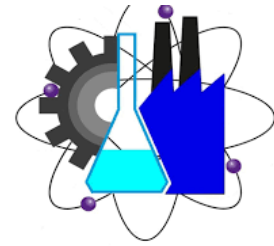




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS**



**Facultad de Ciencias  
Químicas e Ingeniería**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA EN  
CENTROS DE CARGA DE MEDIA TENSIÓN SEGÚN EL  
CÓDIGO DE RED**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA**

**ALEXIS MATANCHE PÉREZ**

**DIRECTOR: DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS**

**CUERNAVACA MORELOS**

**ENERO, 2021**

# ÍNDICE

<b>CAPITULO 1 CALIDAD DE LA ENERGÍA</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA.</b> .....	<b>9</b>
1.2.1 TRANSITORIOS .....	10
1.2.2 TRANSITORIOS IMPULSIVOS.....	10
1.2.3 TRANSITORIOS OSCILATORIOS.....	11
1.2.4 VARIACIONES DE TENSIÓN DE CORTA DURACION VTCD.....	12
1.2.4.1 SWELLS .....	12
1.2.4.2 SAGS .....	13
1.2.5 INTERRUPCIONES.....	13
1.2.6 VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACION VTLD. ....	14
1.2.6.1 SOBRETENSIONES (OVERVOLTAGE) .....	14
1.2.6.2 SUBTENSIONES (UNDERVOLTAGE) .....	15
1.2.6.3 INTERRUPCIONES SOSTENIDAS.....	15
1.2.7 DESBALANCE DE TENSIÓN .....	15
1.2.8 DISTORSIONES DE FORMA DE ONDA.....	16
1.2.8.1 DC OFFSET.....	16
1.2.9 ARMÓNICOS .....	16
1.2.9.1 FUENTES DE ARMONICOS.....	17
1.2.9.2 ARMÓNICOS EN GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	17
1.2.9.3 ARMÓNICOS EN LAS CARGAS .....	18
1.2.9.4 CARGAS INDUSTRIALES .....	18
1.2.9.5 CARGAS RESIDENCIALES.....	18
1.2.9.6 INTERARMÓNICOS .....	20
1.2.9.7 DISTORSIONES ARMÓNICAS.....	20
1.2.9.8 EFECTOS DE LOS ARMONICOS .....	22
1.2.9.9 FILTROS ARMÓNICOS .....	23
1.2.10 MUESCAS (NOTCHES).....	23
1.2.11 FLUCTUACIONES DE TENSIÓN, PARPADEO O "FLICKER" .....	24
1.2.12 FACTOR DE POTENCIA.....	24
1.2.12.1 TRÍANGULO DE POTENCIAS .....	26
<b>CAPITULO 2 NORMATIVIDAD</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1 INSTITUTOS DE NORMALIZACION QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DE LA ENERGIA.</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2 NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA.</b> .....	<b>32</b>
2.2.1 NORMA EN-50160.....	32
2.2.2 NORMA IEC-61000-3-2.....	34
2.2.3 NORMA IEC 61000-2-4.....	35
2.2.4 NORMA IEC 6100-4-30.....	35

2.2.5 ESTANDAR IEEE 1159	36
2.2.6 ESTANDAR IEEE 519	37
<b>2.3 NORMAS TÉCNICAS NACIONALES SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA</b>	<b>39</b>
2.3.1 DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL EN MATERIA DE ACCESO ABIERTO Y PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS EN LA RED NACIONAL DE TRANSMISIÓN Y LAS REDES GENERALES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	40
2.3.1.1 ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN	40
2.3.1.2 MEDICIÓN DE LA CALIDAD	40
2.3.1.3 TENSIÓN DE OPERACIÓN DE SUMINISTRO	41
2.3.1.4 COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA	43
2.3.2 NOM-008-SCFI-2002	43
2.3.3 NMX-J-098-ANCE-2014	44
2.3.4 ESPECIFICACIÓN CFE L0000-70 “CALIDAD DE LA ENERGÍA: CARACTERÍSTICAS Y LÍMITES DE LAS PERTURBACIONES DE LOS PARÁMETROS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”	45
2.3.5 ESPECIFICACION CFE L0000-45 “DESVIACIONES PERMISIBLES EN LAS FORMAS DE ONDA DE TENSIÓN Y CORRIENTE EN EL SUMINISTRO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”	46
2.3.6 INSTRUCTIVO DE GESTIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE LA POTENCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA.	47
<b>2.4 CÓDIGO DE RED</b>	<b>48</b>
2.4.1 ESTRUCTURA DEL CÓDIGO DE RED	49
2.4.2 ACTIVIDADES REGULADAS	50
2.4.3 VIGILANCIA Y SANCIONES	51
2.4.4 MANUAL REGULATORIO DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CONEXIÓN DE CENTROS DE CARGA	51
2.4.4.1 VARIACIONES DE TENSIÓN	51
2.4.4.2 FRECUENCIA	53
2.4.4.3 REQUERIMIENTOS DE FACTOR DE POTENCIA	54
2.4.4.4 CALIDAD DE LA ENERGIA	54
<b>CAPITULO 3 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL, CENTROS DE CARGA Y CIRCUITOS ALIMENTADORES.</b>	<b>55</b>
<b>3.1 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL</b>	<b>56</b>
3.1.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO	56
3.1.2.1 TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	57
<b>3.2 CENTROS DE CARGA</b>	<b>58</b>
<b>3.3 CIRCUITOS ALIMENTADORES</b>	<b>59</b>
<b>CAPITULO 4 SISTEMAS DE MEDICION</b>	<b>61</b>
<b>4.1 SIMOCE (SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE LA ENERGIA)</b>	<b>61</b>

<b>4.2 PROCESO DE MEDICIÓN</b> -----	<b>62</b>
<b>CAPITULO 5 MEDICIONES</b> -----	<b>64</b>
<b>5.1 SUBESTACIÓN CUERNAVACA</b> -----	<b>64</b>
MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA CUE52010 -----	66
MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA CUE52020 -----	71
TABLAS DE MEDICIONES DE LA SUBESTACIÓN CUERNAVACA -----	76
<b>5.2 SUBESTACIÓN MORELOS</b> -----	<b>80</b>
MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA MOR5145-----	82
MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA MOR5225-----	87
TABLAS DE MEDICIONES DE LA SUBESTACIÓN MORELOS -----	92
<b>5.3 SUBESTACIÓN TABACHINES</b> -----	<b>96</b>
MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA TBH52015 -----	98
TABLAS DE MEDICIONES DE LA SUBESTACIÓN TABACHINES-----	103
<b>CAPITULO 6 ANALISIS Y CONCLUSIONES</b> -----	<b>107</b>
<b>6.1 SUBESTACION CUERNAVACA</b> -----	<b>107</b>
<b>6.2 SUBESTACIÓN MORELOS</b> -----	<b>109</b>
<b>6.3 SUBESTACION TABACHINES.</b> -----	<b>111</b>
<b>6.4 CONCLUSIÓN</b> -----	<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> -----	<b>112</b>

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Transitorio Impulsivo de Tension -----	10
Figura 2. Curva de espectro de transitorio oscilatorio -----	11
Figura 3. “Swell” -----	12
Figura 4. “Sag”-----	13
Figura 5. Onda sinusoidal con offset de CD -----	16
Figura 6. “Notches” -----	24
Figura 7. Indicador de Factor de Potencia -----	25
Figura 8. Tipos de Cargas-----	26
Figura 9. Triangulo de Potencias -----	26
Figura 10. Clasificación en categorías de la Normatividad -----	29
Figura 11. Nodo de medición de calidad de energía -----	41

Figura 12. Factores para una condición de operación adecuada-----	48
Figura 13. Curva ITIC o ITI (desarrollada por el Consejo Industrial de Tecnología de la información, en inglés Information Technology Council)---	53
Figura 14. Estructura de un sistema eléctrico. -----	55
Figura 15. Regiones del SEN-----	56
Figura 16. Fuentes de energía. -----	57
Figura 17. Porcentajes de generación de energía eléctrica en México. -----	58
Figura 18. Modelo de Circuito Alimentador Suburbano -----	60
Figura 19. Logo del Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía -----	61
Figura 20. Diagrama de bloques de funcionamiento del SIMOCE -----	62
Figura 21. Conexiones de medición y consulta del SIMOCE. -----	63
Figura 22. Diagrama unifilar subestación Cuernavaca -----	65
Figura 23. Nivel de tensión VLL del nodo CUE52010-----	67
Figura 24. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase (%)-----	68
Figura 25. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase (%)-----	68
Figura 26. Desbalance de Tensión del nodo CUE52010 (%)-----	69
Figura 27. Desbalance de corriente del nodo CUE52010 (%)-----	69
Figura 28. Frecuencia del nodo CUE52010 -----	70
Figura 29. Factor de Potencia del nodo CUE52010-----	70
Figura 30. Nivel de tensión VLL del nodo CUE52020-----	72
Figura 31. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo CUE52020(%) -----	73
Figura 32. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase del nodo CUE52020(%) -----	73
Figura 33. Desbalance de Tensión del nodo CUE52020 (%)-----	74
Figura 34. Desbalance de Corriente del nodo CUE52020 (%) -----	74
Figura 35. Frecuencia del nodo CUE52020 -----	75
Figura 36. Factor de Potencia del nodo CUE52020-----	75
Figura 37. Diagrama Unifilar de la subestación Morelos-----	81
Figura 38. Nivel de tensión VLL del nodo MOR5145-----	83
Figura 39. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo MOR5145(%) -----	84
Figura 40. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase del nodo MOR5145(%) -----	84
Figura 41. Desbalance de Tensión del nodo MOR5145 (%)-----	85
Figura 42. Desbalance de Corriente del nodo MOR5145 (%) -----	85
Figura 43. Frecuencia del nodo MOR5145 -----	86
Figura 44. Factor de Potencia del nodo MOR5145-----	86

Figura 45. Nivel de tensión VLL del nodo MOR5225-----	88
Figura 46. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo MOR5225(%) -----	89
Figura 47. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo MOR5225(%) -----	89
Figura 48. Desbalance de Tensión del nodo MOR5225 (%)-----	90
Figura 49. Desbalance de Corriente del nodo MOR5225 (%) -----	90
Figura 50. Frecuencia del nodo MOR5225 (Hz)-----	91
Figura 51. Factor de potencia del nodo MOR5225 -----	91
Figura 52. Diagrama unifilar de la subestación Tabachines-----	97
Figura 53. Nivel de tensión VLL del nodo TBH52015-----	99
Figura 54. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo TBH52015(%)-----	100
Figura 55. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase del nodo TBH52015(%)-----	100
Figura 56. Desbalance de Tensión del nodo TBH52015 (%) -----	101
Figura 57. Desbalance de Corriente del nodo TBH52015 (%)-----	101
Figura 58. Frecuencia del nodo TBH52015 (Hz) -----	102
Figura 59. Factor de potencia del nodo TBH52015-----	102

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de la norma EN-50160-----	33
Tabla 2. Límites para los equipos clase A según norma 61000-3-2 -----	34
Nota: Para los equipos clase B se utilizan los valores de la tabla anterior multiplicados por un factor de 1.5 -----	34
Tabla 3 . Límites de corta y larga duración según norma IEEE 1159 -----	37
Tabla 4. Límites de corriente por carga no lineal en punto de acoplamiento para voltajes entre 120-69 kV -----	38
Tabla 5. Límites según estándar IEEE 519. -----	39
Tabla 6. Límites de Variación de Tension Permitidos para el Suministrador.	42
Tabla 7. Tensiones eléctricas normalizadas, media tensión -----	44
Tabla 8. Desbalance máximo permitido en la tension en el punto de acometida -----	46
Tabla 9. Desbalance máximo permitido en la corriente en el punto de acometida -----	46
Tabla 12. Frecuencia Normalizada en México. -----	53
Tabla 13. Niveles de tension de la subestación Cuernavaca (V) -----	76

Tabla 14. Niveles de distorsión armónica total de tensión de la subestación Cuernavaca (%) -----	77
Tabla 15. Niveles de distorsión armónica total de corriente de la subestación Cuernavaca (%) -----	77
Tabla 16 . Desbalance de tension de la subestación Cuernavaca (%)-----	78
Tabla 17 . Desbalance de corriente de la subestación Cuernavaca (%)-----	78
Tabla 18 .Frecuencia de la subestación Cuernavaca (Hz) -----	79
Tabla 19. Factor de potencia de la subestación Cuernavaca-----	79
Tabla 20. Niveles de tension de la subestación Morelos (V)-----	92
Tabla 21. Niveles de distorsión armónica total de tensión de la subestación Morelos (%)-----	93
Tabla 22. Niveles de distorsión armónica total de corriente de la subestación Morelos (%)-----	93
Tabla 23 . Desbalance de tension de la subestación Morelos (%) -----	94
Tabla 24 . Desbalance de corriente de la subestación Morelos (%) -----	94
Tabla 25 .Frecuencia de la subestación Morelos (Hz)-----	95
Tabla 26 .Factor de potencia de la subestación Morelos -----	95
Tabla 27. Niveles de tension de la subestación Tabachines (V)-----	103
Tabla 28. Niveles de distorsión armónica total de tensión de la subestación Tabachines (%)-----	104
Tabla 29. Niveles de distorsión armónica total de corriente de la subestación Tabachines (%)-----	104
Tabla 30. Desbalance de tensión de la subestación Tabachines (%) -----	105
Tabla 31. Desbalance de corriente de la subestación Tabachines (%) -----	105
Tabla 32. Frecuencia de la subestación Tabachines (Hz) -----	106
Tabla 33. Factor de potencia de la subestación Tabachines -----	106

# CAPITULO 1 CALIDAD DE LA ENERGÍA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el consumo de energía eléctrica va en aumento de forma considerable debido al desarrollo de nuevas tecnologías que están transformando la sociedad, en general lo que aumenta continuamente la productividad. De manera conjunta estas nuevas tecnologías van ligadas con la utilización de la energía eléctrica, así que cada vez es más alto el consumo de energía eléctrica, pero este consumo debe cumplir con ciertos parámetros permitidos para que su utilización sea lo más óptimo posible.

Debido a la cantidad de nuevos dispositivos electrónicos que se encuentran en la sociedad, estos tienden a generar algunos problemas en los parámetros de la calidad de la energía, pero también podría verse afectada la calidad de la energía por el propio suministrador.

Al referirse a la palabra “calidad” es importante hacer referencia a las características técnicas evaluadas de la energía eléctrica y al conjunto de cualidades que la constituyen. Estas cualidades deben cumplir con los parámetros de calidad, unos con mayor importancia que otros. Esto es aplicable a todos los servicios de energía eléctrica con tensión igual o mayor a 13.2 kV tanto como a clientes de suministro y clientes de interconexión.

Actualmente un estudio de calidad de la energía ha ganado gran importancia y la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad de las empresas, debido a que existe una relación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad.

Un circuito eléctrico de corriente alterna consta de su manera más sencilla, de una fuente de energía y de una carga eléctrica. La fuente proporciona energía eléctrica en su caso los generadores que pueden ser accionados de distintas maneras según sea el tipo de planta de generación, y la carga que es donde se consume la energía eléctrica. Siempre que la fuente proporcione una cantidad de energía por unidad de tiempo, es decir, una determinada cantidad de potencia eléctrica, la tensión forzará una corriente a través de circuito.

Por lo tanto, cuando se habla de calidad de la energía eléctrica se trata de establecer los requerimientos y factores técnicos que deben cumplir los centros de carga que se conecten al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) para garantizar la eficiencia, Confiabilidad, Continuidad, Calidad y Sustentabilidad del SEN y de suministro eléctrico.

El código de red y la CRE permite obtener la mayor eficiencia al poder contar con energía de calidad, así mejorando la producción y reduciendo las pérdidas. Un mal servicio en la calidad de la energía en el sector industrial puede generar



efectos en la facturación, producción y servicio al cliente. La facturación se puede ver alterada debido a lecturas erróneas en los medidores electrónicos por la presencia de armónicos, en la producción se pueden presentar pérdidas de sincronismo en los equipos al variar la frecuencia y la calidad del servicio puede ser afectada por los cambios bruscos de tensión del sistema.

## **1.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA.**

La definición de los parámetros que abarcan la calidad de la energía conlleva a determinar la calidad de la energía en base a las características y los límites de las perturbaciones dentro del sistema eléctrico nacional.

Es importante conocer los diferentes tipos de perturbaciones que intervienen en la calidad de la onda eléctrica, sus causas y consecuencias para así poder corregir los problemas, y evitar perder la continuidad del servicio o brindar una mala calidad de la energía eléctrica.

Dentro de las condiciones mínimas de calidad de servicio destacan tres aspectos básicos:

- Continuidad de servicio
- Calidad del producto y relación con el cliente
- Calidad de tensión

Un mal servicio en la calidad de la energía puede generar efectos como pérdidas de producción en el sector industrial, facturación errónea debido a las lecturas erróneas en los medidores electrónicos por la presencia de armónicos en el sistema, y hasta pérdida de continuidad del servicio que causaría molestia a los clientes.

### 1.2.1 TRANSITORIOS

Es un fenómeno que hace referencia a un cambio en la señal que desaparece cuando cambia la condición de operación de un estado estable en un sistema, se presentan en forma de impulsos u oscilaciones, pueden tener su origen en las descargas atmosféricas o al conectar o desconectar bancos de capacitores para la corrección del factor de potencia, debido a ello no presentan una indicación clara de su aparición que pueda detectarse visualmente en circuitos de alumbrado o en alguna otra forma.

### 1.2.2 TRANSITORIOS IMPULSIVOS

Un transitorio impulsivo es un súbito cambio en la condición de estado estable, que dura menos de medio ciclo, y que inicialmente tiene la misma polaridad que el voltaje normal, de tal manera que el disturbio se suma a la forma de onda nominal.

La causa más común de transitorios impulsivos son las descargas atmosféricas. Debido a las altas frecuencias del fenómeno, la forma de un transitorio impulsivo puede llegar a cambiar rápidamente por los componentes de los circuitos y puede presentar características muy diferentes en las distintas partes del sistema. De igual manera pueden ser ocasionados por fallas en la red eléctrica, y la conexión o desconexión de grandes cargas.

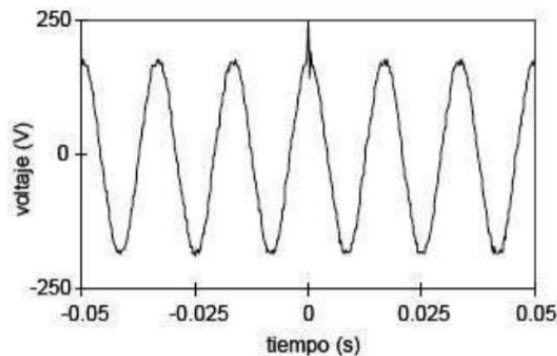


Figura 1. Transitorio Impulsivo de Tension

### 1.2.3 TRANSITORIOS OSCILATORIOS

Un transitorio oscilatorio es un súbito cambio en la condición estable de tensión, corriente o ambos, que incluyen valores de polaridad positiva o negativa. Básicamente consiste en un cambio de polaridad, de forma instantánea en el voltaje o la corriente. La oscilación es descrita por su contenido espectral (frecuencia predominante), la duración y magnitud.

Las subclases de contenidos espectrales son alta, mediana y baja frecuencia.

Un transitorio con una frecuencia mayor que 500 kHz y una duración de microsegundos es considera como de alta frecuencia, por lo regular son el resultado de las respuestas del sistema local a un transitorio brusco.

Un transitorio con una componente de frecuencia fundamental entre 5 y 500 kHz con una duración de decimas de microsegundos es definido como una transitorio de frecuencia media, y puede ser causa por la energización back to back, que provoca corrientes transitorias oscilatorias de decenas de kilohertz.

Un transitorio con una componente de frecuencia fundamental menos que 5 kHz y una duración de 0.3 a 50 ms, es considerado como una transitorio de baja frecuencia. Es comúnmente encontrado en sistema de subtransmisión o distribución, y tiene múltiples causas.

La más común es la energización del banco de capacitores, los cuales típicamente provocan un transitorio de voltaje oscilatorio con una frecuencia fundamental entre 300 Hz y 900 Hz.

En los sistemas de distribución pueden encontrarse con una frecuencia menor que 300 Hz, generalmente son asociados con ferresonancia y energización del transformador.

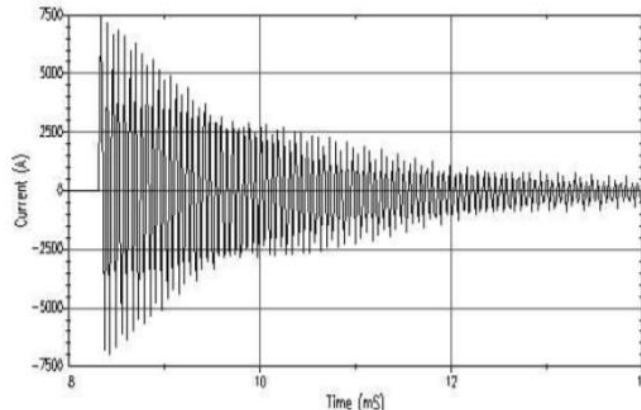


Figura 2. Curva de espectro de transitorio oscilatorio

## 1.2.4 VARIACIONES DE TENSIÓN DE CORTA DURACION VTCD.

Esta categoría abarca dentro de la norma IEC de tensiones e interrupciones cortas. Cada tipo de variación puede ser designada como instantánea, momentánea o temporal, dependiendo de su duración.

El origen de los VTCD tiene su origen en las condiciones de falla, la energización de grandes cargas que requieren grandes corrientes para su arranque o conexiones inestables. Dependiendo de la localización de la falla y del estado en que se encuentre el sistema la falla puede causar:

- Aumentos de Tension (SWELLS)
- Caídas de tensión (SAGS)
- Interrupción o perdida completa de tensión

### 1.2.4.1 SWELLS

Son incrementos repentinos de tensión de suministro entre 1.1 p.u. y 1.8 p.u. del valor nominal, seguido de una recuperación de tension después de un corto periodo de entre un ciclo a la frecuencia del sistema y 1 min.

Ocurren principalmente por un aumento de tensión temporal sobre las fases no falladas en una falla fase-tierra, ocurren con poca frecuencia y es una falla transitoria.

Existen 3 variables que influyen en el momento que ocurre la falla:

- Localización de la falla
- Impedancia del sistema
- Sistema de puesta a tierra.

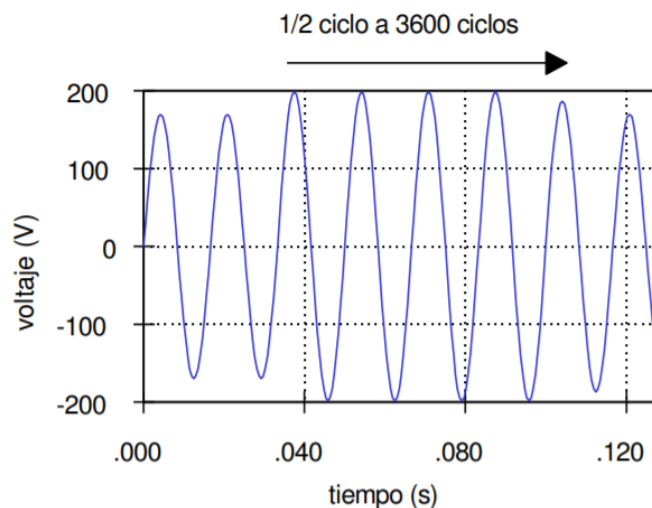


Figura 3. "Swell"

### 1.2.4.2 SAGS

Es un decremento repentino de la tensión de suministro, entre un valor de 0.9 p.u. y 0.1 p.u. de la tensión nominal, seguido de la recuperación de la tensión en un periodo corto de entre un ciclo a la frecuencia del sistema y 1 min.

Normalmente están asociados con fallas a tierra del sistema, así como la energización de grandes bloques de carga o cuando se produce el arranque de maquinarias de gran potencia tales como motores, compresores y ascensores.

La interrupción del servicio debido a los SAGS puede resultar en un costo considerable para la operación. Estos costos incluyen pérdida de productividad, retardo en el despacho y pérdida de continuidad del servicio.

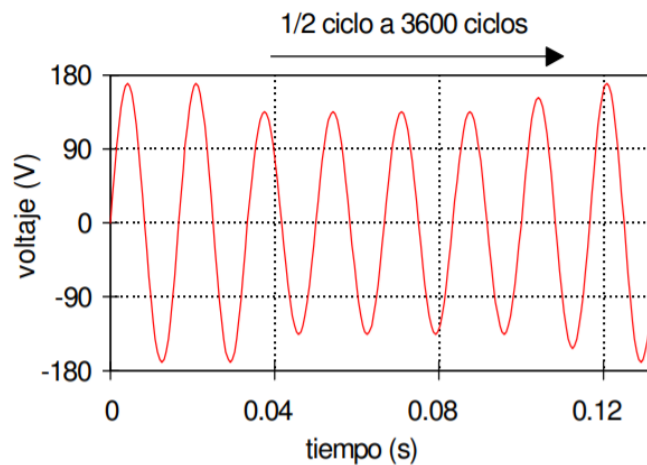


Figura 4. "Sag"

### 1.2.5 INTERRUPCIONES

Las interrupciones suceden cuando la tensión de alimentación o la corriente de la carga presentan un decremento de 0.1 p.u. en un periodo de tiempo no mayor a 1 min.

Las interrupciones por lo regular son el resultado de las fallas en los sistemas de potencia, en sus equipos o mal funcionamiento del control. Estas son medidas de acuerdo con su duración desde magnitudes de tensión menores que el 10% de la nominal. La duración de una interrupción debido a una falla en el sistema está determinada por el tiempo de operación de los equipos de protección. Los recierres de los equipos de protección pueden causar una interrupción temporal y la duración de esta debido a mal funcionamiento puede ser irregular.

En ocasiones las interrupciones son precedidas por un voltaje sag cuando las fallas son debido a la fuente. El voltaje sag ocurre entre el tiempo de inicio de la falla y el tiempo de reacción de los sistemas de protección.

### **1.2.6 VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACION VTLD.**

Estas variaciones corresponden a una desviación R.M.S de la frecuencia fundamental por tiempos mayores a 1 minuto. La ANSI C84.1 especifica las tolerancias esperadas en un sistema de potencia. Una variación de tensión es considerada de larga duración cuando los límites son excedidos por más de 1 minuto.

Las variaciones de larga duración pueden ser:

- Sobretensiones (overvoltages)
- Subtensiones (undervoltages)
- Interrupciones Sostenidas

Estas generalmente no son el resultado de fallas del sistema, pero por lo regular son originadas por variaciones en la carga o por apertura/cierre de interruptores.

#### **1.2.6.1 SOBRETENSIONES (OVERVOLTAGE)**

Una sobretensión es un aumento en la tensión AC RMS mayor que el 110% de frecuencia fundamental con una duración de más de 1 minuto.

Normalmente son el resultado de maniobras realizadas por el operador como la apertura de grandes cargas o la energización de bancos de capacitores, y ocurren porque el sistema es demasiado débil para regular la tensión deseada o porque las tensiones de control son inadecuadas.

La diferencia entre overvoltage y swell es únicamente su duración, ya que es mayor.

### **1.2.6.2 SUBTENSIONES (UNDervOLTAGE)**

Una subtensión o caída de tensión es la reducción de la tensión AC RMS menor al 90% de la frecuencia fundamental para una duración mayor a un minuto.

Son el resultado de las acciones contrarias a aquellas que causan los sobrevoltajes. Por ejemplo, el cierre de una carga o la apertura de un banco de capacitores puede causar un bajo voltaje hasta que el equipo regulador del sistema pueda ajustar el voltaje dentro de los límites permitidos. Los circuitos con sobrecarga también pueden ser la causa de una subtensión.

### **1.2.6.3 INTERRUPCIONES SOSTENIDAS**

Cuando la tensión de alimentación ha permanecido en cero por un periodo superior a un minuto, la VLTD es considerada como una interrupción sostenida. Usualmente las interrupciones superiores a 1 minuto son permanentes y requieren intervención humana para restaurar el sistema. El término interrupción sostenida se refiere a fenómenos en sistemas de potencia en general.

### **1.2.7 DESBALANCE DE TENSIÓN**

El desbalance de tensión es definido como la desviación máxima del promedio de las tres fases de tensiones o corrientes, dividido por el promedio de las tensiones o corrientes de las tres fases, expresado en porcentaje.

También puede definirse mediante componentes simétricas, La relación entre la componente de secuencia negativa o cero a la componente de secuencia positiva puede ser usada para especificar un porcentaje de desbalance. Actualmente en los sistemas de distribución no el desbalance de tensión no puede ser mayor que 5% entre las fases. También puede ser producido por la quema de fusibles en una de las tres fases de un banco de capacitores.

### 1.2.8 DISTORSIONES DE FORMA DE ONDA

Una distorsión de forma de onda está definida como una desviación de estado estacionario de una onda sinusoidal de la frecuencia , principalmente caracterizada por el contenido espectral de la desviación.

#### 1.2.8.1 DC OFFSET

La presencia de un voltaje o corriente D.C. en un sistema de potencia AC se denomina DC offset. Esto puede llegar a ocurrir como el resultado de disturbios geomagnéticos como consecuencia del efecto de rectificación de media onda. La corriente directa en redes de corriente alterna puede tener efectos negativos, por ejemplo, en los núcleos de los transformadores debido que se pueden saturar en operación normal, causando calentamiento adicional y pérdida de vida del transformador. La DC también puede causar erosión electrolítica en electrodos de puesta a tierra y otros conductores.

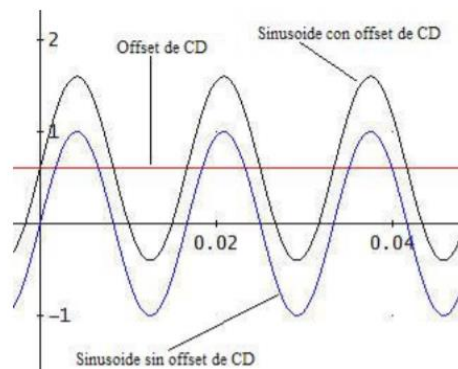


Figura 5. Onda sinusoidal con offset de CD

### 1.2.9 ARMÓNICOS

Las cargas no lineales tales como: rectificadores, inversores, variadores de velocidad, hornos de inducción o de arco, saturación de transformadores, lámparas fluorescentes y electrónicos en general; absorben de la red corrientes periódicas no senoidales, estas corrientes son señales de tensión o corrientes sinusoidales que tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia nominal del sistema, que se denominan armónicos eléctricos, las formas de onda distorsionadas pueden ser descompuestas en una suma de la frecuencia fundamental y los armónicos. La distorsión armónica se origina en



las características no lineales de los equipos y cargas de un sistema de potencia.

El resultado es una deformación de la onda, que conlleva una serie de efectos secundarios asociados.

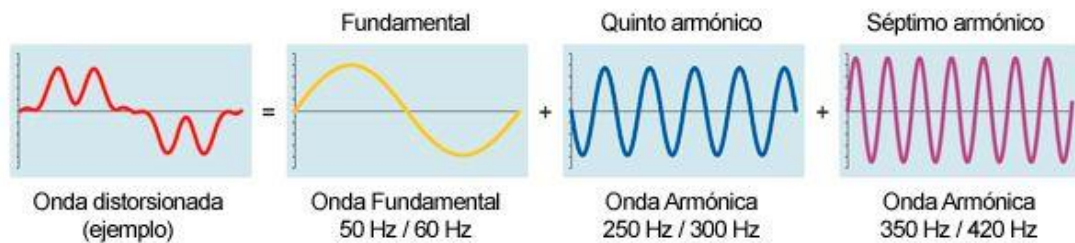


Figura 6. Ejemplo de ondas de armónicos

### 1.2.9.1 FUENTES DE ARMONICOS

Estas perturbaciones generalmente son causadas por equipos o cargas que tienen un funcionamiento con una característica tensión-corriente no lineal. Estos equipos pueden ser considerados como fuentes de armónicos de corriente y en algunos casos como fuentes de armónicos de tensión dependiendo de su impedancia al armónico en cuestión.

### 1.2.9.2 ARMÓNICOS EN GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Los armónicos de corriente generados por equipos electromecánicos de la propia red de suministro en las etapas de generación, transmisión y distribución son despreciables con un bajo nivel de distorsión: generadores, transformadores, etc.

Los generadores no producen una onda senoidal pura, pero la magnitud de los armónicos normalmente es despreciable con un apropiado diseño .

En transformadores y reactores la distorsión es causada por condiciones de funcionamiento con saturación del hierro.

Otros equipos recién utilizados en la red de suministro tales como compensadores estáticos de potencia reactiva (SVC) y convertidores de frecuencia en aplicaciones de HVDC( transmisión de corriente continua en alta

tension) introducen diferentes niveles de armónicos, dependiendo del tipo, operación y compensación de armónicos que utilicen.

### **1.2.9.3 ARMÓNICOS EN LAS CARGAS**

Son los principales generadores de armónicos y se los puede clasificar en cargas industriales y residenciales, por ejemplo:

- Equipos con control de fase y alta potencia (rectificadores controlados).
- Rectificadores no controlados, especialmente con filtrado capacitivo( usados en televisores, convertidores de frecuencia, UPS, balastos electrónicos, etc. ) Estos producen armónicos en fase con otras cargas y no se compensan en la red.

### **1.2.9.4 CARGAS INDUSTRIALES**

Constituyen generalmente la mayor fuente de distorsión armónica en la red, e incluye los convertidores de potencia ( rectificadores), hornos de arco, hornos de inducción.

### **1.2.9.5 CARGAS RESIDENCIALES**

Estas cargas tienen un comportamiento distorsionante individual que puede ser depreciable, pero el efecto simultaneo de muchas de ellas puede provocar una considerable distorsión armónica, los equipos que contribuyen son: televisores, dispositivos controlados por tiristores ( reguladores de intensidad de luz), dispositivos de aplicación doméstica en general, lámparas de descarga gaseosas, equipos de oficina ( computadores, impresoras. etc. ) con fuentes conmutadas.

Los principales efectos perjudiciales de los armónicos son:

- Mal funcionamiento de dispositivos de regulación, control y protección.
- Mal funcionamiento en sistemas de control, sistemas de comunicación y control que utilizan la red pública como elemento de comunicación.
- Perdidas adicionales en capacitores, cables, transformadores, motores y generadores.
- Ruido adicional en motores y otros equipos, pulsación de torque en motores.
- Interferencia en telecomunicaciones debido al acoplamiento inductivo.

