



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**"ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA  
EMPRESA AGRÍCOLA PAMPA BAJA SAC OLMOS  
- TIERRAS NUEVAS"**

**Autor:**

**Bach. JOSÉ ALEXANDER MUÑOZ OBLITAS**

**Asesor:**

**Ing. PERCY EDWAR NIÑO VASQUEZ**

**LAMBAYEQUE-PERÚ**

**Octubre del 2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA  
EMPRESA AGRÍCOLA PAMPA BAJA SAC OLMOS  
- TIERRAS NUEVAS”**

**Autor:**

**Bach. JOSÉ ALEXANDER MUÑOZ OBLITAS**

**Jurado Examinador**

<b>PRESIDENTE</b>	<b>:</b>	<b>Msc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>:</b>	<b>Msc. Fredy Davila Hurtado</b>
<b>MIEMBRO</b>	<b>:</b>	<b>Ing. Robinson Tapia Asenjo</b>
<b>ASESOR</b>	<b>:</b>	<b>Ing. Percy Edwar Niño Vasquez</b>

**LAMBAYEQUE-  
PERÚ Octubre del 2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

### **TITULO**

**“ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SISTEMA  
ELÉCTRICO DE LA EMPRESA AGRÍCOLA PAMPA BAJA SAC  
OLMOS - TIERRAS NUEVAS”**

### **CONTENIDOS**

**CAPITULO I:** PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

**CAPITULO II:** MARCO TEÓRICO.

**CAPITULO III:** MARCO METODOLÓGICO.

**CAPITULO IV:** PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

**CAPITULO V:** ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

**CAPÍTULO VI:** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**Autor:** Bach. JOSÉ ALEXANDER MUÑOZ OBLITAS

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

MIEMBRO

---

ASESOR

Lambayeque – Perú  
Octubre del 2 019

## **DEDICATORIA**

En primera instancia esta investigación se la dedico a Dios por brindarme la vida, salud y sabiduría, por enseñarme a encarar sin perder la dignidad las diferentes adversidades que se presentan en la vida, por regalarme cada maravilloso día para cumplir cada una de mis metas y permitir concretizar secuencialmente mis objetivos.

A mis padres Sabino e Isabel por su amor, por los valores y principios inculcados, por la admiración de ser un ejemplo como tales, por el esfuerzo incondicional y perseverancia en dedicar años de su vida en mi formación personal y profesional.

A las personas con las que compartí día a día mi vida universitaria, mis compañeros de estudio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo ya que mediante sus consejos, apoyo mutuo, trabajo en equipo y buena compañía logré desarrollarme espiritualmente así como también concluir mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por concederme unos padres admirables y maravillosos que sin medir esfuerzos y sin pensarlo dos veces apostaron en mi educación.

A mis padres, gracias a su sacrificio, ejemplo y espíritu educador puedo cultivar buenos valores y virtudes que van de la mano con mi vida personal y profesional; por enseñarme a enfrentar los obstáculos con alegría, y que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera profesional en su prestigiosa institución educativa.

A mi asesor el Ingeniero Niño Vásquez Percy Edwar por la orientación, soporte y discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento del trabajo realizado, por su apoyo y amistad brindada desinteresadamente que me permitieron obtener nuevos conocimientos.

Muchas gracias.

**José Alexander Muñoz Oblitas**

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad de energía en las subestaciones de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas. La muestra fue de 7 sub estaciones eléctricas de distribución, ubicadas en distintos puntos de las instalaciones de la empresa en estudio, utilizando para ello equipos registradores analizador de redes moderno y calibrado, identificando estos suministros a medir y teniendo en cuenta el sistema eléctrico de la empresa. De las siete subestaciones muestreadas se desprende que todas tienen parámetros de mala calidad de tensión, por lo que es necesario que la empresa tome medidas correctivas en el más breve plazo para tener un servicio eléctrico de calidad, mejorando los niveles de tensión, disminuyendo los armónicos y mejorando el factor de potencia de las redes. Para nuestro análisis se empleó en primer lugar el software WinPQ (que usan los equipos de medición) para posteriormente efectuar el análisis estadístico respectivo.

**Palabras Claves:** Calidad de energía, energía eléctrica y mediciones.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to determine the energy quality in the substations of the Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas. The sample consisted of 7 sub distribution electric stations, located at different points of the company's facilities under study, using modern and calibrated network analyzer recording equipment, identifying these supplies to be measured and taking into account the electrical system of the company. From the seven substations sampled it appears that all have parameters of poor voltage quality, so it is necessary that the company take corrective measures in the shortest term to have a quality electrical service, improving voltage levels, decreasing harmonics and improving the power factor of the networks. For our analysis, the WinPQ software (used by measuring equipment) was used first to subsequently perform the respective statistical analysis.

**Key Words:** Energy quality, electrical energy and measurements.

## INDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>14</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACION.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.-REALIDAD PROBLEMÁTICA.- .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.-FORMULACION DEL PROBLEMA.- .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.-DELIMITACION DE LA INVESTIGACIÓN.- .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.-JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.- .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.-LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.- .....</b>	<b>17</b>
<b>1.6.-OBJETIVOS.- .....</b>	<b>17</b>
<b>1.6.1.-Objetivo general. ....</b>	<b>17</b>
<b>1.6.2.-Objetivos específicos. ....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.-ANTECEDENTES.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.1.- Sistema de Distribución Primaria.....</b>	<b>28</b>



2.2.2.- Subestaciones de Distribución.....	29
2.2.3.- Sistema de Distribución Secundaria.....	30
2.3.- CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	30
2.4.- IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	32
2.5.- CAUSAS DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	32
2.6.- EFECTOS DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	33
2.7.- ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	34
2.8.- CALIDAD DEL SERVICIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	34
2.9.- PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	39
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>41</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>41</b>
3.1.-TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.2.-POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
3.3.-FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	41
3.4.-VARIABLES- OPERACIONALIZACIÓN.....	42
3.5.1.-Métodos de investigación.....	43
3.5.2.-Técnicas de investigación.....	43
3.6.-DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	43
3.7.-ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS. ....	44
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>45</b>
<b>PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
4.1.-PROPUESTA DE ESTUDIO .....	45
4.2.-DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS. ....	46
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>47</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
5.1.- ASPECTOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	47
5.1.1.- Lugar de la instalación .....	47
5.1.2.- Programación de pruebas.....	47

5.1.3.- Descripción de características del equipo de pruebas.....	48
5.2.- DETALLES DE MEDICIONES.....	49
5.2.1.- Consideraciones generales de medición .....	49
5.2.2.- Consideraciones de la instalación del equipo.....	50
5.2.3.- Tiempos de registros .....	51
5.3.- ANÁLISIS DE MEDICIONES.....	52
5.2.1.- Mediciones de voltaje, intensidad y potencias en los tres reservorios y pozo .....	52
5.2.1.1.- Reservorio 1 (P, V, I – Transformador 1 y 2) .....	52
5.2.1.2.- Reservorio 2 (P, V, I – Transformador 1 y 2) .....	62
5.2.1.3.- Reservorio 3 (P, V, I – Transformador 1 y 2) .....	71
5.2.1.4.- Pozo (P, V, I – Transformador 1) .....	80
5.2.2.- Mediciones de Armónicos.....	83
5.2.2.1.- Reservorio 1 (Armónicos – Transformador 1 y 2) .....	83
5.2.2.2.- Reservorio 2 (Armónicos – Transformador 1 y 2) .....	88
5.2.2.4.- Reservorio 3 (Armónicos – Transformador 1) .....	93
5.3.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
CAPÍTULO VI.....	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	97
6.1.-CONCLUSIONES.....	97
6.2.-RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
BIBLIOGRAFÍA .....	100
ANEXOS.....	102
ANEXO A: Planos del Sistema Eléctrico.....	102

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Requisitos de tensión según Norma EN 50160 y su comparación respecto a la IEC 61000. .	37
Tabla 2.- Valores de las tensiones armónicas individuales en los terminales de entrada para órdenes de hasta 25, dados en porcentaje de Un. ....	38
Tabla 3.-Descripción de la variable dependiente e independiente. ....	42
Tabla 4: Técnicas e instrumentos en la investigación. ....	44
Tabla 5: Mediciones P, V, I en reservorio N° 1 – Transformador 1. ....	52
Tabla 6: Mediciones P, V, I en reservorio N° 1 – Transformador 2. ....	57
Tabla 7: Mediciones P, V, I en reservorio N° 2 – Transformador 1. ....	62
Tabla 8: Mediciones P, V, I en reservorio N° 2 – Transformador 2. ....	67
Tabla 9: Mediciones P, V, I en reservorio N° 3 – Transformador 1. ....	71
Tabla 10: Mediciones P, V, I en reservorio N° 3 – Transformador 2. ....	76
Tabla 11: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 1 – V1, V2 y V3 .....	83
Tabla 12: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 1 – V1, V2 y V3.....	83
Tabla 13: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 1 – I1, I2 y I3 .....	84
Tabla 14: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 1 – I1, I2 y I3 .....	84
Tabla 15: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 2 – V1, V2 y V3 .....	85
Tabla 16: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 2 – V1, V2 y V3.....	85
Tabla 17: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 2 – I1, I2 y I3 .....	86
Tabla 18: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 2. – I1, I2 y I3 .....	87
Tabla 19: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 1 – V1, V2 y V3 .....	88
Tabla 20: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 1 – V1, V2 y V3.....	88
Tabla 21: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 1 – I1, I2 y I3 .....	89
Tabla 22: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 1 – I1, I2 y I3 .....	89
Tabla 23: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 2 – V1, V2 y V3 .....	90
Tabla 24: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 2 – V1, V2 y V3.....	90
Tabla 25: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 2 – I1, I2 y I3 .....	91
Tabla 26: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 2 – I1, I2 y I3 .....	92
Tabla 27: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 3 – Transf. 1 – V1, V2 y V3 .....	93
Tabla 28: Armónicos presentes en reservorio N° 3 – Transf. 1 – V1, V2 y V3.....	93
Tabla 29: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 3 – Transf. 1 – I1, I2 y I3 .....	94
Tabla 30: Armónicos presentes en reservorio N° 3 – Transf. 1 – I1, I2 y I3 .....	94
Tabla 31: Resumen de valores de THD para el sistema eléctrico. ....	96

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- Sistema de Distribución Eléctrica .....	28
FIGURA 2.- Alimentador de Media tensión .....	29
FIGURA 3.- Sistema de Distribución Secundaria.....	30
FIGURA 4.- Analizador de redes empleado .....	48
FIGURA 5.- Diagrama de conexonado de equipos de medición .....	50
FIGURA 6.- Instalación de equipos de medición .....	51
FIGURA 7.- Vista de pantalla de registro de equipos de medición .....	51
FIGURA 8.- Vista de reservorio N° 01 .....	52
FIGURA 9.- Vista de instalación de equipos en reservorio N° 01 .....	53
FIGURA 10.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 1 – Transf. 1.....	53
FIGURA 11.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 1 – Transf. 1. ....	55
FIGURA 12.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 1-Transf. 1.....	56
FIGURA 13.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 1 – Transf. 2.....	58
FIGURA 14.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 1 – Transf. 2. ....	59
FIGURA 15.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 1-Transf. 2.....	60
FIGURA 16.- Vista de reservorio N° 02 .....	62
FIGURA 17.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 2 – Transf. 1.....	63
FIGURA 18.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 2 – Transf. 1. ....	64
FIGURA 19.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 2-Transf. 1.....	65
FIGURA 20.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 2 – Transf. 2.....	67
FIGURA 21.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 2 – Transf. 2. ....	68
FIGURA 22.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 2-Transf. 2.....	70
FIGURA 23.- Vista de reservorio N° 03 .....	71
FIGURA 24.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 3 – Transf. 1.....	72
FIGURA 25.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 3 – Transf. 1. ....	73
FIGURA 26.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 3-Transf. 1.....	74
FIGURA 27.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 3 – Transf. 2.....	76
FIGURA 28.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 3 – Transf. 2. ....	77
FIGURA 29.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 3-Transf. 2.....	79
FIGURA 30.- Vista del pozo.....	80
FIGURA 31.- Gráficos de mediciones de I en pozo. ....	81

## **INTRODUCCION**

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), tiene por objetivo establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos y las obligaciones de las empresas de electricidad y los Clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844. En la presente Norma se establecen los aspectos, parámetros e indicadores sobre los que se evalúa la Calidad del Servicio de la Electricidad. Se especifica la cantidad mínima de puntos y condiciones de medición. Se fijan las tolerancias y las respectivas compensaciones y/o multas por incumplimiento. Asimismo, se establecen las obligaciones de las entidades involucradas directa o indirectamente en la prestación y uso de este servicio en lo que se refiere al control de la calidad y en lo relacionado a la tensión (calidad de producto). También indica las tolerancias que se debe tener en cuenta para una buena calidad de energía-tensión estableciendo las tolerancias de la calidad de producto: TÍTULO QUINTO 5. CALIDAD DE PRODUCTO 5.1.2 Tolerancias. - Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos.

Teniendo cuenta la normativa anteriormente descrita es importante mantener ciertos niveles de calidad de energía eléctrica en los clientes del sistema de distribución de la concesionaria de distribución.

Actualmente el crecimiento de la demanda eléctrica, las características de las cargas a atender y las variaciones en su consumo influyen de manera sustancial en los parámetros de calidad de la energía eléctrica-tensión haciendo en muchos casos difícil su control.

Por lo tanto en el presente trabajo de investigación se pretende realizar un estudio en cual se determine de manera teórica y experimental el análisis de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas, para lo cual se hará uso de analizador de redes con propósito de caracterizar la situación actual de los parámetros de calidad en las cuales se realizarán mediciones en puntos específicos para así poder contar con los datos necesarios..

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION.**

#### **1.1.-REALIDAD PROBLEMÁTICA.-**

Considerando la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), cuyo objetivo es establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos y las obligaciones de las empresas de electricidad y los Clientes que operan bajo el régimen de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844. Es por ello que en el TÍTULO PRIMERO 1. DISPOSICIONES GENERALES 1.1 En la presente Norma se establecen los aspectos, parámetros e indicadores sobre los que se evalúa la Calidad del Servicio de la Electricidad. Se especifica la cantidad mínima de puntos y condiciones de medición. Se fijan las tolerancias y las respectivas compensaciones y/o multas por incumplimiento. Asimismo, se establecen las obligaciones de las entidades involucradas directa o indirectamente en la prestación y uso de este servicio en lo que se refiere al control de la calidad y en lo relacionado a la tensión (calidad de producto). En la presente Normativa Peruana indica las tolerancias que se debe tener en cuenta para una buena calidad de energía-tensión estableciendo las tolerancias de la calidad de producto: TÍTULO QUINTO 5. CALIDAD DE PRODUCTO 5.1.2 Tolerancias. - Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el  $\pm 7.5\%$ . Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del período de medición.

Teniendo cuenta la normativa anteriormente descrita es importante mantener ciertos niveles de calidad de energía eléctrica en los clientes del sistema de distribución de la concesionaria de distribución.

Los sistemas de distribución, reciben la energía eléctrica que proviene de las redes de transmisión y subtransmisión y la conducen hasta el punto de conexión de los consumidores. Estos sistemas están compuestos por subestaciones de distribución, circuitos primarios, transformadores de distribución y circuitos secundarios.

Actualmente el crecimiento de la demanda eléctrica, las características de las cargas a atender y las variaciones en su consumo influyen de manera sustancial en los parámetros de calidad de la energía eléctrica-tensión haciendo en muchos casos difícil su control. Como es sabido la forma de caracterizar las cargas eléctricas en los suministros en baja tensión es en función a la cual el usuario destina la energía eléctrica, de acuerdo a ello se tienen: cargas residenciales, comerciales, industriales y de alumbrado público.

Por lo tanto en el presente trabajo de investigación se pretende realizar un estudio en cual se determine de manera teórica y experimental el análisis de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas, para lo cual se hará uso de analizador de redes con propósito de caracterizar la situación actual de los parámetros de calidad en las cuales se realizarán mediciones en puntos específicos para así poder contar con los datos necesarios.

## **1.2.-FORMULACION DEL PROBLEMA.-**

¿Es posible efectuar un análisis de la calidad de energía eléctrica de manera teórica – experimental en el sistema eléctrico de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas?



### **1.3.-DELIMITACION DE LA INVESTIGACIÓN.-**

El trabajo de investigación se realizó en el sistema eléctrico de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas.

### **1.4.-JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.-**

Nuestro proyecto está dirigido al sistema eléctrico de la empresa Agrícola Pampa Baja SAC Olmos - Tierras Nuevas. El presente estudio de investigación se justifica técnicamente porque pretende cubrir aspectos de la calidad de la energía eléctrica, como lo son, la influencia de los tipos de cargas en las variaciones de los parámetros de calidad, tratando de aplicar las mediciones efectuadas y su tratamiento respectivo a la solución de problemas de planeamiento de la operación de los sistemas eléctricos de distribución. Asimismo, presenta también una justificación práctica al permitir solucionar a la empresa eléctrica un problema muy común, como lo es, el de insatisfacción del cliente al tener una mala calidad de energía eléctrica redundando ello en la mejora de las ventas y por consiguiente la mejora de la rentabilidad de la empresa. Por otro tiene una justificación metodológica porque la manera como se plantea la investigación servirá como referencia a consultores e ingenieros del área de planeamiento de las empresas eléctricas que busquen mejorar indicadores de calidad de suministro con propósitos de mejorar la satisfacción del cliente y por ende la rentabilidad de la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica; por último presenta una relevancia social, pues al mejorar las condiciones con las que se brinda el servicio de distribución de energía eléctrica se contribuirá al desarrollo económico de los sectores doméstico, comercial e industrial.

### **1.5.-LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.-**

La principal dificultad es la diversificación de las cargas en el sistema eléctrico en estudio, lo que significó un mayor número de pruebas para poder abarcar las mediciones en toda la empresa.

### **1.6.-OBJETIVOS.-**

#### **1.6.1.-Objetivo general.**

El objetivo general de esta investigación es evaluar la calidad de energía eléctrica en la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas.

#### **1.6.2.-Objetivos específicos.**

1. Monitorear la calidad de Energía mediante un analizador trifásico de energía con la finalidad de verificar en sitio si existe fallas o distorsiones en la alimentación eléctrica en los Tableros de control y Pozo.
2. Monitorear la calidad de tensión en el sistema eléctrico de la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas.
3. Cuantificar la demanda de energía eléctrica por sectores de la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1.-ANTECEDENTES.**

##### **Contexto Internacional.-**

BASANTES Y LALALEO, en su tesis denominada *Análisis de la demanda eléctrica para realizar un diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en el Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) de la ciudad de Ambato en el año 2015* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2015. Hizo un análisis de la demanda eléctrica para realizar un diagnóstico de la calidad de la energía eléctrica en el referido Hospital, en la misma el autor plantea soluciones a los problemas posibles que se puedan dar a futuro en sus instalaciones. En la misma se efectúan mediciones de calidad de energía mediante analizador Fluke 1735, el mismo que se instaló en la subestación del referido local y los tableros principales y subtableros. También mediante el uso del software ETAP 12.6.0 se dio a conocer las zonas críticas propensas de fallas para plantear soluciones técnicas del sistema eléctrico aplicable a la corrección de las fallas existentes. El autor determinó la máxima demanda del hospital en 399 kVA (lo que representa una utilización del 49,87% de la potencia del transformador) demostrando un subdimensionamiento del mismo.

Por otra parte, en dicha tesis se aprecia un desbalance aceptable en las fases de alimentación. En cuanto al factor de potencia determinado en el transformador general se determinó un valor de 0,96 (valor aceptable). Es importante mencionar también lo referido a los armónicos existentes en las redes, los cuales se determinaron que estaban dentro de

los límites para el voltaje (inferior al 3%) y, en el caso de los armónicos de corriente exceden el límite permitido (en ocasiones llega a 20%) produciendo pérdidas y mal funcionamiento de los equipos conectados; para esto último el autor recomienda la utilización de filtros sintonizantes simples en las áreas de quirófanos.

DÁVILA, CORONADO Y CERECER, en su artículo de investigación denominada: *Las dimensiones de la calidad del servicio en el proceso de distribución y comercialización de energía eléctrica* (Artículo Científico). México. 2015. Revisa las dimensiones de la calidad del servicio percibida por los clientes de una empresa eléctrica para una investigación a través de un modelo, integrando teorías de SERVQUAL, calidad de salida y servicio de campo. El autor realiza un análisis factorial para evaluar la composición de las dimensiones y el método de ecuaciones estructurales. Se hicieron una muestra de 3 803 usuarios en los estados de Sonora y Sinaloa de la República de México. Esta investigación tiene como objetivo principal permitir conocer de manera amplia la percepción del cliente y correlacionar los constructos permitiendo a la organización, modificar sus procesos en pro de la mejora del servicio.

ARANGO, DECCACHE, BONATTO, ARANGO, RIBEIRO Y SILVEIRA. En su investigación denominada: *Impact of Electricity Theft on Power Quality*. (Artículo Científico). Brasil. 2016. Realizaron un estudio en el cual analizaron el impacto del hurto de energía eléctrica en la calidad de la energía eléctrica. El estudio se centra en el efecto que se tiene sobre capacidad del transformador de distribución y la caída de tensión en estado estable. Se demuestra también el efecto en la caída de tensión en estado estable producto del hurto de energía eléctrica verificándose que para cargas más alejadas del transformador es más sensible a la caída de voltaje. El autor plantea la idea de utilizar un

equipo de detección de robo a través de la variación del nivel de voltaje, la cual podría ser interesante y podría analizarse mejor en trabajos futuros.

GÓMEZ, VIEGO Y RUIZ. En su artículo denominado: *Empleo de Telemedición para Calcular Pérdidas de Transformación Considerando Problemas de Calidad de la Energía* (Artículo Científico). Cuba. 2014. Realiza cálculos de las pérdidas de transformación cuando hay afectaciones de calidad de la energía. El método de cálculo descrito toma en cuenta la variabilidad y asimetría de las cargas, así como la presencia de problemas de calidad de energía (PQ) como por ejemplo el desbalance y variaciones de voltaje. El autor utiliza data obtenida de los sistemas de medición instalados en las subestaciones de distribución y utiliza un enfoque probabilístico. El estudio se enmarca geográficamente en el municipio de Cumanayagua.

El autor refiere como conclusión a su estudio: “Las pérdidas de núcleo han sido planteadas como constantes por los métodos de cálculos rápidos que utilizan las empresas eléctricas, y de igual manera, en estos métodos, el coeficiente de carga para calcular las pérdidas de cobre no se considera por fase, despreciándose el efecto de la asimetría de la carga, así como desviaciones y desbalances de tensión. En la actualidad se ha avanzado en la automatización de las subestaciones de distribución y muchas disponen de Telemedición. Por tanto, con la cantidad de datos disponibles y con la capacidad de cómputo existente no se justifican tales aproximaciones que pueden conducir a errores cercanos al 30 %”.

LONDOÑO, HINCAPIÉ Y GALLEGU. En su artículo científico denominado: *Planeamiento de Redes de Baja Tensión, Utilizando un Modelo Trifásico* (Artículo Científico). Colombia. 2012. Presenta una “metodología para resolver el problema de la expansión del sistema de distribución de baja tensión”. Para dicho trabajo el autor plantea

un algoritmo genético de Chu-Beasley. La metodología propuesta fue aplicada a un sistema de prueba de 54 nodos y 57 líneas propuestas. Se demuestra que la red obtenida presenta adecuados niveles de tensión, equilibrio de corriente entre las fases, bajos niveles de pérdidas y no presenta sobrecargas. Todo ello con fines de planeamiento.

El esquema de codificación planteado en esta investigación, presenta gran atractivo en la solución de este problema debido a su simplificación, al considerar de manera implícita algunas de las restricciones que, facilitan la representación completa de todo el sistema. La técnica de solución empleada es de fácil implementación y presenta resultados de excelente calidad, lo cual se puede verificar, al observar los resultados de las variables consideradas en el modelo matemático. Al final el autor refiere que la finalidad de este artículo es transferir este conocimiento a las empresas del sector eléctrico, por tal razón, recomienda aplicar esta metodología, usando información de redes de distribución suministrada por empresas del sector, y compararla con los resultados obtenidos con los métodos tradicionales.

ROJAS, RIVAS Y JARAMILLO. En el artículo denominado: *Aspectos Técnicos y Normativos para el Monitoreo y Medición de Armónicos* (Artículo Científico). Colombia. 2014. Presenta un “análisis de los parámetros requeridos para un adecuado proceso de monitoreo y medición de armónicos cuando se realiza la calidad de potencia en las redes de energía eléctrica”. El autor inicialmente introduce conceptos básicos de calidad de potencia en las redes de energía eléctrica, luego menciona las normas y recomendaciones de regulación para la calidad de la energía eléctrica en el marco colombiano. Seguido a esto se presentan algunos parámetros importantes que deben ser tenidos en cuenta para una adecuada adquisición y tratamiento de las señales de tensión y corriente tanto en

frecuencia fundamental como en frecuencias armónicas, y se hace énfasis en medición de armónicos, determinación del punto de acople o conexión común (PCC), correcta ubicación de los sensores y registradores, equipos de medición de calidad de potencia, frecuencia de muestreo, intervalos de observación, transductores, medición de armónicos de tensión, medición de armónicos de corriente y condiciones del sistema durante la medición.

TOADER, POSTOLACHE, GOLOVANOV, PORUMB Y MIRCEA. En su artículo denominado: *Power Quality Impact of Energy-Efficient Electric Domestic Appliances*, (Artículo Científico). Rumania. 2014. Analiza el Impacto en la calidad de la energía de los electrodomésticos eléctricos de bajo consumo de energía. Analiza las perturbaciones de calidad de energía producidas en Redes de distribución de energía eléctrica doméstica eficiente. Las conclusiones las sustentan en un estudio de caso.

El suministro monofásico a muchos usuarios domésticos y los sistemas de control electrónico que equipan a la mayoría de los equipos eléctricos dan como resultado la transferencia de importantes perturbaciones de la red pública en forma de armónicos como: conductor de carga neutral; pérdidas adicionales de potencia y energía (activa y reactiva); factores de baja potencia; la carga del conductor neutro conduce tanto al calentamiento del recinto del edificio como a la ineficiencia del edificio en el que está instalado. El suministro monofásico a muchos usuarios domésticos y los sistemas de control electrónico que equipan la mayoría de los equipos eléctricos que resultan en la transferencia de importantes perturbaciones de la red pública en forma de armónicos como: conductor neutro de carga; pérdidas adicionales de potencia y energía (activa y reactiva); factores de baja potencia; la carga del conductor neutro conduce tanto al

calentamiento del recinto del edificio como a la ineficiencia del edificio en el que están instalados.

