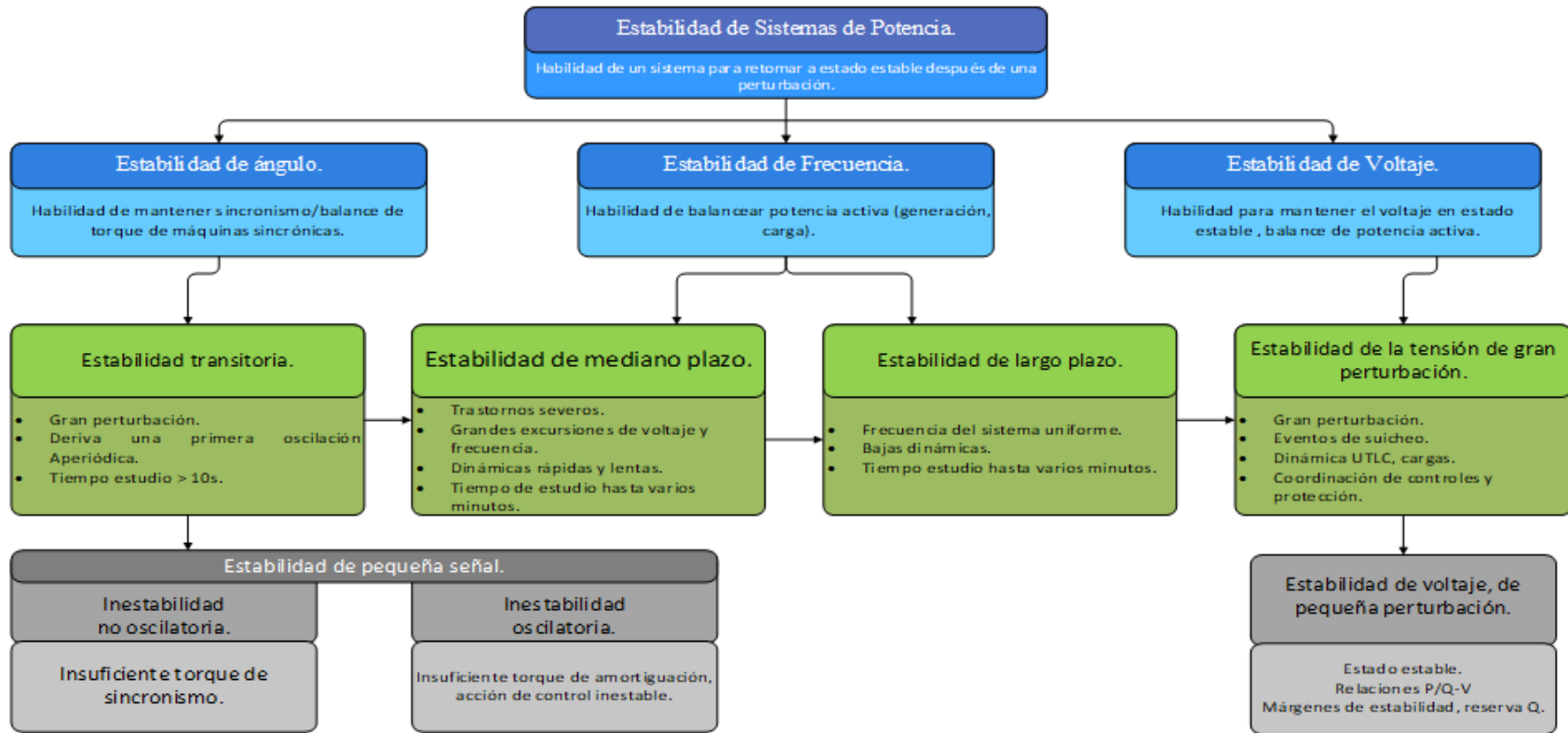
**Tabla 7** Factor de potencia de los receptores más usuales.

<b>Aparato</b>	<b>Carga</b>	<b>Cos <math>\phi</math></b>	<b>Tg <math>\phi</math></b>
Motor asincrónico ordinario	0%	0,17	5,8
	25%	0,55	1,52
	50%	0,73	0,94
	75%	0,8	0,75
	100%	0,85	0,62
Lámparas de incandescencia.		1	0
Lámparas de fluorescencia.		0,5	1,73
Lámparas de descarga		0,4 a 0,6	2,29 a 1,33
Hornos de resistencia		1	0
Hornos de inducción		0,85	0,62
Hornos de calefacción dieléctrica		0,85	0,62
Grupos rotativos de soldadura al arco.		0,7 a 0,9	1,02
Transformadores-rectificadores de soldadura al arco.		0,7 a 0,9	1,02 a 0,75
Hornos de arco.		0,8	0,75
<b>Cos <math>\phi</math> de los aparatos más usados.</b>			

**Fuente:** www.Schneider-electric.com, 2019.

**Elaborado por:** Schneider-electric.

**Clasificación Estabilidad de los Sistemas de Potencia (ORG, 2013).**



**Figura: 14** Estabilidad de sistemas de potencia.

**Fuente:** biblioteca.olade.org,2019

**Elaborado por:** biblioteca.olade.org,2019.

### **Antecedentes.**

La Fábrica de Tubos, es encargada de la elaboración y distribución de mangueras y tubos de plástico, debido a su funcionamiento y a sus actividades, la ausencia de planos eléctricos actualizados, la carencia de un mantenimiento preventivo y correctivo. Además, de los incrementos de carga en los procesos, presenta deficiencias, afectando a la gran mayoría de sus instalaciones eléctricas, debido al inadecuado Factor de Potencia que acompaña en sus operaciones.

Para esto se analiza mediante mediciones estables, perfil de tensión, corriente, valores máximos y mínimos, la disminución del Factor de Potencia (0.82 factura mes de septiembre, octubre, noviembre 2020), ha generado las siguientes dificultades, disminución en la eficiencia de los motores, equipos de protección, disminución y aumento de corriente, caídas de voltajes, aumento de valores en sus facturas mensuales por penalización.

Se sugiere como medida de corrección, el diseño y simulación de un banco de capacitores, los cuales permitirán una alta eficiencia energética, reduciendo así de manera considerable las pérdidas, evitando para la empresa no tenga multas por penalización de parte de la Empresa Eléctrica EmelNorte.

En las siguientes **figuras N° 16, 17, 18, 19**, se encuentra en historial de consumos en dólares correspondientes al año 2019 y 2020 y 2021, además, el historial de pagos por Kw consumido durante el año 2019 y 2020 y 2021.

- Historial de consumos en dólares 2019-2020.
- Historial de pagos por Kw 2019-2020.
- Historial de pago por Kw 2020-2021.
- Historial de pagos por consumo en dólares 2020-2021.

Factura No. 001-999-000238054  
 Número de autorización 2910202001109005172100120019990092380  
 Ambiente PRODUCCION  
 Emisión EMISION NORMAL  
 Fecha de Autorización 29-10-2020 20:30:11  
 Fecha de Emisión 29/10/2020

No. de Control: 9771022-80  
 Valor a pagar: 1063,16  
 Fecha de Vencimiento: 09/11/2020

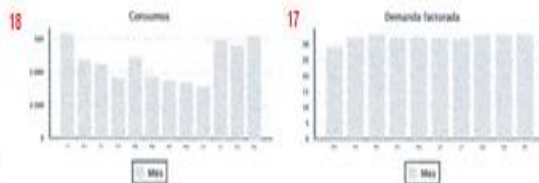
**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**

SUMINISTRO: **97710-1** CONDOR RODRIGUEZ CESAR RAUL  
 Código Único Eléctrico Nacional: **9300097710** Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
 Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
 Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0211 Tarifa: 921-Indusl.Demanda con registrador(Media Tension)  
 Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo  
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

**1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**

Medidor: T46688-ELS Desde: 24/09/2020 Hasta: 26/10/2020 Días Facturados: 32 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00  
 1 Factor de multiplicación: 1,00 2 Factor Corrección: 1,00 3 Factor Potencia: 0,83 4 Penalización FP: 0,1084337

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Límit.	Valores
5 Energía 00h - 24h (L-D)	942539,00	934817,00	7670		653,71
6 Reactiva 00h - 24h (L-D)	591451,00	586314,00	5219		kVArh
7 Demanda 22000 - 18000 00h - 2	32,13		33		kW
8 Máxima			33		kW
9 Demanda Cliente			33		kW



1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

10 VALOR CONSUMO	653,71
11 DEMANDA	168,07
12 PENAL.BAJO FACT.POTE	86,18
13 COMERCIALIZACION	1,41
14 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	909,37
ALUMBRADO PÚBLICO	65,84
15 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	65,84
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
L.V.A. (0%)	0,00
SUBTOTAL OTROS:	0,00
16 TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):	967,21

**SUBSIDIOS DEL GOBIERNO**

Tarifa Eléctrica	171,70
TOTAL:	171,70



**2. VALORES PENDIENTES**

CONCEPTO	VALOR
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0,00

**3. RECAUDACION TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO**

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS PAGOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)		0,00

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	967,21
Valores Pendientes (2):	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):	967,21

NTE

**Figura: 15** Planilla de energía EmelNorte.

**Fuente:** EmelNorte 2020

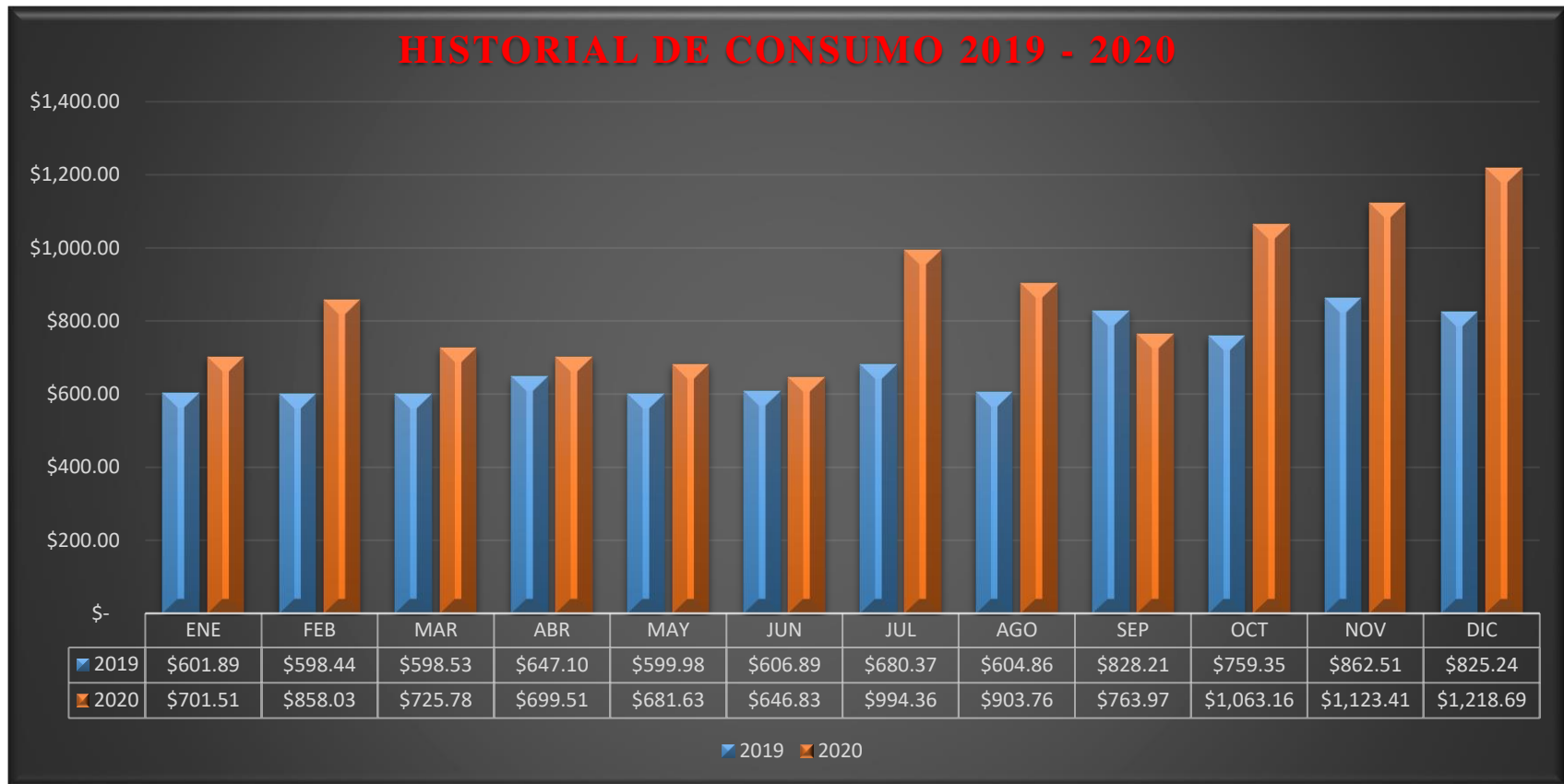
**Elaborado por:** El investigador.

**Tabla 8** Descripción planilla de Energía.

<b>DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DE UNA PLANILLA DE ENERGÍA FABRICA DE TUBOS.</b>		
N°	NOMBRE.	DESCRIPCIÓN.
1	Factor de multiplicación.	Depende del transformador siendo de 1,00 según las especificaciones.
2	Factor de Corrección.	Relación entre la demanda máxima en pico y la demanda máxima del mes, (este valor no puede ser inferior a 0,60), para este caso es de 1,00
3	Factor de Potencia.	Relación entre la Potencia Activa y la Potencia Aparente, el tener un buen FP permite tener una optimización técnica y económica en una instalación.
4	Penalización.	Si el FP es menor a 0,92 la Empresa EmelNORTE penalización con un porcentaje del consumo total del mes.
5	Energía: 00:00h-24:00h (L-D).	Medidor simple de registro de Empresa Eléctrica.
6	Reactiva: 00:00h-24:00h (L-D).	Potencia Reactiva, en la tabla se detalla al valor actual, anterior y el consumo en KVARh, no tiene costo.
7	Demanda: 22:00h-18:00h.	Demanda energética fuera de horas pico.
8	Máxima.	Valor del consumo en kW.
9	Demanda Cliente.	Valor consumido en kW.
10	Valor Consumo.	Rubro/costo en dólares.
11	Demanda.	Demanda máxima mensual registrada por el consumidor.
12	Bajo Factor de Potencia.	Rubro por penalización de bajo FP.
13	Comercialización	Rubro extra por comercialización de energía.
14	Subtotal, servicio eléctrico.	Sumado, V. Consumo (10) +Demanda (11) +Penalización FP (12) +Comercialización (13).
15	Servicio Alumbrado Público.	Suma del costo del alumbrado Público, porcentaje dado por el consumo (10).
16	Total SE y AP y Otros (1).	Suma del SE (14) +AP (15) +otros.
17	Demanda Factura.	Graficas demanda facturada durante los últimos meses.
18	Consumo.	Gráficas del consumo energético en kW-h durante los últimos meses.

**Fuente:** Propia 2020.

**Elaborado por:** El investigador.

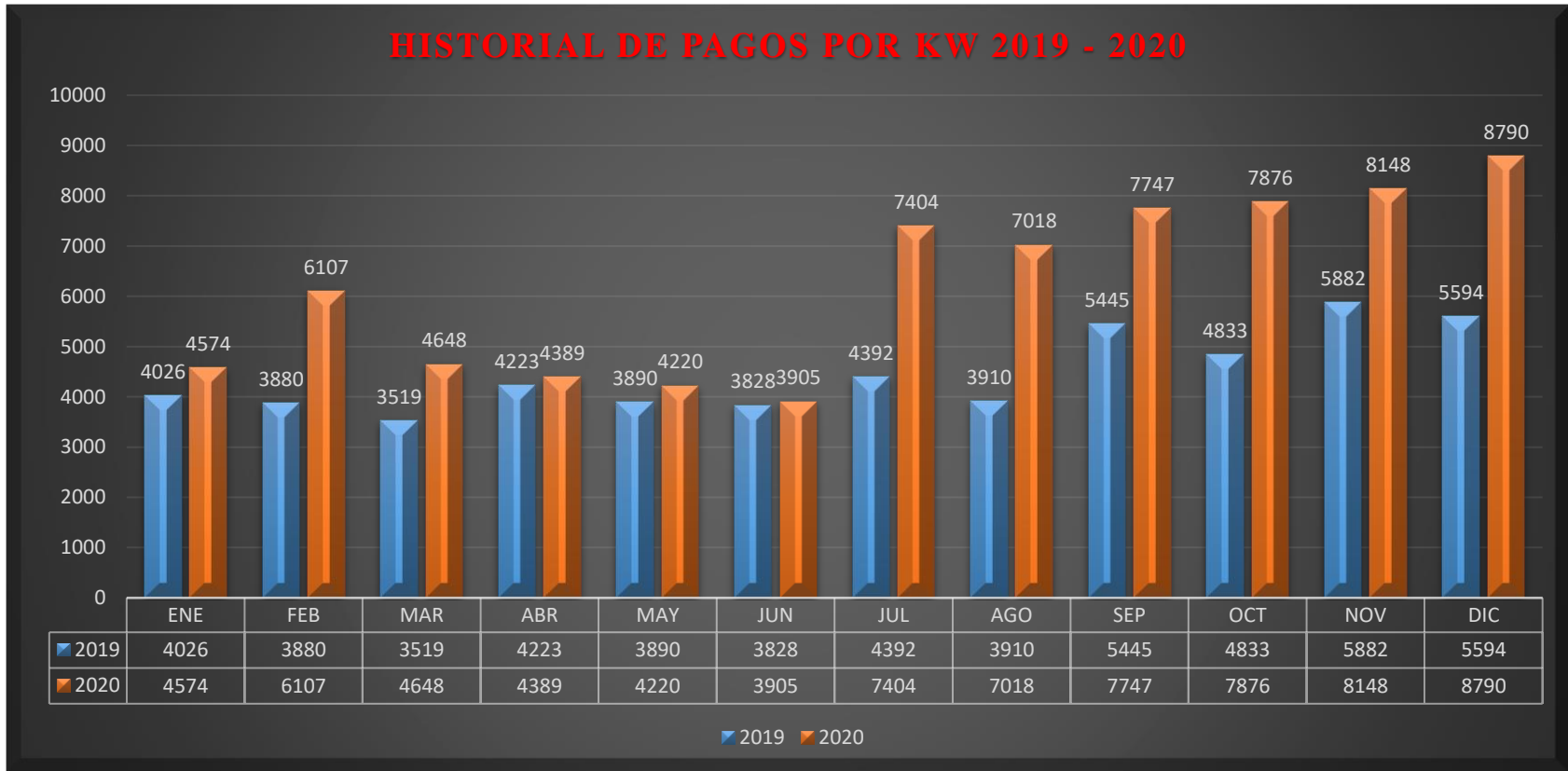


**Figura: 16** Historial de consumos en dólares 2019-2020.

Fuente: EmelNorte 2020

Elaborado por: El investigador.

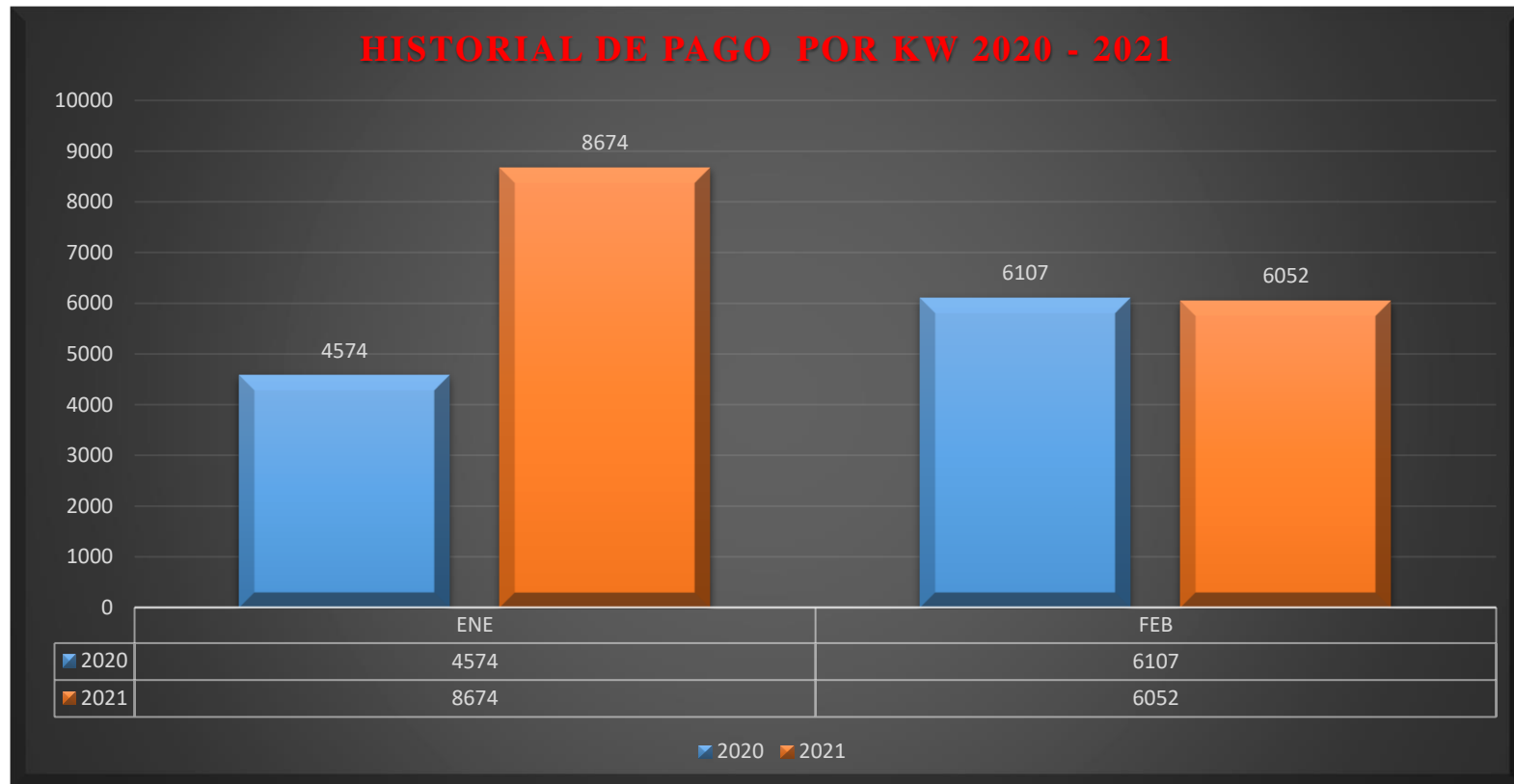




**Figura: 17** Historial de pagos por KW 2019-2020.

**Fuente:** EmelNorte 2020

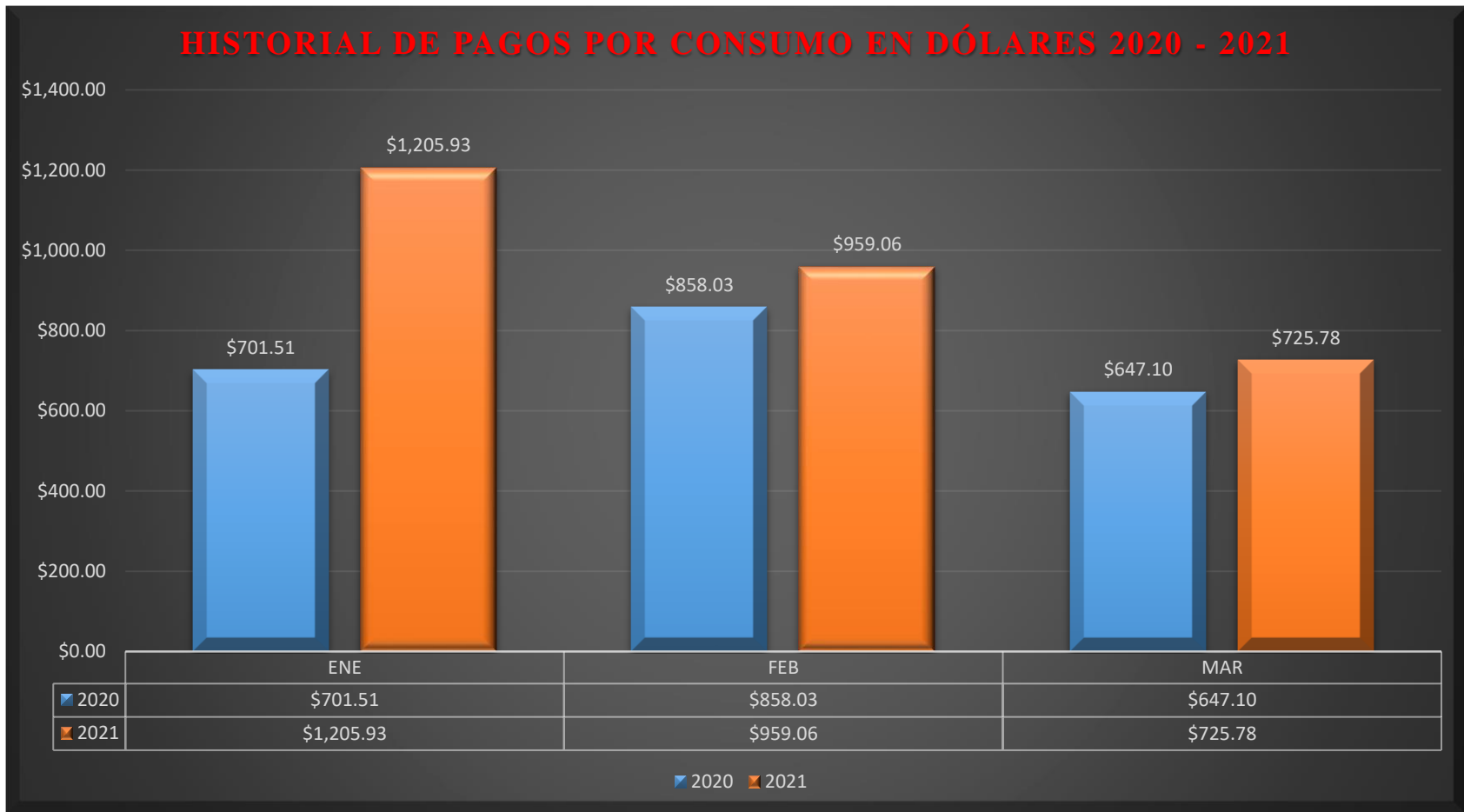
**Elaborado por:** El investigador.



**Figura: 18** Historial de pago por KW 2020-2021.

**Fuente:** EmelNorte 2020

**Elaborado por:** El investigador.



**Figura: 19** Historial de pagos por consumo en dólares 2020-2021.

**Fuente:** EmelNorte 2020

**Elaborado por:** El investigador.

## Normatividad.



**Figura: 20** Clasificación en categorías de normatividad.

**Fuente:** [www.ieee.org](http://www.ieee.org)

**Elaborado por:** El investigador.

**Internacional:** Elabora con el aval de los organismos nacionales de normalización que pertenecen a la organización internacional (ISO, IEC, UIT).

**Regional:** Elaborada con el aval de los organismos nacionales de normalización.

### **Norma EN50160:**

Esta norma describe las características principales que debe tener la tensión suministrada por una red general de distribución en baja y mediana tensión, en condiciones normales y en el punto de entrega al cliente. Se define los límites para la frecuencia nominal de la tensión suministrada, la amplitud de la tensión, las variaciones de la tensión sinistrada, las variaciones rápidas de la tensión (amplitud de las variaciones y severidad de los parpadeos), los huecos de la tensión, las interrupciones de corta y larga duración del suministro, las sobretensiones temporales y transitorias, el desequilibrio de la tensión suministrada, las tensiones armónicas e inter armónicas y la transmisión de señales de información por la red, así como los protocolos de media tensión. (Electric, 2019)

**Tabla 9** Tensión de suministro.

Evento en la tensión de suministro.	Magnitud.	Duración.
Sags.	90 % < 1 %	10 ms < 1 min.
Baja tensión.	90 % < 1 %	> 1 min.
Interrupción del suministro.	< 1%	<3 min (breve) >3 min. (larga).
Sobretensión temporal.	> 110 %	Relativamente larga.
Sobretensión transitoria.	> 110%	Algunos milisegundos.

**Fuente:** www.ieee.org.

**Elaborado por:** www.ieee.org.

**Norma IEC 6100032:**

Se refiere a los límites que se deben tener para las emisiones de corriente armónica para equipos en los cuales su entrada de corriente por fase sea  $\leq 16A$ .

