

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGIA DE UN
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

MARTIN JONATHAN MORALES VILLANUEVA

PROMOCIÓN

2004 - I

LIMA – PERÚ

2010

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGIA DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

SUMARIO

Este informe se divide en seis (06) capítulos, en el primer capítulo veremos lo referente a las generalidades las cuales tienen que ver con el antecedente, objetivo y alcance del informe. El segundo con los fundamentos teóricos, los cuales tomará como base la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Calidad de Producto. El tercero vamos a describir el problema desde el punto de vista de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Producto. En el cuarto pasaremos a analizar los datos obtenidos en el campo por parte de la cuadrilla de registradores, los cuales se dedican en instalar y retirar equipos de medición que nos permite capturar los datos necesarios (que solicita la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Producto) en el tiempo solicitado, para poder analizar el comportamiento del sistema eléctrico; tomaremos como referencia algunos suministros de media y baja tensión los cuales nos va a permitir observar cómo se aplica la NTCSE. En el quinto tomaremos los resultados obtenidos; como aporte de este informe también analizaremos con respecto a las Normas de Calidad de otros países. En el sexto y último capítulo mostraremos las conclusiones encontradas luego del análisis y pasaremos, en la medida de lo posible, a recomendar acciones de mejora de la Norma Técnica de Calidad de Servicio – Calidad de Producto.

El objetivo del presente informe es evaluar el cumplimiento de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Producto en un sistema de distribución, para lo cual se ha tomado de manera aleatoria datos obtenidos en campo.

INDICE

| | |
|---|----|
| PROLOGO | 01 |
| CAPITULO I | |
| GENERALIDADES | |
| 1.1. Antecedente | 02 |
| 1.2. Objetivo | 02 |
| 1.3. Alcance | 02 |
| CAPITULO II | |
| FUNDAMENTO TEORICO | |
| 2.1. Conceptos previos | 03 |
| 2.2. Tensión | 03 |
| 2.2.1. Indicador de calidad | 03 |
| 2.2.2. Mala calidad de tensión | 04 |
| 2.2.3. Compensaciones | 04 |
| 2.3. Frecuencia | 04 |
| 2.3.1. Indicador de calidad | 05 |
| 2.3.2. Mala calidad de frecuencia | 05 |
| 2.3.3. Compensaciones | 05 |
| 2.4. Perturbaciones | 05 |
| 2.4.1. Flicker | 05 |
| 2.4.2. Tensión armónica | 07 |
| 2.5. Calidad de Servicio Eléctrico de otros países | 08 |
| 2.5.1. Calidad de Servicio Eléctrico a Nivel Distribución (Caso Chile) | 08 |
| 2.5.2. Normas de Calidad del Servicio de Distribución de Electricidad (Caso Venezuela) | 10 |
| CAPITULO III | |
| DESCRIPCION DEL PROBLEMA | |
| 3.1. Tensión | 12 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1. Sobretensión | 12 |
| 3.1.2. Subtensión | 12 |
| 3.1.3. Variaciones súbitas del nivel de tensión | 12 |
| 3.2. Frecuencia | 12 |
| 3.3. Perturbaciones | 12 |
| 3.3.1. Flicker | 13 |
| 3.3.2. Tensión Armónica | 13 |
| CAPITULO IV | |
| MÉTODO Y CÁLCULO JUSTIFICATIVO | |
| 4.1. Método de Medición | 14 |
| 4.2. Cálculos Justificativos | 14 |
| 4.2.1. Tensión | 14 |
| 4.2.2. Frecuencia | 15 |
| 4.2.3. Perturbaciones | 15 |
| CAPITULO V | |
| RESULTADOS | |
| 5.1. Tensión | 16 |
| 5.2. Frecuencia | 16 |
| 5.3. Flicker | 37 |
| 5.4. Tensión Armónica | 37 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 58 |
| BIBLIOGRAFIA | 67 |

PROLOGO

La obtención de los datos en el Sistema de Distribución se realiza mediante la instalación de equipos de registro tomando las mediciones durante un tiempo mínimo de una semana.

Para evaluar la calidad de la energía en un Sistema de Distribución nos vamos a apoyar en la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Producto; tomaremos como referencia adicional las directivas y procedimientos de trabajo de la concesionaria a analizar para explicar la forma como se realiza la obtención de datos en dicha concesión.

Para la toma de datos se instalan estos equipos en los totalizadores de las subestaciones y en los clientes de media tensión.

Vamos a analizar como es el comportamiento de los parámetros solicitados por la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Producto en un lapso de una semana para evaluar si la están cumpliendo.

Los resultado obtenidos, además de ser comparados con la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico - Producto van a ser comparados con las normas internacionales de Chile y Venezuela; lo que nos va a permitir ver como es el comportamiento con respecto a otros países.

Como conclusión podemos dar el comportamiento y las medidas de solución en caso se incumplan los valores y recomendar en caso fuese necesario alguna modificatoria en la Norma para mejorar la fiscalización por parte de OSINERGMIN

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Debido al avance de la electrónica en estos tiempos y la aparición de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico en 1997, se ha ido implementando hasta generar una obligación de todas las empresas eléctricas en proteger a sus clientes mediante el análisis de sus sistemas, la calidad del producto, suministro, servicio comercial y alumbrado público; el cual es fiscalizado por OSINERGMIN. Para este informe nos avocaremos a la calidad del producto, el cual tiene los siguientes elementos a evaluar: la tensión, la frecuencia y las perturbaciones (flicker y tensiones armónicas).

Esta evaluación es necesaria para las distribuidoras ya que evita que sean multadas por prestar un mal servicio.

1.2. Objetivo

Determinar con datos obtenidos en campo del cumplimiento de la NTCSE y poder compararlo con otros países.

Evaluar las variaciones de tensión y perturbaciones en un sistema de distribución tomando como referencia la NTCSE.

1.3. Alcance

Revisión del Código Nacional de Electricidad

Revisión de la Ley de Electricidad

Revisión de la Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico – Producto

Revisión del proceso de obtención de las mediciones

Recopilación de la información obtenida

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO

Para nuestro caso, tenemos la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos el cual tiene su reglamento que rige toda medición solicitada y el cual vamos a tomar como referencia.

2.1. Conceptos previos

Voltaje.- Es la presión que se ejerce para generar el movimiento ordenado de electrones.

Corriente.- Es el movimiento ordenado de electrones en un circuito cerrado

Potencia eléctrica.- Es la velocidad con la cual se consume la energía

Perturbación eléctrica.- Es todo fenómeno que se genera al hacer variar los valores de tensión o de corriente de la red con respecto a sus valores nominales.

Caída de tensión.- Es una disminución del nivel de tensión referencial.

Red de distribución.- Es el circuito que permite distribuir la energía eléctrica a los clientes

Sobretensión.- Es un incremento superior al 10% del valor nominal

Subtensión.- Es una disminución superior al 10% del valor nominal

Periodo de control.- Está determinado por un periodo de un mes

Periodo de medición.- Es la cantidad de días que está instalado el equipo para tomar una muestra de los parámetros.

Intervalo de medición.- Es aquel tiempo en que se mide y se promedia el valor del parámetro a medir

2.2. Tensión

La tensión ha evaluar es la eficaz, como se está tomando la data en un cliente de MT y en el tablero de distribución de una subestación (en caso de baja tensión) se medirá las tres fases. La toma de datos se dará cada 15 minutos en un periodo de 7 días, lo cual nos traerá un total de 672 intervalos. [3]

Se va a evaluar la calidad de la tensión y la mala calidad de la tensión.

Indicador de calidad.- Este indicador nos va a permitir evaluar la variación del nivel de tensión real con respecto al nominal mediante la aplicación del siguiente indicador, el cual va a tener una tolerancia que no debe pasar el $\pm 5\%$ y en caso de ser lugares Urbanos-Rurales del $\pm 7,5\%$. [3]

$$\Delta V_k(\%) = \left(\frac{V_k - V_N}{V_N} \right) 100\% \quad (2.1)$$

2.2.1. Mala calidad de tensión.- estando definida por las veces que se encuentra fuera de la tolerancia establecida por un periodo superior al cinco por ciento del periodo de medición.

2.2.2. Compensaciones.- Con lo que respecta a este tema, todas las mediciones que sean de sistemas trifásicos se tomará para la penalización el máximo valor tomado. [3]

$$\text{Compensaciones por variaciones de tensión} = \sum_p a \cdot A_p \cdot E(p) \quad (2.2)$$

p = Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias en los niveles de tensión.

a = Es la compensación unitaria por violación de tensiones:

Primera Etapa: a = 0,00

Segunda Etapa: a = 0,01 US\$/kWh

Tercera Etapa: a = 0,05 US\$/kWh

E (p) = Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición p.

A_p = Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud del indicador $\Delta V_k(\%)$, medido en el intervalo p, de acuerdo a la tabla 2.1. Se tomará en cuenta la compensación si supera el 3% de mediciones fuera de rango.

Tabla N° 2.1. Factor de proporcionalidad a utilizar para el cálculo de compensaciones

| Indicador $\Delta V_p(\%)$ | Todo Servicio A _p | Red Sec. Rural* A _p |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| $5,0 < \Delta V_p(\%) \leq 7,5$ | 1 | - |
| $7,5 < \Delta V_p(\%) \leq 10,0$ | 6 | 1 |
| $10,0 < \Delta V_p(\%) \leq 12,5$ | 12 | 12 |
| $12,5 < \Delta V_p(\%) \leq 15,0$ | 24 | 24 |
| $15,0 < \Delta V_p(\%) \leq 17,5$ | 48 | 48 |
| $ \Delta V_p(\%) > 17,5$ | 96 | 96 |

2.3. Frecuencia

El periodo de medición es igual al periodo de control (1 mes) y el intervalo de medición es de quince (15) minutos y se tomará 672 periodos de medición. En el caso de

variaciones instantáneas de frecuencia tomaremos intervalos de medición de un (01) minuto.

a. Indicador de calidad.- En el sistema peruano se trabaja con un nivel de frecuencia de 60 Hz.

b. Variaciones sostenidas de frecuencia.- Como en el caso de la calidad de Tensión también tenemos como fórmula lo siguiente:

$$\Delta f_k (\%) = \left(\frac{f_k - f_N}{f_N} \right) 100\% \quad (2.3)$$

Para el caso de la frecuencia la tolerancia es de $\pm 0,6\%$

2.3.1. Mala calidad de frecuencia.- Es considerada cuando las Variaciones Sostenidas de Frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado mayor al 1%. [4]

2.3.2. Compensaciones.- Las compensaciones se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$\sum_q b \cdot B_q \cdot E(q) \quad (2.4)$$

Donde:

q: Es un intervalo de medición de quince (15) minutos de duración en el que se violan las tolerancias en los niveles de frecuencia.

b: Es la compensación unitaria por violación de frecuencias:

Primera Etapa: $b = 0,00$

Segunda Etapa: $b = 0,01$ US\$/kWh

Tercera Etapa: $b = 0,05$ US\$/kWh

B_q : Es un factor de proporcionalidad definido en función de la magnitud del indicador $\Delta f_q (\%)$, medido en el intervalo q, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N° 2.2. Factor de proporcionalidad a utilizar en el cálculo de la compensación de la frecuencia

| $\Delta f_q (\%)$ | B_q |
|------------------------------------|-------|
| $0,6 < \Delta f_q (\%) \leq 1,0$ | 1 |
| $1,0 < \Delta f_q (\%) \leq 1,4$ | 10 |
| $1,4 < \Delta f_q (\%) $ | 100 |

E (q): Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición q.

2.4. Perturbaciones.-

Dentro de las perturbaciones se van a analizar 2, flicker y armónicos. [4]

2.4.1. Flicker

a. El flicker o parpadeo de la luz (del inglés: to flicker = parpadear, titilar) se define como «impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia» (ver CEI 555-1). [9]

b. Según la norma UNE EN 50160:1996, el 'Flicker' es la impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso en el cual la luminosidad o la distribución espectral fluctúan en el tiempo. [9]

Los parámetros del flicker son el Pst, el cual es la medida de la severidad del flicker pero de corta duración y el Plt el cual es una medida de larga duración. La ecuación que nos permite calcular el Pst es el siguiente: [4]

$$Pst = \sqrt{K_{0,1} \cdot P_{0,1} + K_1 \cdot P_1 + K_3 \cdot P_3 + K_{10} \cdot P_{10} + \dots + K_{50} \cdot P_{50}} \quad (2.5)$$

P_n = niveles en la curva FPC que tienen una probabilidad n% de que sean superados,

K_n = coeficientes de ponderación dados por la norma y que permiten que la curva límite de la CEI (figura 7) se corresponda con un $Pst = \text{constante} = 1$ (la curva CEI se determinó experimentalmente mucho antes de la definición del Pst). Así, el Pst representa la curva CEI.

La severidad de corta duración de un flicker, definida por la norma CEI 868-0, queda pues expresada por la ecuación:

$$Pst = \sqrt{0,0314 \cdot P_{0,1} + 0,0525 \cdot P_1 + 0,0657 \cdot P_3 + 0,28 \cdot P_{10} + \dots + 0,08 \cdot P_{50}} \quad (2.6)$$

$P_{0,1}$ = nivel superado solamente durante el 0,1% del período de observación,

P_1 = nivel superado solamente durante el 1% del período de observación.

Para nuestro caso este valor es automáticamente calculado por los equipos registradores.

Compensaciones por Flicker

$$\sum_r c \cdot C_r \cdot E(r) \quad (2.7)$$

Donde:

r = Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias por Flicker.

c = Es la compensación unitaria por Flicker:

Primera Etapa: $c = 0.00$

Segunda Etapa: $c = 0.10$ US\$/kWh

Tercera Etapa: $c = 1.10$ US\$/kWh

C_r = Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud de la Distorsión Penalizable por Flicker $DPF(r)$ calculado para el intervalo de medición " r ".