### **Contexto Nacional.-**

CAYTUIRO, Guillermo. En su tesis denominada *Supervisión Especial para la mejora de la Calidad de Tensión y Suministro en los Usuarios pertenecientes a la Subestación de Distribución 00007S de la Empresa Concesionaria EDELNOR S.A.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. 2014. Describe el tratamiento especial a la calidad de tensión y suministro en la SED 00007S de la empresa concesionaria EDELNOR S.A.A. con la finalidad de mejorar la mala calidad de energía elaborando una metodología que describe el autor. El autor en su investigación redujo a cero la cantidad de usuarios con mala calidad de tensión, logrando el objetivo propuesto. Por otra reduce a 98 la cantidad de usuarios con mala calidad de suministro, lo que equivale al 23% del valor inicial, indicando que en dentro de medio año mejorar dichos indicadores.

Por otra parte demuestra la rentabilidad del proyecto al mejorar la red con un VAN de \$ 411 996,32, un TIR de 54% y una relación costo beneficio igual a 2.

MACHACA, Julio y COILA, Abell. En su tesis denominada: *Estudio y Análisis Experimental de la Calidad del Suministro Eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, Utilizando un Analizador de Redes – 2016.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 2017. Tuvo como propósito “estudiar y analizar experimentalmente la calidad del suministro de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes para luego dar alternativas de optimización del sistema eléctrico”. Los parámetros eléctricos que evaluó el autor fueron: frecuencia, voltaje,



corriente, potencia, factor de potencia, energía, flicker, armónicos de tensión y corriente. Se analizaron 6 subestaciones de distribución. En el análisis efectuado se obtuvo una frecuencia dentro de los niveles normalizados, por otra parte, respecto del voltaje se obtuvo un valor promedio de 231,83V (en el límite establecido por la NTCSE,  $\pm 5\%$ ). El único déficit de la medición realizada es el factor de potencia, en especial la S.E. 01, con un factor de potencia de 0.74; el mayor consumo de energía reactiva se ve reflejada en la S.E. 03 con un valor de 81,037.38 kVAR-h. Considerándose el 41.41% de consumo total de energía reactiva; la alternativa de solución para optimizar costos se obtuvo realizando una compensación con filtros, por motivos que existen también armónicos de corriente. En cuanto a los armónicos de tensión y/o corriente (espectro de armónicos) se pudo observar que los armónicos de tensión tienen un THDv de 2.49% por debajo del 5% de acuerdo a la NTCSE. Sin embargo se aprecia la existencia de armónicas de corriente de orden 3°, 5° y 7° con una distorsión total de la demanda TDD de 5.27%, este dato estuvo por encima del rango permitido de acuerdo a la norma IEE 519-2002. Estos armónicos producen recalentamiento en las máquinas y transformadores tal es el caso de la S.E. 03, la cual también está sobrecargada. Se diseñó filtros acorde al estudio de presencia de armónicos del tipo Filtros Pasivos - LC resonante acorde a la norma IEE Std. 1531-2003. También se elaboró un estudio económico involucrando gastos de consumo de energía reactiva con una inversión de S/. 36,456.89 con un horizonte de 15 años y un tiempo de recupero de 2.01 años.

PALACIOS, Jonatan. En su tesis denominada: *Análisis de Calidad de Energía en Sistemas Críticos de Baja Tensión*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. 2012. Analiza la problemática de la calidad de la energía eléctrica

en sistemas eléctricos principalmente referidos a empresas, industrias, en general a organizaciones o instituciones. El autor explica la importancia de la calidad de la energía eléctrica en estos tipos de cargas, además describe las implicancias de la actual normatividad peruana e internacional relevante al tema. Así también analiza un caso práctico en donde se aplican los criterios y herramientas que ayudan a un sistema eléctrico para que se asegure un nivel de calidad de energía adecuado. Los sistemas críticos de baja tensión más comunes, a los que se llegó como conclusión, son los centros de cómputo, los sistemas de control, los sistemas de soporte de vida, y algunos sistemas especiales, cada uno de ellos cuenta con una problemática diferente y debe realizarse un análisis para proponer un conjunto de mejoras de acuerdo en base a criterios particulares de cada sistema.

En el caso revisado del centro de datos de la clínica privada, este solo cuenta con uno de los dispositivos que ayudan a corregir el problema de calidad de energía, por lo que muchas de las perturbaciones pueden afectar al desempeño actual del sistema eléctrico. La pérdida de servicios del centro de datos de la clínica privada afecta al desempeño normal de la misma, pero no la deja inoperativa, por lo que debería de ser aceptable algún problema eventual en el centro de datos, sin embargo la clínica decidió que el nuevo sistema eléctrico para el nuevo centro de datos sea considerado como una carga crítica de indispensable, que no acepta ningún tipo de perturbación ni problema. Por lo que la solución presentada es la que asegura el mejor funcionamiento para un sistema eléctrico de un centro de cómputo. El presupuesto para implementar toda la solución asciende a \$ 225,458.00.

SANTANA, Lino. En su tesis denominada *Uso eficiente y Mejora de la Calidad de Energía en la Subestación Principal de una Unidad Minera*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. 2013. “Desarrolla un proyecto de modernización del sistema de medición de la subestación principal de una unidad minera, con el fin de obtener un uso eficiente y mejora de la calidad de la energía; logrando de esta manera dar solución a los continuos problemas que padecía la subestación”. Dichos problemas estaban relacionados a paradas innecesarias en la producción, uso inapropiado de la energía, equipos sobredimensionados, operación de equipos fuera de rangos de tolerancia, picos de cargas no críticas, etc. La modernización del sistema de medición representa un retorno rápido y cuantificable de la inversión, a un bajo costo, entregando funcionalidades que devuelven múltiples beneficios financieros. Dicha modernización del sistema de medición y la integración de la información de consumos en tiempo real, representó para SPCC un ahorro de energía anual de 667,916 kWh el cual significa un beneficio económico de 80, 150 US\$ / año.

## **2.2.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.**

En un sistema eléctrico es importante contar con un equilibrio entre sus distintas partes (generación, transmisión y distribución), a efectos de lograr una relación adecuada entre costo y confiabilidad total. De otro modo, la parte menos confiable condicionaría la calidad de suministro, impidiendo el aprovechamiento óptimo de la confiabilidad del resto de las partes.

De acuerdo a estadísticas de operación, en los sistemas de distribución eléctrica se originan la mayor cantidad de interrupciones, lo cual se explica por su naturaleza radial,

su exposición al medio ambiente, la gran cantidad de sus componentes, así como su proximidad a los clientes.

En este contexto, es importante tener en cuenta los aspectos relevantes de dichos sistemas, tales como sus funciones, características, componentes, aspectos operativos y de mantenimiento, así como las características de los mercados eléctricos que sirven, a efectos de un mejor entendimiento de los aspectos vinculados con la confiabilidad de los mismos.

El sistema de distribución eléctrica comprende:

- El sistema de distribución primaria que distribuye la energía eléctrica desde las salidas de las subestaciones de subtransmisión hasta las subestaciones de distribución, a un nivel de tensión mayor a 1 kV y menor a 30 kV, denominado tensión primaria o media tensión.
- Las subestaciones de distribución que transforman la tensión a un nivel menor a través de transformadores con capacidades entre 1,5 kVA hasta 700 kVA.
- El sistema de distribución secundaria que distribuye la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los puntos de entrega de los clientes, a un nivel de tensión de hasta 1 kV, denominado tensión secundaria o baja tensión.

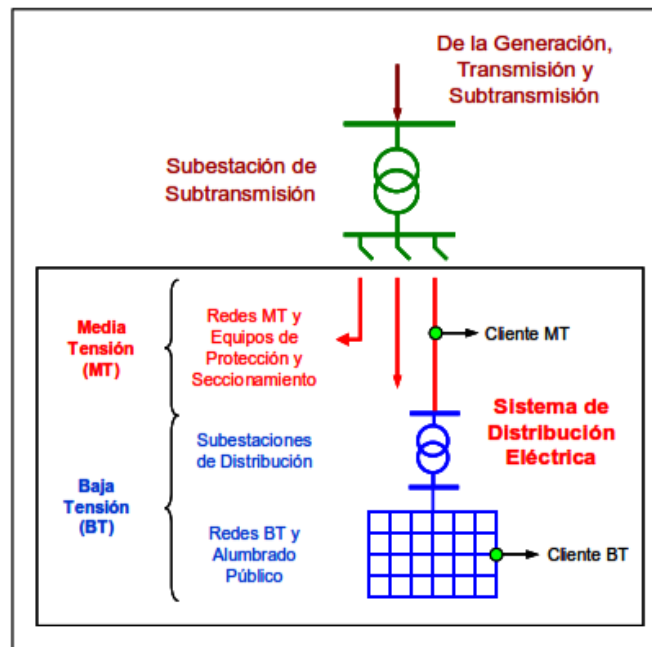


FIGURA 1.- Sistema de Distribución Eléctrica<sup>1</sup>

### 2.2.1.- Sistema de Distribución Primaria.

El sistema de distribución primaria está compuesto por alimentadores que distribuyen la energía eléctrica desde las salidas de las subestaciones de subtransmisión hasta las subestaciones de distribución.

Generalmente, la salida del alimentador es a través de una red subterránea, pasando a una red aérea, denominada troncal, que recorre el área de servicio del alimentador, pudiendo estar conectado a otro alimentador mediante puntos de conexión normalmente abiertos. También es posible tener como troncal una red subterránea, común en zonas de alta densidad de carga o zonas con restricciones de instalación de redes aéreas.

Derivaciones o laterales de la troncal son usados para una mayor cobertura del área de servicio del alimentador. Pueden ser conectados directamente a la troncal pero,

<sup>1</sup> Fuente: Tesis "Análisis de Mejora de la Confiabilidad de los Sistemas de Distribución Eléctrica de Alta Densidad de Carga". Rubén Collantes Véliz.

normalmente, son protegidos con seccionadores fusible, seccionalizadores o reconectadores.

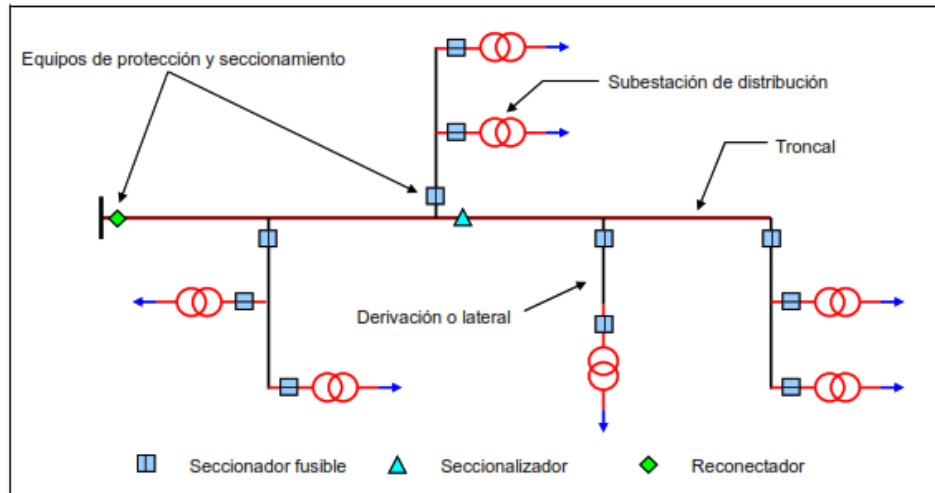


FIGURA 2.- Alimentador de Media tensión<sup>2</sup>

### 2.2.2.- Subestaciones de Distribución.

Las subestaciones de distribución son componentes que transforman la tensión primaria a tensión secundaria. Se caracterizan por su relación de transformación y su capacidad (kVA). Están compuestas de transformadores, con sus respectivos equipos de protección como seccionadores fusible y pararrayos. Los transformadores pueden ser para tramos aéreos (subestaciones monoposte o biposte) o tramos subterráneos (subestaciones convencional, pedestal o bóveda). Pueden servir a clientes en media tensión, habiendo un cliente conectado por subestación, o servir a sistemas de distribución secundaria para la atención de clientes en baja tensión.

<sup>2</sup> Fuente: Tesis “Análisis de Mejora de la Confiabilidad de los Sistemas de Distribución Eléctrica de Alta Densidad de Carga”. Rubén Collantes Véliz.

### 2.2.3.- Sistema de Distribución Secundaria.

Los sistemas de distribución secundaria conectan las subestaciones de distribución con los puntos de entrega de los clientes. Se componen de circuitos radiales que pueden ser tramos aéreos o subterráneos, con componentes similares a los del sistema de distribución primaria pero de uso en baja tensión. En algunos casos, los clientes se conectan directamente a la subestación de distribución, no siendo necesario un sistema de distribución secundaria. En la mayoría de los casos, los clientes se conectan a redes en baja tensión que recorren el área de servicio de la subestación. También, se conectan las cargas del alumbrado público para la iluminación de vías, plazas, parques, etc.

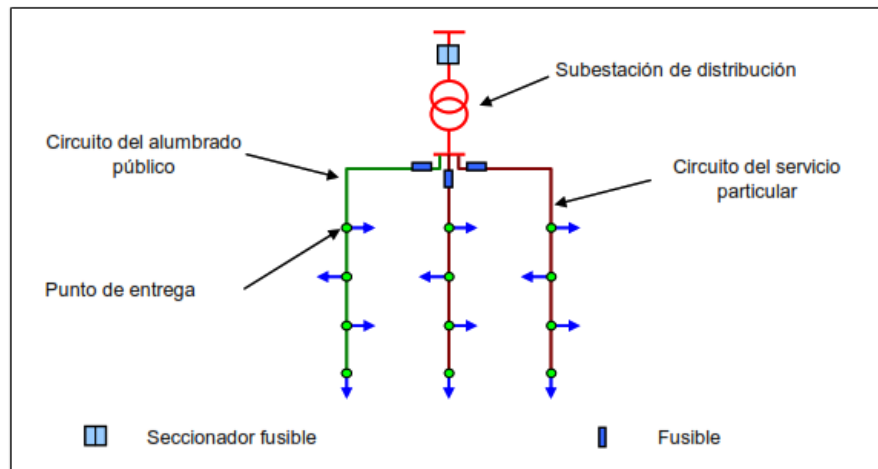


FIGURA 3.- Sistema de Distribución Secundaria<sup>3</sup>

### 2.3.- CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

De acuerdo con el Estándar IEEE 1100 – 2005 (Pág. 10), se entiende por *calidad de la potencia eléctrica* (Power Quality): El concepto de alimentar y poner a tierra equipo

<sup>3</sup> Fuente: Tesis “Análisis de Mejora de la Confiabilidad de los Sistemas de Distribución Eléctrica de Alta Densidad de Carga”. Rubén Collantes Véliz.

electrónico de manera que sea adecuado para la operación de dicho equipo y compatible con el sistema de alambrado del local y con otro equipo conectado. Definición un tanto limitante puesto que sólo considera como dispositivos a proteger los equipos electrónicos.

En Sankaran (2002) se lee: Calidad de la potencia es un conjunto de límites eléctricos que permiten a una pieza de equipo funcionar de la manera pretendida sin pérdida significativa de funcionamiento. (p. 1)

Para Enríquez Harper (2004), calidad de la energía eléctrica se puede definir como:

“una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje rms suministrado al usuario [...] el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado del sistema de las compañías suministradoras de energía eléctrica...”. (p. 21).

Por otra parte, en Dungan y otros autores (2004) se observa que dichos autores indican que la calidad del suministro es equivalente a la calidad del voltaje de alimentación, por lo que el voltaje de calidad buena estará determinado por: el Valor RMS del voltaje constante (voltaje nominal), Frecuencia constante (frecuencia nominal), Poca distorsión armónica, Señales sin ruido, No se aprecian muescas y/o transitorios y Desbalance dentro de los límites en voltajes trifásicos. (p. 5).

La razón por la cual se toma la calidad del voltaje como referencia de la calidad del suministro es porque solamente se puede controlar la calidad del voltaje, ya que la corriente de las cargas no se puede controlar. Por lo tanto, el control de la calidad de la



energía está dedicado principalmente a mantener el voltaje de alimentación dentro de límites establecidos por las normas internacionales y locales en cada país.

De acuerdo a Machaca (2017) para contar con una buena calidad de energía eléctrica existen 4 parámetros o condiciones que deben cumplirse:

1. Debe existir un suministro eléctrico continuo (continuidad sin interrupciones).
2. El voltaje debe encontrarse en los rangos permisibles.
3. La frecuencia de la energía debe ser estable.
4. La energía eléctrica debe tener una forma de onda sinusoidal. (p. 29).

#### **2.4.- IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

Para Machaca (2017) la importancia de la calidad de energía radica en:

... es el primer y más importante paso para identificar y solucionar problemas del sistema de potencia. Los problemas eléctricos pueden dañar el comportamiento del equipo y reducir su confiabilidad, disminuir la productividad y la rentabilidad e incluso puede poner en peligro la seguridad del personal si permanecen sin corregirse. (p. 30)

#### **2.5.- CAUSAS DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

La mala calidad de energía eléctrica se puede deber principalmente dos factores, los mismos que se describen a continuación: En primer lugar, se tiene como una de las causas el mal diseño de las redes que alimentan a la instalación, la cual tendría incidencia principalmente en la calidad del voltaje de suministro a la instalación.

Por otra parte, la presencia de cargas no lineales, las cuales distorsionan la onda de voltaje, en este tipo de cargas destacan los componentes electrónicos como computadores,

variadores de frecuencia para arranque de motores, balastos electrónicos en el control de encendido, entre otros.

## **2.6.- EFECTOS DE LA MALA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

Los efectos ocasionados por la mala calidad de la energía la podemos clasificar en dos tipos: efectos técnicos y efectos económicos:

### **Efectos Técnicos**

Los efectos técnicos redundan en una pérdida del rendimiento de la instalación, los mismos que se pueden clasificar en:

- Pérdidas de capacidad de transporte en las redes de distribución de energía.
- Sobrecarga de transformadores, debido al incremento de la corriente.
- Sobrecarga en conductores eléctricos.
- Caída de tensión elevada.
- Pérdidas magnéticas en máquinas eléctricas.

### **Efectos Económicos**

Igualmente se pueden clasificar en costos visibles y ocultos:

#### **Costos visibles:**

- Mayor consumo eléctrico.
- Puntas de consumo eléctrico.
- Recargo o pago de energía reactiva.

#### **Costos ocultos:**

- Pérdidas de distribución.
- Pérdidas de potencia y energía (por efecto joule y magnéticas).
- Ampliación de las instalaciones.

- Paradas de los procesos productivos.

Todos estos fenómenos pueden encontrarse en menor o mayor proporción en función de la propia instalación y de las cargas conectadas (Serra, 2009).

## **2.7.- ENERGÍA ELÉCTRICA.**

Se conoce como energía eléctrica aquella energía que mediante un conductor eléctrico hace circular la corriente después de habersele aplicado una diferencia de potencial. La energía eléctrica tiene la propiedad de que puede ser transformada en otros tipos de energía, ya sea mecánica, térmica o luz visible. Se encuentra libre en la naturaleza, como es por ejemplo las tormentas eléctricas. La electricidad no tiene una función biológica en los seres humanos, aunque con frecuencia es utilizada en la medicina, resultando ser algo peligroso. La energía eléctrica es de mucha utilidad en el mundo donde nos desenvolvemos, debido a la facilidad como la misma puede convertirse en otras formas de energía. Se manifiesta como una corriente eléctrica de electrones que trasladan a través de un cable conductor, como consecuencia de la aplicación de una diferencia de potencial por un generador. Siendo ésta, una actividad básica para la vida y forma parte de los requisitos del hombre.

Para medir la energía eléctrica se emplea la unidad kilovatio-hora (kWh) que se define como el trabajo realizado durante una hora por una máquina que tiene una potencia de un kilovatio (kW).

## **2.8.- CALIDAD DEL SERVICIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

De acuerdo a lo indicado por el Osinergmin, La calidad de servicio de energía eléctrica es el conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro eléctrico exigible en las normas técnicas y legales para el cumplimiento de las empresas eléctricas.

En ese sentido, para asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos, el Ministerio de Energía y Minas dictó normas para el desarrollo de las actividades de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica, con la finalidad de garantizar a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno. Procedimiento aplicable: [N° 686-2008-OS/CD](#).

El término de calidad de energía lo utilizamos para referirnos al estándar de calidad que debe tener y mantener el suministro de energía eléctrica en las instalaciones eléctricas, en términos de: Tensión o voltaje constante, forma de onda sinusoidal y Frecuencia constante.

Los parámetros de calidad de [producto](#) definidos por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, son los siguientes: Tensión: Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el 5.0% de las tensiones nominales de tales puntos.

Como es conocido, la norma técnica utilizada en el país para verificar y establecer los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, es la ***Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos***. En adelante describiremos a dicha norma mediante las siglas ***NTCSE***.

En la citada Norma (NTCSE) se presentan los principales parámetros de tensión y sus correspondientes márgenes de desviación permisibles en el punto de acoplamiento del usuario en sistemas públicos de distribución de electricidad tanto para baja tensión (BT) como para media tensión (MT). Existen también normas internacionales que toman en cuenta criterios similares para verificar la calidad de la energía, tal es el caso de las normas

EN 50160 y la IEC 61000. A continuación se hace un resumen de los principales requisitos que toman en cuenta las citadas EN 50160 y la IEC 61000.

Por otra parte, luego de una breve revisión de los principales aspectos que toma en cuenta la NTCSE y las citadas normas EN 50160 y la IEC 61000, se puede concluir que la NTCSE tiene aspectos muy similares a la norma EN 50160 y si bien es cierto la norma técnica peruana deja de lado muchos aspectos importantes para verificar la calidad de la energía tiene mucha similitud con la mencionada líneas arriba. Entre los criterios similares podemos encontrar: la frecuencia, variaciones de tensión, las interrupciones, los armónicos de tensión; sin embargo se puede notar que las tolerancias de los indicadores, los intervalos y los rangos de medición no son los mismos.

Tabla 1.- Requisitos de tensión según Norma EN 50160 y su comparación respecto a la IEC 61000.

No	Parámetro	Características de la tensión de entrada según la Norma EN 50160	Características de Baja Tensión según la serie EN 61000 de EMC	
			EN 61000-2-2	Otras normas
1	Frecuencia	BT, MT: valor medio de la fundamental medida a lo largo de 10 seg. ±1% (49,5 – 50,5 Hz) durante el 99,5% de la semana - 6%/+4% (47 – 52 Hz) durante el 100% de la semana	2%	
2	Variaciones de la tensión suministrada	BT, MT: ±10% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos (Figura 1)		±10% aplicado durante 15 minutos
3	Cambios bruscos de tensión	BT: 5% normal 10% infrecuente Pst ≤ 1 para el 95% de la semana MT: 4% normal 6% infrecuente Pst ≤ 1 para el 95% de la semana	3% normal 8% infrecuente Pst < 1,0 Pit < 0,8	3% normal 4% máximo Pst < 1,0 Pit < 0,65 (EN 61000-6-1, 6-2) hasta 60% durante 1000 ms (EN 61000-6-2)
4	Huecos en la tensión suministrada.	La mayoría: duración <1 seg., caída <60% Caídas locales limitadas causadas por una carga al conectarse: BT: 10 – 50%, MT: 10 – 50% (Figura 1)	Zonas urbanas: 1 – 4 meses	Hasta el 30% durante 10 ms Hasta el 60% durante 100 ms (EN 61000-6-1, 6-2) hasta 60% durante 1000 ms (EN 61000-6-2)
5	Interrupción breve de la tensión de suministro	BT, MT: (hasta 3 minutos) Pocas decenas – pocas centenas / año Duración del 70% de las interrupciones < 1 seg.		Reducción del 95% durante 5 seg. (EN 61000-6-1, 6-2)
6	Interrupción prolongada de la tensión de suministro	BT, MT: (mayor de 3 minutos) <10 – 50/año		
7	Sobretensión temporal a la frecuencia de la red	BT: <1,5 kV rms MT: 1,7 Uc (directamente a tierra o a través de una impedancia) 2,0 Uc (sin toma de tierra o tierra compensada)		
8	Sobretensiones transitorias	BT: generalmente < 6kV, ocasionalmente mayor, tiempo de subida: ms - µs. MT: No definido		± 2 kV, fase a tierra ± 1 kV, fase a fase 1,2/50(8/20) Tr/Th µs (EN 61000-2-12)
9	Desequilibrio de tensión de suministro	BT, MT hasta 2% durante el 95% de la semana, media de valores eficaces medidos en periodos de 10 minutos, hasta el 3% en algunos lugares	2%	2% (IEC 61000-2-12)
10	Tensión armónica	BT, MT: véase Tabla 2	6%-5%; 5%-7%; 3,5%-11%; 3%-13%; THD < 8%	5%-3%; 6%-5%; 5%-7%; 1,5%-9%; 3,5%-11%; 3%-13%; 0,3%-15%; 2%-17% (EN 61000-3-2)
11	Tensión interarmónica	BT, MT: en estudio	0.2%	

Fuente: Norma EN 50160 y IEC 61000

Tabla 2.- Valores de las tensiones armónicas individuales en los terminales de entrada para órdenes de hasta 25, dados en porcentaje de Un.

Armónicos impares				Armónicos pares	
No múltiplos de 3		Múltiplos de 3			
Orden $h$	Tensión relativa (%)	Orden $h$	Tensión relativa (%)	Orden $h$	Tensión relativa (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 .... 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1.5				
23	1.5				
25	1.5				

Fuente: Norma EN 50160

En la norma NTCSE para la medición de la calidad del producto considera que el lapso mínimo de medición de un parámetro es de siete (7) días calendarios continuos. En cada período de medición, los valores instantáneos de los parámetros de la calidad de producto son medidos y promediados por intervalos de quince (15) minutos para la tensión y frecuencia. Denominándose a estos períodos “intervalos de medición”.

El indicador de calidad para evaluar la tensión de entrega, en un intervalo de medición ( $k$ ) de quince (15) minutos de duración, es la diferencia ( $\Delta V_k$ ) entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega ( $V_k$ ) y el valor de la tensión nominal ( $V_N$ ) del mismo punto. La expresión respectiva es la siguiente:

$$\Delta V_k = \frac{(V_k - V_N)}{V_N} \times 100\%$$

La NTCSE (1999) las tolerancias y mala calidad las indica así:

... Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el  $\pm 7.5\%$ . Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del período de medición. (p. 12).