-Los bancos de capacitores de compensación de factor de potencia pueden provocar elevaciones peligrosas de tensión en puntos remotos de la red debido a que forman resonancias serie y paralelo en algunas frecuencias de los armónicos.

-La influencia de los armónicos sobre instrumentos de medición que emplea discos de inducción es despreciable.

-Los efectos dañinos de los armónicos en los equipamientos pueden clasificarse en instantáneos y de largo término.

-Los efectos instantáneos están asociados con fallas, operación defectuosa, o degradación del funcionamiento de los dispositivos debido al desplazamiento del cruce por cero de la forma de onda de tensión.

-Los equipamientos de regulación electrónica y computadores son susceptibles a estos efectos.

-Los armónicos de gran amplitud pueden causar mal funcionamiento en receptores de control y relés de protección.

-Los efectos de largo plazo están asociados a problemas térmicos. Pérdidas adicionales y sobrecalentamiento provocan un envejecimiento prematuro e incluso daño en capacitores y máquinas rotantes.

La norma EN-50160 muestra los límites de distorsión armónica de tensión y nos permite cuantificar la distorsión armónica en un punto de la red, teniendo en cuenta las siguientes definiciones:

-Tasa de distorsión armónica (HD): es la relación entre el valor eficaz de la componente de la distorsión armónica (caída de tensión) y el valor de la componente fundamental de la tensión.

-Tasa de la distorsión armónica total (THD): es la relación de la suma de las componentes de las distorsiones armónicas y el valor eficaz de la componente de tensión fundamental.

Esta norma se limita al nivel de las emisiones armónicas y se establecen valores de distorsión de tensión en redes de baja y media tensión. Se determinan unas tasas que no deben ser sobrepasadas en ningún punto de la red.

### 1.2.9.6 INTERARMÓNICOS

Los interarmónicos son tensiones o corrientes que tienen componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. Pueden aparecer como frecuencias discretas o como un espectro de banda ancha.

Estos pueden ser encontrados en redes de cualquier nivel de tensión. La principal fuente de distorsión de forma de onda interarmónica son los convertidores estáticos de frecuencia, ciclo convertidores, motores de inducción y los equipos de arco.

### 1.2.9.7 DISTORSIONES ARMÓNICAS

Un efecto muy importante cuando se presentan armónicos en la red es la reducción del factor de potencia en el circuito.

La presencia de armónicos en la red genera perturbaciones inaceptables sobre la red de distribución de energía eléctrica, causando el sobrecalentamiento de motores, cables y transformadores, así como el disparo de interruptores y el mal funcionamiento de equipos de control, protección y medición.

La manera más común para la medición de la distorsión armónica en el sistema de distribución es la distorsión total armónica (THD), este se puede obtener para los armónicos de corriente o de tensión, dependiendo de donde se quiera realizar la medición.

Más comúnmente cuando se quiere identificar la fuente o cuando se planea deshacerse de los armónicos, el índice de distorsión más apropiado es el THD distorsión armónica total, medido por separado para la tensión y para la corriente.

La ecuación que define la distorsión armónica total THD para los armónicos de tensión está determinada por la siguiente ecuación:

$$THD_v = \sqrt{\frac{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}{V_f^2}} * 100\%$$

Donde:

V es el valor armónico de la tensión.

n es el orden del armónico.

V<sub>f</sub> es el voltaje nominal fundamental del sistema.

Para los armónicos de corriente está determinado la siguiente ecuación:

$$THD_I = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}{I_f^2}} * 100\%$$

Donde:

I es el valor armónico de corriente.

n es el orden del armónico.

f es la corriente nominal fundamental del sistema.

Los valores de distorsión armónica de corriente se dan en base a la máxima corriente de carga (demanda). La distorsión total es dada en términos de la distorsión total de la demanda (TDD). Los límites de la TDD se encuentran en función de la tensión del sistema y orden de cada uno de los armónicos, en la tabla donde se muestra los límites estandarizados por la guía CFE 0000-70, este valor está determinado por la siguiente ecuación:

$$TDD = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}{I_{dem\ max}}} * 100\%$$

Donde:

I es el valor armónico de corriente.

n es el orden del armónico.

I<sub>dem max</sub> = Máxima demanda de la corriente de carga ( a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.

TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima o también conocido como DATD

Cuando se realizan las mediciones de los armónicos de corriente, es común encontrar valores altos si la carga es muy baja, que no afecta la operación de los equipos ya que la distorsión también es baja. Para evaluar de manera correcta el THD de corriente de acuerdo con la tabla # que se encuentra más adelante en la norma IEE 519.

Los armónicos se clasifican según su orden pueden ser impares y pares, teniendo una variación en su frecuencia fundamental; los límites de distorsión armónica de tensión, están clasificados en la siguiente tabla de acuerdo con la Guía CFE L0000-70, los cuales son aplicables para México.

### **1.2.9.8 EFECTOS DE LOS ARMONICOS**

**Resonancia:** La utilización de dispositivos capacitivos e inductivos en la red de distribución que estén generando distorsión armónica provocan un fenómeno conocido como resonancia, que da como resultado variaciones extremadamente altas o bajas de impedancia, que modifican la corriente y la tensión en el sistema de distribución.

**Perdidas en los conductores:** La potencia que se entrega a una carga depende de la corriente fundamental, cuando la corriente que consume una carga contiene armónicos, el valor eficaz de la corriente es superior y causa un aumento de las pérdidas por efecto Joule en los conductores y aumenta la temperatura en transformadores, equipos y conductores.

**Perdidas en los transformadores:** Las corrientes armónicas en los transformadores provocan un aumento de las pérdidas en las bobinas por efecto Joule y de las pérdidas del hierro debidas a las corrientes de Foucault.

**Sobrecarga del neutro:** En sistemas trifásicos balanceados sin contenido armónico, las líneas de corriente están desfasadas  $120^\circ$ , cancelándose unas con las otras resultando todo esto en una corriente muy pequeña, sin embargo, cuando hay distorsión en alguna de las fases los armónicos de las corrientes aumentan, principalmente los armónicos múltiplos de 3 son un aditivo al neutro y el resultado es una corriente de neutro que es mucho mayor a lo planeado y pueden causar un sobrecalentamiento.

**Sobredimensionamiento de los equipos:** Los conductores deben ser sobredimensionados teniendo en cuenta la circulación de corrientes

armónicas, debido que son mayores que la fundamental, las impedancias que se presentan para esta corrientes son mayores. Para evitar perdidas es necesario sobredimensionar los conductores de igual manera en el neutro.

#### **1.2.9.9 FILTROS ARMÓNICOS**

Los filtros activos son circuitos electrónicos dedicadas a analizar continuamente la corriente de carga y generan una corriente para compensar de tal manera que resulte igual a la diferencia entre la corriente de carga y la corriente de frecuencia fundamental.

Los filtros de protección de capacitores se utilizan cuando el objetivo es la compensación de energía reactiva a la frecuencia fundamental, en redes con alto contenido de armónicos.

Consisten en evitar que las corriente armónicas sobrecarguen el capacitor desviándolas hacia la red; estos filtros se realizan conectando una reactancia en serie con los capacitores de forma que la frecuencia de resonancia se situé en un valor entre la frecuencia fundamental y la frecuencia del armónico inferior que es generalmente el de quinto orden.

#### **1.2.10 MUESCAS (NOTCHES)**

Las muescas son un disturbio periódico de voltaje causado por la operación normal de dispositivos de electrónica de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

Debido a que las muescas ocurren continuamente, estas pueden ser caracterizadas a través del espectro armónico de la onda afectada, sin embargo, este disturbio se trata siempre como un caso especial. Los componentes de frecuencia asociados con muescas pueden ser relativamente alto y pueden no ser fácilmente caracterizados con equipos normales usados para medición de armónicos.

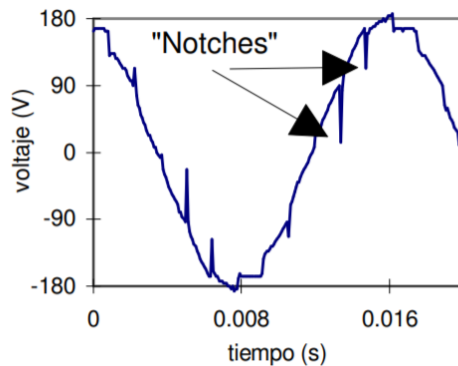


Figura 6. "Notches"

### 1.2.11 FLUCTUACIONES DE TENSIÓN, PARPADEO O "FLICKER"

El término "flicker" hace referencia a las fluctuaciones más notables en el nivel de tensión. Este fenómeno se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de equipos de iluminación, y en el ruido de acelerado y desacelerado de motores.

Comúnmente el parpadeo es debido a la conexión de cargas que requieren de corrientes grandes en el arranque. Si los arranques son frecuentes o si el requerimiento de corriente de la carga fluctúa rápidamente, los efectos de parpadeo pueden ser más pronunciados, algunos de los equipos que pueden ser los causantes son los elevadores y soldadoras de arco.

### 1.2.12 FACTOR DE POTENCIA

El Factor de Potencia puede ser definido como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación.

La siguiente figura es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica.



El Factor de Potencia puede tomar valores entre 0 y 1, lo que significa que



Figura 7. Indicador de Factor de Potencia

Cuando se tiene un bajo Factor de Potencia, si es comparado con uno alto, para una misma potencia, lo que origina es una mayor demanda de corriente, lo que implica la necesidad de utilizar cables de mayor calibre.

La potencia aparente es mas grande cuanto mas bajo sea el Factor de Potencia, lo que origina una mayor dimensión de los generadores.

Ambas circunstancias nos llevan a un mayor coste de la instalación de suministro. Esto no resulta viable para las compañías eléctricas, debido a que el gasto es mayor para un Factor de Potencia bajo. Por esta razón todas las compañías suministradoras penalizan un Factor de Potencia bajo, obligando a la mejora o imponiendo costos extras.

Además del incremento de los costos de facturación, un bajo Factor de Potencia también causa los siguientes problemas :

- Mayor consumo de corriente
- Aumento de las perdidas en los conductores
- Desgaste prematuro de los conductores
- Sobrecarga de transformadores y líneas de distribución
- Incremento en caídas de voltaje.

El valor del Factor de Potencia se determina por el tipo de cargas conectadas en una instalación. El Factor de Potencia es adimensional y solamente puede tomar valores entre 0 y 1.

En un circuito resistivo puro de corriente alterna, la corriente y la tension están en fase ( $\varphi=0$ ), esto es porque cambian de polaridad en el mismo instante en cada ciclo, siendo por lo tanto el Factor de Potencia la unidad.

Por otro lado, en un circuito reactivo puro, la corriente y la tension están en cuadratura ( $\varphi=90^\circ$ ) siendo nulo el valor del Factor de Potencia.

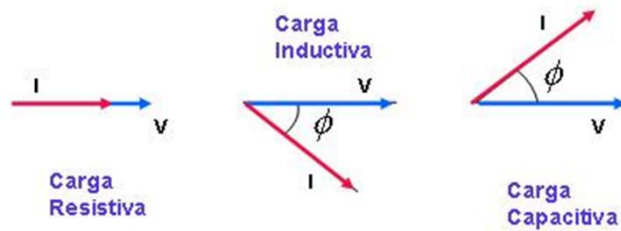


Figura 8. Tipos de Cargas

En la práctica los circuitos no pueden ser puramente resistivos ni reactivos, observándose desfases, más o menos significativos, entre las formas de onda de la corriente y la tensión. Cuando el Factor de Potencia este cercano a la unidad, se dirá que es un circuito fuertemente resistivo por lo que su FP es alto, pero cuando este cercano a cero se dirá que es fuertemente reactivo y su FP es bajo. Pero cuando el circuito sea de fuertemente inductivo, el caso más común, se hablará de un FP en retraso, mientras que se dice en adelante cuando es fuertemente capacitivo.

Las cargas inductivas como los transformadores, motores de inducción y, en general cualquier tipo de inductancia ( tal como las que generan las lámparas fluorescentes) generan potencia inductiva con la corriente atrasada respecto a al tensión.

Las cargas capacitivas como los bancos de capacitores o cables enterrados generan potencia reactiva con la corriente adelantada respecto a la tensión.

Comúnmente el Factor de Potencia es corregido por las empresas mediante la conexión de bancos de capacitores, y esta practica ajusta el FP a valores muy cercanos a la unidad.

### 1.2.12.1 TRÍANGULO DE POTENCIAS

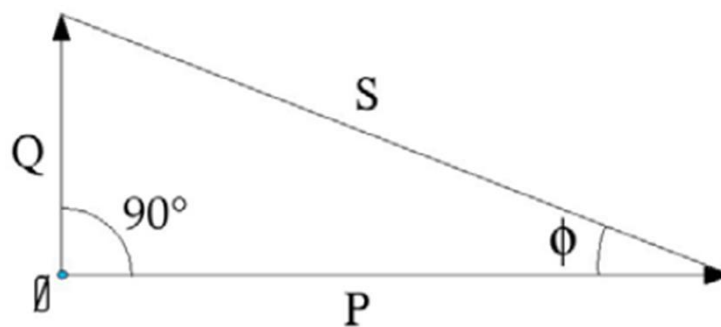


Figura 9. Triangulo de Potencias

$$\text{Factor de Potencia} = \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Donde:

- Q es la potencia reactiva
- P es la potencia real
- S es la potencia aparente
- $\Phi$  es el ángulo de desfase entre la potencia real y la potencia aparente

Para los circuitos trifásicos se usan las siguientes ecuaciones en los cálculos de factor de potencia. Los sistemas trifásicos equilibrados se clasifican en función del voltaje de línea a línea, la potencia aparente trifásica o total o la potencia real y la corriente de línea:

$$K_{3\varphi} = \sqrt{3} V_L I_L = 3K_{3\varphi} = 3V_{LN}I$$
$$P_{3\varphi} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta_P = 3V_{LN}I \cos\theta_P$$
$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3} V_L I_L \sin\theta_P = 3V_{LN}I \sin\theta_P$$
$$V_L = \sqrt{3} V_{LN}$$
$$fp = \cos\theta_P$$
$$K_{\varphi} = V_{LN}I$$

Donde:

$V_L$  = Voltaje de línea a línea

$I_L$  = Corriente de línea

$K_{3\varphi}$  = Potencia aparente trifásica total, VA

$P_{3\varphi}$  = Potencia activa trifásica total, W

$Q_{3\varphi}$  = Potencia reactiva trifásica total, VAR

$V_{LN}$  = Voltaje de línea a neutro, donde el neutro es un punto a igual potencial desde cada línea. (Para sistemas conectados en estrella [o Y] y de cuatro hilos,

este voltaje esta disponible para alimentar cargas monofásicas y es un tipo de sistema usual que existe a nivel de distribución.)

$K_{\phi}$  = Potencia aparente monofásica, VA

$\theta_p$  = Ángulo entre el voltaje de línea a neutro o neutro y la corriente de línea.

$F_p$  = Factor de potencia por fase, igual a  $\cos\theta_p$

Para cargas desequilibradas, la potencia real y la potencia reactiva para todas las cargas en una fase dada se suman ( algebraicamente, para cargas reactivas) con la finalidad de obtener la potencia por fase.

Para las cargas trifásicas equilibradas cada fase debe tener una tercera parte de los valores trifásicos de la potencia. Para cargas trifásicas desequilibradas, cada corriente de línea será diferente y los voltajes de línea a neutro, así como los de línea a línea, pueden ser también diferentes.

## CAPITULO 2 NORMATIVIDAD

### 2. NORMATIVIDAD.

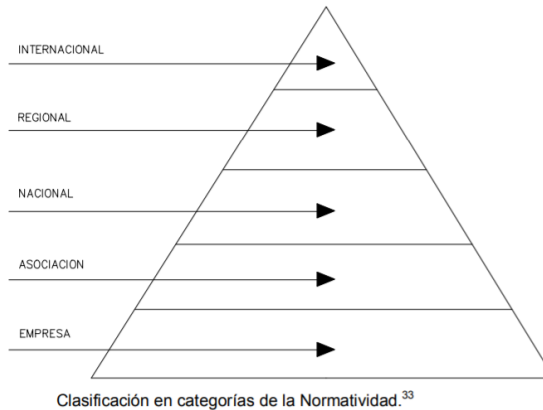


Figura 10. Clasificación en categorías de la Normatividad

#### **INTERNACIONAL**

Elaborada con el aval de los organismos nacionales de normalización que pertenecen a la organización internacional (ISO,IEC)

#### **REGIONAL**

Elaborada con el aval de los organismos nacionales de normalización que pertenecen a un área geográfica, política o económica (COPANT, SINEC)

#### **NACIONAL**

Elaborada con el aval de todas las partes internadas dentro de un país determinado. (NOM, NMX,CRE)

#### **ASOCIACIÓN**

Elaborada con el aval de todos los miembros de una asociación. (IEE)

## **EMPRESA**

Elaborada por una institución o entidad para la aplicación dentro de la misma, sea de seguridad, producción, gestión, fabricación y producción. (CFE)

### **2.1 INSTITUTOS DE NORMALIZACION QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DE LA ENERGIA.**

Como anteriormente se describió existen categorías de clasificación de los diferentes organismos de normatividad; una norma internacional es aquella que han elaborado los países reconocidos por las naciones unidas y los delegados de los países miembros.

ISO: Organización Internacional de Normalización

IEC: Comisión electrotécnica internacional.

Otros institutos de normalización a nivel regional son las COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas); siguen las normas nacionales, como por ejemplo en México NOM Y NMX; Siguen las normas de asociación como las normas IEE.

Por último, están los institutos de normalización de empresa las cuales responden a una necesidad en particular como la CRE( Código de Red) y CFE.

Algunas instituciones de normatividad que rigen a la calidad de la energía alrededor del mundo son:

#### **IEC (COMISION ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL)**

Prepara y publica las normas internaciones para las tecnologías eléctricas y electrónicas.

Esta encargada de monitorear a las organizaciones de carácter nacional y regional con el objetivo de que esta adopten como base las normas IEC y como parte del acuerdo de barreras técnicas del comercio. Se tiene un objetivo primordial:

- Establecer las condiciones de interoperabilidad e incrementar la eficiencia de procesos industriales

### CEN ( COMITÉ EUROPEO PARA LA ESTANDARIZACIÓN)

Es una organización que tiene como misión promover la armonización de las normas técnicas en conjunción con los organismos interesados en Europa.

### CENELEC ( COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACION ELECTROTECNICA)

Es una organización europea que trabaja para la armonización de Europa.

### COPANT ( COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS)

Es una asociación civil sin fines de lucro, que funciona con plena autonomía y sin termino de duración. Es el referente de normalización técnica y evaluación de la conformidad de los países de las Américas y sus pares internacionales y promueve el desarrollo de sus miembros.

### IEE ( INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS):

La IEEE es un instituto técnico sin animo de lucro, cual se encarga de ser la autoridad técnica en áreas que abarca desde la ingeniería en sistemas, tecnología biomédica y telecomunicaciones hasta la ingeniería de potencia y aéreo espacial; además de sus publicaciones, conferencias y actividades produce el 30% de las ediciones literarias mundiales en el área de ingeniería, un gran numero de conferencias al año y documentos normativos de la ingeniería eléctrica y electrónica.

En México existen dos organismos encargados de la regulación y operación en cuanto a materia de energía:

### CRE ( COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA)

Es una dependencia de la Administración Pública Federal centralizada, con carácter de órgano regulador coordinado en materia energética, como se establece en el párrafo octavo, del artículo 28 de la constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Para que el mercado en materia energética y de hidrocarburos sea justo y regulado, la CRE tiene a su cargo el ejercicio de las atribuciones y el despacho de los asuntos que lo encomiendan a la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME), la ley de hidrocarburos, la Ley de la industria eléctrica, la Ley de transición energética, la Ley general de cambio climático y las demás disposiciones jurídicas aplicables.

Además, la Comisión Reguladora de Energía, tiene como fin fomentar el desarrollo eficiente de la industria, promover la competencia en el sector, proteger los intereses de los usuarios, propiciar una adecuada cobertura nacional y atender a la confiabilidad, estabilidad y seguridad en el suministro y la prestación de los servicios.

## **CENACE ( CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA)**

Es un organismo público descentralizado cuyo objeto es ejercer el Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional: la operación del Mercado Eléctrico Mayorista y garantizar imparcialidad en el acceso a la Red Nacional de Transmisión y a las Redes Generales de distribución.

## **2.2 NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA.**

El marco regulatorio actualmente está basado en diferentes organismos internacionales como:

- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).
- Comisión Internacional Eléctrica (IEC).
- Normas de los países de la unión europea (EN).

### **2.2.1 NORMA EN-50160**

Esta norma describe las características que debe cumplir la tensión suministrada por una red general de distribución tanto en baja y media tensión en condiciones normales de operación y en el punto de conexión al cliente.

En su primer apartado se enuncia “esta norma da los límites o los valores de las características de la tensión que todo cliente tiene derecho a esperar, y no los valores típicos en la red general de distribución.



En ella se definen los límites para la frecuencia nominal de la tensión suministrada, la amplitud de la tensión, las variaciones de la tensión suministrada, las variaciones rápidas de la tensión ( amplitud de las variaciones y parpadeos), los huecos de tensión, las interrupciones de corta y larga duración del suministro, las sobretensiones temporales y transitorias, el desbalance de tensión, las tensiones armónicas e Inter armónicas y la transmisión de señales de información por la red, así como los protocolos de su medición.

Algo muy importante es que esta norma solo es aplicable cuando las condiciones de operación son normales y además incluye una lista de operaciones en las que los límites no son aplicables, por ejemplo, las operaciones realizadas después de una falla, acciones industriales o cortes de suministro debido a eventos externos.

Evento en la tensión de suministro	Magnitud	Duración
Sags	90%<1%	10 ms < 1 minuto
Baja de tensión	90%<1%	>1 minuto
Interrupcion de suministro	<1%	< 3 minutos (breve)
		>3 minutos (larga)
Sobretension Temporal	>110%	Relativamente larga
Sobretension Transitoria	>110%	Algunos milisegundos

Tabla 1. Límites de la norma EN-50160

### 2.2.2 NORMA IEC-61000-3-2

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

Clasificación 61000-3-2	Clasificación enmienda A 14
<b>Clase A:</b> Equipos trifasicos equilibrados, equipos monofasicos no incluidos en otras clases.	<b>Clase A:</b> Equipos trifasicos equilibrados; aparatos domésticos excluyendo equipos identificados como clase D; herramientas excepto portatiles, equipos de audio, cualquier otro no incluido en las demas clases.
<b>Clase B:</b> Herramientas de potencia portatiles	<b>Clase B:</b> Sin cambios
<b>Clase C:</b> Equipos de iluminacion de mas de 25 W	<b>Clase C:</b> Todo equipo de iluminacion excepto reguladores de lámparas incandescentes
<b>Clase D:</b> Monofásicos, sin motor, menor de 600 W y con forma de onda especial.	<b>Clase D:</b> Monofásicos, menor de 600 W, PCs, monitores de PCs, receptores de TV.

Orden armónico h	Corriente armónica máxima permitida (A)
<b>Armónicos Impares</b>	
3	2.3
5	1.44
7	0.77
9	0.4
11	0.33
13	0.2
$15 \leq h \leq 39$	0.25/h
<b>Armónicos pares</b>	
2	1.08
4	0.43
6	0.3
$8 \leq h \leq 40$	1.84/h

Tabla 2. Límites para los equipos clase A según norma 61000-3-2  
 Nota: Para los equipos clase B se utilizan los valores de la tabla anterior multiplicados por un factor de 1.5

### **2.2.3 NORMA IEC 61000-2-4**

Esta norma establece los niveles de compatibilidad para las perturbaciones a nivel industrial, se puede aplicar a redes de distribución de 50 y 60 Hz, en baja y media tensión; los parámetros que de variación de tensión son:

- Frecuencia
- Forma de onda
- Amplitud
- Equilibrio de fases

Para poder aplicar esta norma se deben identificar los diferentes equipos y sus características, y posteriormente establecer la clase en la cual se encuentran y así aplicar la norma.

Clase 1: Son equipos muy sensibles a perturbaciones en el suministro de energía.

Clase 2: Se relaciona a puntos de conexión común y puntos de conexión interior en el entorno de la industria.

Clase 3: Esta clase se aplica para alimentadores a través de convertidores, máquinas de gran consumo de energía o motores grandes con arranques frecuentes.

### **2.2.4 NORMA IEC 61000-4-30**

Dentro de esta norma se definen los procedimientos de medida de los parámetros de calidad de la energía de suministro y la manera en la que se deben interpretar los resultados, de manera que sean fiables, repetibles y comparables.

Además, define con claridad la precisión el ancho de banda y el conjunto de parámetros mínimos. La finalidad es eliminar las conjeturas a la hora de seleccionar con precisión un instrumento para el análisis de calidad eléctrica.

Los parámetros que se incluyen son los siguientes:

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

Hay 2 maneras de utilizar esta norma, denominadas clase A y clase B.

La clase A se refiere a medidas de baja incertidumbre, verificación de cumplimiento de las normas, aplicaciones contractuales, etc. La clase B está orientada a estudios de estadística, o solución de problemas de instalaciones eléctricas relacionadas con la calidad de la energía.

### **2.2.5 ESTANDAR IEEE 1159**

Se definen siete categorías distintas de fenómenos electromagnéticos en las redes eléctricas:

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

Dentro de las variaciones de corta duración se incluyen los Sags, las interrupciones y los Swell. Cada tipo se clasifica en instantáneo, momentáneo o temporal de acuerdo con su duración.

Las variaciones de corta duración se producen casi siempre por condiciones de falla, por la conexión de cargas que requieren grandes corrientes de arranque. Según donde se produzca la falla se pueden producir sobretensiones, Subtensiones o interrupciones temporales.

Fenómeno por evento	Tipo	Magnitud (pu)	Duración	Cliente (cantidad)	Periodo de Evaluación
Interrupción	Momentáneas	<0,1	1 ciclo - 3s	13	Anual
	Temporal	<0,1	3s - 1min	25	Anual
	Sostenida	0	> 1 min	9	Anual
Sag	Instantáneo	0,1 - 0,9	1 - 30 ciclos	74	Anual
	Momentáneo	0,1 - 0,9	30 ciclos - 3 s	33	Anual
	Temporal	0,1 - 0,9	3 s - 1 min	14	Anual
Swell	Instantáneo	1,1 - 1,8	1 - 30 ciclos	52	Anual
	Momentáneo	1,1 - 1,4	30 ciclos - 3 s	11	Anual
	Temporal	1,1 - 1,2	3 s - 1 min	12	Anual

Fenómenos de tensión en estado estable	Tipo	Ventana de medición	Limite	Cliente (porcentaje de cumplimiento)	Periodo de Evaluación
Variación de larga duración	Sobre tensión	10 min	+ 5 % Vnom	95%	Semanal
	Bajo Tensión	10 min	- 7 % Vnom	95%	Semanal
Desbalance	Tensión	10 min	2%	95%	Semanal
Distorsión armonica total	Tensión	10 min	6.5 % (1)	95%	Semanal
Variación de frecuencia	Alta	10 min	+ 0,5 % (2)	99.50%	Semanal
	Baja	10 min	- 0,5 % (2)	99.50%	Semanal
Flicker	Tensión	20 min	> 25 Hz (1)	100%	Semanal

Tabla 3 . Límites de corta y larga duración según norma IEEE 1159

## 2.2.6 ESTANDAR IEEE 519

Dentro de este estándar IEEE 519 encontramos las “Recomendaciones Prácticas y Requerimientos para el Control de armónicas en Sistemas Eléctricos de Potencia” .

Existe un efecto combinado de todas las cargas no lineales sobre el sistema de distribución la cual tienen una capacidad limitada para absorber corrientes armónicas.

Los operadores de la red tienen la responsabilidad de suministrar optimo nivel de tension y forma de onda. Se hace referencia no solo al nivel de armónicos producidos por la fuente, sino también a su magnitud respecto a la red de suministro.

Si llegasen a existir problemas a causa de una corriente armónica excesiva o distorsión de la tensión, es obligatorio para el suministrador y el consumidor, resolver estos problemas. Por tal motivo el propósito de esta norma es el de recomendar límites en la distorsión armónica de acuerdo a los siguientes dos criterios:

1. Existe un límite de corriente armónica que un consumidor o cliente puede inyectar a la red de distribución eléctrica.
2. Existe un límite en el nivel de voltaje armónico que una compañía de distribución de electricidad puede suministrar al consumidor o cliente.

En la IEEE 519 se establecen las recomendaciones de los niveles máximos de distorsión armónica en función del valor de la relación de corto circuito (SCR). Y el orden de la armónica, por otro lado, también se establecen los niveles totales de distorsión armónica (THD). Todos los valores de distorsión de la corriente se dan en base a la máxima corriente de carga o demanda. La distorsión total está dada en términos de la distorsión total de la demanda (TDD) en vez del término más común THD.

A continuación, en la tabla se indican los límites de corriente para armónicas individuales y también la distorsión armónica total.

Límites de Corriente por Carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para voltajes entre 120-69kV						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la corriente, en % del armónico fundamental						
Impedancia relativa (Isc/IL)	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	h ≥ 35	Distorsión total de
(Isc/IL) < 20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20 ≤ (Isc/IL) < 50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50 ≤ (Isc/IL) < 100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100 ≤ (Isc/IL) < 1000	12	5.5	5	2	1	15
(Isc/IL) ≥ 1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Tabla 4. Límites de corriente por carga no lineal en punto de acoplamiento para voltajes entre 120-69 kV

También el estándar IEEE 519 menciona otros parámetros de la calidad de la energía eléctrica y son los siguientes:

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

El segundo conjunto de parámetros eléctricos establecidos por la IEEE 519 se refiere a los límites de distorsión de la tensión. Los límites armónicos de tensión recomendados se basan en niveles lo suficientemente pequeños como para garantizar que el equipo de los clientes operen de manera correcta.

Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común	Distorsión individual de Tensión	Distorsión total de voltaje THD (%)
Hasta 69 kV	3.0	5.0
De 69 kV a 137.9 kV	1.5	2.5
138 kV y más	1.0	1.5

Nota: Los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2.0% en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado.

Tabla 5. Límites según estándar IEEE 519.

Como se indica en la tabla los límites se otorgan sobre componentes individuales y sobre la distorsión total para la combinación de todos los voltajes armónicos. Sin embargo, en esta tabla se presentan tres niveles de voltaje. Al aumentar los voltajes disminuyen los límites de distorsiones, al igual que para los límites de corrientes.

### 2.3 NORMAS TÉCNICAS NACIONALES SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA

Dentro de la normatividad mexicana se incluyen dos tipos de normas:

- Código de Red (CRE)
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM)
- Normas Mexicanas (NMX)
- Especificaciones (CFE)

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) se definen como regulaciones técnicas cuya observación es obligatoria. Sirven para regular servicios,

productos o procesos que pueden llegar a constituir un peligro para las personas, o el medio ambiente en general.

Dentro de las NOM se encuentra información, requisitos, procedimientos, especificaciones y metodología necesarios que permiten establecer a las distintas dependencias gubernamentales ciertos parámetros evaluables a fin de evitar un riesgo para la población.

Hasta la fecha no existe una NOM sobre calidad de la energía.

Las Normas Mexicanas (NMX) son regulaciones técnicas expedidas por la Secretaría de Economía cuya aplicación es voluntaria y que permiten establecer especificaciones de calidad sobre procesos, productos, servicios etc. Puede ser el caso de que una NMX sea de cumplimiento obligatorio si es referida de forma explícita en una NOM.

Las normas nacionales se basan en las normas internacionales, debido a que básicamente solo incluyen algunos cambios optados para la necesidad del país y de esta manera las normas tengan una validez y respaldo de calidad.

### **2.3.1 DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL EN MATERIA DE ACCESO ABIERTO Y PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS EN LA RED NACIONAL DE TRANSMISIÓN Y LAS REDES GENERALES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

#### **2.3.1.1 ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN**

Esta resolución publicada el martes 16 de febrero de 2016 en el DOF ,aplica únicamente para las redes de transmisión y distribución, y únicamente en los apartados de tensión de operación de suministro y compensación de potencia reactiva.

#### **2.3.1.2 MEDICIÓN DE LA CALIDAD**

A fin de establecer las condiciones generales y criterios técnicos para la prestación del servicio público de distribución de la energía eléctrica, la medición de los parámetros de calidad de la energía se debe realizar en los nodos de calidad de la energía en los buses de media tensión de las subestaciones, como se muestra en la siguiente figura.



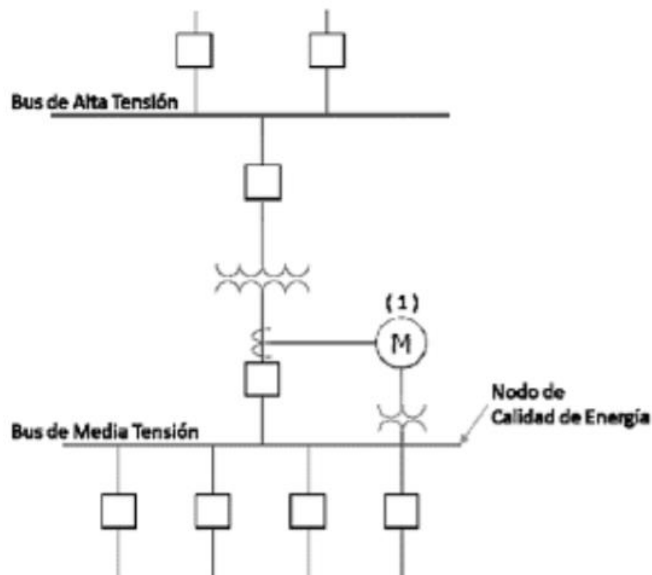


Figura 11. Nodo de medición de calidad de energía

### 2.3.1.3 TENSIÓN DE OPERACIÓN DE SUMINISTRO

a) La prestación del Servicio Público de Distribución deberá realizarse considerando el correcto funcionamiento e integridad de las RGD de acuerdo con intervalos de tensión en el que el Distribuidor deberá proporcionar la energía eléctrica para que los equipos y dispositivos del usuario final operen correctamente, si afectar sus características de diseño.

b) Los límites de variación de tensión que deberá cumplir el distribuidor se establecen en el Manual de Estados Operativos, que forma parte de las Disposiciones Operativas del Código de Red.