**Tabla 10** Orden Armónicos.

Orden armónico (h)	Corriente armónica máxima permitida (A)
Armónicos impares.	
3	2,3
5	1,14
7	0,77
9	0,40
11	0,33
13	0,21
$15 \leq h \leq 39$	0,25/h
Armónicos pares.	
2	1,08
4	0,43
6	0,30
$8 \leq h \leq 40$	1,84/h

**Fuente:** www.ieee.org.

**Elaborado por:** www.ieee.org.

**Norma IEC 6100024:**

Establece los niveles de compatibilidad para las perturbaciones a nivel industrial, se puede aplicar en redes de distribución de 50 y 60 Hz, en baja y media tensión, los parámetros de variación de tensión que define son, frecuencia, forma de onda, amplitud y equilibrio de fases. (Salesiana, 2010)

Para la utilización de esta norma se deben tener en cuenta e identificar los diferentes equipos y sus características, para de esta manera establecer la clase en la cual se encuentran y así aplicar dicha norma, para sus respectivas clases:

- **Clase 1:** se refiere a equipos muy sensibles a perturbaciones en el suministro de energía.
- **Clase 2:** se relaciona con los puntos de conexión común y puntos de conexión interior en el entorno industrial.
- **Clase 3:** esta clase aplica, para alimentaciones a través de convertidores, máquinas de gran consumo de energía o motores grandes con arranques frecuentes. (Salesiana, 2010)

**Norma IEC 61000430:**

Define los procedimientos de medida de cada uno de los parámetros eléctricos en base a los cuales se determina la calidad del suministro eléctrico para así obtener resultados fiables, repetibles y comparables. La finalidad es eliminar las conjeturas a la hora de seleccionar con presión un instrumento para el análisis de la calidad eléctrica. (electric, Referencia norma 61000430, 2021)

Los parámetros que se incluyen son los siguiente:

- Frecuencia la tensión de alimentación.
- Magnitud de la tensión de alimentación.
- Flicker (parpadeo de tensión).
- Armónicos e inter-armónicos.
- Fluctuaciones de la tensión de alimentación.
- Interrupciones en la tensión de alimentación.
- Desequilibrios en la tensión de alimentación.
- Transmisión de señales a través de la alimentación.

**Estándar IEEE 1159:**

Define siete categorías distintas de fenómenos electromagnéticos en las redes eléctricas y estas son:

- Transitorios.

- Variaciones corta duración.
- Variaciones de larga duración.
- Desequilibrio de tensión.
- Distorsión de la forma de onda.
- Fluctuaciones de tensión.
- Variaciones de frecuencia.

Las variaciones de corta duración (swells, Sags, e interrupciones sostenidas) se producen casi siempre por condiciones de fallo, por la conexión de cargas que se requieren grandes corrientes de arranque. Dependiendo de la ubicación de la falla se puede producir sobretensiones, sub-tensiones o interrupciones temporales. Sin importar el lugar en el cual se localice la falla (lejos o cerca del punto de estudio), su efecto sobre tensión va a ser una variación de corta duración. (Alemana, 2017).

**Tabla 11** Clasificación en categorías de sobretensiones.

CATEGORÍAS	DURACIÓN TÍPICA	MAGNITUD DE LA TENSIÓN.
<b>Variaciones de corta duración.</b>		
<b>Instantánea.</b>		
Hueco.	0,5 - 30 ciclos.	0,1 - 0,9 p.u.
Swell.	0,5 - 30 ciclos.	1,1 - 1,8 p.u.
<b>Momentáneo.</b>		
Interrupción.	0,5 ciclos - 3 seg.	< 0,1 p.u.
Hueco.	30 ciclos - 3 seg.	0,1 - 0,9 p.u.
Swell.	30 ciclos - 3 seg.	1,1 - 1,4 p.u.
<b>Temporal.</b>		
Interrupción.	3 seg - 1 min	< 0,1 p.u.
Hueco.	3 seg - 1 min	0,1 - 0,9 p.u.
Swells.	3 seg - 1 min	1,1 - 1,2 p.u.
<b>Variaciones de larga duración.</b>		
Interrupción.	> 1 min	0,0 p.u.
Subtensión.	> 1 min	0,8 - 0,9 p.u.
Sobretensión.	> 1 min	1,1 - 1,2 p.u.

**Fuente:** www.ieee.org.

**Elaborado por:** El investigador.

### Norma IEC 5552:

La norma establece las exigencias sobre armónicos que deben cumplir todos aquellos equipos que consumen menos de 16 Amperios por fase en la red de 220V

a 415V, entre ellos figuran las computadoras personales y los televisores. La norma establece los límites en base a los valores eficaces (rms) de cada armónico. La relación entre el valor eficaz y el valor máximo eficaz y el valor máximo. (Alemana, 2017)

### **Estándar IEEE 519:**

En la recomendación IEEE 519 encontramos las recomendaciones prácticas y requerimientos para el control de armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia, existe un efecto combinado de todas las cargas no lineales sobre el sistema de distribución la cual tiene una capacidad limitada para absorber corrientes armónicas. Los operadores de red de energía eléctrica, tienen la responsabilidad de suministrar óptimo nivel de tensión y de forma de onda. (EMB, 2021)

Donde existan problemas, a causa de la inyección excesiva de corriente armónica o distorsión de tensión, es obligatorio para el suministrador y el consumidor, resolver estos problemas, por tal motivo el propósito de esta norma es el de recomendar los límites es la distorsión armónica de acuerdo básicamente a dos criterios:

- Existe una limitación sobre la cantidad de corriente armónica que un consumidor puede inyectar en la red de distribución eléctrica.
- Se establece una limitación en el nivel de voltaje armónico que una compañía de distribución de electricidad puede suministrar al consumidor.

Todos los valores de distorsión de corriente se dan en base a la máxima corriente de carga “demanda”, la distorsión total está en términos de la distorsión total de la demanda (TDD) en vez del término común THD en la siguiente tabla 16 se muestra los límites de corriente para componentes de armónicas individuales, así como también distorsión total. (EMB, 2021)



**Tabla 12** Límites de corriente armónica.

<b>Límites de Corriente Armónica para carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 volts.</b>						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente en % del Armónico fundamental.						
<b>ISC/IL</b>	<b>&lt;11</b>	<b>11 ≤ h &lt; 17</b>	<b>17 ≤ H ≤ 23</b>	<b>23 ≤ h &lt; 35</b>	<b>35 ≤ h</b>	<b>TDD</b>
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 < 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 < 100	10,0	4,5	4,0	2,5	0,7	12,0
100 < 1000	12,0	5,5	5,0	3,0	2,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

**Fuente:** www.ieee.org.

**Elaborado por:** El investigador.

La **IEEE 519** establece también otros parámetros de la calidad de la energía eléctrica como son los siguientes:

**Flicker de tensión:** Los lineamientos para el parpadeo de tensión ocasionado por consumidores individuales, se encuentran recomendados en la IEEE 519.

El segundo conjunto de parámetros eléctricos establecidos por la IEEE 519 se refiere a los límites de distorsión de la tensión. Los límites armónicos de tensión recomendados se basan en niveles lo suficientemente pequeños como para garantizar que el equipo de los suscriptores opere satisfactoriamente. (EMB, 2021)

**Tabla 13** Límites de distorsión armónica de voltaje.

<b>Voltaje de Barra en el punto de Acoplamiento común.</b>	<b>Distorsión individual de Tensión (%).</b>	<b>Distorsión total del voltaje THD (%).</b>
Hasta 69 KV	3	5.0
De 69 KV - 137,9 KV	1.5	2.5
138 KV y más	1.0	1.5
<b>NOTA:</b> Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.		

**Fuente:** www.ieee.org.

**Elaborado por:** www.ieee.org.

## **Norma empresa eléctrica 0.92 en Quito.**

Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) Resolución número **074-17**, literal **26.6.3** dice:

**26.6.3** El Consumidor No Regulado que mantenga suscrito un contrato de conexión con una distribuidora, cancelará a ésta la penalización por bajo factor de potencia cuando sea inferior a 0.92, aplicando el pliego tarifario vigente de acuerdo a la categoría y grupo de tarifa que le correspondería si fuera usuario regulado. (Arconel, 2020)

La Distribuidora determinará el factor de potencia del Consumidor No Regulado considerando la misma base de cálculo que utiliza para un usuario regulado, para lo cual empleará los datos registrados por el SISMEC. (Arconel, 2020)

Los aspectos relacionados al factor de potencia de un Consumidor No Regulado que mantiene suscrito un contrato de conexión con el Transmisor se sujetarán a lo establecido en la normativa vigente. (Arconel, 2020)

### **Justificación.**

Un análisis para el estudio de energía eléctrica contribuye a la prolongación de la vida de los motores, conductores, la eficiencia del transformador y una correcta utilización de la misma, aplicando métodos para la obtención de datos, los cuales se convierten en información previo procesamiento y, luego deben ser interpretados con vista a la aplicación de soluciones los problemas detectados.

La importancia de realizar la corrección del Factor de Potencia se debe a que permite evitar penalizaciones en el pago de la factura por parte de EmelNorte, cuando el mismo se encuentra en un valor inferior a 0.92 establecido por las regulaciones del país.

El **impacto** del estudio relacionado con la corrección de Factor de Potencia se refleja en la posibilidad que tendría la entidad de poder aplicar el mismo. Permitiéndole lograr su corrección, reducción de las pérdidas técnicas, todo lo cual contribuye a una mejor gestión de la Eficiencia Energética en el servicio.

La **utilidad** del estudio para la corrección del Factor de Potencia en la Fábrica de Tubos se verá reflejada en la eliminación de los pagos mensuales a la Empresa Eléctrica por concepto de penalizaciones, reducción de las pérdidas eléctricas por efecto Joule en el circuito de alimentación primaria al mencionado servicio.

Los **beneficiarios** de la aplicación del estudio para la corrección los Factores de Potencia corresponden tanto a la instalación industrial, y, por ende, se incrementaría su productividad. Además, se beneficia el Estado, pues se reducen las pérdidas técnicas, en el circuito de alimentación al mencionado servicio. Asimismo, permite incrementar la disponibilidad de capacidad en las unidades generadoras que aportan al sistema eléctrico nacional.

Se considera **factible** la propuesta de corrección del Factor de Potencia debido a que en los gastos en que se incurrirían por concepto de adquisición de un banco de condensadores para la corrección del Factor de Potencia, teniendo en cuenta en consideración los pagos por penalizaciones para un mismo periodo. A partir de ese momento se produciría utilidad para la organización.

#### **Objetivo general.**

Determinar la capacidad adecuada de un banco de condensadores en la fábrica de tubos, mediante un estudio técnico, con el fin de realizar la corrección del factor de potencia por encima de 0.92

#### **Objetivos específicos.**

- Realizar un diagnóstico de los parámetros eléctricos en el transformador de la entidad, mediante la instalación de un equipo analizador de redes en el mismo, para conocer las magnitudes actuales de cada uno de ellos.
- Realizar una propuesta de corrección del Factor de Potencia, a través de una simulación realizada en Matlab R2020b “Simulink”, con su banco de condensadores, de acuerdo a la capacidad de cada transformador.
- Presentar una valoración técnica económica de la propuesta, mediante un estudio de costos, para evaluar su implementación en la Fábrica de Tubos.

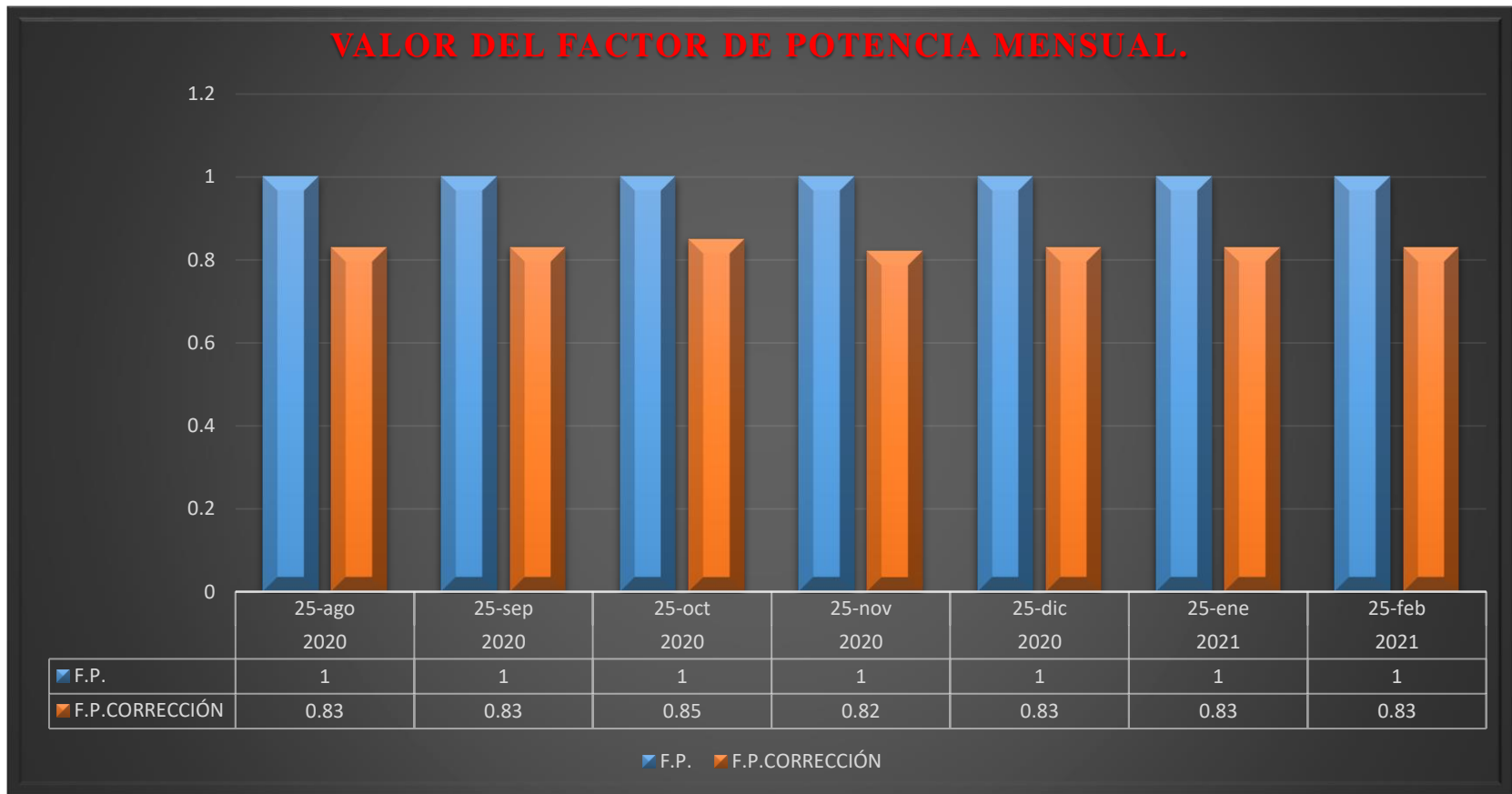
## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO.

#### **Diagnóstico de la situación actual de la Fábrica de Tubos.**

A través de la visita técnica realizada en la mencionada entidad, encargada de la fabricación de tubería plástica para ser utilizada en los sistemas de riego y, como canalizaciones de redes eléctricas de bajo voltaje. En la misma se detectaron una serie de problemas como el Factor de Potencia deteriorado 0.82 (**ver Anexos del 7 al 12 Factor de Potencia**).

Dicha información fue obtenida, a través de un estudio de diagnóstico realizado por la entidad “MVelectric – ingeniería eléctrica” (**ver Anexo 1**), en la misma. Por tales razones, se plantea la realización de un estudio encaminado a la corrección del Factor de Potencia en la instalación y, así evitarlas penalizaciones impuestas por parte de la Empresa eléctrica Quito, en la factura mensual correspondiente al pago de electricidad.



**Figura: 21** Valor del Factor de Potencia mensual.

**Fuente:** EmelNorte 2021

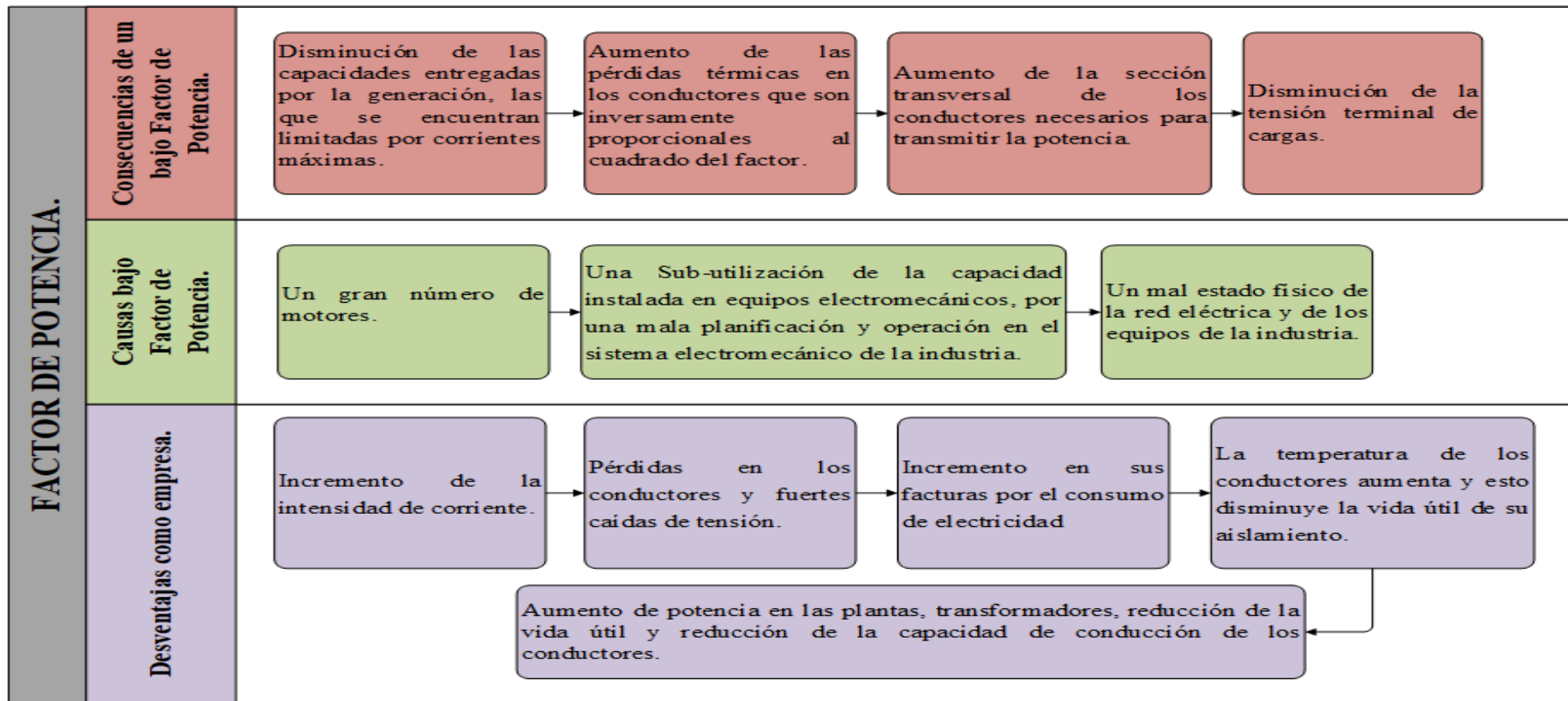
**Elaborado por:** El investigador.

Dentro la Fábrica se encuentran las siguientes derivaciones para un deteriorado Factor de Potencia se ha escogido teniendo en cuenta el tipo de maquinaria existente, la condición precaria de sus instalaciones eléctricas, el calibre de sus conductores fuera de norma, un mal equilibrio de cargas eléctricas, por citar algunas anomalías y muy apegado a las condiciones presentadas en la misma.

Las siguientes consecuencias fueron extraídas de EcuRed, ya que se reflejan las consecuencias de un Factor de Potencia que se mantiene en la Fábrica de Tubos (**ver figura N° 22**). (Ecured, 2016)

La potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico en los equipos, es necesaria para producir un flujo magnético que pone en funcionamiento elementos como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes (**ver figura N° 22**). (Ecured, 2016)

En su mayoría de estos equipos es apreciable los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del Factor de Potencia (**ver figura N° 22**). (Ecured, 2016)



**Figura: 22 Factor de Potencia.**

**Fuente:** (Ecured, 2016).

**Elaborado por:** El investigador.

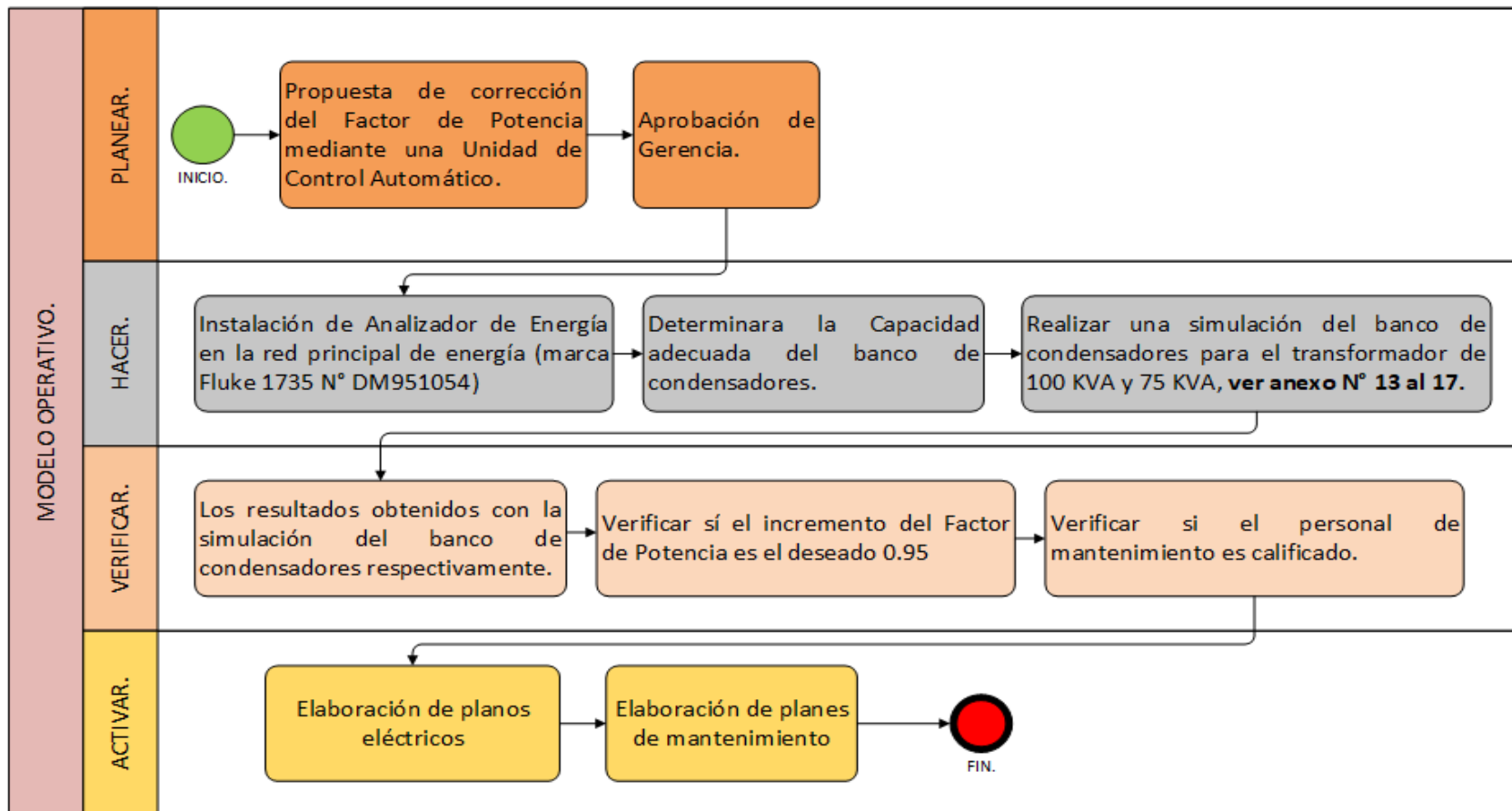
**Área de estudio:**

A continuación, detallo algunos indicadores del área de estudio, el lugar donde se realizó la investigación.

<b>Dominio.</b>	Centro de investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos – MIST.
<b>Línea de investigación.</b>	Diseño, realización y caracterización de sistemas inteligentes, automáticos, semiautomáticos o manuales.
<b>Sub línea de investigación.</b>	<p>Los sistemas que se toman en cuenta para esta línea de investigación incluyendo todo sistema mecánico, electromecánica, secuencial, semiautomática, automático o inteligente que tenga componentes mecánicos, electrónicos o informáticos (al menos de uno de los tipos). Así, se consideran sistemas físicos o virtuales (software) para cualquier plataforma o estructura.</p> <p>El enfoque global de esta línea consiste en tomar en cuenta las necesidades reales identificadas en la sociedad, con miras a proponer soluciones innovadoras con este fin, la línea incluye todas las metodologías y campos de investigación necesarios para generar sistemas inteligentes o interactivos innovadores.</p>
<b>Campo.</b>	Ingeniería Industrial.
<b>Área</b>	Calidad.
<b>Aspectos.</b>	Variable dependiente: Factor de Potencia. Variable independiente: Fluctuaciones de energía durante el día.
<b>Objeto de estudio.</b>	Fábrica de Tubos.
<b>Período.</b>	Agosto 2020 - Marzo 2021



**Modelo operativo.**



**Figura: 23** Modelo Operativo.

**Fuente:** El investigador.

**Elaborado por:** El investigador.

**Planear:** A través de la visita técnica se pudo recabar información que sería de mucha importancia, para obtener un diagnóstico sobre las condiciones eléctricas, además, del bajo Factor de Potencia que se muestra en la planilla de energía (**ver Anexo N° 8**), con este levantamiento de información se puede realizar una propuesta de mejoras para la Fábrica de Tubos mediante una construcción de un banco de condensadores.

**Hacer:** Mediante la instalación de un analizador de energía nos indicará las deficiencias que mantiene la red de energía que utiliza la Fábrica de Tubos (**ver informe Anexo N° 1**), además, una de las recomendaciones es el cambio del transformador de 75 KVA a uno de 100 KVA, mediante la cual nos permitirá poder realizar el cálculo del banco de condensadores que se utilizará con el transformador de 75 KVA y 100 KVA respectivamente.

**Verificar:** Una vez comprobado el incremento del Factor de Potencia y mediante una simulación en Matlab, “simulink” se podrá observar la corrección del Factor de Potencia de 0.82 a 0.95 con su banco de condensadores respectivamente.

**Activar:** Una vez realizado la simulación se procederá a construcción del banco de condensadores.

## CAPÍTULO III

### PROPUESTAS Y RESULTADOS ESPERADOS.

#### Desarrollo de la propuesta.

#### Informe del análisis de energía de la fábrica de tubos en la ciudad de Tabacundo.

La Fábrica de Tubos ubicada en la ciudad de Tabacundo está dedicada a la fabricación de tubería para tal efecto utiliza un transformador de 75 KVA trifásico, 220V.

El objeto del análisis de energía es con el fin de determinar las condiciones de funcionamiento del transformador en cuanto a su capacidad, factor de potencia y armónicos.

Para el análisis de energía se utilizó el analizador industrial marca FLUKE 1735 número de serie DM9541054, el mismo que fue instalado a la entrada del tablero principal de distribución, el tablero consta de dos líneas principales, la una alimenta a todo el sector de oficinas y servicios generales y la otra línea alimenta a la fábrica de tubos (**ver Anexo N° 1**).

Los días 05 y 06 de diciembre del presente se realizó el registro de potencia y factor de potencia y los días 07 y 08 de diciembre del presente se realiza la medición de armónicos, los anexos respectivos se adjuntan al presente informe.

#### Se concluye que:

- Haciendo referencia al informa en las páginas 1,2 y 3, (**ver anexos N° del 1 al 3**) se puede apreciar que en determinados momentos la potencia utilizada supera la capacidad máxima del transformador (75 KVA) llegando a sobrepasar los 75 KVA, por lo que el transformador trabaja con un 50% de sobrecarga.

El Factor de Potencia con el que se trabaja varía entre 0.4 y 0.8 lo que significa que el transformador trabaja con bajo factor de potencia situación que es penalizada por la Empresa Eléctrica Quito S.A, la misma que exige que éste sea como mínimo un valor de 0.92, para evitar una penalización al servicio.

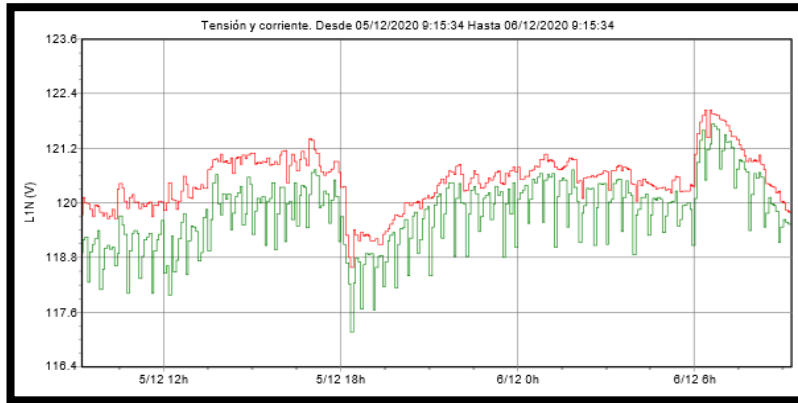
- Entre las 05:00 y las 10:00 horas el analizador a registrado picos altos de corriente en las líneas alcanzando valores de hasta 200 Amp lo que significa que el transformador fue forzado a entregar una potencia superior a 75 KVA, posteriormente existe un corto receso y los valores de corriente vuelven a subir entre las 11:30 hasta las 21:30 horas.
- Con referencia a los armónicos no se presenta mayor inconveniente ya que su valor máximo no supera el 5%, es decir que se encuentra dentro de la norma.