## **2.9.- PARÁMETROS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

- a) **Frecuencia:** Es el número de ciclos que se producen en un segundo. Se mide en Hertz (Hz) o en ciclos por segundo. En nuestro país las redes operan a una frecuencia normalizada de 60 Hz.
- b) **Tensión o Voltaje:** Magnitud física que determina la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Su unidad es el voltio o volt (V).
- c) **Fluctuaciones de Tensión Flicker:** Las fluctuaciones de tensión son variaciones periódicas de amplitud o frecuencia, en la red eléctrica. Su duración va desde varios milisegundos hasta los 10 segundos y con una amplitud no superior al 10% del valor nominal. El término flicker proviene de las fluctuaciones de tensión, que resultan ser percibidas por el ojo humano como una especie de “parpadeo” en lámparas, bombillos y otros tipos de iluminación. Para ser técnicamente correctos, la fluctuación de tensión es un fenómeno electromagnético, mientras que el “flicker” es un resultado indeseable de la fluctuación de tensión en algunas cargas. Sin embargo, los dos términos están frecuentemente relacionados en estándares. Los flicker se producen, por cargas que



muestran una rápida y continua variación en la corriente de carga, particularmente en la componente reactiva (capacitancias e inductancias), como pueden ser soldadoras eléctricas, hornos de arco, arranque de grandes motores, etc.

- d) Armónicos:** Los armónicos son distorsiones de las ondas senoidales de tensión y/o corriente, cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de alimentación. Que, para el caso de nuestro país, la frecuencia fundamental es de 60 Hz, por lo tanto, la segunda armónica será de 120 Hz, la tercera de 180 Hz, etc. Las formas de onda distorsionadas se pueden descomponer, con el análisis de Fourier, resultando la suma de una componente fundamental más las componentes armónicas.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1.-TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

En el presente trabajo de investigación es importante describir los criterios seguidos de investigación que nos permitió desarrollar y concluir con éxito el proyecto, los cuales son los siguientes.

- a) Investigación Explicativa:** Porque permitió analizar e interpretar su comportamiento para la solución del problema; descubriendo las causas directas del problema central que es la mejora de la calidad de energía.
- b) Investigación Aplicada:** Este trabajo de investigación está orientado a evaluar la calidad de energía en el sistema eléctrico de la empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas.
- c) Investigación Descriptiva:** En la elaboración del presente trabajo de investigación se realizó el análisis de la calidad de energía eléctrica de las instalaciones de la empresa agrícola.

#### **3.2.-POBLACIÓN Y MUESTRA.**

La población y muestra vino a ser la misma que la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas.

#### **3.3.-FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

Mediante el estudio de calidad de energía eléctrica a la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas se mejorará su producción.

### 3.4.-VARIABLES- OPERACIONALIZACIÓN.

La definición operacional de las variables es el proceso mediante el cual se establecen los procedimientos empíricos que permiten la obtención de datos de la realidad para verificar las hipótesis y solucionar el problema.

En nuestro caso la variable independiente es la energía eléctrica y la variable dependiente es el problema de mejora de la calidad de energía eléctrica.

A continuación se muestra el cuadro de las variables y su operacionalización consideradas en el presente proyecto de investigación.

Tabla 3.-Descripción de la variable dependiente e independiente.

VARIABLE	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTOS	INDICADORES
<b>Independiente</b>	Energía Eléctrica	Forma de <b>energía</b> que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos	Analizador de redes	Horas Pico Sol (HPS)
<b>Dependiente</b>	Calidad de energía	Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas , en términos de: Tensión o voltaje constante.	Analizador de redes	Tensión
				Corriente.
				Armónicos
				Flickers
				Frecuencia
<b>Localización</b>	Empresa Agrícola Pampa Baja Sac Olmos - Tierras Nuevas	Empresa Agrícola Pampa Baja Sac Olmos - Tierras Nuevas	Google Earth.	

### **3.5.-METODOS Y TECNICAS DE INVESTIGACION.**

#### **3.5.1.-Métodos de investigación**

- a) **Analítico:** Porque se ha realizado el estudio de la calidad de energía eléctrica con propósitos de analizar su impacto en la producción de Empresa Agrícola Pampa Baja Sac Olmos - Tierras Nuevas.
- b) **Deductivo:** Utilizamos este método porque se han considerado características de la calidad de energía eléctrica.
- c) **Comparativo:** Porque ha permitido conocer los hechos de la realidad, estableciendo diferencias entre lo indicado en normas y los valores obtenidos en planta.

#### **3.5.2.-Técnicas de investigación.**

- a) **Observación:** Se aplicó la técnica de observación focalizada, que consistió en observar y registrar al detalle las características eléctricas de las cargas existentes; estos datos fueron registrados por el investigador, que posteriormente fueron utilizados en el trabajo de investigación.
- b) **Fichaje:** Consistió en registrar los datos que se fueron obteniendo en los instrumentos analizador de redes.

### **3.6.-DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS.**

Estos instrumentos permitieron recoger y registrar los datos observables de la investigación. Para registrar la información de campo se utilizó un formato (ficha técnica) ya establecido por el autor responsable de la investigación.

Tabla 4: Técnicas e instrumentos en la investigación.

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación	Cuaderno de apuntes
Fichaje	Formatos: -F001: Registro de visita técnica. -F002: Registro de equipos eléctricos. -F003: Registro de instalación.

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.7.-ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.**

El análisis estadístico y la interpretación de los datos es una de las etapas más importantes en la investigación, porque aquí es donde se proyecta a las conclusiones.

La información obtenida en el presente trabajo de investigación, como son datos obtenidos mediante analizador de redes, se han organizado en tablas y gráficas de barras utilizando el MS Excel, gracias a ello se ha podido determinar a dar posibles respuestas al problema planteado.

Una medida de tendencia central que se ha utilizado es la media aritmética, la cual permitió expresar en forma resumida los datos de energía eléctrica.

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1.-PROPUESTA DE ESTUDIO.**

El estudio de calidad de energía está relacionada con el análisis de las perturbaciones electromagnéticas y eléctricas que puedan afectar las condiciones eléctricas de un suministro (tensión y/o corriente) y ocasionar el mal funcionamiento o daño de equipos eléctricos y/o electrónicos de la instalación.

En la Norma Técnica De Calidad De Los Servicios Eléctricos se establece los aspectos, parámetros e indicadores sobre los que se evalúa la Calidad del Servicio de la Electricidad. Se especifica la cantidad mínima de puntos y condiciones de medición. Se fijan las tolerancias y las respectivas compensaciones y/o multas por incumplimiento. Asimismo, se establecen las obligaciones de las entidades involucradas directa o indirectamente en la prestación y uso de este servicio en lo que se refiere al control de la calidad y en lo relacionado a la tensión (calidad de producto). En la presente Normativa Peruana indica las tolerancias que se debe tener en cuenta para una buena calidad de energía-tensión estableciendo las tolerancias de la calidad de producto: TÍTULO QUINTO 5. CALIDAD DE PRODUCTO 5.1.2 Tolerancias. - Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el  $\pm 7.5\%$ . Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad,

si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas en este literal, por un tiempo superior al cinco por ciento (5%) del período de medición.

El presente estudio nos permitirá verificar la calidad del servicio con la finalidad de proteger y brindar confiabilidad a las cargas; así como también planificar, operar y supervisar los niveles de calidad según la NTCSE (Norma Técnica De Calidad De Los Servicios Eléctricos).

#### **4.2.-DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS.**

El presente estudio para determinar el cumplimiento de las normas relevantes a la calidad del servicio fue realizado en la Empresa Agrícola Pampa Baja Sac Olmos - Tierras Nuevas. Las pruebas respectivas para la obtención de datos se siguieron de acuerdo a las siguientes fechas y zonas de instalación:

Instalación y Pruebas: 10-04-19

- 01ra Medición: 11-04-19, de 8am a 12mm/R1 (P,V,I - Transf. 1)
- 02da Medición: 11-04-19, de 1pm a 5pm/R3 (P,V,I - Transf. 1)
- 03ra Medición: 12-04-19, de 8am a 12mm/R1 (P,V,I - Transf. 2)
- 04ta Medición: 12-04-19, de 1pm a 5pm/R3 (P,V,I - Transf. 2)
- 05ta Medición: 13-04-19, de 8am a 11am/R1 (ARM - Transf. 1 y 2)
- 06ta Medición: 13-04-19, de 1pm a 4pm/R3 (ARM - Transf. 1 y 2)
- 07ma Medición: 14-04-19, de 8am a 12mm/R2 (P,V,I - Transf. 1)
- 08va Medición: 14-04-19, de 1pm a 2pm/POZO (P,V,I - Transf. 1)
- 09na Medición: 15-04-19, de 8am a 12mm/R2 (P,V,I - Transf. 2)
- 10ma Medición: 15-04-19, de 1pm a 2pm/POZO(ARM - Transf. 1)
- 11va Medición: 16-04-19, de 8am a 11am/R2(ARM - Transf. 1 y 2)

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1.- ASPECTOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.**

El objetivo de nuestro estudio fue monitorear la calidad de Energía mediante un analizador trifásico de energía con la finalidad de verificar en sitio si existen fallas o distorsiones en la alimentación eléctrica en los Tableros de control y Pozo.

##### **5.1.1.- Lugar de la instalación**

- Empresa: Empresa Agrícola Pampa Baja S.A.C
- Lugar: Olmos – Tierras Nuevas
- Medición: Tableros de Filtrados 1, 2, 3 y Pozo

##### **5.1.2.- Programación de pruebas**

Las pruebas se realizaron siguiendo la siguiente programación y lugares de instalación, en donde las pruebas de funcionamiento de equipos se realizaron el 10 de abril del 2019:

- 01ra Medición: 11-04-19, de 8am a 12mm/R1 (P,V,I - Transf. 1)
- 02da Medición: 11-04-19, de 1pm a 5pm/R3 (P,V,I - Transf. 1)
- 03ra Medición: 12-04-19, de 8am a 12mm/R1 (P,V,I - Transf. 2)
- 04ta Medición: 12-04-19, de 1pm a 5pm/R3 (P,V,I - Transf. 2)
- 05ta Medición: 13-04-19, de 8am a 11am/R1 (ARM - Transf. 1 y 2)
- 06ta Medición: 13-04-19, de 1pm a 4pm/R3 (ARM - Transf. 1 y 2)
- 07ma Medición: 14-04-19, de 8am a 12mm/R2 (P,V,I - Transf. 1)
- 08va Medición: 14-04-19, de 1pm a 2pm/POZO (P,V,I - Transf. 1)
- 09na Medición: 15-04-19, de 8am a 12mm/R2 (P,V,I - Transf. 2)
- 10ma Medición: 15-04-19, de 1pm a 2pm/POZO(ARM - Transf. 1)



- 11va Medición: 16-04-19, de 8am a 11am/R2(ARM - Transf. 1 y 2)

### 5.1.3.- Descripción de características del equipo de pruebas

Equipo analizador de redes utilizado:

- Marca : Extech
- Modelo : 382095
- N° de Serie : 09150235



FIGURA 4.- Analizador de redes empleado<sup>4</sup>

Las características técnicas del equipo empleado se muestran a continuación:

- Análisis de 3P4W, 3P3W, 1P2W, 1P3W.
- Valor eficaz verdadero (V123 y I123).
- Potencia activa (W, KW, MW, GW).
- Potencia aparente y reactiva (KVA, KVAR).
- Factor de potencia (PF), ángulo de fase (F).
- Energía (WH, KWH, KVARH, PFH).
- Medición de corriente desde 0.1mA a 1000A, capaz de analizar desde el consumo de la potencia de reserva IT hasta el consumo máximo de una fábrica.
- Visualización de 35 parámetros en una pantalla (3P4W).
- Relaciones de Transformador de Corriente CT (1 a 600) y Transformador de Potencia PT (1 a 3000) programables.

<sup>4</sup> Fuente: Extech series – elaboración propia.

- Visualización de la potencia de solapamiento y la forma de onda de corriente.
- Consumo máximo (MD KW, MW, KVA, MVA) con período programable.
- Análisis armónico (V123 y I123) al orden 99.
- Visualización de 50 armónicos en una pantalla con forma de onda.
- Visualización de forma de onda con valores máximos (1024 muestra / período).
- Análisis de distorsión armónica total (THD-F).
- Gráfico de diagrama de fase con parámetros de sistema trifásico.
- Captura de 28 eventos transitorios (Tiempo + Ciclos) con umbral programable (%).
- La ENCAPSULACIÓN, ONDULACIÓN e INTERRUPCIÓN se incluyen en los eventos transitorios.
- Relación de desequilibrio de tensión o corriente trifásica (VUR, IUR).
- Factor de desequilibrio de tensión o corriente trifásica (d0%, d2%).
- Corriente desequilibrada calculada a través de la línea neutral (In).
- Memoria de 512K con intervalo programables (tiempo de muestreo de 2 a 6000 segundos, tiempo de lectura de 4.7 horas a 1180 días para el sistema 3P4W).
- Salida de forma de onda, parámetros de potencia y armónicos sobre orden.
- Pantalla LCD retro iluminada, con amplia visualización por matriz de puntos.
- Interface óptica aislada RS-232C.

## **5.2.- DETALLES DE MEDICIONES.**

### **5.2.1.- Consideraciones generales de medición**

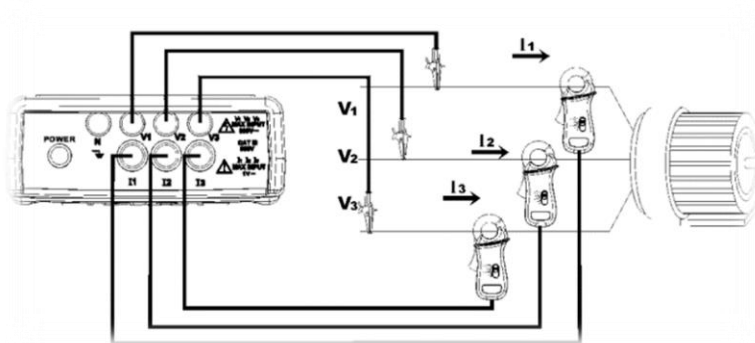
- El estudio de calidad de energía está relacionada con el análisis de las perturbaciones electromagnéticas y eléctricas que puedan afectar las condiciones eléctricas de un suministro (tensión y/o corriente) y ocasionar el mal funcionamiento o daño de equipos eléctricos y/o electrónicos de la instalación.
- El presente estudio nos permitirá verificar la calidad del servicio con la finalidad de proteger y brindar confiabilidad a las cargas; así como también planificar, operar y

supervisar los niveles de calidad según la NTCSE (Norma Técnica De Calidad De Los Servicios Eléctricos).

### 5.2.2.- Consideraciones de la instalación del equipo

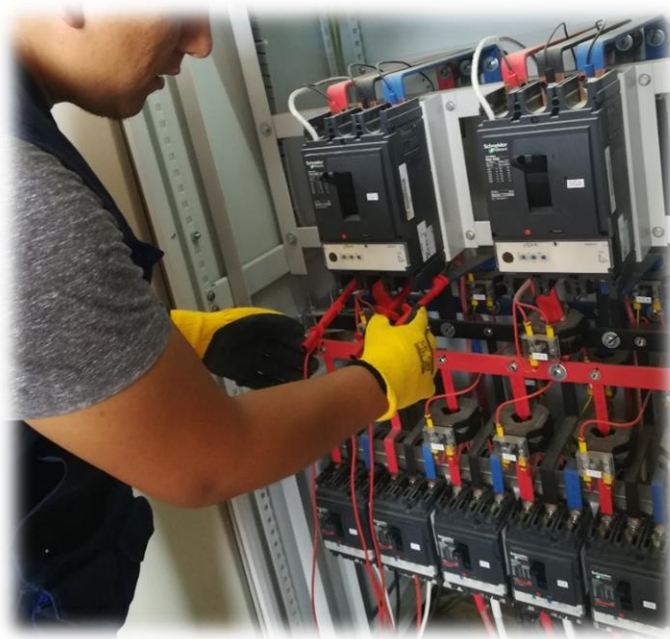
- La instalación de equipos se ha realizado teniendo en cuenta el diagrama unifilar de la instalación.
- La instalación se ha realizado bajo las normas de seguridad adecuadas, utilizando equipos de protección frente a riesgos eléctricos, garantizando además la seguridad de la propia instalación.
- El equipo se instaló a la llegada de la acometida eléctrica en Media Tensión a los tableros Generales de los Filtrados según lo siguiente:
  - Voltaje de entrada: 460 Vac
  - Fases: 3
  - Frecuencia: 60 Hz

FIGURA 5.- Diagrama de conexión de equipos de medición



- Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 6.- Instalación de equipos de medición



Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.3.- Tiempos de registros

Con el equipo instalado se realizaron medidas de parámetros eléctricos, tales como registros de voltaje, corriente, potencias; así como muestras de armónicos.

FIGURA 7.- Vista de pantalla de registro de equipos de medición



Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.- ANÁLISIS DE MEDICIONES.

Mediante la información obtenida con el analizador de Energía se ha registrado lo siguiente:

#### 5.2.1.- Mediciones de voltaje, intensidad y potencias en los tres reservorios y pozo

##### 5.2.1.1.- Reservorio 1 (P, V, I – Transformador 1 y 2)

FIGURA 8.- Vista de reservorio N° 01



Fuente: Empresa Agrícola Pampa Baja S.A.C

#### a. Transformador 1 (11-04-19/ de 8am a 12m):

##### • Análisis de las Mediciones Eléctricas:

Tabla 5: Mediciones P, V, I en reservorio N° 1 – Transformador 1.

R1-T1	V12(V)	V23(V)	V31(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)	W_SYS(KW)	VA_SYS(KVA)	VAR_SYS(KVAR)	PF_SYS
VAL. MIN.	429.90	410.70	432.60	102.00	102.30	101.10	57.30	79.60	-163.50	0.58
VAL. PROM.	446.74	445.50	447.18	213.38	213.11	213.40	142.09	164.25	-82.34	0.86
VAL. MAX.	465.10	464.80	465.20	291.70	309.50	319.50	163.50	228.30	-37.90	0.88

Fuente: Elaboración Propia

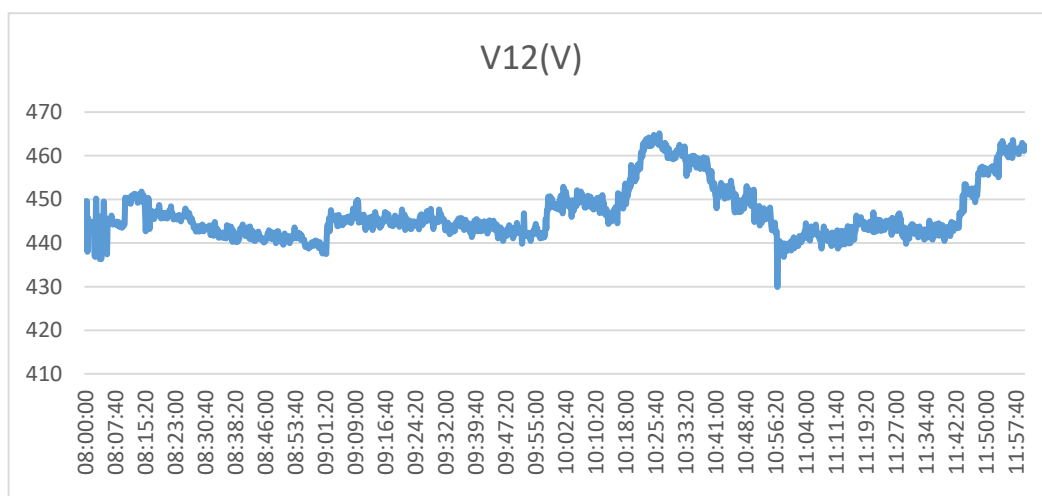
FIGURA 9.- Vista de instalación de equipos en reservorio N° 01

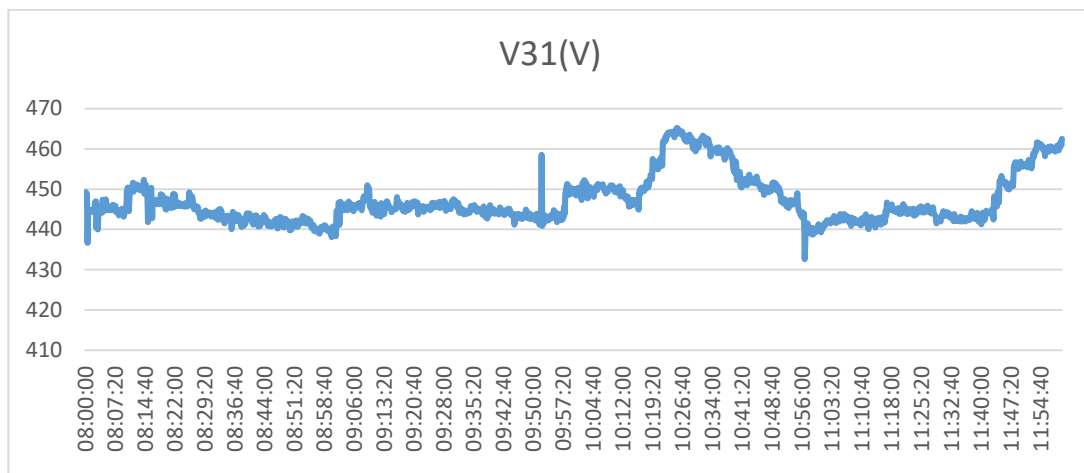
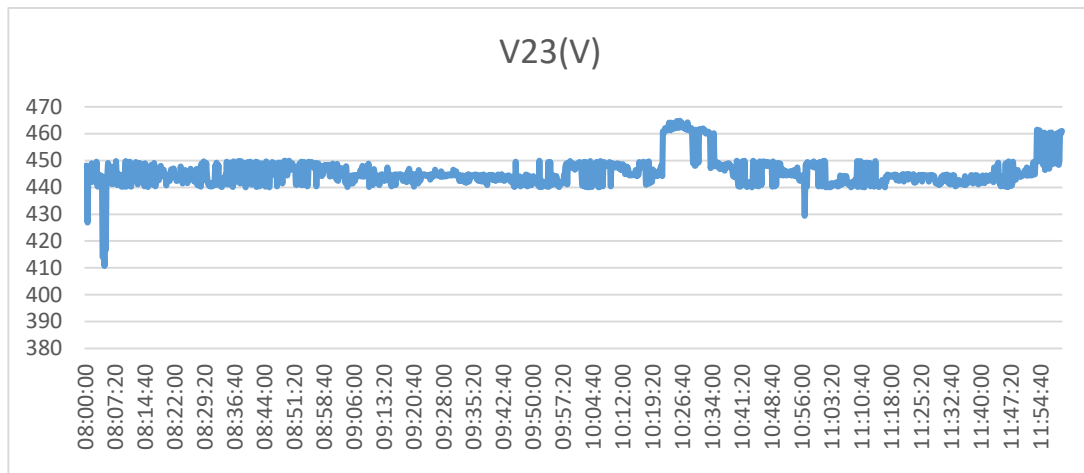


**Fuente:** Empresa Agrícola Pampa Baja S.A.C

- **Tendencia de Voltajes:**

FIGURA 10.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 1 – Transf. 1.





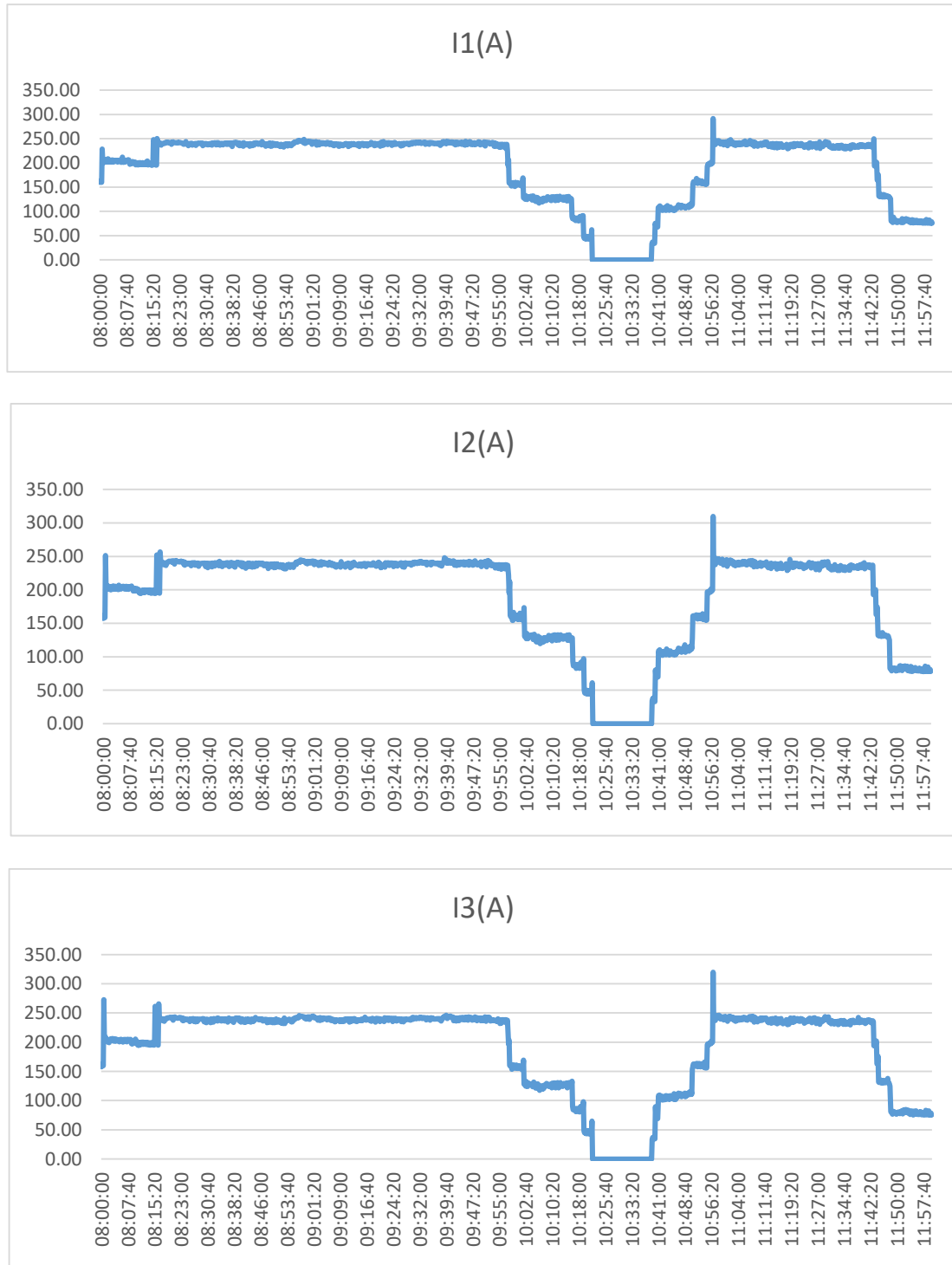
**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Voltajes:**

Durante el día 11 de abril se observa variaciones de voltaje desde los 410.7Vac hasta los 465.2Vac que corresponde a un 12.0% máximo lo cual no se encuentra dentro del rango establecido por la NTCSE del +/-5% que corresponde al rango del mínimo 437Vac hasta 483Vac.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 11.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 1 – Transf. 1.