Estado Operativo Normal			
Tensión Nominal (kV)	Tipo de Sistema	Tensión máxima de operación (kV)	Tensión mínima de operación (kV)
400	3 fases	420	380
	3 hilos		
230	3 fases	241.5	218.5
	3 hilos		
161	3 fases	169.05	152.95
	3 hilos		
138	3 fases	144.9	131.1
	3 hilos		
115	3 fases	120.75	109.25
	3 hilos		
85	3 fases	89.25	80.75
	3 hilos		
69	3 fases	72.45	65.55
	3 hilos		
34.5	3 fases	36.225	32.09
	3 o 4 hilos		
23	3 fases	24.15	21.39
	3 o 4 hilos		
13.8	3 fases	14.49	12.83
	3 o 4 hilos		

Tabla 6. Límites de Variación de Tension Permitidos para el Suministrador.

c) El distribuidor deberá cumplir con el intervalo de la tension de operación en al menos el 90% de sus nodos. El porcentaje de Cumplimiento es la relación de los registros de cada diez minutos en un nodo de calidad que están dentro del intervalo de la tension de operación, entre el total de registros de cada diez minutos que se tienen en una semana (1008); el resultado multiplicado por cien.

d) El porcentaje de cumplimiento mencionado, se define mediante la siguiente expresión:

$$PCVT_{NOD}(\%) = \frac{ri}{RT} \times 100$$

Donde:

$PCVT_{NOD}(\%)$  es el Porcentaje de cumplimiento de variaciones de Tension en el Nodo de Calidad.

ri Número de registros de cada diez minutos en un Nodo de Calidad que está dentro del inviértalo de tensión de operación.

RT Total de registros cada diez minutos que se tienen en una semana.

#### **2.3.1.4 COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA**

a) Con la finalidad de maximizar la utilización de las RGD, el distribuidor debe vigilar y controlar el flujo de potencia reactiva que circula en la red mediante la estrategia de conectar bancos de capacitores, entendidos por tales como el conjunto de dispositivos que cuenten con la cualidad de almacenar energía eléctrica en forma de campo eléctrico, en las Redes de Distribución se mejora el factor de potencia y se incrementa el nivel de potencia activa que puede circular en las RGD.

b) Se considera un circuito con cumplimiento mensual cuando el promedio de los registros obtenidos son mayores o iguales a un factor de potencia de 0.95 con un intervalo de medición de 10 minutos y calcular de forma mensual.

c) El distribuidor deberá cumplir, para cada una de sus zonas de distribución con el criterio de compensación capacitiva en al menos el 80% de los circuitos que dispongan de medidor digital.

f) Para la medición del factor de potencia, el distribuidor deberá contar al menos con 75% de infraestructura requerida para su medición en los interruptores de los circuitos de media tensión.

#### **2.3.2 NOM-008-SCFI-2002**

Dentro de esta norma se establece el sistema general de unidades de medida. Tiene como propósito establecer un lenguaje común que responde a las exigencias actuales de las actividades científicas, tecnológicas, educativas, industriales y comerciales, al alcance de todos los sectores del país.

Se establecen definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del sistema internacional de unidades (SI).

También establece que se debe procurar que todos los instrumentos de medición que se comercialicen en México sean seguros y exactos, y cumplan con las unidades de medida establecidas en esta norma.

Dentro de ella también se establecen las unidades de medidas de los parámetros eléctricos como por ejemplo Ampere(A), Frecuencia (Hz), Potencia o Flujo Energético (W), Diferencial de potencial, tensión eléctrica, potencial eléctrico (V), etc.

### 2.3.3 NMX-J-098-ANCE-2014

Esta Norma Mexicana especifica los valores de tensiones eléctricas de acometida o de suministro y es aplicable a sistemas eléctricos de potencia de corriente alterna a frecuencia de 60 Hz y tensiones eléctricas mayores que 100 V y hasta 400 kV.

Se establecen los niveles de tensión eléctrica normalizadas y se clasifican en:

**BAJA TENSIÓN** : desde 100 V hasta 1000 V

**MEDIA TENSIÓN**: mayor que 1000 V hasta 35 kV

**ALTA TENSIÓN**: mayor que 35 kV y hasta 230 kV

**EXTRA ALTA TENSIÓN**: mayor que 230 kV y hasta 400 kV

La tensión eléctrica de suministro por la norma en la media tensión es:

Clasificación	Tensión eléctrica nominal del sistema V		Tensión eléctrica de suministro V	
	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	Máximo	Mínimo
Media Tensión	4160	-	4368	3744
	13800	13800 Y /7970	14490/8366	12420/7171
	23000	23000 Y /13280	24150/13943	20700/11951
	34500	34500 Y /19920	36225/20915	31050/17927

Tabla 7. Tensiones eléctricas normalizadas, media tensión.

Nota: El valor máximo y mínimo de la tensión eléctrica de suministro se obtiene al aplicar la tolerancia de +5% y -10% al valor de la tensión eléctrica nominal del sistema

La norma coincide con la norma internacional “IEC 60038, IEC Standard Voltages, ed7.0 (2009-06)” y únicamente difiere en que la norma internacional no contempla tensiones nominales de sistema de 127 V, 23800 V, 85000 V, 161000 V las cuales son tensiones preponderantes en el sistema eléctrico en México y contempla tensiones nominales a una frecuencia de 50 Hz, mientras que la frecuencia del Sistema Eléctrico Nacional es de 60 Hz.

#### **2.3.4 ESPECIFICACIÓN CFE L0000-70 “CALIDAD DE LA ENERGÍA: CARACTERÍSTICAS Y LÍMITES DE LAS PERTURBACIONES DE LOS PARÁMETROS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA”**

El objetivo de esta especificación emitida por la CFE tiene como objetivo determinar la calidad de la energía en base a las características y los límites de las perturbaciones de la misma, suministrada con la cadena productiva de los procesos operativos del sistema eléctrico nacional.

Es aplicable para todos los servicios de energía eléctrica con una tensión igual o mayor a 13.2 kV y que sean proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad a clientes de suministro y clientes de interconexión.

Está basado en varias normas nacionales e internacionales como la serie de normas IEC 61000 sobre compatibilidad electromagnética o las normas NMX referentes a tensiones de suministro normalizadas y límites de emisiones de corrientes armónicas.

Entre lo más importante se encuentran tablas de parámetros de calidad de energía y se clasifican por niveles de tensión y el tipo de evento, estas coinciden con los valores presentados en las tablas anteriores de las normas ya mencionadas.

También valores de distorsión armónica máxima permitida de tensión y de corriente.

### 2.3.5 ESPECIFICACION CFE L0000-45 “DESVIACIONES PERMISIBLES EN LAS FORMAS DE ONDA DE TENSION Y CORRIENTE EN EL SUMINISTRO Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

Su objetivo es establecer las desviaciones máximas permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica, en el punto de acometida en el que la Comisión Federal de Electricidad participe.

Aplica para el suministrador como tanto a los consumidores que estén conectados a la red eléctrica de CFE.

No aplica para los fenómenos no periódicos como transitorios de maniobra, los de impulso debido a descargas atmosféricas y las condiciones fortuitas tales como interrupciones de emergencia, sismos, huracanes, entre otros.

Entre lo más importante se menciona los desbalances máximos permitidos de tensión y corriente en el punto de acometida por nivel de tensión y se muestran en las siguientes tablas:

Tensión kV	Desbalance %
Menor a 1	3
Mayor o igual a 1	2

Tabla 8. Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida

Impedancia relativa ( $I_{cc}/I_L$ )	Desbalance %		
	Menor a 1 kV	De 1 kV a 35kV	Mayor a 35 kV
$(I_{cc}/I_L) < 20$	5	2.5	2.5
$20 \leq (I_{cc}/I_L) < 50$	8	4	3
$50 \leq (I_{cc}/I_L) < 100$	12	6	3.75
$100 \leq (I_{cc}/I_L) < 1000$	15	7.5	4
$(I_{cc}/I_L) \geq 1000$	20	10	5

Tabla 9. Desbalance máximo permitido en la corriente en el punto de acometida

### **2.3.6 INSTRUCTIVO DE GESTIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DE LA POTENCIA DE LA ENERGIA ELECTRICA.**

Este instructivo fue publicado por la CFE en el año 2018, debido a las disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios en la red nacional de transmisión (RNT) y las redes generales de distribución (RGD) que emitió la Comisión Reguladora de Energía (CRE), donde se establecen los criterios y lineamientos de calidad aplicables a las RGD de Comisión Federal de Electricidad.

Dentro de los aspectos mas importantes y que concuerdan con el código de red y otras normas ya mencionadas se encuentra lo siguiente:

#### **INDICADOR DEL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE VARIACIONES DE TENSIÓN (PCVT).**

Se define como la relación de las mediciones realizadas cada diez minutos en un nodo de calidad que están dentro del intervalo de la tensión de operación, entre el total de los registros que se tienen en una semana.

Se considera que un Nodo de Calidad de Energía con tensión en estado operativo normal cuando el porcentaje de cumplimiento semanal de variaciones de tension sea mayor o igual al 95%. (958 de 1008 registros)

#### **INDICADOR DEL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE FACTOR DE POTENCIA (PCFP)**

Se considera un circuito o nodo con cumplimiento mensual cuando el promedio de los registros obtenidos es mayor o igual a un factor de potencia de 0.95 con un intervalo de medición de 10 minutos.

Es importante destacar que únicamente se aplica este criterio de a las subestaciones que cuenten con un medidor digital y que al menos deben tener el 80% de cada una de la zonas de distribución.

#### **INDICADOR DEL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE DESBALANCE DE CORRIENTE (PCDC)**

La medición se integra cada 10 minutos, y se calcula como la máxima diferencia de corriente de cualquier fase con respecto al promedio de las 3 corrientes, dividida entre el mismo promedio. Se considera con cumplimiento cuando el promedio mensual de registros validos es menor o igual al 15%.

## 2.4 CÓDIGO DE RED

El código de red es la regulación técnica emitida por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el 8 de abril de 2016 y que entró en vigor de forma obligatoria el 8 de abril de 2019, que contiene los requerimientos técnicos mínimos necesarios para asegurar el desarrollo eficiente de todos los procesos asociados con el Sistema Eléctrico Nacional.

Contiene los requerimientos técnicos mínimos para todas las actividades que se llevan a cabo en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), tiene como objetivo definir criterios técnicos que promuevan que el SEN alcance y mantenga una condición adecuada de operación.

Es aplicable para todos los integrantes de la industria eléctrica que estén conectados en Media y Alta tensión.

Una condición adecuada de operación puede definirse de la siguiente manera:

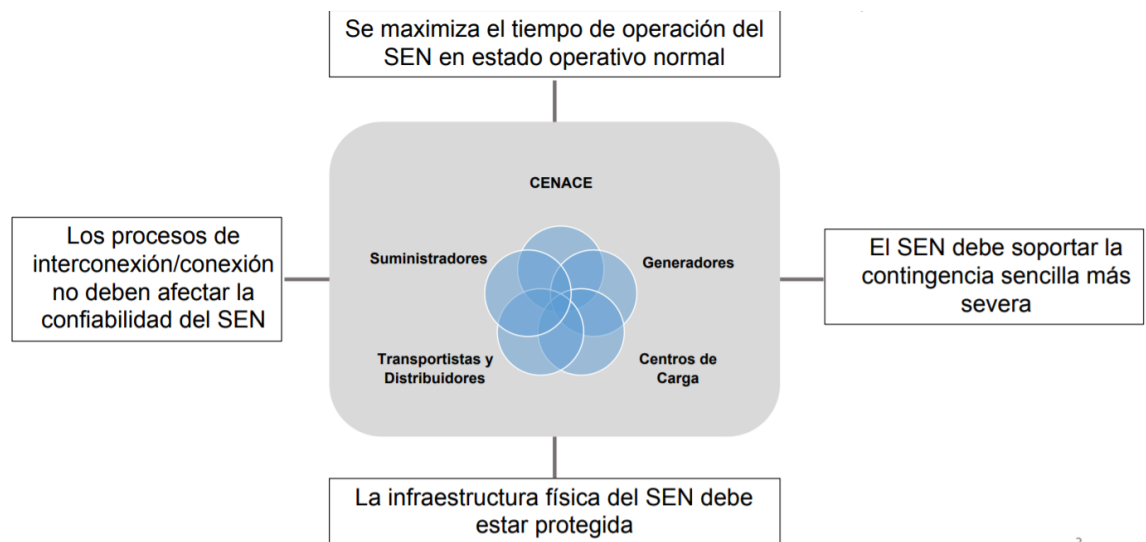


Figura 10. Factores para una condición de operación adecuada



## 2.4.1 ESTRUCTURA DEL CÓDIGO DE RED

Se conforma por tres grupos de disposiciones generales y uno de características específicas:

**-Disposiciones general del SEN:** Dentro de ellas se estipula el alcance, objetivo y estructura del Código de Red, además incluye las disposiciones para su revisión, actualización, supervisión, vigilancia, incumplimiento, circunstancias no previstas y casos fortuitos, entro otros aspectos.

**-Disposiciones generales para el proceso de planeación:** En este apartado se describe el alcance, fronteras eléctricas y criterios técnicos generales que deberán ser observados durante el proceso de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión (RNT) y de las Redes Generales de Distribución (RGD) para que el SEN opere en condiciones normales y minimizar las perdidas de energía eléctrica.

**-Disposiciones generales de operación en Estado Operativo Normal:** Se definen los criterios técnicos de eficiencia, confiabilidad, calidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad para asegurar la integridad del SEN, maximizar el estado operativo normal y minimizar el riesgo de daño a equipos, personal operativo y la sociedad en general.

De igual manera la responsabilidad de la planeación operativa del Centro Nacional de Control de Energía y las obligaciones dentro de este proceso de las centrales eléctricas, transportistas, distribuidores y participantes del mercado eléctrico para la aplicación y cumplimiento de los criterios de operación establecidos en el código de red.

**-Disposiciones específicas:** Describe los lineamientos aplicables a determinados sistemas eléctricos como resultado de sus características particulares, como es el caso del sistema interconectado de Baja California, que además de las disposiciones generales, tiene que cumplir con procedimientos y criterios de carácter específico.

Dentro del Código de Red se agrupan 295 criterios, siete son de gran relevancia:

- El proceso de planeación del Sistema Eléctrico Nacional.
- La operación de SEN en estado normal.
- La interconexión de centrales eléctricas.
- La conexión de los centros de carga.
- La construcción de una red inteligente de información.
- Los criterios de operación para los sistemas eléctricos aislados.
- El sistema interconectado de Baja California.

#### **2.4.2 ACTIVIDADES REGULADAS**

El código de Red establece los requerimientos ( el qué), no las soluciones tecnológicas aplicables para cumplir ( el cómo):

**-Operación:** Condiciones operativas para asegurar el suministro Eléctrico en condiciones de seguridad y continuidad.

**-Planeación:** Condiciones que son de observancia obligatoria en la elaboración de los programas de ampliación y modernización de las RNT y las RGD.

**-Generación:** Requerimientos técnicos que deben cumplir las Unidades de Central Eléctrica que deseen interconectarse al SEN.

**-Centros de Carga:** Requerimientos técnicos que deben cumplir los centros de carga que pretendan o estén conectados al SEN.

### **2.4.3 VIGILANCIA Y SANCIONES**

La vigilancia del cumplimiento de Código de Red es obligación de la CRE, para lo cual podrá llevar a cabo los actos de verificación e inspección que determine necesarios por conducto de los servidores públicos que tengas adscritos o mediante unidades de inspección.

Los integrantes de la Industria Eléctrica que dejen de observar, de manera grave a juicio de la CRE, serán acreedores a sanciones establecidas en el artículo 165, fracción I , inciso k), y fracción II, inciso c) de la Ley de la Industria Eléctrica.

### **2.4.4 MANUAL REGULATORIO DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CONEXIÓN DE CENTROS DE CARGA**

Este es un documento que se incluye en el código de red, su principal objetivo es establecer los requerimientos técnicos que deben cumplir que deben cumplir los Centros de Carga conectados en el Sistema Eléctrico Nacional en Alta o Media Tensión, para garantizar la eficiencia, continuidad, confiabilidad, calidad y sustentabilidad del SEN y del suministro eléctrico.

Es aplicable a todos los centros de carga conectados o nuevos para conectarse, que estén conectados en Alta (>35kV) o Media Tensión (35kV).

Los requerimientos técnicos dependen del nivel de tensión en el que se conectan y en el tipo de carga:

- Rangos de tensión
- Rangos de frecuencia
- Factor de potencia
- Control
- Calidad de la energía o de la potencia.

#### **2.4.4.1 VARIACIONES DE TENSIÓN**

Los centros de carga deben soportar variaciones de tensión de manera permanente dentro de los rangos permitidos ( máximo o mínimo) según los límites establecidos por el código de red y avalado por las normas NMX-J-098-ANCE-2014 y la norma IEC 60038 ed7.0 (2009-06).

- a) Los valores que deben soportar los centros de carga en media tensión de manera permanente de acuerdo la siguiente tabla 10.

Tensión nominal kV	Tensión máxima kV	Tensión mínima kV
400.0	420.0	380
230.0	245.0	281.5
161.0	170.0	152.9
138.0	145.0	131.1
115.0	123.0	109.2
85.0	92.0	80.7
69.0	72.5	65.5
34.5	38	32.7
23.0	25	21.8
13.8	15	13.1

**Nota 1.** Se toma como valor máximo de tensión, el valor que soporta el aislamiento del equipo.

**Nota 2.** Se toma como tensión mínima el 95% de la tensión nominal.

- b) Los valores que deberán soportan los centros de carga de manera temporal hasta por 20 min son de  $10\% \pm$  y seguir conectados de acuerdo con la tabla 11.

Tensión nominal kV	Tensión máxima kV	Tensión mínima kV
400.0	440.0	360.0
230.0	253.0	207.0
161.0	177.1	144.9
138.0	151.8	124.2
115.0	126.5	103.5
85.0	93.5	76.5
69.0	75.9	62.1
34.5	37.9	31.0
23.0	25.3	20.7
13.8	15.2	12.4

**Nota 1.** Se toma como valor máximo de tensión temporal 110% del valor nominal de tensión.

**Nota 2.** Se toma como valor mínimo de tensión temporal 90% del valor nominal de tensión.

c) Los equipos de los Centros de carga deberán permanecer conectados ante condiciones transitorias de variación de tensión, siempre que se encuentren dentro de la “Región de funcionamiento sin interrupción” de acuerdo con la Figura

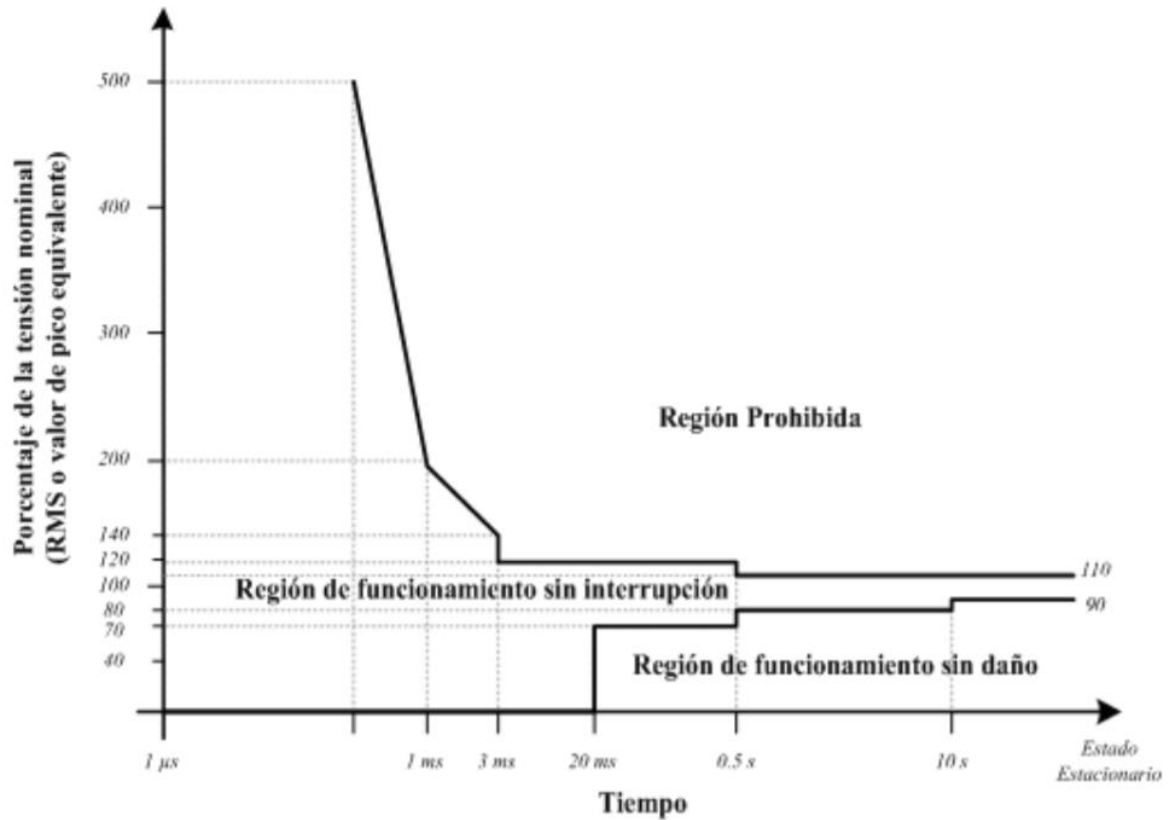


Figura 13. Curva ITIC o ITI (desarrollada por el Consejo Industrial de Tecnología de la información, en inglés Information Technology Council)

#### 2.4.4.2 FRECUENCIA

La frecuencia normalizada en México es de 60 Hz y los centros de carga deben soportar variaciones de frecuencia y permanecer conectados de acuerdo con la tabla siguiente.

Tiempo	Frecuencia Máxima (Hz)	Frecuencia Mínima (Hz)
Permanente	61.0	59.0
30 minutos	62.5	58.0

Tabla 12. Frecuencia Normalizada en México.

#### **2.4.4.3 REQUERIMIENTOS DE FACTOR DE POTENCIA**

a) En estado Operativo Normal, los Centros de Carga conectados en Alta Tension deberán mantener un factor de potencia entre 0.95 en atraso y 1.0, con medición cinco-minutal. Dichos Centros de Carga deberán cumplir con este requerimiento al menos el 95% del tiempo durante un periodo mensual. Este requerimiento tendrá una vigencia de 10 años a partir de la publicación del Manual en el DOF.

Posterior a este periodo, el requerimiento del factor de potencia será 0.97 en atraso y 1.0, y con medición cinco-minutal. Los Centros de carga deberán cumplir con este requerimiento al menos el 97% del tiempo durante un periodo mensual.

b) El factor de potencia en tensiones menores o iguales a 35 kV se medirá en nodos de calidad de la energía de conformidad con las “Disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios en la red nacional de transmisión y las redes generales de distribución de energía eléctrica”.

#### **2.4.4.4 CALIDAD DE LA ENERGIA**

En tanto no se cuente con una Norma Oficial Mexicana sobre Calidad de la Energía, se deberá cumplir con los siguientes criterios:

a) Todos los centros de carga deberán asegurarse de que en los puntos de conexión a la red no exista distorsiones ni fluctuaciones en la tensión de suministro causadas por sus instalaciones más allá de lo especificado en la tabla que se muestra en la especificación CFE L0000-45.

b) Los centros de carga especiales deberán cumplir con los limites especificados de distorsión armónica de corrientes, fluctuación de tensión (flicker) y desbalance de corriente. Los centros de carga convencionales deberán cumplir con los limites especificados de desbalance de corriente únicamente.

### CAPITULO 3 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL, CENTROS DE CARGA Y CIRCUITOS ALIMENTADORES.

Hoy la energía eléctrica es totalmente imprescindible para casi cualquier actividad, ya que se utiliza en todos los sectores como la industria, el transporte y el sector residencial, etc. Esto quiere decir que es un energético insustituible, y almacenarlo en grandes cantidad no es fácil todavía, es necesario crear un medio que permita su practica utilización, es decir se debe construir una que red a través de un conductor que pueda transportar la energía desde su fuente generadora hasta el consumidor. Por lo tanto, al desarrollo de una red interconectada para transmitir energía eléctrica de un lugar a otro, se le denomina sistema eléctrico, y al mismo tiempo se encuentra integrado al sistema energético.

Los sistemas eléctricos pueden ser tan complejos como se pretendan diseñar, en función de las necesidades que se tengan que cubrir. Las tres fases fundamentales de cualquier sistema eléctrico son: la generación, transmisión y distribución de energía.

En la primera fase se requiere una Central Eléctrica que convierta alguna fuente de energía primaria en energía eléctrica, tal y como pueden ser una central hidráulica, una central termoeléctrica, o hasta un parque eólico.

La segunda fase es poder transmitir esa energía al mismo tiempo que se genera, para eso se debe contar con una red de transmisión que conduzca la energía hasta un centro de gran consumo o una estación que permita distribuirla con menor potencia al usuario final, que seria la tercera fase.

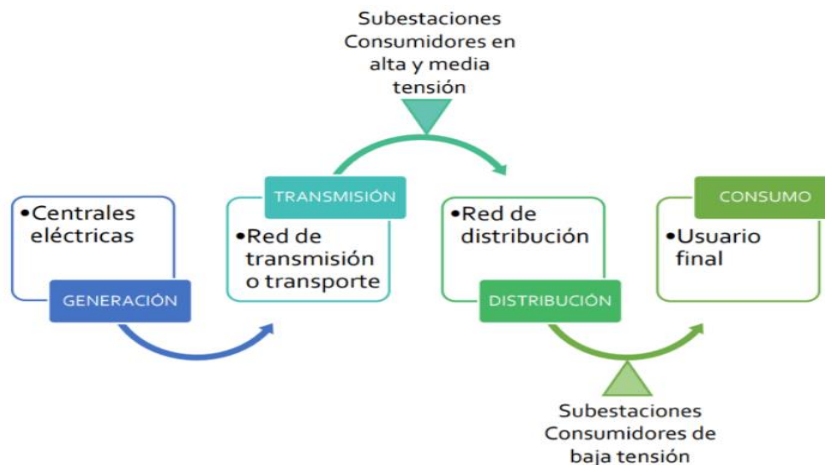


Figura 14. Estructura de un sistema eléctrico.

### 3.1 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

El sistema eléctrico nacional es un sistema que está conformado por 3 subsistemas, pero separados de forma estratégica. El primer sistema está distribuido en Baja California Norte, el Segundo en Baja California Sur. El tercer subsistema abarca el resto del país y es el de mayor capacidad y es llamado Sistema Interconectado Nacional (SIN), su control y operación está a cargo del CENACE.

Sin embargo, el CENACE divide el sistema en 9 regiones en igual número de centros de control, distribuidos en puntos estratégicos para cada región. Hay 7 regiones que integran al SIN y otras 2 regiones a los subsistemas de la península de Baja California.



Figura 15. Regiones del SEN

#### 3.1.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO

El principal objetivo del SEN es el balance de la oferta y la demanda de energía en tiempo real, es decir que la energía sea consumida prácticamente al mismo tiempo que se genera y técnicamente es un gran reto, pero el SEN está diseñado para esa función, ya que posee los requerimientos y la infraestructura necesaria. Cuando se hace referencia a la oferta de energía, inmediatamente se vincula con la generación de la misma, es decir con la cantidad de energía que se transforma en una central eléctrica para ser entregada o consumida por un usuario durante un determinado tiempo, por lo que la unidad de variable son los watts por hora (Wh), que es la potencia eléctrica multiplicada por tiempo. Esta variable se toma como medida cuando se requiere saber cuánta energía se consume en un periodo de tiempo.



### 3.1.2.1 TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las centrales generadoras de energía eléctrica pueden funcionar a través de diferentes tecnologías o procesos de conversión, se pueden clasificar en 2 tipos de centrales, las de tecnología denominada por SENER como convencionales que utilizan combustibles fósiles, y las de tecnologías limpias que emplean diferentes tipos de fuentes energéticas como la energía eólica, fotovoltaica y nuclear. Cabe destacar que dentro de las energías limpias existen una serie de criterios como principalmente que en el caso de que hubiera emisiones, no rebasen los límites establecidos en las disposiciones reglamentarias que expidan.

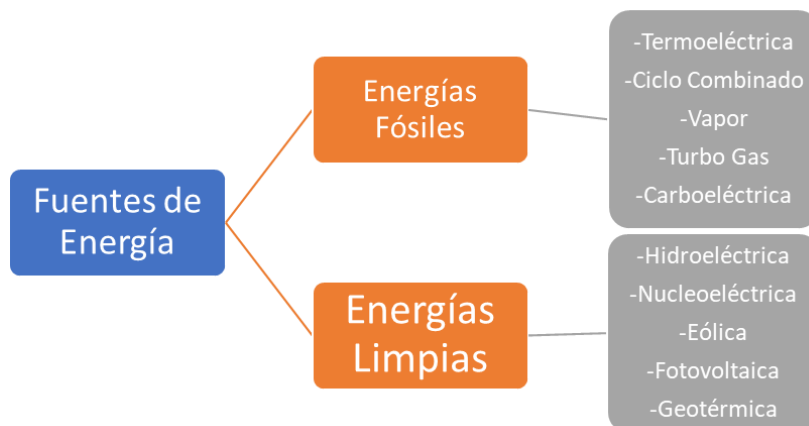


Figura 16. Fuentes de energía.

En México la mayor parte de la energía generada proviene de las energías fósiles en un 82% y en consecuencia solo casi la quinta parte de la generación proviene de energías limpias en un 18%.

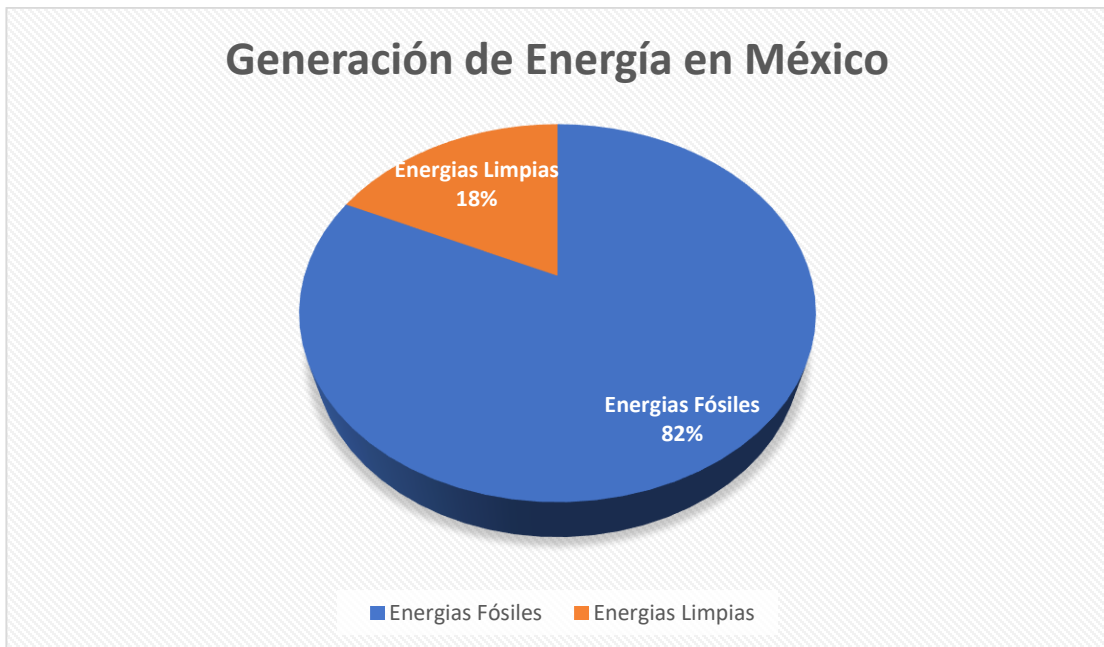


Figura 17. Porcentajes de generación de energía eléctrica en México.

### 3.2 CENTROS DE CARGA

Los centros de carga son tableros metálicos que soportan una determinada cantidad de pastillas termomagnéticas, su función principal es distribuir y proteger los circuitos dentro de una instalación.

La energía eléctrica se desplaza de la fuente de suministro hacia el centro de carga y parte a los circuitos alimentadores o ramales, cada circuito esta protegido por un interruptor en el centro de carga, en caso de un cortocircuito o falla, el interruptor corta el suministro de energía eléctrica para evitar daños a los equipos en la instalación.

En las instalaciones de baja tension únicamente se protege con pastillas termomagnéticas, pero en los buses de media de tension se requieren interruptores de potencia para poder interrumpir el suministro eléctrico debido a la gran cantidad de energía que se debe interrumpir.

En nuestro caso de estudio vamos a considerar como un centro de carga el bus de media tension de las subestaciones, ya que ahí es donde se concentra toda la carga de los circuitos alimentadores de media tension de las RGD.

En las subestaciones de distribución se conecta la media tensión eléctrica proveniente del transformador de potencia al bus de medio tensión, y se conectan los circuitos de distribución cada uno con su respectivo interruptor y seccionador. Este sería el punto de medición en el caso de este estudio.

### **3.3 CIRCUITOS ALIMENTADORES**

Un alimentador eléctrico es un conductor que como su nombre lo dice es el encargado de suministrar toda la corriente que un grupo de cargas consume, es básicamente el conductor principal que viene del transformador de potencia en la subestación, para alimentar toda la carga del circuito, hasta los transformadores de distribución.

Pueden tener tensiones nominales de línea desde 2.4 kV hasta 34.5 kV. Sin embargo, las tensiones más usadas en México son 13.8 y 23 kV. Los alimentadores deben de estar protegidos contra sobre corrientes por un interruptor de potencia o un restaurador. Tomando en cuenta lo anterior, se debe instalar un equipo seccionador de modo que sea mínimo el número de usuarios que se queden sin servicio por la falla en el alimentador primario

Desde la subestación de distribución se irradian los alimentadores primarios, su cantidad puede ser mayor o menor, pero cada uno de ellos debe atender condiciones técnicas aceptables al área que le corresponde.

Un problema común en las subestaciones es que a veces los alimentadores deben salir todos juntos , lo que se significa una concentración de cables aislados lo que causa una gran concentración de calor( pérdidas).