**Se recomienda qué:**

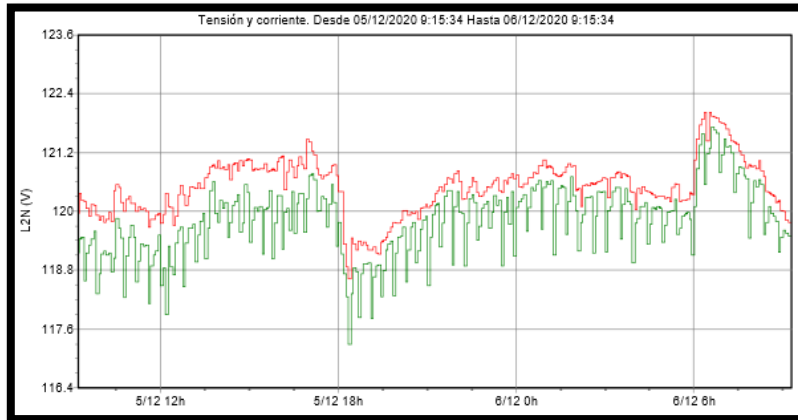
- Se debe separar el circuito de la parte administrativa mediante un transformador monofásico ya que estas variaciones a la larga van a afectar la vida útil de las máquinas.
- Se debe instalar un transformador monofásico de la potencia adecuada, aproximadamente 15 KVA (datos tomados por el personal de la fábrica de Tubos).
- Se debe instalar una malla de tierra para el circuito de oficinas. De la información recibida de la Fábrica de Tubos, va a adquirir una nueva maquinaria con capacidad de 20 KVA para el área industrial y de acuerdo a los registros obtenidos hasta el momento se debería cambiar el transformador actual de 75 KVA por uno de 100 KVA.
- Se debe corregir el Factor de Potencia mediante un banco de capacitores con supervisor de factor de potencia.

Al observar las **figuras N° 24, 25, 26** donde se muestran las gráficas del consumo energético del día 12 de diciembre del 2020, los picos del voltaje total de las líneas **L1, L2 N**, que se producen durante las 18 horas y 06 horas del día 06 de diciembre del 2020, hora 09:15:34. este incremento se produce en esta hora llegando a 121.2 V y 121.3 V aproximadamente, sabiendo que la lectura de la tensión debe ser de 120V (normalmente de 115 V a 125 V), los valores registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del **CONELEC 004/01**. (004/01, 2017)

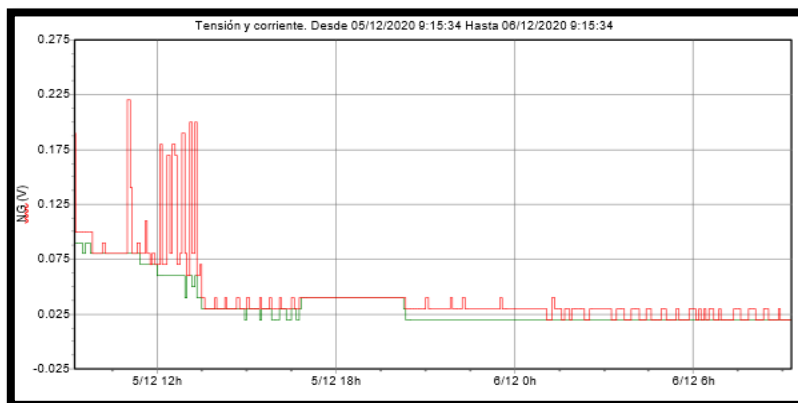
**Gráficas de voltajes “V”**



**Figura: 24** Gráficas de voltaje L1.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.



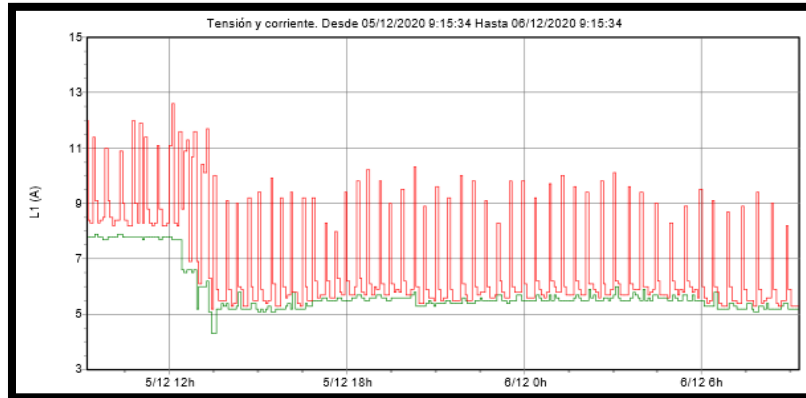
**Figura: 25** Gráficas de voltaje L2.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.



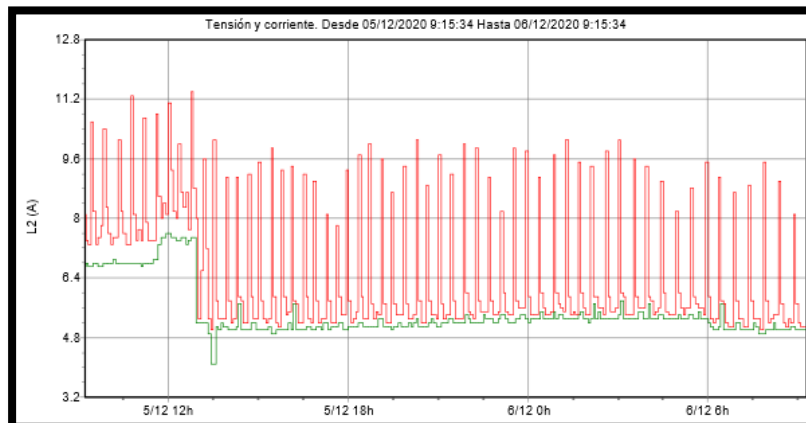
**Figura: 26** Gráficas de voltaje N.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.

### Gráficas de corriente “A”

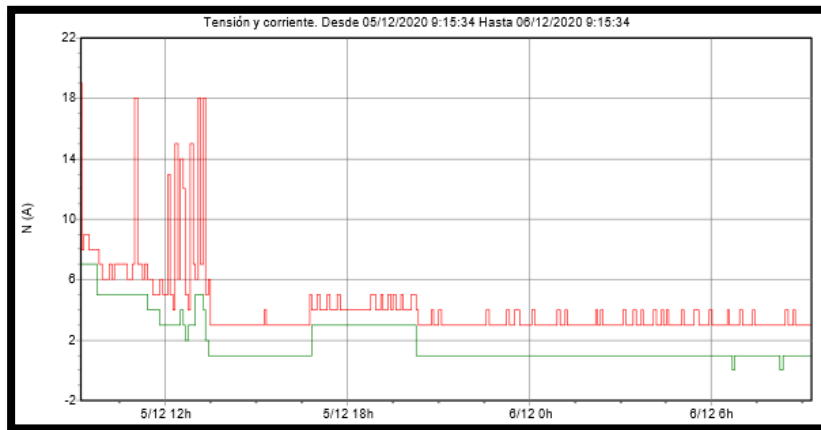
Entre las 05:00 y las 10:00 horas el analizador a registrado picos altos de corriente en las líneas alcanzando valores de hasta 200 Amp, tomado desde al día 05 de diciembre del 2020 hasta el 06 de diciembre del 2020, para **L1, L2, N**, hora 09:15:34 (ver figuras N° 27, 28, 29). (004/01, 2017)



**Figura: 27** Gráficas de corriente L1.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.



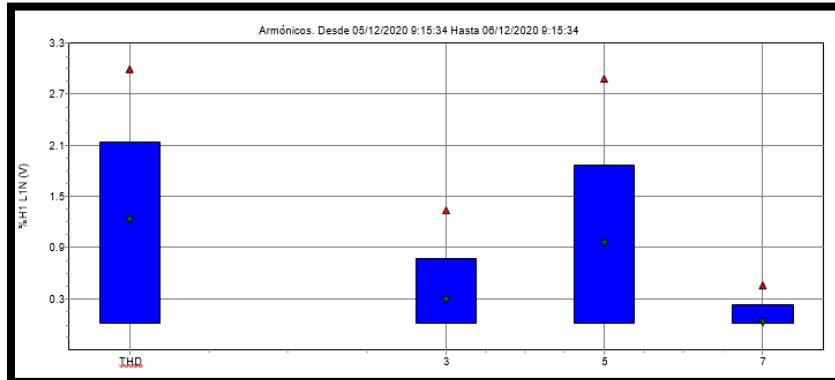
**Figura: 28** Gráficas de corriente L2.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.



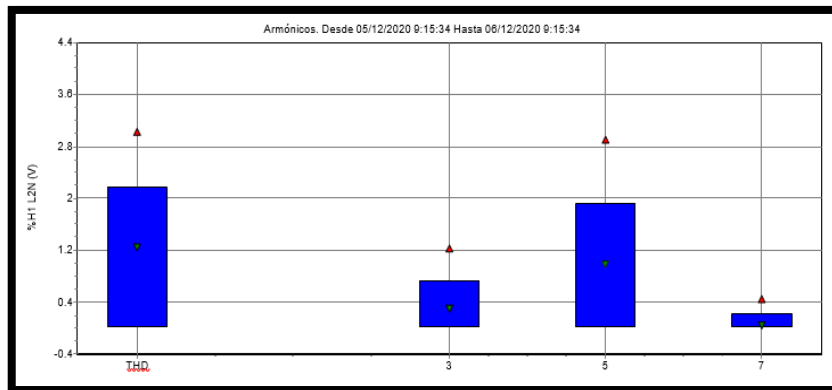
**Figura: 29** Gráficas de corriente N.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.

**Gráficas de armónicos.**

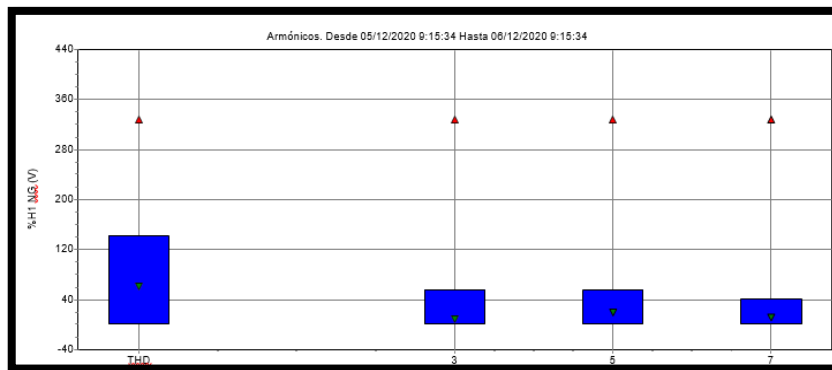
Con referencia a los armónicos no se presenta mayor inconveniente ya que su valor máximo no supera el 5%, es decir que se encuentra dentro de la norma, para **L1, L2, N**, hora 09:15:34 (ver figura N° 30, 31, 32). (004/01, 2017)



**Figura: 30** Gráficas de armónicos L1.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.



**Figura: 31** Gráficas de armónicos L2.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.



**Figura: 32** Gráficas de armónicos N.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.

**TDH Max:** 4.8% el 05-12-2020 a las 09:15:34 horas con un voltaje máximo de 126.7V.

**TDH Min:** 1.0% el 06-21-2020 a las 09:15:34 horas con un voltaje máximo de 129.1V.

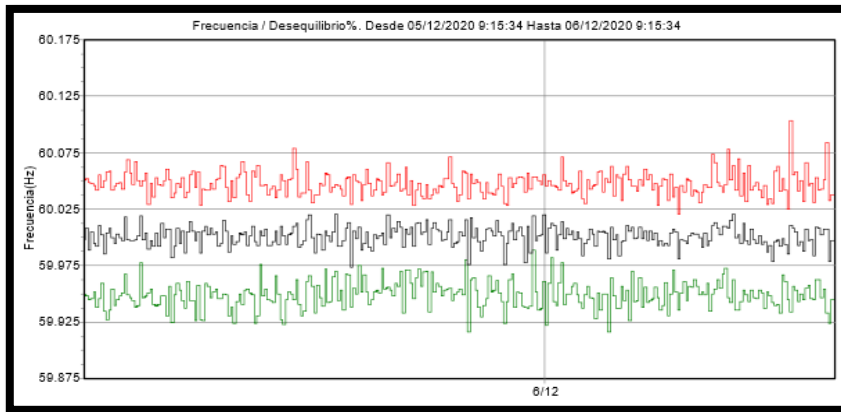
**Gráficas: Frecuencia/Desequilibrio.**

- Frecuencia mínima color verde.
- Frecuencia máxima color rojo.
- Frecuencia media color negro.



El porcentaje de frecuencia/desequilibrio (Hz) va desde el día 05 de diciembre 2020 hasta el día 06 de diciembre 2020, hora 09:15:34 (ver figura N° 33).

Los valores establecidos para la frecuencia se encuentran dentro de norma CONECEL 004/01. (004/01, 2017)



**Figura: 33** Gráficas Frecuencia/Desequilibrio.

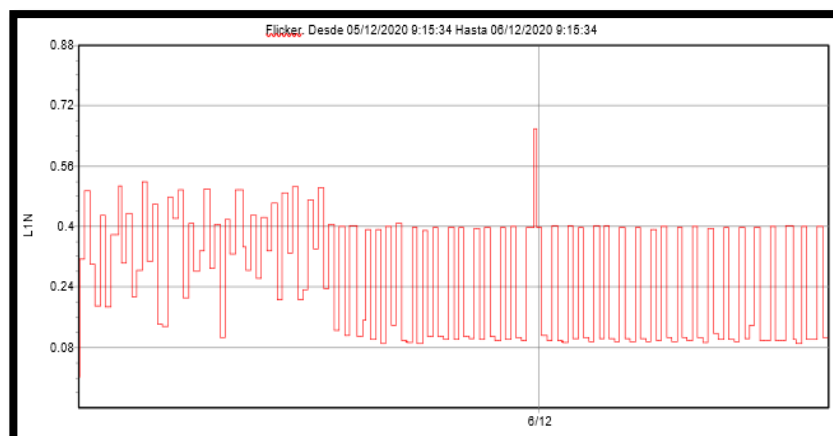
**Fuente:** Informe de calidad de energía.

**Elaborado por:** MVelectric.

### Gráficas: Flicker.

Los valores registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01 (ver figura N° 34, 35). (004/01, 2017)

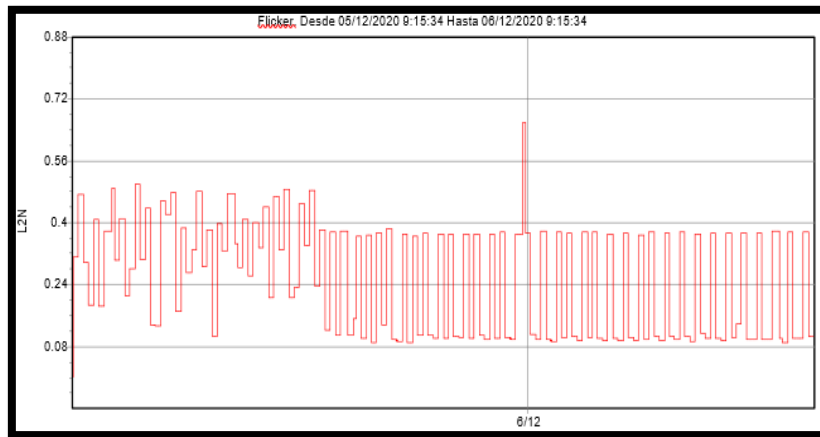
Las mediciones para L1 y L2 va desde 05 de diciembre 2020 hasta el 06 de diciembre 2020, hora 09:15:34.



**Figura: 34** Gráficas Flicker L1.

**Fuente:** Informe de calidad de energía.

**Elaborado por:** MVelectric.

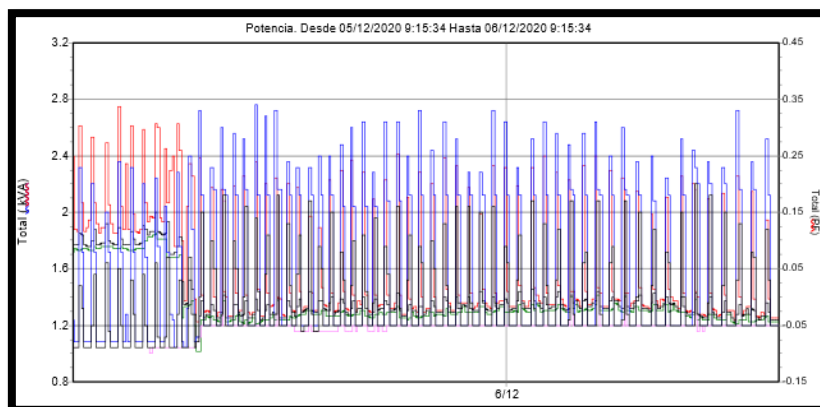


**Figura: 35** Gráficas Flicker L2.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.

**Gráficas: Potencia KWA.**

La gráfica total de KVA (ver figura N° 36) tomado el día 05 de diciembre del 2020 al 06 de diciembre del 2020, 09:15:34.

La potencia utilizada supera la capacidad máxima del transformador (75 KVA) llegando a sobrepasar los 75 KVA, por lo que el transformador trabaja con un 50% se sobrecarga.



**Figura: 36** Gráficas de potencia KWA.  
**Fuente:** Informe de calidad de energía.  
**Elaborado por:** MVelectric.

**Tabla 14** Tabla de cálculo para determinar la potencia del condensador.

Factor de Potencia.		Potencia del condensador en KVAR a ser instalado por kW de carga para aumentar el Factor de Potencia a:										
Cos $\phi$		0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
	Tg $\phi$	0.48	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.20	0.14	0.0
<b>0.40</b>	2.29	1,805	1.832	1.861	1.895	1.924	1.959	1.998	2.037	2.085	2.146	2.288
<b>0.41</b>	2.22	1.742	1.769	1.798	1.831	1.840	1.896	1.935	1.973	2.021	2.082	2.225
<b>0.42</b>	2.16	1.681	1.799	1.738	1.771	1.800	1.836	1.874	1.913	1.961	2.002	2.164
<b>0.43</b>	2.10	1.624	1.651	1.680	1.713	1.742	1.778	1.816	1.855	1.903	1.964	2.107
<b>0.44</b>	2.04	1.558	1.585	1.614	1.647	1.677	1.712	1.751	1.790	1.837	1.899	2.041
<b>0.45</b>	1.98	1.501	1.532	1.561	1.592	1.626	1.659	1.695	1.737	1.784	1.846	1.988
<b>0.46</b>	1.93	1.446	1.473	1.502	1.533	1.567	1.600	1.636	1.677	1.725	1.786	1.929
<b>0.47</b>	1.88	1.397	1.425	1.454	1.485	1.519	1.532	1.588	1.629	1.677	1.758	1.881
<b>0.48</b>	1.83	1.343	1.730	1.400	1.430	1.464	1.467	1.534	1.575	1.623	1.684	1.826
<b>0.49</b>	1.78	1.297	1.326	1.355	1.386	1.420	1.453	1.489	1.530	1.578	1.639	1.782
<b>0.50</b>	1.73	1.248	1.276	1.303	1.337	1.369	1.403	1.441	1.48	1.529	1.590	1.732
<b>0.51</b>	1.69	1.202	1.230	1.257	1.291	1.323	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
<b>0.52</b>	1.64	1.160	1,188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1,644
<b>0.53</b>	1.60	1.116	1,144	1,171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600
<b>0.54</b>	1.56	1.075	1,103	1,130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559
<b>0.55</b>	1.52	1.035	1,063	1,090	1.124	1.156	1.190	12.228	1.268	1.316	1.377	1.519
<b>0.56</b>	1.48	0.996	1,024	1,051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1	1.338	1.480
<b>0.57</b>	1.44	0.958	0,886	1,013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
<b>0.58</b>	1.40	0.921	0,949	0,976	1.010	1,042	1.073	1,114	1.154	1.202	1.263	1.405
<b>0.59</b>	1.37	0.884	0,912	0,939	0,973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
<b>0.60</b>	1.33	0.849	0,878	0,905	0,939	0,971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334

**Tabla 14** Continuación Tabla de cálculo para determinar la potencia del condensador.

Factor de Potencia.		Potencia del condensador en KVAR a ser instalado por kW de carga para aumentar el Factor de Potencia a:											
		0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1	
Cos $\phi$													
<b>0.61</b>	1.30	0.815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299	
<b>0.62</b>	1.27	0.781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1.014	1.062	1.123	1.265	
<b>0.63</b>	1.23	0.749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1.091	1.233	
<b>0.64</b>	1.20	0.716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1.058	1.200	
<b>0.65</b>	1.17	0.685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,787	0,918	0,966	1.007	1.169	
<b>0.66</b>	1.14	0.654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1.138	
<b>0.67</b>	1.11	0.624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1.108	
<b>0.68</b>	1.08	0.595	0,623	0,650	0,648	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1.079	
<b>0.69</b>	1.05	0.565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1.049	
<b>0.70</b>	1.02	0.536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1.020	
<b>0.71</b>	0.99	0.508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992	
<b>0.72</b>	0.96	0.479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,721	0,754	0,821	0,963	
<b>0.73</b>	0.94	0.452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936	
<b>0.74</b>	0.91	0.425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909	
<b>0.75</b>	0.88	0.398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882	
<b>0.76</b>	0.86	0.471	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855	
<b>0.77</b>	0.83	0.345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829	
<b>0.78</b>	0.80	0.319	0,,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803	
<b>0.79</b>	0.78	0.292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776	

**Tabla 14** Continuación Tabla de cálculo para determinar la potencia del condensador.

Factor de Potencia.		Potencia del condensador en KVAR a ser instalado por kW de carga para aumentar el Factor de Potencia a:										
Cos $\phi$		0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
<b>0.80</b>	0.75	0.266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
<b>0.81</b>	0.72	0.240	0,267	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
<b>0.82</b>	0.70	0.214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
<b>0.83</b>	0.67	0.188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
<b>0.84</b>	0.65	0.162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
<b>0.85</b>	0.62	0.136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,414	0,478	0,602
<b>0.86</b>	0.59	0.109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,302	0,343	0,390	0,450	0,593
<b>0.87</b>	0.57	0.083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
<b>0.88</b>	0.54	0.054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
<b>0.89</b>	0.51	0.054	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
<b>0.90</b>	0.48	0.028	0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484
<b>0.91</b>	0.46	0.266	0,007	0,030	0,061	0,093	0,127	0,164	0,206	0,253	0,313	0,456
<b>0.92</b>	0.43	0.240	-0,019	0,007	0,031	0,063	0,097	0,134	0,176	0,223	0,283	0,426
<b>0.93</b>	0.40	0.214	-0,045	-0,020	0,008	0,032	0,066	0,103	0,145	0,192	0,252	0,395
<b>0.94</b>	0.36	0.188	-0,071	-0,046	-0,019	0,011	0,034	0,071	0,113	0,160	0,220	0,363
<b>0.95</b>	0.33	0.162	-0,097	-0,072	-0,046	-0,016	0,045	0,037	0,079	0,126	0,186	0,329

Fuente: Legrand Perú.

Elaborado por: Legrand Perú.

## **Recomendaciones a tomar en cuenta para los cálculos para el banco de condensadores.**

### **Evitar sobre voltajes en carga ligera.**

En carga ligera la corriente de los condensadores puede ser excesiva y originar efectos indeseables tales como: sobre voltajes, el sistema puede volverse capacitivo, necesiéndose las desconexiones de los condensadores.

### **Evitar sobrecarga en los circuitos.**

Cuando un circuito está muy cargado operando a bajo factor de potencia, consumo de corriente reactiva es grande, por lo que si se conectan condensadores en condiciones de plena carga se puede mejorar el factor de potencia.

### **Transformador de 100 KVA**

$$S_{n_t} = 100 \text{ KVA} \quad (\text{Ec. 14})$$

$S_{n_t}$  = Potencia del transformador.

$$Z_t = 3,5\%$$

$Z_t$  = Impedancia del transformador.

$$U \text{ máximo permitido} = 105\% U_n$$

$U$  = Incremento máximo.

$$CL = 101,5\% U_n$$

$$CP = 93 U_n$$

Donde:

**CL:** Carga Ligera

**CP:** Carga Plena

EL incremento del porcentaje de  $U_c$  no debe ser mayor del 3%.

$U_c$  = Incremento de voltaje

Como la capacidad total del banco de condensadores es de 392 KVAR y se requiere obtener un Factor de Potencia de 0.95 dividido el valor de la tabla (**ver tabla N° 15**),  $392/85.714 = 4.60$  aproximado a 5, este valor me indica que necesito 5 condensadores tipo botella.

Para determinar el % de incremento de voltaje con todo el banco conectado se emplea la fórmula siguiente:

$$\%U_c = \frac{Q_c t \%Z_t}{S_n t} \quad (\text{Ec. 15})$$

**Donde:**

**Q<sub>c t</sub>** : Capacidad total del banco de condensadores (KVAR)

**%Z<sub>t</sub>**: Impedancia del transformador en %

**S<sub>t</sub>**: Potencia del transformador en kVA

**%U<sub>c</sub>**: Incremento del voltaje

$$\%U_c = \frac{0.300 * 3,5}{100} = 1.05\%$$

Como se aprecia este incremento de voltaje es menor que el máximo permitido.

Luego de determinar cuál es la capacidad del banco de condensadores que puede permanecer conectada permanentemente, a través de la siguiente expresión:

$$Q_{cperm} = \frac{S_t (\%U \text{ máx per} - \% U_{cl})}{X_t} \quad (\text{Ec. 16})$$

**Q<sub>cperm</sub>** = Capacidad permanente.

$$Q_{cperm} = \frac{100(105\% - 101,5)}{3,5}$$

$$Q_{cperm} = 100 \text{ KVAR}$$

EL incremento de voltaje en barra con condiciones de carga ligera y carga plena con todo el banco de condensadores conectados es:

$$CL = 101,5\% + 1.05\% = 102.55\%$$

$$CP = 93\% + 1.05\% = 94.05\%$$

Determinación de la capacidad total del banco para que el incremento de voltaje no exceda del valor fijado (3%).

$$Q_c = \frac{\%U \text{ Snt}}{Xt\%} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$= \frac{3\% * 100}{3.5\%}$$

$$= 85.714 \text{ KVAR}$$

**Transformador de 75 KVA**

$$S_{n_t} = 75 \text{ kVA}$$

$S_{n_t}$  = Potencia del transformador.

$$Z_t = 3,5\%$$

$Z_t$  = Impedancia del transformador.

$$U \text{ máximo permitido} = 105\% U_n$$

$U$  = Incremento máximo.

$$CL = 101,5\% U_n$$

$$CP = 93 U_n$$

Donde:

**CL:** Carga Ligera

**CP:** Carga Plena

EL incremento del % de  $U_c$  no debe ser mayor del 3%.

$U_c$  = Incremento de voltaje

Como la capacidad total del banco de condensadores es de 392 KVAR y se requiere obtener un Factor de Potencia de 0.95 dividido el valor de la tabla (**ver tabla N° 15**),  $392/64.3 = 6.09$  aproximado a 6, este valor me indica que necesito 6 condensadores tipo botella.



Para determinar el porcentaje de incremento de voltaje con todo el banco conectado se emplea la fórmula siguiente:

$$\%U_c = \frac{Q_c t \%Z_t}{S_{nt}}$$

**Donde:**

**$Q_c t$**  : Capacidad total del banco de condensadores (KVAR)

**$\%Z_t$** : Impedancia del transformador en %

**$S_t$** : Potencia del transformador en KVA

**$\%U_c$** : Incremento del voltaje

$$\%U_c = \frac{64.2 * 3,5}{75} = \mathbf{2.99}$$

El incremento de aporte a la red interna es del 2.99% del valor del voltaje.

$$Q_{cperm} = \frac{S_t (\%U \text{ máx per} - \% U_{cl})}{X_t}$$

**$Q_{cperm}$**  = Capacidad permanente.

$$Q_{cperm} = \frac{75(105\% - 101,5)}{3,5}$$

$$\mathbf{Q_{cperm} = 75 KVAR}$$

EL incremento de voltaje en barra con condiciones de carga ligera y carga plena con todo el banco de condensadores conectados es:

$$CL = 101,5\% + 2.99\% = 104.49\%$$

$$CP = 93\% + 2.99\% = 95.99\%$$

Determinación de la capacidad total del banco para que el incremento de voltaje no exceda del valor fijado (3%).

$$\begin{aligned}
 Q_c &= \frac{\%U S_{nt}}{X_t\%} \\
 &= \frac{3\% * 75}{3.5\%} \\
 &= \mathbf{64.3 \text{ KVAR}}
 \end{aligned}$$

La **Tabla N° 15** se utiliza para determinar la potencia del condensador en KVAR, a ser instalado por KW de carga para aumentar el Factor de Potencia al valor requerido.