Fuente: Elaboración propia

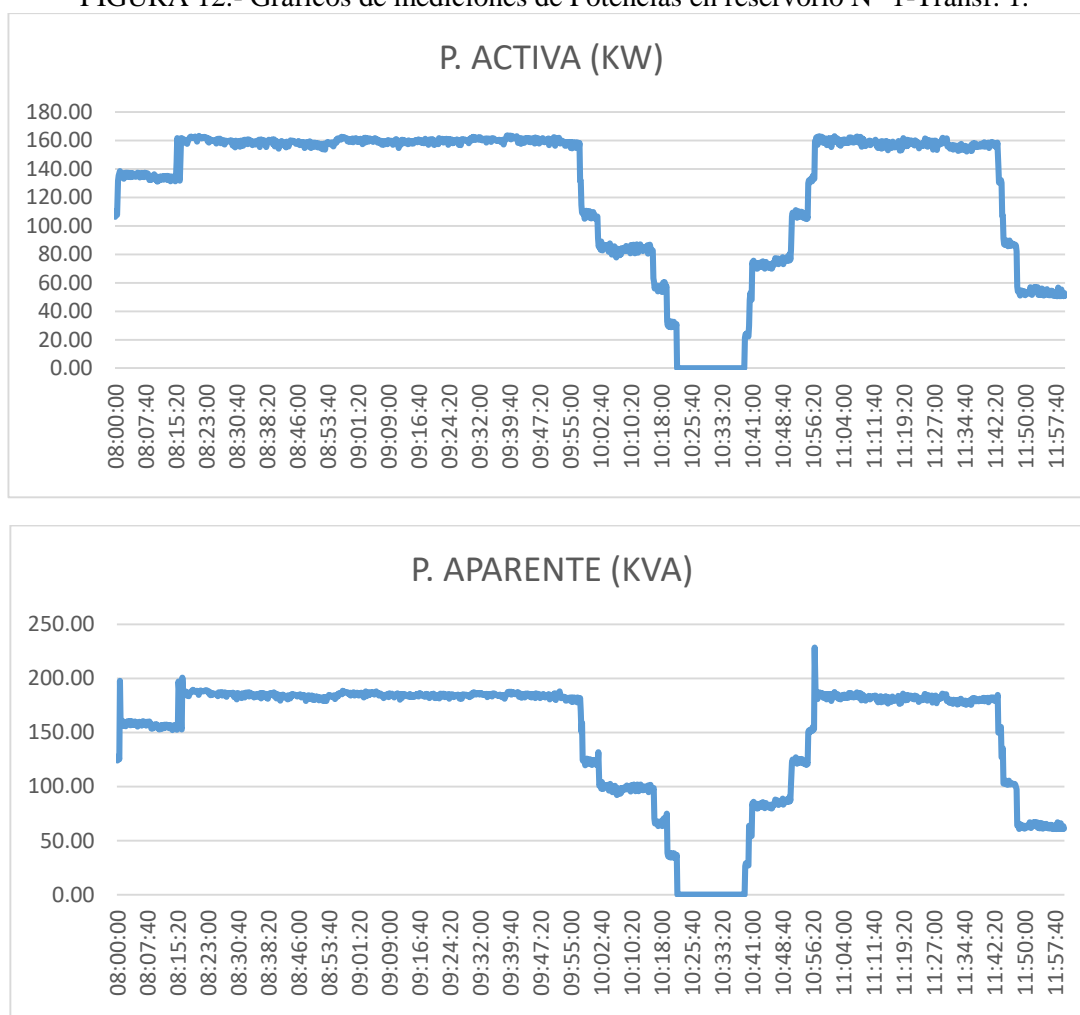


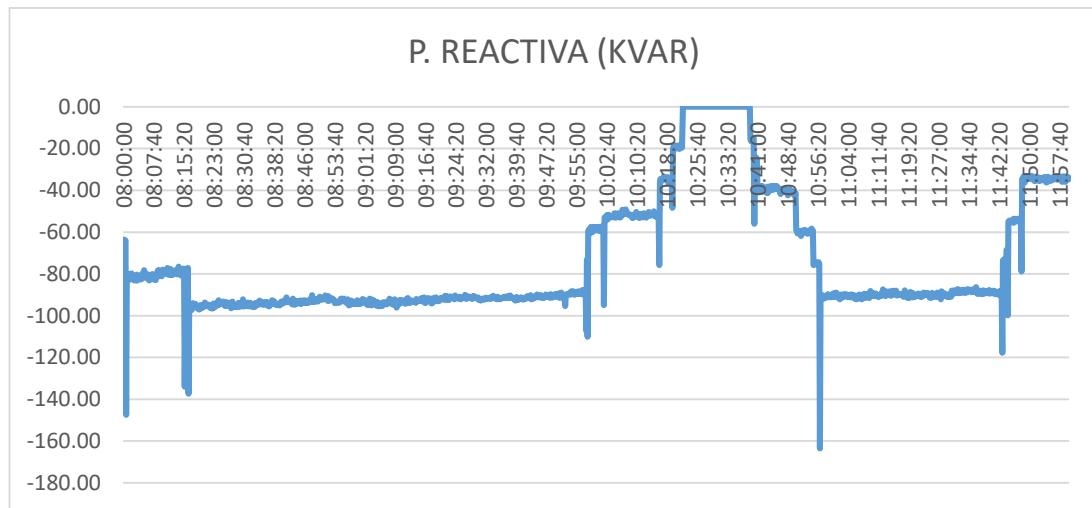
- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 11 de abril se observa variaciones de corrientes desde los 33.0 Amperios como mínimo hasta los 319.5 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 1).

- **Tendencia de Potencias:**

FIGURA 12.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 1-Transf. 1.





Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

Asimismo se observa durante el día 11 de abril variaciones de Potencias desde los 21.4KW como mínimo hasta los 163.5KW como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 1).

**b. Transformador 2 (12-04-19/ de 8am a 12m)**

- **Análisis de las Mediciones Eléctricas:**

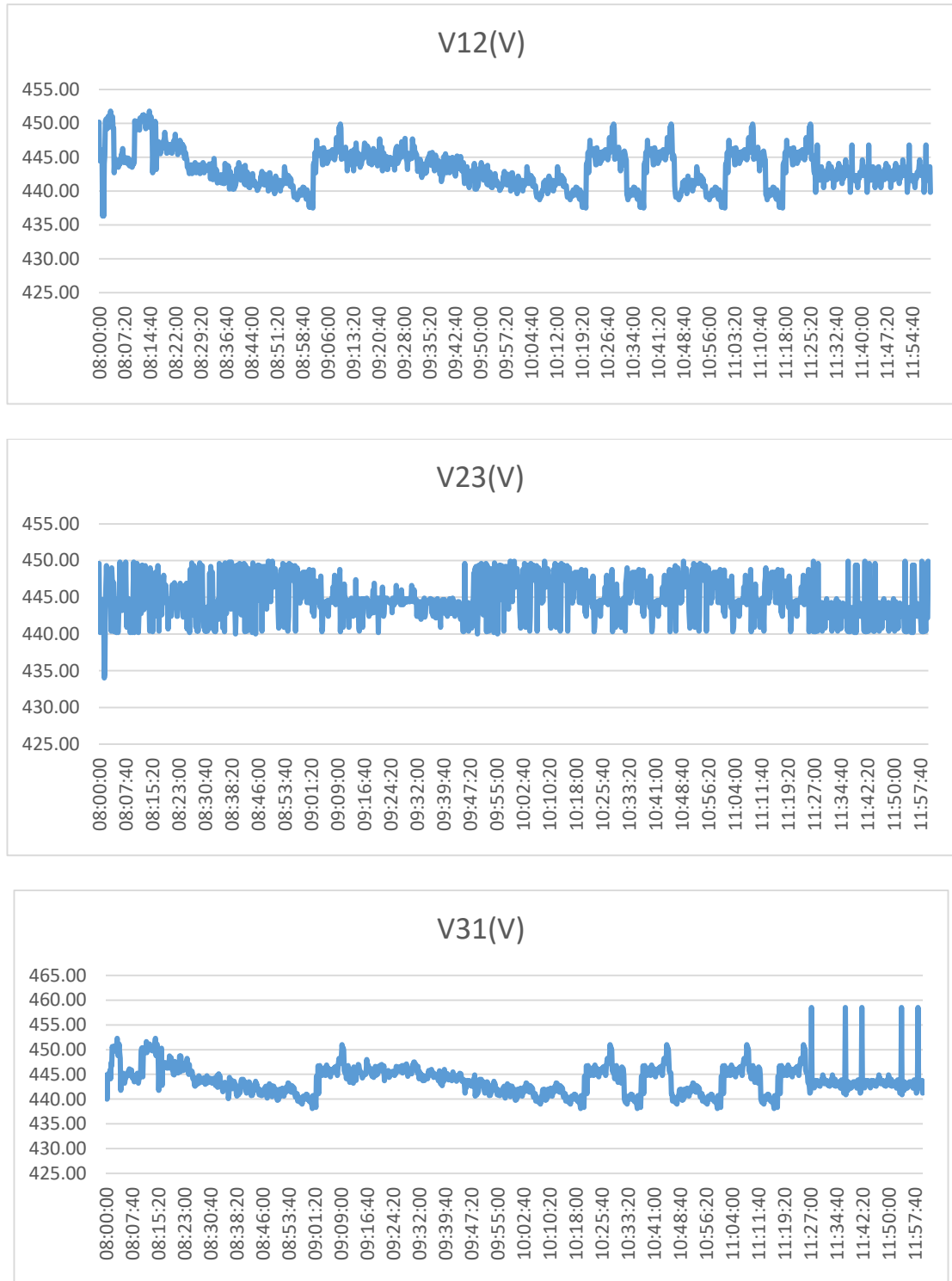
Tabla 6: Mediciones P, V, I en reservorio N° 1 – Transformador 2.

R1-T2	V12(V)	V23(V)	V31(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)	W_SYS(KW)	VA_SYS(KVA)	VAR_SYS(KVAR)	PF_SYS
VAL. MIN.	436.30	434.00	438.10	195.00	194.50	194.50	131.20	123.90	-147.50	0.58
VAL. PROM.	443.30	444.97	443.80	237.60	236.49	236.98	157.74	182.74	-92.11	0.86
VAL. MAX.	451.80	449.90	458.50	250.10	256.80	265.40	163.50	200.50	-63.50	0.87

Fuente: Elaboración Propia

- **Tendencia de Voltajes:**

FIGURA 13.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 1 – Transf. 2.



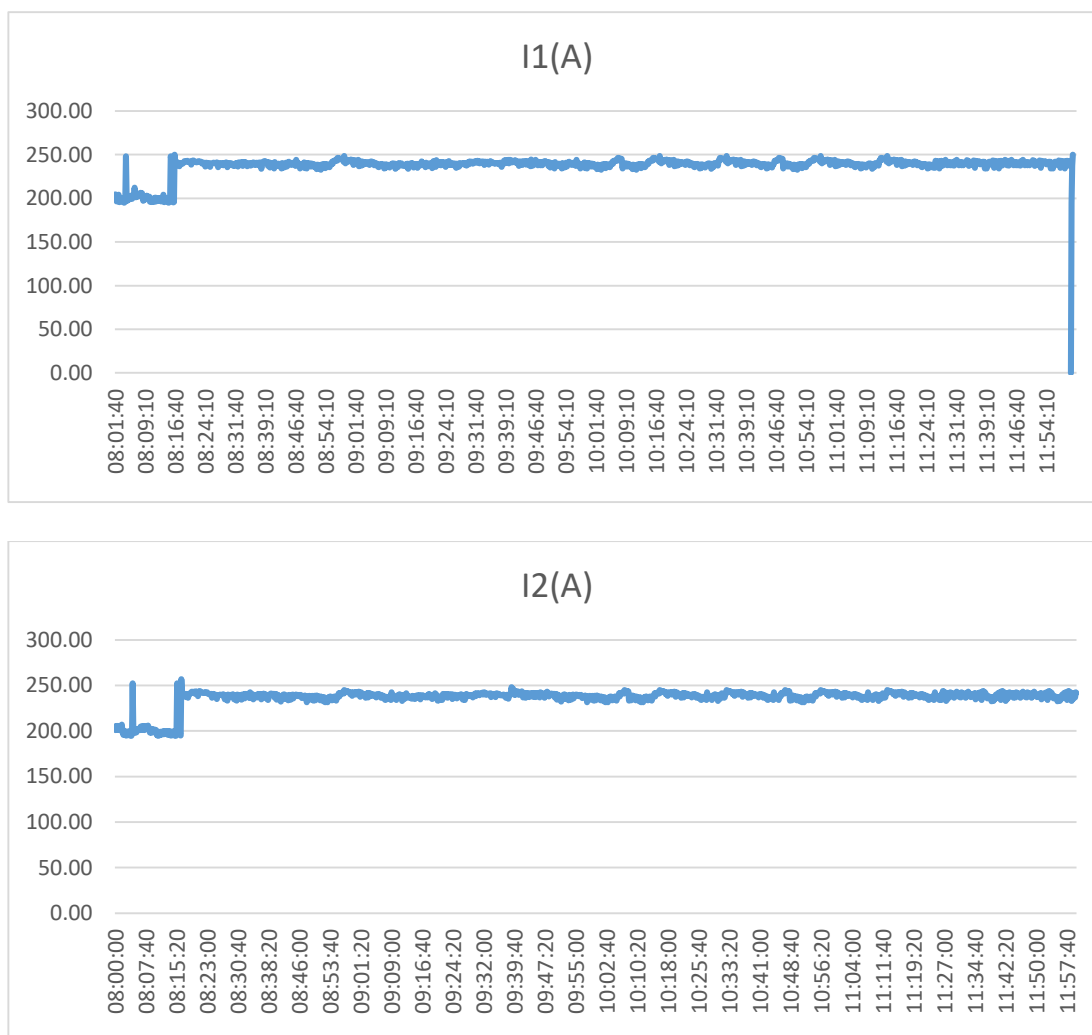
Fuente: Elaboración propia

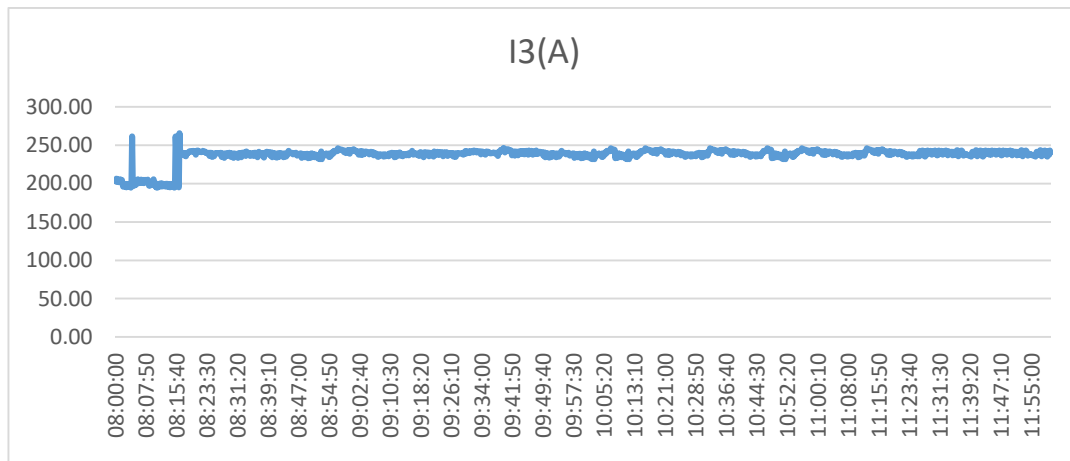
- **Análisis de Tendencia de Voltajes:**

Durante el día 12 de abril se observa variaciones de voltaje desde los 434.0Vac hasta los 458.5Vac que corresponde a un 5.6% máximo lo cual no se encuentra dentro del rango establecido por la NTCSE del +/-5% que corresponde al rango del mínimo 437Vac hasta 483Vac.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 14.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 1 – Transf. 2.





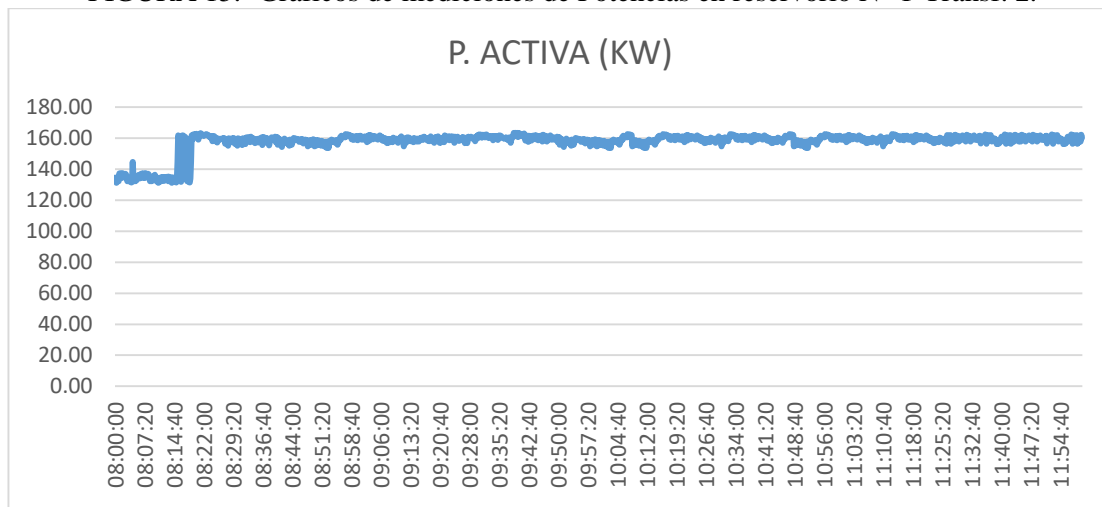
**Fuente:** Elaboración propia

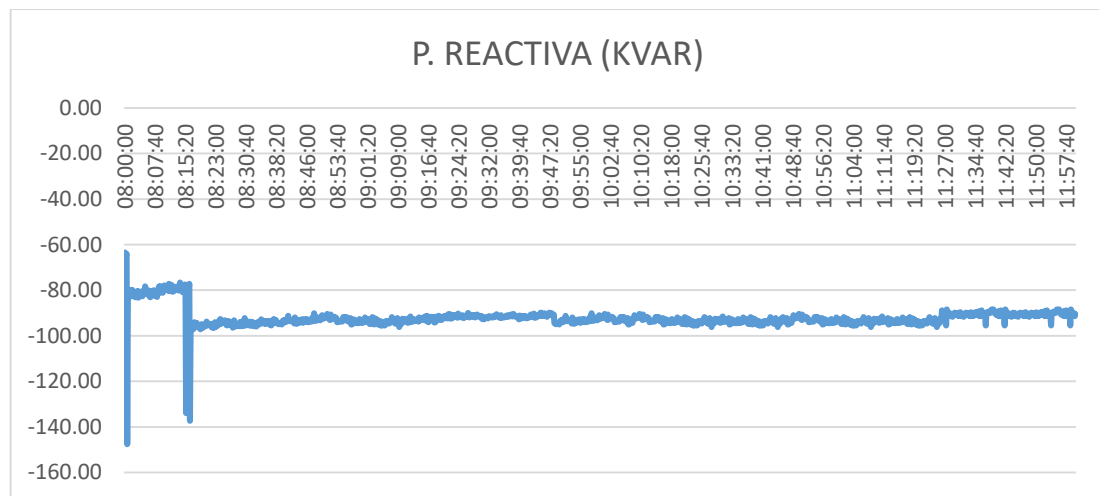
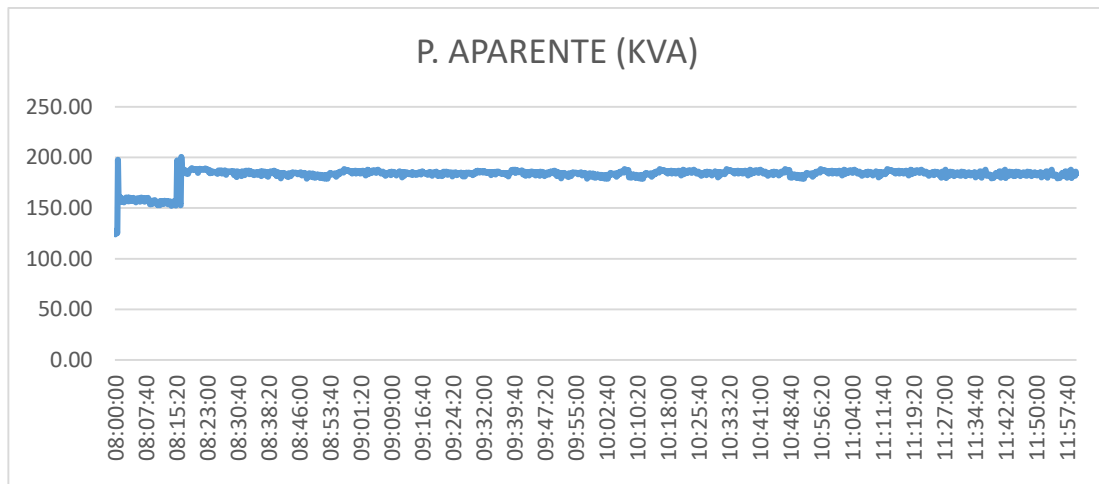
- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 12 de Abril se observa variaciones de corrientes desde los 21 Amperios como mínimo hasta los 54 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 1).

- **Tendencia de Potencias:**

FIGURA 15.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 1-Transf. 2.





**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

Asimismo se observa durante el día 12 de abril variaciones de Potencias desde los 131.2KW como mínimo hasta los 163.5KW como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 1).

### 5.2.1.2.- Reservoir 2 (P, V, I – Transformer 1 and 2)

FIGURA 16.- Vista de reservorio N° 02



**Fuente:** Empresa Agrícola Pampa Baja S.A.C

#### a. Transformador 1 (14-04-19/ de 8am a 12m)

- **Análisis de las Mediciones Eléctricas:**

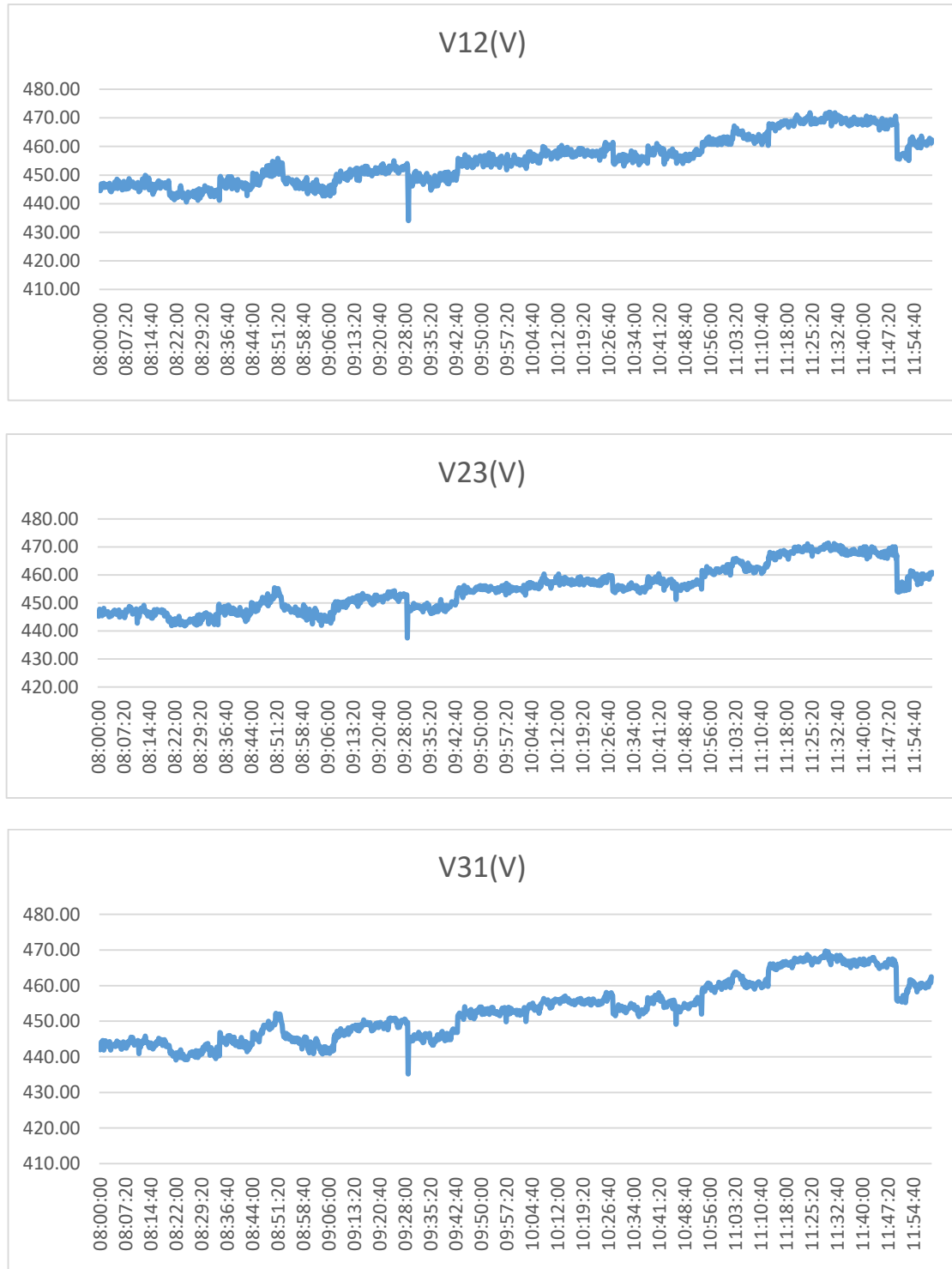
Tabla 7: Mediciones P, V, I en reservorio N° 2 – Transformador 1.