En ocasiones el alimentador es en parte cable aislado, y se convierte en línea aérea cuando se ha alejado de la subestación, evitando así la concentración de líneas aéreas en la proximidad.

Es posible calcular la potencia del alimentador y estaría dada por la siguiente formula:

$$POTENCIA\ DEL\ ALIMENTADOR = \frac{POTENCIA\ DE\ LA\ SUBESTACION}{NUMERO\ DE\ ALIMENTADORES}$$

Aunque su función es simple, pueden tener diferentes tipos de arreglos según sea conveniente, en la siguiente figura se muestra un circuito alimentador para un área suburbana.

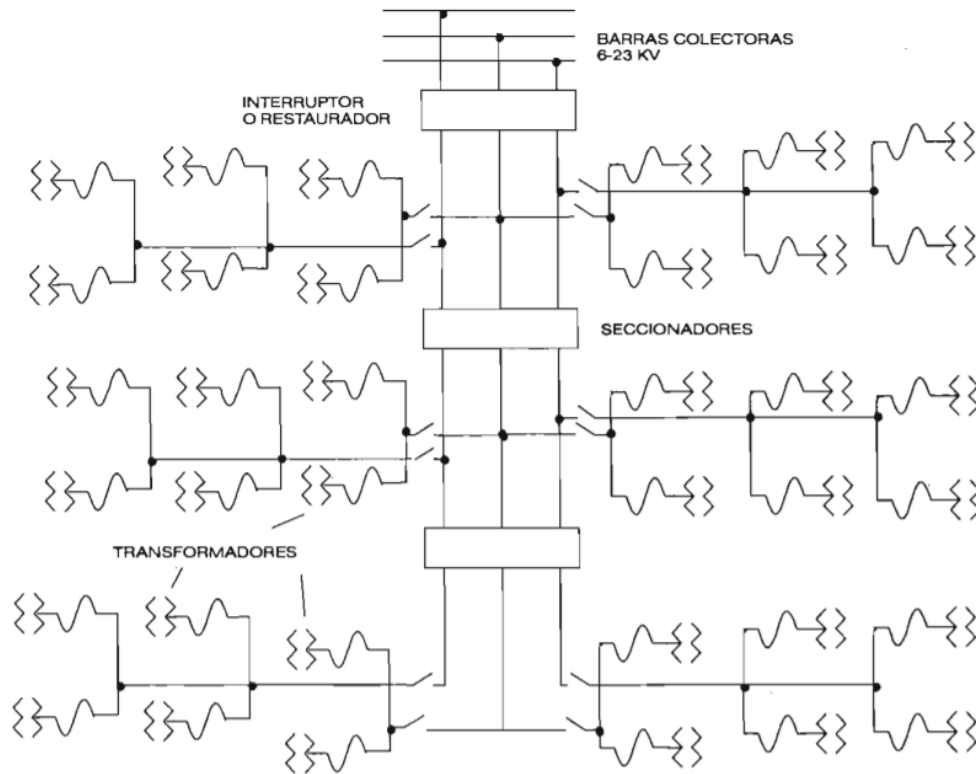


Figura 18. Modelo de Circuito Alimentador Suburbano

## CAPITULO 4 SISTEMAS DE MEDICION

Actualmente en la CFE, la automatización tiene un papel importante en los procesos de planeación, construcción, operación y mantenimiento en las zonas de distribución a lo largo del país. Este proceso se apoya en herramientas computacionales adecuadas para atender eficientemente la demanda, así como mejorar la calidad de la energía suministrada.

Implica contar con elementos tele controlados en subestaciones para todos los interruptores de potencia, transformadores de potencia, así como para cada uno de sus alimentadores. Para esto. Existen arreglos que incluyen los esquemas de control, protección y medición, de manera que todas las señales operativas se concentren localmente en un controlador principal de subestación y en un tablero integrado.

Adicionalmente se implementó en todas las subestaciones eléctricas de distribución, el Sistema de Monitoreo de Calidad de la Energía(SIMOCE), en conjunto estos sistemas alimentan a un sistema de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA), que se encuentra en los Centros de Operación de Distribución.

### 4.1 SIMOCE (SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DE LA ENERGIA)



Figura 19. Logo del Sistema de Monitoreo de Calidad de Energía

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuenta con el Sistema de Monitoreo de Calidad de la Energía (SIMOCE), le cual proporciona herramientas para el análisis de datos de interés referentes a las subestaciones eléctricas de distribución, cuanto con aplicaciones de publicación Web y reportes basados en las necesidades de los diferentes procesos de las divisiones de distribución. Es un sistema de uso interno enfocado a la toma de decisiones basadas en información histórica, análisis de eventos y la publicación en web de lecturas instantáneas.

## 4.2 PROCESO DE MEDICIÓN

Todo comienza en la subestación eléctrica, donde las líneas, transformadores y alimentadores son las fuentes de información, y a través de los transformadores de instrumento se reducen los niveles de tensión y corriente a valores manejables por los dispositivos electrónicos inteligentes que pueden ser medidores, registradores de eventos, restauradores, relevadores entre otros, los cuales son los encargados de almacenar en su memoria no volátil de acuerdo a su capacidad, eventos, valores instantáneos y datos históricos.

Por ello la parte mas delicada del sistema son los medidores , ya que la validez de la información es de vital importancia para todos los reportes del sistema, toda vez que, si esta llega a ser incorrecta, las mediciones no serán confiables y pueden causar daños al sistema. Dependiendo de la marca, modelo y tecnología empleada, los medidores tienen un limite de registros almacenables en su memoria.

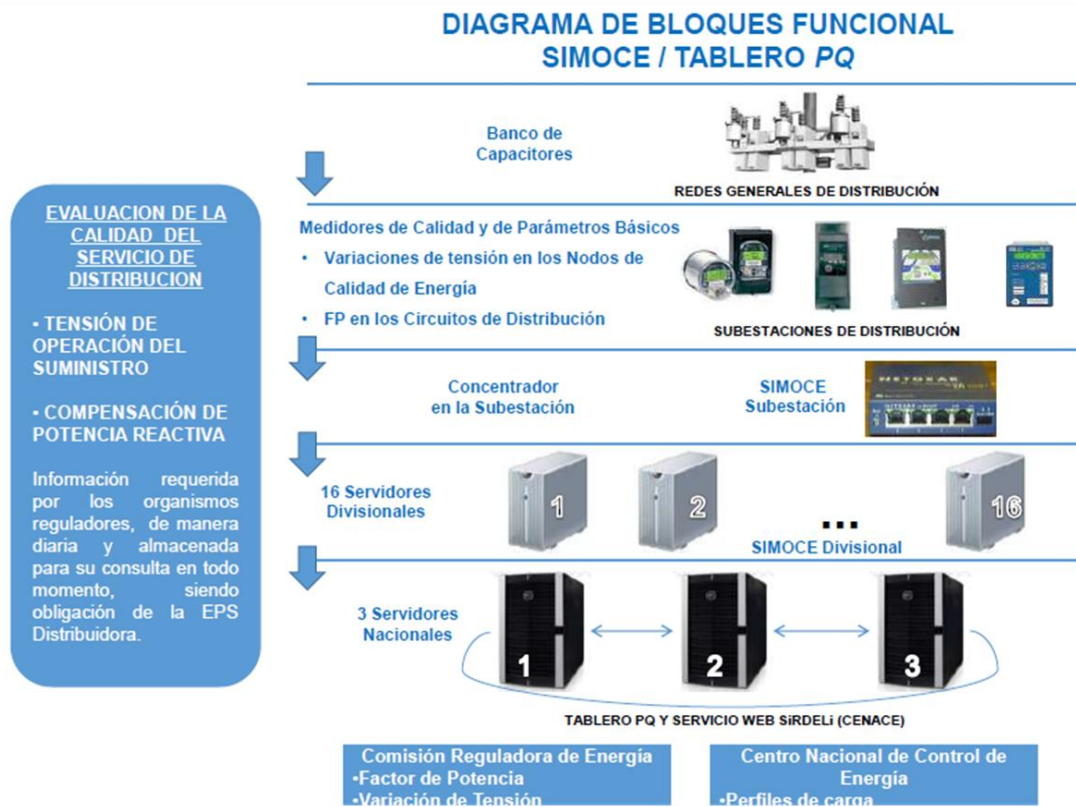


Figura 20. Diagrama de bloques de funcionamiento del SIMOCE

Una vez que la información se encuentra en la memoria del medidor se utiliza un concentrador de datos en cada subestación, el cual tiene tres funciones: la de concentrar datos de todos los nodos eléctricos de la subestación, extender la cantidad de registros almacenados posibles y la de enviar la información al servidor divisional.

También se encuentra instalada la aplicación SIMOCE Subestación que es la encargada de conectarse a la bases de datos y enviar al servidor divisional del SIMOCE.

Y finalmente existen 3 maneras en que la información es transmitida a los servidores de SIMOCE, puede ser por medio de Fibra Óptica, Ondas de radio o un enlace satelital, para que finalmente el usuario pueda hacer uso de la información que le sea necesaria para los trabajos.

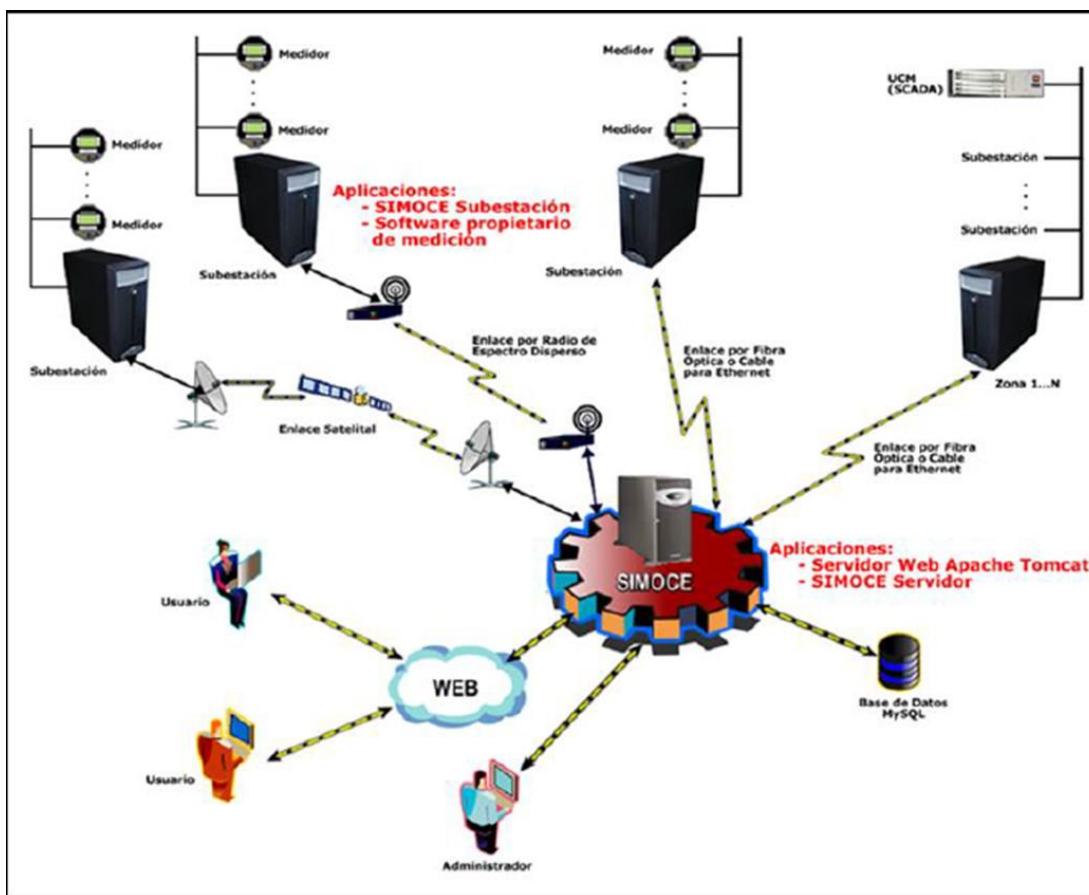


Figura 21. Conexiones de medición y consulta del SIMOCE.

## **CAPITULO 5 MEDICIONES**

En el siguiente estudio de Calidad de la Energía Eléctrica se cumple con las mediciones necesarias para un estudio en los buses y alimentadores de 3 Subestaciones de la División Centro Sur de la CFE. Cabe destacar que los buses de media tensión en las subestaciones serán considerados como centros de carga dado que soportan la carga de los circuitos alimentadores.

El periodo de análisis será del verano 2019 que comprende del 21 de junio al 23 de septiembre.

Las 3 subestaciones pertenecen a la Zona Cuernavaca y son las siguientes: subestación Cuernavaca, subestación Morelos y subestación Tabachines. El estudio toma como referencia normativa el Código de Red para la evaluación de Niveles de Tensión, Frecuencia, Factor de Potencia, Distorsiones Armónicas, y algunas normativas internas dentro de la CFE como desbalances de corriente y de voltaje.

Los datos utilizados fueron tomados del propio sistema de CFE llamado SIMOCE, y únicamente se mostrarán las gráficas del nodo de calidad, es decir el bus de media tensión o como se dijo anteriormente sería considerada un centro de carga.

### **5.1 SUBESTACIÓN CUERNAVACA**

La subestación Cuernavaca se encuentra en la calle Iguala #105-601 Col. Teopanzolco, en Cuernavaca, Morelos.

Es una subestación tipo encapsulada, es decir utiliza el gas dieléctrico Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>) como medio aislante en sus componentes, este tipo de subestaciones son ideales para zonas urbanas y lugares donde se tiene poco espacio.

Recibe 2 líneas de 85 kV en su bus de alta tensión y su nivel de tensión para distribución es de 23 kV. Cuenta con 2 bancos de transformación, el primero de ellos es de 115-85/23 kV con capacidades de 18/24/30 MVA, y alimenta los circuitos CUE5010, CUE5020, CUE5030, CUE5040 Y CUE5050.

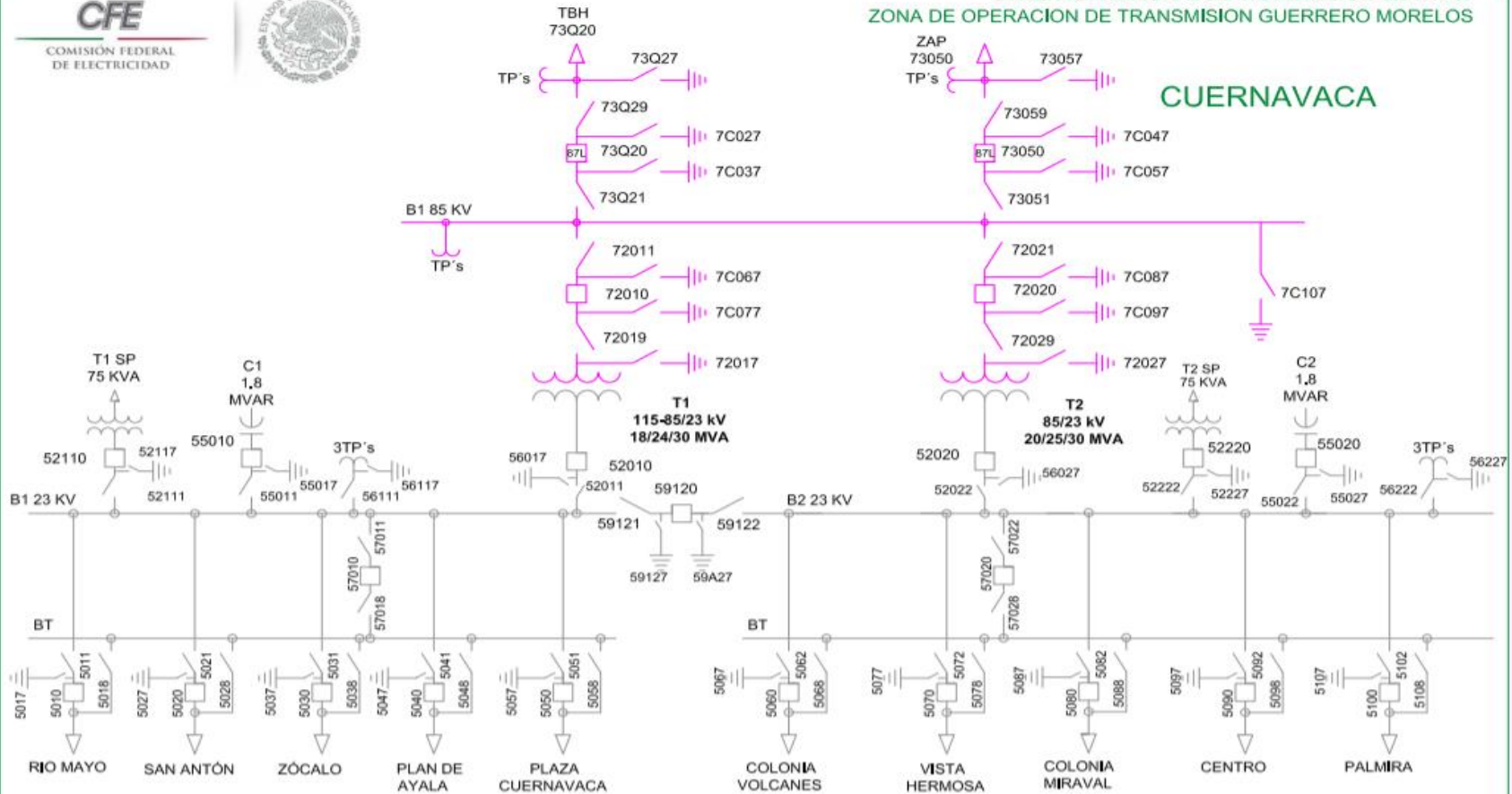
El segundo de ellos es de 85/23 kV con capacidades de 20/25/30 MVA, y alimenta los circuitos CUE5060, CUE5070, CUE5080, CUE5090 Y CUE5100.

La subestación tiene un arreglo en la media tensión de doble barra con interruptor de amarre, y una barra sencilla para el bus de Alta Tensión.

A continuación, se muestra el diagrama unifilar, las gráficas y las tablas realizadas de dicha subestación:



CUERNAVACA



ZMOR34

TODOS LOS NUMEROS LLEVAN ANTEPUESTO "CUE"

APROBO: ING. SERGIO A. CASILLAS CAMACHO	
ELABORADO: SALVADOR BARRIETE HERNANDEZ	REVISADO: ING. EDUARDO CUBIERS GAROTE
FECHA: 3 DE NOVIEMBRE 2010	PAJ DE PLAZA: CUE

Figura 22. Diagrama unifilar subestación Cuernavaca

# **MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA CUE52010**

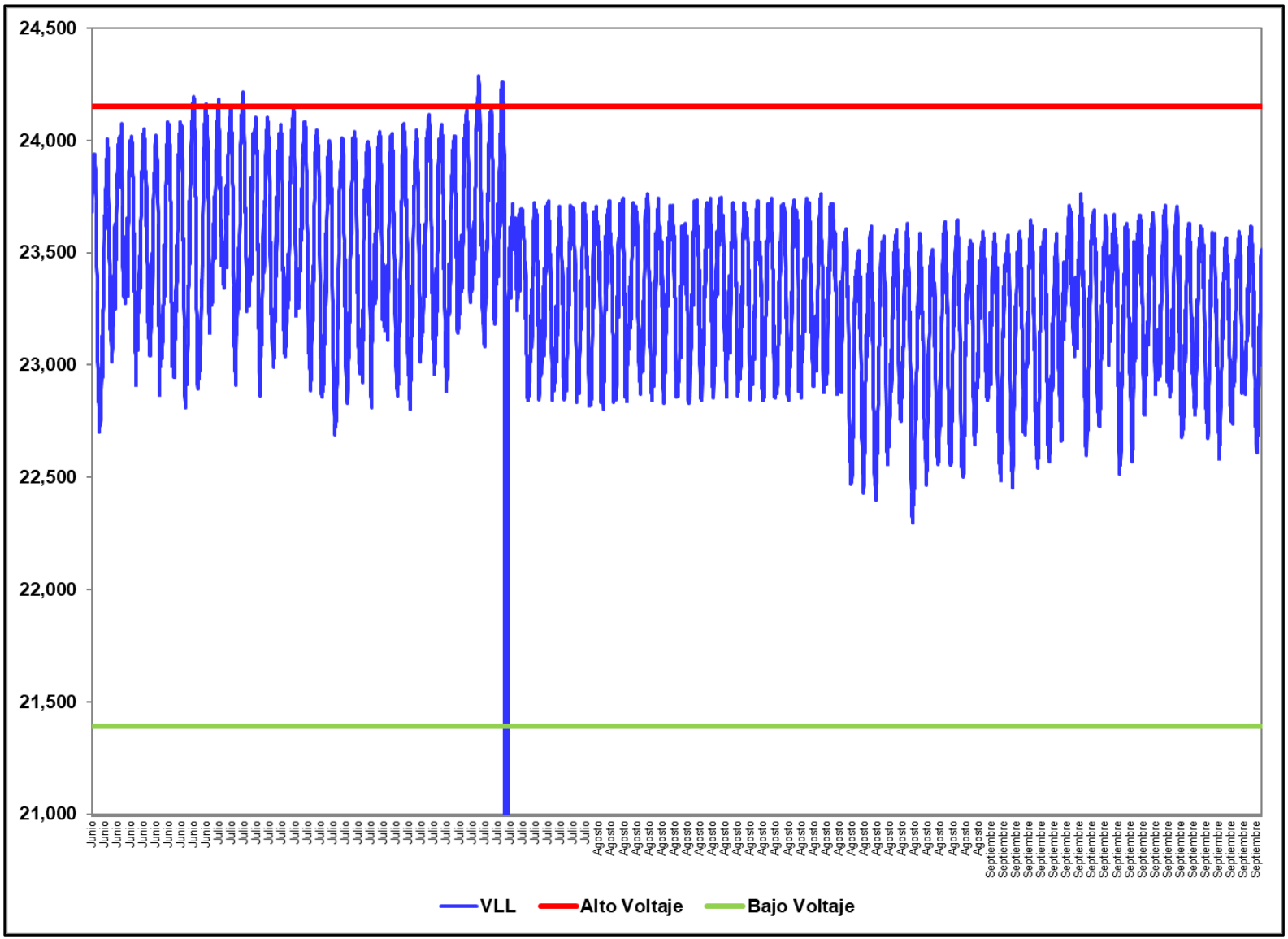


Figura 23. Nivel de tensión VLL del nodo CUE52010

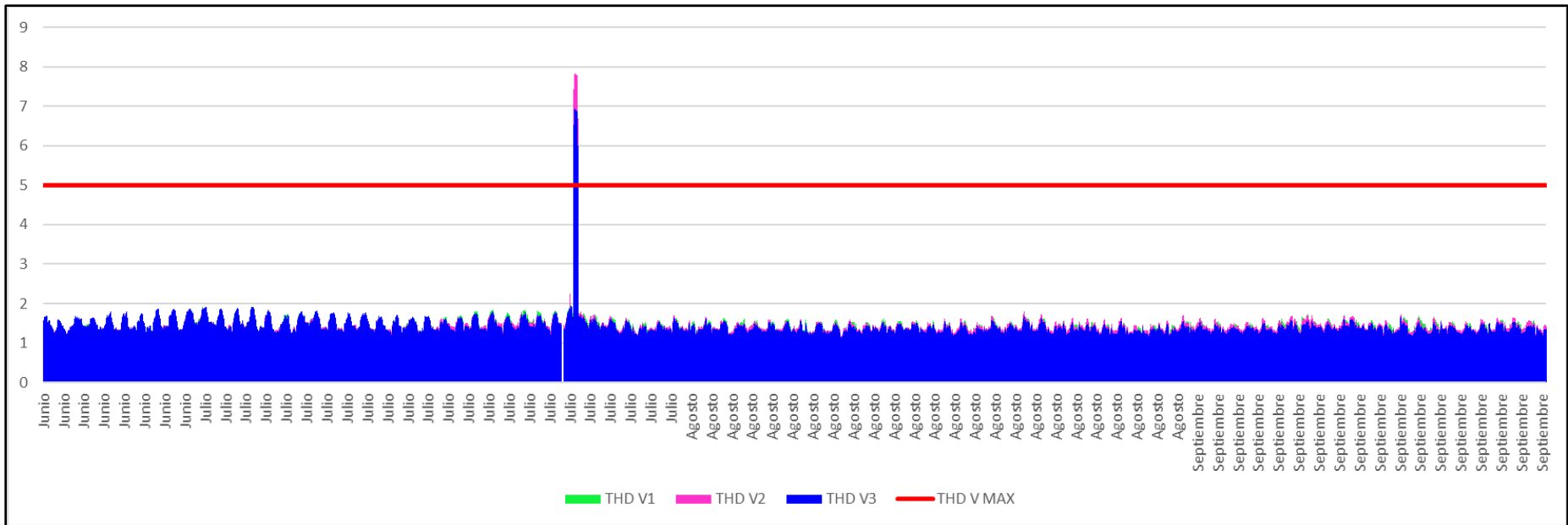


Figura 24. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase (%)

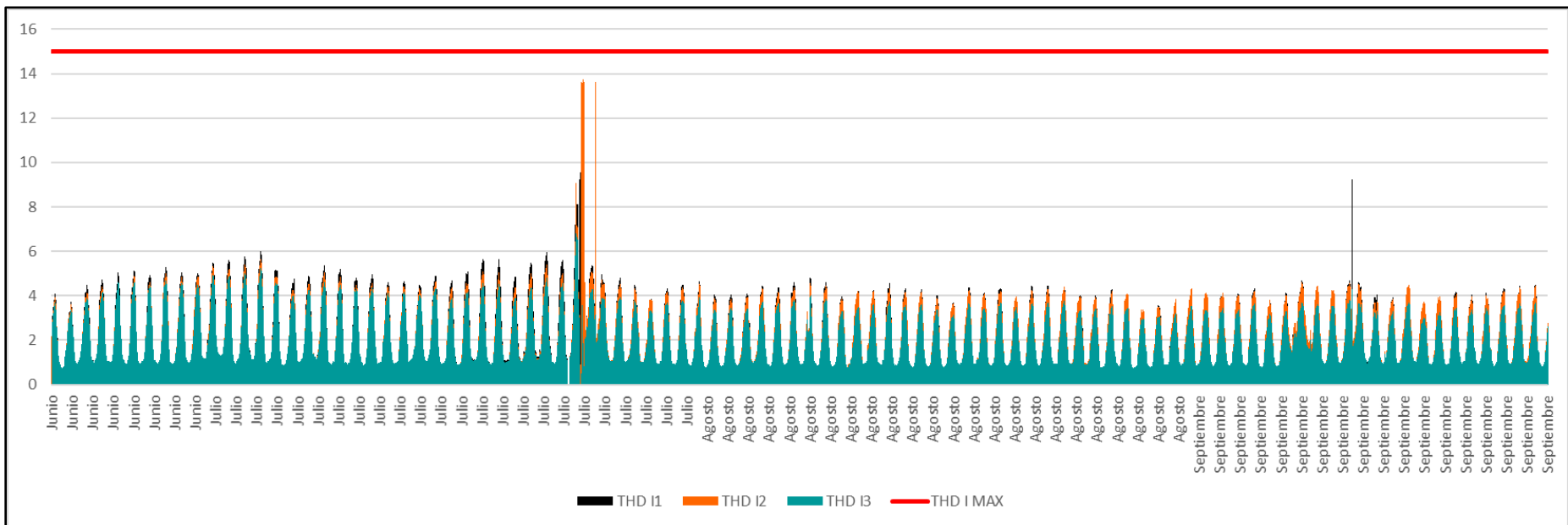


Figura 25. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase (%)

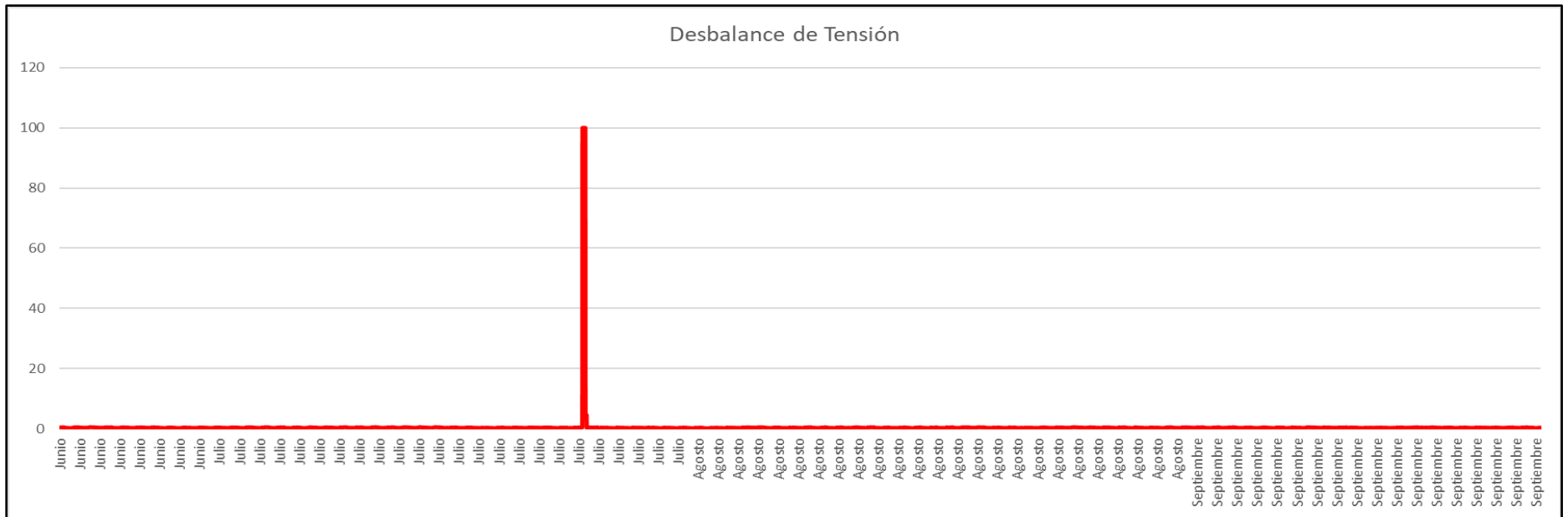


Figura 26. Desbalance de Tensión del nodo CUE52010 (%)

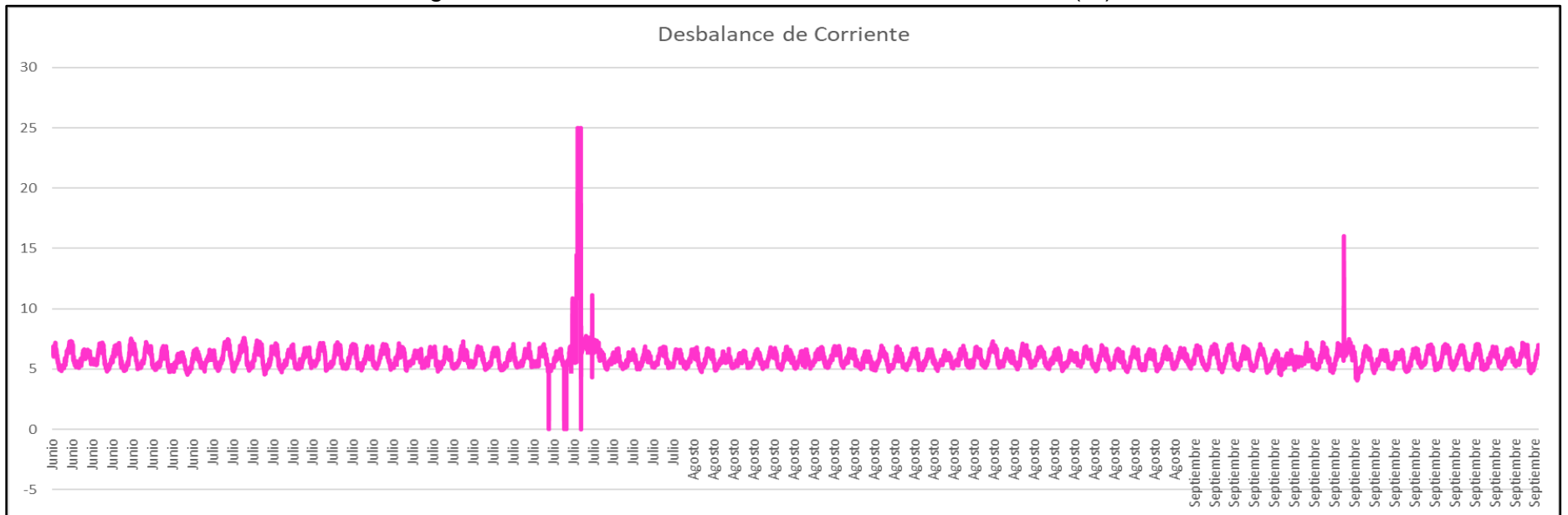


Figura 27. Desbalance de corriente del nodo CUE52010 (%)