$DPF(r) = Pst(r) - Pst'$

Si: $\text{DPF}(r) \geq 1$; $\text{Cr} = 1$

Si: $\text{DPF}(r) < 1$; $\text{Cr} = \text{DPF}(r) \cdot \text{DPF}(r)$

$E(r)$ = Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición "r".

2.4.2. Tensión armónica

Viene a ser las diferentes componentes de la onda, la cual debido a las perturbaciones en el sistema deforma a la onda sinusoidal

Tolerancias

Tabla Nº 2.3. Tolerancia para los armónicos impares no múltiplos de 3

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA o THD | TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición) | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|
| | $V_i > 60 \text{ kV}$ | $V_i \leq 60 \text{ kV}$ |
| Armónicas Impares no múltiplos de 3 | | |
| 5 | 2,0 | 6,0 |
| 7 | 2,0 | 5,0 |
| 11 | 1,5 | 3,5 |
| 13 | 1,5 | 3,0 |
| 17 | 1,0 | 2,0 |
| 19 | 1,0 | 1,5 |
| 23 | 0,7 | 1,5 |
| 25 | 0,7 | 1,5 |
| >25 | $0,1+2,5/n$ | $0,2+2,5/n$ |

Tabla Nº 2.4. Tolerancia para armónicos múltiplos de 3

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA o THD | TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición) | |
|----------------------------------|--|--------------------------|
| | $V_i > 60 \text{ kV}$ | $V_i \leq 60 \text{ kV}$ |
| Armónicas Impares múltiplos de 3 | | |
| 3 | 1,5 | 5,0 |
| 9 | 1,0 | 1,5 |
| 15 | 0,3 | 0,3 |
| 21 | 0,2 | 0,2 |
| mayores de 21 | 0,2 | 0,2 |

Tabla Nº 2.5. Valores de THD de acuerdo al nivel de tensión

| | $V_i > 60 \text{ kV}$ | $V_i \leq 60 \text{ kV}$ |
|-----|-----------------------|--------------------------|
| THD | 3% | 5% |

Tabla N° 2.6. Tolerancia para armónicos pares

| ORDEN (n) DE LA ARMONICA o THD | TOLERANCIA V _i ' o THD' (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición) | |
|--------------------------------|--|------------------------|
| | V _i > 60 kV | V _i ≤ 60 kV |
| Armónicas Pares | | |
| 2 | 1,5 | 2,0 |
| 4 | 1,0 | 1,0 |
| 6 | 0,5 | 0,5 |
| 8 | 0,2 | 0,5 |
| 10 | 0,2 | 0,5 |
| 12 | 0,2 | 0,2 |
| Mayores de 12 | 0,2 | 0,5 |

Compensaciones por Armónicas

$$\sum_s d \cdot D_s \cdot E(s) \quad (2.8)$$

Donde:

s = Es un intervalo de medición en el que se violan las tolerancias por armónicas.

d = Es la compensación unitaria por armónicas:

Primera Etapa: d = 0,00

Segunda Etapa: d = 0,01 US\$/kWh

Tercera Etapa: d = 1,10 US\$/kWh

D_s = Es un factor de proporcionalidad que está definido en función de la magnitud de la Distorsión Penalizable por Armónicas DPA(s) calculado para el intervalo de medición "s" como:

$$DPA(s) = \frac{THD(s) - THD(s)'}{THD(s)'} + \frac{1}{3} \sum_{i=2...40} \left(\frac{V_i(s) - V_i'}{V_i'} \right) \quad (2.9)$$

En la cual solo se consideran los términos positivos de esta expresión

Si: DPA(s) ≥ 1; D_s = 1

Si: DPA(s) < 1; D_s = DPA(s). DPA(s)

E(s) = Es la energía en kWh suministrada durante el intervalo de medición "s".

2.5. Calidad de Servicio Eléctrico en otros países

2.5.1. Calidad de Servicio Eléctrico a Nivel Distribución (Caso Chile).- La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) su normativa está dividida en dos partes: Calidad de Servicio y Calidad de Suministro, para nuestro caso veremos la segunda parte. [13]

a. Calidad de Suministro.- Es el conjunto de parámetros físicos y técnicos que debe cumplir el producto electricidad. Dichos parámetros son tensión, frecuencia y disponibilidad (Artículo 227° del DS N°327/97). [13]

b. Normas Técnicas de Calidad de Suministro.- De toda las Normas Técnicas que rigen solo nombraremos las que involucran los parámetros analizados en el país (Tensión, frecuencia, Perturbaciones) [13]

- Procedimiento de Mediciones y Registros para Determinar la Calidad de Suministro (artículo 241° del DS N°327/97)
- Magnitudes de la Tensión Nominal de 50 Hz (artículo 243° del DS N°327/97)
- Índices de Contaminación por Inyección de Armónicas de Tensión y Corriente (artículo 250° del DS N°327/97)
- Índices de Severidad de Parpadeo o Flicker (artículo 250° del DS N°327/97)

c. Tensión.- Las variaciones de tensión en Baja Tensión deben ser de $\pm 7,5\%$, pudiendo estar fuera de rango en un máximo del 5% del tiempo de suministro. En el caso de Media Tensión deben ser de $\pm 6,0\%$, pudiendo estar fuera de rango en un máximo del 5% del tiempo de suministro. [13]

d. Frecuencia.- En el caso chileno el valor nominal es de 50 Hz, lo cual imposibilita realizar una comparación con respecto a la normativa peruana

e. Flicker.- Se tomarán medidas en intervalos de cada 10 minutos y siendo su valor máximo admitido de 1 para tensiones menores o iguales a 110 kV y 0,8 para tensiones mayores a 110 kV. [13]

f. Armónicos.- Se tomarán medidas en intervalo de cada 10 minutos, el Índice de Distorsión Total para tensiones menores o iguales a 110 kV es un máximo de 8% y para mayores de 110 kV un máximo de 3% y siendo las tolerancias de los armónicos de acuerdo a lo indicado en el cuadro adjunto:

Tabla N° 2.7. Porcentaje máximo admisible para armónicos de orden impar múltiplo de 3 para el caso chileno

| Armónicas Impares Múltiplo de 3 | | |
|---------------------------------|----------------------|-----------|
| Orden | Armónica Voltaje (%) | |
| | ≤ 110 kV | >110 kV |
| 3 | 5 | 2 |
| 9 | 1,5 | 1 |
| 15 | 0,3 | 0,3 |
| 21 | 0,2 | 0,2 |
| >21 | 0,2 | 0,2 |

Tabla Nº 2.8. Porcentaje máximo admisible para armónicos de orden impar no múltiplo de 3 para el caso chileno

| Armónicas Impares No Múltiplo de 3 | | |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Orden | Armónica Voltaje (%) | |
| | <= 110 kV | >110 kV |
| 5 | 6 | 2 |
| 7 | 5 | 2 |
| 11 | 3,5 | 1,5 |
| 13 | 3 | 1,5 |
| 17 | 2 | 1 |
| 19 | 1,5 | 1 |
| 23 | 1,5 | 0,7 |
| 25 | 1,5 | 0,7 |
| >25 | $0,2 + \frac{1,3 * 25}{h}$ | $0,2 + \frac{0,5 * 25}{h}$ |

Tabla 2.9. Porcentaje máximo admisible para armónicos de orden par para el caso chileno

| Pares | | |
|-------|----------------------|---------|
| Orden | Armónica Voltaje (%) | |
| | <= 110 kV | >110 kV |
| 2 | 2 | 1,5 |
| 4 | 1 | 1 |
| 6 | 0,5 | 0,5 |
| 8 | 0,5 | 0,4 |
| 10 | 0,5 | 0,4 |
| 12 | 0,2 | 0,2 |
| >12 | 0,2 | 0,2 |

2.5.2. Normas de Calidad del Servicio de Distribución de Electricidad (Caso Venezuela).- Tiene como ente regulador de la presente norma a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. Este documento clasifica a la calidad de la siguiente manera:

- Calidad del Producto Técnico
- Calidad del Servicio Técnico
- Calidad del Servicio Comercial

Para nuestro caso solo se tomará en cuenta la Calidad del Producto Técnico

Los parámetros a evaluar son el Nivel de Tensión y las perturbaciones.

a. **Nivel de Tensión.**- Este parámetro se mide cada 10 minutos, pudiendo tener un máximo de 3% de los periodos de medición que estén fuera del rango; este parámetro se mide mediante el indicador Frecuencia Equivalente de Desviación de Tensión (FEDT). Las variaciones se muestran en la tabla 2.10.

Tabla N° 2.10. Porcentaje máximo admisible para armónicos para el caso venezolano

| Densidad del Municipio | Variaciones |
|----------------------------------|-------------|
| Alta Tensión | ±5% |
| Media Tensión | ±6% |
| Baja Tensión – Muy Alta Densidad | ±6% |
| Baja Tensión – Alta Densidad | ±6% |
| Baja Tensión - Mediana Densidad | ±8% |
| Baja Tensión – Baja Densidad | ±10% |
| Baja Tensión – Muy Baja Densidad | ±10% |

El FEDT se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$FEDT = \frac{\sum_{i=1}^n CRMFBPT_i}{CTRM} \times 100 \quad (2.10)$$

Donde:

CRMFBT: Cantidad de registros de medición fuera de la banda permitida de tensión, en el Periodo de Control.

CTRM: Cantidad total de registros de medición en el Periodo de Control.

b. **Fluctuaciones Rápidas de Tensión (Flicker).**- Evalúa el Índice de Severidad (Pst) siendo el valor máximo permisible de 1, pudiendo estar fuera de la tolerancia permitida en un máximo del 5% de los periodos de medición. [13]

c. **Distorsión Armónica.**- Es medido mediante el indicador Tasa de Distorsión Total (TDT) el cual tiene una tolerancia máxima del 8% y permite que el valor este fuera de la tolerancia permitida en un máximo del 5% de los periodos de medición. Toma en cuenta los armónicos desde el segundo hasta el vigésimo quinto. Para el cálculo de la TDT utiliza la siguiente fórmula:

$$TDT = \sqrt{\sum_{i=2}^{25} \left(\frac{U_i}{U_1} \right)^2} \times 100 \quad (2.11)$$

U_i = Es el valor de la tensión de la i – ésima armónica

U_1 = Es el valor de la tensión fundamental

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Tener en cuenta que la aplicación de la NTCSE es amplia, por esta razón solo nos vamos a dedicar a evaluar lo correspondiente a la Calidad del Producto de un Sistema de Distribución; para esto vamos a medir la tensión, frecuencia y perturbaciones.

3.1. Tensión.- El nivel tensión puede ser afectado por los siguientes motivos:

3.1.1. Sobretensión.- Es generado cuando los varios usuarios (de manera simultánea) dejan de consumir energía, esto se refleja cuando grandes industrias sufren un corte de tensión de manera súbita. Otro motivo es por la mala compensación de las corrientes en las SET de 60/10 kV. [10]

3.1.2. Subtensión.- Es generado cuando varios usuarios (de manera simultánea) consumen más energía, esto se refleja cuando las grandes industrias empiezan a realizar sus trabajos y encienden sus equipos a la vez. Otra manera de ver reflejado es cuando se ha realizado una subdimensión o sobrecarga

3.1.3. Variaciones súbitas del nivel de tensión, el cual es afectado por el arranque o retiro de grandes cargas.

3.2. Frecuencia.- El cual sufre variaciones por el arranque o retiro de grandes cargas. Adicionalmente por la instalación de equipos variadores de frecuencia en las industrias para controlar los giros de los motores.

3.3. Perturbaciones.- En este caso aparecen por el uso de equipos electrónicos, los cuales inyectan estas perturbaciones al sistema lo que altera a la onda de tensión.

Para realizar las mediciones indicadas debemos usar equipos, a los cuales llamaremos “equipos registradores”, y personal especializado, al cual les vamos a llamar “los registradores”, que garantice la toma de los datos de manera real y fidedigna. [12]

Se realizará mediciones en intervalos de 15 minutos en el caso de tensión y frecuencia y 10 minutos en el caso de las perturbaciones. [3]

La tensión es trifásica, debido a eso se tomará en cuenta la tensión máxima para los cálculos necesarios.

Una manera de verificar si las tolerancias de los valores a medir son los correctos es compararlos con las Normas de Calidad de Servicio de otros países y poder ver cuán exigente es nuestra legislación.

El problema de los armónicos en el sistema de distribución está determinado tanto en las variaciones de tensión y/o corriente.

Aquí vamos a ver dos parámetros: Flicker y Tensiones Armónicas

3.3.1. Flicker.- Las fuentes principales generadoras de flicker son las siguientes:

- a. Mal funcionamiento de un sistema de iluminación
- b. Por los subarmónicos y los interarmónicos
- c. Horno de Arco
- d. Máquinas con cargas fluctuantes
- e. Reguladores de potencia con tiristores
- f. Equipos de soldadura
- g. Etc.

3.3.2. Tensión Armónica.- Vamos a tomar estos datos ya que son los ofrecidos por la Distribuidora. Las fuentes generadoras de tensiones armónicas son las siguientes:

- a. Por los subarmónicos e interarmónicos
- b. Variadores de Velocidad
- c. Rectificadores/cargadores
- d. Carga Informática
- e. Alumbrado Fluorescentes
- f. Motor Síncrono
- g. Máquina de Soldar
- h. Horno de Arco
- i. Ondulador o inversor

CAPITULO IV

METODO Y CÁLCULO JUSTIFICATIVO

4.1. Método de Medición

En esta parte vamos a describir todo el proceso para la toma de datos, lo primero que se realiza es la selección del personal los cuales deben ser técnicos especialistas en la materia y que deben llevar los siguientes cursos:

Seguridad y Riesgo Eléctrico

Primeros Auxilios

Atención al Cliente

Conducta Segura

Entrenamiento en el uso de los equipos registradores [12]

Para empezar a realizar el trabajo, la carga va a ser entregada por la empresa de distribución, la cual debe ser ordenada para que los recursos se optimicen. Llegando a la subestación y antes de realizar la instalación y/o retiro de los equipos se realiza una charla de cinco minutos, en la cual se evalúa los riesgos potenciales y sus respectivas medidas de control. Luego procedemos a instalar el equipo correspondiente, los cuales luego de cumplir el periodo mínimo de medición son retirados realizando la charla de cinco minutos y la prueba de electrización. Posteriormente estos datos son descargados a la PC. Como en todos los casos se va a medir en un sistema trifásico.