R2-T1	V12(V)	V23(V)	V31(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)	W_SYS(KW)	VA_SYS(KVA)	VAR_SYS(KVAR)	PF_SYS
VAL. MIN.	434.10	437.50	435.20	48.00	39.30	46.40	31.90	36.10	-195.00	0.46
VAL. PROM.	455.24	455.08	452.87	177.40	164.18	174.67	118.87	134.59	-63.14	0.88
VAL. MAX.	472.00	471.40	469.70	392.00	375.40	320.40	201.00	280.00	-16.60	0.89

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Tendencia de Voltajes:**

FIGURA 17.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 2 – Transf. 1.



**Fuente:** Elaboración propia

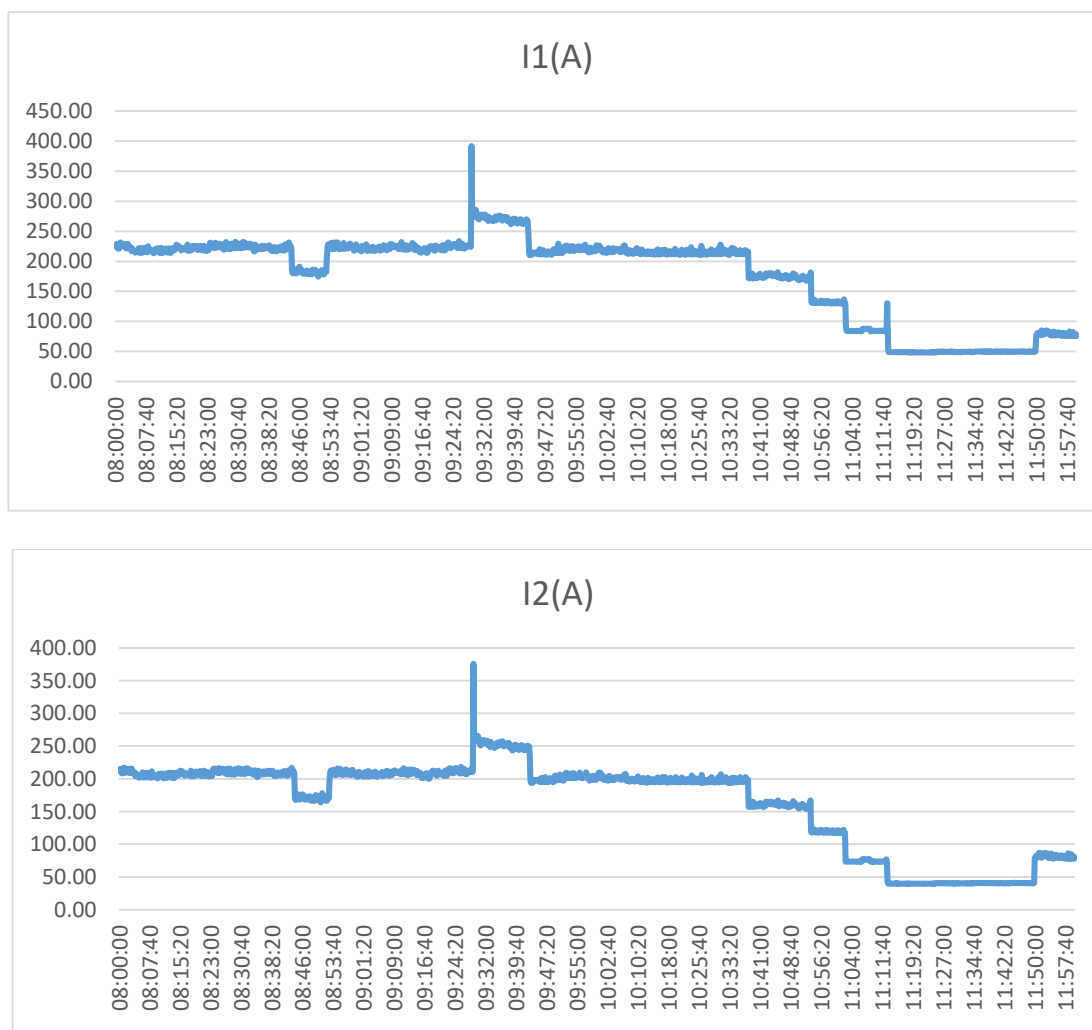


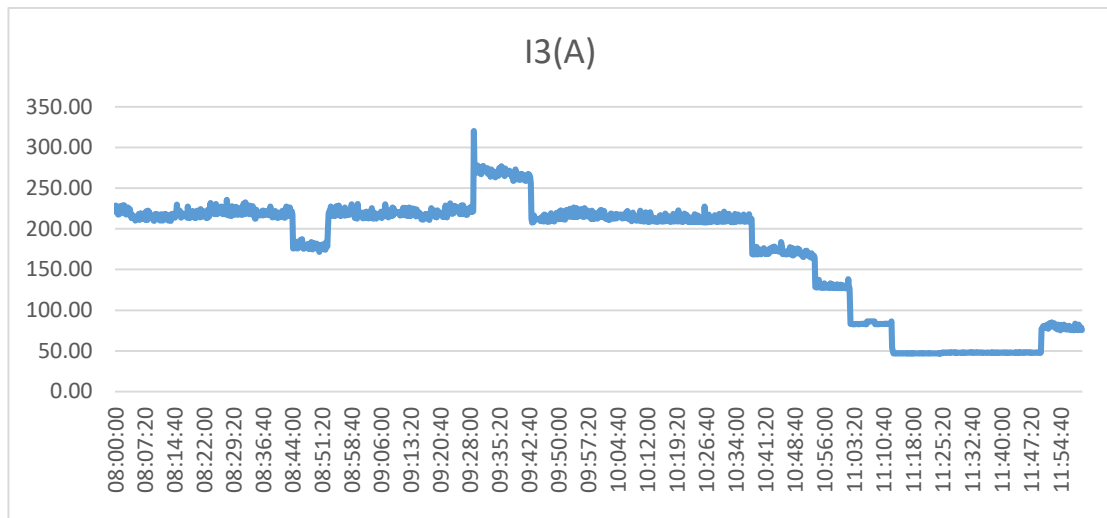
- **Análisis de Tendencia de Voltajes:**

Durante el día 14 de abril se observa variaciones de voltaje desde los 434.1Vac hasta los 472.0Vac que corresponde a un 5.9% máximo lo cual no se encuentra dentro del rango establecido por la NTCSE del  $\pm 5\%$  que corresponde al rango del mínimo 437Vac hasta 483Vac.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 18.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 2 – Transf. 1.





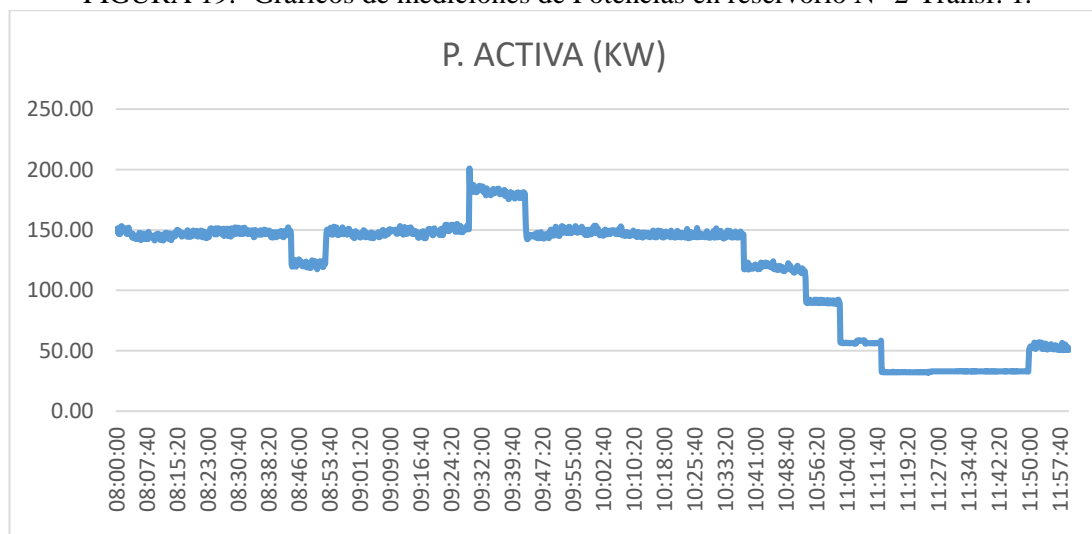
Fuente: Elaboración propia

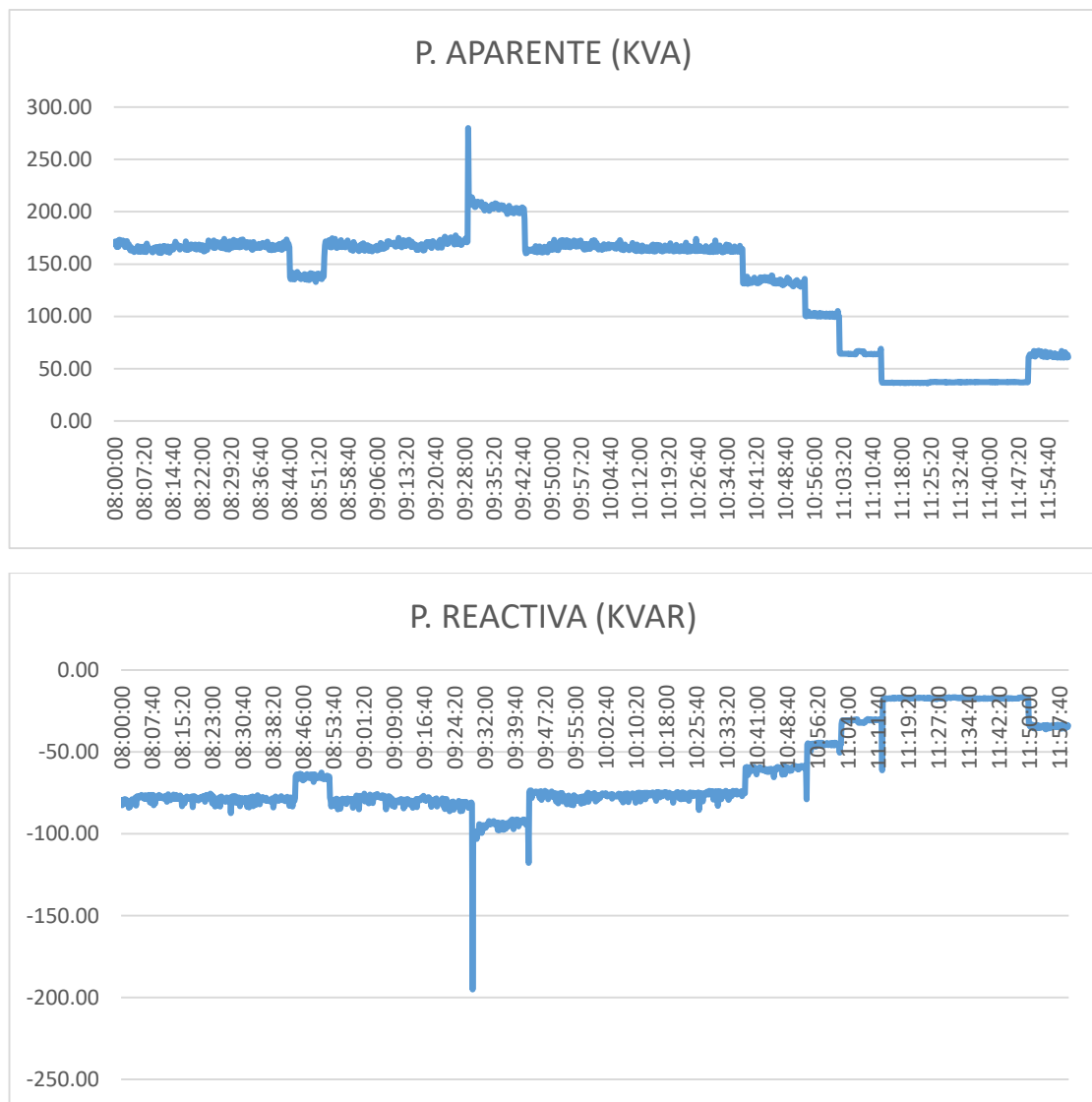
- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 14 de Abril se observa variaciones de corrientes desde los 39.3 Amperios como mínimo hasta los 392.0 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 2).

- **Tendencia de Potencias:**

FIGURA 19.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 2-Transf. 1.





**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

Asimismo se observa durante el día 14 de abril variaciones de Potencias desde los 31.9KW como mínimo hasta los 201.0KW como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 2).

**b. Transformador 2 (15-04-19/ de 8am a 12m)**

- Análisis de las Mediciones Eléctricas:**

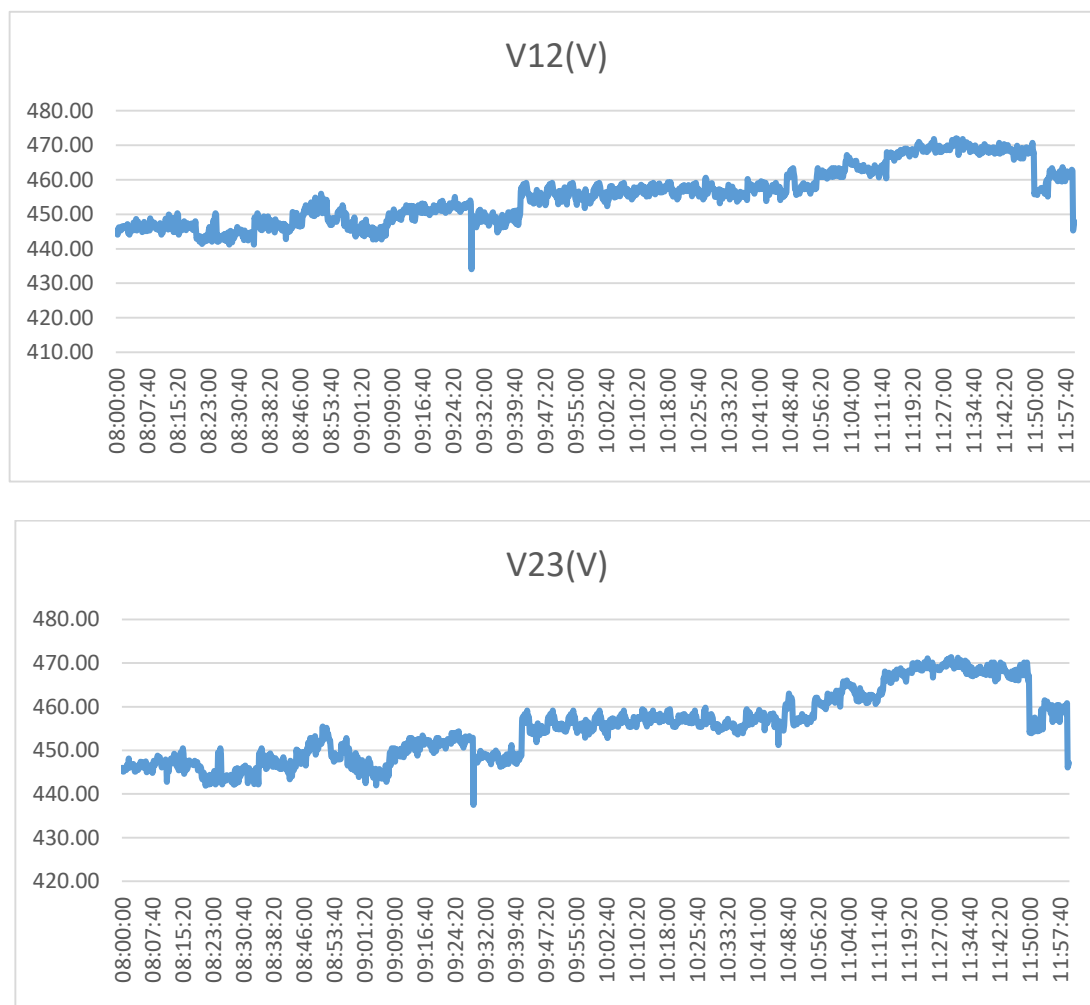
Tabla 8: Mediciones P, V, I en reservorio N° 2 – Transformador 2.

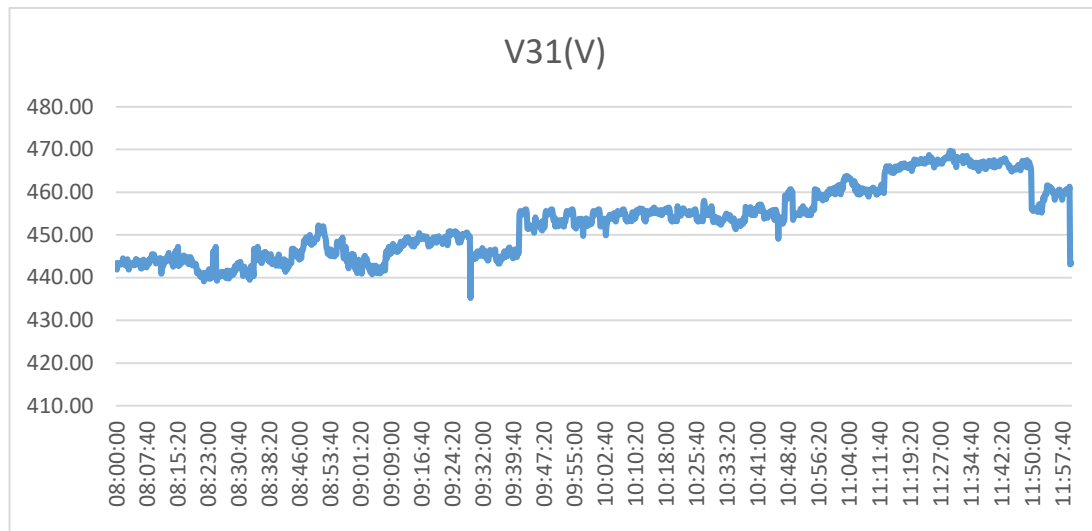
R2-T2	V12(V)	V23(V)	V31(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)	W_SYS(KW)	VA_SYS(KVA)	VAR_SYS(KVAR)	PF_SYS
VAL. MIN.	432.70	437.50	435.20	48.00	39.30	46.40	31.90	36.10	-195.00	0.46
VAL. PROM.	455.35	455.19	453.01	177.09	163.85	174.32	118.72	134.38	-62.99	0.88
VAL. MAX.	471.90	471.40	469.70	392.00	375.40	320.40	201.00	280.00	-16.60	0.89

Fuente: Elaboración Propia

- Tendencia de Voltajes:**

FIGURA 20.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 2 – Transf. 2.





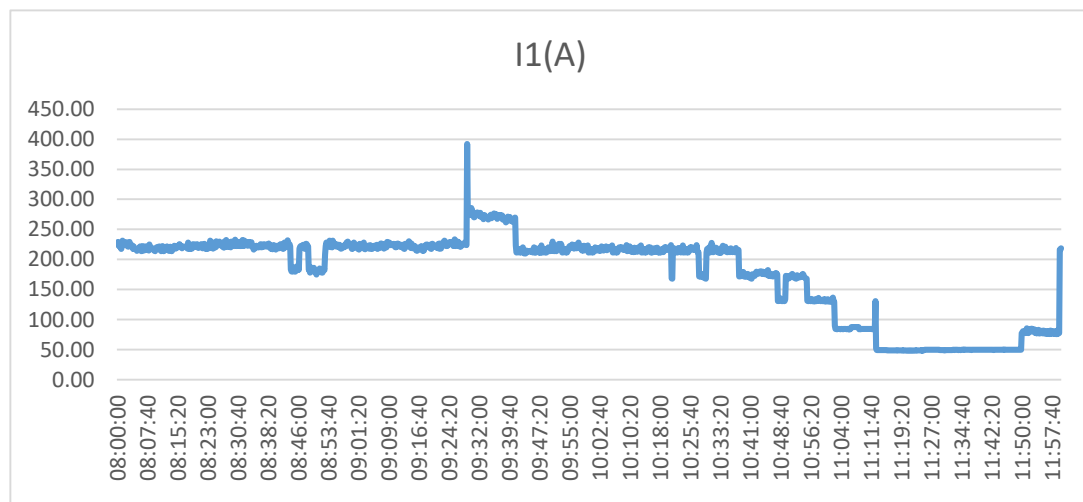
Fuente: Elaboración propia

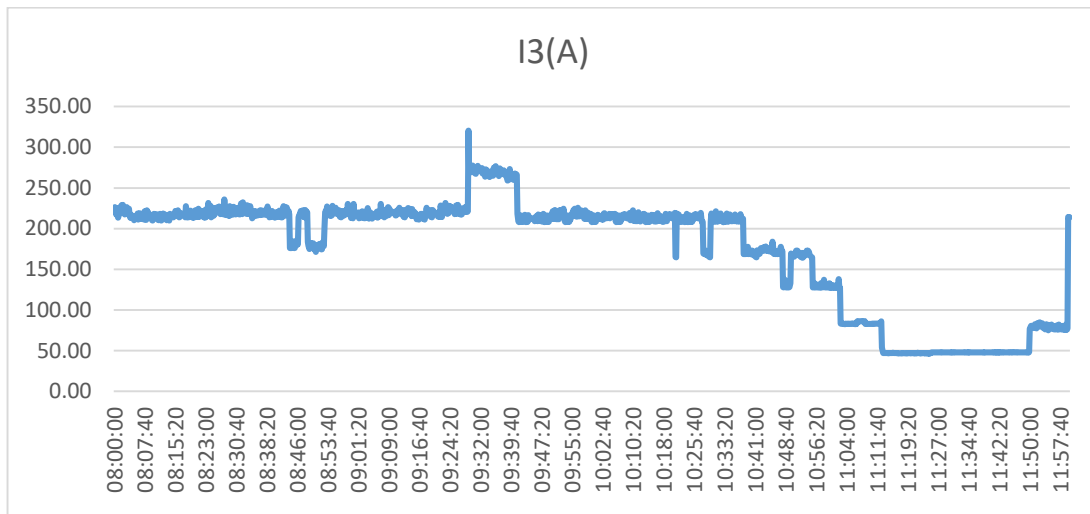
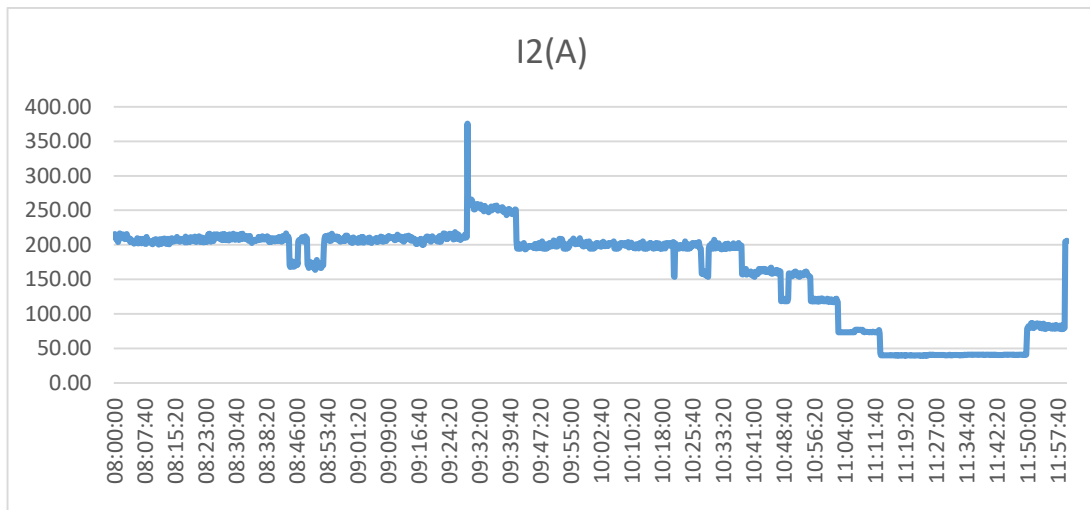
- **Análisis de Tendencia de Voltajes:**

Durante el día 15 de abril se observa variaciones de voltaje desde los 432.7Vac hasta los 471.9Vac que corresponde a un 6.3% máximo lo cual no se encuentra dentro del rango establecido por la NTCSE del +/-5% que corresponde al rango del mínimo 437Vac hasta 483Vac.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 21.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 2 – Transf. 2.





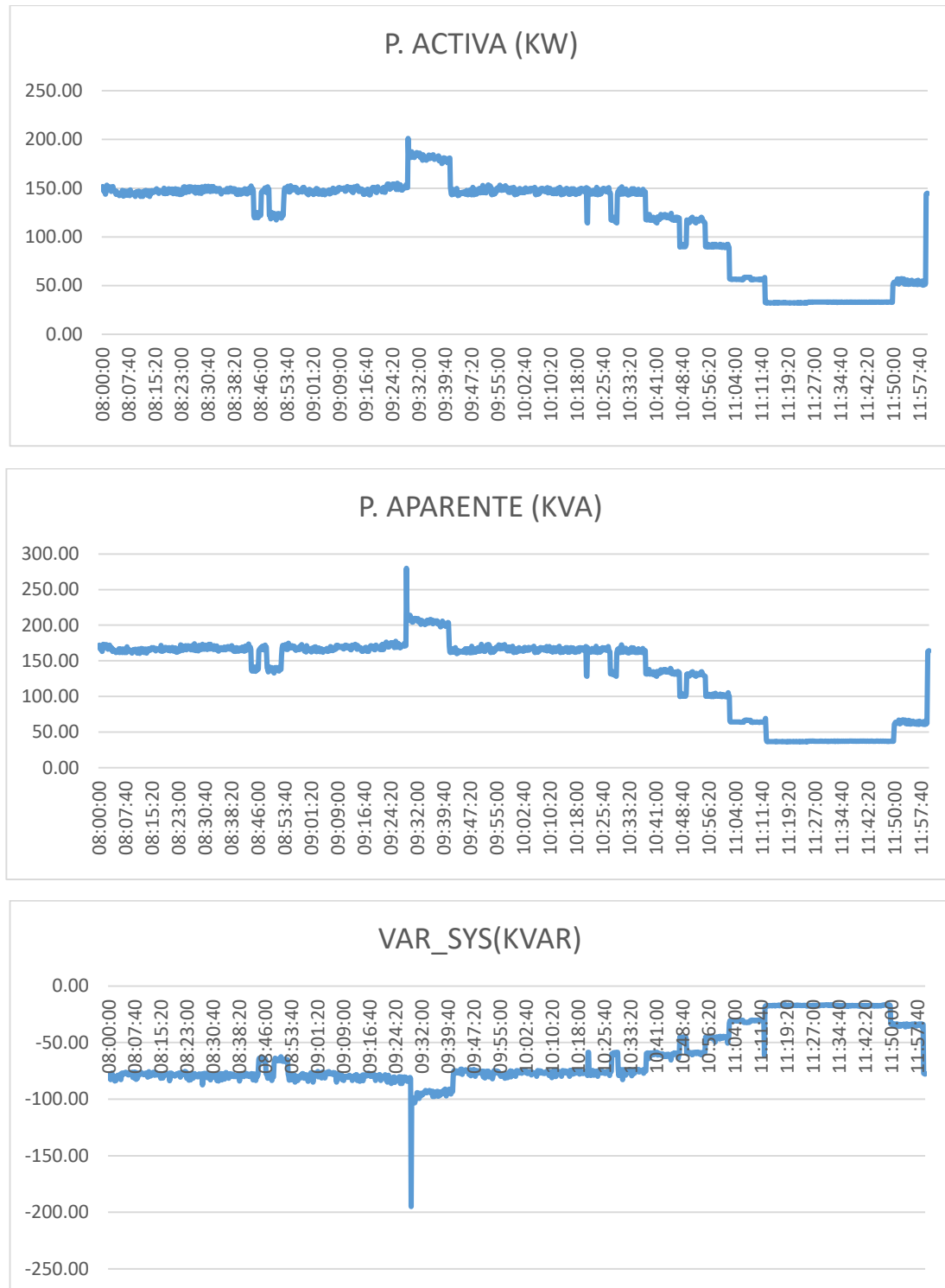
**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 15 de Abril se observa variaciones de corrientes desde los 39.3 Amperios como mínimo hasta los 392 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 2).