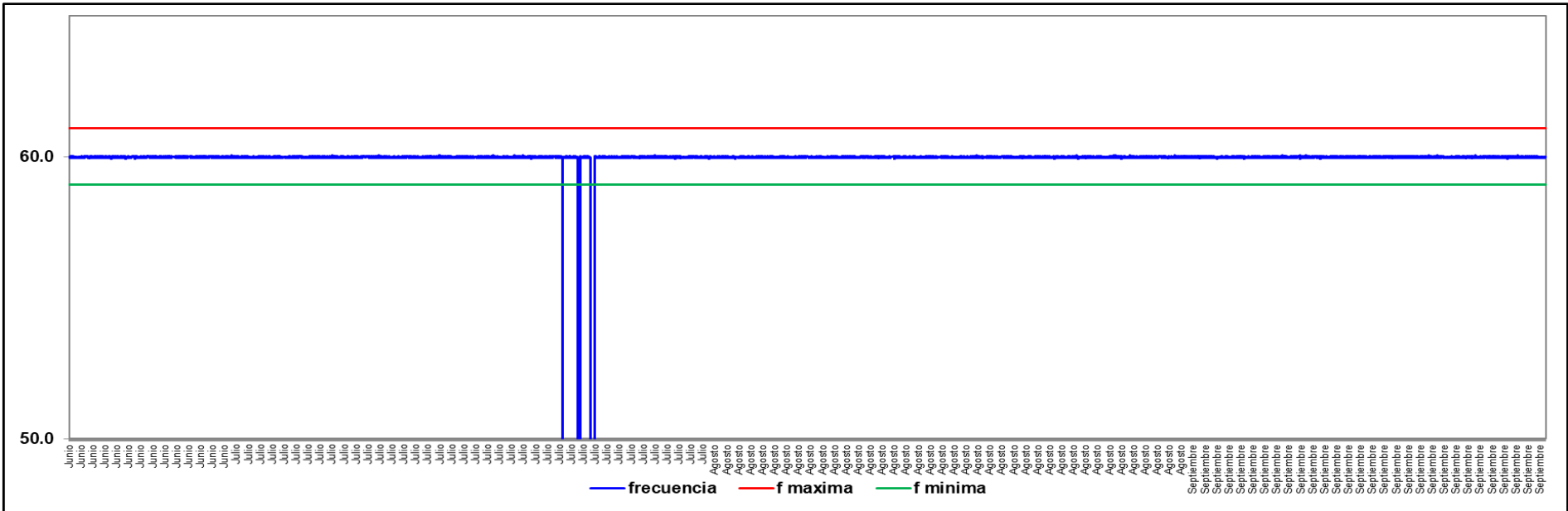


Figura 28. Frecuencia del nodo CUE52010

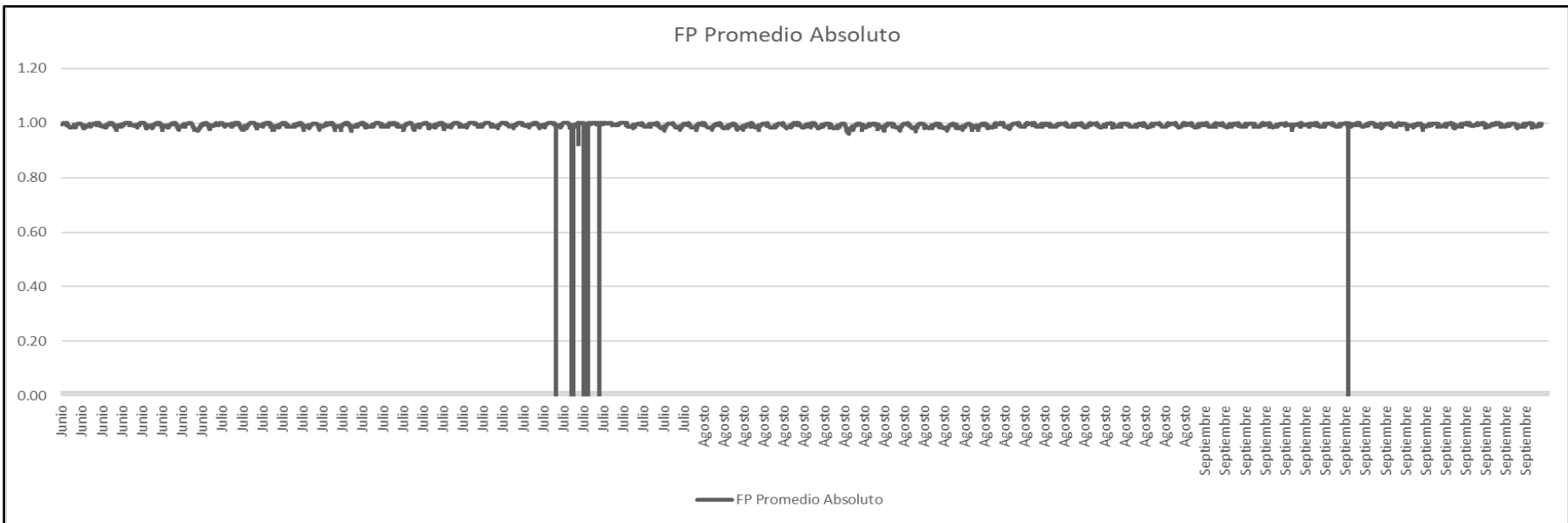


Figura 29. Factor de Potencia del nodo CUE52010

# **MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA CUE52020**

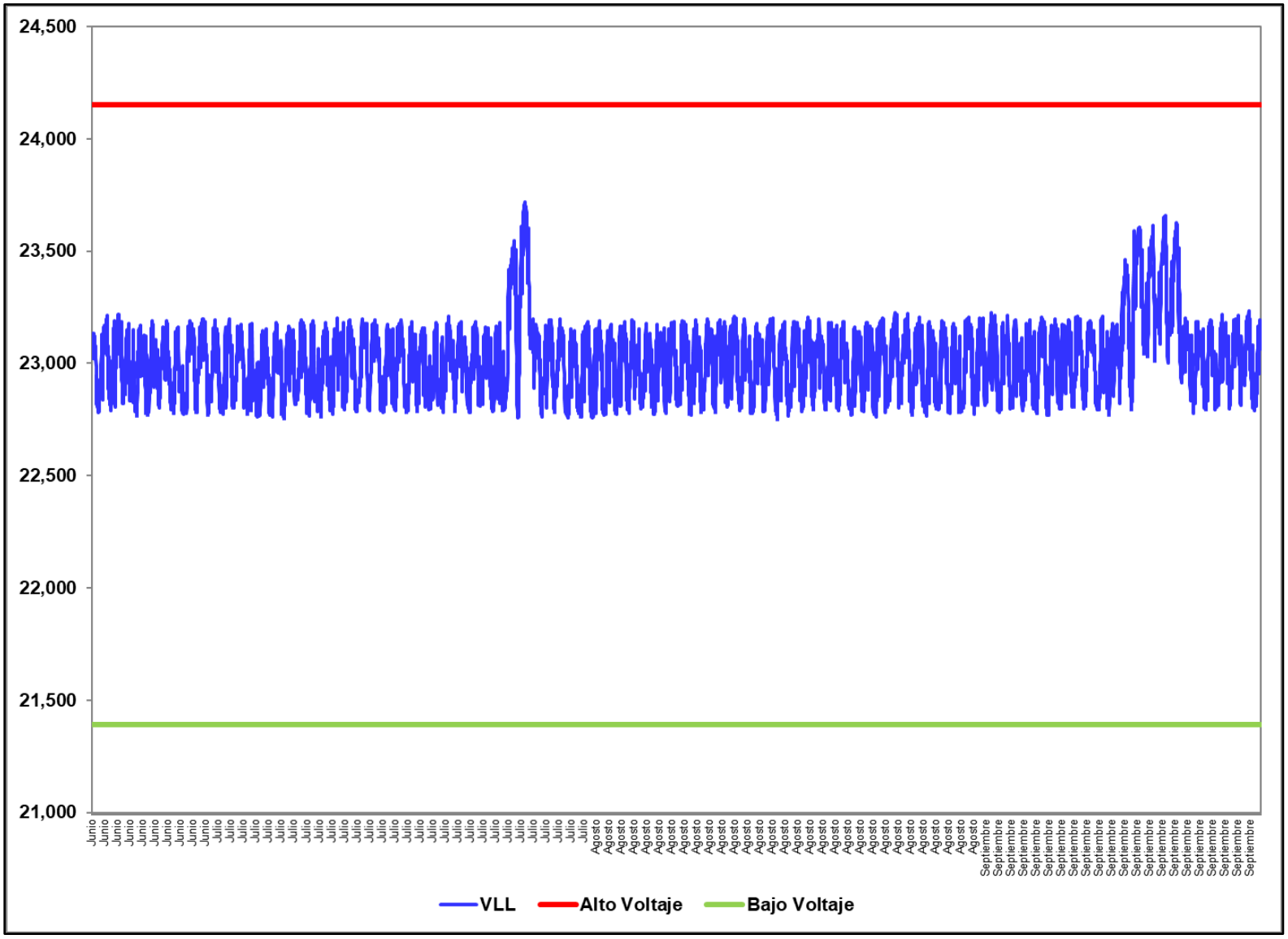


Figura 30. Nivel de tensión VLL del nodo CUE52020



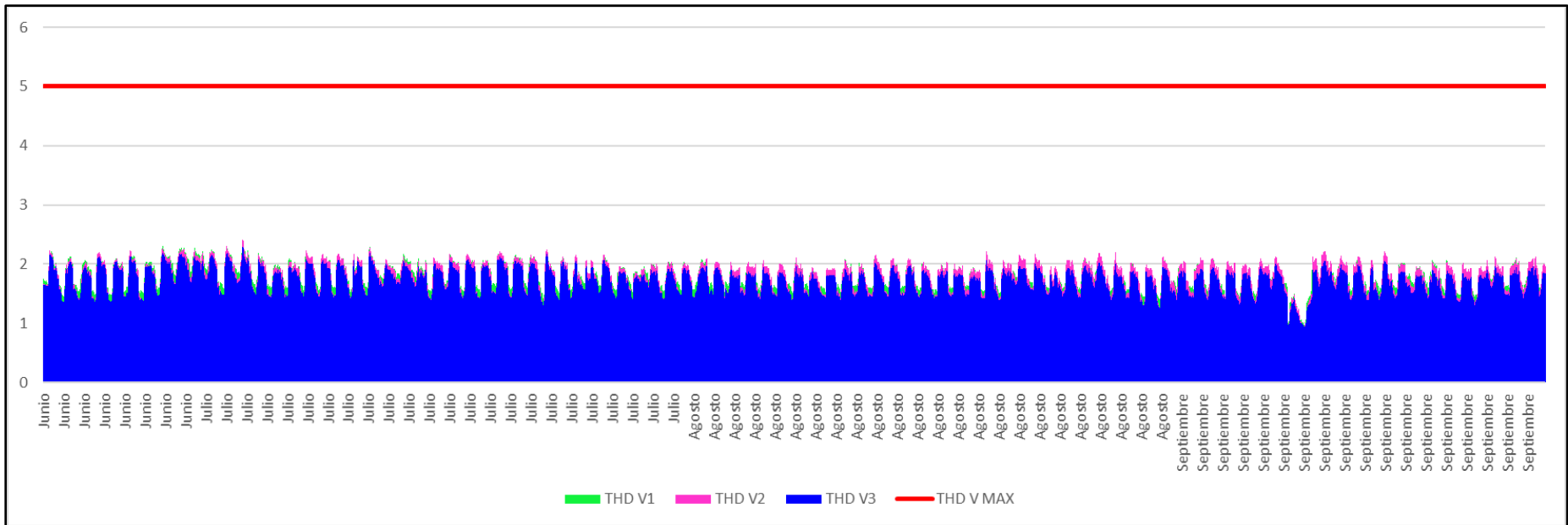


Figura 31. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo CUE52020(%)

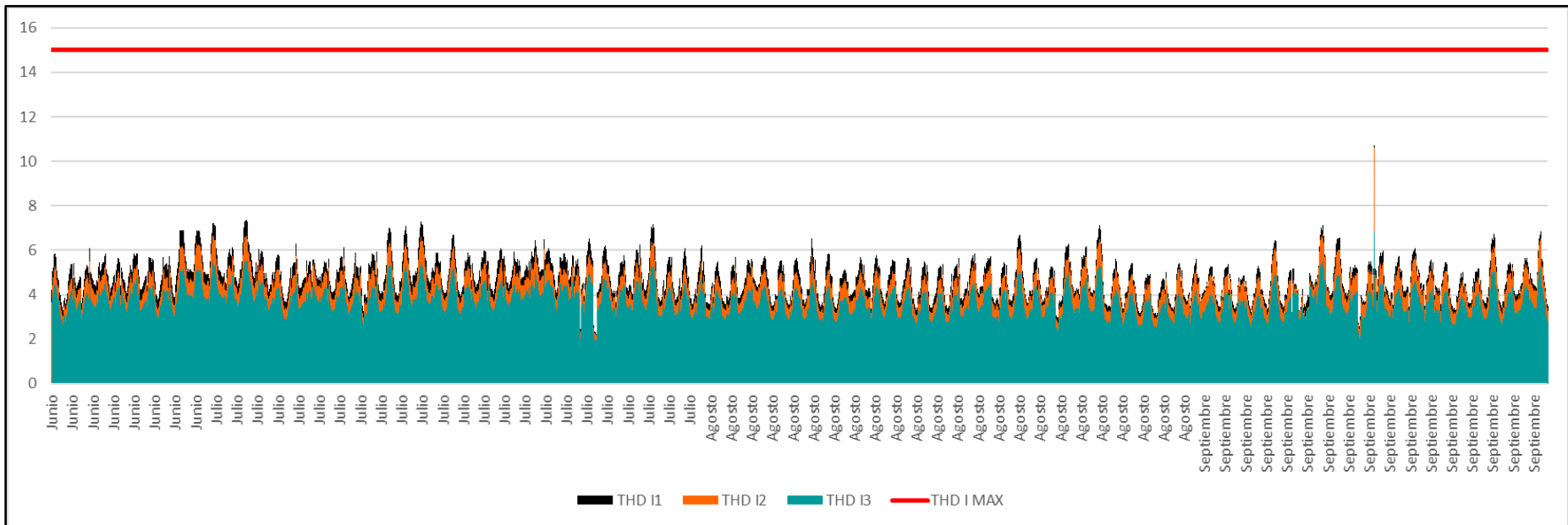


Figura 32. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase del nodo CUE52020(%)

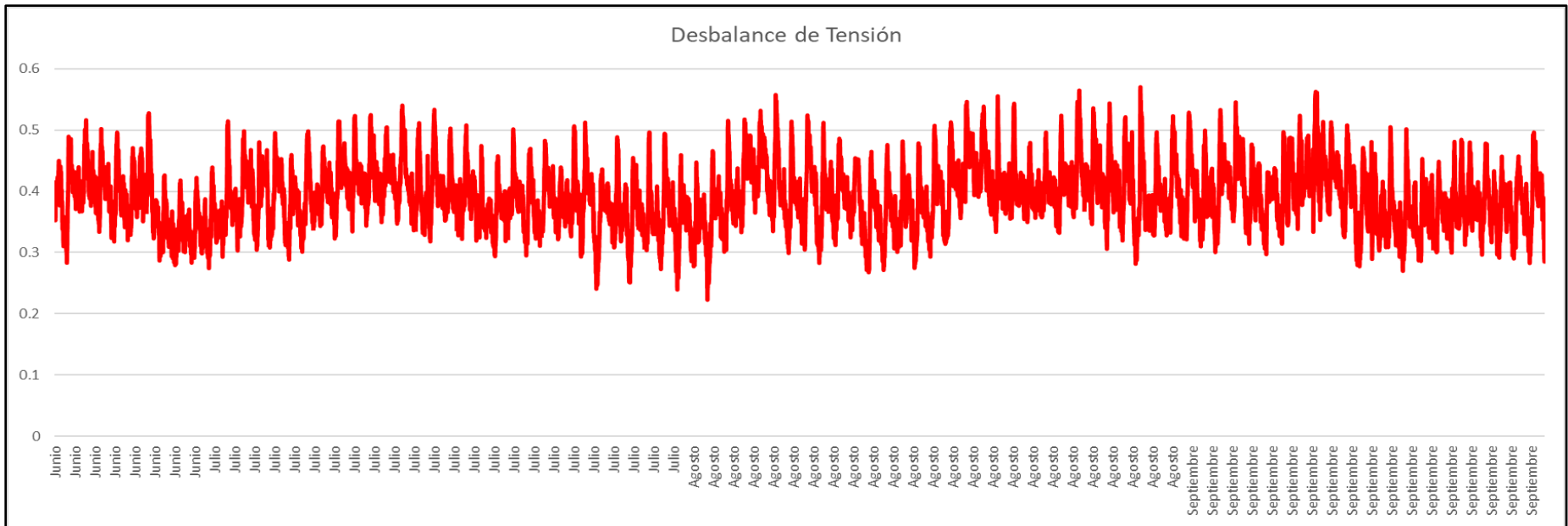


Figura 33. Desbalance de Tensión del nodo CUE52020 (%)

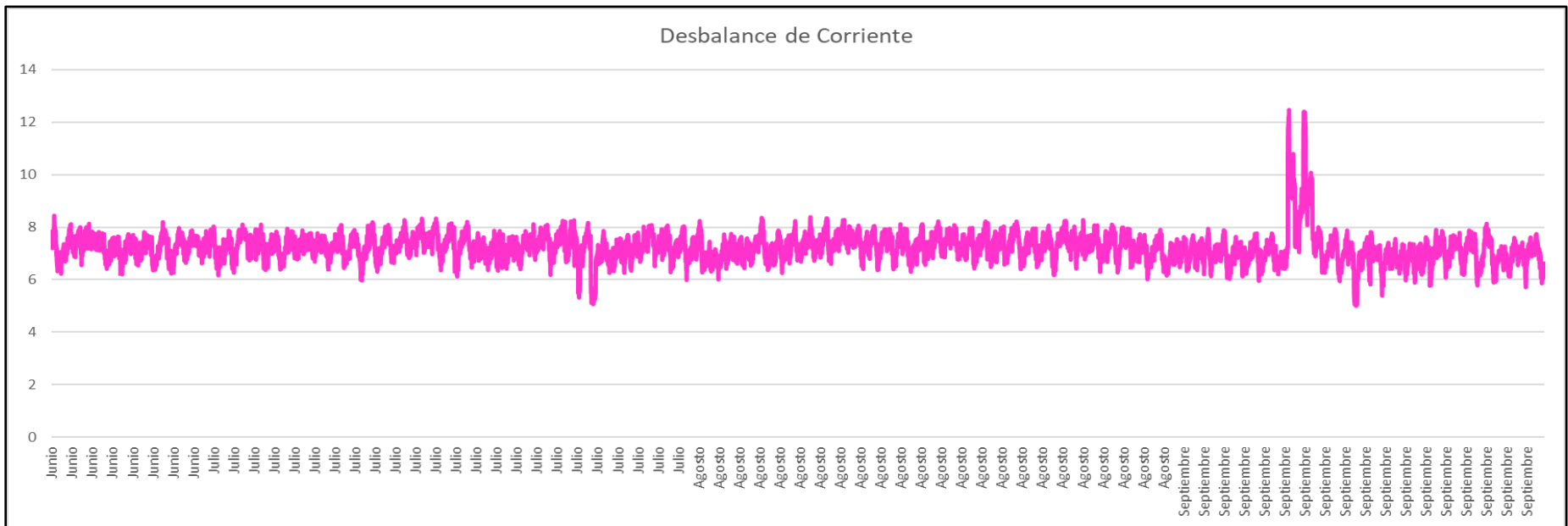


Figura 34. Desbalance de Corriente del nodo CUE52020 (%)

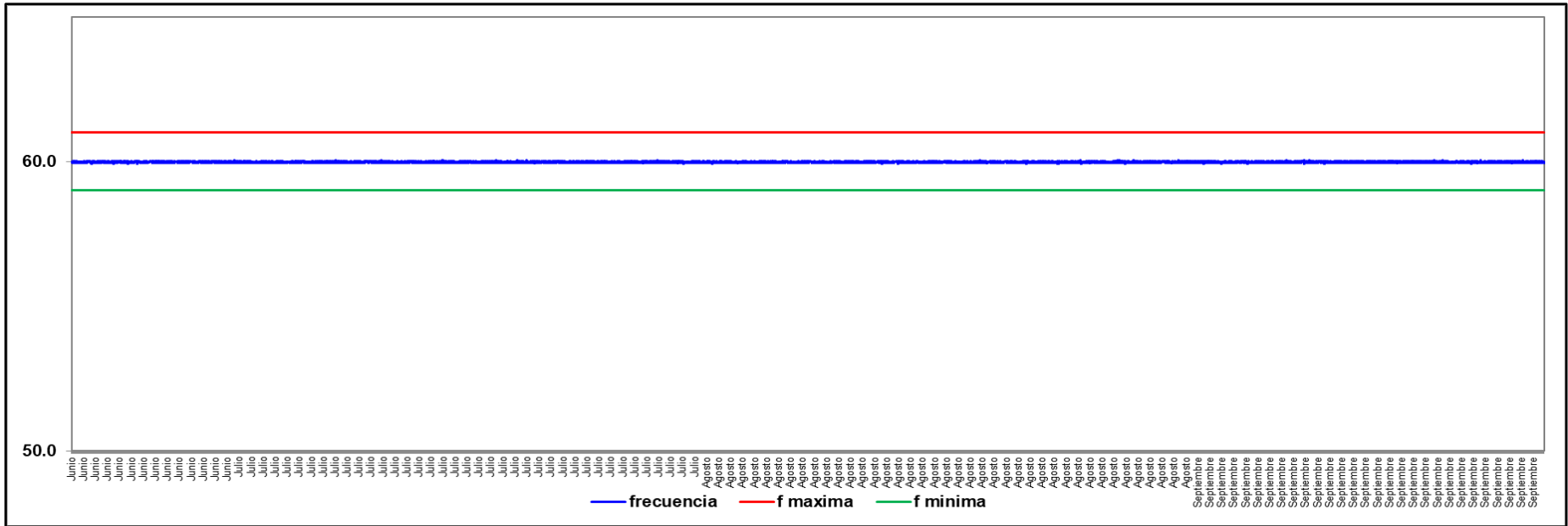


Figura 35. Frecuencia del nodo CUE52020

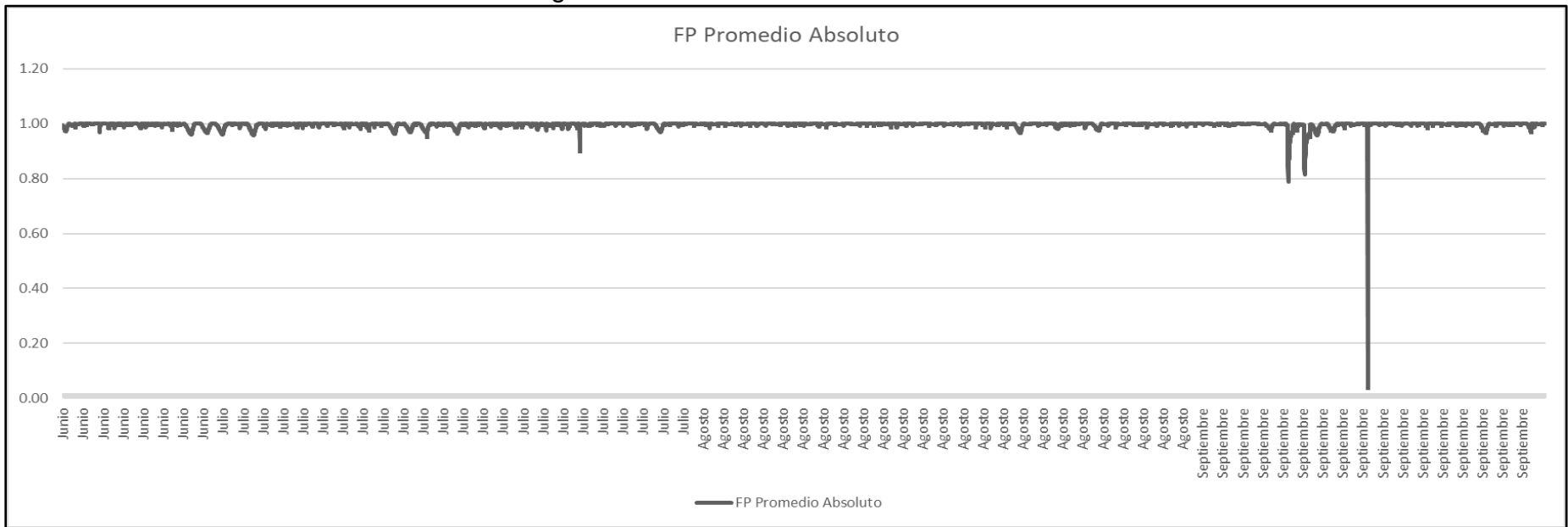


Figura 36. Factor de Potencia del nodo CUE52020

# TABLAS DE MEDICIONES DE LA SUBESTACIÓN CUERNAVACA

NIVELES DE TENSIÓN (V)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>CUE52010(Bus de MT)</b>	<b>22,701.40</b>	<b>24,150.60</b>	<b>877.57</b>	<b>24,289.10</b>	<b>22,297.30</b>	<b>23,763.70</b>	<b>22,453.20</b>	<b>23,763.70</b>
CUE5010	22,689.90	24,185.20	877.52	24,284.40	22,291.50	23,763.70	22,453.20	23,746.70
CUE5020	22,719.80	24,214.50	879.12	24,312.40	22,314.10	23,784.40	22,478.10	23,779.30
CUE5030	22,707.20	24,202.50	877.57	24,300.70	22,689.90	23,775.30	22,470.50	23,763.70
CUE5040	22,712.60	24,203.70	879.92	24,303.90	22,306.70	23,776.30	22,470.70	23,771.70
CUE5050	22,704.10	24,193.20	1,282.85	24,282.00	22,284.90	23,758.80	22,455.70	23,761.40
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>22,770.70</b>	<b>23,218.00</b>	<b>22,755.40</b>	<b>23,716.90</b>	<b>22,751.90</b>	<b>23,226.80</b>	<b>22,770.00</b>	<b>23,660.40</b>
CUE5060	22,771.40	23,218.80	22,756.30	23,718.10	22,753.20	23,228.20	22,771.50	23,661.40
CUE5070	22,776.30	23,213.50	22,751.30	23,713.30	22,748.30	23,223.30	22,766.50	23,656.00
CUE5080	22,677.70	23,630.60	22,689.90	23,764.90	22,773.50	23,225.90	22,765.40	23,661.30
CUE5090	22,762.00	23,209.00	22,745.00	23,701.80	22,754.60	23,215.30	22,760.30	23,645.00
CUE5100	22,741.80	23,192.20	22,724.50	23,688.70	22,724.50	23,197.90	22,741.80	23,625.20

Tabla 13. Niveles de tension de la subestación Cuernavaca (V)

NIVELES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN (THD V %)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max
<b>CUE52010( Bus de MT)</b>	<b>1.46</b>	<b>1.91</b>	<b>1.51</b>	<b>7.83</b>	<b>1.35</b>	<b>1.8</b>	<b>1.37</b>	<b>1.73</b>
CUE5010	1.49	1.93	1.59	2.26	1.37	1.81	1.4	1.75
CUE5020	1.48	1.93	1.49	3.42	1.37	1.81	1.39	1.76
CUE5030	1.6	2.01	1.61	4.44	1.527	1.92	1.53	1.86
CUE5040	1.46	1.92	1.57	8.12	1.36	1.8	1.38	1.74
CUE5050	1.34	1.81	1.36	2.16	1.23	1.7	1.25	1.64
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>1.82</b>	<b>2.3</b>	<b>1.8</b>	<b>2.41</b>	<b>1.72</b>	<b>2.21</b>	<b>1.7</b>	<b>2.22</b>
CUE5060	1.9	2.36	1.88	2.47	1.82	2.28	1.79	2.22
CUE5070	1.86	2.36	1.83	2.44	1.77	2.25	1.74	2.26
CUE5080	1.91	2.38	1.92	2.51	1.8	2.39	1.77	2.42
CUE5090	1.81	2.28	1.79	2.4	1.72	2.22	1.69	4.46
CUE5100	1.83	2.31	1.81	2.41	1.73	2.21	1.71	2.22

Tabla 14. Niveles de distorsión armónica total de tensión de la subestación Cuernavaca (%)

NIVELES DE DISTORSION ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE (THD I %)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max
<b>CUE52010( Bus de MT)</b>	<b>2.12</b>	<b>5.27</b>	<b>2.34</b>	<b>13.74</b>	<b>1.92</b>	<b>4.8</b>	<b>2.07</b>	<b>9.25</b>
CUE5010	3.26	8.08	3.13	10.36	2.79	6.48	2.98	6.92
CUE5020	2.77	4.16	2.88	8.1	3.2	6.07	3.12	5.61
CUE5030	3.04	5.99	3.23	8.81	3.25	5.68	3.16	5.59
CUE5040	3.53	5.62	3.46	7.22	2.59	5.3	2.62	4.5
CUE5050	3.89	14.31	5.06	41.32	3.99	10.42	5.5	13.98
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>4.33</b>	<b>6.91</b>	<b>4.37</b>	<b>7.38</b>	<b>3.9</b>	<b>7.13</b>	<b>4</b>	<b>10.74</b>
CUE5060	4.38	6.55	4.51	6.95	4.3	6.88	4.12	9.37
CUE5070	4.73	6.72	4.89	7.6	4.7	7.65	4.48	7.33
CUE5080	3,25	5.77	3.34	5.52	3.46	5.82	3.59	6
CUE5090	8.23	18.07	8.75	17.81	9.52	16.45	1	6.01
CUE5100	2.66	4.44	2.82	4.94	2.89	5	2.86	5.31

Tabla 15. Niveles de distorsión armónica total de corriente de la subestación Cuernavaca (%)

DESBALANCE DE TENSIÓN (%)				
Equipo	Desde 21 de Junio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>CUE52010(Bus de MT)</b>	<b>0.4</b>	<b>1.03</b>	<b>0.39</b>	<b>0.4</b>
CUE5010	0.41	1.05	0.41	0.42
CUE5020	0.39	1.04	0.38	0.38
CUE5030	0.4	1.05	0.39	0.4
CUE5040	0.38	1.05	0.4	0.4
CUE5050	0.4	0.47	0.4	0.4
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>0.38</b>	<b>0.38</b>	<b>0.4</b>	<b>0.39</b>
CUE5060	0.38	0.38	0.4	0.39
CUE5070	0.4	0.41	0.42	0.41
CUE5080	0.38	0.4	0.41	0.4
CUE5090	0.37	0.38	0.39	0.38
CUE5100	0.39	0.4	0.41	0.4

Tabla 16 . Desbalance de tension de la subestación Cuernavaca (%)

DESBALANCE DE CORRIENTE (%)				
Equipo	Desde 21 de Julio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>CUE52010( Bus de MT)</b>	<b>5.84</b>	<b>5.98</b>	<b>5.8</b>	<b>5.85</b>
CUE5010	2.7	6.51	2.62	2.66
CUE5020	3.07	3.16	2.34	2.47
CUE5030	1.84	1.65	1.84	1.74
CUE5040	6.67	8.55	6.5	6.91
CUE5050	8.76	7.3	1.41	5.11
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>7.24</b>	<b>7.24</b>	<b>7.27</b>	<b>7.12</b>
CUE5060	10.03	10	9.71	13.82
CUE5070	2.87	3.23	3.19	10.94
CUE5080	3.1	2.8	2.9	13.2
CUE5090	15.14	13.55	12.2	12.18
CUE5100	6.32	6.32	6.56	7.09

Tabla 17 . Desbalance de corriente de la subestación Cuernavaca (%)

FRECUENCIA (Hz)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>CUE52010( Bus de MT)</b>	<b>59.93</b>	<b>60.03</b>	<b>39.12</b>	<b>60.05</b>	<b>59.94</b>	<b>60.05</b>	<b>59.93</b>	<b>60.06</b>
CUE5010	59.93	60.03	39.11	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5020	59.93	60.03	39.11	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5030	59.93	60.03	42.51	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5040	59.93	60.03	39.1	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5050	59.92	60.04	25.29	60.05	59.94	60.05	59.93	60.07
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>59.93</b>	<b>60.03</b>	<b>59.95</b>	<b>60.05</b>	<b>59.94</b>	<b>60.05</b>	<b>59.93</b>	<b>60.06</b>
CUE5060	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5070	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5080	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5090	59.94	60.04	59.93	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
CUE5100	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06

Tabla 18 .Frecuencia de la subestación Cuernavaca (Hz)

FACTOR DE POTENCIA				
Equipo	Desde 21 de Junio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>CUE52010( Bus de MT)</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>
CUE5010	0.99	0.99	0.99	0.99
CUE5020	0.98	0.98	0.98	0.98
CUE5030	0.99	0.99	0.99	0.99
CUE5040	0.99	0.99	0.99	0.95
CUE5050	0.97	0.97	0.98	0.93
<b>CUE52020(Bus de MT)</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>
CUE5060	0.99	0.99	0.99	0.98
CUE5070	0.98	0.98	0.98	0.98
CUE5080	0.99	0.99	0.99	0.99
CUE5090	0.97	0.97	0.97	0.97
CUE5100	0.97	0.97	0.97	0.97

Tabla 19. Factor de potencia de la subestación Cuernavaca

## 5.2 SUBESTACIÓN MORELOS

La subestación Morelos se encuentra en la calle Alta Tensión #45 Col. Ocoatepec, en Cuernavaca, Morelos.

Es una subestación tipo convencional, es decir utiliza el aire como medio aislante en sus componentes, con la finalidad de adecuar distintos niveles de tensión.

Se puede clasificar como subestación de maniobra y de distribución, ya que cuenta 1 línea de Alta Tensión que llega hacia Atenco en Toluca Edo. De México, y con 8 circuitos de distribución para la zona norte de Cuernavaca y el municipio de Huitzilac.

Recibe 2 líneas de 230 kV en su bus de Alta Tensión, lleva una línea de 230 kV hacia Atenco, y su nivel de tensión para distribución es de 23 kV,. Cuenta con 2 bancos de transformación, ambos con niveles de tensión de 230/23 kV con capacidad de 60 MVA cada uno, y además tiene 2 bancos de capacitores de 12.6 kvar.

El primer banco de transformación alimenta los circuitos MOR5115, MOR5125, MOR5135 y MOR5155.

El segundo banco de transformación alimenta los circuitos MOR5215, MOR5235, MOR5145, MOR5255.