Para la obtención de estos datos se utilizan estos equipos que se reparten por toda la concesión para tomar las mediciones respectivas.

Una de las grandes dificultades que se presentan en estas mediciones es la falta de experiencia en la instalación de equipos, puede ocurrir que haya falso contacto, las bornas estén sueltas lo que generaría que haya un corte de fluido eléctrico para el cliente lo que genera que las cuadrillas de emergencia reconecten el fluido y la toma de datos sea interrumpida.

4.2. Cálculos Justificativos

De acuerdo a la base metodológica de la Norma Técnica de Calidad de Servicio de todas las mediciones realizadas en el mes se van a tomar en cuenta solamente las 672 primeras mediciones en el caso de tensión y frecuencia, y 1008 primeras mediciones en el caso de las perturbaciones (flicker y tensión armónica).

4.2.1. Tensión

Vamos a tomar datos en baja y media tensión para observar cual es el cumplimiento de la norma.

Para este caso usaremos la fórmula 2.1

4.2.2. Frecuencia

Se han tomado intervalos de 15 minutos durante una semana haciendo un total de 672 intervalos de medición, para esto usaremos la fórmula 2.2

4.2.3. Perturbaciones

a. Flicker.- Se ha tomado 1008 intervalos de medición, en intervalos de 10 minutos, para encontrar los resultados queridos usaremos la fórmula 2.3

b. Tensiones Armónicas.- Se ha tomado 1008 intervalos de medición en intervalos de 10 minutos, para encontrar los resultados usaremos la fórmula 2.4

CAPITULO V RESULTADOS

5.1 Tensión.- Se ha tomado datos de 10 suministros de media tensión los cuales han sido clasificados en intervalos y se cuenta el número de mediciones que pertenezcan a dicho intervalo, estos valores se encuentran en la tabla 5.1. Adicionalmente se muestra en los dibujos 5.1 al 5.10 la variación de la tensión comparada día a día.

Tabla 5.1. Mediciones de tensión clasificadas en intervalos

| CLIENTE | <-10% | [-10%;-7%> | [-7%;-5%> | [-5%;5%] | <5%;7%] | <7%;10%] | >10% |
|---------|-------|------------|-----------|----------|---------|----------|------|
| 1455232 | 0 | 0 | 2 | 670 | 0 | 0 | 0 |
| 1391816 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 315547 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 1068200 | 1 | 0 | 2 | 669 | 0 | 0 | 0 |
| 42422 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 907093 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 1214130 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 1329196 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 1495583 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 1498488 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |

5.2 Frecuencia.- Se ha tomado datos de 10 suministros de media tensión los cuales han sido clasificados en intervalos y se cuenta el número de mediciones que pertenezcan a dicho intervalo mostrándose en la tabla 5.2. Adicionalmente se muestra en los dibujos 5.11 al 5.20 la variación de la frecuencia comparada día a día.

Tabla 5.2. Mediciones de frecuencia clasificadas en intervalos

| FRECUENCIA | <-2% | [-2%;-1%> | [-1%;-0,6%> | [-0,6%;0,6%] | <0,6%;1] | <1%;2%] | >2%; |
|------------|------|-----------|-------------|--------------|----------|---------|------|
| 94498 | 0 | 2 | 11 | 659 | 0 | 0 | 0 |
| 15221138 | 0 | 0 | 0 | 672 | 0 | 0 | 0 |
| 1455232 | 0 | 2 | 10 | 660 | 0 | 0 | 0 |
| 1391816 | 0 | 2 | 10 | 660 | 0 | 0 | 0 |
| 1371453 | 0 | 2 | 10 | 660 | 0 | 0 | 0 |
| 1312554 | 0 | 1 | 14 | 657 | 0 | 0 | 0 |
| 190357 | 0 | 3 | 16 | 653 | 0 | 0 | 0 |
| 868130 | 0 | 2 | 11 | 659 | 0 | 0 | 0 |
| 870795 | 0 | 3 | 16 | 653 | 0 | 0 | 0 |
| 1521545 | 0 | 4 | 15 | 653 | 0 | 0 | 0 |

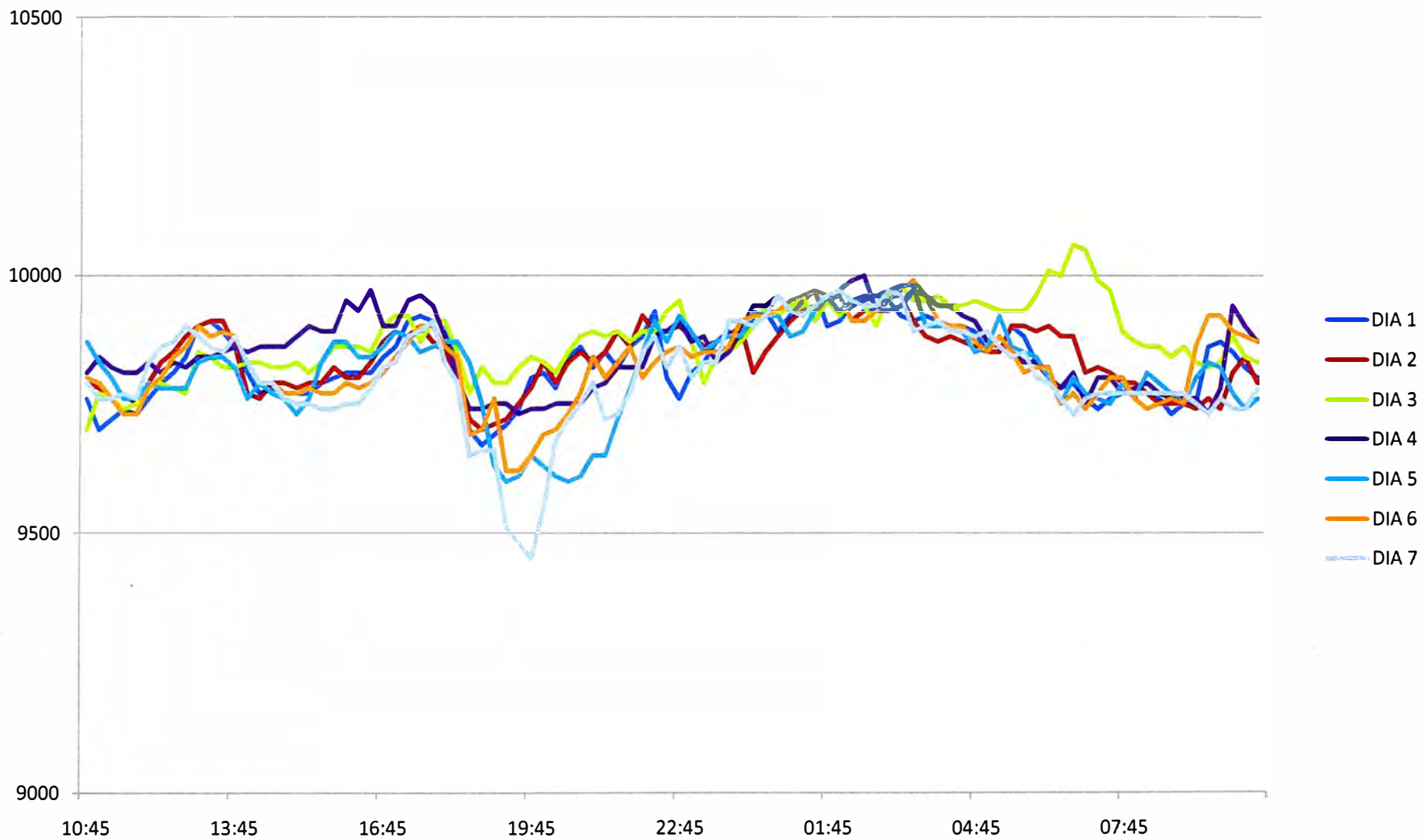


Figura 5.1. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1455232 durante una semana



Figura 5.2. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1391816 durante una semana

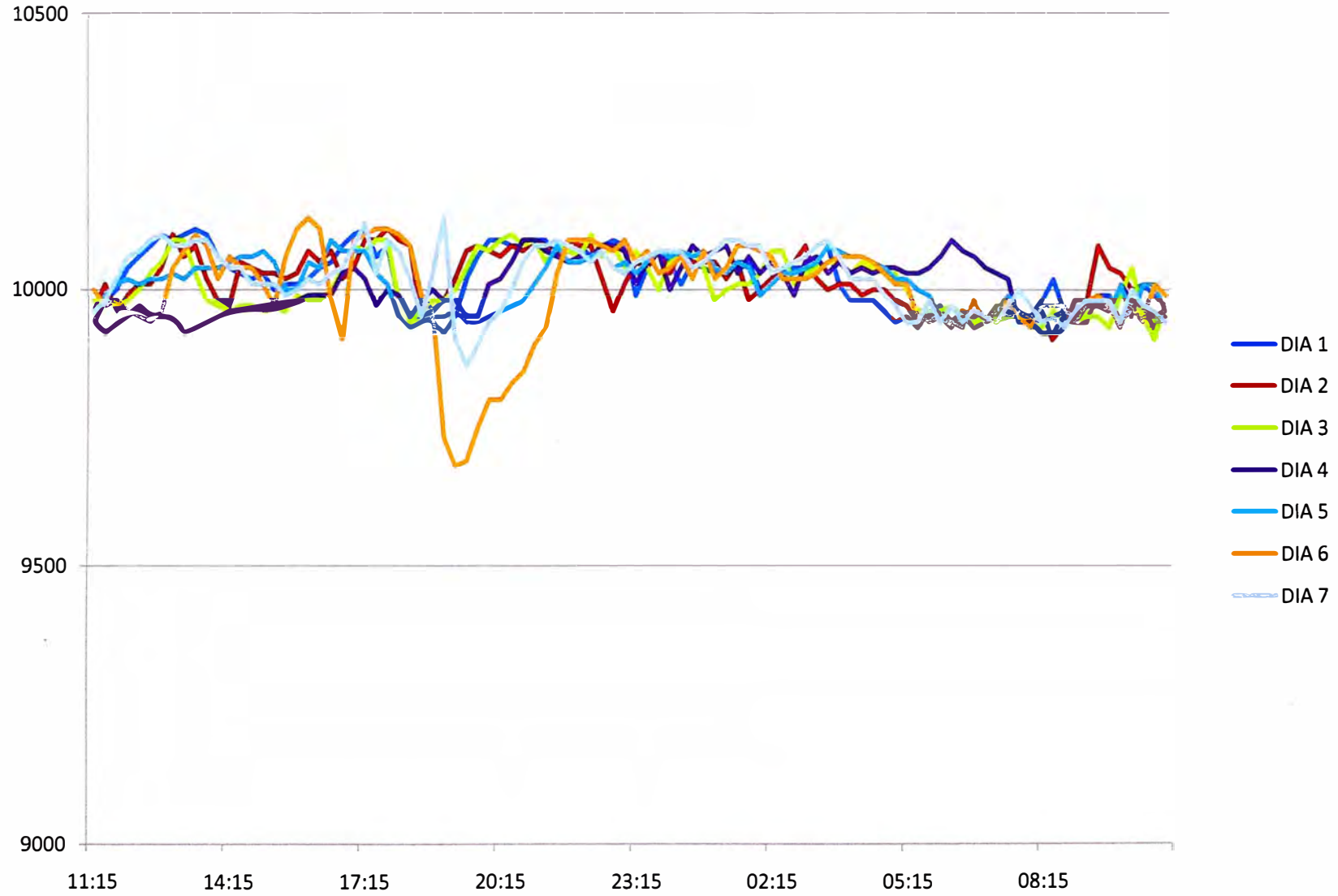


Figura 5.3. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 315547 durante una semana

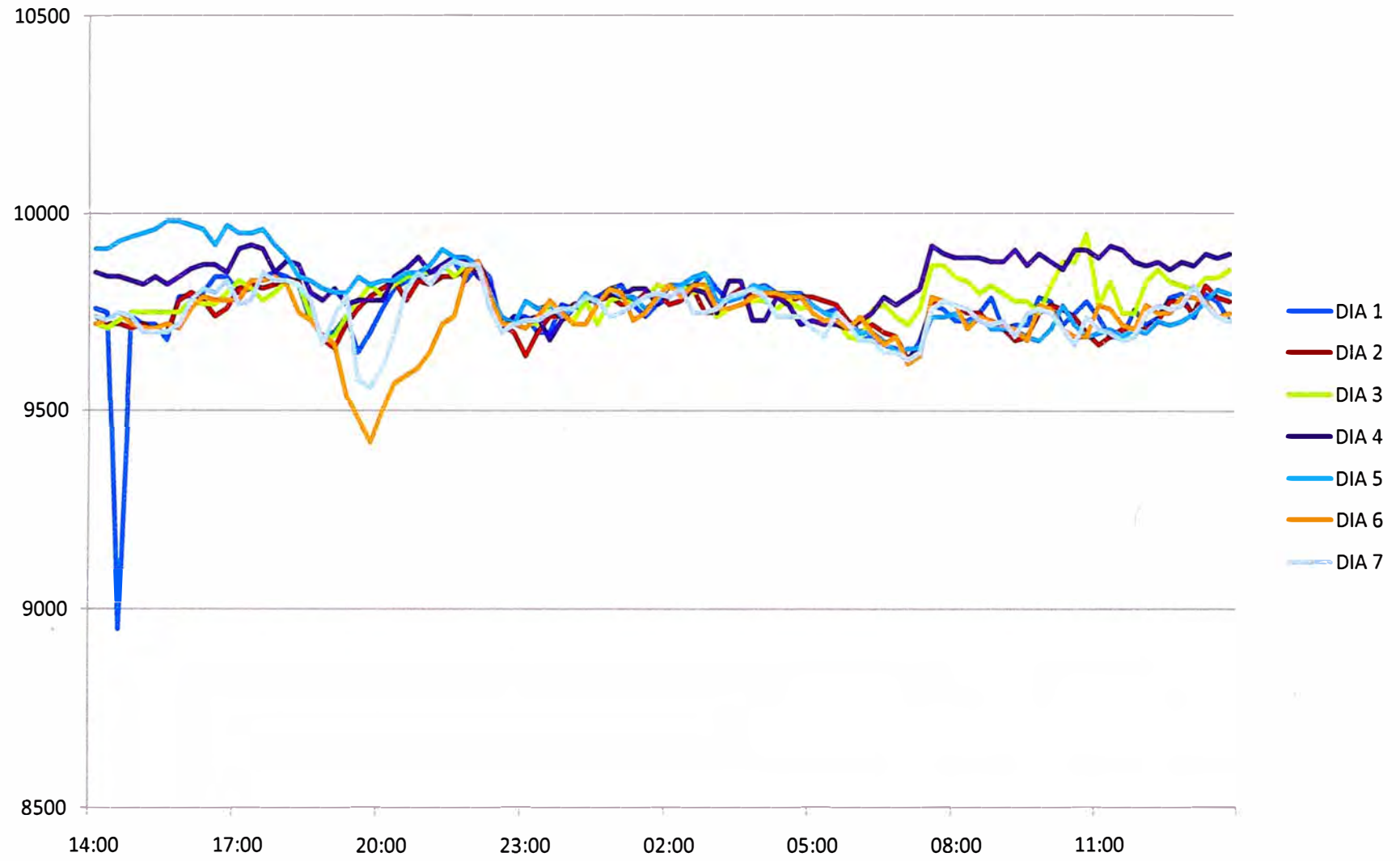


Figura 5.4. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1068200 durante una semana