- **Tendencia de Potencias:**

FIGURA 22.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 2-Transf. 2.



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

Asimismo se observa durante el día 15 de abril variaciones de Potencias desde los 31.9KW como mínimo hasta los 201.0KW como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 2).

### 5.2.1.3.- Reservorio 3 (P, V, I – Transformador 1 y 2)

FIGURA 23.- Vista de reservorio N° 03



**Fuente:** Empresa Agrícola Pampa Baja S.A.C

#### a. Transformador 1 (11-04-19/ de 1pm a 5pm)

- **Análisis de las Mediciones Eléctricas:**

Tabla 9: Mediciones P, V, I en reservorio N° 3 – Transformador 1.

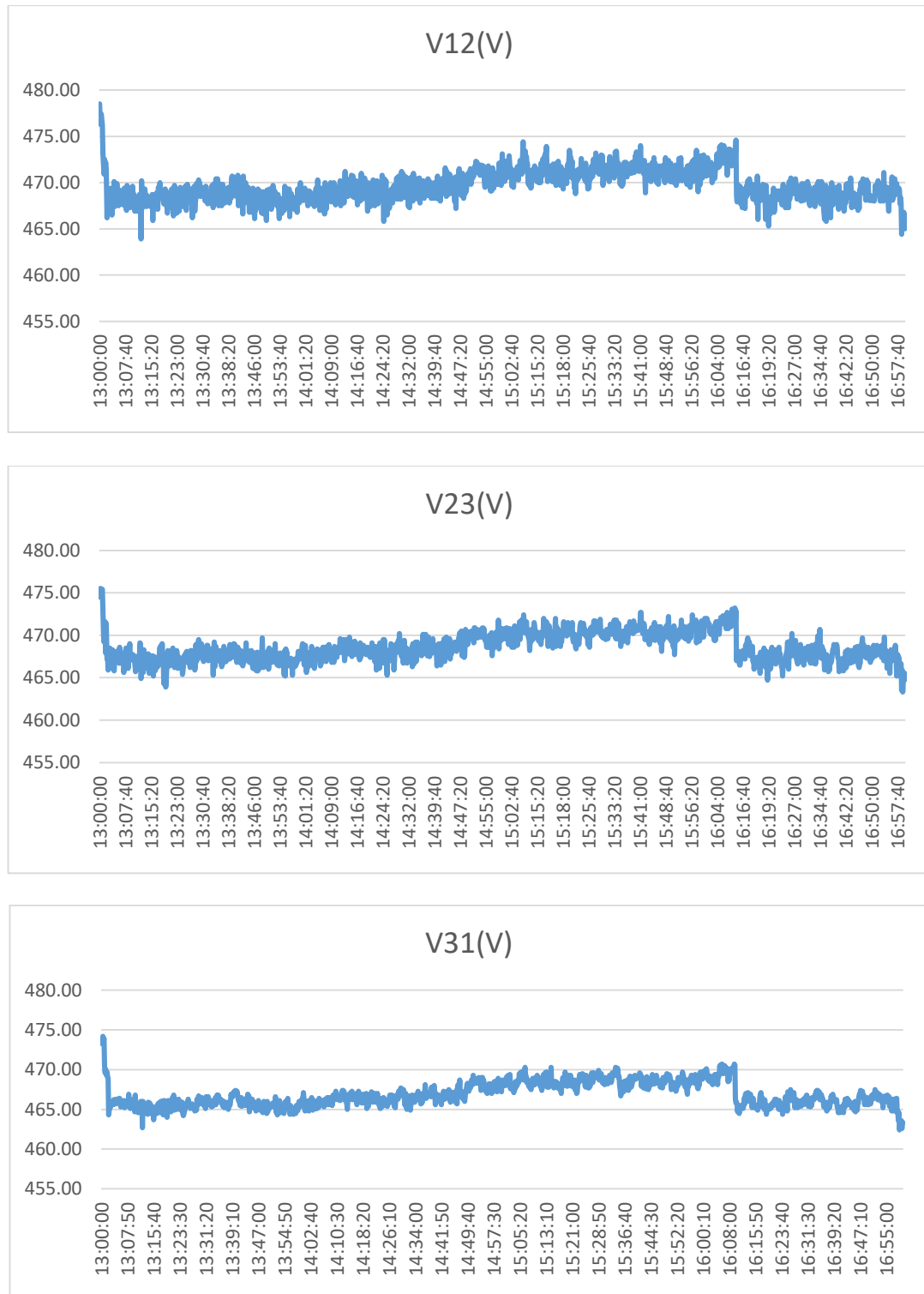
R3-T1	V12(V)	V23(V)	V31(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)	W_SYS(KW)	VA_SYS(KVA)	VAR_SYS(KVAR)	PF_SYS
VAL. MIN.	463.90	463.30	462.40	69.40	74.50	72.70	49.00	59.10	-73.60	0.82
VAL. PROM.	469.60	468.60	466.87	151.38	162.27	156.83	107.48	126.81	-67.38	0.84
VAL. MAX.	478.50	475.50	474.20	162.40	167.20	161.60	109.70	130.60	-32.80	0.85

Fuente: Elaboración Propia



- **Tendencia de Voltajes:**

FIGURA 24.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 3 – Transf. 1.



**Fuente:** Elaboración propia

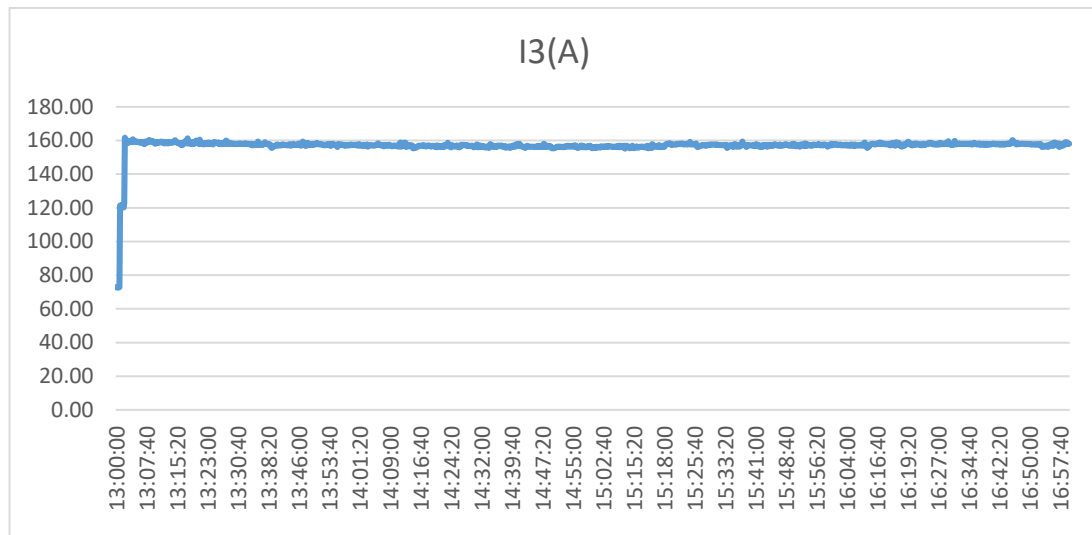
- **Análisis de Tendencia de Voltajes:**

Durante el día 11 de abril se observa variaciones de voltaje desde los 462.4Vac hasta los 478.5Vac que corresponde a un 3.9% máximo lo cual si se encuentra dentro del rango establecido por la NTCSE del +/-5% que corresponde al rango del mínimo 437Vac hasta 483Vac.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 25.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 3 – Transf. 1.





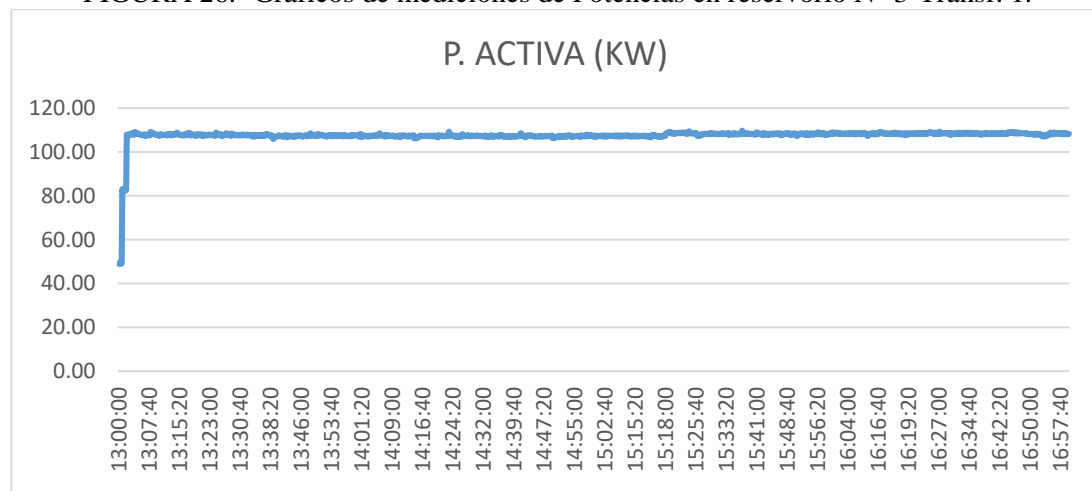
**Fuente:** Elaboración propia

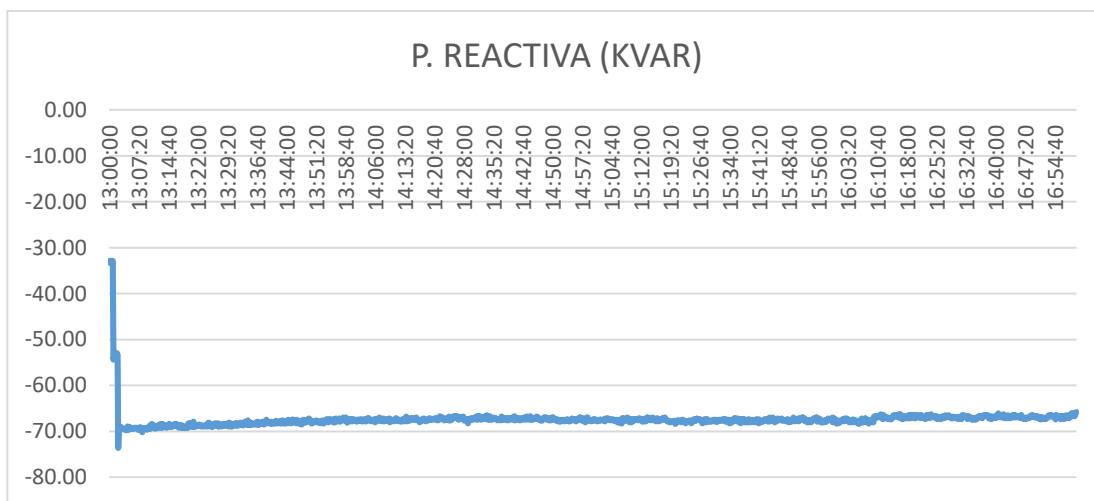
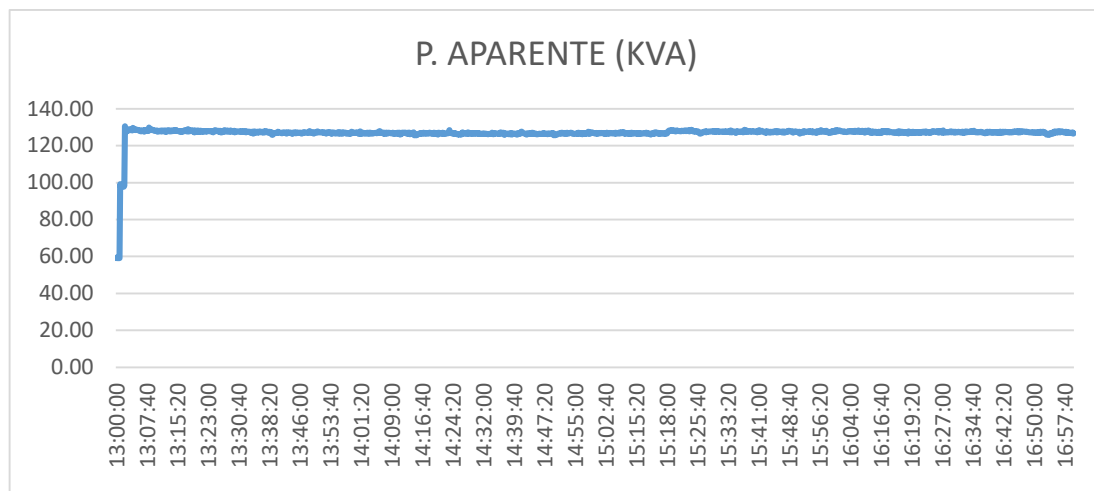
- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 11 de Abril se observa variaciones de corrientes desde los 69.4 Amperios como mínimo hasta los 167.2 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 3).

- **Tendencia de Potencias:**

FIGURA 26.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 3-Transf. 1.





**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

Asimismo se observa durante el día 11 de abril variaciones de Potencias desde los 49.0KW como mínimo hasta los 109.7KW como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 3).

**b. Transformador 2 (12-04-19/ de 1pm a 5pm)**

• **Análisis de las Mediciones Eléctricas:**

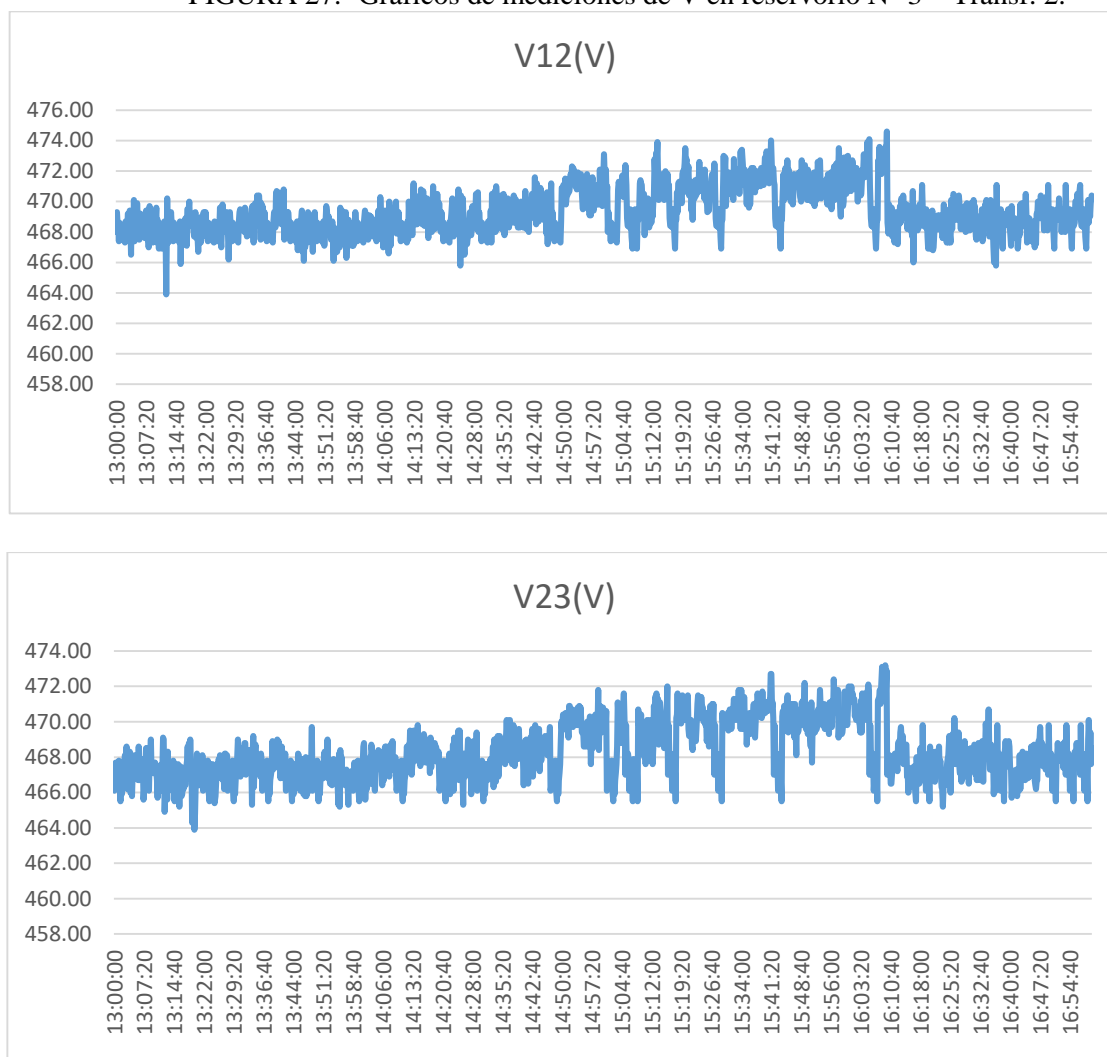
Tabla 10: Mediciones P, V, I en reservorio N° 3 – Transformador 2.

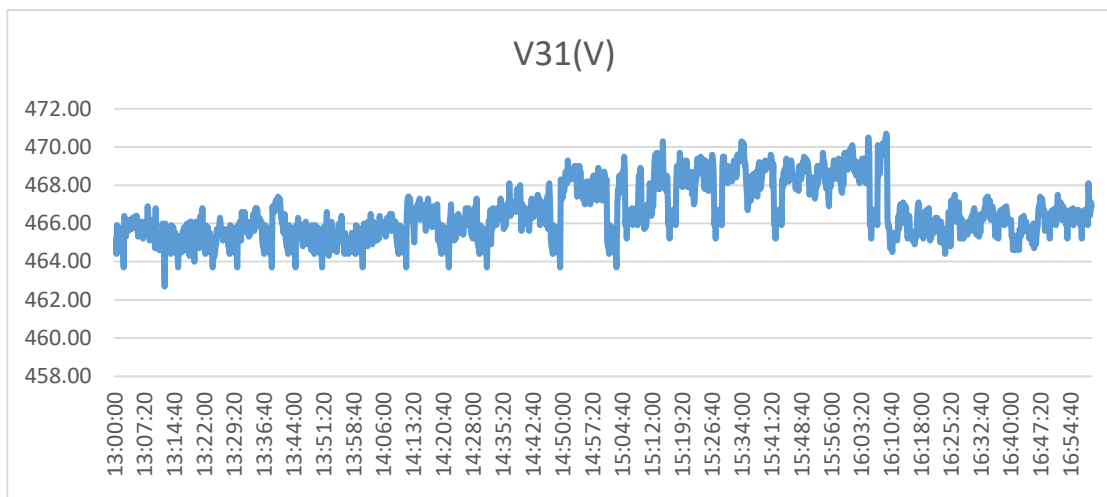
R3-T2	V12(V)	V23(V)	V31(V)	I1(A)	I2(A)	I3(A)	W_SYS(KW)	VA_SYS(KVA)	VAR_SYS(KVAR)	PF_SYS
VAL. MIN.	463.90	463.90	462.70	149.40	160.50	155.30	106.00	125.70	-70.20	0.84
VAL. PROM.	469.30	468.27	466.57	152.08	163.05	157.55	107.90	127.32	-67.69	0.84
VAL. MAX.	474.60	473.20	470.70	155.40	166.10	161.30	109.70	129.80	-66.10	0.85

Fuente: Elaboración Propia

• **Tendencia de Voltajes:**

FIGURA 27.- Gráficos de mediciones de V en reservorio N° 3 – Transf. 2.





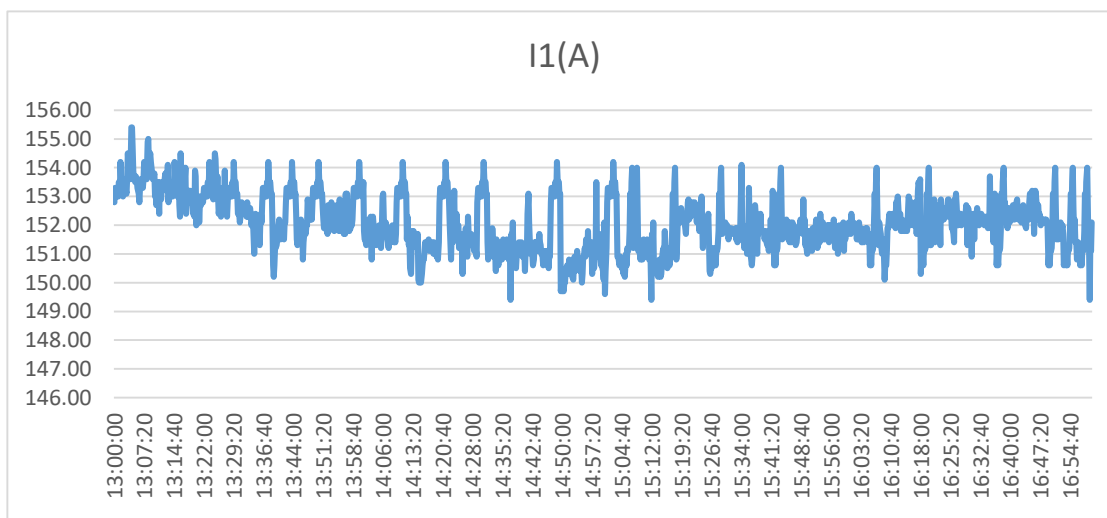
**Fuente:** Elaboración propia

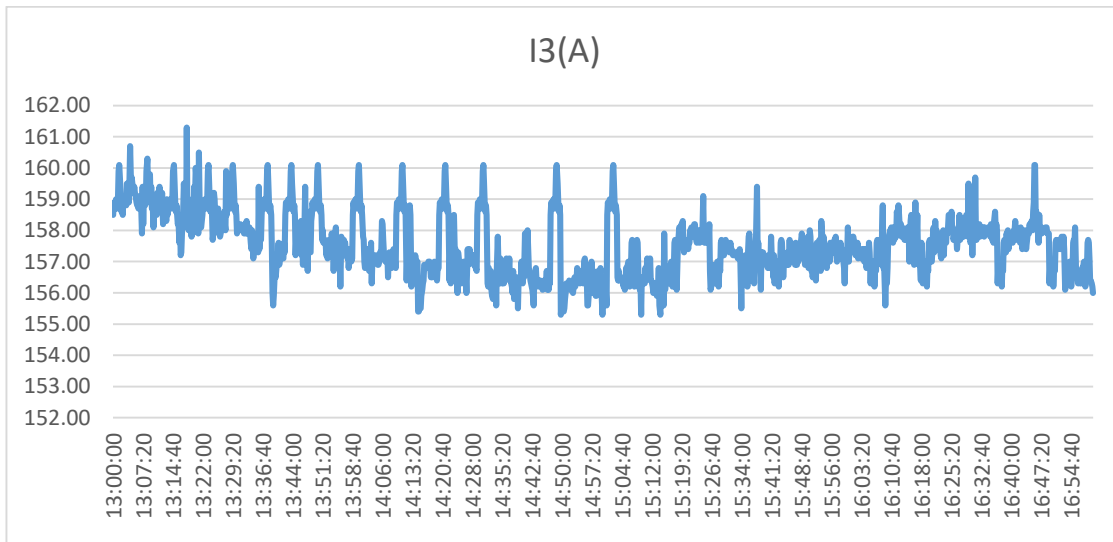
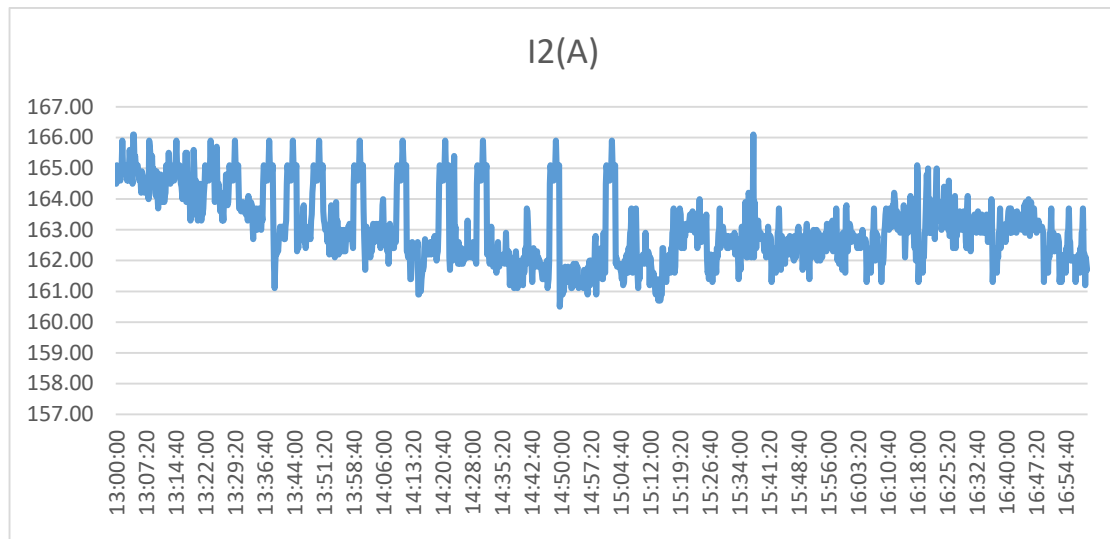
- **Análisis de Tendencia de Voltajes:**

Durante el día 12 de abril se observa variaciones de voltaje desde los 462.7Vac hasta los 474.6Vac que corresponde a un 3.1% máximo lo cual si se encuentra dentro del rango establecido por la NTCSE del +/-5% que corresponde al rango del mínimo 437Vac hasta 483Vac.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 28.- Gráficos de mediciones de I en reservorio N° 3 – Transf. 2.