En el lado izquierdo de la tabla con color naranja nos indica el valor del Factor de Potencia que se tiene, para el caso de la Fábrica de Tubos **0.82**, en la parte superior horizontal de color rojo muestra el Factor de Potencia al que queremos llegar que es de **0.95**, partiendo desde **0.82** horizontal color amarillo hasta **0.95** color amarillo vertical encontramos el valor de **0.369 KVAR** (valor enmarcado) del condensador que se va a utilizar. Cómo el valor del condensador es 0.369 multiplicamos por 1000 para que ese resultado nos de 369 KVAR aproximándolo a 392 o 402 KVAR ya que en el mercado existen tablas de valores comerciales de capacitores comunes (**ver tabla N° 18**), estos valores de encuentran en color naranja y verde con sus respectivas características.

La siguiente tabla comparativa da valores para los transformadores de 75 y 100 KVA correspondientemente, se utilizó la siguiente nomenclatura de los valores que se necesita para el cálculo del banco de condensadores.

- **S<sub>n<sub>t</sub></sub>** = Potencia del transformador.
- **Z<sub>t</sub>** = Impedancia del transformador en %.
- **CL**: Carga Ligera.
- **CP**: Carga Plena.
- **%U<sub>c</sub>** = Incremento de voltaje

**Tabla 15** Valores banco de condensadores 100 KVA 75 KVA.

<b>VALORES PARA EL BANCO DE CONDENSADORES, TRASFORMADORES DE 75 KVA Y 100 KVA.</b>						
<b>N°</b>	<b>Snt KVA</b>	<b>Zt</b>	<b>%Uc</b>	<b>CL</b>	<b>CP</b>	<b>Qc KVAR</b>
1	75	3,5	2,99%	104,49%	95,99%	<b>64,3</b>
2	100	3,5	1,05%	102,55%	94,05%	<b>85,714</b>

**Fuente:** Legrand Perú.  
**Elaborado por:** Legrand Perú

Para el caso del transformador de 75 Y 100 KVA la capacidad del banco de condensadores es de 392 KVAR y se requiere incrementar su Factor de Potencia de 0.95(ver tabla17):

**Tabla 16** Condensadores tipo botella.

<b>TRANSFORMADOR KVA</b>	<b>VALOR TABLA (KVAR)</b>	<b>CAP. PERMANENTE Qc</b>	<b>X/Y</b>
75	392	64,3	6,096423017
100	392	85,714	4,573348578
<b>TIPO:</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>(N° CONDENSADORES TIPO BOTELLA)</b>

**Fuente:** Legrand Perú.  
**Elaborado por:** Legrand Perú

**Tabla 17** Valores de capacitores comerciales.

<b>Valores comerciales de capacitores comunes</b>				
<b>N°</b>	<b>Codigo K</b>	<b>pF</b>	<b>nF</b>	<b>uF</b>
1	122	1,2	0,0012	0,0000012
2	152	1,5	0,0015	0,0000015
3	182	1,8	0,0018	0,0000018
4	202	2	0,002	0,000002
5	222	2,2	0,0022	0,0000022
6	252	2,5	0,0025	0,0000025
8	272	2,7	0,0027	0,0000027
9	302	3	0,003	0,000003
10	332	3,3	0,0033	0,0000033
11	392	3,9	0,0039	0,0000039
12	402	4	0,004	0,000004

**Fuente:** capacitores.net  
**Elaborado por:** capacitores.net.

## Simulación banco de condensadores para transformador de 75 KVA y 100 KVA.

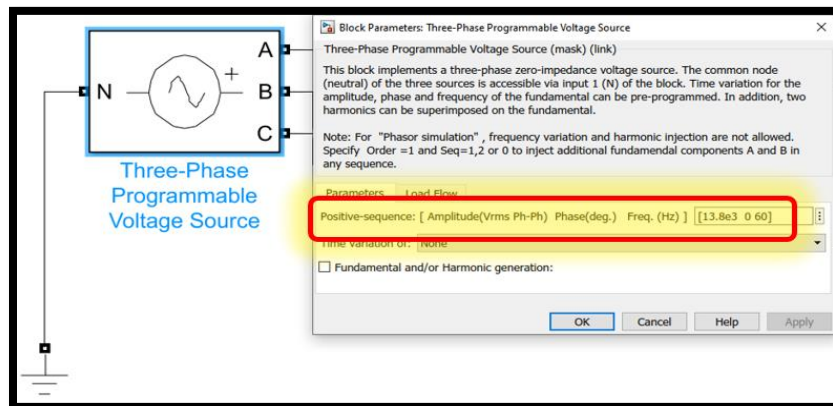
Se realizó la simulación en el “**simulink**” que es el entorno de programación visual, que funciona sobre un entorno de programación Matlab R2020b, el **simulink** no es más que un toolbox donde se ve el comportamiento de los sistemas dinámicos, dentro del contexto se puede simular sistemas lineales y no lineales, modelos en tiempo continuo y tiempo discreto y también actúa sobre sistemas híbridos de todos los anteriores.

### Descripción:

Para el diseño del banco de condensadores se utilizó los siguientes componentes:

**Fuente de tensión programable trifásico:** (Three-Phase Programmable Voltage Source).

**Parámetros: Positive-sequence:** (Amplitude (Vrms Ph-Ph) Phase(deg.) Freq (Hz), lo cual me indica que tengo que ingresar el valor efectivo de la corriente alterna ( $13.8e3$ ), fase (0), frecuencia (60), ver recuadro de color rojo. (ver figura N° 37).



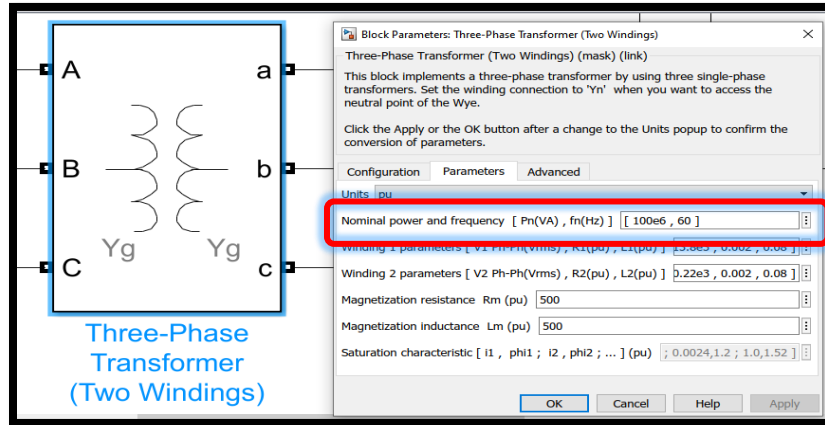
**Figura: 37** Fuente de tensión programable trifásico.

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

**Transformador trifásico (dos devanados):** (Three-Phase Transformer (two windings)).

**Parámetros: Nominal power and frequency (Pn(VA), fn(Hz))** ( $100e6$ , 60), en parámetros Pn(VA), es donde se puede ingresar el valor del transformador ya sea este de 100 KVA ( $100e6$ ) o para el transformador de 75 KVA ( $75e3$ ), con un mismo valor de frecuencia que es de 60Hz para los dos transformadores, ver recuadro de color rojo en (figura N° 38).



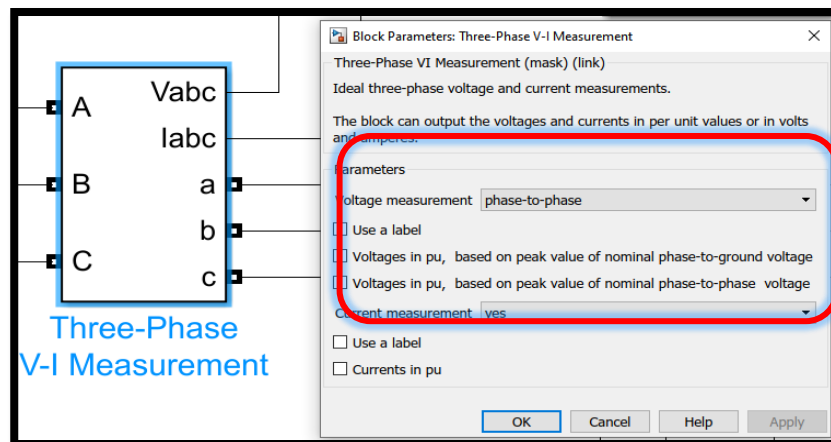
**Figura: 38** Transformador trifásico (dos devanados).

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

**Medidor trifásico V-I: Three-phase V-I Measurement**, en parámetros Voltage measurement (phase-to-phase), únicamente hay que escoger a la opción de fase hacia fase, ver recuadro de color rojo en **figura N°30**.

**La opción de medidas de corriente** (Current measurement), únicamente es para elegir **si o no**. (yes, no).



**Figura: 39** Medidor trifásico V-I.

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

## La realización los cálculos en “simulink” se utilizó los siguientes bloques.

Los bloques que se utilizaron en los cálculos para determinar los valores de corrección del Factor der Potencia se encuentran enumerados (**ver figura N° 40**) y son los siguientes:



= **Osciloscopio (1)**: Se utiliza para ver valores de señales eléctrica para este caso en forma de coordenadas, en una pantalla, de las cuales en el eje de las **X** se representa tiempos, mientras que en el eje **Y** se representan las tensiones. (Test, 2017)



= **Medidor de potencia activa y reactiva (2)**: Calcula la potencia activa y reactiva instantáneas trifásicas asociadas a un conjunto periódico de tensiones y corrientes trifásicas.

La potencia reactiva instantánea es precisa solo para tensiones y corrientes trifásicas equilibradas y libres de armónicos.

La corriente fluye por un circuito RLC (esto es un circuito lineal que contiene una resistencia eléctrica, una bobina y un capacitor) además, producirá potencia activa y reactiva positiva. (Libre, 2012)



= **Display (3)**: En esa pantalla se muestran los distintos valores ya sea de cálculos o valores extraídos del circuito.



= **Media (4)**: Calcula el valor medio de la señal de entrada en una ventana de ejecución de un ciclo de frecuencia (Hz) fundamental especificada. Para el primer ciclo de simulación, la salida se mantiene constante al valor de entrada inicial especificado.



= **Producto (5)**: Multiplica o divide las entradas (para este caso multiplica), escoge el producto matricial y lo especifica, por ejemplo:

- \* o / para cada puerteo de entrada.
- $u1*u2/u3*u4$ .

Un valor escalar especifica el número de los puertos de entrada que se multiplicarán.

Solo existe un puerto de entrada de entrada y el parámetro de multiplicación se establece en elemento-sabio (.\*), un solo \* o / colapsa la señal de entrada usando la operación especificada, sin embargo si el parámetro “MULTIPLICACIÓN”, se establece en matriz (\*), un solo \* hace que el bloque genere la matriz sin cambios, y un solo “ / ” hace que el bloque genere una matriz inversa.



= **Sumar (6)**: Suma o resta entradas (para este caso suma), especifica uno se los siguientes:

- a) Vector de caracteres que contiene + o - para cada puerto de entrada “|” para espaciador entre puertos, por ejemplo, ++ | - | ++.
- b) Vector escalar, > = 1, especifica el número de puertos de entrada a sumar, cuando solo hay un puerto de entrada, agregue o reste elementos en todas las dimensiones o una dimensión especificada.




= **Raíz cuadrada (7)**: funciones de raíz cuadrada, incluidas las funciones de raíz cuadrada, adicional la raíz cuadrada con signo y raíz cuadrada recíproca.

### Procedimiento de la operación del Teorema de Pitágoras aplicado matemáticamente.


El procedimiento y la secuencia de los bloques para el cálculo de la potencia aparente y siguiendo la secuencia con la fórmula del Teorema de Pitágoras ( $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ ) es:


Estos valores son de la conexión de los motores trifásicos y monofásicos, ingresan automáticamente los valores, los cuales se pueden observar en el **display (número 3 y 4)**



se integran al **medidor de potencia activa y reactiva**  (número 2), estos valores son para **P** y **Q**, respectivamente, tanto el valor de **P** y **Q** se dirigen a la **media (número 3 y**

**4)**  estos valores son elevados al cuadrado, en **producto (número 7 y 8)**  de los

cuales el valor elevado al cuadrado se visualiza en el **display (número 9 y 10)**  los

valores elevados al cuadrado que salen del **producto** van a **sumar (número 11)** 

quedando ya la **suma** al cuadrado correspondientemente a **P** y **Q** ( $P^2 + Q^2$ ), este valor se visualiza en el **display** (número 12)  seguido, los valores de **P** y **Q** ingresan a **raíz cuadrada** (número 13)  el resultado se visualizará en el **display** (número 14)  seguido la respuesta va a **producto** (número 15) conjuntamente con el valor visualizado en el **display** (número 9)  estos valores retornan a  (**letra C**) que es la conexión de los motores trifásicos y monofásicos, (**ver en la figura N° 40**) el procedimiento según la numeración de color rojo.



Diagrama de cálculo.

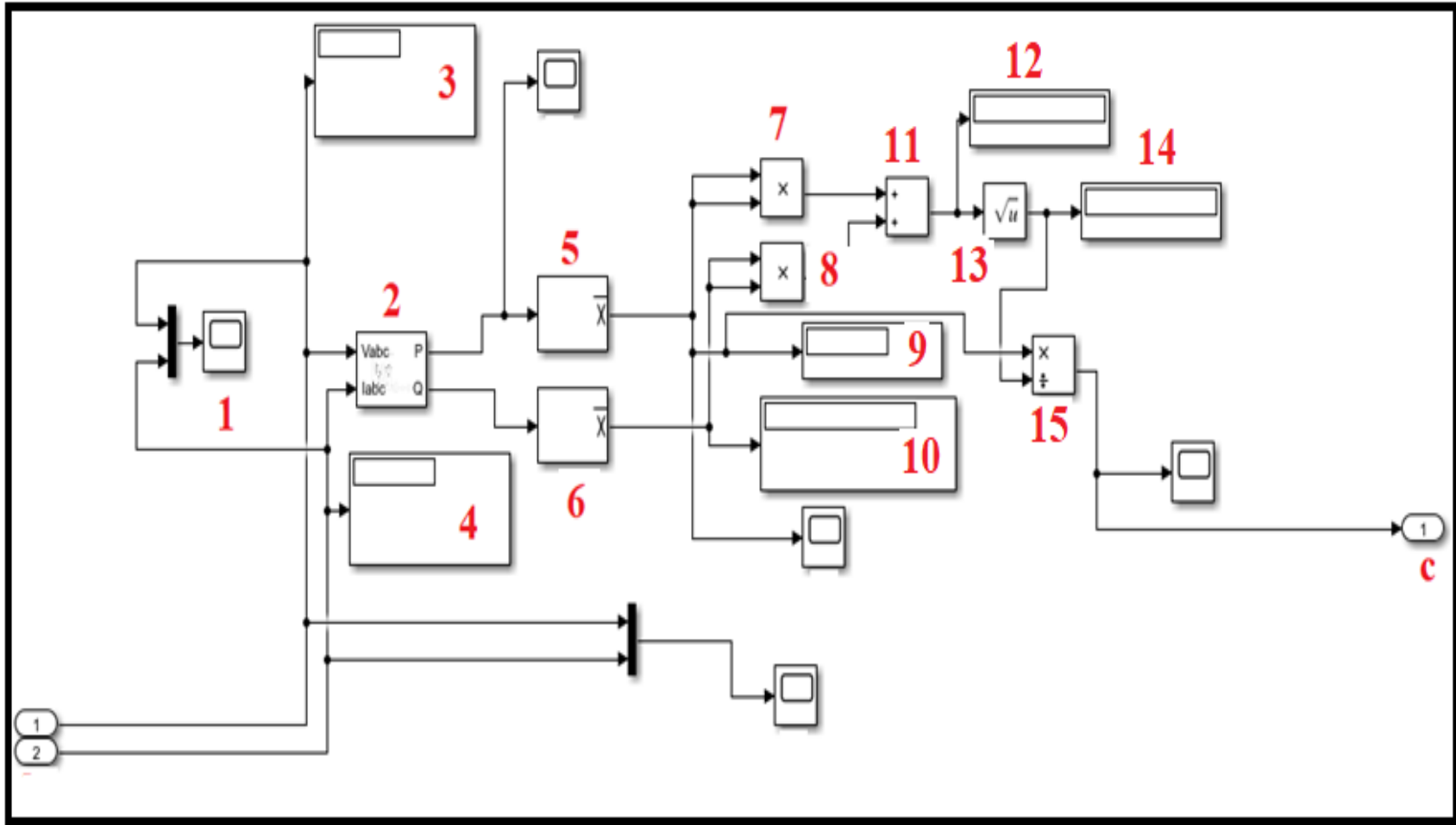


Figura: 40 Diagrama de cálculos.

Fuente: El Investigador.

Elaborado por: El Investigador.

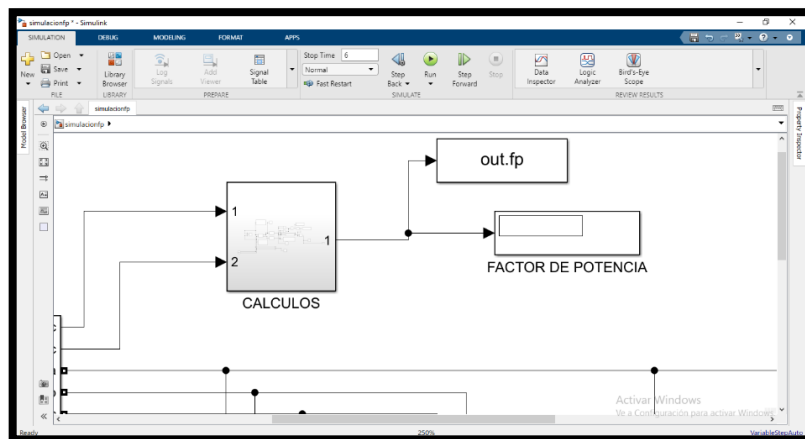
Para calcular la potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva del ángulo de fase, hay que tener en cuenta que la ecuación se la va a aplicar en un triángulo rectángulo en la **figura N° 13** se muestra el triángulo de potencias, además, hay que tener en cuenta que mediante el teorema de Pitágoras se podrá calcular las magnitudes de los lados del triángulo, saber las unidades en las que está expresada cada tipo de potencia:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

**Potencia aparente (S)** = se mide en Kilo Voltiamperios (KVA).

**Potencia activa (P)** = se mide en Kilo Vatios (KW).

**Potencia reactiva (Q)** = se mide en unidades Kilo Voltiamperios reactivos (KVAr).

Además, se utilizarán las ecuaciones N°12, 13, 14, 15, 16, 17, (ver página N° 21, 22) respectivamente.

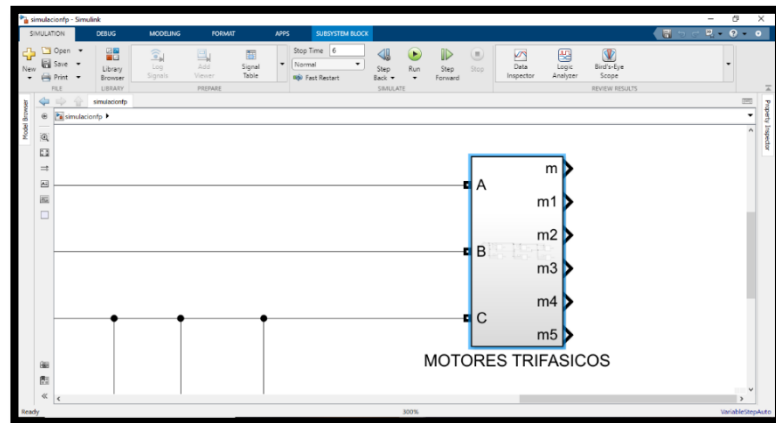


**Figura: 41 Cálculo Factor de Potencia.**

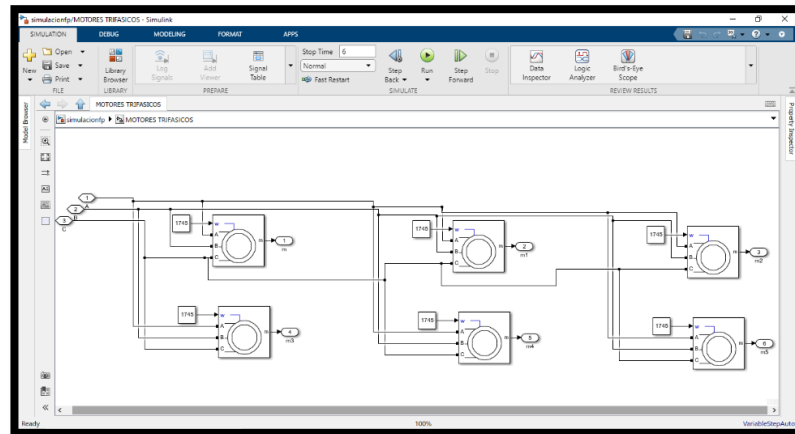
**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

Del conjunto “**MOTORES TRIFÁSICOS**” (ver **figura N° 42 y 43**). Se encuentran conectados los seis (6) motores **MIGP**.

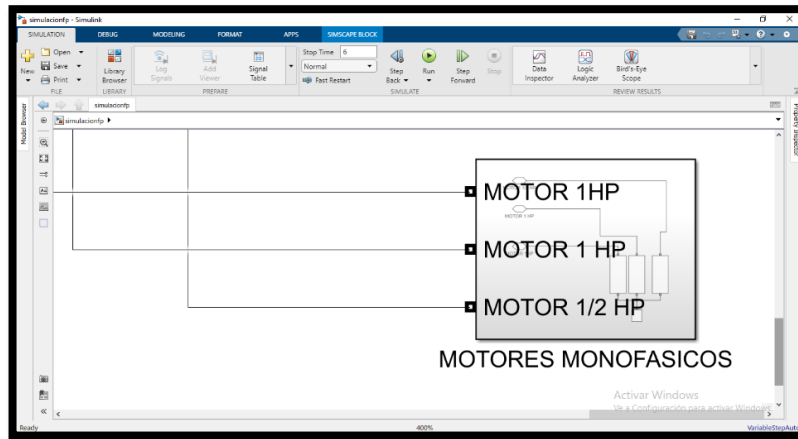


**Figura: 42** Motores trifásicos.  
**Fuente:** El Investigador.  
**Elaborado por:** El Investigador.

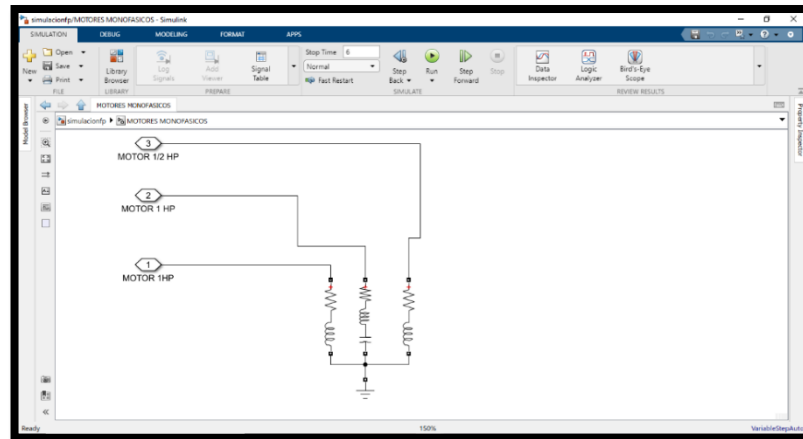


**Figura: 43** Conexión 6 motores trifásicos.  
**Fuente:** El Investigador.  
**Elaborado por:** El Investigador.

Para los motores de bajo caballaje que son 2 motores de 1/2Hp y un motor de 1Hp (ver figura N° 44 y 45), que representan el 8% del Factor de Potencia en cuanto a motores inductivos, además se adicionó una carga más la cual es por la luminaria.

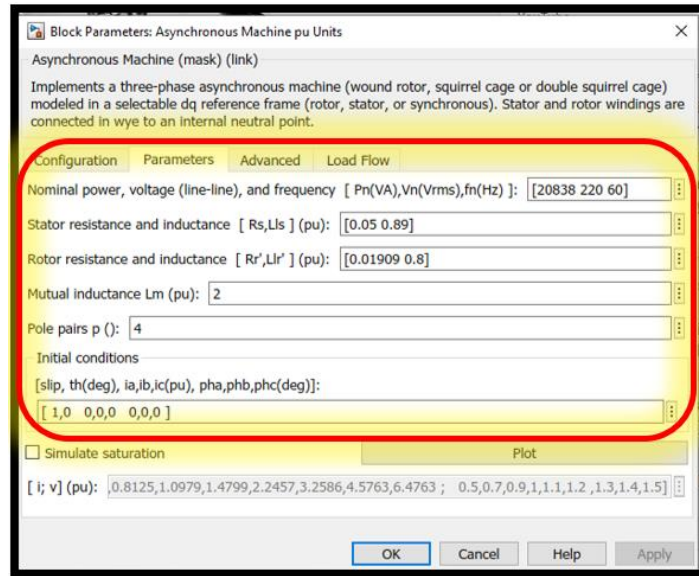


**Figura: 44** Motores monofásicos.  
**Fuente:** El Investigador.  
**Elaborado por:** El Investigador.



**Figura: 45** Conexión 3 motores monofásicos.  
**Fuente:** El Investigador.  
**Elaborado por:** El Investigador.

La **figura N° 46**, muestra el bloque de parámetros generales donde se ingresa los valores como el poder nominal ( $P_n(VA)$ ), voltajes (línea-línea), la frecuencia (Hz), resistencia inductiva del estator, resistencia inductiva del rotor, además del número de polos.

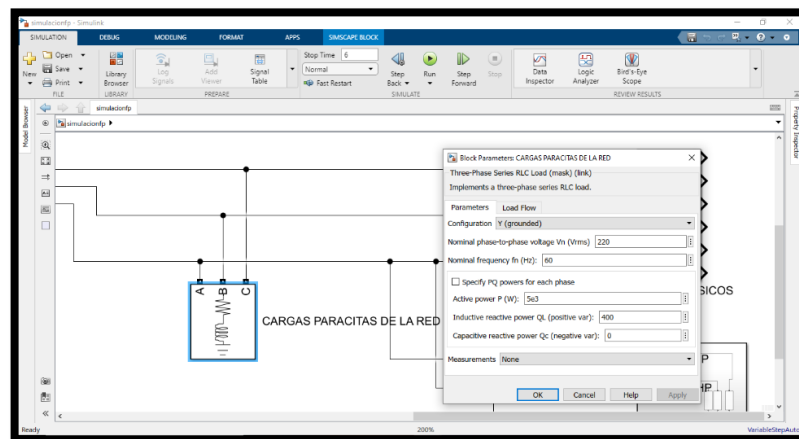


**Figura: 46** Bloque de parámetros generales.

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

En el interior de la Fábrica de Tubos tienen como parte de la iluminación a las lámparas fluorescentes, las mismas producen un Factor d Potencia muy bajo, tomando en cuenta que las reactancias consumen potencia reactiva para la simulación se incluyó una pequeña carga conocida como corrientes parásitas (ver figura N° 47). (LH, 2017)

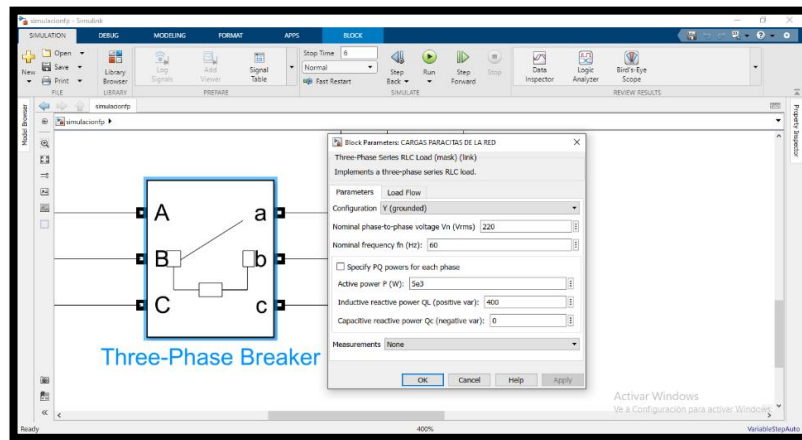


**Figura: 47** Cargas parásitas de la red.

**Fuente:** El Investigador.

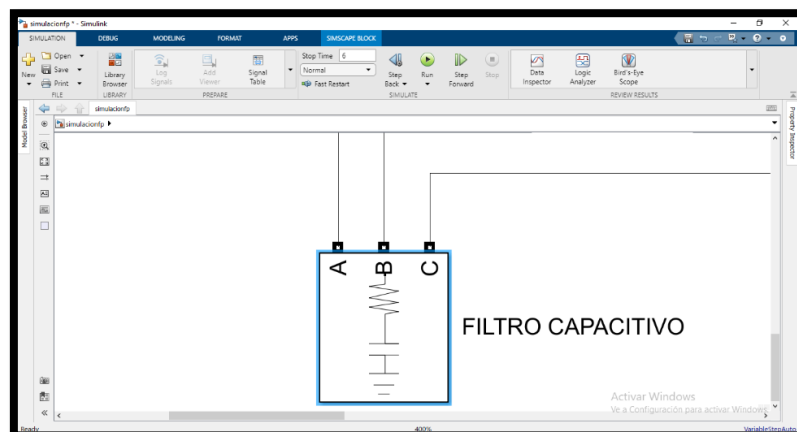
**Elaborado por:** El Investigador.