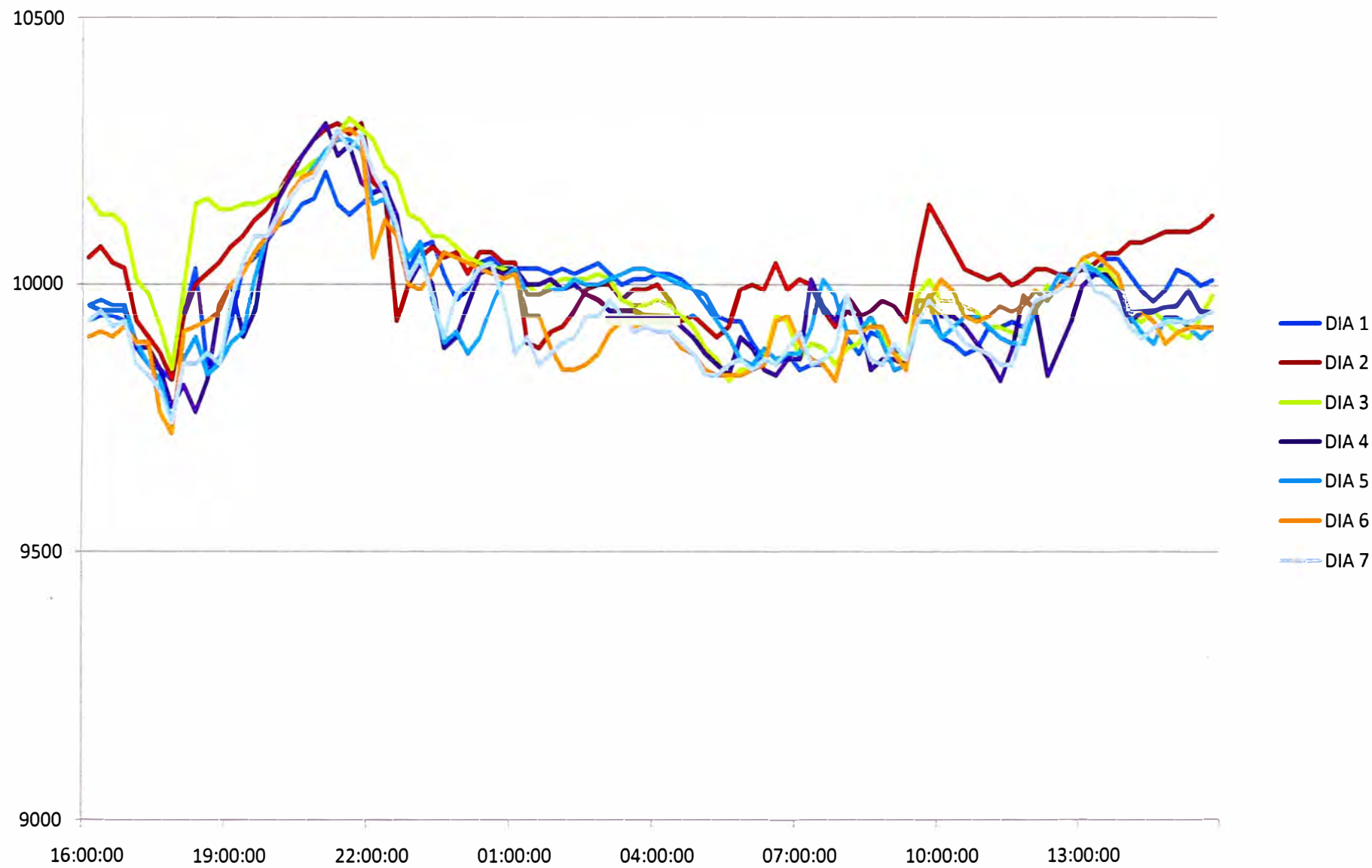


Figura 5.5. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 42422 durante una semana

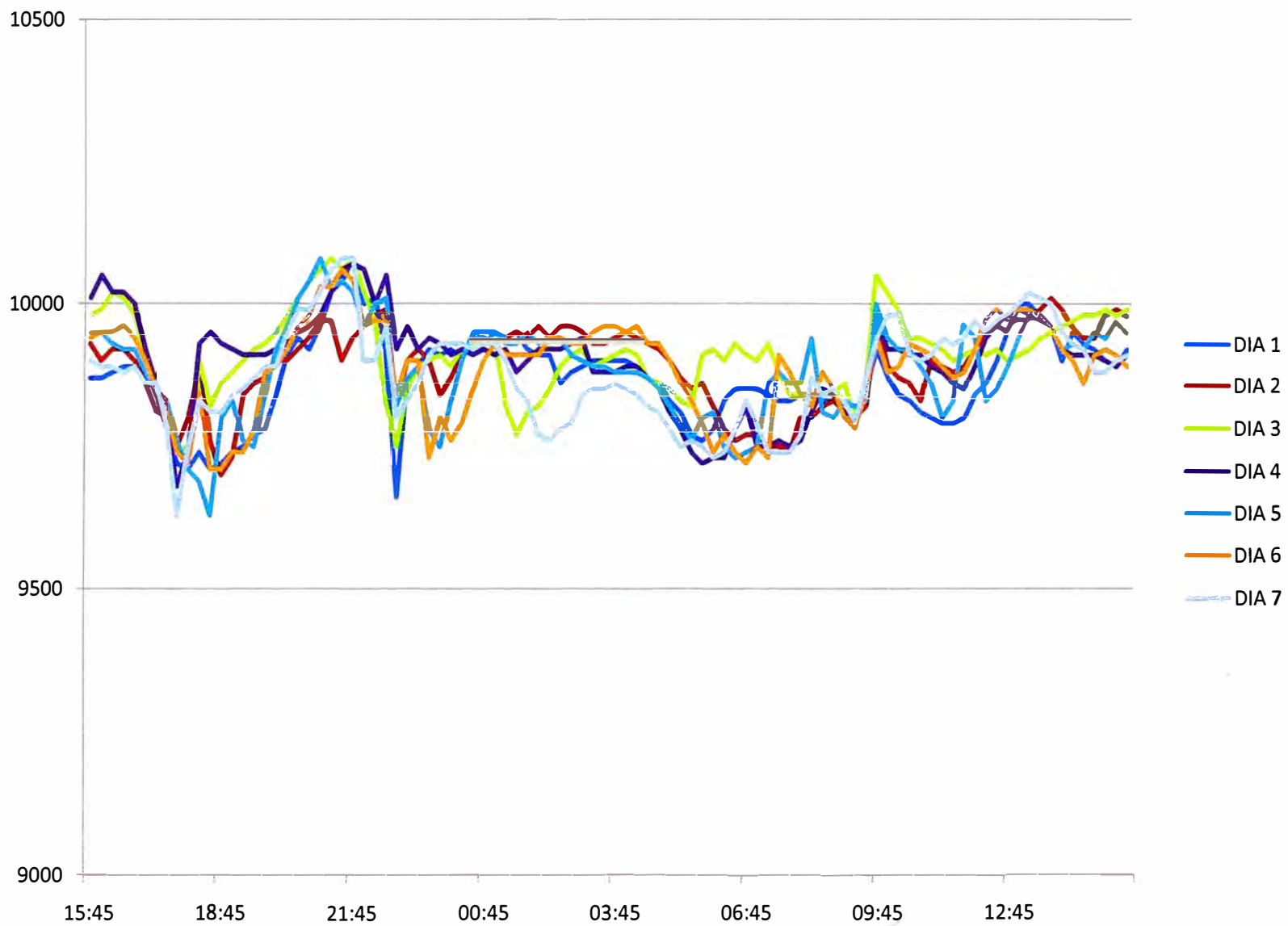


Figura 5.6. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 907093 durante una semana

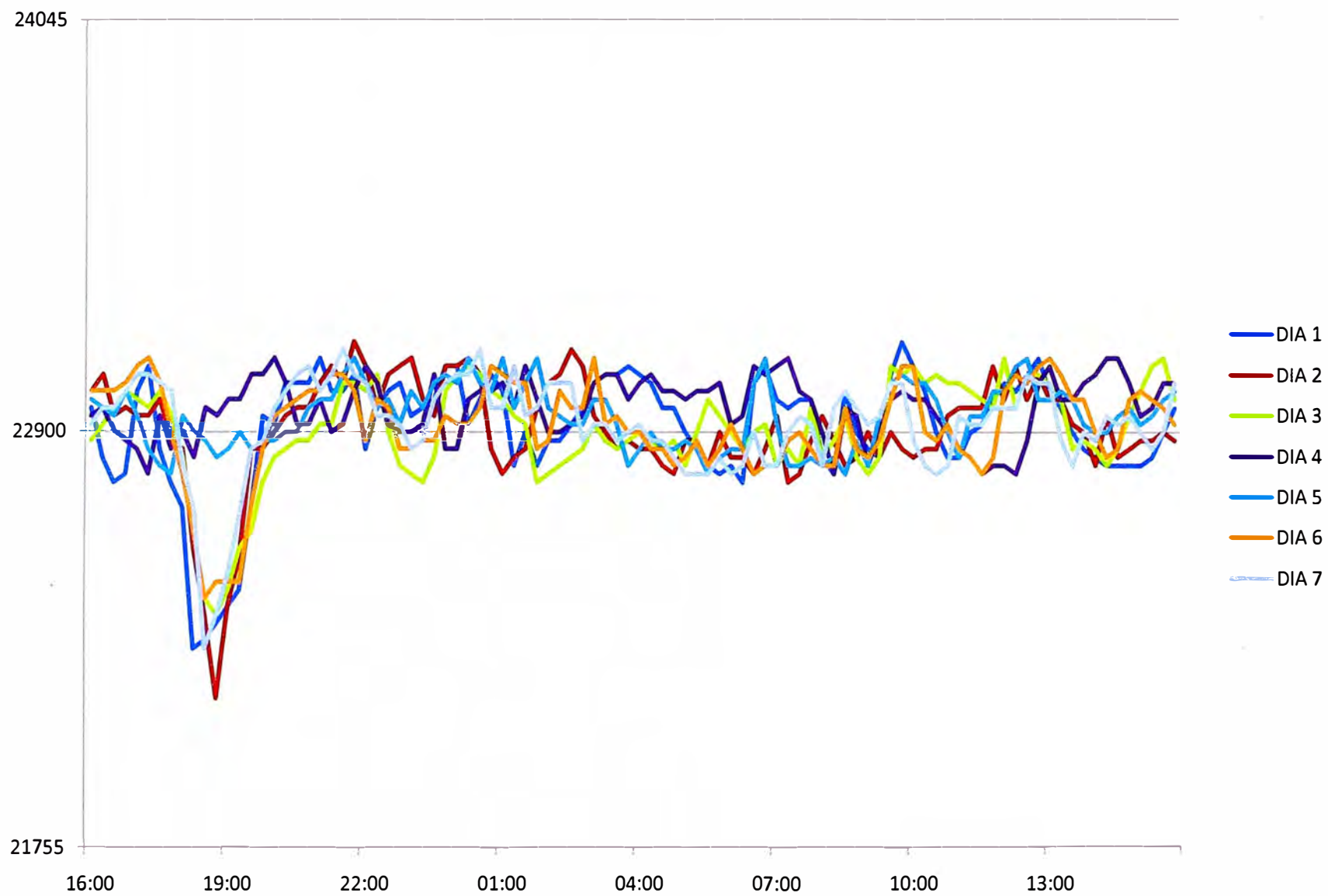


Figura 5.7. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1214130 durante una semana