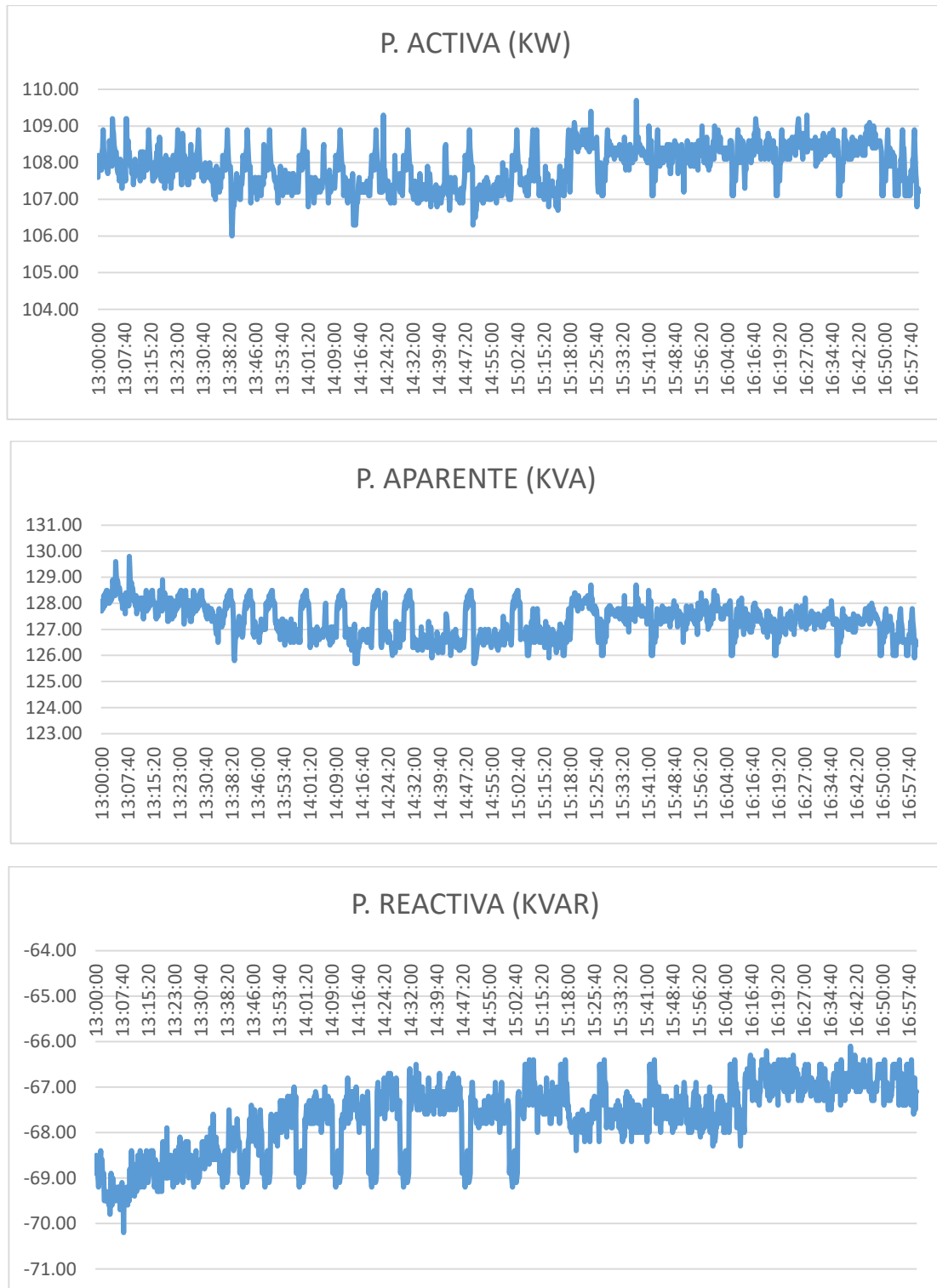
**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 12 de Abril se observa variaciones de corrientes desde los 149.4 Amperios como mínimo hasta los 166.1 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 3).

- **Tendencia de Potencias:**

FIGURA 29.- Gráficos de mediciones de Potencias en reservorio N° 3-Transf. 2.



**Fuente:** Elaboración propia



- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

Asimismo se observa durante el día 12 de abril variaciones de Potencias desde los 106.0KW como mínimo hasta los 109.7KW como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Filtrado 3).

#### **5.2.1.4.- Pozo (P, V, I – Transformador 1)**

FIGURA 30.- Vista del pozo



**Fuente:** Empresa Agrícola Pampa Baja S.A.C

- **Análisis de las Mediciones Eléctricas:**

No se puede hacer un análisis de voltaje, debido a la presencia del Variador. Esto hace que el equipo analizador detecte voltajes incongruentes a la realidad. Se tendría que manipular el Variador para poder hacer un análisis directo a la línea que llega a este.

- **Tendencia de Intensidad de Corrientes:**

FIGURA 31.- Gráficos de mediciones de I en pozo.



**Fuente:** Elaboración propia

- **Análisis de Tendencia de Corrientes:**

Durante el día 14 de Abril se observa variaciones de corrientes desde los 87.2 Amperios como mínimo hasta los 98.6 Amperios como máximo ya que depende exclusivamente de la carga que alimente (Cargas de equipamiento del Pozo).

- **Análisis de Tendencia de Potencias:**

No se puede hacer un análisis de Potencias, debido a la presencia del Variador. Esto hace que el equipo analizador detecte Potencias incongruentes a la realidad.

Se tendría que manipular el Variador para poder hacer un análisis directo a la línea que llega a este.

## 5.2.2.- Mediciones de Armónicos

### 5.2.2.1.- Reservoirio 1 (Armónicos – Transformador 1 y 2)

#### a. Transformador 1 (13-04-19/ de 8am a 9:30am)

- Distorsión Armónica para voltajes 1, 2 y 3

Tabla 11: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 1 – V1, V2 y V3

ARM. V1						
R1-T1-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	25.3	37.4	-65.0	16.10%	25	60
PROM	28.6	44.3	-46.1	18.33%	28.1	60
MAX	39.1	59.3	-39.0	25.50%	38	60
ARM. V2						
R1-T1-V2	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	0	0	0.0	11.00%	0	60
PROM	0	0	0	11.46%	0	60
MAX	0	0	0.0	11.80%	0	60
ARM. V3						
R1-T1-V3	RMS(V)	EAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	0	0	0.0	9.90%	0	60
PROM	0	0	0	11.24%	0	60
MAX	0	0	0.0	11.70%	0	60

Fuente: Elaboración propia

- Armónicos presentes en voltajes 1, 2 y 3

Tabla 12: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 1 – V1, V2 y V3

	GRADO DE ARMONICOS V1																				
R1-T1-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	1.6	0.9	0	2.1	0	2.3	0	0	0	7.1	0.2	10.9	0	0.5	0	3.4	0	1.8	0
PROM	0	100	5.7	3.4	1.2	3.0	0.4	3.1	0.5	0.3	0.5	7.6	0.8	11.6	0.7	1.2	0.4	4.9	0.4	2.6	0.2
MAX	0	100	13.6	11.8	5.6	3.7	1.1	4.2	1.9	1.5	1.3	8.2	1.8	12.4	1.4	2.7	1.3	6.2	1.2	3.3	0.6

	GRADO DE ARMONICOS V2																				
R1-T1-V2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0.8	5.5	0	4.4	0	2.1	0	0.4	0	5.4	0	5.1	0	0.7	0	1.1	0	0.5	0
PROM	0	100	0.9	5.8	0	4.6	0.1	2.6	0	0.5	0.0	5.5	0.0	5.5	0.0	0.9	0.1	1.8	0.0	0.9	0.1
MAX	0	100	1.1	6.1	0	4.9	0.3	2.8	0	0.6	0.2	5.7	0.3	5.7	0.3	1.1	0.3	2.3	0.2	1.2	0.3

	GRADO DE ARMONICOS V2																				
R1-T1-V3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0.5	4.6	0.2	4.8	0	2.1	0	0.6	0	4.3	0	2.8	0	0.9	0	0.5	0	0.8	0
PROM	0	100	0.7	4.9	0.3	5.0	0.1	2.4	0.1	0.8	0.0	5.6	0.0	5.2	0.0	1.1	0.0	2.1	0.0	1.3	0
MAX	0	100	0.9	5.4	0.4	5.4	0.3	3	0.3	0.9	0.3	5.9	0.3	5.5	0.3	1.6	0.5	2.4	0.3	1.5	0

Fuente: Elaboración propia

- **Distorsión Armónica para corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 13: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 1 – I1, I2 y I3

ARM. I1						
R1-T1-I1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	223.2	327.7	-347.1	5.40%	222.8	60
PROM	232.0	340.4	-339.7	5.75%	231.6	60
MAX	236	349.2	-330.1	6.00%	235.6	60
ARM. I2						
R1-T1-I2	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	228.3	333.6	-356.6	5.80%	227.8	60
PROM	233.3	347.7	-348.0	6.33%	232.8	60
MAX	237.6	358.7	-337.5	6.70%	237.1	60
ARM. I3						
R1-T1-I3	RMS(A)	EAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	227.4	334.6	-354.5	5.40%	227	60
PROM	235.2	346.0	-344.3	5.87%	234.8	60
MAX	240.9	359.8	-331.3	6.20%	240.5	60

Fuente: Elaboración propia

- **Armónicos presentes en corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 14: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 1 – I1, I2 y I3

	GRADO DE ARMONICOS I1																				
R1-T1-I1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	4.4	0	1.5	0	0	0	1.2	0	0.9	0	0	0	1	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.3	0.0	4.6	0	1.7	0	0	0.0	1.3	0.0	1.0	0	0	0	1.2	0	0.4	0
MAX	0	100	1	0.8	0.4	4.8	0	1.9	0	0	0.2	1.4	0.2	1.1	0	0	0	1.4	0	0.7	0

	GRADO DE ARMONICOS I2																				
R1-T1-I2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	4.8	0	1.5	0	0	0	1.6	0	0.4	0	0	0	0.7	0	0.5	0
PROM	0	100	0.3	0.1	0.0	5.2	0.0	1.9	0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.9	0	0.7	0
MAX	0	100	1.4	0.6	0.4	5.5	0.3	2.2	0	0.2	0.2	2	0.3	0.7	0.2	0.3	0.2	1.2	0	0.9	0

	GRADO DE ARMONICOS I3																				
R1-T1-I3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	4.2	0	1.4	0	0	0	1.4	0	1.1	0	0	0	0.5	0	0.3	0
PROM	0	100	0.3	0.2	0.0	4.6	0	1.6	0.0	0.0	0	1.6	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.6	0
MAX	0	100	0.9	0.6	0.3	5	0	1.8	0.2	0.2	0	1.8	0.3	1.5	0.2	0.2	0.2	0.9	0.3	0.8	0

Fuente: Elaboración propia

**b. Transformador 2 (13-04-19/ de 9:30am a 11am)**

Tabla 15: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 2 – V1, V2 y V3

ARM. V1						
R1-T2-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	25.3	40.3	-65.0	16.10%	26.2	60
PROM	29.1	46.6	-48.8	19.45%	29.5	60
MAX	39.1	59.3	-41.0	25.50%	38	60
ARM. V2						
R1-T2-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	0	0	0.0	11.00%	0	0
PROM	0	0	0.0	11.55%	0	0
MAX	0	0	0.0	11.80%	0	0
ARM. V3						
R1-T2-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	0	0	0.0	9.90%	0	60
PROM	0	0	0.0	11.26%	0	60
MAX	0	0	0.0	11.70%	0	60

Fuente: Elaboración propia

- Armónicos presentes en voltajes 1, 2 y 3

Tabla 16: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 2 – V1, V2 y V3

	GRADO DE ARMONICOS V1																				
R1-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	1.6	0.9	0	2.1	0	2.5	0	0	0	7.1	0.3	11	0	0.6	0	3.4	0	2	0
PROM	0	100	7.0	4.7	1.9	2.9	0.6	3.3	0.7	0.4	0.6	7.8	1.0	11.7	0.9	1.4	0.5	4.8	0.5	2.6	0.3
MAX	0	100	13.6	11.8	5.6	3.6	1.1	4.2	1.9	1.5	1.3	8.2	1.8	12.4	1.4	2.7	1.3	6.2	1.2	3.3	0.6

	GRADO DE ARMONICOS V2																				
R1-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0.8	5.5	0	4.5	0	2.1	0	0.4	0	5.4	0	5.1	0	0.7	0	1.4	0	0.6	0
PROM	0	100	0.9	5.8	0	4.7	0.1	2.7	0	0.5	0.0	5.5	0.0	5.5	0.0	0.8	0.1	1.9	0.0	0.9	0.2
MAX	0	100	1.1	6.1	0	4.9	0.3	2.8	0	0.6	0.2	5.7	0.3	5.7	0.3	1.1	0.3	2.3	0.2	1.2	0.3

	GRADO DE ARMONICOS V3																				
R1-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0.5	4.6	0.2	4.9	0	2.1	0	0.6	0	4.3	0	2.8	0	0.9	0	0.5	0	0.8	0
PROM	0	100	0.7	5.0	0.3	5.0	0.1	2.4	0.1	0.8	0.0	5.6	0.0	5.2	0.0	1.1	0.0	2.1	0.0	1.3	0
MAX	0	100	0.9	5.4	0.4	5.4	0.3	3	0.3	0.9	0.3	5.9	0.3	5.5	0.3	1.6	0.2	2.4	0.3	1.5	0

Fuente: Elaboración propia

- **Distorsión Armónica para corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 17: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 1 – Transf. 2 – I1, I2 y I3

ARM. I1						
R1-T2-V1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	223.2	327.7	-347.1	5.40%	222.8	60
PROM	232.0	340.6	-340.2	5.74%	231.6	60
MAX	235.8	347	-330.1	6.00%	235.4	60
ARM. I2						
R1-T2-V1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	228.3	333.6	-356.6	6.00%	227.8	60
PROM	233.3	347.8	-348.0	6.31%	232.8	60
MAX	237.6	358.7	-337.5	6.60%	237.1	60
ARM. I3						
R1-T2-V1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	228	334.6	-354.5	5.70%	227.6	60
PROM	235.6	346.5	-345.1	5.91%	235.2	60
MAX	240.9	359.8	-333.4	6.20%	240.5	60

Fuente: Elaboración propia

- Armónicos presentes en corrientes 1, 2 y 3

Tabla 18: Armónicos presentes en reservorio N° 1 – Transf. 2. – I1, I2 y I3

	GRADO DE ARMONICOS I1																				
R1-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	4.4	0	1.5	0	0	0	1.2	0	0.9	0	0	0	1	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.3	0.0	4.6	0	1.7	0	0	0	1.3	0.0	1.0	0	0	0	1.2	0	0.5	0
MAX	0	100	0.8	0.8	0.4	4.8	0	1.8	0	0	0	1.4	0.2	1.1	0	0	0	1.3	0	0.7	0

	GRADO DE ARMONICOS I2																				
R1-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	4.9	0	1.7	0	0	0	1.6	0	0.4	0	0	0	0.8	0	0.5	0
PROM	0	100	0.3	0.1	0.0	5.1	0	1.9	0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.9	0	0.7	0
MAX	0	100	1	0.6	0.3	5.4	0	2.2	0	0.2	0.2	2	0.3	0.7	0.2	0.3	0.2	1	0	0.9	0

	GRADO DE ARMONICOS I3																				
R1-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	4.5	0	1.4	0	0	0	1.4	0	1.1	0	0	0	0.5	0	0.3	0
PROM	0	100	0.3	0.2	0.0	4.6	0	1.6	0.0	0.0	0	1.6	0.0	1.3	0.0	0.0	0	0.7	0.0	0.6	0
MAX	0	100	0.8	0.6	0.3	5	0	1.8	0.2	0.2	0	1.8	0.3	1.5	0.2	0.2	0	0.9	0.2	0.8	0

Fuente: Elaboración propia



### 5.2.2.2.- Reservoirio 2 (Armónicos – Transformador 1 y 2)

#### a. Transformador 1 (16-04-19/ de 8am a 9:30am)

- Distorsión Armónica para voltajes 1, 2 y 3

Tabla 19: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 1 – V1, V2 y V3

ARM. EN V1						
R2-T1-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	247.5	375.3	-417.6	8.90%	246	60
PROM	281.4	399.0	-402.2	9.52%	280.1	60
MAX	296.1	413.3	-376.3	10.90%	294.9	60
ARM. EN V2						
R2-T1-V2	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	302.1	426.3	-432.4	8.90%	300.7	60
PROM	303.3	430.6	-430.8	9.15%	302.1	60
MAX	305	434.9	-428.6	9.50%	303.7	60
ARM. EN V3						
R2-T1-V3	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	186.6	264.8	-271.5	14.60%	184.4	60
PROM	189.0	269.8	-267.3	15.10%	186.9	60
MAX	191.1	275.4	-263.0	15.60%	189	60

Fuente: Elaboración propia

- Armónicos presentes en voltajes 1, 2 y 3

Tabla 20: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 1 – V1, V2 y V3

GRADO DE ARMONICOS EN V1																					
R2-T1-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	5	0	0.7	0	1.6	0	0.6	0	4.2	0	5.1	0	0.4	0	1.2	0	0	0
PROM	0	100	0.1	5.3	0	1.1	0	1.8	0	0.7	0	4.7	0.0	5.5	0.1	0.6	0.0	1.6	0.0	0.4	0.0
MAX	0	100	0.5	6.2	0	2.1	0	1.9	0	1.2	0	5.1	0.3	6.2	0.4	0.9	0.3	2.1	0.3	1	0.3

GRADO DE ARMONICOS EN V2																					
R2-T1-V2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	5.1	0	2.6	0	0.6	0	0.6	0	4.4	0	4.4	0	0.4	0	1.5	0	0.2	0
PROM	0	100	0.0	5.2	0	2.9	0	0.8	0	0.7	0.0	4.7	0.1	4.6	0.0	0.5	0.0	1.8	0.0	0.6	0
MAX	0	100	0.3	5.3	0	3.2	0	1	0	0.7	0.3	4.9	0.4	4.9	0.3	0.6	0.2	2.3	0.4	1.2	0

	GRADO DE ARMONICOS EN V3																				
R2-T1-V3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	7.7	0	3.8	0	1.6	0	0.9	0	7.8	0	6.9	0	0.3	0	1.7	0	1.1	0
PROM	0	100	0.0	8.0	0.0	4.2	0.0	2.2	0	1.1	0.0	8.2	0.2	7.7	0.1	0.7	0.0	2.4	0.0	1.4	0
MAX	0	100	0.5	8.2	0.3	6.3	0.4	2.4	0	1.3	0.6	8.8	0.8	8	0.7	1.2	0.3	2.9	0.3	1.8	0

Fuente: Elaboración propia

- **Distorsión Armónica para corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 21: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 1 – I1, I2 y I3

ARM. EN I1						
R2-T1-I1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	211.6	321.3	-336.5	6.10%	211.2	60
PROM	214.4	328.1	-331.6	7.43%	213.9	60
MAX	217	338.5	-323.8	8.60%	216.4	60
ARM. EN I2						
R2-T1-I2	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	193.1	279.3	-297.0	5.50%	192.8	60
PROM	194.9	287.3	-289.5	6.05%	194.5	60
MAX	197.6	296	-282.0	6.70%	197.3	60
ARM. EN I3						
R2-T1-I3	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	127.2	183.4	-274.3	5.20%	127	60
PROM	136.1	199.0	-197.4	5.93%	135.8	60
MAX	180.5	277.9	-183.6	9.20%	180.2	60

Fuente: Elaboración propia

- **Armónicos presentes en corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 22: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 1 – I1, I2 y I3

	GRADO DE ARMONICOS EN I1																				
R2-T1-I1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	3.2	0	1	0	0	0	0.2	0	3.2	0	0	0	1.9	0	0.4	0
PROM	0	100	0.3	0.3	0.0	3.8	0	1.4	0.0	0	0	0.4	0.0	3.3	0.0	0.2	0.0	2.6	0.0	1.8	0.1
MAX	0	100	0.6	0.4	0.3	4.5	0	1.7	0.2	0	0	0.6	0.3	3.5	0.3	0.3	0.3	3.2	0.4	2.8	0.4

	GRADO DE ARMONICOS EN I2																				
R2-T1-I2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	3.5	0	0.9	0	0	0	1.7	0	1.9	0	0	0	1.6	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.5	0.0	3.9	0.0	1.1	#	0.2	0.0	1.9	0.1	2.1	0.0	0.0	0.0	1.9	0.1	0.4	0.0
MAX	0	100	0.9	0.7	0.3	4.6	0.3	1.4	0	0.5	0.3	2.1	0.4	2.3	0.3	0.3	0.3	2.3	0.4	1.1	0.3

	GRADO DE ARMONICOS EN I3																				
R2-T1-I3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	3.1	0	1.2	0	0	0	0.7	0	1.8	0	0	0	0	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.3	0.1	4.0	0.1	1.7	0.1	0.1	0.1	2.7	0.1	2.5	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2	0.1
MAX	0	100	1.9	3.9	0.5	5.9	0.5	2.2	0.4	1.6	0.4	3.6	0.5	3.3	0.4	1	0.4	1.4	0.4	0.6	0.4

Fuente: Elaboración propia

**b. Transformador 2 (16-04-19/ de 9:30am a 11am)**

- **Distorsión Armónica para voltajes 1, 2 y 3**

Tabla 23: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 2 – V1, V2 y V3

ARM. EN V1						
R2-T2-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	Z
MIN	263.9	382.9	-414.7	9.10%	262.6	60
PROM	281.4	398.6	-402.5	9.51%	280.1	60
MAX	293.6	410.5	-385.9	10.00%	292.4	60
ARM. EN V2						
R2-T2-V2	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	302.1	427.2	-432.4	8.90%	300.8	60
PROM	303.0	430.6	-431.0	9.08%	301.8	60
MAX	304.3	434.9	-428.6	9.40%	303	60
ARM. EN V3						
R2-T2-V3	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	186.6	264.8	-271.5	14.60%	184.4	60
PROM	189.2	270.3	-267.6	15.13%	187.1	60
MAX	191.1	275.4	-263.9	15.60%	189	60

Fuente: Elaboración propia

- **Armónicos presentes en voltajes 1, 2 y 3**

Tabla 24: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 2 – V1, V2 y V3

	GRADOS DE ARMONICOS EN V1																				
R2-T2-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	5	0	0.8	0	1.6	0	0.6	0	4.4	0	5.2	0	0.5	0	1.4	0	0	0
PROM	0	100	0.1	5.3	0	1.1	0	1.8	0	0.7	0	4.7	0.0	5.4	0.1	0.7	0	1.6	0.0	0.5	0.0
MAX	0	100	0.5	5.6	0	1.5	0	1.9	0	0.8	0	5	0.3	5.7	0.4	0.8	0	2	0.2	0.9	0.3

	GRADOS DE ARMONICOS EN V2																				
R2-T2-V2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	5.1	0	2.7	0	0.7	0	0.6	0	4.4	0	4.4	0	0.4	0	1.6	0	0.2	0
PROM	0	100	0.0	5.3	0	2.9	0	0.9	0	0.6	0	4.6	0.0	4.5	0.0	0.5	0	1.8	0.0	0.5	0
MAX	0	100	0.2	5.3	0	3.2	0	1	0	0.7	0	4.8	0.3	4.8	0.2	0.6	0	2.2	0.2	1.1	0

	GRADOS DE ARMONICOS EN V3																				
R2-T2-V3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	7.8	0	3.8	0	1.6	0	0.9	0	7.8	0	6.9	0	0.4	0	1.7	0	1.1	0
PROM	0	100	0.0	7.9	0.0	4.2	0.0	2.2	0	1.1	0.0	8.3	0.1	7.7	0.1	0.7	0.1	2.4	0.0	1.4	0
MAX	0	100	0.2	8.2	0.3	6.3	0.3	2.4	0	1.3	0.3	8.8	0.6	8	0.4	1.2	0.3	2.9	0.3	1.8	0

Fuente: Elaboración propia

- **Distorsión Armónica para corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 25: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 2 – Transf. 2 – I1, I2 y I3

ARM. EN I1						
R2-T2-I1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	212.2	321.3	-336.5	6.10%	211.7	60
PROM	214.3	328.2	-331.5	7.31%	213.7	60
MAX	217	338.5	-325.9	8.60%	216.4	60
ARM. EN I2						
R2-T2-I2	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	193.6	281.4	-297.0	5.50%	193.3	60
PROM	195.1	288.2	-290.0	6.29%	194.7	60
MAX	197.6	296	-284.2	6.70%	197.3	60
ARM. EN I3						
R2-T2-I3	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	130.5	183.4	-274.3	5.30%	130.3	60
PROM	134.1	195.8	-194.6	6.01%	133.8	60
MAX	176.8	277.9	-187.8	9.20%	176.1	60

Fuente: Elaboración propia

- Armónicos presentes en corrientes 1, 2 y 3

Tabla 26: Armónicos presentes en reservorio N° 2 – Transf. 2 – I1, I2 y I3

	GRADOS DE ARMONICOS EN I1																				
R2-T2-I1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	3.3	0	1.2	0	0	0	0.2	0	3.2	0	0	0	1.9	0	0.4	0
PROM	0	100	0.3	0.3	0.0	3.8	0	1.4	0.0	0	0	0.4	0.0	3.4	0.0	0.2	0.0	2.6	0.0	1.6	0.1
MAX	0	100	0.6	0.4	0.3	4.4	0	1.7	0.2	0	0	0.5	0.3	3.5	0.3	0.3	0.3	3.2	0.4	2.8	0.4

	GRADOS DE ARMONICOS EN I2																				
R2-T2-I2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0.2	0	3.6	0	0.9	0	0	0	1.7	0	2	0	0	0	1.6	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.5	0.0	4.1	0.0	1.1	#	0.2	0.0	1.9	0.2	2.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.2	0.6	0.0
MAX	0	100	0.6	0.7	0.3	4.6	0.2	1.3	0	0.4	0.2	2.1	0.4	2.3	0.3	0.3	0.3	2.3	0.4	1.1	0.2