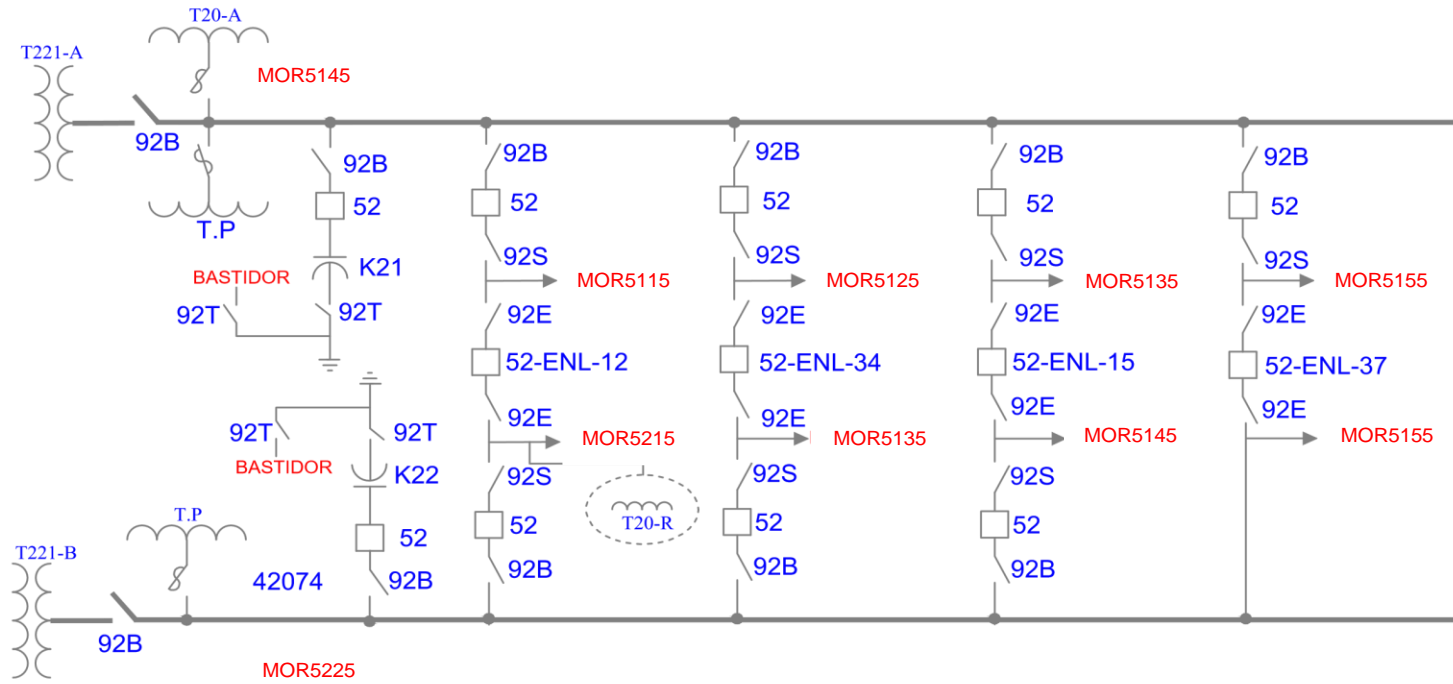
La subestación tiene un arreglo de doble barra con interruptor y medio para la parte de distribución, y una barra sencilla para el bus de Alta Tensión.

A continuación, se muestra el diagrama unifilar, las gráficas y las tablas realizadas de dicha subestación:





# MORELOS



TODOS LOS NUMEROS LLEVAN  
ANTEPUESTO "MOR"

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD	
SE MORELOS	
APROBO : ING. FRANCISCO LORENZO TAPIA	
DIBUJO : E.C.M	REVISOR : ING. Jde J.G.B.
FECHA : 07/01/11	NO. DE PLANO MOR

Figura 37. Diagrama Unifilar de la subestación Morelos

# **MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA MOR5145**

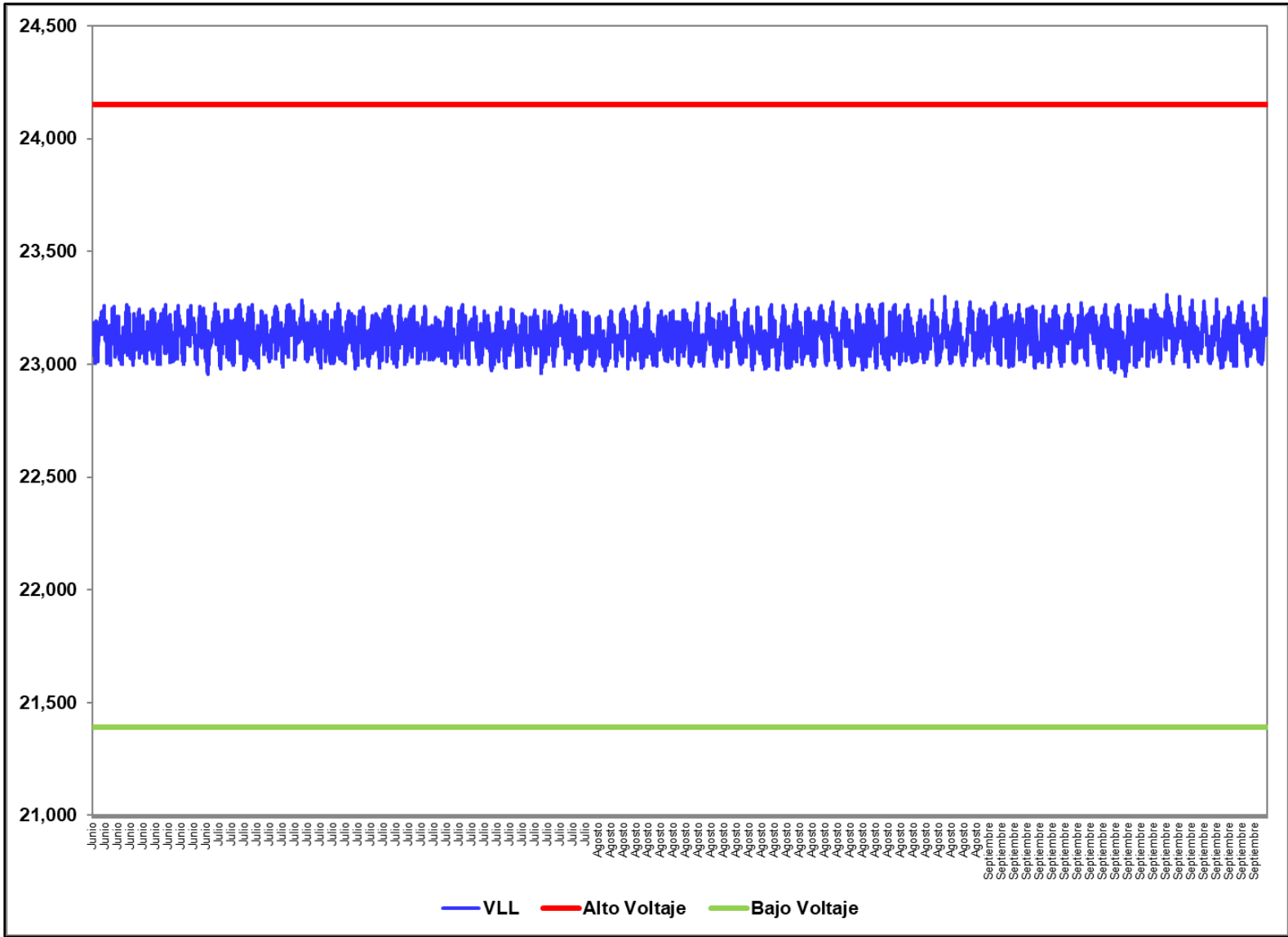


Figura 38. Nivel de tensión VLL del nodo MOR5145

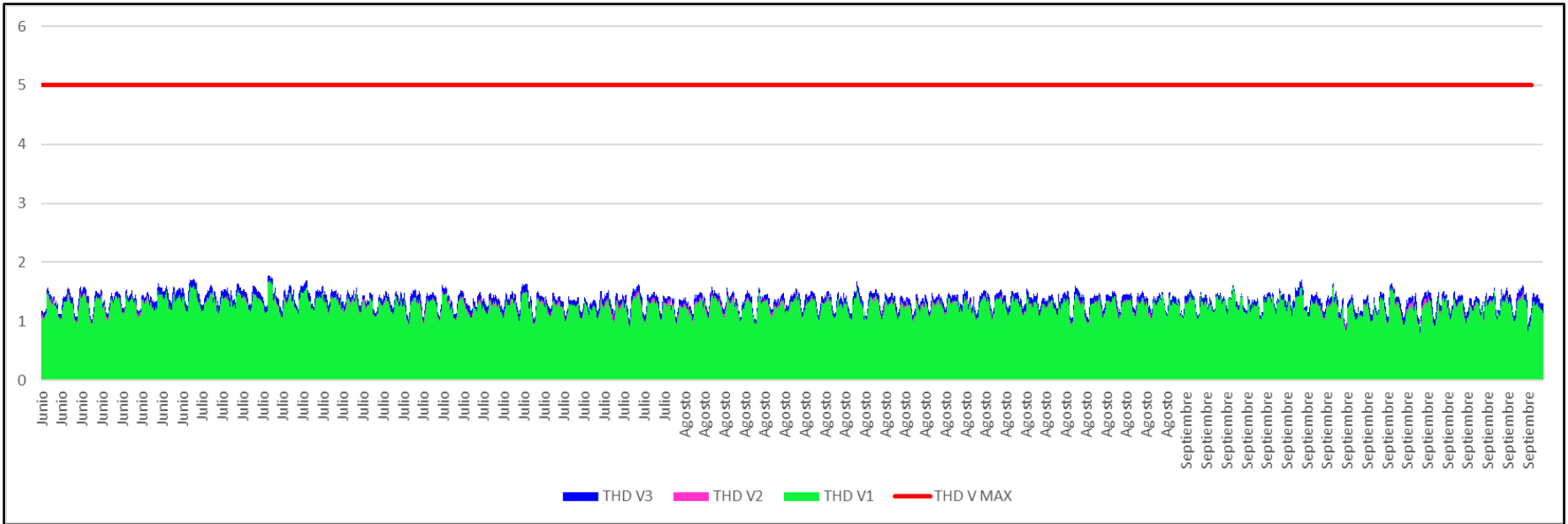


Figura 39. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo MOR5145(%)

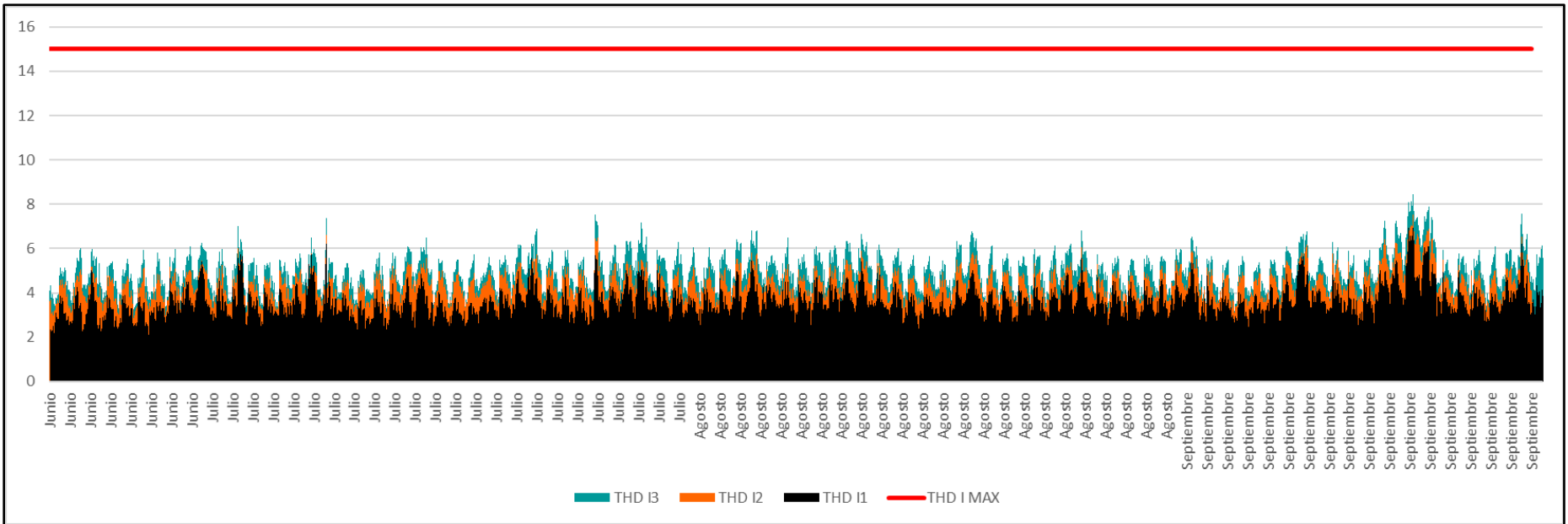


Figura 40. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase del nodo MOR5145(%)

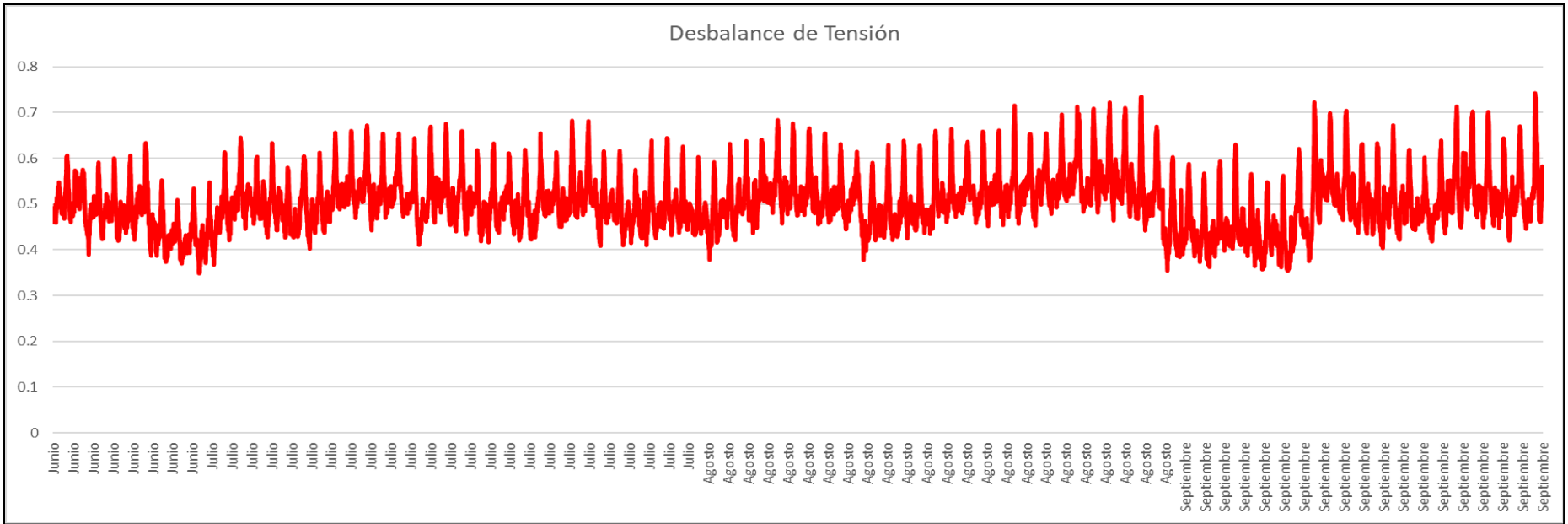


Figura 41. Desbalance de Tensión del nodo MOR5145 (%)

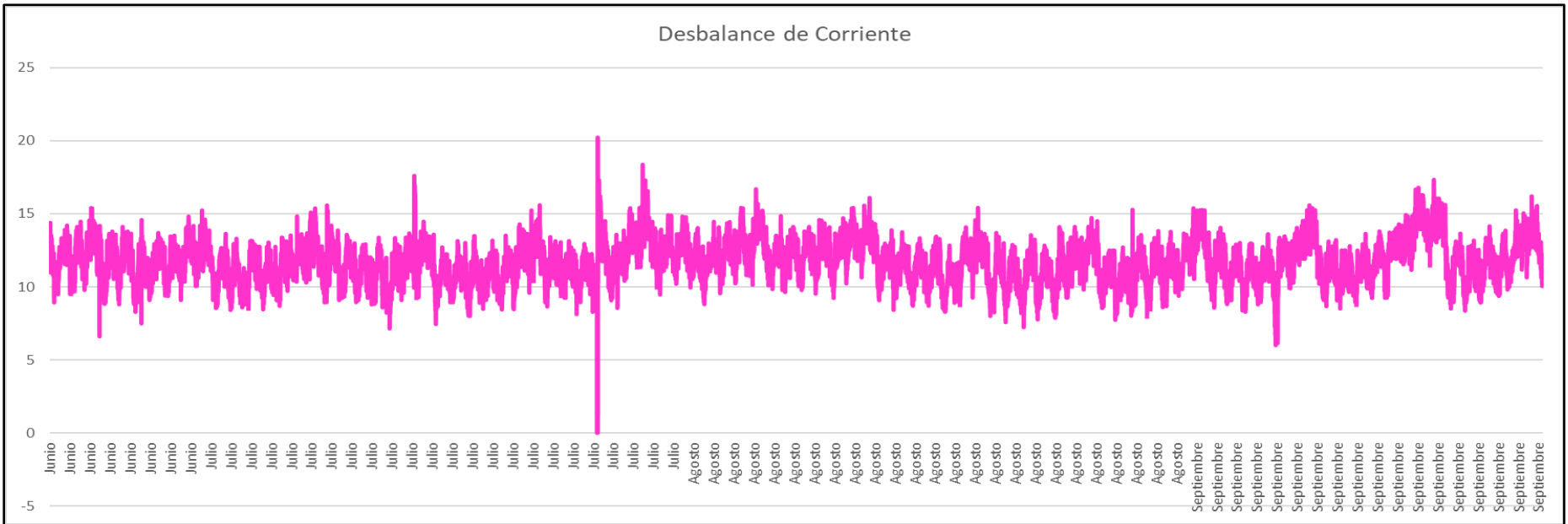


Figura 42. Desbalance de Corriente del nodo MOR5145 (%)

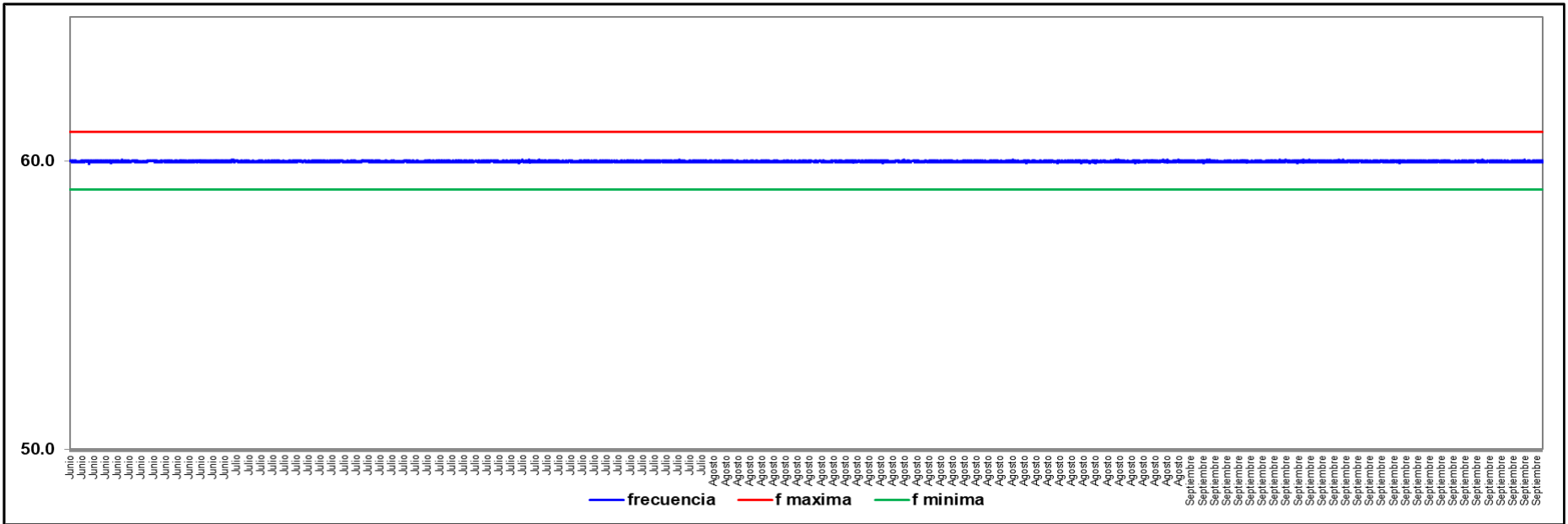


Figura 43. Frecuencia del nodo MOR5145

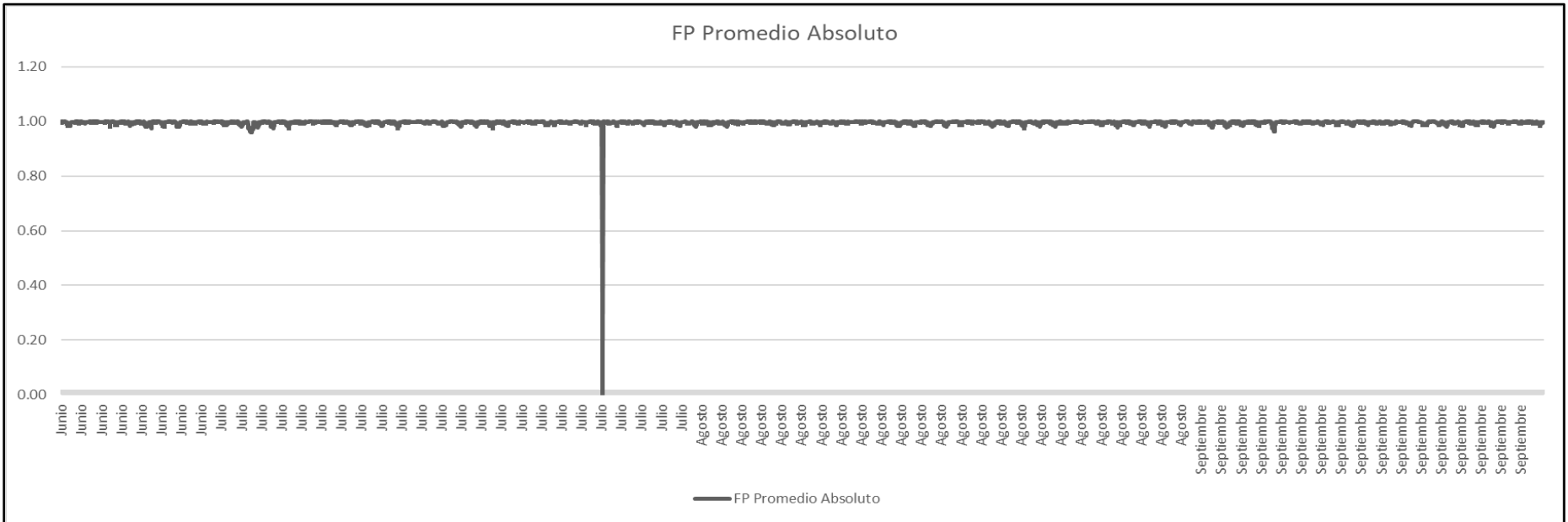


Figura 44. Factor de Potencia del nodo MOR5145

# **MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA MOR5225**

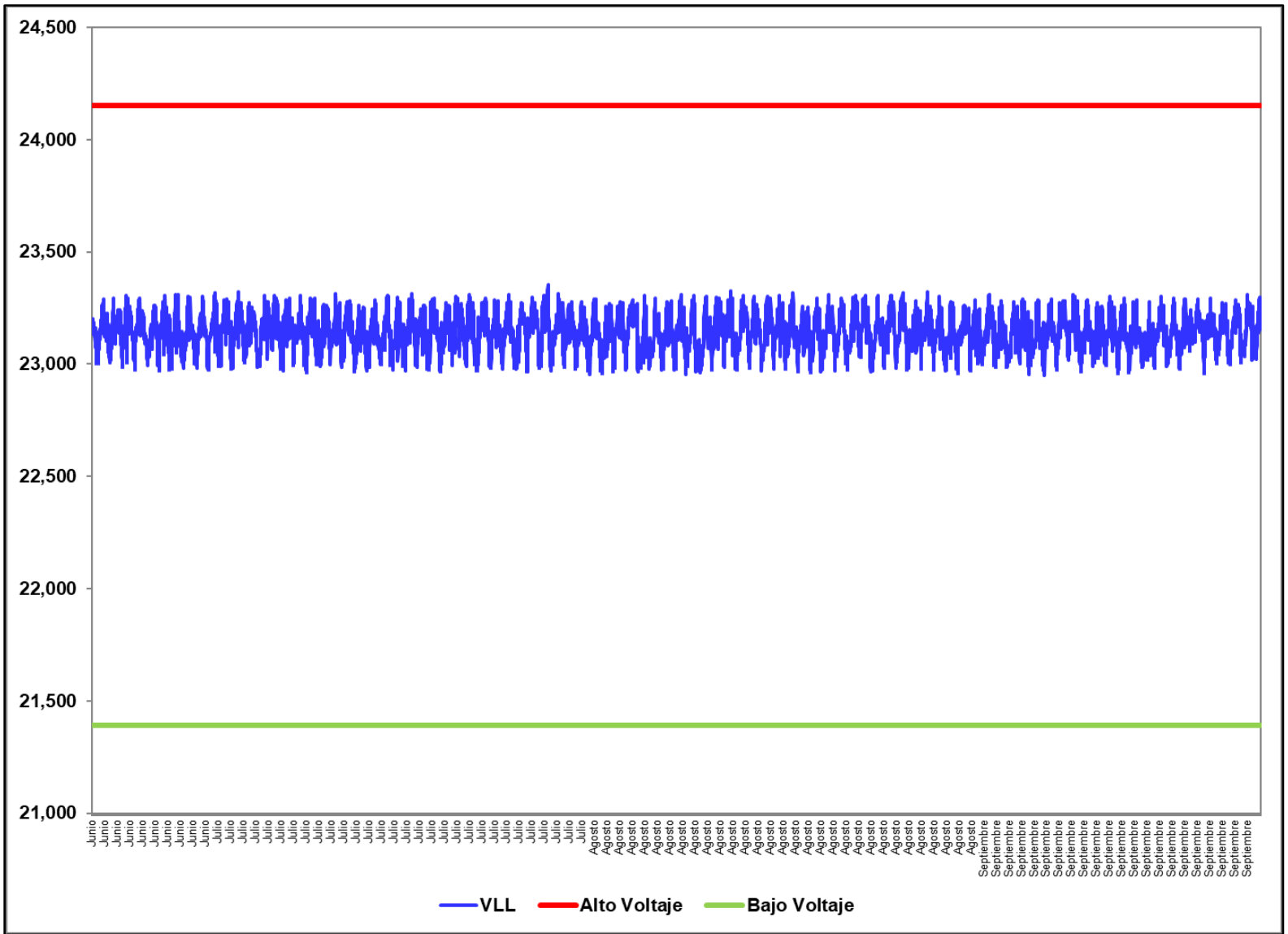


Figura 45. Nivel de tensión VLL del nodo MOR5225



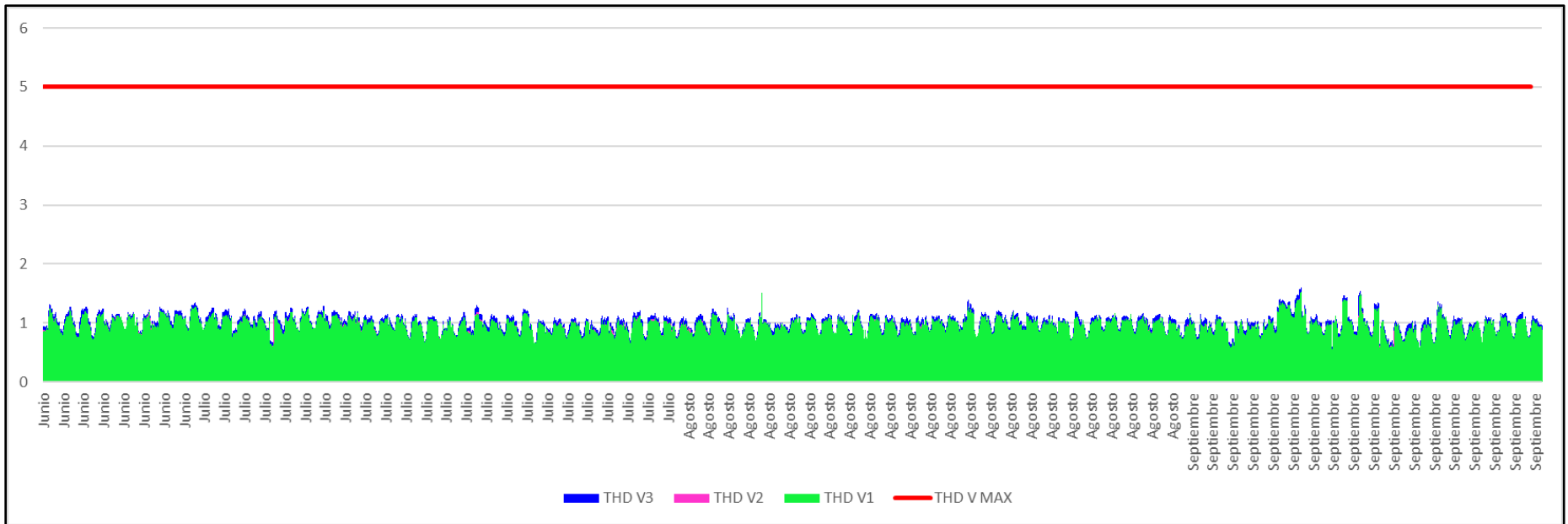


Figura 46. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo MOR5225(%)

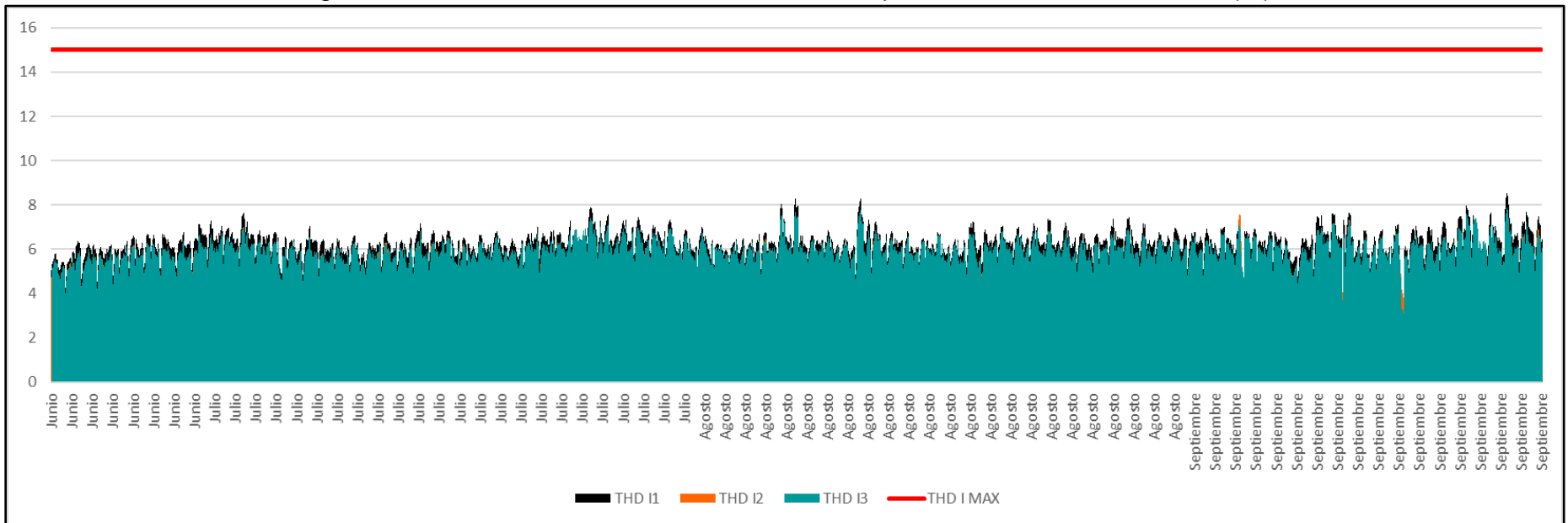


Figura 47. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo MOR5225(%)

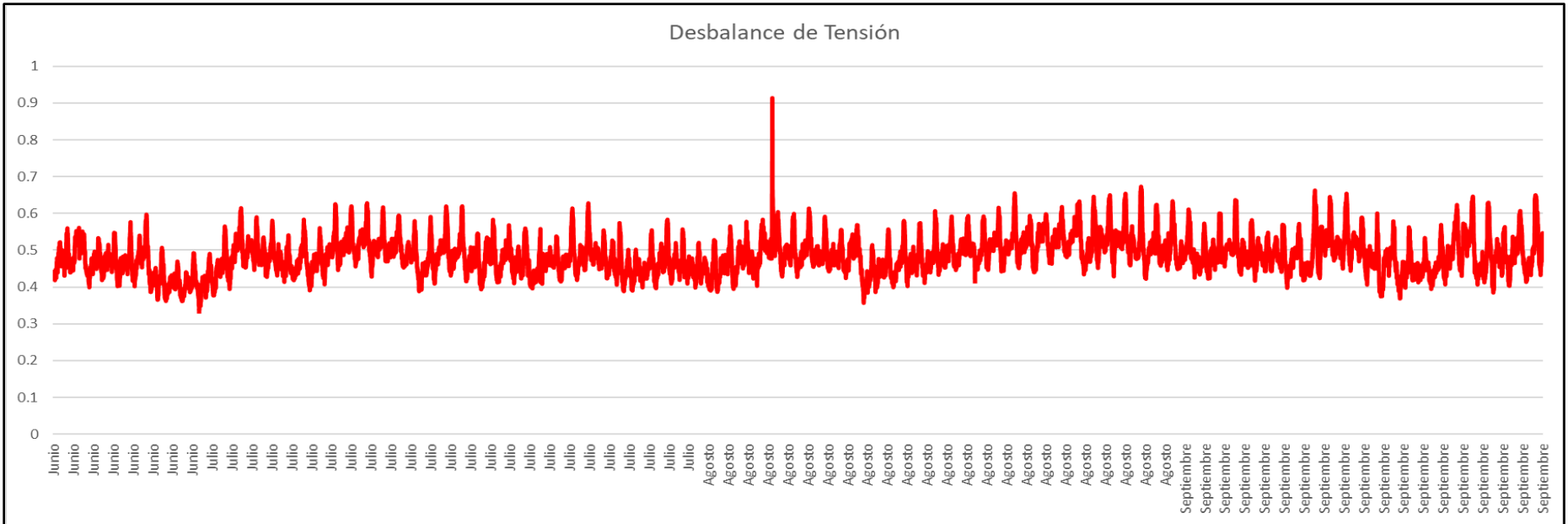


Figura 48. Desbalance de Tensión del nodo MOR5225 (%)