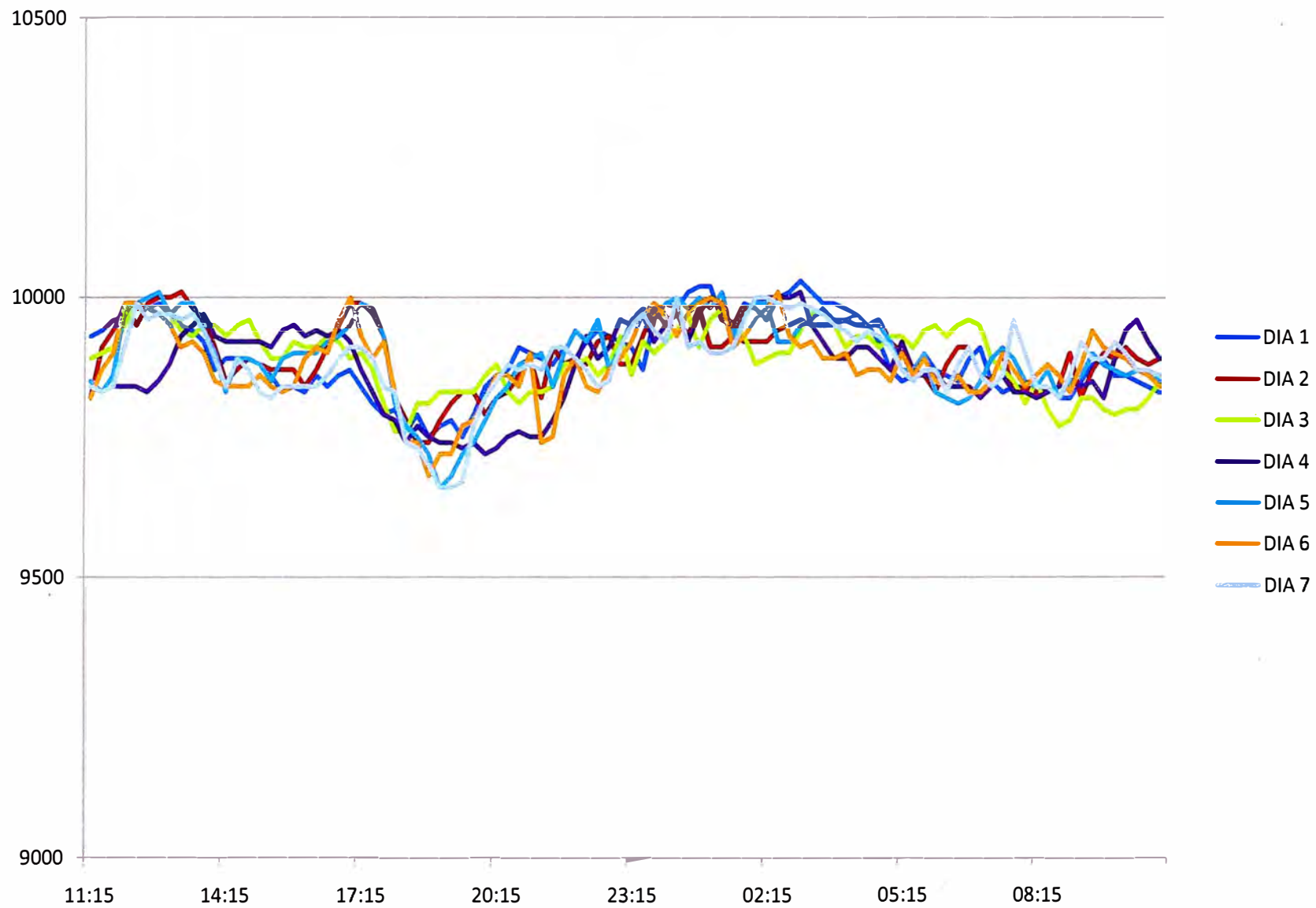


Figura 5.8. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1329196 durante una semana

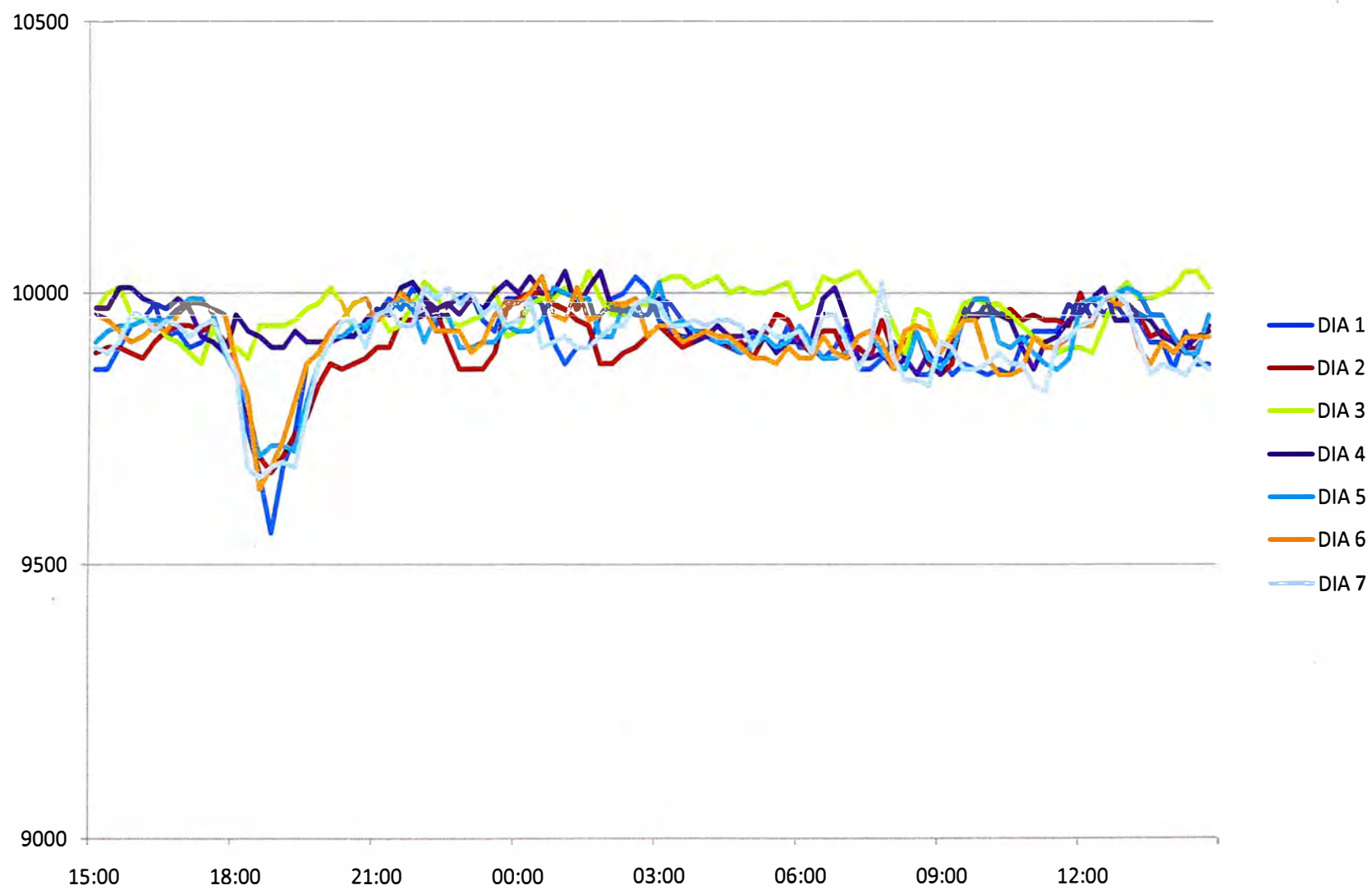


Figura 5.9. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1495583 durante una semana

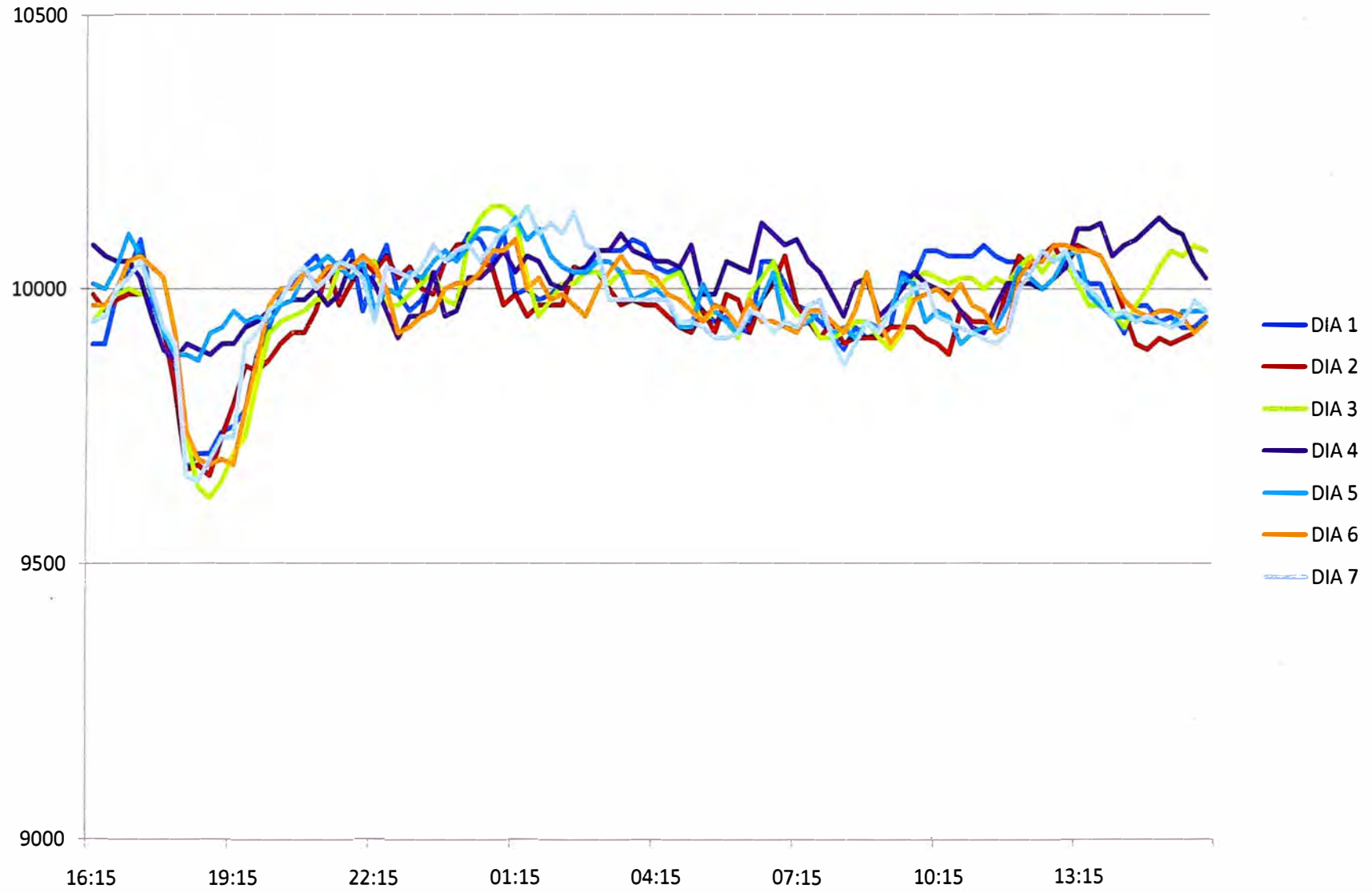


Figura 5.10. Gráfica de las variaciones de tensión del suministro 1498488 durante una semana

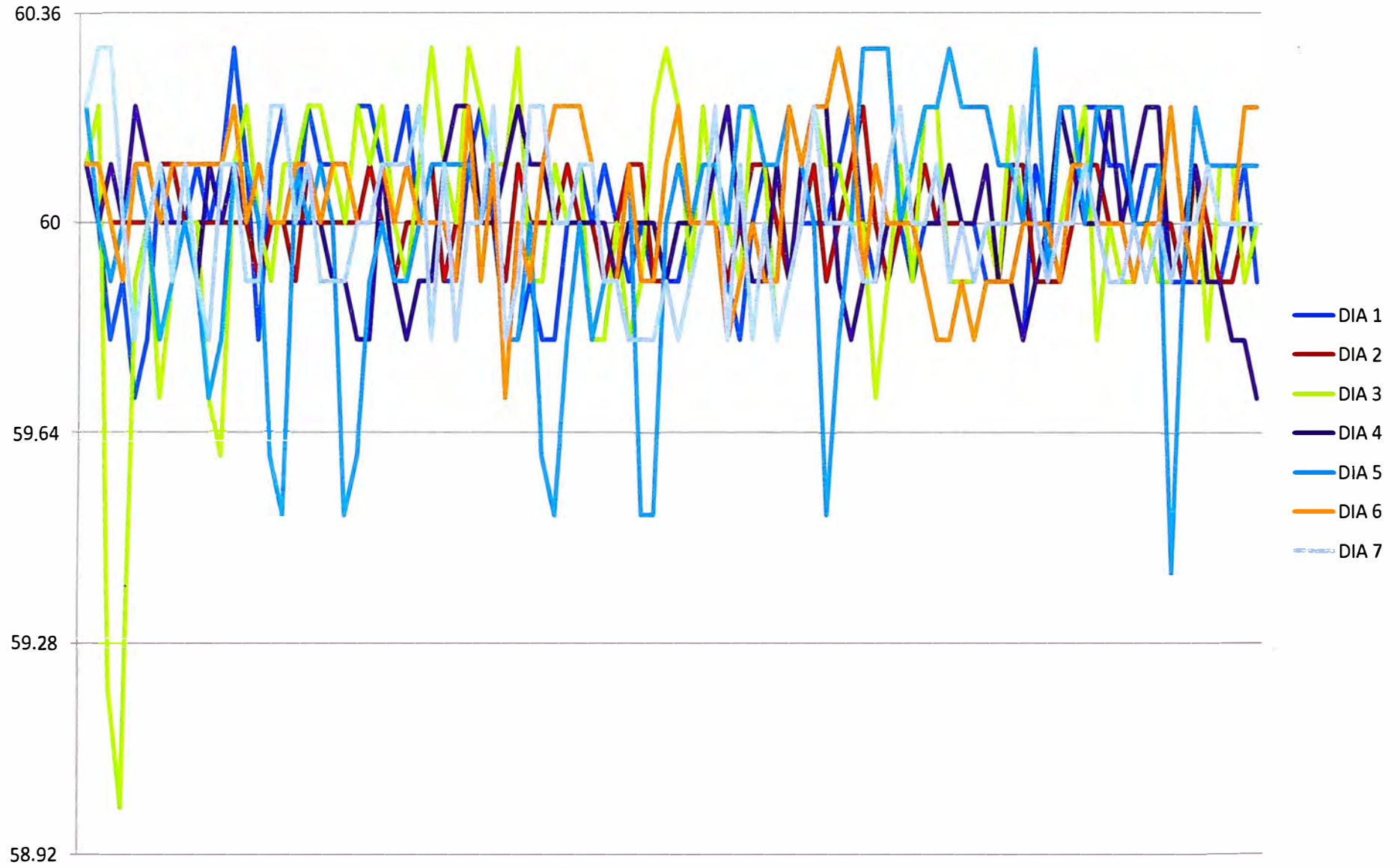


Figura 5.11. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 94498 durante una semana