Para la protección del banco de condensadores se incrementó una protección/interruptor (breaker- trifásico) (ver figura N° 48)

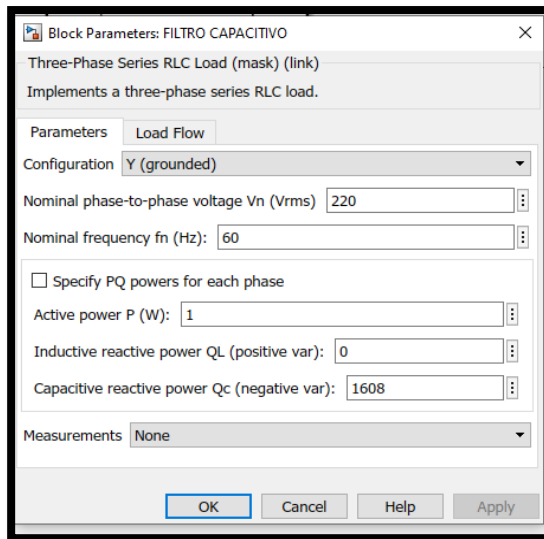


**Figura: 48** Breaker trifásico.  
**Fuente:** El Investigador.  
**Elaborado por:** El Investigador.

Para el banco de condensadores (filtro capacitivo) (ver figura N°49, 50) es en donde se va a realizar el aporte para el incremento del Factor de Potencia, para el bloque de parámetros, es necesario y muy fundamental revisar el voltaje (220V), la frecuencia nominal (60Hz), potencia reactiva capacitiva (1608 Var), este último valor a ingresar va a ser tomado de los cálculos realizados anteriormente, este valor es el valor del banco de condensadores que corregirá y elevará el Factor der Potencia a 0.95.



**Figura: 49** Filtro Capacitivo.  
**Fuente:** El Investigador.  
**Elaborado por:** El Investigador.



**Figura: 50** Bloque de parámetros filtro capacitivo.

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

**Tabla 18** Especificación de motores.

<b>MOTOR TRIFÁSICO</b>									
<b>MARCA</b>	<b>CANT.</b>	<b>MODELO</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>Hz</b>	<b>Hp</b>	<b>r/min</b>	<b>IP</b>	<b>A</b>	<b>COS <math>\phi</math></b>
ABB	6	M2QA160L4A B3	220 $\Delta\Delta$	60	25	1745	55	60,8	0,895
			220 $\Delta\Delta$	60	25	1745	55	60,8	0,895
			220 $\Delta\Delta$	60	25	1745	55	60,8	0,895
			220 $\Delta\Delta$	60	25	1745	55	60,8	0,895
			220 $\Delta\Delta$	60	25	1745	55	60,8	0,895
<b>MOTOR MONO-FASICO QB-60</b>									
<b>MARCA</b>	<b>CANT.</b>	<b>MODELO</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>Hz</b>	<b>Hp</b>	<b>r/min</b>	<b>IP</b>	<b>A</b>	<b>COS <math>\phi</math></b>
MARIOLO	1	QB-60	110	60	0,5	3400	44	4,6	0
<b>MOTOR MONO-FASICO APm37</b>									
<b>MARCA</b>	<b>CANT.</b>	<b>MODELO</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>Hz</b>	<b>Hp</b>	<b>r/min</b>	<b>IP</b>	<b>A</b>	<b>COS <math>\phi</math></b>
LEO	1	APm37	110-120	60	1	1745	X4	60,8	0
<b>MOTOR MONO-FASICO LR38324</b>									
<b>MARCA</b>	<b>CANT.</b>	<b>ITEM</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>Hz</b>	<b>Hp</b>	<b>r/min</b>	<b>IP</b>	<b>A</b>	<b>COS <math>\phi</math></b>
WEG	1	10084381	110-120	60	1	1740	0	6,75	0

**Fuente:** Fábrica de Tubos  
**Elaborado por:** El investigador.

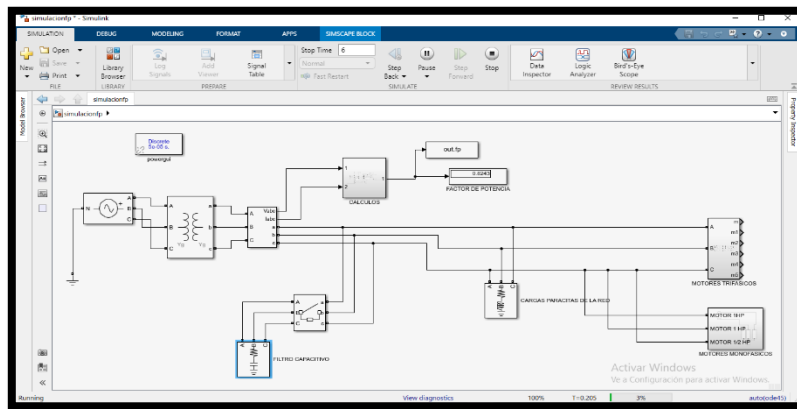


### Lenguaje de programación.

Simulink es una aplicación que permite construir y simular modelos de bloques, el comportamiento de dichos sistemas se define mediante funciones de transferencia, operaciones matemáticas, elementos de Matlab y señales predefinidas de todo tipo. (Simulink., 2010)

### Gráficas de simulación e incremento del Factor de Potencia.

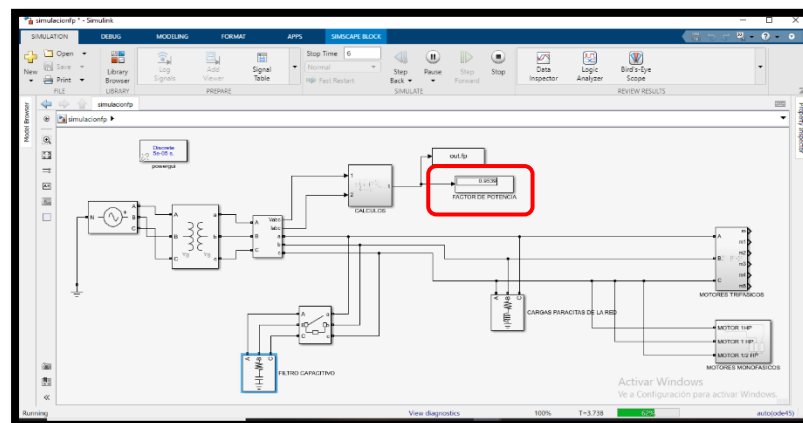
Compilación del programa nos indica que se tiene un Factor de Potencia cuyo valor es de 0.8243, (ver recuadro color rojo en figura N° 51), En la figura N°52, 53, 54 muestra en el recuadro de color rojo el incremento del valor del Factor de Potencia a los tres segundos de la simulación el valor de: 0.9539.



**Figura: 51** Diseño general de bloques.

**Fuente:** El Investigador.

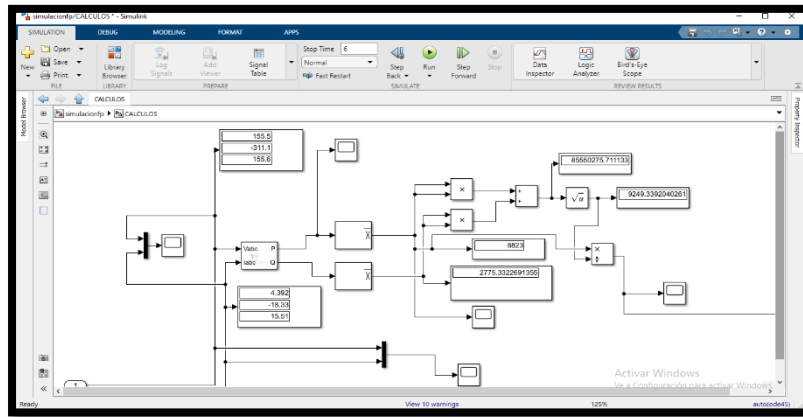
**Elaborado por:** El Investigador.



**Figura: 52** Incremento del valor de Factor de Potencia a los 3 segundos.

**Fuente:** El Investigador.

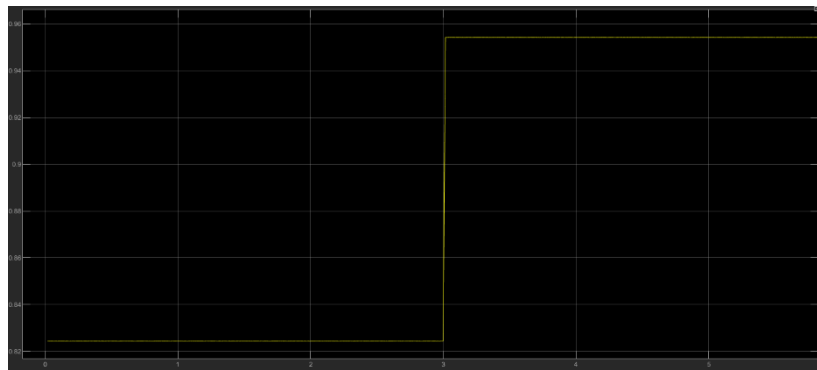
**Elaborado por:** El Investigador.



**Figura: 53** Valores en el bloque de cálculos.

**Fuente:** El Investigador.

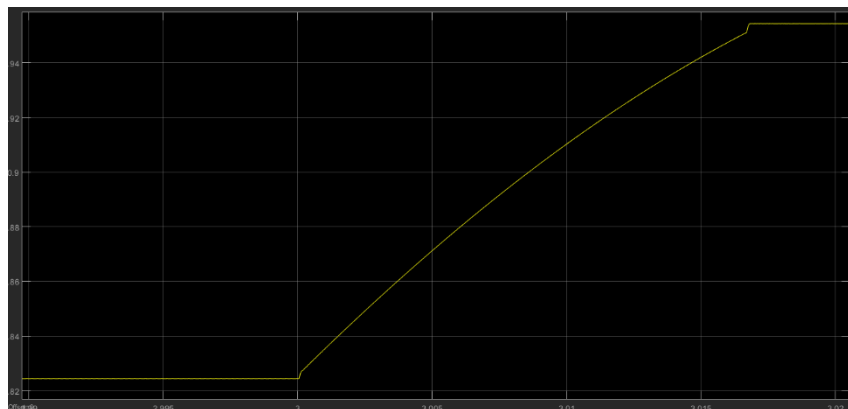
**Elaborado por:** El Investigador.



**Figura: 54** Gráfica del incremento del Factor de Potencia de 0.85 a 0.95.

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.



**Figura: 55** Grafica (zoom) incremento Factor de Potencia.

**Fuente:** El Investigador.

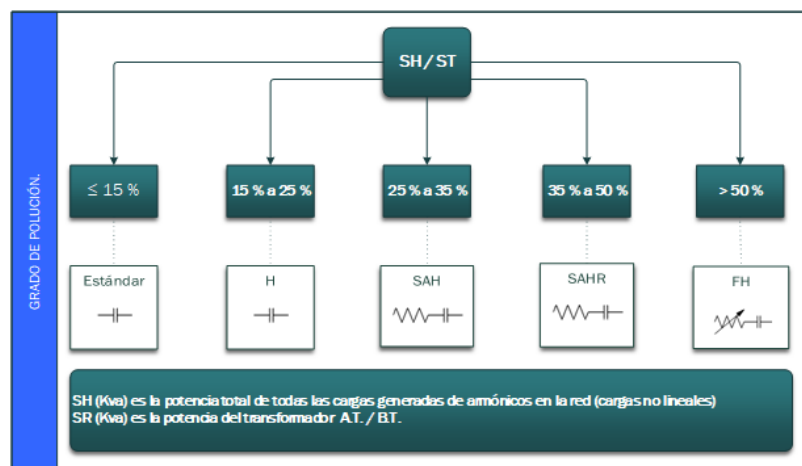
**Elaborado por:** El Investigador.

### Tipos de compensación.

Para la compensación de la energía reactiva de una instalación, el equipo de compensación debe definirse de acuerdo con las características intrínsecas que proporciona de la red de suministro eléctrico correspondiente tensión, frecuencia, etc. Sin embargo, la presencia creciente de armónicos en la red implica la utilización de equipos diseñados específicamente para este tipo de suministro. (Perú, 2018)

Todo esto depende del grado de interferencia o de armónicos, se dispone de cinco tipos de baterías de condensadores:

- Tipo estándar.
- Tipo H (reforzado).
- Tipo SAH- inductancia anti-armónicos.
- Tipo SAH- inductancia anti-armónicos reforzada.
- Tipo FH- filtros sintonizados. (Perú, 2018).



**Figura: 56 Grupo de polución.**

**Fuente:** Legrand.com.pe2018

**Elaborado por:** El investigador.

### Armónicos.

La modernización de los procesos industriales y la evolución de las máquinas y equipos eléctricos ha tenido como resultado un desarrollo muy importante y significativo en la electrónica de potencia. (Perú, 2018)

Los equipos basados en sistemas semiconductores como transistores, tiristores, forman parte de:

- Rectificadores.
- Inversores.
- Variadores de velocidad.
- Control de grupos de ondas o de establecimiento de fase.

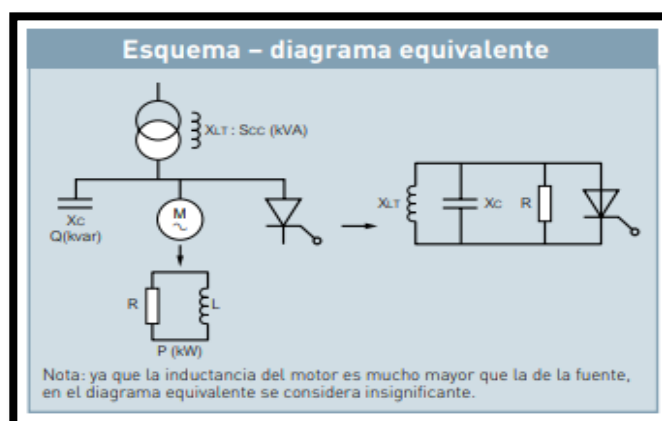
En una red eléctrica, estos sistemas representan cargas NO LINEALES, para una carga NO LINEAL, el consumo de corriente no es un reflejo de la tensión de alimentación, aunque la fuente de tensión en la carga es sinusoidal, el consumo de corriente no es, o de otra forma, la corriente absorbida de la red no tiene la misma forma que la tensión que la alimenta. (Perú, 2018)

Además, en las instalaciones eléctricas nos encontramos otras cargas no lineales tales como:

- Cargas de impedancia variable que son las que utilizan un arco eléctrico como máquinas de soldadura, tubos fluorescentes, lámparas de descarga etc.
- Las cargas que usan fuertes corrientes magnetizantes como: transformadores saturados, inductores etc.

Estas corrientes armónicas circulan en la fuente y las impedancias de las misma producen tensiones armónicas, las corrientes de los armónicos inducen en la mayoría de las tensiones armónicas, lo que provoca la distorsión armónica total de la tensión del suministro. (Perú, 2018)

La influencia de los armónicos en los condensadores.



**Figura: 57** Esquema diagrama equivalente.

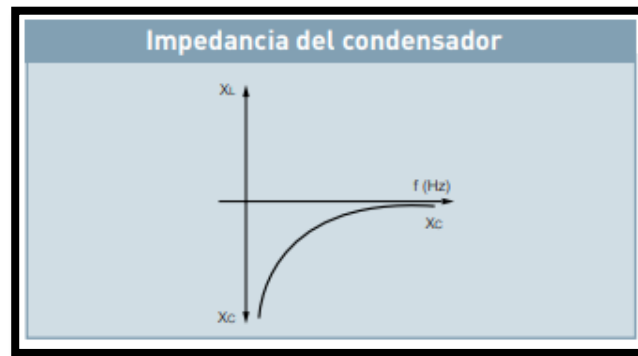
**Fuente:** Legrand.com.ep.2018

**Elaborado por:** Legrand.com.ep.2018.

**Scc (Kva):** Potencia de corto circuito de la fuente.

**Q (kVar):** Potencia de la batería de condensadores.

**P (Kw):** Potencia de la carga.



**Figura: 58** Esquema Impedancia condensador.

**Fuente:** Legrand.com.pe2018

**Elaborado por:** El investigador.

La impedancia del condensador es inversamente proporcional a la frecuencia y su capacidad para bloquear corrientes armónicas disminuye considerablemente al aumentar la frecuencia. (Perú, 2018)

Las corrientes armónicas en frecuencias altas se desvían hacia el condensador, actuando el mismo como un “amplificador” de armónicos.

#### **Corrientes armónicas principales.**

Las principales corrientes armónicas presentes en una instalación serían:

- Armónico 5 (250 Hz) - I5 - 20% I1
- Armónico 7 (350 Hz) - I7 - 14% I1
- Armónico 11 (550 Hz) - I11 - 9% I1
- Armónico 13 (650 Hz) - I13 - 8% I1

#### **Inductancias anti-armónicas.**

La única solución efectiva para redes con un alto nivel de polución armónica es la instalación de una inductancia anti-armónicos conectada en serie con el condensador. (Perú, 2018)

Esta inductancia tiene dos objetivos:

- Aumentar la impedancia del condensador frente a las corrientes armónicas.
- Reducir la polución armónica de la instalación eléctrica.

### **Protección y conexión de los condensadores.**

#### **Protección.**

Además de los dispositivos de protección internos del propio condensador (Perú, 2018):

- Capa de polipropileno metalizado autor regenerativa.
- Fusibles internos.
- Dispositivo de desconexión ante sobrepresión.

Es importante tener un dispositivo de protección externo en el condensador. Esta protección se puede obtener ya sea:

Por un interruptor:

- Relé térmico, regulado entre 1,3 y 1,5 In.
- Relé magnético, regulado entre 5 y 10 In.
- Por fusibles APR tipo GI, entre 1,4 y 2 In.

#### **Conexión- sección del conductor.**

La normativa establece que los condensadores pueden resistir una sobrecarga permanente del 30%, esta normativa también permite una tolerancia máxima del +10% en la capacidad nominal. (Perú, 2018)

Por lo tanto, el conductor debería calcularse como mínimo:

Intensidad cable= 1.3\* 1.1 (In nominal del condensador).

$$\mathbf{I \text{ cable} = 1.4 \text{ In condensador}}$$

#### **Resultados esperados.**

Se desarrollaron los cálculos respectivos con el fin de identificar el correcto banco de condensadores a ser utilizado, de acuerdo a las sugeridos en el informe de calidad

de energía (**ver Anexo 1**), con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados, una vez identificado el problema que acarrea el tener un bajo Factor de Potencia, se corregirá y se optimizará e incrementará la capacidad de transferencia de potencia en los sistemas de transmisión internos de la Fábrica, mantendrán un flujo en las trayectorias de la red par que se establezcan los niveles de carga seguros (sin sobrecarga), y dentro de los límites establecidos por parte de la Empresa Eléctrica.

Por otra parte, estos permitirán una mayor capacidad de transferencia de potencia entre las distintas áreas controladas, con lo que el margen de reserva en generación puede reducirse muy considerablemente, además, previenen la salida de servicio en cascada, limitándolo en el efecto de fallas en el sistema y equipos, aumentarán la capacidad de las líneas en un 20 a 40%, evitando el daño en equipos eléctricos. Para su simulación una vez que se ha hecho las mediciones de voltajes y amperajes respectivamente con equipos de medición como una pinza amperimétrica y un multímetro, además, de las mediciones de amperajes en las líneas del transformador de 75Kva, aguas abajo nos dan valores que no corresponden y nos indican las caídas de tensión, y otros factores más. La Fábrica de Tubos tiene como equipos inductivos a motores de gran caballaje de los cuales son seis motores trifásicos de 25 HP, dos motores de 2 Hp, y un motor de 1/2Hp, ya que son causa de tener un menor rendimiento en el suministro eléctrico y una baja eficiencia energética. Todo este equipo inductivo se utilizó para hacer la simulación del sistema eléctrico del cual se derivan sus respectivas conexiones a cada uno de los 9 motores, su banco de condensadores conectado en paralelo, nos da como resultado final un incremento mejorado en su Factor de Potencia **ver Anexo N° 13, 14, 15, 16, 17.**

Los resultados de la simulación nos indica que con un correcto banco de condensadores de 392 KVAR llegamos a un incremento en su Factor de Potencia a 0.95. El cual es un valor que se encuentra dentro de lo establecido por la Empresa Eléctrica Quito, además, en el **Anexo N° 20 y 21** podemos observar una curva de incremento de Factor de Potencia, a los 3 segundos se genera el pico de incremento, y luego se mantiene su valor dado. apto

### Cronograma de actividades

**Tabla 19** Cronograma de actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																															
FECHAS	COSTOS	SEMANA I			SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA IV				SEMANA V				SEMANA 6			SEMANA 7				SEMANA 8			
ACTIVIDADES		1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
Simulación con su respectivo banco de condensadores.	\$250	■	■	■	■	■	■	■																							
Revisión y costo de los materiales a utilizarse (transformador de 75KVA y 100KVA).	\$1.956					■	■	■	■	■																					
Personal idóneo para el armado del tablero del banco de condensadores.	\$80								■	■	■	■	■	■																	
Montaje del banco de condensadores.	\$30												■	■	■	■	■	■													
Conexión interna del banco de condensadores	\$80														■	■	■	■	■	■											
Conexión del banco de condensadores a la red.	\$120																				■	■	■	■	■						
Verificación del funcionamiento de condensadores a travez de un multímetro.	\$75																							■	■	■	■	■	■	■	■
<b>PRESUPUESTO ANUAL</b>	<b>\$2.591</b>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

**Fuente:** El investigador.  
**Elaborado por:** El investigador.



### **Análisis de costos.**

De la propuesta presentada y de los costos de equipos se analiza qué, el tiempo de recuperación de la inversión, es uno de los métodos para la evaluación del proyecto de inversión, y se define el año como el número de meses en que se recupera la inversión. Para la implementación del banco de condensadores en los distintos transformadores, de 75 KVa (transformador en la actualidad conectado), y para el transformador de 100KVa sugerido en él informa de calidad de energía son:

### **Costo banco de condensadores transformador de 75KVa.**

Para la construcción del banco de condensadores para el transformador de 75Kva que es el transformador que en la actualidad opera para la Fábrica de Tubos tiene el siguiente costo.

**Tabla 20** Costo de materiales de banco de condensadores para el transformador de 75Kva.

<b>COSTO DE MATERIALES BANCO DE CONDENSADORES DE 75KVa.</b>				
<b>DESCRIPCIÓN/MATERIALES.</b>	<b>CAN.</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>UNID</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
MANO DE OBRA	1	\$280	C/U	\$280
BREAKER 3F 16 AMP	1	\$17,00	C/U	\$17,00
CONTACTOR 1HP	1	\$8,96	C/U	\$8,96
CABLE #10	10	\$1,20	C/M	\$12,00
CAJA 30X30	1	\$3,31	C/U	\$3,31
CONDENSADOR POLB46100SK85*245mm (75Kva)	6	\$168,50	C/B	\$1011,00
<b>A</b>			<b>TOTAL:</b>	<b>\$1.332,27</b>

**Fuente:** El investigador.

**Elaborado por:** El investigador

### **Costo banco de condensadores transformadores de 100Kva.**

Para el transformador de 100Kva con su respectivo banco de condensadores el costo de montaje es de:

**Tabla 21** Costo de materiales de banco de condensadores para el transformador de 100Kva.

<b>COSTO DE MATERIALES BANCO DE CONDENSADORES DE 100KVa.</b>				
<b>DESCRIPCIÓN/MATERIALES.</b>	<b>CAN.</b>	<b>COSTO UNIT.</b>	<b>UNID</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
MANO DE OBRA	1	\$280	C/U	\$280
BREAKER 3F 16 AMP	1	\$17,00	C/U	\$17,00
CONTACTOR 1HP	1	\$8,96	C/U	\$8,96
CABLE #10	10	\$1,20	C/M	\$12,00
CAJA 30X30	1	\$3,31	C/U	\$3,31
CONDENSADOR POLB46300SK136*220mm (100Kva)	5	\$215,5	C/B	\$1077,50
<b>B</b>			<b>TOTAL:</b>	<b>\$1.720,04</b>

**Fuente:** El investigador.

**Elaborado por:** El investigador.

**Tabla 22** Valor de penalización mensual por bajo Factor de Potencia durante el año 2020 y 2021.

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>VALOR (\$) PENALIZACIÓN.</b>
2020	Agosto	\$79,80
2020	Septiembre	\$88,18
2020	Octubre	\$77,13
2020	Noviembre	\$114,85
2020	Diciembre	\$102,11
2021	Enero	\$77,99
<b>D</b>	<b>TOTAL:</b>	<b>\$540,06</b>
<b>VALOR PROMEDIO POR 6 MESES</b>		<b>\$90,01</b>

**Fuente:** El investigador.

**Elaborado por:** El investigador

El costo (A) es de: **\$1.332,27** dólares.

El costo (B) es de: **\$1.183,27** dólares.

Para la construcción y el montaje del banco de condensadores el costo es de: **\$1.332,27 (A)**, tal valor quedará cubierto en el lapso de un año y cinco meses (ver tabla N° 23 valor de color naranja).

El costo del banco de condensador es de: **\$1.720,04 (B)**, Lo que nos indica que, durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre 2020 y enero 2021, con un Factor de Potencia de **0.82** mensual y con un valor promedio mensual de **\$90.01** dólares mensuales (**ver tabla N° 23 valor color naranja**), durante el lapso de un año y ocho meses se pagaría el montaje completo del banco de condensadores.

La siguiente **tabla N° 25** se tiene los valores de las planillas mensuales que en sus valores está incluido su penalización por el bajo Factor de Potencia, para los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre 2020, enero 2021, son 6 meses de los cuales su pago total es de **\$5.958,82** dólares, duplicando el valor para un año se tiene como valor aproximado de **\$11.917,64** dólares. Para un año aproximadamente el valor promedio mensual de pago por penalización del mismo es de **\$1.080,00** dólares, ver valor en (**ver tabla N° 25) B**. En cuanto al valor de los **\$11.917,64** dólares, que es por pago de facturas durante un año incluidas las penalizaciones, este valor aproximadamente se mantendrá aun cuando se ha corregido el Factor de Potencia a 0.95, porque con el valor promedio de **\$90.01** por 12 meses ser mantendrá ya que con este valor se pagará mensualmente el montaje de la unidad de control automático y el banco de condensadores.

**Tabla 23** Valores de planilla de energía.

<b>N°</b>	<b>Mes</b>	<b>Valor Planilla</b>
1	Agosto	\$868,32
2	Septiembre	\$967,21
3	Octubre	\$1.027,46
4	Noviembre	\$1.122,74
5	Diciembre	\$1.109,98
6	Enero	\$863,11
<b>Total 6 meses en dólares.</b>		<b>\$5.958,82</b>
<b>(A) Total en 1 año aproximado en dólares.</b>		<b>\$11.917,64</b>
<b>(B) Valor promedio de 1 año de penalización FP</b>		<b>\$1.080</b>
<b>A-B=</b>		<b>\$10.837,64</b>

**Fuente:** El investigador.

**Elaborado por:** El investigador.

En la tabla N° 26 se encuentra un análisis del antes y después en la Fábrica de Tubos con los costos por el montaje del banco de condensadores respectivamente con su transformador de 75 y 100Kva

**Tabla 24** Cuadro de análisis antes-después.

<b>CUADRO DE ANÁLISIS.</b>					
<b>ANTES</b>	<b>DESDE:</b>	<b>NOTA.</b>	<b>DESPUES</b>	<b>HASTA</b>	<b>VALOR COSTO</b>
Banco de condensadores Transformador de 75 Kva.	<b>0,82</b>	Montaje completo.	Incremento del Factor de Potencia.	<b>0,95</b>	<b>1,332,27</b>
Banco de condensadores Transformador de 100 Kva.	<b>0,82</b>	Montaje completo.	Incremento del Factor de Potencia.	<b>0,95</b>	<b>1,183,27</b>
Valor aprox. de la planilla de energía eléctrica.	<b>Ene-Dic</b>	-	Valor de planilla con Fcator de Potencia.	-	<b>\$11.917,64</b>
-	-	Ene-Dic sin Factor de Potencia.	Valor aproximado de la planilla de energía eléctrica.	<b>0,95</b>	<b>\$11.917,64</b>
-	-	Ene-Dic sin Factor de Potencia y sin penalización.	Valor aproximado de la planilla de energía eléctrica.	<b>0,95</b>	<b>\$10.837,64</b>

**Fuente:** El investigador.  
**Elaborado por:** El investigador.

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones.