	GRADOS DE ARMONICOS EN I3																				
R2-T2-I3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	3.2	0	1.2	0	0	0	2.5	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0
PROM	0	100	0.4	0.4	0.1	4.1	0.0	1.7	0.1	0.1	0.1	2.8	0.1	2.5	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2	0.1
MAX	0	100	1.9	3.9	0.5	5.9	0.5	2.2	0.4	1.6	0.4	3.6	0.5	3.3	0.4	1	0.4	1	0.4	0.6	0.4

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.2.4.- Reservoirio 3 (Armónicos – Transformador 1)

##### a. Transformador 1 (13-04-19/ de 1pm a 2:30pm)

- Distorsión Armónica para voltajes 1, 2 y 3

Tabla 27: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 3 – Transf. 1 – V1, V2 y V3

ARM. EN V1						
R3-T1-V1	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	276.7	391.4	-449.3	5.60%	276.2	60
PROM	301.9	428.1	-430.7	5.90%	301.4	60
MAX	316.4	449.5	-394.6	6.80%	315.9	60
ARM. EN V2						
R3-T1-V2	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	Z
MIN	0	0	0	5.30%	0	60
PROM	0	0	0	5.64%	0	60
MAX	0	0	0	5.90%	0	60
ARM. EN V3						
R3-T1-V3	RMS(V)	PEAK+(V)	PEAK-(V)	THD-F	VI_1(V)	HZ
MIN	168.3	236.9	-251.7	8.80%	167.6	60
PROM	174.3	246.3	-243.9	9.22%	173.6	60
MAX	180.2	255.2	-234.7	9.60%	179.5	60

Fuente: Elaboración propia

- Armónicos presentes en voltajes 1, 2 y 3

Tabla 28: Armónicos presentes en reservorio N° 3 – Transf. 1 – V1, V2 y V3

GRADO DE ARMONICOS EN V1																					
R3-T1-V1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	0.9	0	0.9	0	0	0	2.9	0	4.4	0	0	0	0.3	0	0.3	0
PROM	0	100	0.0	0.1	0	1.0	0	1.0	0	0.0	0	3.1	0	4.7	0.0	0.0	0	0.5	0.0	0.7	0
MAX	0	100	0.4	0.9	0	2	0	1.4	0	0.4	0	3.5	0	5.5	0.4	0.4	0	0.8	0.2	1	0

GRADO DE ARMONICOS EN V2																					
R3-T1-V2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0.4	0	1.4	0	0.6	0	0	0	3.9	0	3	0	0	0	0.4	0	0	0
PROM	0	100	0.2	0.6	0.1	1.6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	4.2	0.2	3.3	0	0	0.0	0.7	0	0.2	0
MAX	0	100	0.5	0.7	0.3	1.8	0.2	0.8	0.2	0.2	0.2	4.3	0.4	3.5	0	0	0.2	0.9	0	0.4	0

	GRADO DE ARMONICOS EN V3																				
R3-T1-V3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0.5	0	0.9	0	0.8	0	0	0	6.4	0	5.7	0	0.4	0	0	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.7	0	1.2	0	1.1	0	0	0.0	6.7	0.1	6.1	0.1	0.6	0.0	0.6	0.1	0.3	0
MAX	0	100	0.5	0.9	0	1.4	0	1.3	0	0	0.3	7	0.3	6.4	0.4	0.7	0.3	0.9	0.4	0.7	0

Fuente: Elaboración propia

- **Distorsión Armónica para corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 29: Mediciones Distorsiones Armónicas en reservorio N° 3 – Transf. 1 – I1, I2 y I3

ARM. EN I1						
R3-T1-I1	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	117.5	164.9	-183.8	5.70%	117.3	60
PROM	121.3	174.0	-175.5	6.12%	121.1	60
MAX	126.7	186.3	-168.9	6.40%	126.5	60
ARM. EN I2						
R3-T1-I2	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	123.4	172.7	-184.0	5.50%	123.2	60
PROM	125.9	179.5	-176.8	5.95%	125.7	60
MAX	128.9	185.2	-171.2	6.40%	128.7	60
ARM. EN I3						
R3-T1-I3	RMS(A)	PEAK+(A)	PEAK-(A)	THD-F	VI_1(A)	HZ
MIN	121.1	166.6	-181.4	5.00%	120.9	60
PROM	123.3	175.8	-174.0	5.60%	123.1	60
MAX	126	183.4	-168.8	6.10%	125.8	60

Fuente: Elaboración propia

- **Armónicos presentes en corrientes 1, 2 y 3**

Tabla 30: Armónicos presentes en reservorio N° 3 – Transf. 1 – I1, I2 y I3

	GRADO DE ARMONICOS EN I1																				
R3-T1-I1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	2.2	0	1.4	0	0	0	3.6	0	3.1	0	0	0	0.3	0	0	0
PROM	0	100	0.1	0.3	0.1	2.8	0.1	1.6	0.0	0.3	0.1	3.9	0.0	3.4	0.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.4	0
MAX	0	100	0.8	0.7	0.5	3.8	0.4	1.9	0.2	0.5	0.4	4.1	0.3	3.7	0.4	0.3	0.3	0.7	0.3	0.7	0

	GRADO DE ARMONICOS EN I2																				
R3-T1-I2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0	0	2.3	0	0.9	0	0	0	3.6	0	2.7	0	0	0	0	0	0	0
PROM	0	100	0.1	0.2	0.0	2.9	0.1	1.3	0.0	0.1	0.0	4.0	0.1	3.0	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0
MAX	0	100	1.2	0.6	0.3	3.4	0.4	1.6	0.3	0.5	0.3	4.4	0.5	3.3	0.5	0.5	0.3	0.7	0.3	0.6	0.3

	GRADO DE ARMONICOS EN I3																				
R3-T1-I3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MIN	0	100	0	0.3	0	1.3	0	0.7	0	0	0	3.2	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0
PROM	0	100	0.3	0.7	0.1	1.8	0.1	1.3	0.1	0.1	0.0	3.8	0.1	3.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.0
MAX	0	100	0.9	1.3	0.5	2.4	0.5	1.7	0.5	0.4	0.4	4.2	0.3	3.6	0.4	0.5	0.3	0.5	0.5	0.6	0.3

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Como puede notarse en los gráficos y tablas mostradas en el acápite anterior, las tolerancias de los valores de tensión no se encuentran dentro de los límites establecidos por la NTCSE por lo que es necesario efectuar ajustes en la regulación de los taps del transformador.

Por otra parte se puede observar, en cuanto a las armónicas, superan los límites establecidos por la NTCSE por lo que también debería optarse por instalar filtros de armónicos.

Lo anterior se demuestra de acuerdo al análisis efectuado en los ítems anteriores. Según lo observado en las tablas N° 01 y 02 (que toman los límites de calidad establecidos para la norma EN 50160) la tasa de distorsión armónica (THD) debe ser menor al 8%. Observándose en nuestro estudio que, por ejemplo, según la tabla N° 11 que indica los resultados de las pruebas para el caso del reservorio N° 01 y transformador N° 01 los THD obtenido para las fases 1, 2 y 3 son respectivamente 25,5%, 11,8% y 11,7%; valores superiores a lo normado por lo que habrá una mala calidad en lo que respecta a armónicos. A continuación se presenta el resumen para todos los casos de estudio en lo que respecta al THD:



Tabla 31: Resumen de valores de THD para el sistema eléctrico.

ZONA		TASA DE DISTORSIÓN ARMÓNICA (THD)		
		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Reservorio 1	Transformador 1	25,5%	11,8%	11,7%
	Transformador 2	25,5%	11,8%	11,7%
Reservorio 2	Transformador 1	10,9%	9,5%	15,6%
	Transformador 2	10,0%	9,4%	15,6%
Reservorio 3	Transformador 1	6,8%	5,9%	9,6%
	Transformador 2	6,2%	5,9%	9,6%

**Fuente:** Elaboración propia

En cuanto a los valores de máxima demanda, se tienen máximas demandas para lo que respecta al reservorio 1 (transformadores 1 y 2 respectivamente) de 163,5 kW mientras que en el reservorio 2 y 3 las máximas demandas son de 201 kW. En el caso del reservorio 3 es de 109,7 kW. Por otra parte se observa también, sobre todo en los reservorios 1 y 2, factores de potencia muy bajos (alrededor de 0,46 y 0,58), por lo que es necesario tomar medidas al respecto como la instalación de bancos de condensadores.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1.-CONCLUSIONES.**

De acuerdo al estudio que se ha seguido en el presente trabajo de investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se hizo un monitoreo de la calidad de energía eléctrica de Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas obteniéndose datos de la alimentación de los tres reservorios y del pozo que alimenta el sistema de riego de la empresa. Para lo cual se usó un analizador de redes trifásico.
2. Se hizo un monitoreo de la calidad de tensión del sistema eléctrico de la empresa en estudio observándose una mala calidad de regulación de tensión en todos los tableros eléctricos de alimentación a los sectores de riego.
3. Se cuantificó la demanda de energía eléctrica sectorizada Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas, se tienen máximas demandas para lo que respecta al reservorio 1 (transformadores 1 y 2 respectivamente) de 163,5 kW mientras que en el reservorio 2 y 3 las máximas demandas son de 201 kW. En el caso del reservorio 3 es de 109,7 kW.
4. En lo que respecta al análisis de armónicos, tomando en cuenta la norma EN 50160, la tasa de distorsión armónica (THD) debe ser menor al 8%. Observándose en nuestro estudio que, por ejemplo, según la tabla N° 11 que indica los resultados de las pruebas para el caso del reservorio N° 01 y transformador N° 01 los THD obtenido para las fases 1, 2 y 3 son respectivamente 25,5%, 11,8% y 11,7%; valores superiores a lo normado

por lo que existe una mala calidad en lo que respecta a armónicos. La misma situación se puede observar en lo que respecta al resto de tableros eléctricos.

5. Como puede notarse en los gráficos y tablas mostradas, las tolerancias de los valores de tensión no se encuentran dentro de los límites establecidos por la NTCSE por lo que es necesario efectuar ajustes en la regulación de los taps de cada transformador que alimenta al sistema eléctrico en estudio.

## **6.2.-RECOMENDACIONES.**

De acuerdo al estudio que se ha seguido en el presente trabajo de investigación se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda la revisión de la regulación de tensión en cada transformador de distribución de la Empresa agrícola pampa baja SAC Olmos - Tierras Nuevas con la finalidad de obtener niveles de tensión acorde a norma.
2. Se recomienda instalar un Filtro de Armónicos en los diferentes filtrados, para evitar la entrada de Armónicos a la línea y proteger los equipos de los diferentes problemas que pueden ocasionar estos.
3. Se sugiere instalar Banco de Condensadores en los diferentes filtrados, para mejorar el factor su Potencia y optimizar el funcionamiento de los equipos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

BASANTES, Juan y LALALEO, Diego. *Análisis de la demanda eléctrica para realizar un diagnóstico de la calidad de energía en el hospital del Instituto Ecuatoriano de seguridad social (IESS) de la ciudad de Ambato en el año 2015* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador, 2016.

CAYTUIRO, Guillermo. *Supervisión especial para la mejora de la calidad de tensión y suministro en los usuarios pertenecientes a la subestación de distribución 00007S de la empresa concesionaria Edelnor S.A.A.* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2014.

COLLANTES, Rubén. *Análisis de mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga.* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2010.

Decreto Supremo N° 020-97-EM, "Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)", Lima, Perú, 1997.

GOMEZ, Julio, VIEGO, Percy y RUIZ, Albin. *Empleo de Telemedición para calcular las pérdidas de transformación considerando problemas de calidad de la energía.* INGE CUC, 10 (2): 20-26, 2014.

IEEE Standards subcommittee, IEEE Standard 519-1992: IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. USA, 1992, p. 101.

IMPACT of Electricity Theft on Power Quality por Arango, L.G. [et al]. Itajuba-MG: UNIFEI - Federal University of Itajuba. IEEE, 557-562, julio 2016.  
ISSN: 978-1-5090-3792-6/16

LONDOÑO, Julián, HINCAPIE, Ricardo y GALLEGU, Ramón. *Planeamiento de Redes de baja tensión, utilizando un modelo trifásico*. Ciencia y Tecnología Neogranadina, 21 (2): 41-56, 2011.

ISSN: 0124-8170

MACHACA, Julio y COILA, Abell. *Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes - 2016*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú, 2017.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. D. S. N° 020-97-EM

PALACIOS, Jonatan. *Análisis de calidad de energía en sistemas críticos de baja tensión*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2012.

Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM/DM, "Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011)", Ministerio de Energía y Minas (MEN), 2011.

ROJAS, Herbert, RIVAS, Edwin y JARAMILLO, Adolfo. *Aspectos técnicos y normativos para el monitoreo y medición de armónicos*. Ingeniería, 19 (2): 129-146, 2014.

ISSN: 0121-750X

SANTANA, Lino. *Uso eficiente y mejora de energía en la subestación principal de una unidad minera*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 2013.

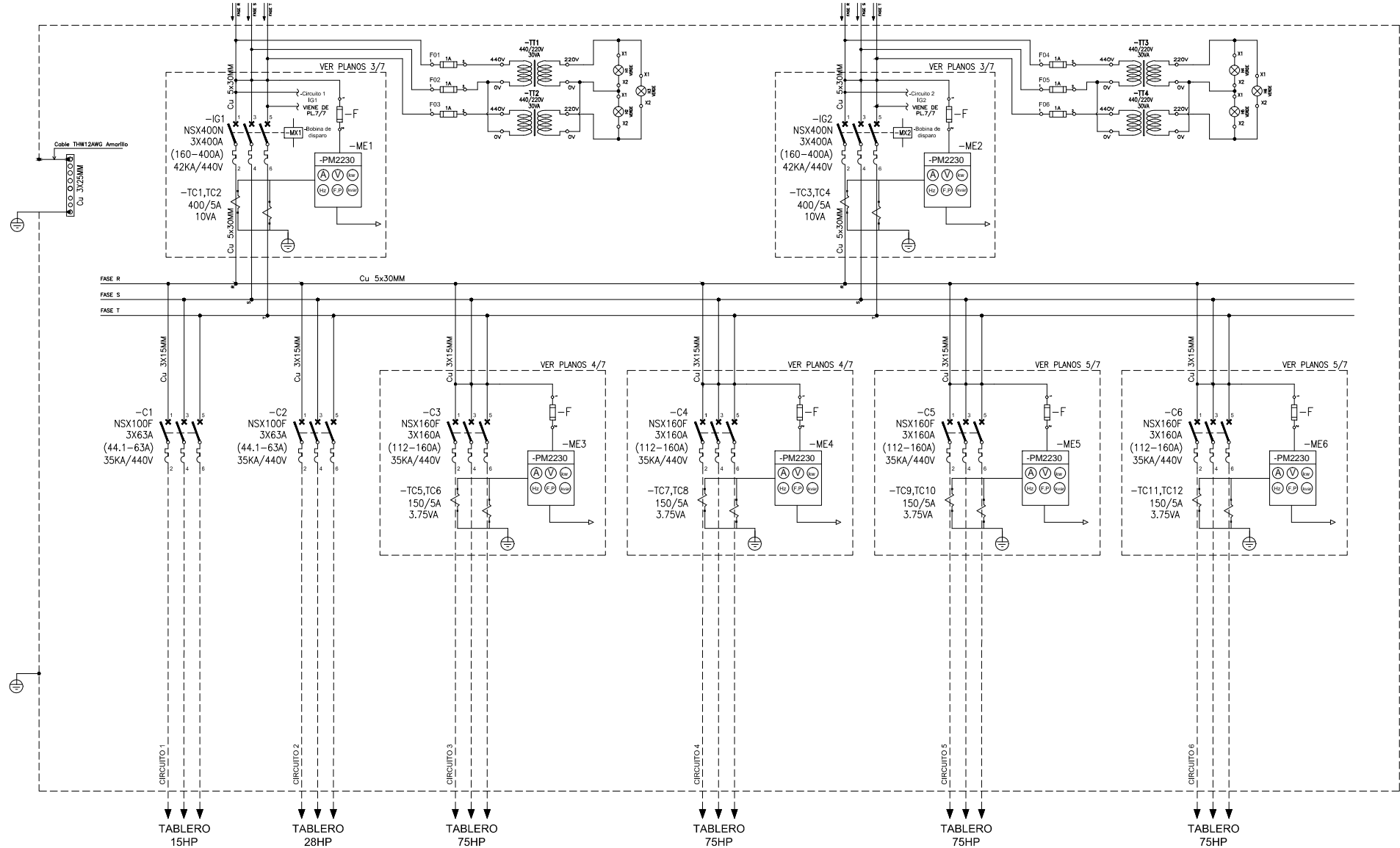
## **ANEXOS**

### **ANEXO A: Planos del Sistema Eléctrico.**

# DIAGRAMA ELÉCTRICO

ENTRADA DE LÍNEA  
ALIMENTADORAS  
460VAC-3Ø+T-60Hz

ENTRADA DE LÍNEA  
ALIMENTADORAS  
460VAC-3Ø+T-60Hz



JOSE ALEXANDER MUÑOZ ORTIZ  
FMC

ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD  
DE SIGUELEC SERVICE S.A.C.  
NO SE PERMITE LA COPIA,  
LA REPRODUCCION Y/O EL SUMINISTRO  
A TERCEROS SIN PREVIA AUTORIZACION  
FORMATO: **A-4**

NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJADO D.MANRIQUE	D.M.	19/09/2018
DISEÑADO G.GUERRA	G.G.	19/09/2018
APROBADO J.MUNIVE	J.M.	19/09/2018

CLIENTE : **AGRICOLA PAMPA BAJA S.A.C.**  
PROYECTO : **TABLERO AUTOSOPORTABLE**

DESCRIPCION :

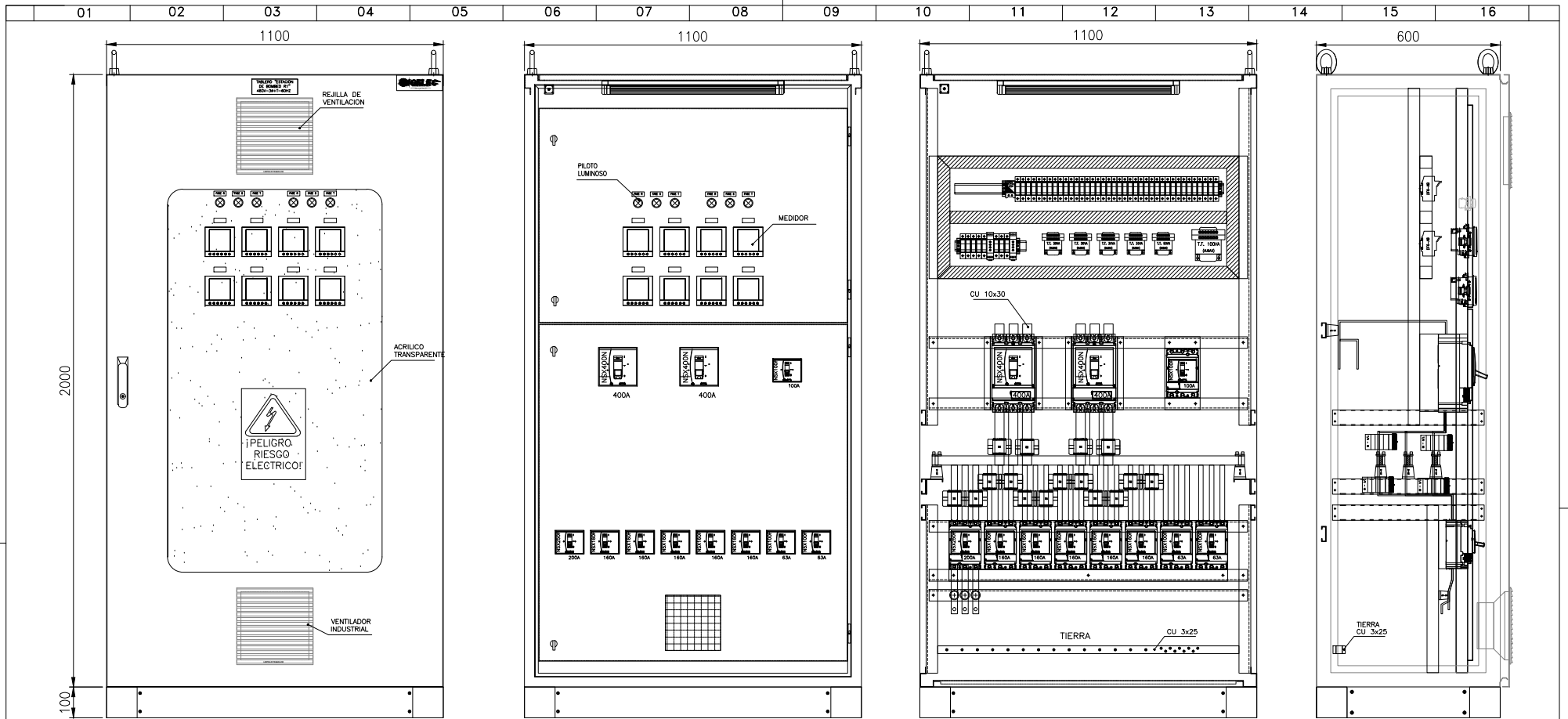
**TABLERO AUTOSOPORTADO  
"ESTACION DE BOMBEO R1"  
460V-3F+T-60Hz**

ORDEN DE FABRICACION:  
**OF2480**  
PLANO N°:  
**01**

LISTA DE MATERIALES:  
**P0108159**  
COLOR RAL:  
**RAL7035**

C/PLANO:  
**1/7**  
REV. :  
**1.0**





VISTA FRONTAL

VISTA FRONTAL  
(CON MANDIL)

VISTA FRONTAL  
(SIN MANDIL)

VISTA LATERAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
A	Tipo de tablero:		AUTOSOPORTADO		
B	Espesores de planchas	Cuerpo	Plancha GALV. de 1.9mm.		
		Puerta/Placa base/Mandil:	Plancha GALV. de 1.9mm.		
C	Dimensiones del tablero:		2000x1100x600mm (AltioxAnchoxProfundidad)		
D	Color de pintura Ext/Int:		Pintura electrostática en polvo color RAL 7035		
E	Barras de cobre (Cu)	Barra principal:	5x30mm Fase R(rojo), Fase S(negro), Fase T(azul),		
		Barra tierra:	3x25mm Amarillo		
		NOMBRE	FIRMA	FECHA	DESCRIPCIÓN :  TABLERO "EST."  460V
DIBUJADO		R.RAMOS	R.R	19/09/18	
DISEÑO		R.RAMOS	R.R	19/09/18	
APROBADO		N.TIMANA	N.T.	19/09/18	

TABLERO "ESTACION DE BOMBEO R1"  
460V-3F+T-60Hz

CLIENTE :  
AGRICOLA PAMPA BAJA S.A.C.  
PROYECTO :  
GABINETE AUTOSOPORTADO

ORDEN DE FABRICACION:  
OF2480  
PLANO N°:  
01

LISTA DE MATERIALES:  
P0108159  
COLOR RAL:  
RAL7035

C/PLANO:  
1/  
REV. :  
1.0

ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD DE SISELEC S.A.C. NO SE PERMITE LA COPIA, LA REPRODUCCION Y/O EL SUMINISTRO A TERCEROS SIN PREVIA AUTORIZACION  
FORMATO: A-4

JOSÉ ALEXANDER MUÑOZ OLLITAS  
FIRM.

LISTADO DE ACCESORIOS			
#	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MARCA
1	ITM NSX400N-3X400A (160-400A) 42KV 440V	LV432693	SCHNEIDER
2	ITM NSX250F-3X200A (140-200A) 35KV 440V	LV431631	SCHNEIDER
3	ITM NSX180F-3X160A (112-160A) 35KV 440V	LV430630	SCHNEIDER
4	ITM NSX100F-3X63A (44.1-63A) 35KV 440V	LV429632	SCHNEIDER
5	ITM NSX100F-3X100A (70-100A) 35KV 440V	LV429630	SCHNEIDER
6	MEDIDOR DIGITAL MULTIFUNCIONAL PM2230	METSEPM2230	SCHNEIDER
7	RELE CONTROL DE SECUENCIA PRESENCIA DE FASE	RM22TR33	SCHNEIDER
8	TRANSF. DE CORRIENTE 400/5A	IB - 400/5A	I CELSA
9	TRANSF. DE CORRIENTE 200/5A	IB - 200/5A	I CELSA
10	TRANSF. DE CORRIENTE 150/5A	IB - 150/5A	I CELSA
11	TRANSF DE CONTROL 440/220V 100VA	TAM0000100	AUDAX
12	TRANSF DE CONTROL 440/220V 50VA	TAM0000050	AUDAX
13	TRANSF DE CONTROL 440/220V 30VA	TAM0000030	AUDAX

# DIAGRAMA ELÉCTRICO

ENTRADA DE LÍNEA  
ALIMENTADORAS  
230VAC-3Ø+T-60Hz

-IG3  
NSX100F  
3X100A  
(70-100A)  
85KA/220V

Cable THW12AWG Amarillo

Cu 3X25MM

FASE R Cu 5x30MM

FASE S

FASE T

VER PLANOS 6/7

-C7  
NSX160F  
3X160A  
(112-160A)  
35KA/440V

-TC13,TC14  
150/5A  
3.75VA

-ME7  
-PM2230  
A V E

VER PLANOS 6/7

-C8  
NSX250F  
3X200A  
(140-200A)  
35KA/440V

-TC15,TC16  
200/5A  
5VA

-ME8  
-PM2230  
A V E

TABLERO  
75HP

TABLERO  
100HP

TABLERO 230 V

JOSE ALEXANDER MUÑOZ OBILITAS  
FIME

ESTE DOCUMENTO ES DE PROPIEDAD  
DE SIGUELEC SERVICE S.A.C.  
NO SE PERMITE LA COPIA,  
LA REPRODUCCION Y/O EL SUMINISTRO  
A TERCEROS SIN PREVIA AUTORIZACION

FORMATO: **A-4**

NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJADO D.MANRIQUE	D.M	19/09/2018
DISEÑADO G.GUERRA	G.G	19/09/2018
APROBADO J.MUNIVE	J.M	19/09/2018

CLIENTE : AGRICOLA PAMPA BAJA S.A.C.  
PROYECTO : TABLERO AUTOSOPORTABLE

DESCRIPCION :  
TABLERO AUTOSOPORTADO  
"ESTACION DE BOMBEO R1"  
460V-3F+T-60Hz

ORDEN DE FABRICACION:  
**OF2480**  
PLANO N°:  
**02**

LISTA DE MATERIALES:  
**P0108159**  
COLOR RAL:  
**RAL7035**

C/PLANO:  
**2/7**  
REV. :  
**1.0**