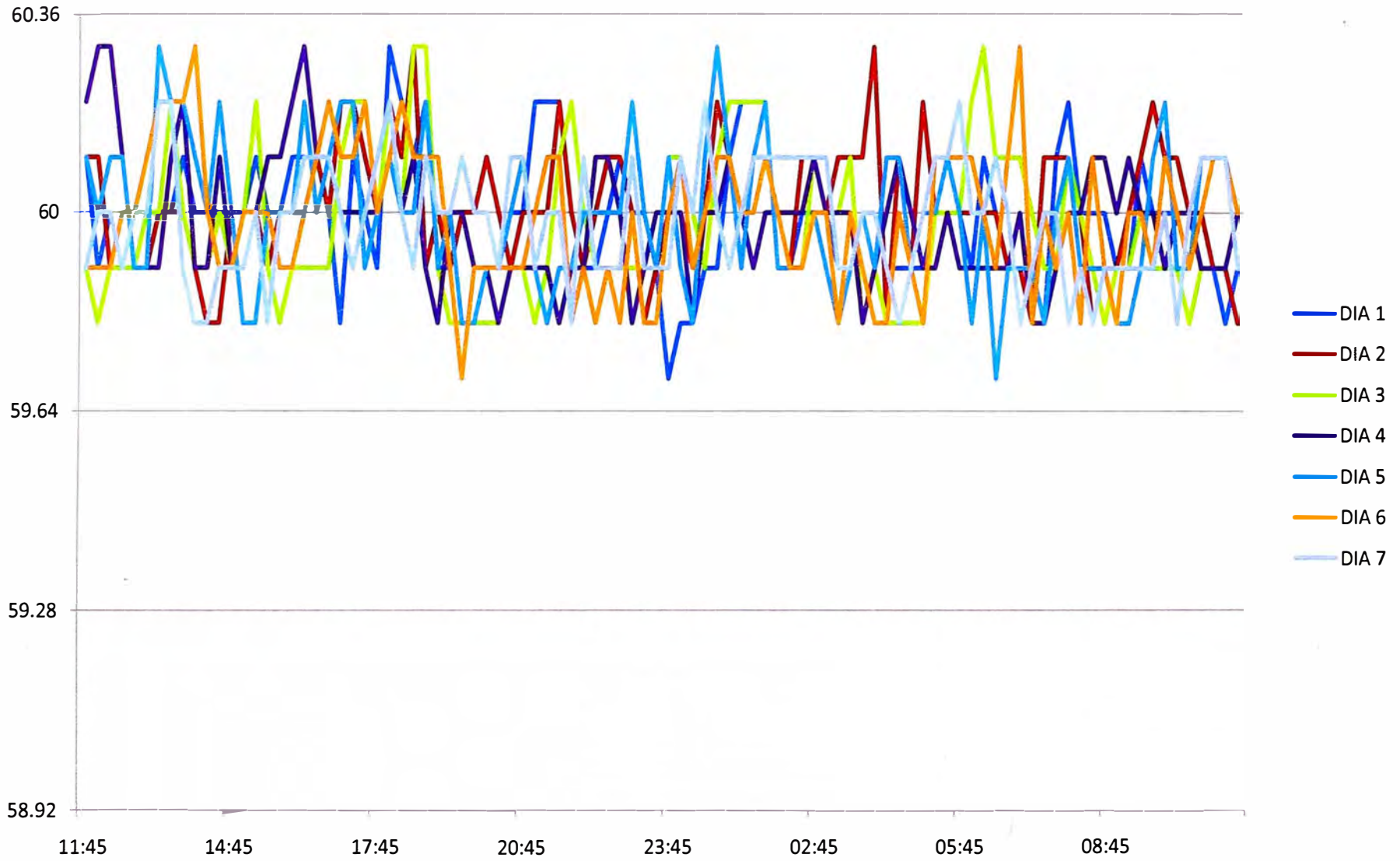


Figura 5.12. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 15221138 durante una semana

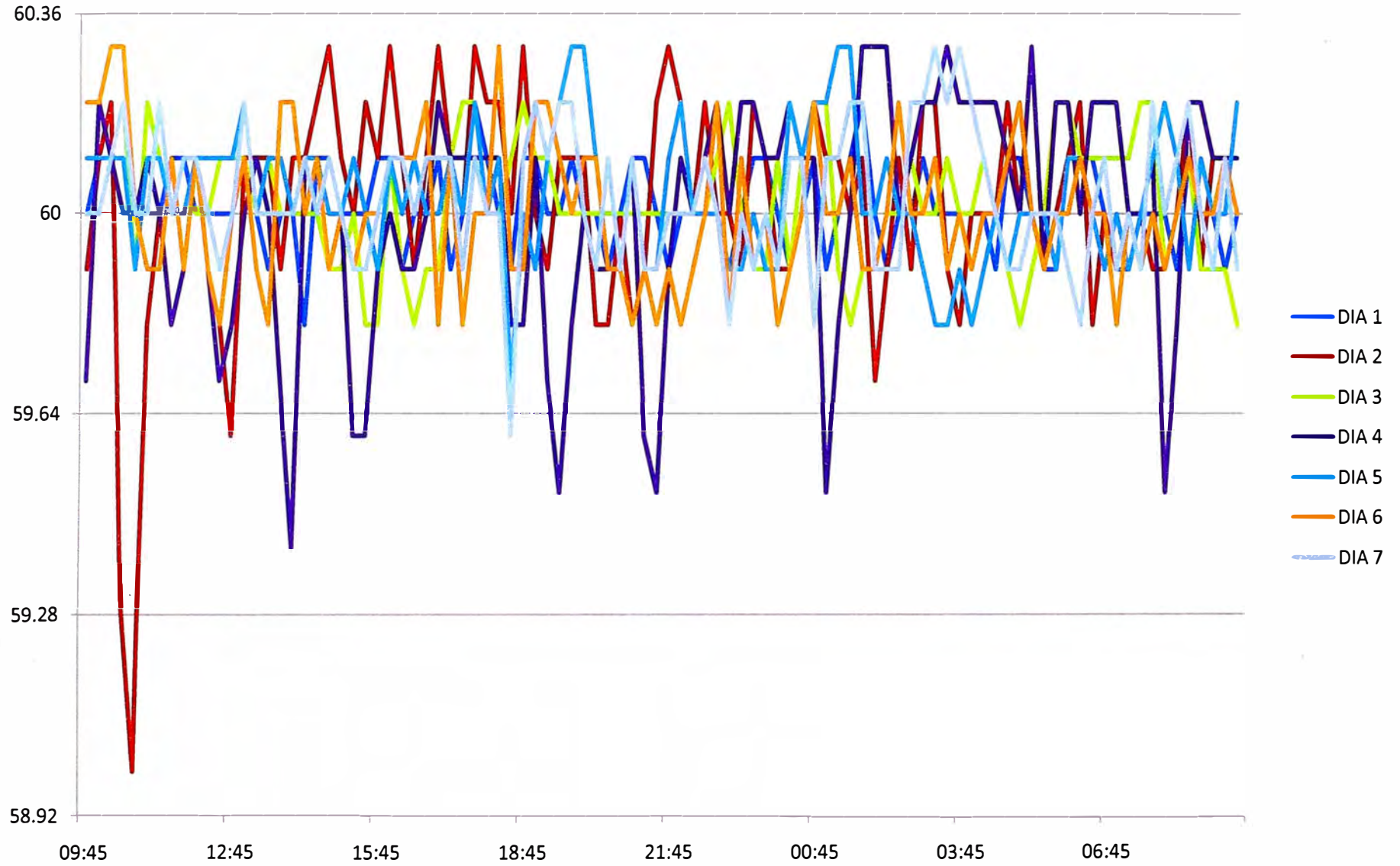


Figura 5.13. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 1455232 durante una semana

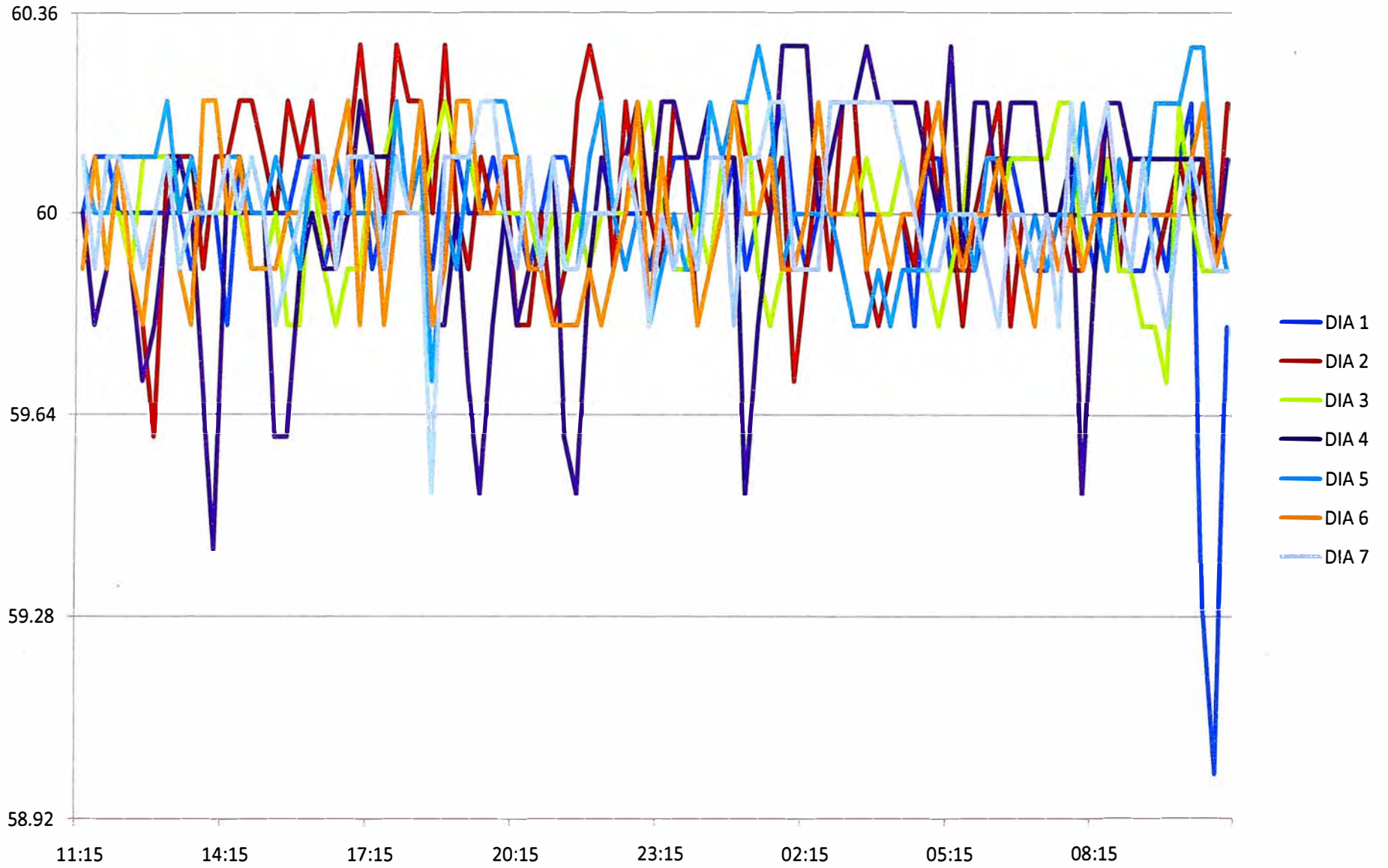


Figura 5.14. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 1391816 durante una semana