- Se realizó el diagnóstico en el transformador de 75 kVA, ubicado en la Fábrica de Tubos, al ser instalado un equipo analizador de redes trifásico en el mismo. A través, del informe presentado se pudieron apreciar varios parámetros eléctricos que se encuentran fuera de las normas actuales del servicio eléctrico existentes, tales como: el deterioro de aislamientos y conductores, sobrecalentamiento de los mismos, el calibre de los conductores fuera de la norma, aumento de pérdidas por el efecto Joule, caídas de tensión, carencia de planos eléctricos, falta de manuales de mantenimiento y, un Factor de Potencia con una magnitud de 0.82, cuyo valor es inferior al indicado por la Empresa Eléctrica Quito (0.92). De todos los inconvenientes señalados en el informe, se decidió seleccionar a este último, por todas implicaciones que conlleva un valor fuera de lo establecido por las autoridades del país, para darle solución al mencionado problema técnico detectado.
- Se realiza un estudio técnico para determinar la capacidad adecuada de un banco de condensadores en paralelo con el transformador. El mencionado estudio, se realiza para dos escenarios: el primero para el transformador actual de 75 kVA, el cual se encuentra sobrecargado, debería llevar un condensador de una capacidad de 392 kVAR. El segundo escenario para un transformador de 100 KVA, el cual es el recomendado para las condiciones actuales de carga, en base al informe de diagnóstico realizado previamente, con una capacidad de 392, kVAR. Se realizará una simulación con el banco de condensadores para su funcionamiento.
- Se realiza una valoración económica respecto a los costos en que se incurrirían por parte de la instalación en caso de aceptar alguna de las propuestas realizadas anteriormente. En base a los pagos mensuales en que incurre la misma por concepto de penalizaciones mensuales se pudo apreciar que para un período de tiempo de trece (12) meses, se completaría el pago del banco de condensadores, en caso de estar abonando las cuotas

de penalización, para el escenario 1. Con respecto al escenario 2, sería en un período de once (11) meses. A partir de ese momento, todo sería beneficio para el servicio.

**Recomendaciones:**

- Se recomienda a la entidad, instalar el equipo analizador de redes una vez al año, para así conocer realmente cómo se encuentran los parámetros eléctricos en el transformador de la subestación y, de esta forma poder tener criterios técnicos para establecer un plan de mejora continua en caso de ser necesario.
- Se recomienda a la instalación realizar el cambio de capacidad del transformador que actualmente se encuentra en la subestación de 75 kVA por el de 100 kVA, con su respectivo banco de condensadores calculado, para de esta forma poder garantizar un uso eficiente de la energía eléctrica en la misma.
- Se recomienda persuadir a la alta directiva para la ejecución del presupuesto necesario para realizar la compra e instalación del transformador de 100 kVA con su respectivo banco de condensadores.

## Bibliografía

- 004/01, C. r. (18 de Septiembre de 2017). *Conelec regulacion 004/01*. Obtenido de Conelec regulacion 004/01: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
- A.A Feodorov, E. R. (1982). *Suministros eléctricos de empresas industriales*. Obtenido de Suministros eléctricos de empresas industriales.: <https://es.slideshare.net/>
- ABB. (29 de 08 de 2015). *Librería ABB*. Obtenido de Librería ABB: [www.abd.es/bajatension](http://www.abd.es/bajatension)
- Academia. (04 de 11 de 2017). *Características de los condensadores*. Obtenido de Características de los condensadores: <https://www.academia.edu/>
- AF. (6 de 06 de 2007). *Así funciona*. Obtenido de Así funciona: <http://www.asifunciona.com/>
- Alemana, C. (Marzo de 2017). *Calidad de la Energía Eléctrica*. Obtenido de Calidad de la Energía Eléctrica.: <http://www.andi.hn/>
- Ande. (28 de 10 de 2019). *Andegov*. Obtenido de Andegov: <https://www.ande.gov.py>
- Arcila, J. D. (13 de 10 de 2017). *Ingeniería Especializada*. Obtenido de Ingeniería Especializada: [www.ingenieros.es](http://www.ingenieros.es)
- Arconel. (24 de 03 de 2020). *Regulación eléctrica*. Obtenido de Regulación eléctrica: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/>
- areatecnología. (4 de Marzo de 2011). <https://www.areatecnologia.com/>. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/>: <https://www.areatecnologia.com/>
- Calidad, S. d. (12 de 07 de 2013). *ISO9001*. Obtenido de ISO9001: <https://iso9001calidad.com/>
- Circutor. (15 de 03 de 2016). *¿Qué es el Factor de Potencia?* Obtenido de ¿Qué es el Factor de Potencia?: <http://circutor.es/>



- Conelec. (4 de 07 de 2021). *Plan Maestro de Electricidad*. Obtenido de Plan Maestro de Electricidad.: <https://www.cnelep.gob.ec/>
- Conelec, R. (18 de 09 de 2018). *Regulación Conelec*. Obtenido de egulación Conelec: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/>
- Cre. (10 de 2012). *Guía elaboración proyectos eléctricos*. Obtenido de Guía elaboración proyectos eléctricos.: <https://www.cre.com.bo/>
- Cuenca, U. d. (20 de 03 de 2020). *Facultad de Ingeniería*. Obtenido de Facultad de Ingeniería.: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/>
- Ecured. (31 de 01 de 2016). *Potencia Eléctrica*. Obtenido de Potencia Eléctrica.: <https://www.ecured.cu/>
- Electric, G. (5 de Febrero de 2019). *GE Reports Latinoamérica*. Obtenido de GE Reports Latinoamérica.: <https://gereportslatinoamerica.com/>
- electric, S. (21 de Diciembre de 2012). *Referencia norma UNE-EN 50160*. Obtenido de Referencia norma UNE-EN 50160.: <https://www.se.com/>
- electric, S. (12 de Enero de 2021). *Referencia norma 61000430*. Obtenido de Referencia norma 61000430.
- Electricaplicada. (5 de Agosto de 2017). *Banco de Condensadores*. Obtenido de Banco de Condensadores.: <https://www.electricaplicada.com/>
- Eléctricas, M. (16 de 11 de 2016). *Maquinas Eléctricas*. Obtenido de Maquinas Eléctricas: <https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/>
- Elektrolandia. (12 de 010 de 2019). *Principio de funcionamiento*. Obtenido de Principio de funcionamiento.: <http://elektrolandia.com>
- EMB, G. E. (23 de 07 de 2021). *Electro Industrial*. Obtenido de Electro Industrial.: <http://www.emb.cl/>
- Epec. (02 de 03 de 2000). *Cosenofi*. Obtenido de Cosenofi.: <https://www.epec.com.ar/>

- Factor. (2017). *Energía Latinoamerica Brasil*. Obtenido de Energía Latinoamerica Brasil.: <http://fundacionbariloche.org.ar/>
- Fidestec. (10 de 01 de 2017). *Cómo funciona un condensador*. Obtenido de Cómo funciona un condensador.: <https://fidestec.com/>
- Gas, C. c. (8 de 05 de 2005). *Gestión de flujo de potencia reactiva*. Obtenido de Gestión de flujo de potencia reactiva.: <http://apolo.creg.gov.co/>
- Generando Watts*. (s.f.). Obtenido de Generando Watts: [www.generandowatts.com](http://www.generandowatts.com)
- Guasch. (19 de Noviembre de 2012). *Componentes de electrónica de potencia*. Obtenido de Componentes de electrónica de potencia.: <https://www.e-guasch.com/>
- LH, B. (4 de Septiembre de 2017). <https://ikastaroak.ulhi.net/>. Obtenido de <https://ikastaroak.ulhi.net/>: <https://ikastaroak.ulhi.net/>
- Libre, E. (8 de Febrero de 2012). <https://es.wikipedia.org/>. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/>: <https://es.wikipedia.org/>
- Medidas, u. y. (06 de 02 de 2007). *Unidades básicas*. Obtenido de Unidades básicas.: <http://www.sc.ehu.es/>
- Minas, M. d. (01 de 2011). *Guia de orientación para la selección de la tarifa eléctrica media tensión*. Obtenido de Guia de orientación para la selección de la tarifa eléctrica media tensión.: <http://www.minem.gob.pe>
- Olade.org. (2015). *Biblioteca Olade*. Obtenido de Biblioteca Olade: <http://biblioteca.olade.org/>
- ORG, O. (10 de 2013). *Estabilidad en los sistemas eléctricos de Potencia con generación renovable*. Obtenido de Estabilidad en los sistemas eléctricos de Potencia con generación renovable: <http://biblioteca.olade.org/>
- PERÚ, L. (18 de 06 de 2020). *Compensación de Energía Reactiva y Mopnitoreo de la Calidad de la Potencia*. Obtenido de Compensación de Energía Reactiva y Mopnitoreo de la Calidad de la Potencia: <https://legrand.com.pe/>

- Perú, L. t. (Agosto de 2018). *LEGRAND*. Obtenido de LEGRAND.:  
<https://legrand.com.pe/>
- RAE. (28 de 06 de 2020). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/calidad>
- Renovables, M. d. (21 de 10 de 2020). *Plan Maestro de Electrificación*. Obtenido de Plan Maestro de Electrificación: <https://www.centrosur.gob.ec/>
- Renovables., M. d. (20 de 01 de 2020). *Recursos y Energía*. Obtenido de Recursos y Energía: <https://www.recursosyenergia.gob.ec>
- RIVERGLENNAPTS. (s.f.). *Principio de funcionamiento de un condensador*. Obtenido de Principio de funcionamiento de un condensador: <https://riverglennapts.com/>
- Salesiana, U. P. (Marzo de 2010). *Análisis de Calidad de Energía Eléctrica*. Obtenido de Análisis de Calidad de Energía Eléctrica.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2110/13/UPS-GT000145.pdf>
- SAS, D. (14 de 07 de 2020). *Factor de Potencia*. Obtenido de Factor de Potencia.: <https://dielco.co>
- Simulink., I. a. (11 de Octubre de 2010). <http://www.esi2.us.es/>. Obtenido de <http://www.esi2.us.es/>: <http://www.esi2.us.es/>
- Test, F. (26 de Mayo de 2017). <https://www.finaltest.com.mx/>. Obtenido de <https://www.finaltest.com.mx/>: <https://www.finaltest.com.mx/>
- Une, U. I. (06 de 07 de 2020). *Pliego tarifario*. Obtenido de Pliego tarifario.: <https://portal.ute.com.uy>
- Unicrom, E. (18 de 02 de 2016). *Clasificación de condensadores*. Obtenido de Clasificación de condensadores.: <https://unicrom.com/>
- Yepez-García, R. A. (Julio de 2019). *La Electricidad en América Latina y el Caribe 2040*. Obtenido de La Electricidad en América Latina y el Caribe 2040: <https://publications.iadb.org>

## ANEXOS

### **ANEXO 1 Informe del análisis de energía de la Fábrica de Tubos en la ciudad de Tabacundo.**

#### **Antecedentes:**

La Fábrica de Tubos ubicada en la ciudad de Tabacundo está dedicada a la fabricación de tubería para tal efecto utiliza un transformador de 75 KVA trifásico, 220 V.

El objeto del análisis de energía es con el fin de determinar las condiciones de funcionamiento del transformador en cuanto a su capacidad, Factor de Potencia y armónicos.

#### **Desarrollo:**

Para el análisis de energía se utilizó el analizador industrial marca FLUKE 1735 número de serie DM9541054, el mismo que fue instalado a la entrada del tablero principal de distribución, el tablero consta de dos líneas principales, la una alimenta a todo el sector de oficinas y servicios generales y la otra línea alimenta a la fábrica de tubos.



Los días 05 y 06 de enero del presente se realizó el registro de potencia y factor de potencia y los días 07 y 08 de enero del presente se realiza la medición de armónicos, los anexos respectivos se adjuntan al presente informe.

#### **Conclusiones:**

- Haciendo referencia a la página 1 a 3 de puede apreciar que en determinados momentos la potencia utilizada supera la capacidad máxima del

transformador (75 KVA) llegando a sobrepasar los 75 KVA, por lo que el transformador trabaja con un 50% se sobrecarga.

- El factor de potencia con el que se trabaja varía entre 0.4 y 0.8 lo que significa que el transformador trabaja con bajo factor de potencia situación que es penalizada por la Empresa Eléctrica Quito S.A, la misma que exige que éste sea alrededor de 0.92.
- Entre las 05:00 y las 10:00 horas el analizador a registrado picos altos de corriente en las líneas alcanzando valores de hasta 200 Amp lo que significa que el transformador fue forzado a entregar una potencia superior a 75 KVA, posteriormente existe un corto receso y los valores de corriente vuelven a subir entre las 11:30 hasta las 21:30 horas.
- Con referencia a los armónicos no se presenta mayor inconveniente ya que su valor máximo no supera el 5%, es decir que se encuentra dentro de la norma.

**Recomendaciones:**

- Se debe separar el circuito de la parte administrativa mediante un transformador monofásico ya que estas variaciones a la larga van a afectar la vida útil de las máquinas.
- Se debe instalar un transformador monofásico de la potencia adecuada, aproximadamente 15 KVA (datos tomados por el personal de la Fábrica de Tubos)
- Se debe instalar una malla de tierra para el circuito de oficinas. De la información recibida de la Fábrica de Tubos, va a adquirir una nueva maquinaria con capacidad de 20 KVA para el área industrial y de acuerdo a los registros obtenidos hasta el momento se debería cambiar el transformador actual de 75 KVA por uno de 100 KVA.
- Se debe corregir el factor de potencia mediante un banco de capacitores con supervisor de factor de potencia.

Quito, 15 de enero del 2021

Atentamente,



Ing. Mario Vinueza  
Reg. Senecyt 1867879  
Reg. EEQ-2019-I-1539  
Telefono:0995000020

### Información del Instrumento

Número de modelo	FLUKE 434/435
Número de serie	DM9541054
Número de firmware	V02.10

### Información de software

Versión de Power Log	4.2
Versión FLUKE 345 DLL	11.20.2006
Versión FLUKE 430 DLL	1.0.0.32
Versión FLUKE 430-II DLL	1.0.0.32

### Información general

Lugar de medida	TABLERO PRINCIPAL
Cliente	FÁBRICA DE TUBOS
Notas	X

### Resumen de medición

Topología de medición	1 $\phi$ FASE DIVIDIDA
Modo de aplicación	REGISTRADOR
Primera medida	4/1/2021 9:15
Ultima medida	11/1/2021 13:45
Intervalo de grabación	0h 5m 0s 0mseg
Tensión nominal	230 V
Corriente nominal	N/D
Frecuencia nominal	60 Hz

### Resumen de registros

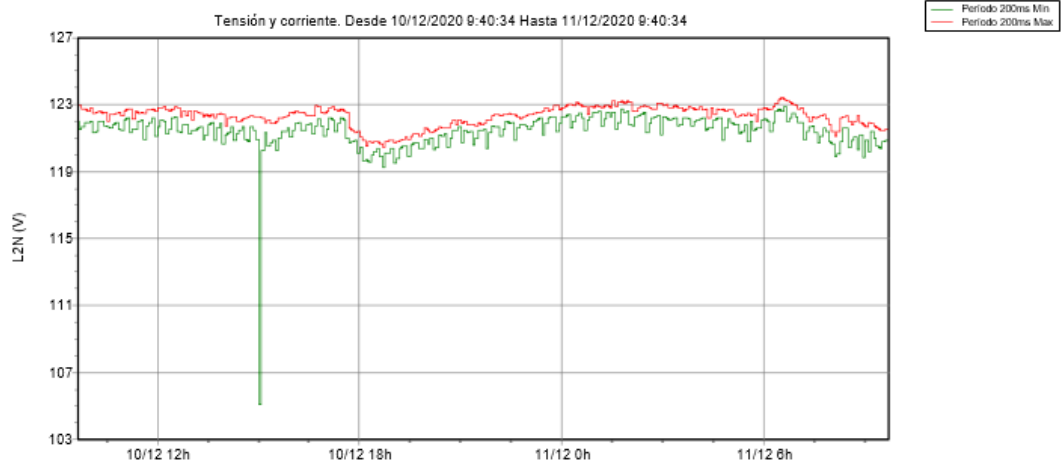
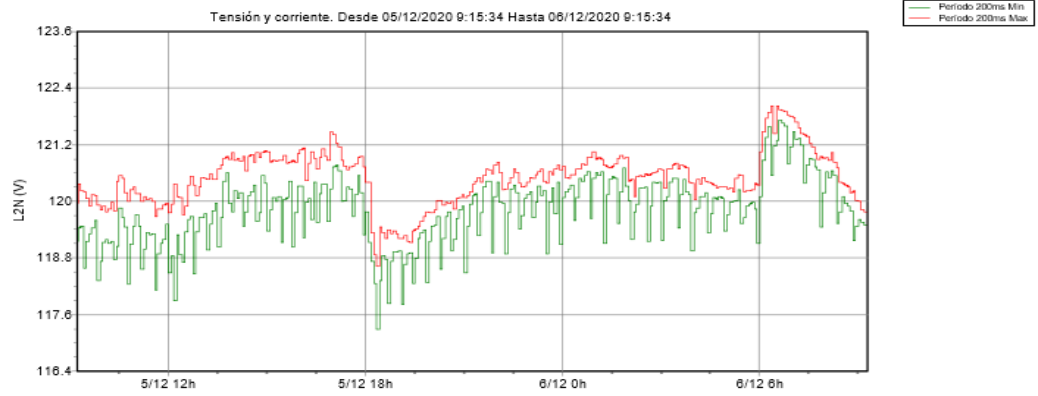
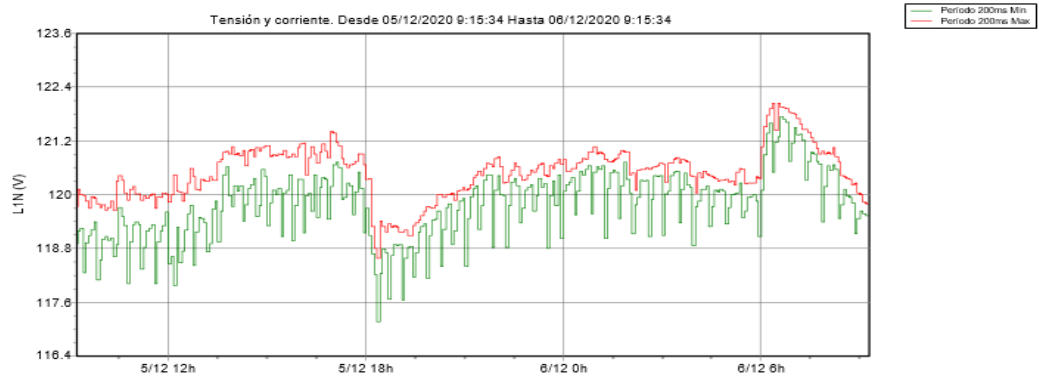
Registros RMS	1783
Registros DC	0
Registros de frecuencia	1783

Registros de desequilibrios	0
Registros de armónicos	1783
Registros de armónicos de potencia	1783
Registros de potencia	1783
Registros de desequilibrios de potencia	0
Registros de energía	0
Registros de pérdidas de energía	0
Registros de parpadeos	1783
Registros de señalización de la red principal	0

### Resumen de eventos

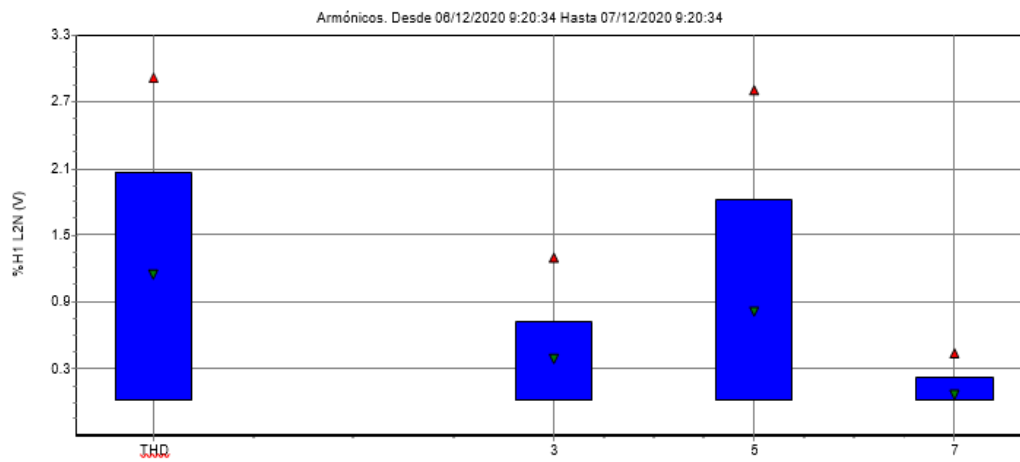
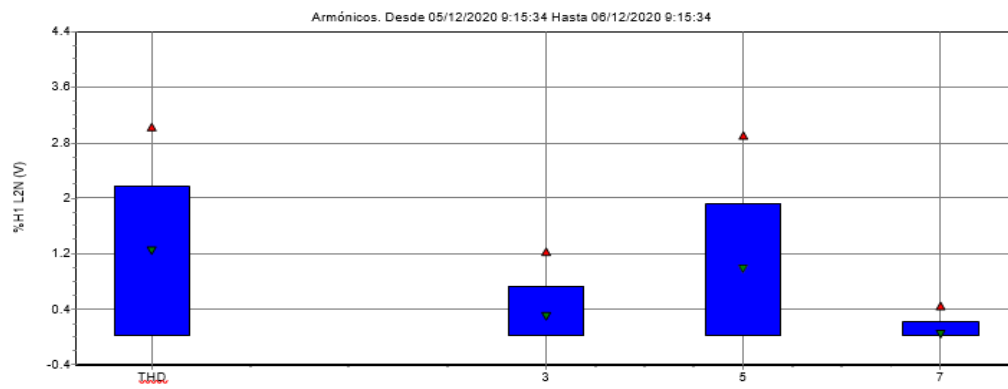
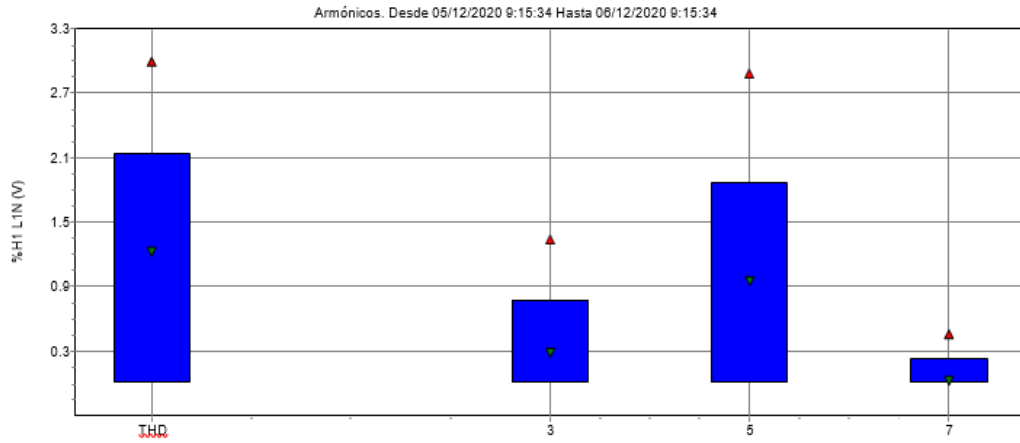
Caídas de tensión	2
Subidas de tensión	0
Transitorios	0
Interrupciones	0
Perfiles de tensión	0
Variaciones rápidas de tensión	0
Pantallas	1
Formas de onda	0
Intervalos sin mediciones	0
Gráficos de corriente de arranque	0
Eventos de onda	0
Eventos RMS	0

## ANEXO 2: Gráficas tensión y corriente.

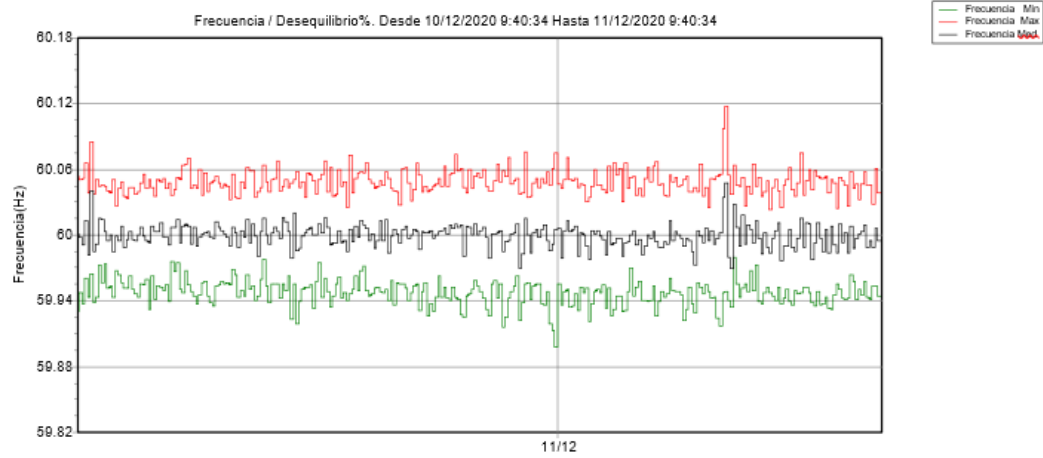
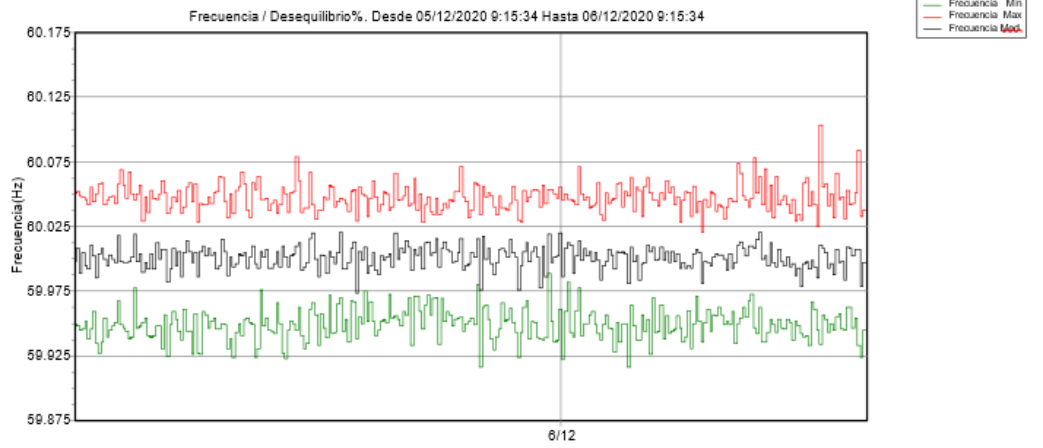




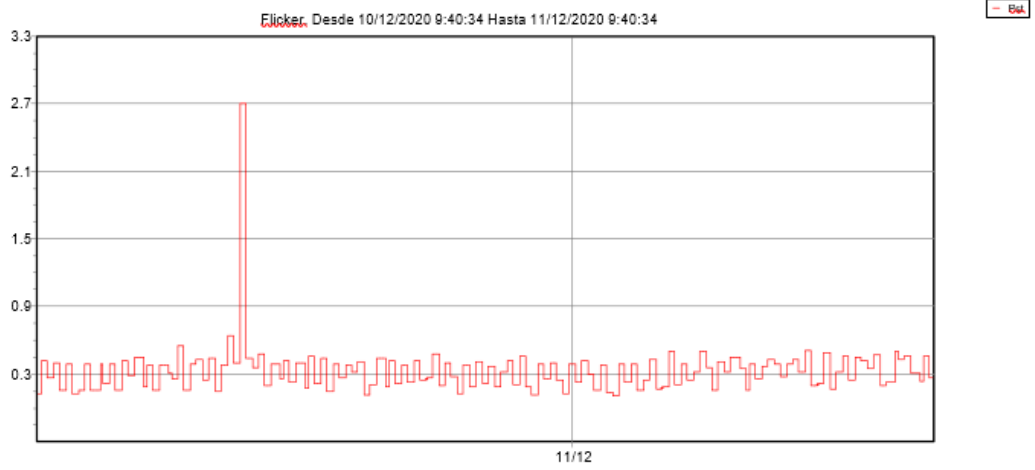
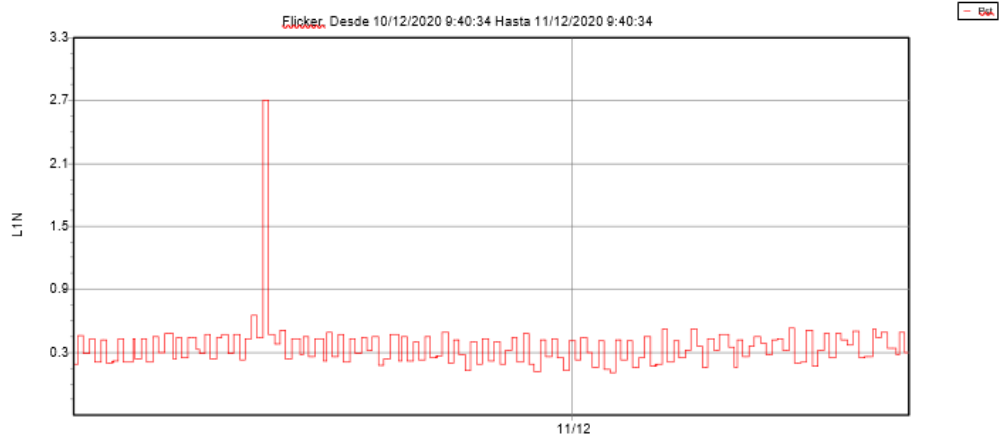
### ANEXO 3: Gráficas de armónicos.