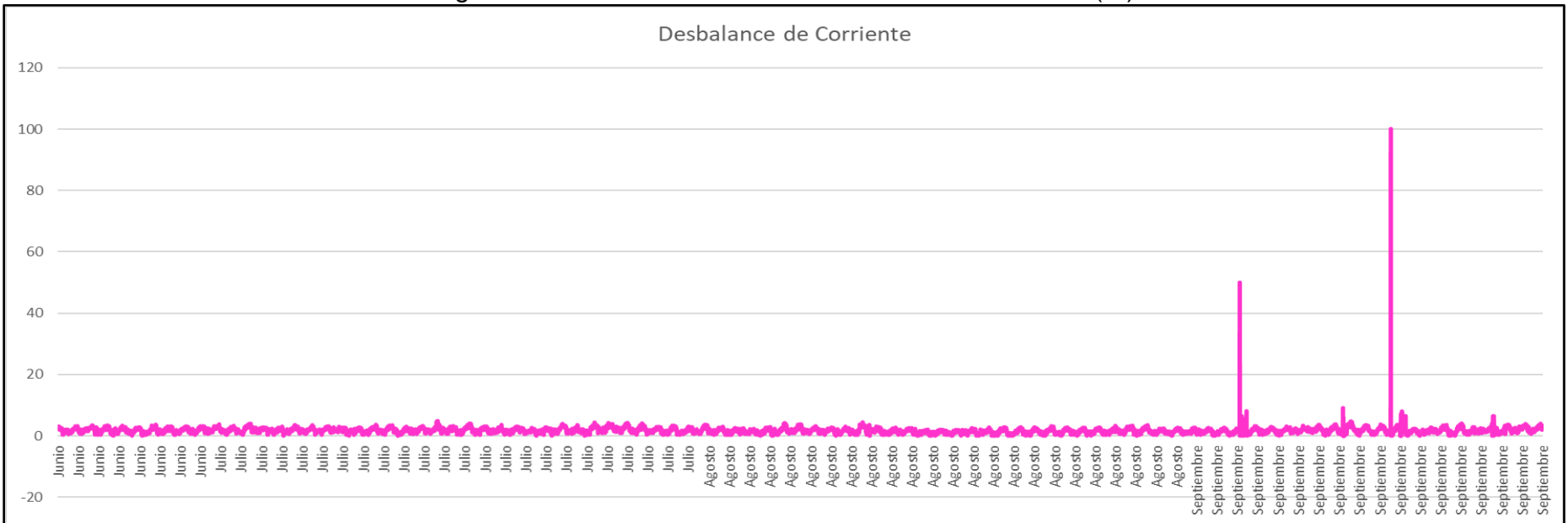


Figura 49. Desbalance de Corriente del nodo MOR5225 (%)

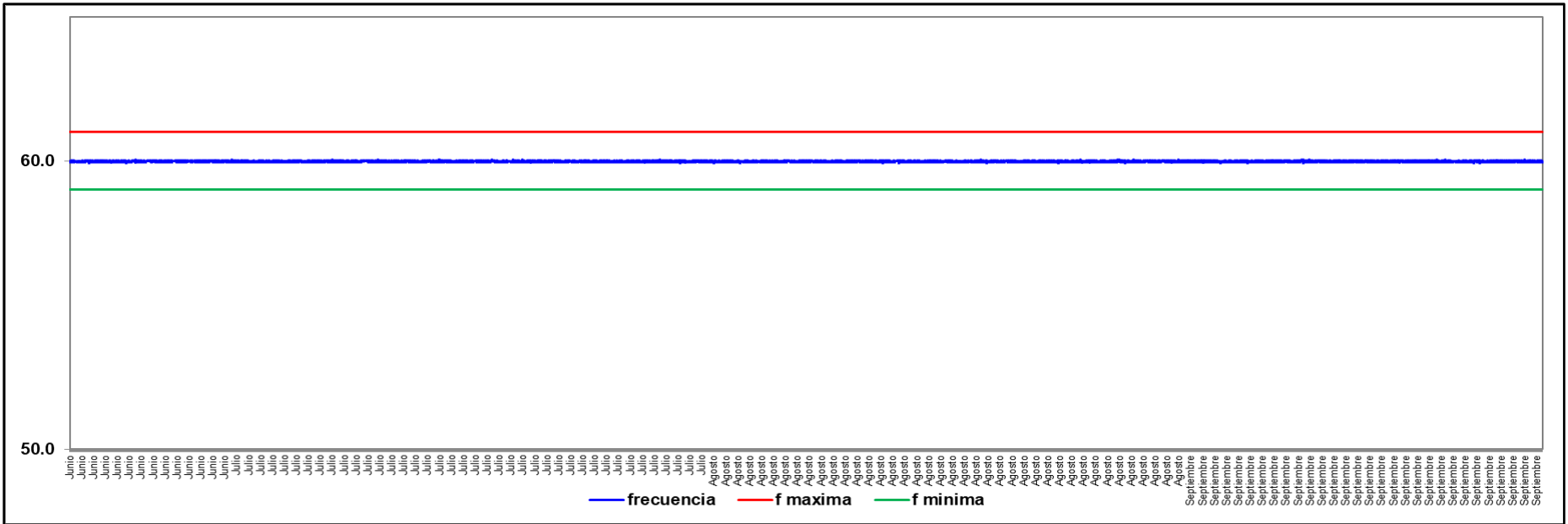


Figura 50. Frecuencia del nodo MOR5225 (Hz)

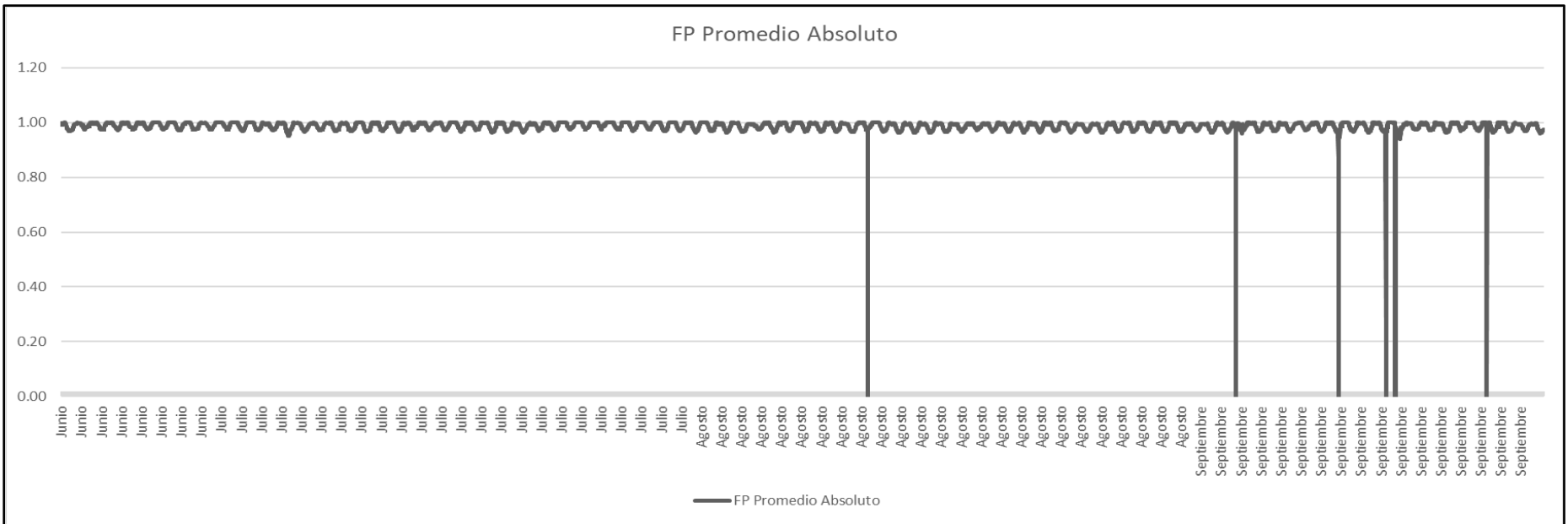


Figura 51. Factor de potencia del nodo MOR5225

## TABLAS DE MEDICIONES DE LA SUBESTACIÓN MORELOS

NIVELES DE TENSIÓN (V)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>22,954.30</b>	<b>23,269.90</b>	<b>22,962.60</b>	<b>23,284.40</b>	<b>22,975.10</b>	<b>23,298.90</b>	<b>22,950.20</b>	<b>23,307.30</b>
MOR5115	22,956.40	23,282.30	22,968.90	23,301.00	22,973.00	23,298.40	22,956.40	23,315.60
MOR5125	22,958.50	23,292.70	22,973.00	23,294.80	22,977.20	23,305.20	22,958.50	23,313.50
MOR5135	22,956.40	23,284.40	22,968.90	23,303.10	22,973.00	23,298.90	22,956.40	23,311.40
MOR5155	22,962.60	23,269.90	22,966.80	23,290.60	22,975.10	23,298.90	22,956.40	23,309.30
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>22,975.10</b>	<b>23,319.70</b>	<b>22,954.30</b>	<b>23,355.00</b>	<b>22,954.30</b>	<b>23,325.90</b>	<b>22,950.20</b>	<b>23,309.30</b>
MOR5215	22,966.80	23,315.60	22,956.40	23,342.50	22,954.30	23,321.80	22,950.20	23,311.40
MOR5235	22,973.00	23,319.70	22,954.30	23,338.40	22,952.30	23,319.70	22,948.10	23,309.30
MOR5245	22,973.00	23,317.60	22,962.60	23,350.80	22,956.40	23,321.80	22,952.30	23,311.40
MOR5255	22,975.10	23,323.90	22,956.40	23,344.60	22,952.30	23,323.90	22,952.30	23,315.60

Tabla 20. Niveles de tension de la subestación Morelos (V)

NIVELES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN (THD V %)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>1.29</b>	<b>1.72</b>	<b>1.27</b>	<b>1.78</b>	<b>1.25</b>	<b>1.68</b>	<b>1.22</b>	<b>1.71</b>
MOR5115	1.29	1.72	1.26	1.79	1.25	1.67	1.22	1.7
MOR5125	1.29	1.73	1.27	1.78	1.25	1.67	1.22	1.7
MOR5135	1.28	1.72	1.26	1.78	1.25	1.67	1.22	1.69
MOR5155	1.29	1.73	1.27	1.79	1.25	1.66	1.22	1.72
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>1</b>	<b>1.35</b>	<b>0.94</b>	<b>1.31</b>	<b>0.94</b>	<b>1.51</b>	<b>0.92</b>	<b>1.61</b>
MOR5215	1	1.35	0.93	1.3	0.94	1.47	0.92	1.6
MOR5235	1	1.35	0.94	1.3	0.94	1.46	0.92	1.6
MOR5245	1	1.34	0.93	1.29	0.94	1.52	0.92	1.6
MOR5255	1	1.35	0.93	1.3	0.94	1.45	0.92	1.59

Tabla 21. Niveles de distorsión armónica total de tensión de la subestación Morelos (%)

NIVELES DE DISTORSION ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE (THD I %)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max	Promedio	Max
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>3.8</b>	<b>6.24</b>	<b>3.99</b>	<b>7.55</b>	<b>4.09</b>	<b>6.83</b>	<b>4.32</b>	<b>8.46</b>
MOR5115	3.65	5.43	3.8	5.58	3.84	5.83	3.17	7.05
MOR5125	3.02	5.16	3.15	5.58	3.17	6.04	3.2	5.61
MOR5135	4.33	6.23	4.45	6.79	4.43	6.72	4.58	7.39
MOR5155	3.19	4.42	3.41	5.19	3.47	4.87	3.51	5.35
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>5.47</b>	<b>7.13</b>	<b>5.83</b>	<b>7.9</b>	<b>5.84</b>	<b>8.28</b>	<b>5.84</b>	<b>8.53</b>
MOR5215	3.62	6.11	3.53	5.41	3.45	6.35	3	5.09
MOR5235	6.16	7.86	6.38	8.64	6.47	9.11	6.58	10.25
MOR5245	5.16	7	5.33	7.12	5.27	8.1	5.37	9.68
MOR5255	4.1	5.45	4.37	12.18	4.53	25.53	4.26	8.05

Tabla 22. Niveles de distorsión armónica total de corriente de la subestación Morelos (%)

DESBALANCE DE TENSIÓN (%)				
Equipo	Desde 21 de Junio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>0.47</b>	<b>0.5</b>	<b>0.51</b>	<b>0.49</b>
MOR5115	0.47	0.5	0.52	0.49
MOR5125	0.47	0.51	0.52	0.5
MOR5135	0.47	0.5	0.51	0.49
MOR5155	0.47	0.5	0.51	0.49
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>0.45</b>	<b>0.48</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>
MOR5215	0.45	0.48	0.5	0.49
MOR5235	0.45	0.48	0.5	0.49
MOR5245	0.45	0.48	0.49	0.49
MOR5255	0.45	0.48	0.5	0.42

Tabla 23 . Desbalance de tension de la subestación Morelos (%)

DESBALANCE DE CORRIENTE (%)				
Equipo	Desde 21 de Julio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>11.87</b>	<b>11.51</b>	<b>11.64</b>	<b>12.01</b>
MOR5115	3.37	3.51	3.37	3.5
MOR5125	0.99	0.92	0.96	0.7
MOR5135	2.64	2.5	2.24	2.58
MOR5155	1.77	2.04	1.93	1.8
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>1.78</b>	<b>1.85</b>	<b>1.44</b>	<b>1.84</b>
MOR5215	2.97	2.49	2.08	2.25
MOR5235	1.35	1.26	1.32	1.2
MOR5245	1.97	1.66	1.88	2.25
MOR5255	4.83	4.92	5.64	6.21

Tabla 24 . Desbalance de corriente de la subestación Morelos (%)

FRECUENCIA (Hz)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>59.9</b>	<b>60.04</b>	<b>59.93</b>	<b>60.05</b>	<b>59.94</b>	<b>60.05</b>	<b>59.93</b>	<b>60.06</b>
MOR5115	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.04	59.93	60.06
MOR5125	59.9	60.04	59.94	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
MOR5135	59.91	60.03	59.94	60.05	59.94	60.05	59.94	60.06
MOR5155	59.91	60.04	59.94	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>59.93</b>	<b>60.04</b>	<b>59.95</b>	<b>60.05</b>	<b>59.94</b>	<b>60.05</b>	<b>59.93</b>	<b>60.06</b>
MOR5215	59.91	60.03	59.94	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
MOR5235	59.9	60.04	59.94	60.05	59.94	60.04	59.93	60.06
MOR5245	59.94	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
MOR5255	59.9	60.04	59.93	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06

Tabla 25 .Frecuencia de la subestación Morelos (Hz)

FACTOR DE POTENCIA				
Equipo	Desde 21 de Junio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>MOR5145(Bus de MT)</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>
MOR5115	0.99	0.99	0.98	0.97
MOR5125	0.98	0.98	0.98	0.99
MOR5135	0.98	0.98	0.98	0.98
MOR5155	0.96	0.96	0.96	0.97
<b>MOR5225(Bus de MT)</b>	<b>0.98</b>	<b>0.98</b>	<b>0.96</b>	<b>0.98</b>
MOR5215	0.97	0.99	0.99	0.96
MOR5235	0.97	0.97	0.97	0.94
MOR5245	0.97	0.97	0.97	0.97
MOR5255	0.99	0.99	0.99	0.99

Tabla 26 .Factor de potencia de la subestación Morelos

### **5.3 SUBESTACIÓN TABACHINES**

La subestación Tabachines se encuentra en la calle Av. Adolfo Ruiz Cortines #318 Col. Acapantzingo, en Cuernavaca, Morelos.

Es una subestación de distribución tipo encapsulada, es decir utiliza el gas dieléctrico Hexafluoruro de Azufre (SF6) como medio aislante en sus componentes, este tipo de subestaciones son ideales para zonas urbanas y lugares donde se tiene poco espacio.

Recibe 2 líneas de 85 kV en su bus de Alta Tensión, y su nivel de tensión para distribución es de 23 kV.

Cuenta con 1 banco de transformación, con un nivel de tensión de 115-85/23 kV con capacidad de 18-24-30 MVA, que alimenta 5 circuitos de distribución y además tiene la opción de agregar uno a futuro.

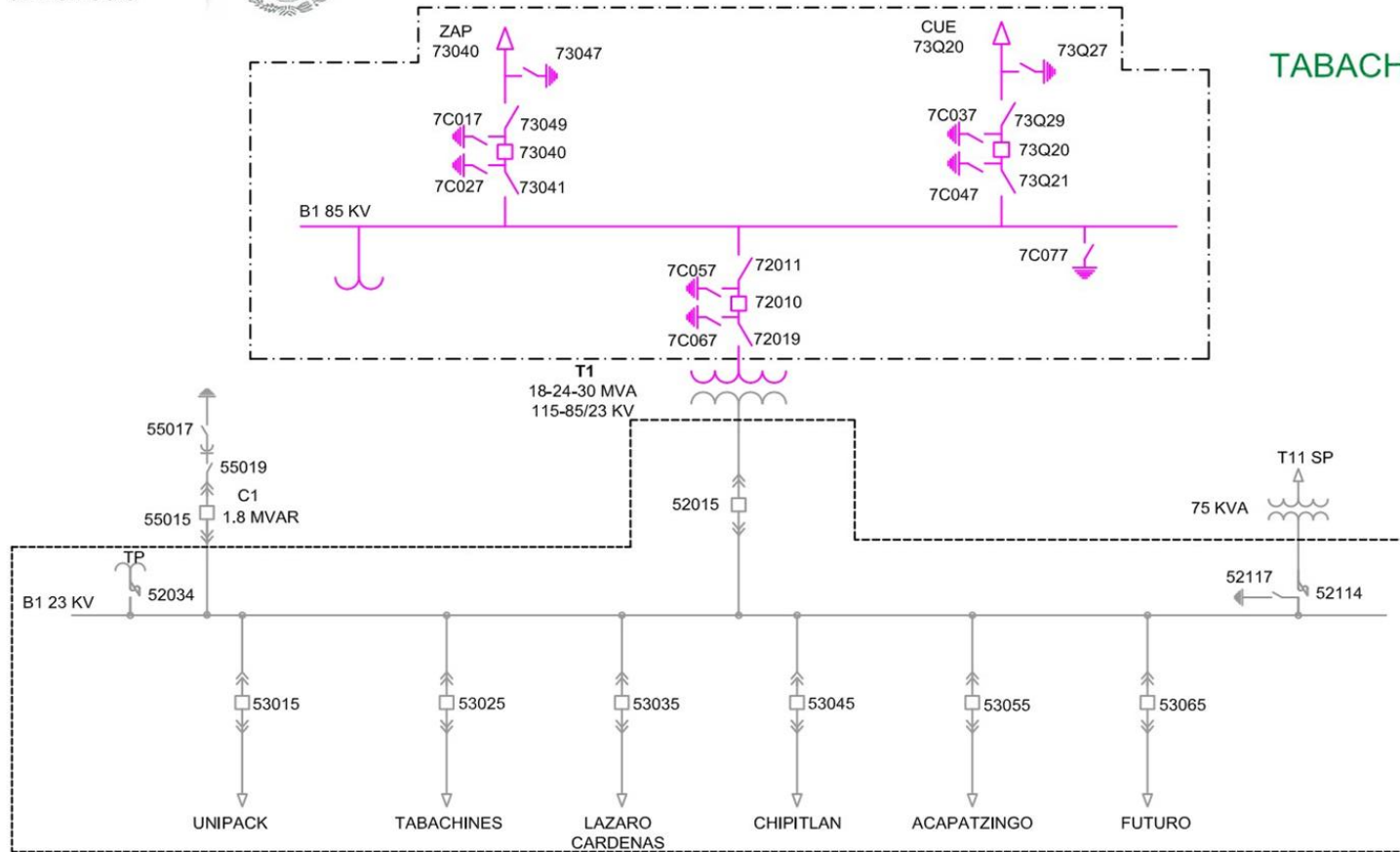
El banco de transformación alimenta los circuitos TBH53015, TBH53025, TBH53035, TBH53045 y TBH53055.

La subestación tiene un arreglo de barra sencilla tanto como para la parte de distribución y la parte de Alta tensión.

A continuación, se muestra el diagrama unifilar, las gráficas y las tablas realizadas de dicha subestación:



**TABACHINES**



--- ENCAPSULADO  
--- METAL CLAD  
ZMOR15

TODOS LOS NUMEROS LLEVAN ANTEPUESTO "TBH"

APROBO: ING. SERGIO A CASILLAS CAMACHO	
DIBUJO: SALVADOR NAVARRETE HERNANDEZ	REVISO: ING. EDUARDO O. VIVEROS CAPOTE
FECHA: 3 DE NOVIEMBRE 2015	No. DE PLANO: TBH

Figura 52. Diagrama unifilar de la subestación Tabachines

# **MEDICIONES DEL CENTRO DE CARGA TBH52015**

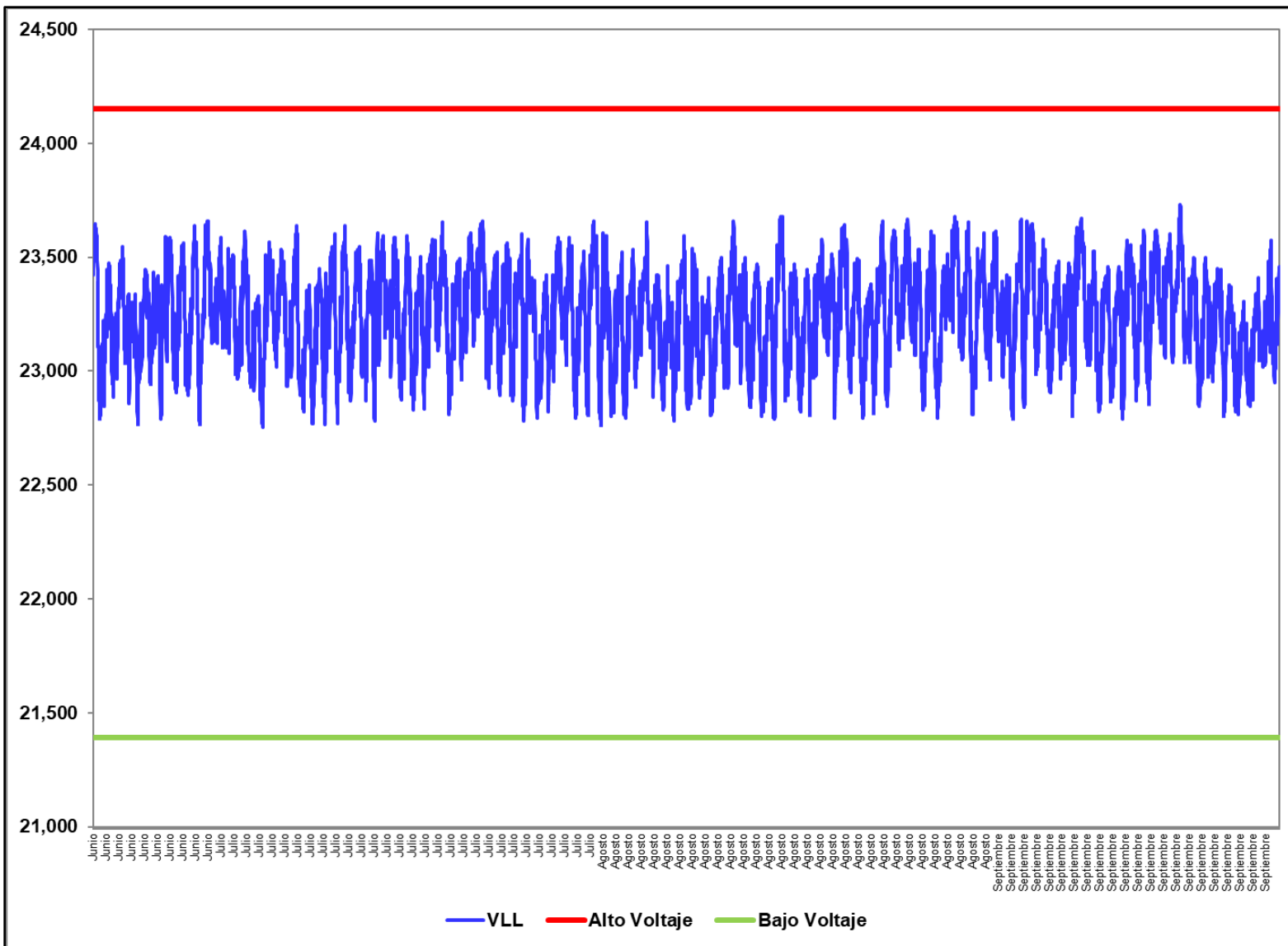


Figura 53. Nivel de tensión VLL del nodo TBH52015

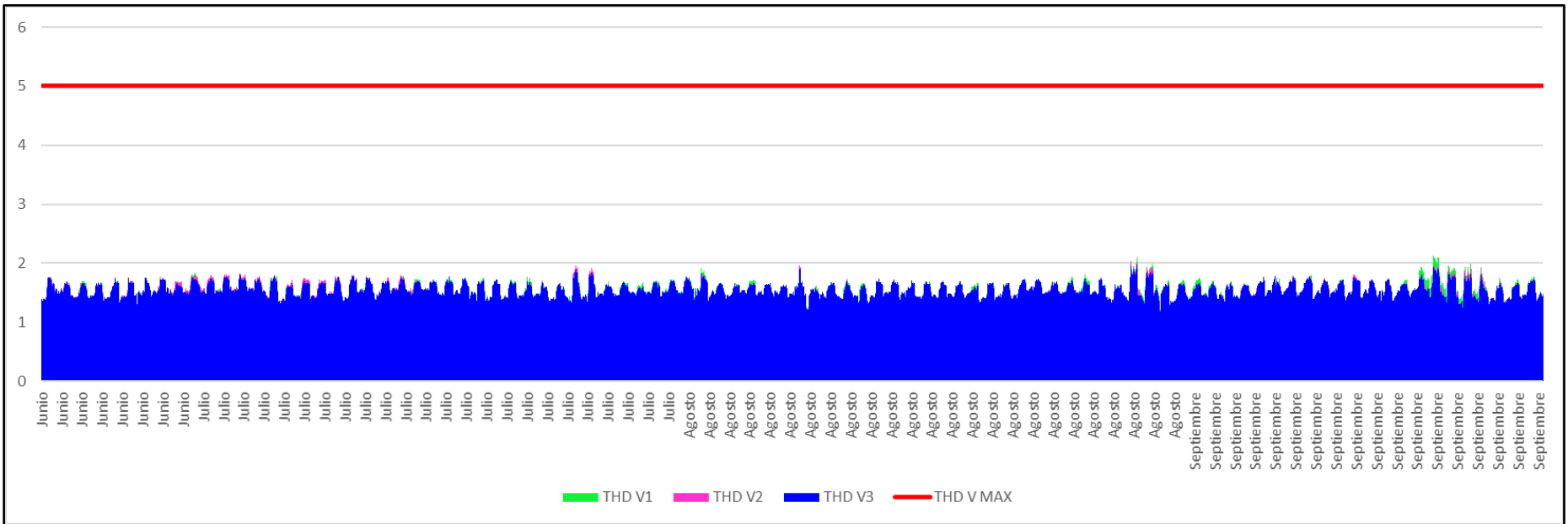


Figura 54. Distorsión Armónica Total de Tensión por Fase del nodo TBH52015(%)

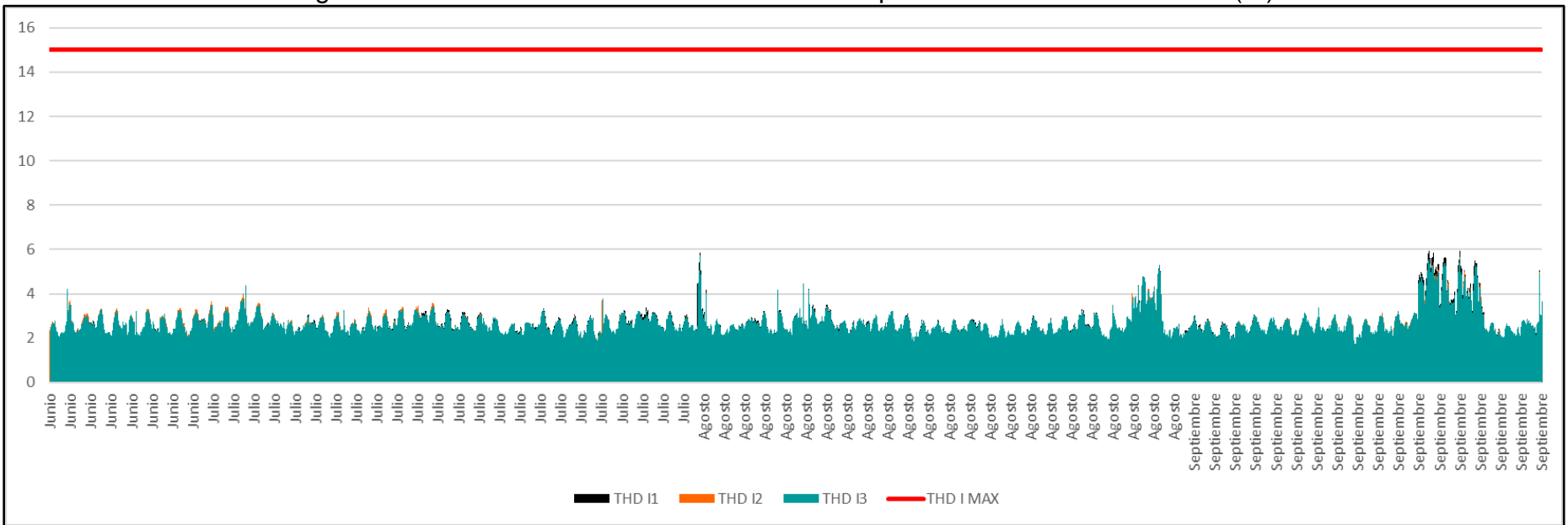


Figura 55. Distorsión Armónica Total de Corriente por Fase del nodo TBH52015(%)

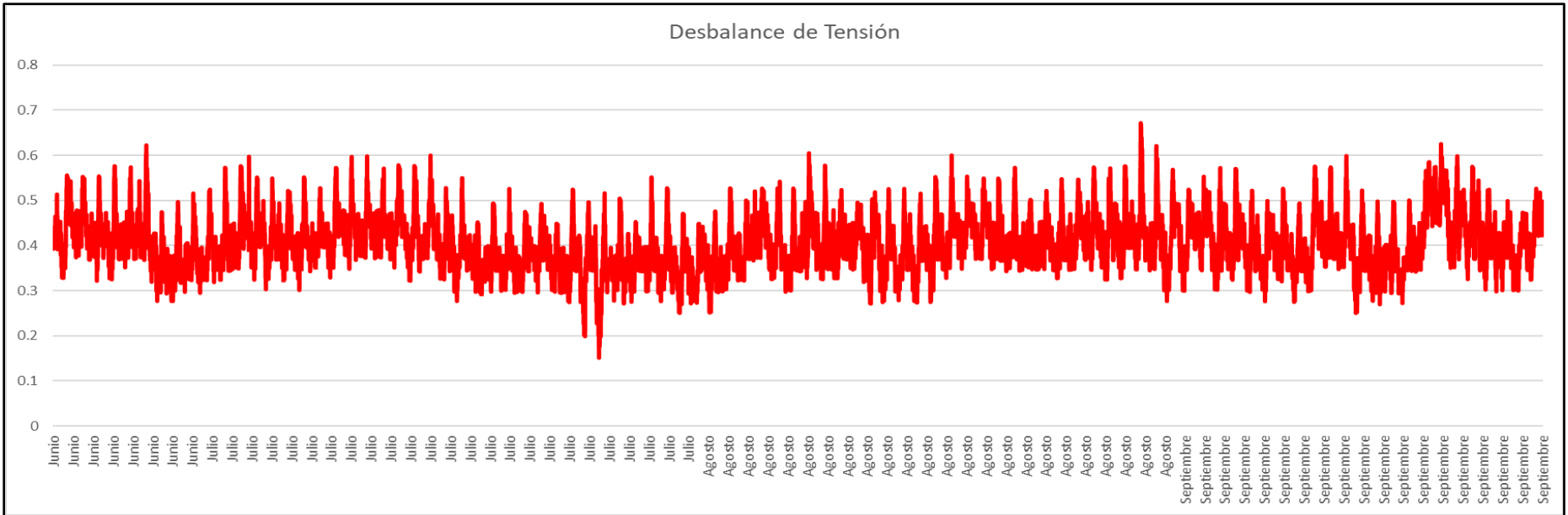


Figura 56. Desbalance de Tensión del nodo TBH52015 (%)

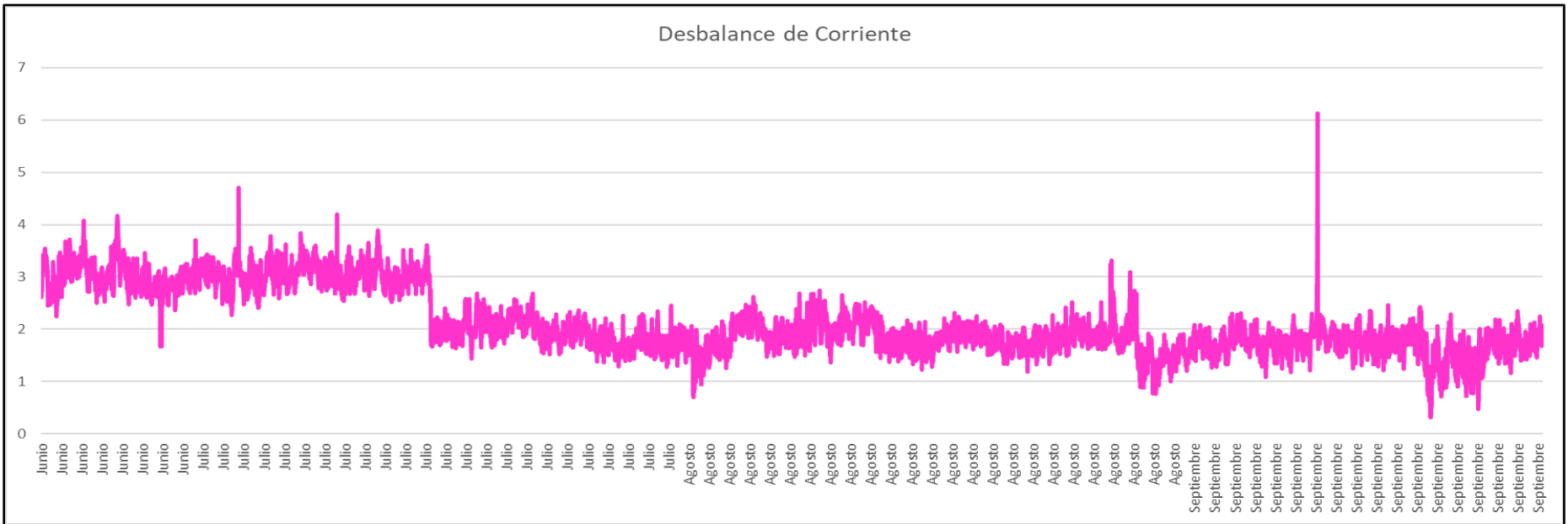


Figura 57. Desbalance de Corriente del nodo TBH52015 (%)