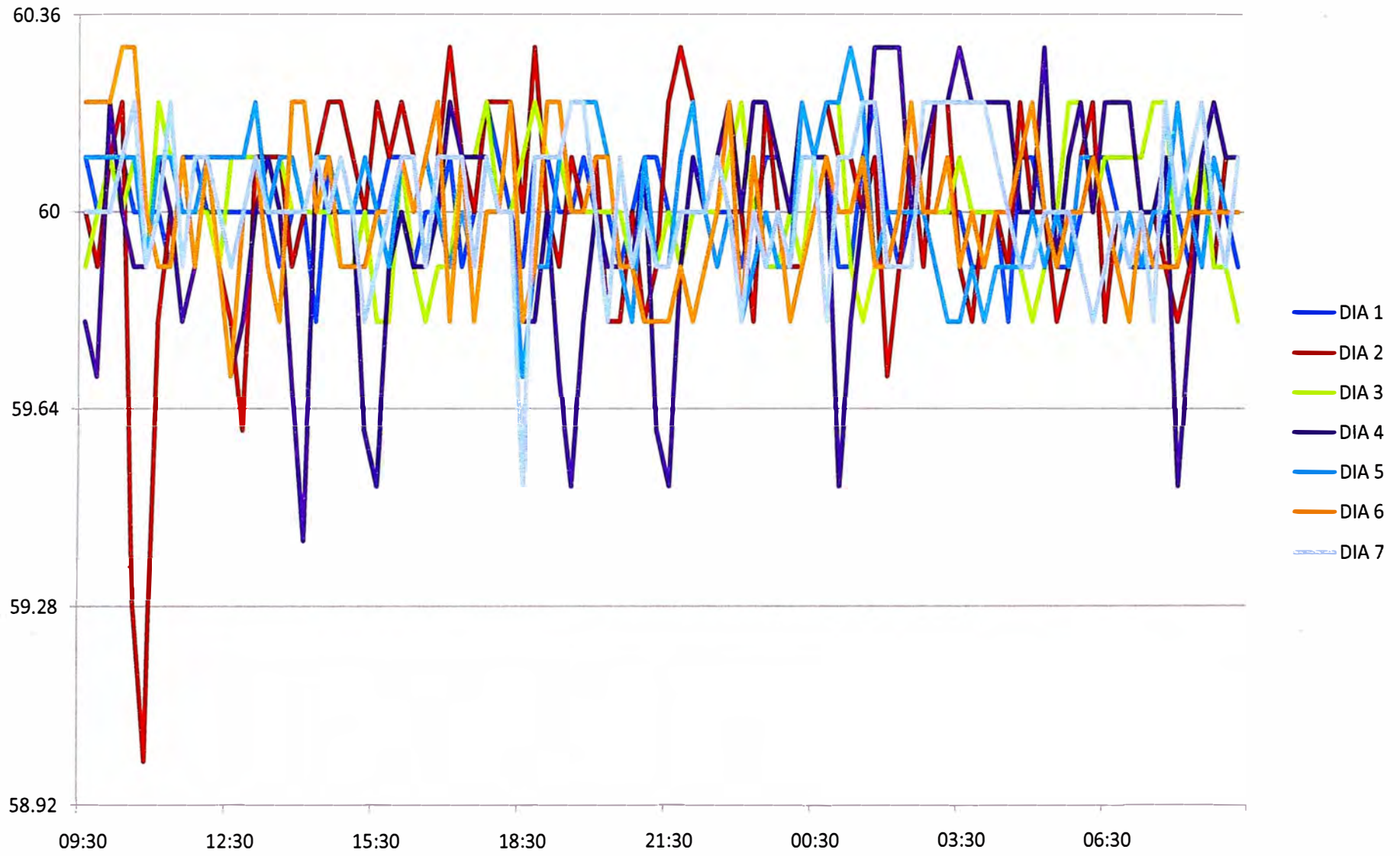


Figura 5.15. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 1371453 durante una semana

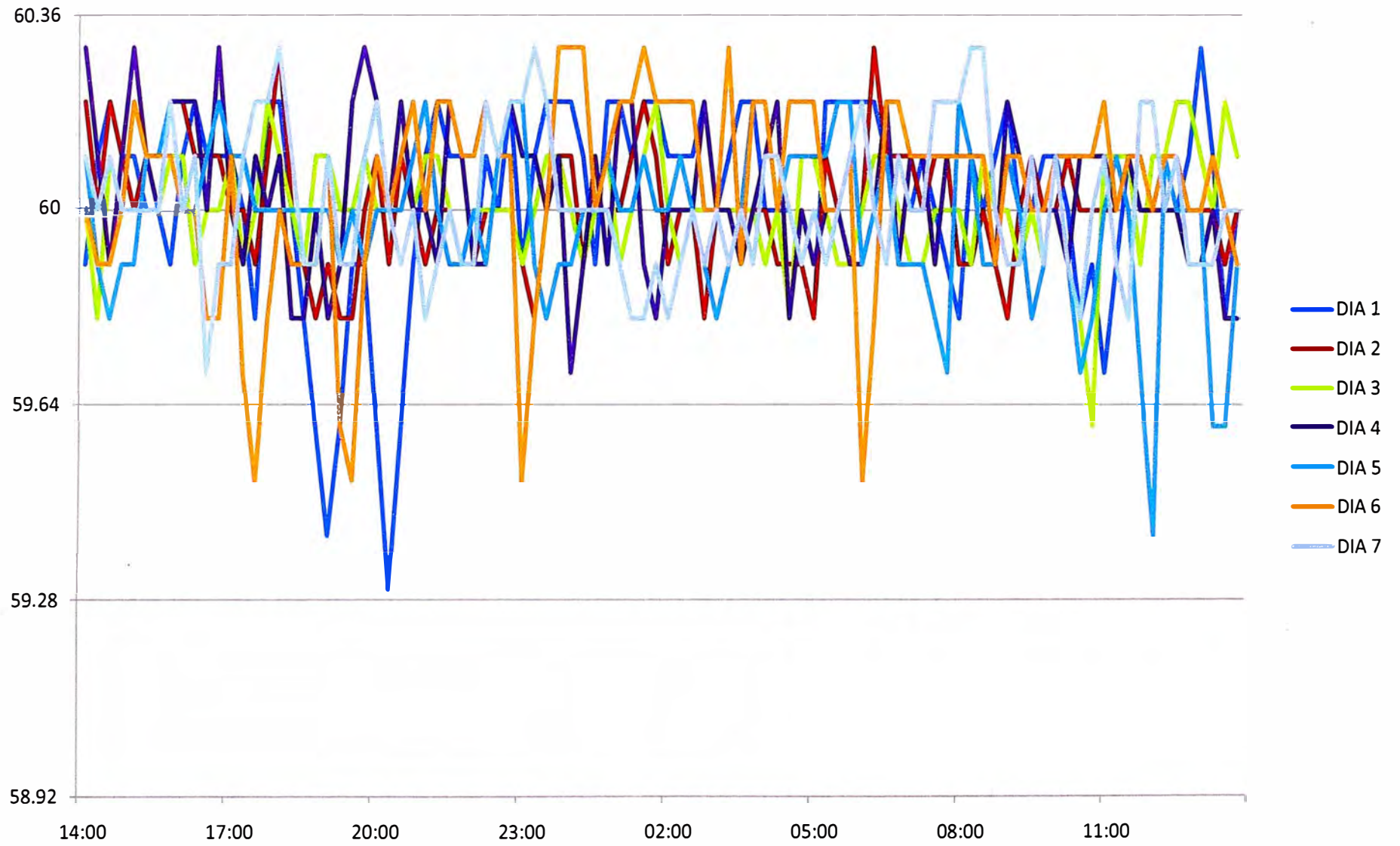


Figura 5.16. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 1312554 durante una semana

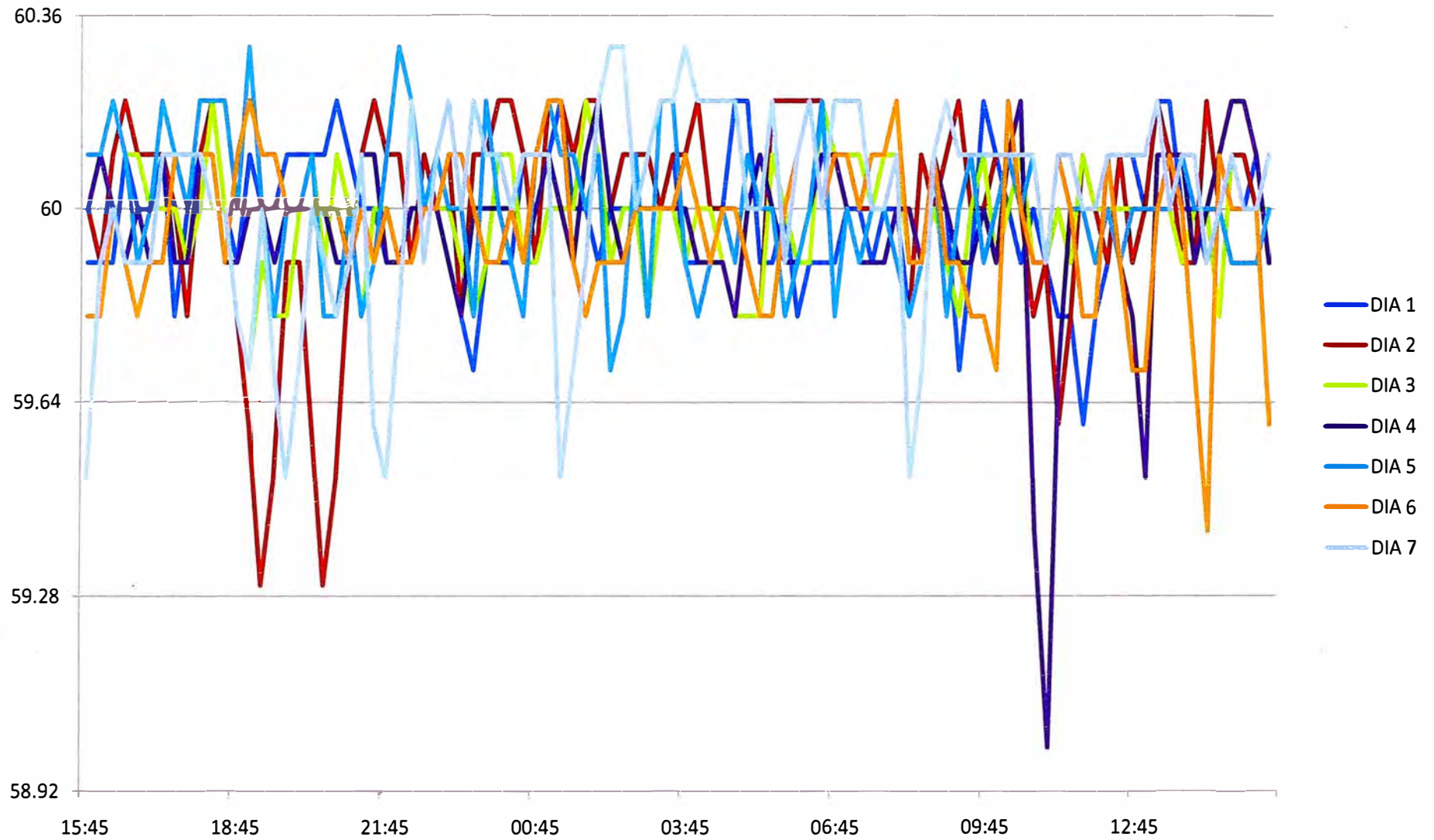


Figura 5.17. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 190357 durante una semana

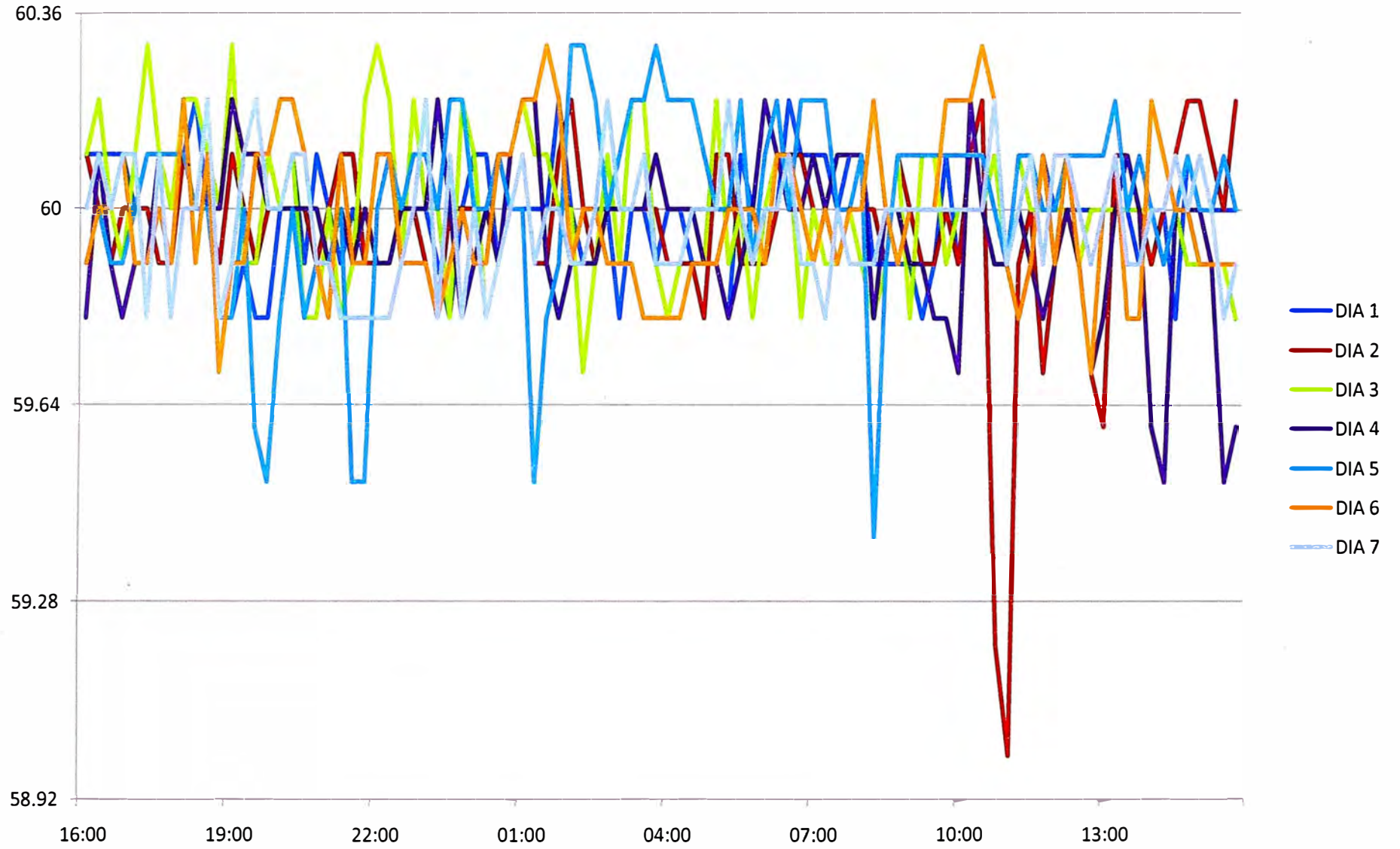


Figura 5.18. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 868130 durante una semana