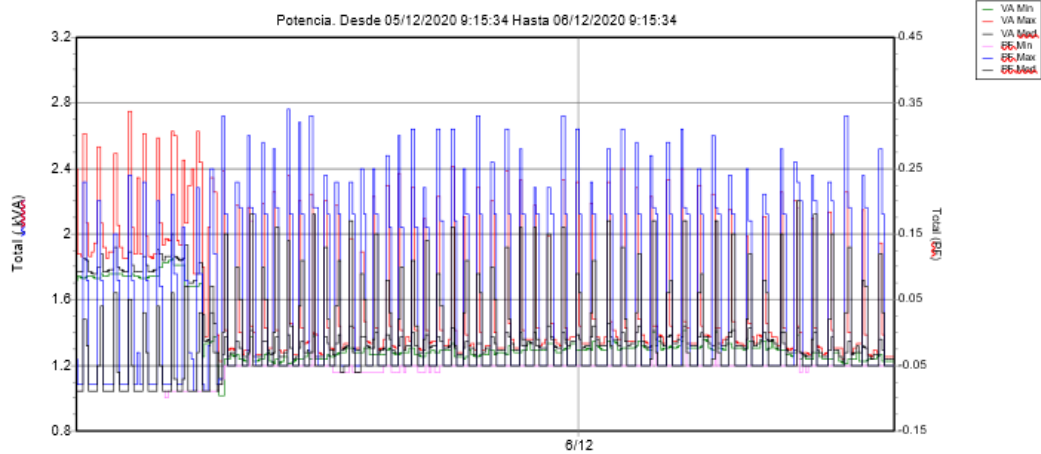
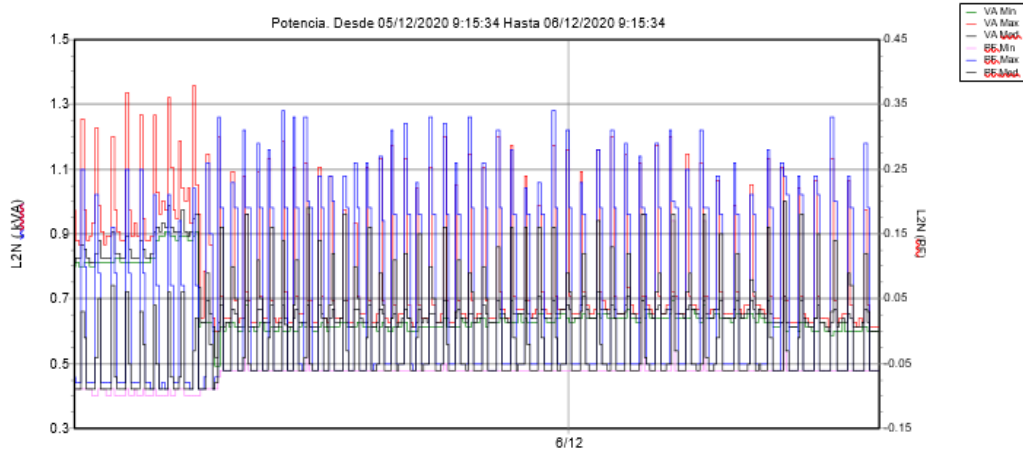
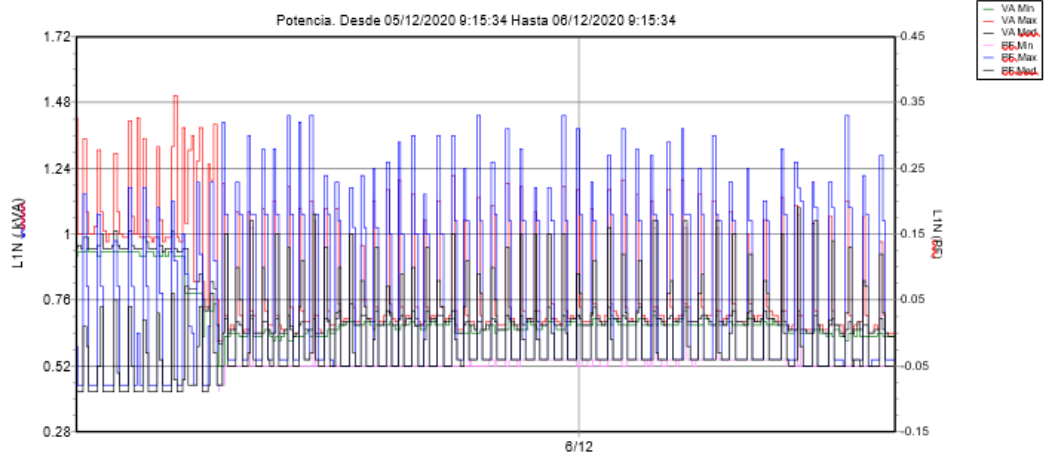
## ANEXO 4: Gráficas: Frecuencia/Desequilibrio.



## ANEXO 5: Gráfica Flicker.



## ANEXO 6: Gráficas Potencia.



# ANEXO 7: Planillas de energía EmelNorte.



Juan Manuel Grijalva 8-54 y José Joaquín de Olmedo RUC: 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 155

Factura No.  
Número de autorización  
Ambiente  
Emisión  
Fecha de Autorización

2909202001109005172100120019990089561  
001-999-008956153  
PRODUCCION  
EMISION NORMAL  
30-09-2020 10:33:30

No. de Control: 9771021-K0  
Valor a pagar: 763,97

Fecha de Emisión: 29/09/2020

Fecha de Vencimiento: 12/10/2020

## INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 97710-1 CONDOR RODRIGUEZ CESAR RAUL  
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300097710 Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
 Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
 Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0630 Tarifa: 921-Indust.Demanda con registrador(Media Tension)  
 Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo  
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

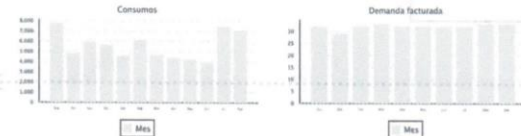
### 1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: T46888-ELS Desde: 25/08/2020 Hasta: 24/09/2020 Días Facturados: 30 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00  
 Factor de multiplicación: 1,00 Factor Corrección: 1,00 Factor Potencia: 0,83 Penalización FP: 0,1084337

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Energía 00h - 24h (L-D)	934617,00	927222,00	7395	kWh	643,00
Reactiva 00h - 24h (L-D)	586314,00	581200,00	5214	kVArh	158,07
Demanda 22h00 - 16h00 00h - 2	32,74		33	kW	1,41
Maxima			33	kW	65,84
Demanda Cliente			33	kW	65,84

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	643,00
VALOR CONSUMO	643,00
DEMANDA	158,07
COMERCIALIZACION	1,41
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	802,48
ALUMBRADO PÚBLICO	65,84
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	65,84
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
I.V.A. (0%)	0,00
SUBTOTAL OTROS:	0,00
<b>TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):</b>	<b>868,32</b>



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	166,66
<b>TOTAL:</b>	<b>166,66</b>



### 2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
001-999-0840533	-200,30
<b>TOTAL VALORES PENDIENTES (2):</b>	<b>-200,30</b>

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	868,32
Valores Pendientes (2):	-200,30
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):</b>	<b>668,02</b>

### 3. RECAUDACION TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)		0,00



La Energía ya es de todos!

CLIENTE

## ANEXO 8: Continuación planillas de energía EmelNorte.

Juan Manuel Grijalva 6-54 y José Joaquín de Olmedo RUC: 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 155



Factura No. 001-999-009238054  
 Número de autorización 2910202001109005172100120019990092380  
 Ambiente PRODUCCION  
 Emisión EMISION NORMAL  
 Fecha de Autorización 29-10-2020 20:30:11

No. de Control: 9771022-89  
 Valor a pagar: 1063,16

Fecha de Emisión: 29/10/2020  
 Fecha de Vencimiento: 09/11/2020

---

**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**

SUMINISTRO: 97710-1 CONDOMINIO RODRIGUEZ CESAR RAUL  
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300097710 Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
 Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
 Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0211 Tarifa: 921-Indust.Demanda con registrador(Media Tension)  
 Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo Geocódigo postal:  
 Dirección notificación: Postal  
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

**1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**

Medidor: T46888-ELS Desde: 24/09/2020 Hasta: 26/10/2020 Días Facturados: 32 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00  
 Factor de multiplicación: 1,00 Factor Corrección: 1,00 Factor Potencia: 0,83 Penalización FP: 0,1084337

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Energía 00h - 24h (L-D)	942539,00	934817,00	7878	kWh	853,7
Reactiva 00h - 24h (L-D)	561431,00	586314,00	2578	kVArh	1,41
Demanda 22h00 - 18h00 00h - 2	32,12		33	kW	
Maxima			33	kW	
Demanda Cliente			33	kW	



Consumos



Demanda facturada

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
VALOR CONSUMO	653,71
DEMANDA	158,07
PENALBAJO FACT.POTE	88,18
COMERCIALIZACION	1,41
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):</b>	<b>901,37</b>
ALUMBRADO PÚBLICO	65,84
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):</b>	<b>65,84</b>
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
L.V.A. (0%)	0,00
<b>SUBTOTAL OTROS:</b>	<b>0,00</b>
<b>TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):</b>	<b>967,21</b>

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	171,70
<b>TOTAL:</b>	<b>171,7</b>




**2. VALORES PENDIENTES**

CONCEPTO	VALOR
<b>TOTAL VALORES PENDIENTES (2):</b>	<b>0,00</b>

**3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO**  
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
<b>RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)</b>		<b>0,00</b>

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	967,21
Valores Pendientes (2):	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):</b>	<b>967,21</b>



2910202001109005172100120019990092380541052595318

**La Energía ya es de todos!**

**CLIENTE**


# ANEXO 9: Continuación planillas de energía EmelNorte.

Juan Manuel Grijalva 6-54 y José Joaquín de Olmedo RUC: 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 155



**Factura No.** 001-999-009479654  
**Número de autorización** 2711202001109005172100120019990094796  
**Ambiente** PRODUCCION  
**Emisión** EMISION NORMAL  
**Fecha de Autorización** 27-11-2020 18:59:55  
**Fecha de Emisión** 27/11/2020

**No. de Control:** 9771023-67  
**Valor a pagar:** 1123.41  
**Fecha de Vencimiento:** 07/12/2020



---


**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**

SUMINISTRO: 97710-1 CONDOMINIO RODRIGUEZ CESAR RAUL  
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300097710 Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
 Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
 Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0240 Tarifa: 921-Indust.Demanda con registrador(Media Tension)  
 Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo  
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON


**1. FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**

Medidor: T48688-ELS Desde: 26/10/2020 Hasta: 24/11/2020 Días Facturados: 29 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00  
 Factor de multiplicación: 1,00 Factor Corrección: 1,00 Factor Potencia: 0,85 Penalización FP: 0,0623529

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Energía 00h - 24h (L-D)	95027,00	942539,00	8148	KWH	678,28
Reactiva 00h - 24h (L-D)	596341,00	581431,00	5508	KVARH	
Demanda 22h00 - 18h00 00h - 2	43,08		44	KW	
Maxima			44	KW	
Demanda Cliente			44	KW	




Consumos



Demanda facturada

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
VALOR CONSUMO	678,28
DEMANDA	210,76
PENAL BAJO FACT.POTE	73,17
COMERCIALIZACION	1,41
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):</b>	<b>961,62</b>
ALUMBRADO PUBLICO	65,84
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):</b>	<b>65,84</b>
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
I.V.A. (0%)	0,00
<b>SUBTOTAL OTROS:</b>	<b>0,00</b>
<b>TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):</b>	<b>1027,46</b>

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	177,63
<b>TOTAL:</b>	<b>177,63</b>



**2. VALORES PENDIENTES**


CONCEPTO	VALOR
<b>TOTAL VALORES PENDIENTES (2):</b>	<b>0,00</b>

**3. RECAUDACION TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO**

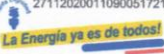
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SUBSISTENTE LEGAL	VALOR
<b>RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)</b>		<b>0,00</b>

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	1027,46
Valores Pendientes (2):	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):</b>	<b>1027,46</b>



2711202001109005172100120019990094796541076714716



CLIENTE



**ANEXO 10: Continuación planillas de energía EmelNorte.**

Juan Manuel Grijalva 6-54 y José Joaquín de Olmedo RUC: 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 155



Trabajamos por ti

Factura No. 001-999-009708508  
 Número de autorización 2312202001109005172100120019990097085  
 Ambiente PRODUCCION  
 Emisión EMISION NORMAL  
 Fecha de Autorización 24-12-2020 08:52:30



No. de Control: 9771024-45  
 Valor a pagar: 1218,69

Fecha de Emisión: 23/12/2020

Fecha de Vencimiento: 04/01/2021

**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**

SUMINISTRO: 97710-1 CONDOR RODRIGUEZ CESAR RAUL  
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300097710 Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
 Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
 Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0240 Tarifa: 921-Indust.Demanda con registrador(Media Tension)  
 Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo  
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

**1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**


Medidor: T48688-ELS Desde: 24/11/2020 Hasta: 22/12/2020 Días Facturados: 28 Tipo Consumo: Promedio Constante: 1,00  
 Factor de multiplicación: 1,00 Factor Corrección: 1,00 Factor Potencia: 0,82 Penalización FP: 0,1219512

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Energía 00h - 24h (L-D)	969145,00	960327,00	8794	kWh	729,57
Reactiva 00h - 24h (L-D)	602251,00	596341,00	6023	kVArh	
Demanda 22h00 - 18h00 00h - 2	43,38		44	kW	
Maxima			44	kW	
Demanda Cliente			44	kW	

Consumos



Demanda facturada



VALOR CONSUMO	729,57
DEMANDA	210,76
PENALBAJO FACT.POTE	114,85
COMERCIALIZACION	1,41
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	1058,59
ALUMBRADO PUBLICO	65,84
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	65,84
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
L.V.A. (0%)	0,00
INTERES MORA	0,31
SUBTOTAL OTROS:	0,31
<b>TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):</b>	<b>1122,74</b>

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	191,62
<b>TOTAL:</b>	<b>191,62</b>



**2. VALORES PENDIENTES**

CONCEPTO	VALOR
<b>TOTAL VALORES PENDIENTES (2):</b>	<b>0,00</b>

**3. RECAUDACION TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO**  
ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
<b>RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)</b>		<b>0,00</b>

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	1122,74
Valores Pendientes (2):	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):</b>	<b>1122,74</b>



2312202001109005172100120019990097085081098407217


**CLIENTE**

La Energía ya es de todos!




**ANEXO 11: Continuación planillas de energía EmelNorte.**

Juan Manuel Grijalva 6-54 y José Joaquín de Olmedo RUC: 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 155



Trabajamos por ti

Factura No. 001-999-009984984  
 Número de autorización 2601202101109005172100120019990099849  
 Ambiente PRODUCCION  
 Emisión EMISION NORMAL  
 Fecha de Autorización 27-01-2021 19:45:02



No. de Control: 9771001-53  
 Valor a pagar: 1205.93

Fecha de Emisión: 26/01/2021

Fecha de Vencimiento: 08/02/2021

---

**INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR**


SUMINISTRO: 77710-1 CONDOR RODRIGUEZ CESAR RAUL  
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300097710 Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
 Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
 Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0240 Tarifa: 921-Indust.Demanda con registrador(Media Tension)  
 Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo  
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

**1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO**


Medidor: T46888-ELS Desde: 22/12/2020 Hasta: 22/01/2021 Dias Facturados: 31 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00  
 Factor de multiplicación: 1,00 Factor Corrección: 1,00 Factor Potencia: 0,83 Penalización FP: 0,1084337

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Energía 00h - 24h (L-D)	967949,00	939745,00	2874	kWh	719,94
Reactiva 00h - 24h (L-D)	907882,00	602251,00	5744	kVarh	
Demanda 22h00 - 18h00 00h - 2	45,3*		48	kW	
Maxima			48	kW	
Demanda Cliente			48	kW	

Consumos




Demanda facturada



VALOR CONSUMO	719,94
DEMANDA	220,34
PENALBAJO FACT.POTE	102,11
COMERCIALIZACION	1,41
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	1043,80
ALUMBRADO PÚBLICO	65,84
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	65,84
<b>1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG</b>	
I.V.A. (0%)	0,00
INTERES MORA	0,34
SUBTOTAL OTROS:	0,34
<b>TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):</b>	<b>1109,98</b>

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	189,00
<b>TOTAL:</b>	<b>189,00</b>




**2. VALORES PENDIENTES**

CONCEPTO	VALOR
TOTAL VALORES PENDIENTES (2):	0,00

**3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO**  
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)		0,00

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	1109,98
Valores Pendientes (2):	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):</b>	<b>1109,98</b>



2601202101109005172100120019990099849841128014111

**La Energía ya es de todos!**

CLIENTE

# ANEXO 12: Continuación planillas de energía EmelNorte.

Juan Manuel Grijalva 6-54 y José Joaquín de Olmedo RUC: 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 155



Factura No.  
Número de autorización  
Ambiente  
Emisión  
Fecha de Autorización

001-999-010233794  
2402202101109005172100120019990102337  
PRODUCCION  
EMISION NORMAL  
25-02-2021 11:54:32

No. de Control: 9771002-31  
Valor a pagar: 959,06

Fecha de Emisión: 24/02/2021

Fecha de Vencimiento: 08/03/2021

## INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 97710-1 CONDOMINIO CONDOR RODRIGUEZ CESAR RAUL  
Código Único Eléctrico Nacional: 1300097710 Cédula / R.U.C.: 1701642322 Cod. Postal: 170450  
Dirección servicio: LA ESPERANZA DE TABA TABACUNDO  
Plan/Geocódigo: 91 98-01-731-0240 Tarifa: 921-Indust.Demanda con registrador(Media Tension)  
Provincia - Cantón - Parroquia: Pichincha - Pedro Moncayo - Tabacundo  
Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

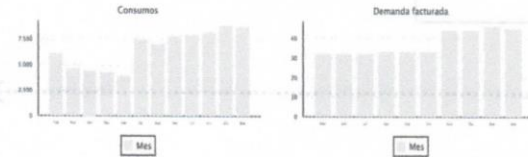
### 1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: T46688-ELS Desde: 22/01/2021 Hasta: 22/02/2021 Días Facturados: 31 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00  
Factor de multiplicación: 1,00 Factor Corrección: 1,00 Factor Potencia: 0,83 Penalización FP: 0,1084337

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Energía 00h - 24h (L-D)	973582,00	967649,00	6052	KWH	502,32
Reactiva 00h - 24h (L-D)	811841,00	607882,00	4038	kVAh	215,55
Demanda 22h00 - 18h00 00h - 2	44,48		45	KW	77,99
Maxima			45	KW	1,41
Demanda Cliente			45	KW	797,27

CONCEPTO	VALOR
1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
VALOR CONSUMO	502,32
DEMANDA	215,55
PENALBAJO FACT.POTE	77,99
COMERCIALIZACION	1,41
<b>SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):</b>	<b>797,27</b>
ALUMBRADO PÚBLICO	65,84
<b>SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):</b>	<b>65,84</b>
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
L.V.A. (0%)	0,00
<b>SUBTOTAL OTROS:</b>	<b>0,00</b>
<b>TOTAL SE Y AP Y OTROS (1):</b>	<b>863,11</b>



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	131,93
<b>TOTAL:</b>	<b>131,93</b>



### 2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
<b>TOTAL VALORES PENDIENTES (2):</b>	<b>0,00</b>

### 3. RECAUDACION TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
<b>RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)</b>		<b>0,00</b>

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1):	863,11
Valores Pendientes (2):	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3):	0,00
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3):</b>	<b>863,11</b>

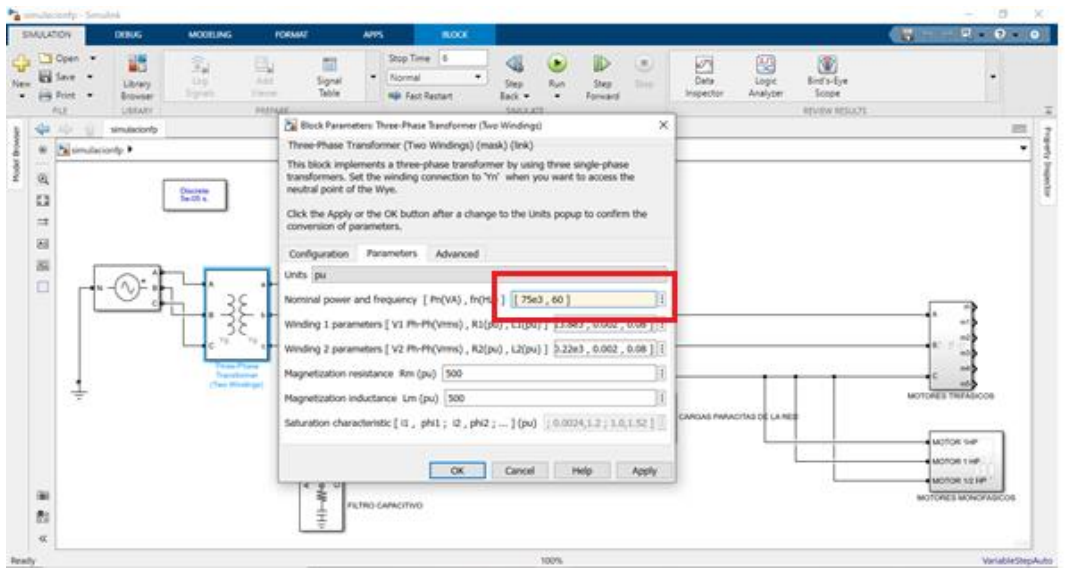
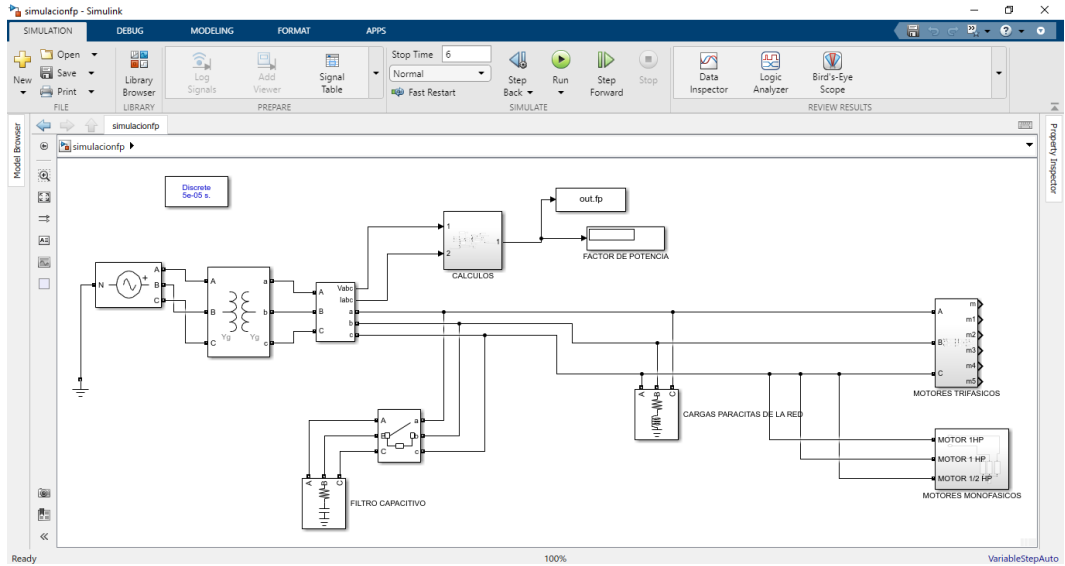


La Energía ya es de todos!

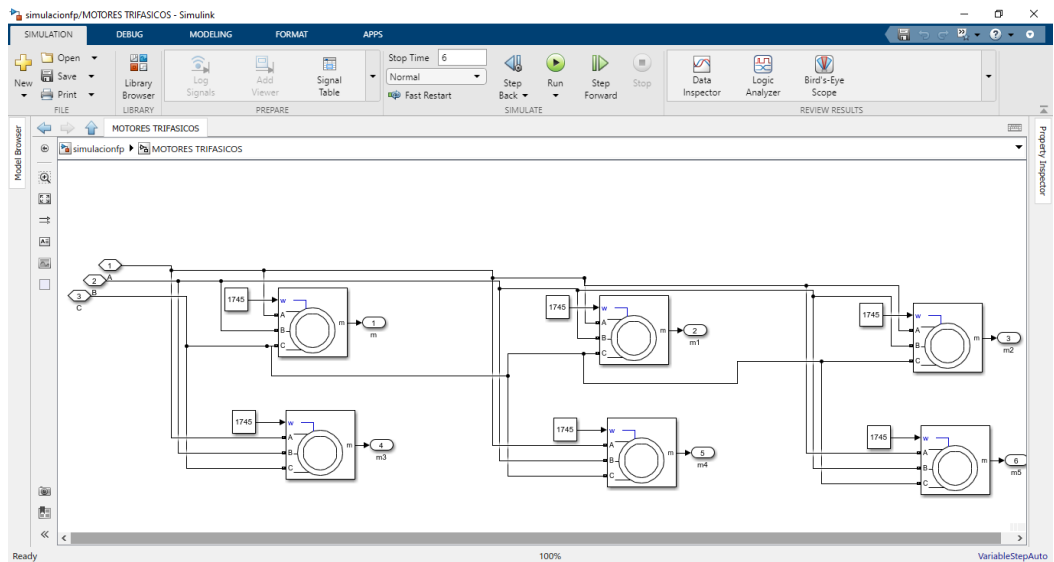
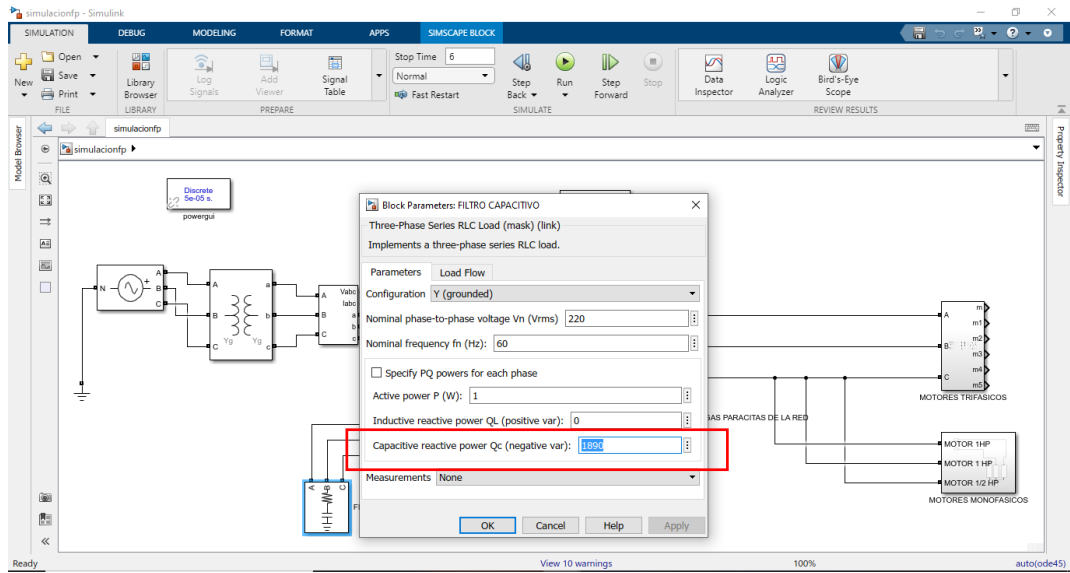
CLIENTE

# ANEXO 13: Gráficas de la Simulación.

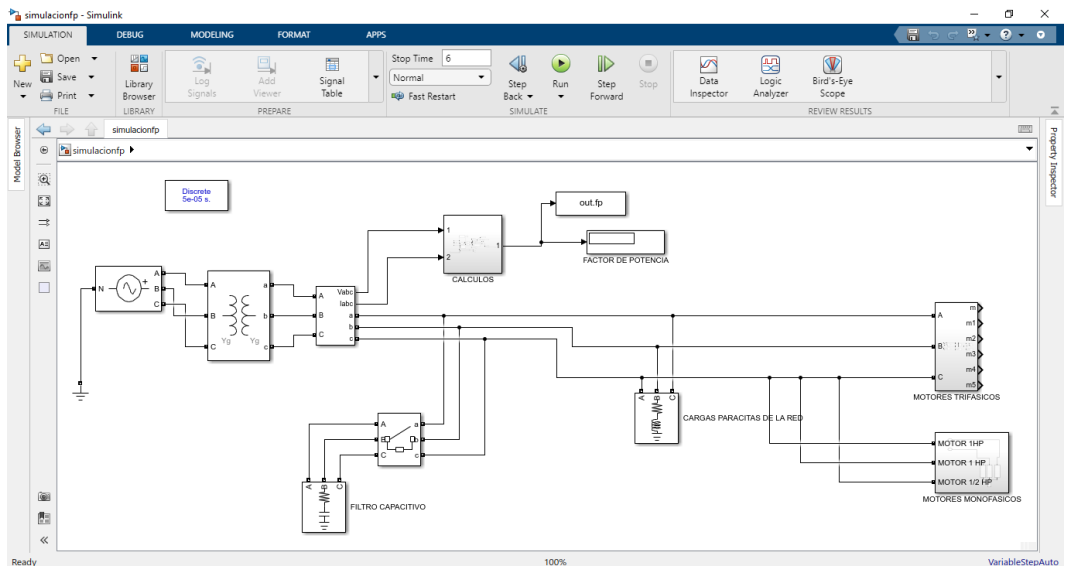
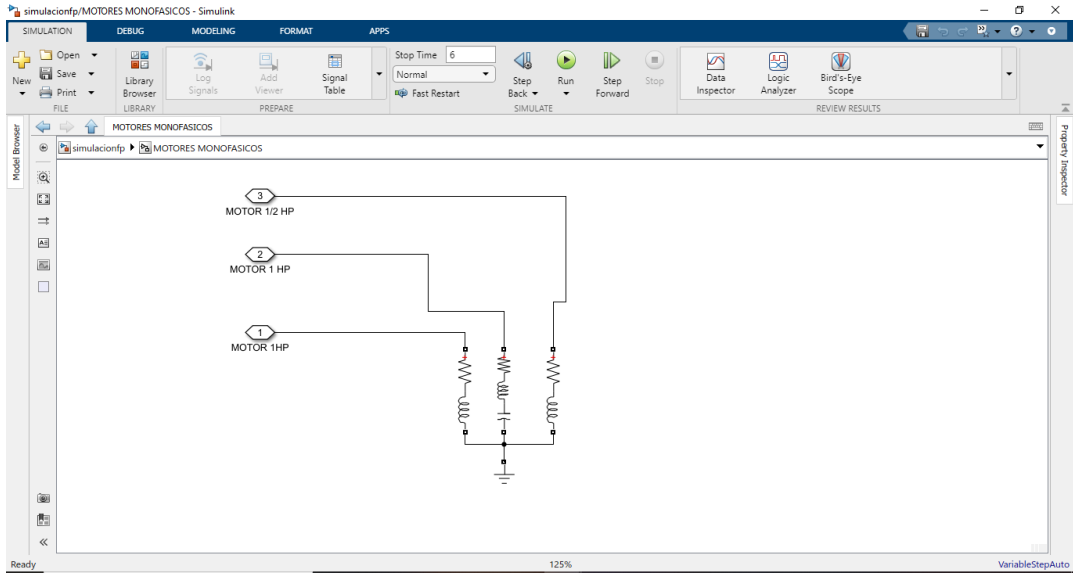
## Transformador 75KV<sub>a</sub> y 100 KV<sub>a</sub>.