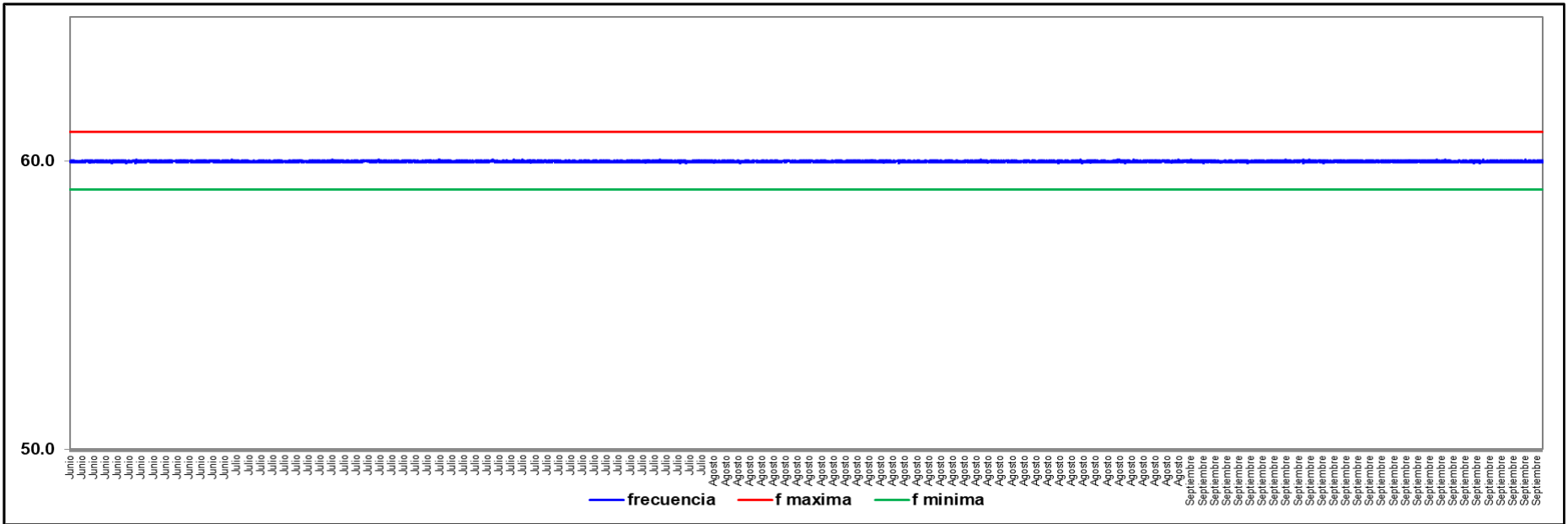


Figura 58. Frecuencia del nodo TBH52015 (Hz)

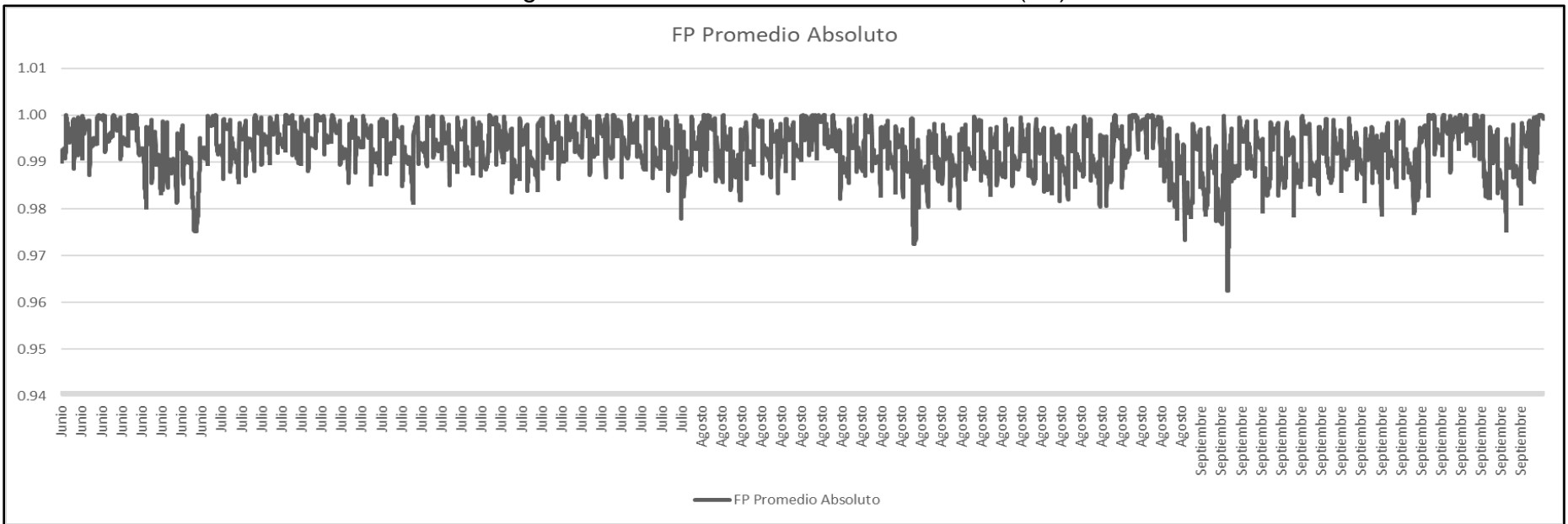


Figura 59. Factor de potencia del nodo TBH52015

## TABLAS DE MEDICIONES DE LA SUBESTACIÓN TABACHINES

NIVELES DE TENSIÓN (V)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>22,770.70</b>	<b>23,659.80</b>	<b>22,753.40</b>	<b>23,659.80</b>	<b>22,782.20</b>	<b>23,677.10</b>	<b>22,788.00</b>	<b>23,729.10</b>
TBH53015	22,718.70	23,609.70	22,695.60	23,607.90	22,724.50	23,619.40	22,736.10	23,671.40
TBH53025	22,718.70	23,602.10	23,695.60	23,607.90	22,724.50	23,619.40	22,736.10	23,665.60
TBH53035	22,718.70	23,596.30	22,689.90	23,602.10	22,724.50	23,619.40	22,730.30	23,665.30
TBH53045	22,718.70	23,602.10	22,685.60	23,602.10	22,724.50	23,619.40	22,736.10	23,665.60
TBH53055	22,718.70	23,609.70	22,701.40	23,607.90	22,730.30	23,625.20	22,736.10	23,677.10

Tabla 27. Niveles de tension de la subestación Tabachines (V)

<b>NIVELES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN (THD V %)</b>								
<b>Equipo</b>	<b>Desde 21 de Junio</b>		<b>Julio</b>		<b>Agosto</b>		<b>Hasta 23 de Septiembre</b>	
	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>1.52</b>	<b>1.84</b>	<b>1.52</b>	<b>1.96</b>	<b>1.49</b>	<b>2.09</b>	<b>1.52</b>	<b>2.12</b>
TBH53015	1.53	1.84	1.53	1.96	1.5	2.09	1.53	2.14
TBH53025	1.52	1.84	1.53	1.97	1.5	2.09	1.53	2.13
TBH53035	1.55	1.85	1.55	1.98	1.52	2.1	1.55	2.15
TBH53045	1.52	1.84	1.53	1.96	1.5	2.09	1.53	2.14
TBH53055	1.53	1.85	1.54	1.97	1.51	2.09	1.54	2.14

Tabla 28. Niveles de distorsión armónica total de tensión de la subestación Tabachines (%)

<b>NIVELES DE DISTORSION ARMONICA TOTAL DE CORRIENTE (THD I %)</b>								
<b>Equipo</b>	<b>Desde 21 de Junio</b>		<b>Julio</b>		<b>Agosto</b>		<b>Hasta 23 de Septiembre</b>	
	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>	<b>Promedio</b>	<b>Max</b>
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>2.51</b>	<b>4.23</b>	<b>2.55</b>	<b>4.51</b>	<b>2.51</b>	<b>5.85</b>	<b>2.76</b>	<b>5.95</b>
TBH53015	5.22	7.89	5.2	7.68	5	10.96	4.92	11.81
TBH53025	5.68	9.06	6	9.44	5.73	10.51	5.48	11.81
TBH53035	4.55	6.89	4.63	6.94	4.5	7.68	4.6	7.61
TBH53045	4.13	7.89	4.28	9.24	4.11	8.99	4.07	8.16
TBH53055	6.67	11.12	6.87	12.62	6.63	12.32	6.72	11.86

Tabla 29. Niveles de distorsión armónica total de corriente de la subestación Tabachines (%)



<b>DESBALANCE DE TENSIÓN (%)</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Desde 21 de Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Hasta 23 de Septiembre</b>
	<b>Promedio</b>	<b>Promedio</b>	<b>Promedio</b>	<b>Promedio</b>
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>0.4</b>	<b>0.39</b>	<b>0.4</b>	<b>0.41</b>
TBH53015	0.43	0.42	0.44	0.44
TBH53025	0.44	0.42	0.44	0.44
TBH53035	0.43	0.41	0.43	0.42
TBH53045	0.44	0.42	0.44	0.44
TBH53055	0.46	0.44	0.46	0.46

Tabla 30. Desbalance de tensión de la subestación Tabachines (%)

<b>DESBALANCE DE CORRIENTE (%)</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Desde 21 de Julio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Hasta 23 de Septiembre</b>
	<b>Promedio</b>	<b>Promedio</b>	<b>Promedio</b>	<b>Promedio</b>
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>2.99</b>	<b>2.44</b>	<b>1.83</b>	<b>1.7</b>
TBH53015	6.07	4.68	3.64	3.31
TBH53025	9.18	9.65	9.7	10.48
TBH53035	1.64	1.57	1.68	1.6
TBH53045	6.25	6.51	6.58	6.7
TBH53055	4.97	5.12	4.61	4.87

Tabla 31. Desbalance de corriente de la subestación Tabachines (%)

FRECUENCIA (Hz)								
Equipo	Desde 21 de Junio		Julio		Agosto		Hasta 23 de Septiembre	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>59.93</b>	<b>60.04</b>	<b>59.95</b>	<b>60.05</b>	<b>59.94</b>	<b>60.05</b>	<b>59.93</b>	<b>60.06</b>
TBH53015	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
TBH53025	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
TBH53035	59.93	60.04	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
TBH53045	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06
TBH53055	59.93	60.03	59.95	60.05	59.94	60.05	59.93	60.06

Tabla 32. Frecuencia de la subestación Tabachines (Hz)

FACTOR DE POTENCIA				
Equipo	Desde 21 de Junio	Julio	Agosto	Hasta 23 de Septiembre
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
<b>TBH52015(Bus de MT)</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>
TBH53015	0.98	0.98	0.98	0.98
TBH53025	0.97	0.97	0.97	0.97
TBH53035	0.96	0.96	0.96	0.96
TBH53045	0.98	0.98	0.98	0.98
TBH53055	0.99	0.99	0.99	0.99

Tabla 33. Factor de potencia de la subestación Tabachines

## **CAPITULO 6 ANALISIS Y CONCLUSIONES**

Para lograr un análisis de la información de forma detallada de las mediciones que se llevaron a cabo en las subestaciones de Cuernavaca, Morelos y Tabachines, se realizará un desglose de los datos obtenidos y se evaluará la calidad de la energía de acuerdo con el código de red en los parámetros que apliquen en cada caso.

### **6.1 SUBESTACION CUERNAVACA**

En la figura 23, se observa que durante los meses de Junio y Julio se presentaron niveles de tensión por encima del nivel máximo permitido por el código de red, por lo cual CFE distribución analizó las posibles causas que originan esos niveles de tensión por lo que, se decidió realizar una libranza del banco 1 CUE52010 para realizar pruebas al cambiador de tap y cambio de posición del mismo para mejorar los niveles de tensión.

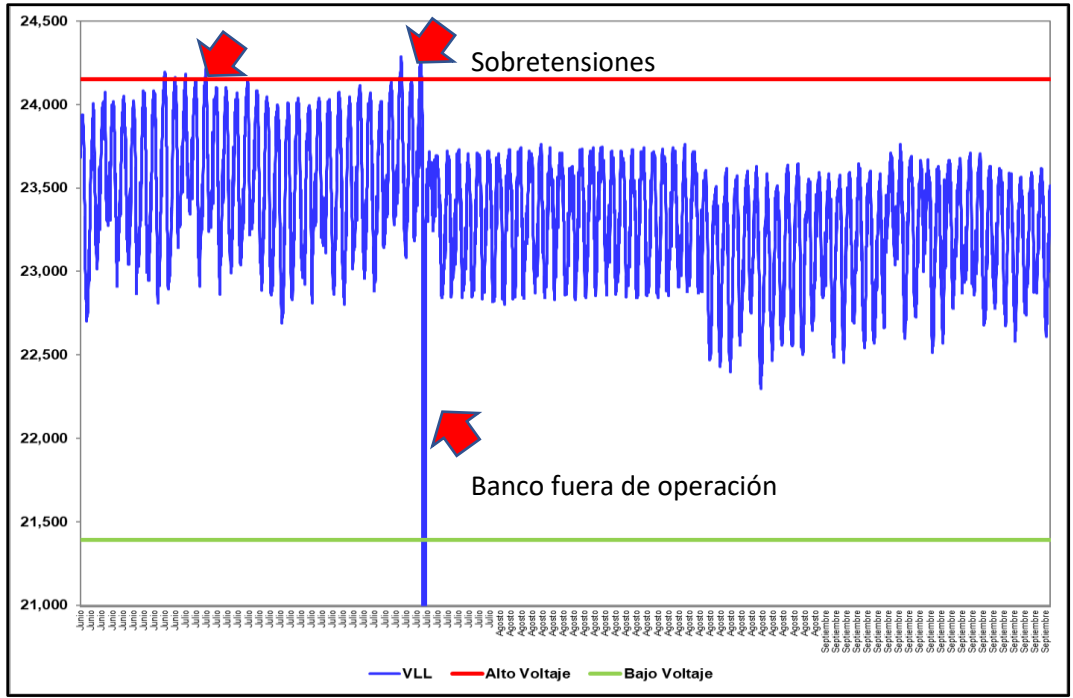
Durante la libranza podemos observar en los gráficos que se vieron afectados los siguientes parámetros:

- Distorsión armónica de tensión y corriente
- Desbalance de tensión y corriente
- Frecuencia
- Factor de potencia

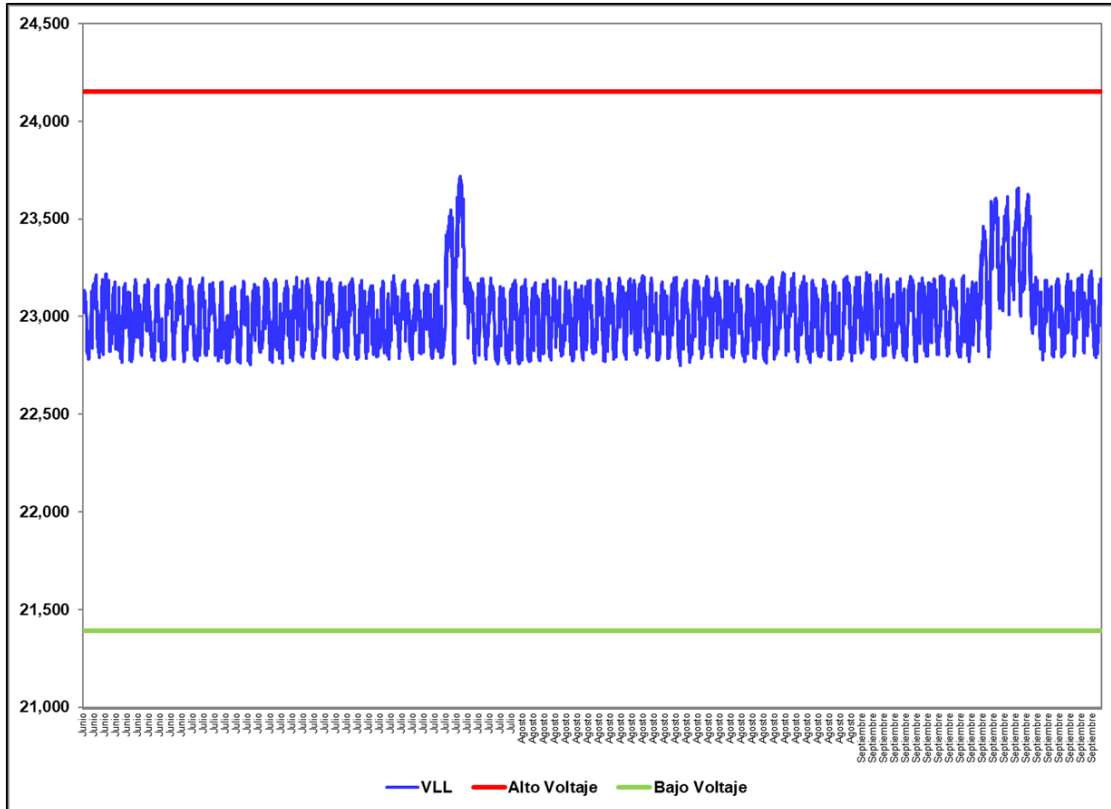
Teniendo valores fuera de los permitidos por el código de red, debido a la nula carga del banco 1 CUE52010.

Sin embargo, no se evalúan los valores que fueron afectados porque no es una falla en la red, si no un mantenimiento programado, el cual habrá valores nulos debido a que se realizan pruebas durante el cambio.

Después del término del mantenimiento programado y la reconexión del banco 1 CUE52010 podemos observar en las figuras 24, 25, 26, 27, 28 y 29 que el nivel de tensión esta dentro de los parámetros establecidos por el código de red .



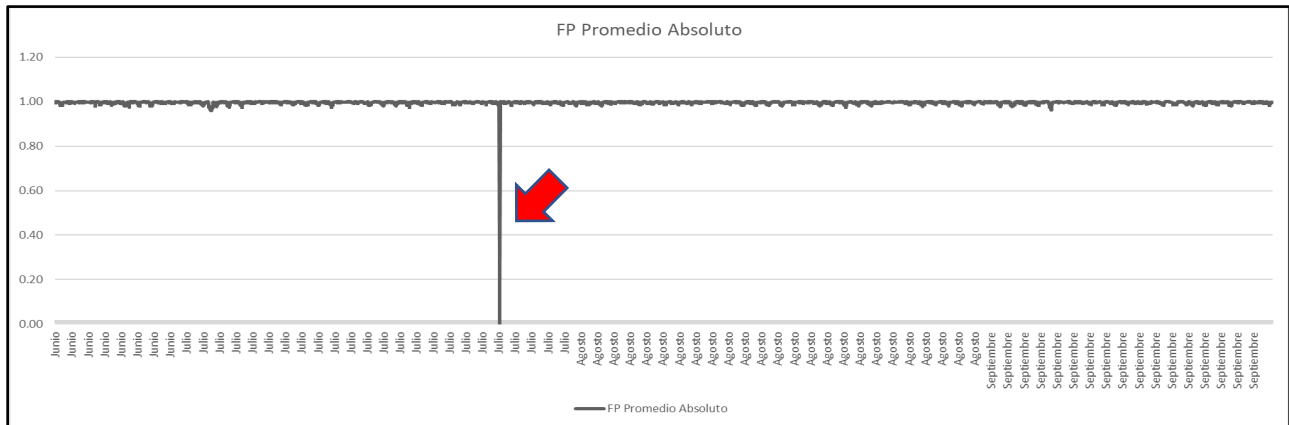
En el nodo CUE52020 como se puede mostrar en la figura 30 tuvo algunas variaciones del tensión ocasionadas por disturbios en la red que fueron oportunamente corregidos, sin embargo, en ningún momento los parámetros estuvieron fuera los límites permitidos por el código de red.



Los 2 nodos donde se mide la calidad de la energía de la subestación Cuernavaca, tuvieron algunos disturbios durante el periodo evaluado, sin embargo, se realizó un oportuno mantenimiento y se corrigieron rápidamente, por lo cual, podríamos concluir que la subestación Cuernavaca cumple con los requerimientos y límites solicitados por el código de red aplicable a el suministrador.

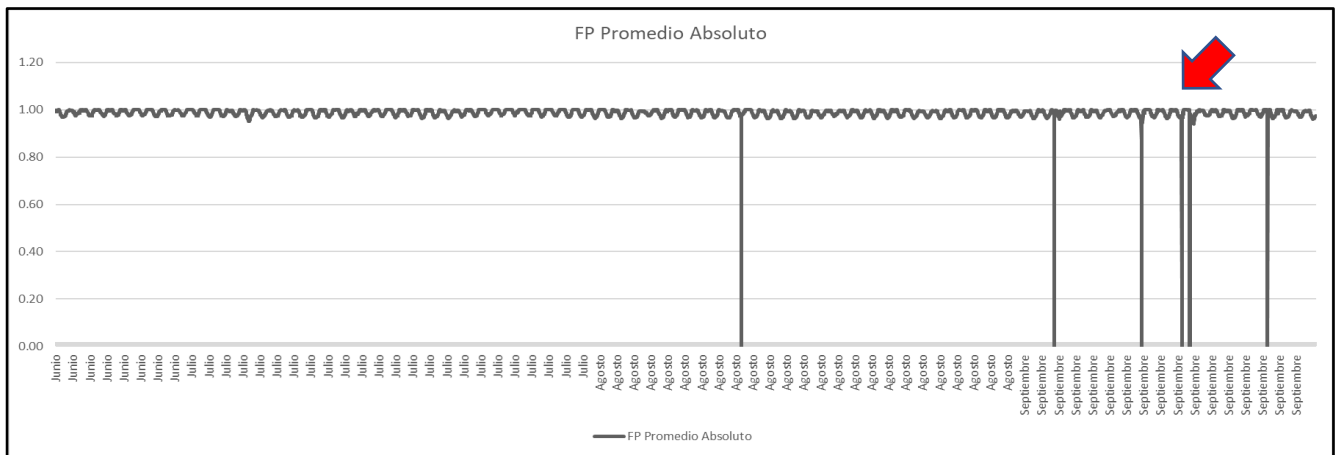
## 6.2 SUBESTACIÓN MORELOS

El centro de carga MOR5145 tuvo una caída de factor de potencia importante durante el mes de Julio, sin embargo, se debe a que salió de operación por un muy breve periodo de tiempo debido a una falla, pero afortunadamente el promedio mensual fue de 0.99 que está por arriba del mínimo permitido de 0.95.



De igual manera este nodo tuvo un desbalance de corriente aproximadamente entre 11 y 12% más alto de lo inusual durante todo el periodo de la evaluación, pero de acuerdo con el instructivo de gestión de calidad de la energía de CFE, mientras el promedio mensual sea igual o menor al 15% se considera con cumplimiento.

El nodo MOR5225 presento un problema similar de factor de potencia tuvo varias caídas durante los meses de Agosto y Septiembre, sin embargo mantuvo un promedio durante esos meses de entre 96% y 98%, por lo cual de igual manera se encuentra en cumplimiento.



Las mediciones realizadas en los 2 centros de carga o buses de la subestación Morelos, siempre presentaron valores muy estables y dentro de los lineamientos establecidos por el código de red y las propias normas de CFE, por lo cual podemos concluir que cumple con los índices de calidad de la energía.

### **6.3 SUBESTACION TABACHINES.**

El nodo TBH52015 registro siempre mediciones dentro de los lineamientos de cumplimiento de calidad de la energía, en ningún momento tuvo problemas, dado que la subestación Tabachines es relativamente nueva y aun cuenta con un carga del 25% de la capacidad del transformador, dado que cuenta con alimentadores sin utilizar, por lo cual podríamos concluir que las mediciones de la subestación están dentro de los lineamientos y que se tendría que evaluar nuevamente una vez que su carga aumente para observar el comportamiento futuro de la calidad de la energía.

### **6.4 CONCLUSIÓN**

En esta evaluación de la calidad de la energía en los centros de carga de media tensión, podemos concluir a través de los gráficos obtenidos y las mediciones realizadas en las subestaciones antes mencionadas, que el comportamiento de las subestaciones de acuerdo al código de red se encuentran dentro de los lineamientos establecidos y en los casos donde se presentaron parámetros fuera de tolerancia, se resolvieron de manera oportuna y que no afectaron los indicadores que establece el código de red para los suministradores de energía eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sánchez Cortés, M. A. (2009). Calidad de la Energía Eléctrica. Instituto Tecnológico de Puebla, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- [2] Muñoz Gómez, R. (2015). Análisis del Suministro Eléctrico, mejoras de los índices y niveles de calidad en la distribución de la energía eléctrica (Doctorado). Universidad Miguel Hernández.
- [3] Comisión Federal de Electricidad, & Robledo, G. M. (2008, octubre). Calidad de la Energía Eléctrica: Camino a la Normalización. Simposio de Metrología.
- [4] Comisión Reguladora de Energía, & Beltrán, H. (2016, octubre). Integrando Energías Renovables en Sistemas de Potencia en Centroamérica. <https://www.cre.gob.mx>
- [5] Alves, R. L., & Suberviola, L. E. (2012, abril). Cálculo del Impacto de los Sags y Swells de Tensión sobre los Equipos Eléctricos Industriales. CONINPET C.A.
- [6] Comisión Reguladora de Energía. (2016, abril). Código de Red. Diario Oficial de la Federación.
- [7] Comisión Reguladora de Energía. (2016, febrero). Índice para la evaluación de la Calidad del Servicio de Distribución. Diario Oficial de la Federación.
- [8] Comisión Reguladora de Energía. (2016). Requerimientos Técnicos para la Conexión de Centros de Carga. CRE.
- [9] Comisión Federal de Electricidad. (2018, julio). Instructivo de Gestión de Indicadores de Calidad de la Potencia de la Energía Eléctrica. Dirección General de Coordinación CFE Distribución.
- [10] Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica (Especificación CFE L0000-45). (2005, enero). Comisión Federal de Electricidad.
- [11] Calidad de la Energía: Características y Límites de las Perturbaciones de los Parámetros de la Energía Eléctrica (Especificación CFE L0000-70). (2009, agosto). Comisión Federal de Electricidad.



[12] Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución (UNE-EN 50160). (1994). CENELEC.

[13] IEC 61000-3-2 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase) is an international standard that limits mains voltage distortion by prescribing the maximum value for harmonic currents from the second harmonic up to and including the 40th harmonic current. IEC 61000-3-2 applies to equipment with a rated current up to 16 A – for equipment above 16 A see IEC 61000-3-12.

[14] IEC 61000-2-4 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-4: Environment - Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances

[15] IEC 61000-4-30 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods.

[16] IEEE 1159-2019 - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.

[17] IEEE 519-2014 - IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.

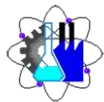
[18] Sistemas Eléctricos- Tensiones Eléctricas Normalizadas (NMX-J-098-ANCE-2014). (2014). NORMA MEXICANA ANCE (ANCE).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

## FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT  
SGC certificado en la norma ISO 9000:2015



Facultad de Ciencias  
Químicas

FORMA T-4

### NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

**DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS**  
**DR. MARIO LIMÓN MENDOZA**  
**DRA. ARIADNA ORTIZ HUERTA**  
**ING. PEDRO FLORES SANCHEZ**  
**ING. LUIS MARDONIO RODRÍGUEZ LÓPEZ**

### P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:

### TESIS

Titulado:  
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA EN CENTROS DE CARGA DE MEDIA TENSIÓN SEGÚN EL CÓDIGO DE RED.

Que presenta (el) o (la) **C. MATANCHE PEREZ ALEXIS**

Del programa educativo de: **INGENIERÍA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA**

ATENTAMENTE  
*Por una humanidad culta*

**DRA. VIRIDIANA A. LEÓN HERNÁNDEZ**  
**ENCARGADA DE DESPACHO DE LA DIRECCIÓN DE LA FCQeI**

FIRMA ELECTRÓNICA

### D I C T A M E N

**DRA. VIRIDIANA A. LEÓN HERNÁNDEZ**  
**ENCARGADA DE DESPACHO DE LA DIRECCION DE LA FCQeI**

### P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE	FIRMA
	<b>DR. LUIS CISNEROS VILLALOBOS</b>	
	<b>DR. MARIO LIMÓN MENDOZA</b>	
	<b>DRA. ARIADNA ORTIZ HUERTA</b>	
	<b>ING. LUIS MARDONIO RODRIGUEZ LOPEZ</b>	
	<b>ING. PEDRO FLORES SANCHEZ</b>	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ** | Fecha:2021-04-12 15:04:22 | Firmante

NO07J/CbEVhAZ2+ECdSXnW+Z9/jnNV07RQpmwBQ8xxo0rbxnYiP/MCMOoX51UgYEUZCjssl6WztB+mXV2mf/3Hg/coL+T1g71viuAM2VKdV6DB+Nol+3B8OoYbCtvAQR+K77cN3Wdo7+KPrFdxjOKS4ZEUwCv9zzl1YySYbvlhFYRAm2FvTF3/uNO7h83x65MOgdRd2tpNo35LZzChtN+6aPP73e3G/aBaRQwSdhp8tk7DsBddBLKx68TITeasXXrHX97baao99sOD8x1CVB6Rx2Wn4ir92y3XJBhuSXHkdQ/tGw/FYlillb0dRs5tkELZIWky/9SpTGS0xR9w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[umqx3U](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/eWTBAcbRb7INWt4kszfCCFdm8Jd9BLF>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**LUIS CISNEROS VILLALOBOS** | Fecha:2021-04-28 10:10:07 | Firmante

JsglQTJ1EKt6LhBLqRbkJY6sFPVVRmt5xPVaKJHHGj0WEsh7B0s7DEeAY4g4zyCO3asbD03tunjXhSK3df7yt6gn9Aizkel/dU/hpvmSCDgngTjOVjfMv/T33muxmDOK2w3PQEywDgCzH+zxvV5lqeHZmu9upMsPDMYRDtlnTxNZqvbUz8evFkC/4uM0cQAnqUY/la/0ZSp/AAGQaCV9WtCDtIcTi6Sgl3HYB+E1LXa6UuSQppqxPWsAu2CT0bDUZEASU+Z0JhD1i2dOPVlJpkRGRZvZQ4XXZoVF1GqQ0uPGCGIXhs5on2u6L3eZcmhx+h1xbogkD1W4BQV3Ee7YOA==

**MARIO LIMON MENDOZA** | Fecha:2021-04-28 12:27:01 | Firmante

KRrd33+zf8WfFWlGcTWp2WLBIN9AuYUSI3+whle7vVzPriAdVd3rQynpj4x4i8pBcyYiAkGFxFs1nURcW25KxunqDjNj0f3zXXHQLbzIOPqDQB1/lmyeimwm7cMbDfiko3i3BKB6lwODYzNcStr029sPEM1zXbhr9Ayp/kqscalKI6FLNHLbqUtH23idu31CwL2xdfpnm08RYeu5k4tHFdM5BhB0heMYVKnWLErZotj/82S49dNjh46EtGjxWYCF/DORnPKtteXmkaTg/SCXTu2ufsjQEYoeVK9Mv1Cj3/AygAa+2d+5KBkuLs++sEMNKa/03XaauBwnoeHk4BRw==

**LUIS MARDONIO RODRIGUEZ LOPEZ** | Fecha:2021-04-28 22:20:29 | Firmante

SXCZzZaEmWcamWhF9RK3Mb2JkCfmWi47/33mAJHHUHwZVRizV1Y8BZm3Xq8/IKBCZ7+mQdAKNe5jQXayfN/Jz1pnlSeo7FU4AztkocLUlyc4FttZsB4eBv0CN7gk9mKhO4thQ+jOxhIHbbOoduooy7UzpwEBjS/CZpclmq2ENCiv5lvdM8ScWaxJnleXYCBz4Vi82PnDCqc1WfbbBTZVYip++oapZnDJ3Jo1salGf8ALwnbGzA6udwsNAqavh12JXysbnHWbbTrZvjFxcGmH+sZsGj+CzGVfpiRglZfZDUwR1SS9ad2i9k6W97/zli19cU53fSoVVdW73Ftq6==

**ARIADNA ORTIZ HUERTA** | Fecha:2021-04-30 21:35:27 | Firmante

O33luOxGg924ZTm/5UQA8qhZrriZ4YB1yPp2idXvKyJt0QmT5FJLiduTv3r0Pwnt+0bT2AbAwW+aP4F7n8CuZ5FPysM/efnOOU9sXzyleDSobHbAGRz8ip575Licghdvey1/emAAjNvL4BFNe22JUHHzkc8XDMayENkfrTp+ATiP2jsWH7xRQtlkPDzQhPQTmqFWIFW979NTUq6LG2wbROUffWVA5LiHgnnqzQDAG+xEboxREjs3pmFdnaRz7dHdXdaYbCZliqDtfydMxygbCzZhwEOWrEY7gPV/pCBJIIBs0J/TQUEfVIRI4zv9OiVE9eMn/vccyjxcGfARg==

**PEDRO FLORES SANCHEZ** | Fecha:2021-05-03 12:32:30 | Firmante

b98cGJpJn9OSkasFvAGU6LURpGzDpb1ruivbCOCEZxWU78i4vo56Hk16e4ne3RIs4OJrIU0SrBPKrB+22yrTnY01uR0pK7skSe8BebaxnRoUizVYr4Yt+OHEYjTgxLFFmB6y1qdbmdytZXjJAF8qEZ6YsWUyuv06UvTck6JSQyYpe1XFma0mCfyJv5iuTRbQUHjGgsJRfti5KWB/5o3ST3O73EWOxK4d9GXWCdzka63cFvBcVdZv7A14SWz1ZF0Cqfk5MowPpjxifLrB7JfCvTjYjoQRS2vJkEgqN7i3QVM+9Di+Ebw6lX6H4fwTpXIOXn6Arop0CiyRWTFZQOQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



gM8mY1

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/lzQyN4fjeCeGSDknXpgqCbtwxfCQ80b>