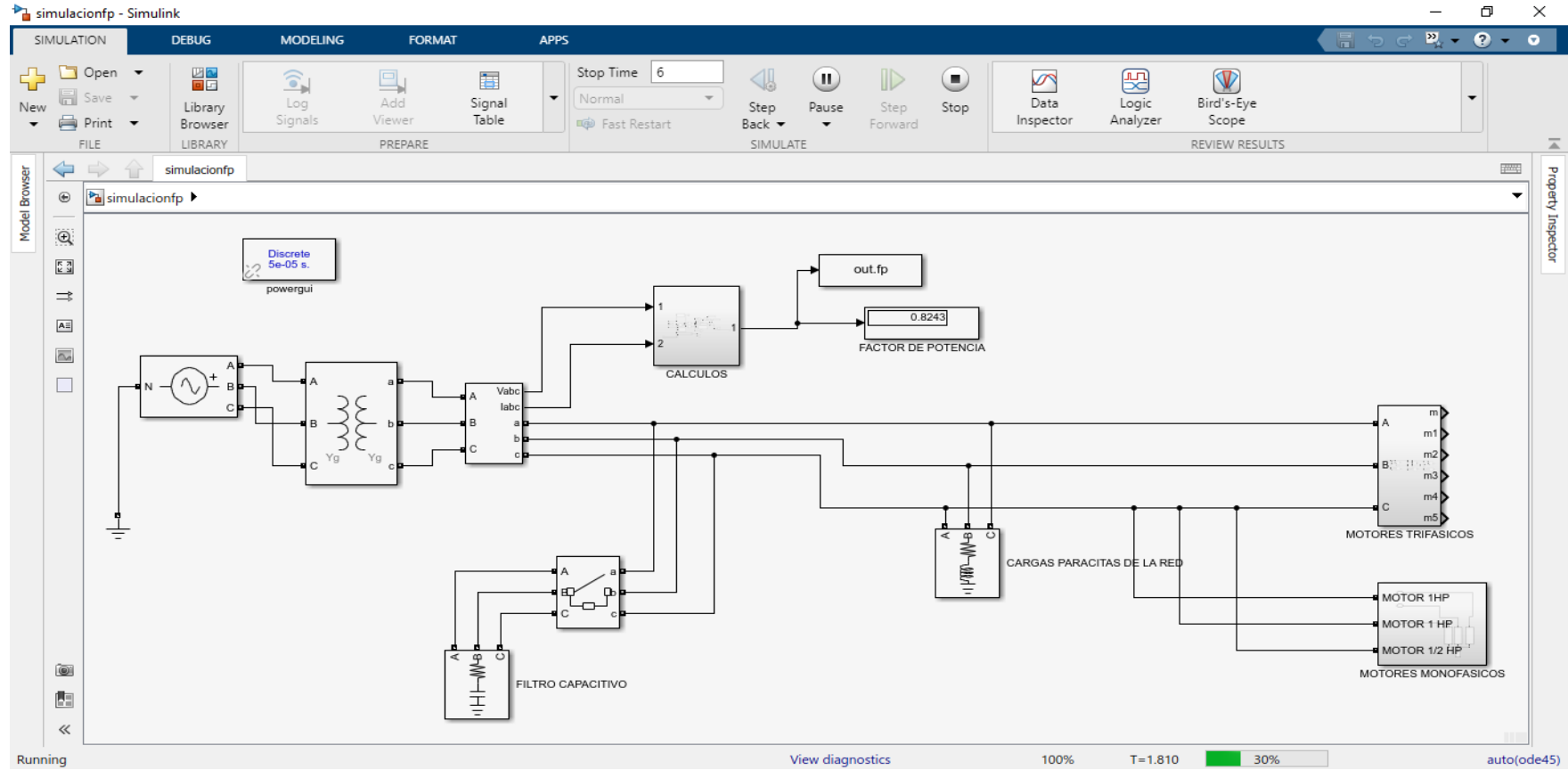
## ANEXO 14: Continuación gráficas de la Simulación.



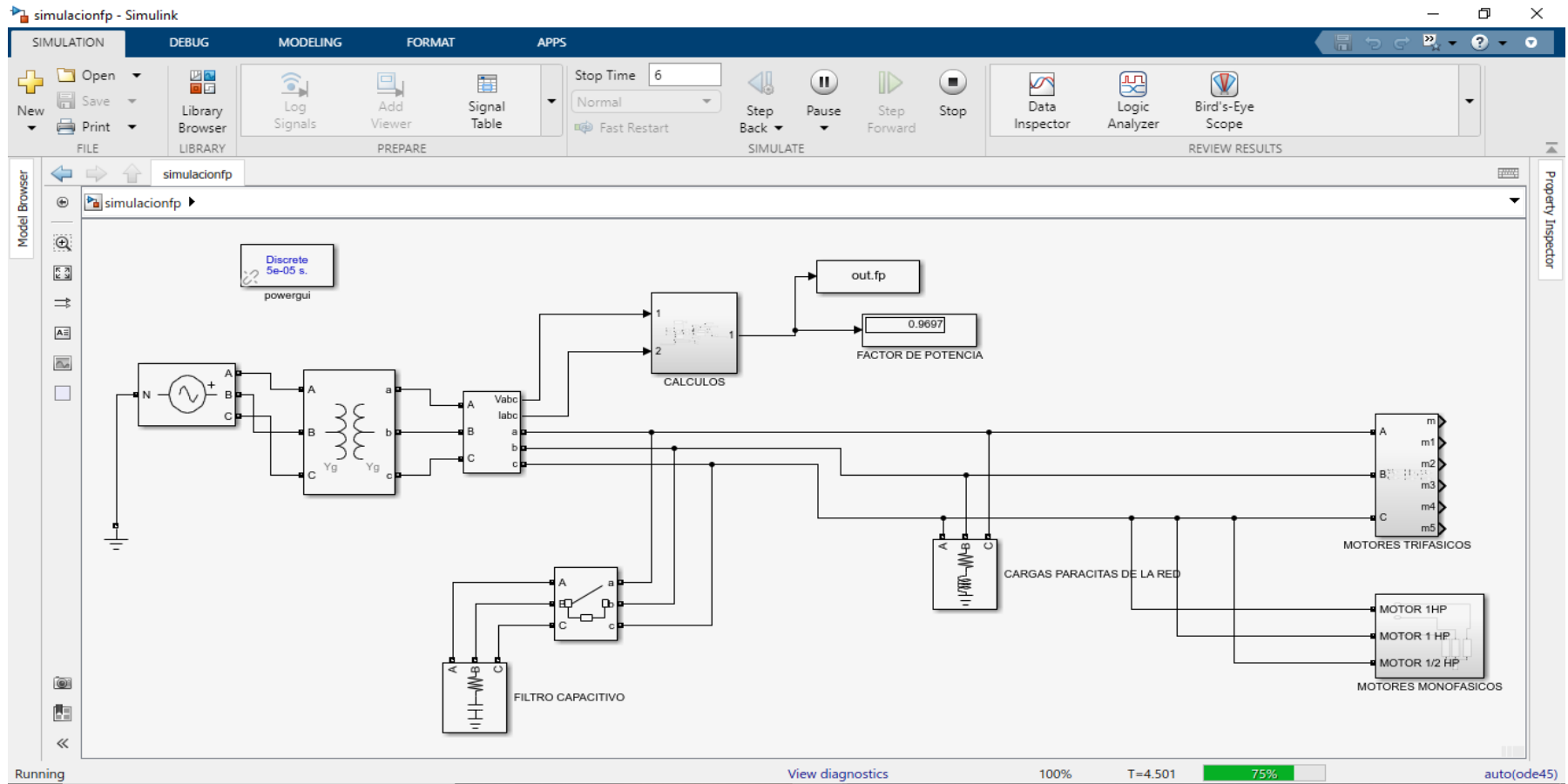
## ANEXO 15: Continuación gráficas de la Simulación.



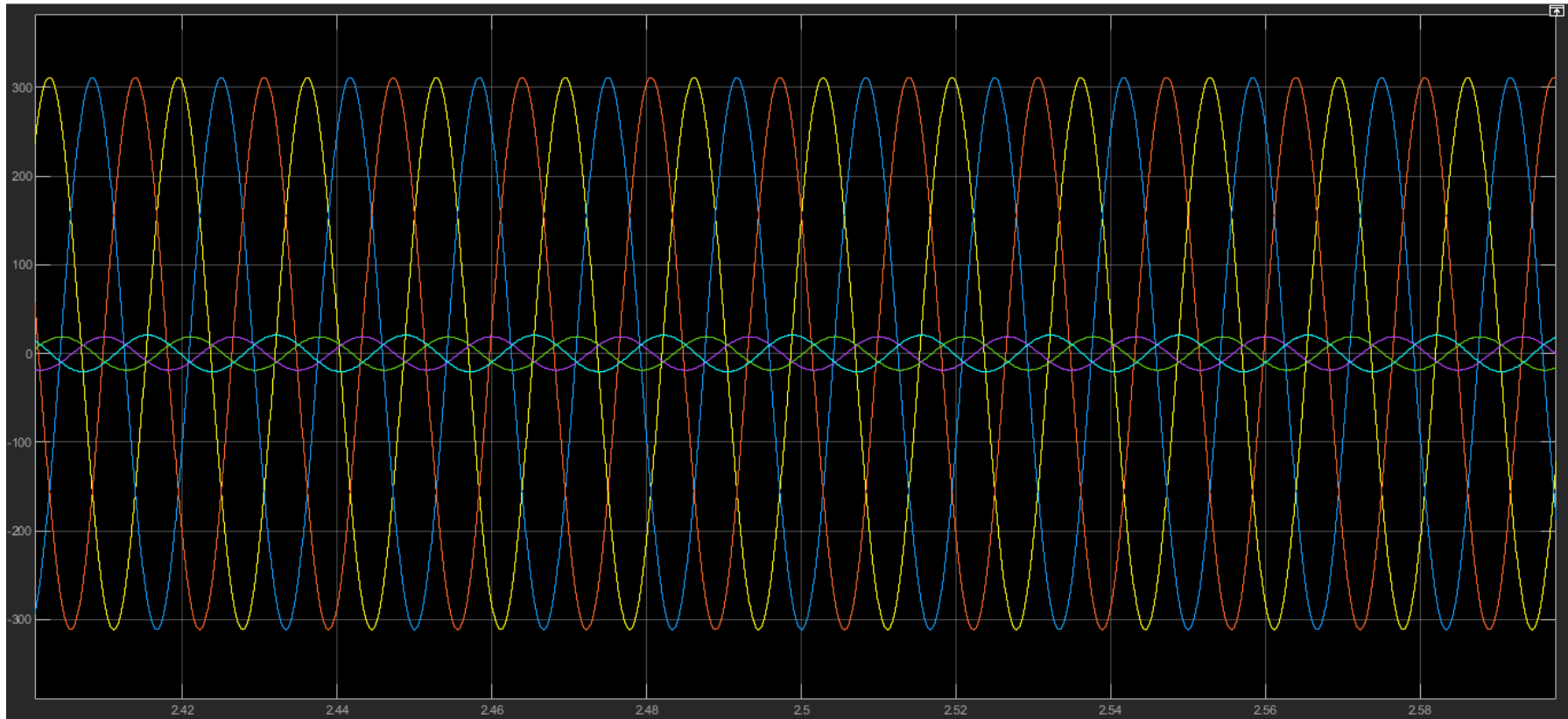
## ANEXO 16: Continuación gráficas de compilación de la simulación 0.82.



# ANEXO 17 Continuación gráficas de compilación incremento Factor de Potencia 0.95.

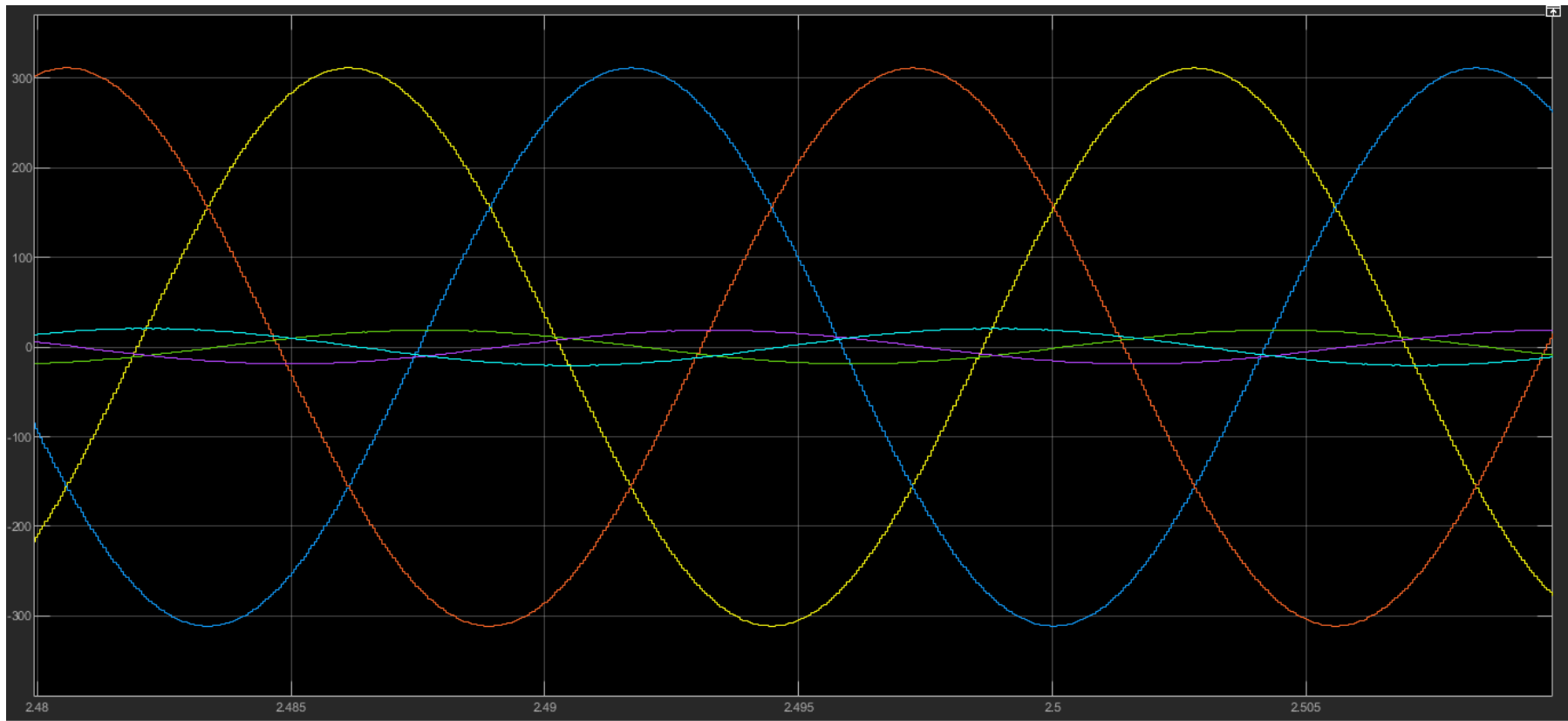


**ANEXO 18:** Gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 4.

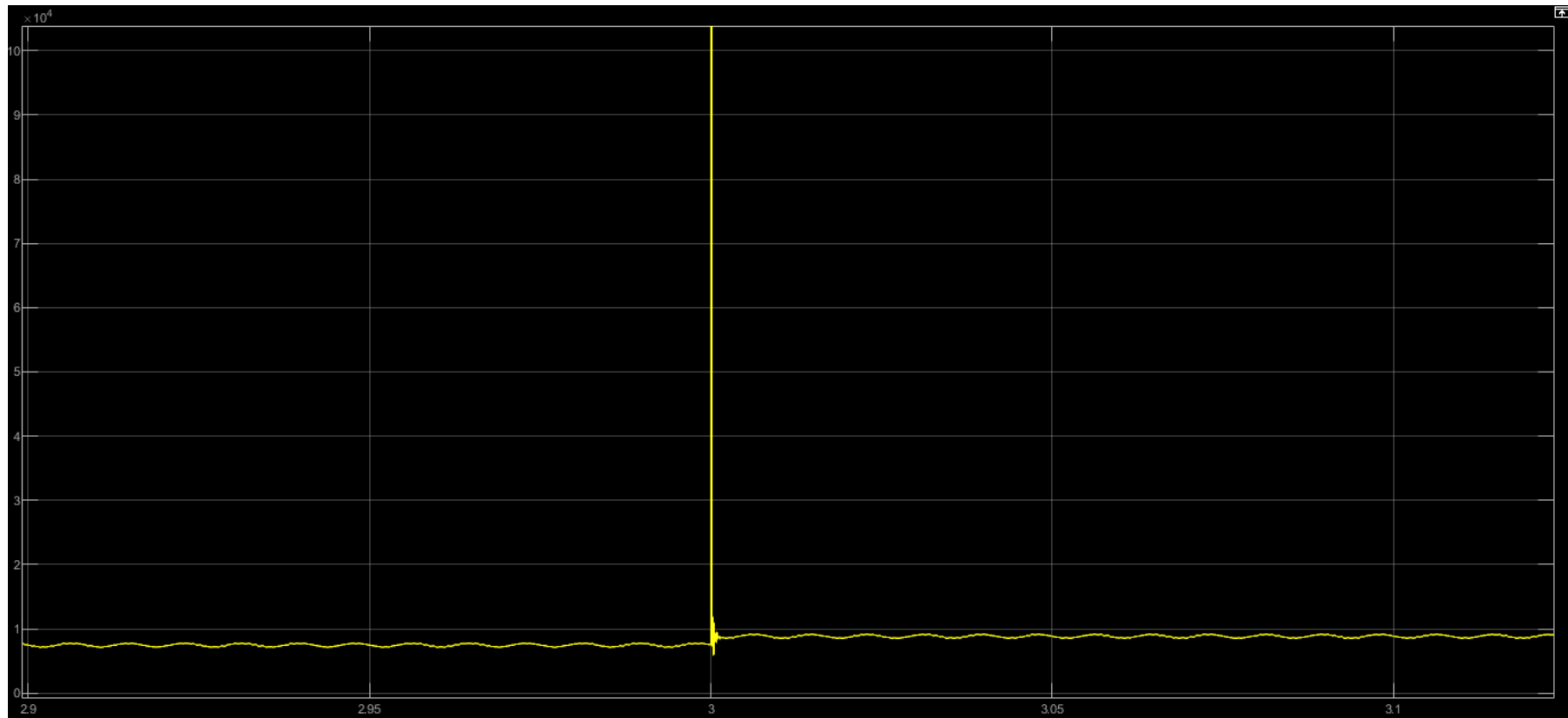




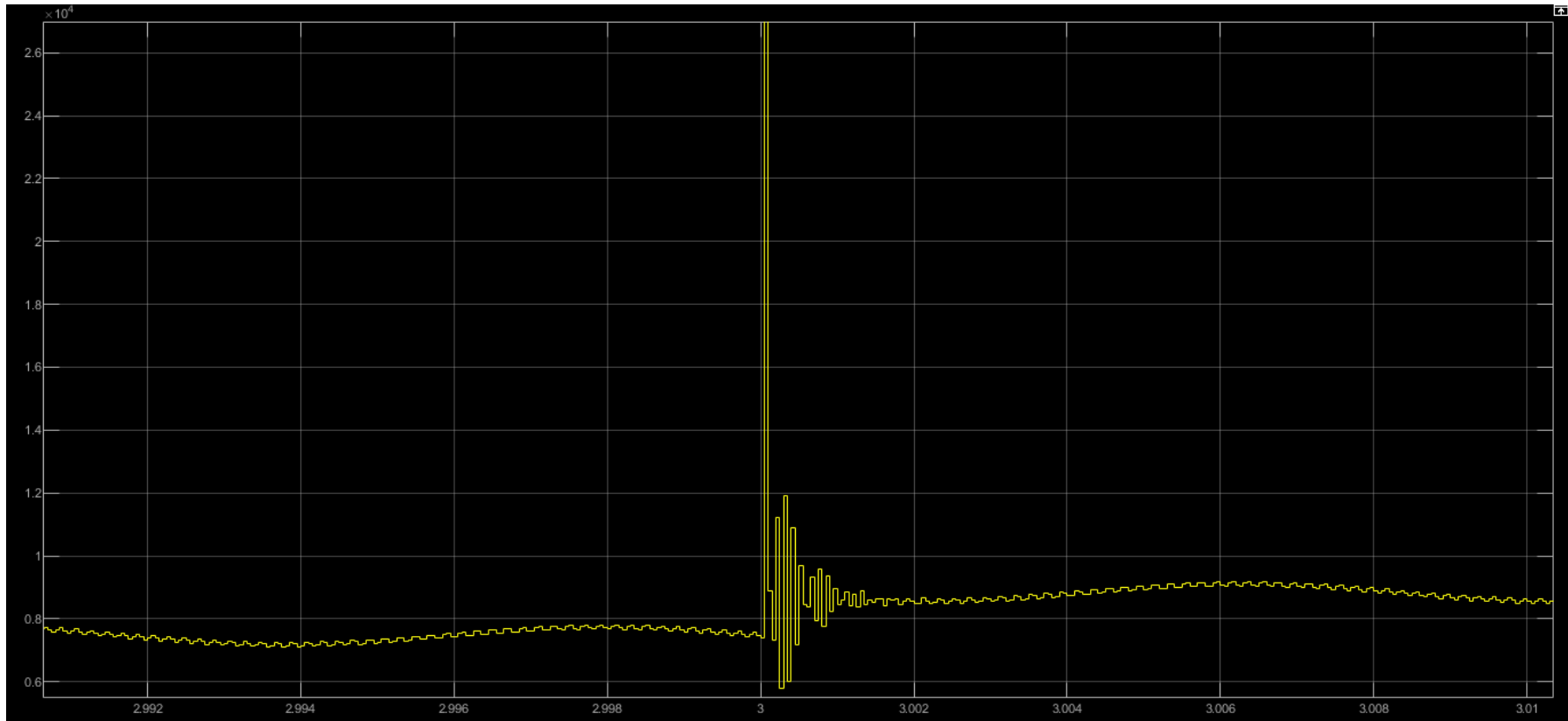
**ANEXO 19:** Continuación gráficas de la simulación corrección Factor de Potencia Scope 4 (zoom).



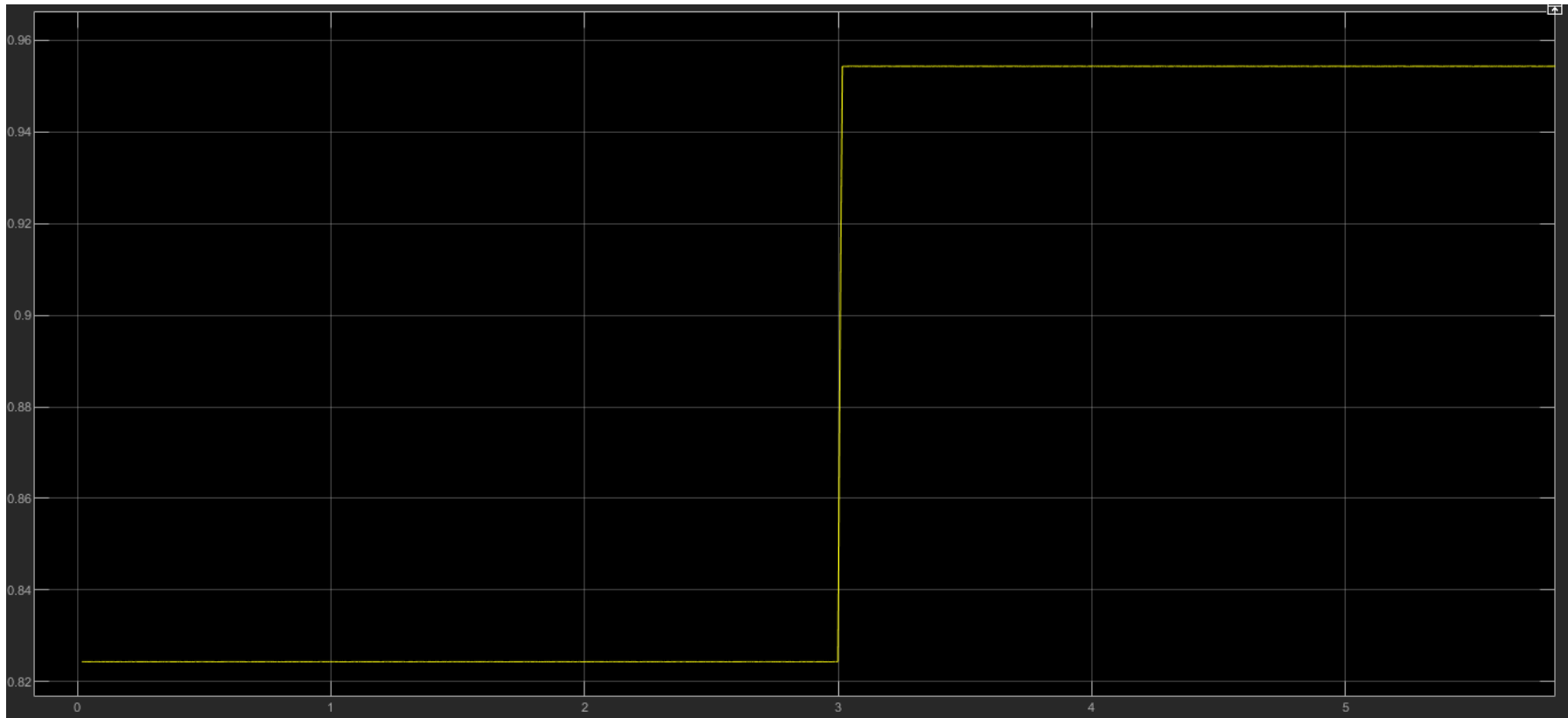
**ANEXO 20:** Gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 2.



**ANEXO 21:** Continuación gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 2 (zoom).



ANEXO 22: Gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 3.



**ANEXO 23:** Continuación gráficas de la Simulación corrección Factor de Potencia Scope 3 (zoom).