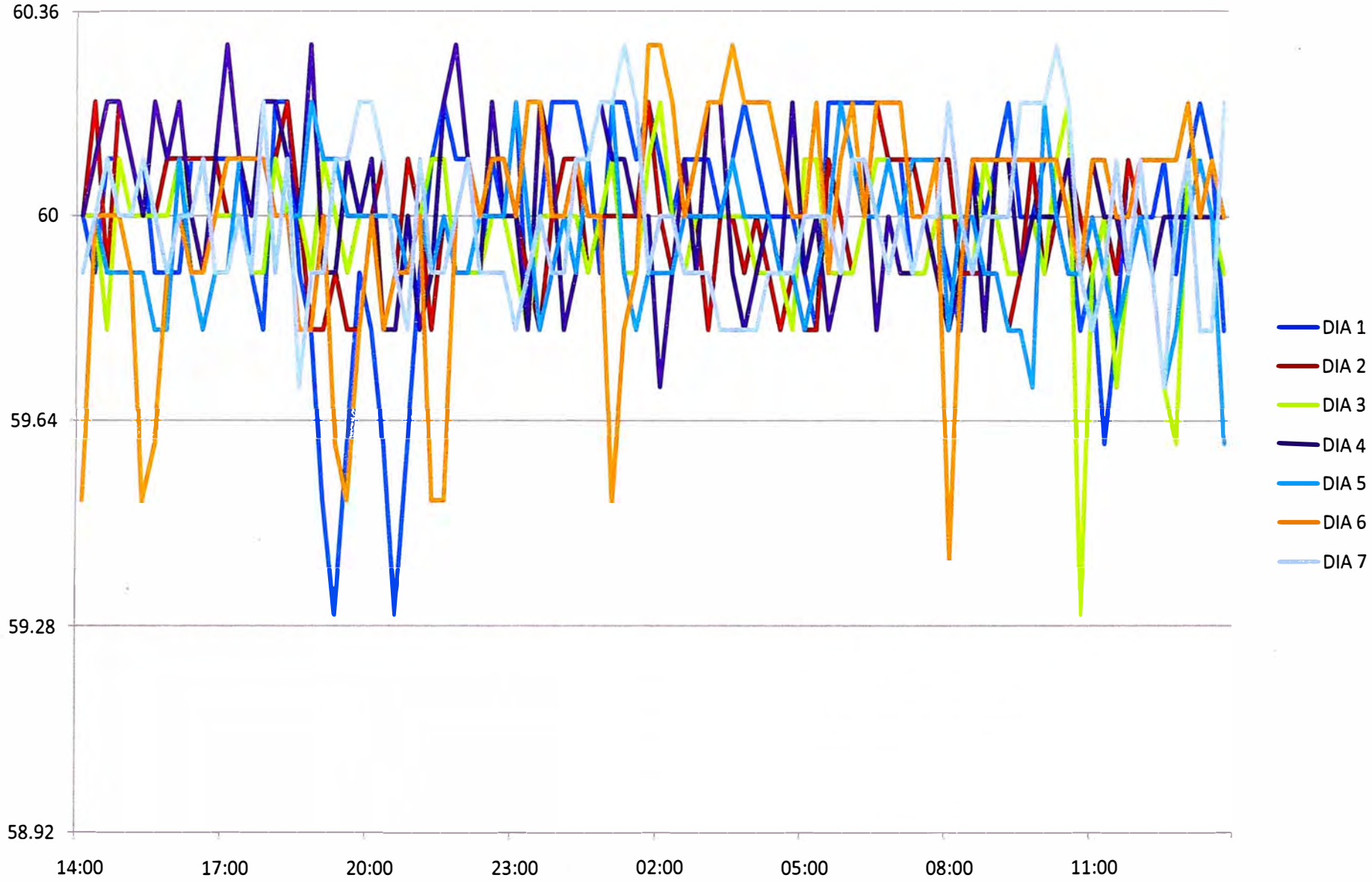


Figura 5.19. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 870795 durante una semana

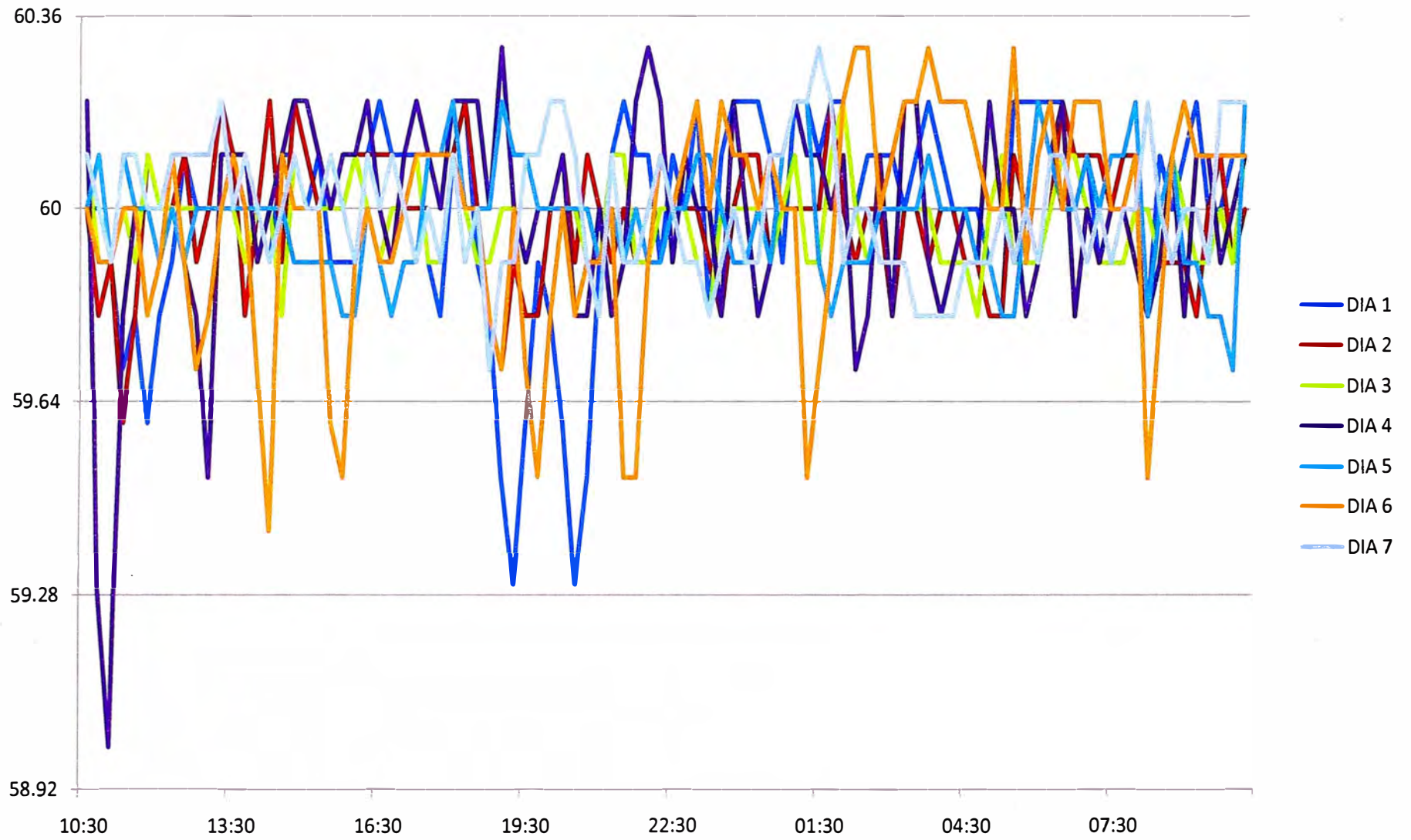


Figura 5.20. Gráfica de las variaciones de frecuencia del suministro 1521545 durante una semana

5.3 Flicker.- Se ha tomado datos de 10 suministros de media tensión los cuales han sido clasificados en intervalos y se cuenta el número de mediciones que pertenezcan a dicho intervalo, estos valores se encuentran en la tabla 5.3. Adicionalmente se muestra en los dibujos 5.21 al 5.30 la variación de la tensión comparada día a día durante una semana para comparar en los mismos intervalos de tiempo las variaciones que van a aparecer. Tener en cuenta que en los dibujos se han colocado límites para visualizar si existiese alguna medición que pase lo límites permitidos.

Tabla 5.3. Mediciones de perturbaciones (flicker) clasificadas en intervalos

| FLICKER | [0;1] | <1;2] | <2;3] | >3 |
|---------|-------|-------|-------|----|
| 178133 | 1006 | 2 | 0 | 0 |
| 231226 | 1006 | 2 | 0 | 0 |
| 647986 | 1006 | 2 | 0 | 0 |
| 650721 | 1007 | 1 | 0 | 0 |
| 1138877 | 1006 | 2 | 0 | 0 |
| 1258926 | 1006 | 2 | 0 | 0 |
| 1389882 | 1006 | 2 | 0 | 0 |
| 796394 | 999 | 8 | 1 | 0 |
| 1261785 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 1553528 | 1007 | 1 | 0 | 0 |

5.4 Tensión Armónica.- Se ha tomado datos de 10 suministros de media tensión los cuales han sido clasificados en intervalos y se cuenta el número de mediciones que pertenezcan a dicho intervalo, estos valores se encuentran en la tabla 5.4. Adicionalmente se muestra en los dibujos 5.31 al 5.40 la variación de la tensión comparada día a día durante una semana para comparar en los mismos intervalos de tiempo las variaciones que puedan aparecer. Tener en cuenta que en los dibujos se han colocado límites para visualizar si existiese alguna medición que pase lo permitido.

Tabla 5.4. Mediciones de perturbaciones (tensión armónica) clasificadas en intervalos

| CLIENTE | [0;5%] | <5%;7%] | <7%;9%] | >9% |
|---------|--------|---------|---------|-----|
| 178133 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 231226 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 647986 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 650721 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 1138877 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 1258926 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 1389882 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 796394 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 1261785 | 1008 | 0 | 0 | 0 |
| 1553528 | 1008 | 0 | 0 | 0 |

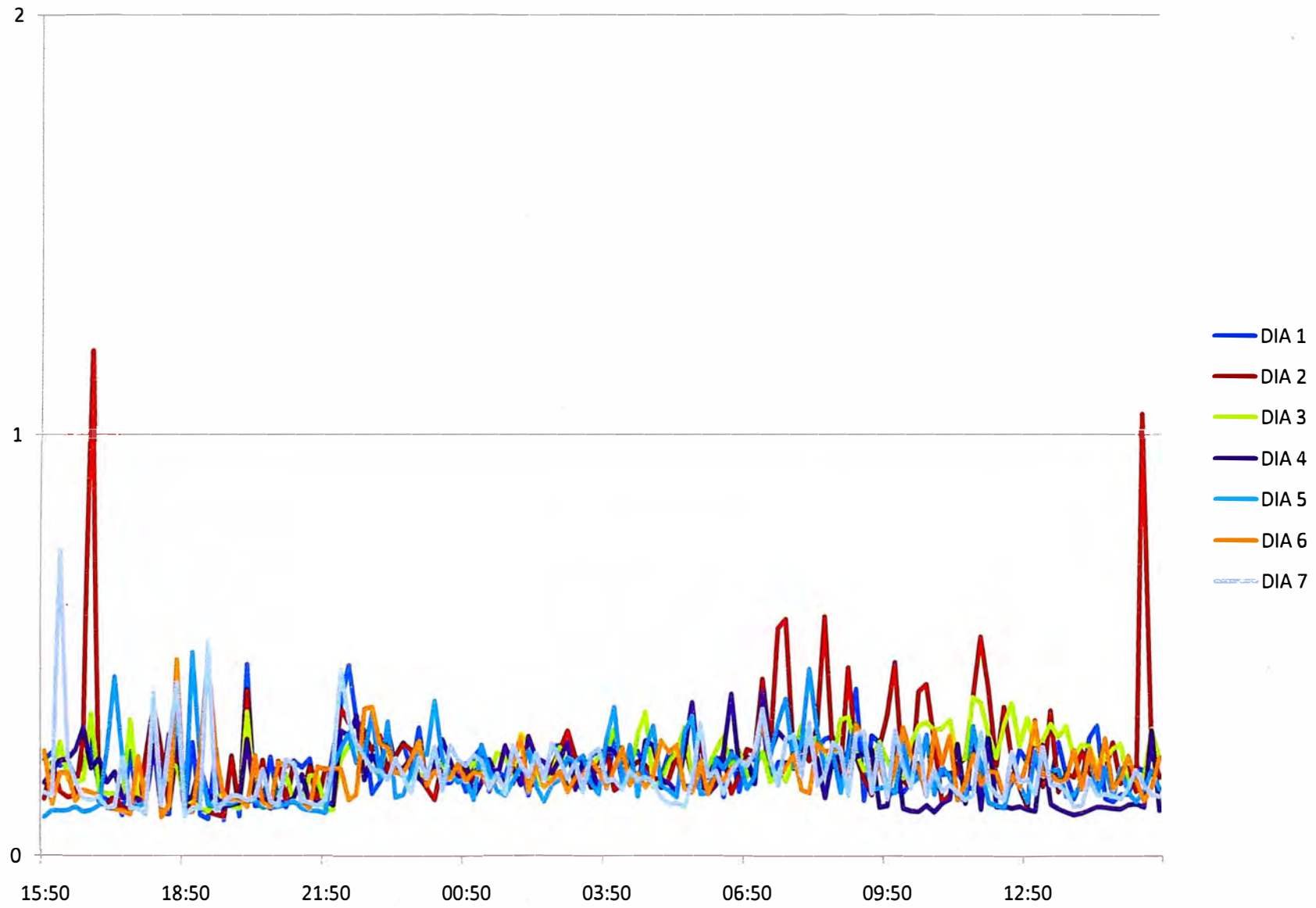


Figura 5.21. Gráfica de los valores de flicker del suministro 178133 durante una semana

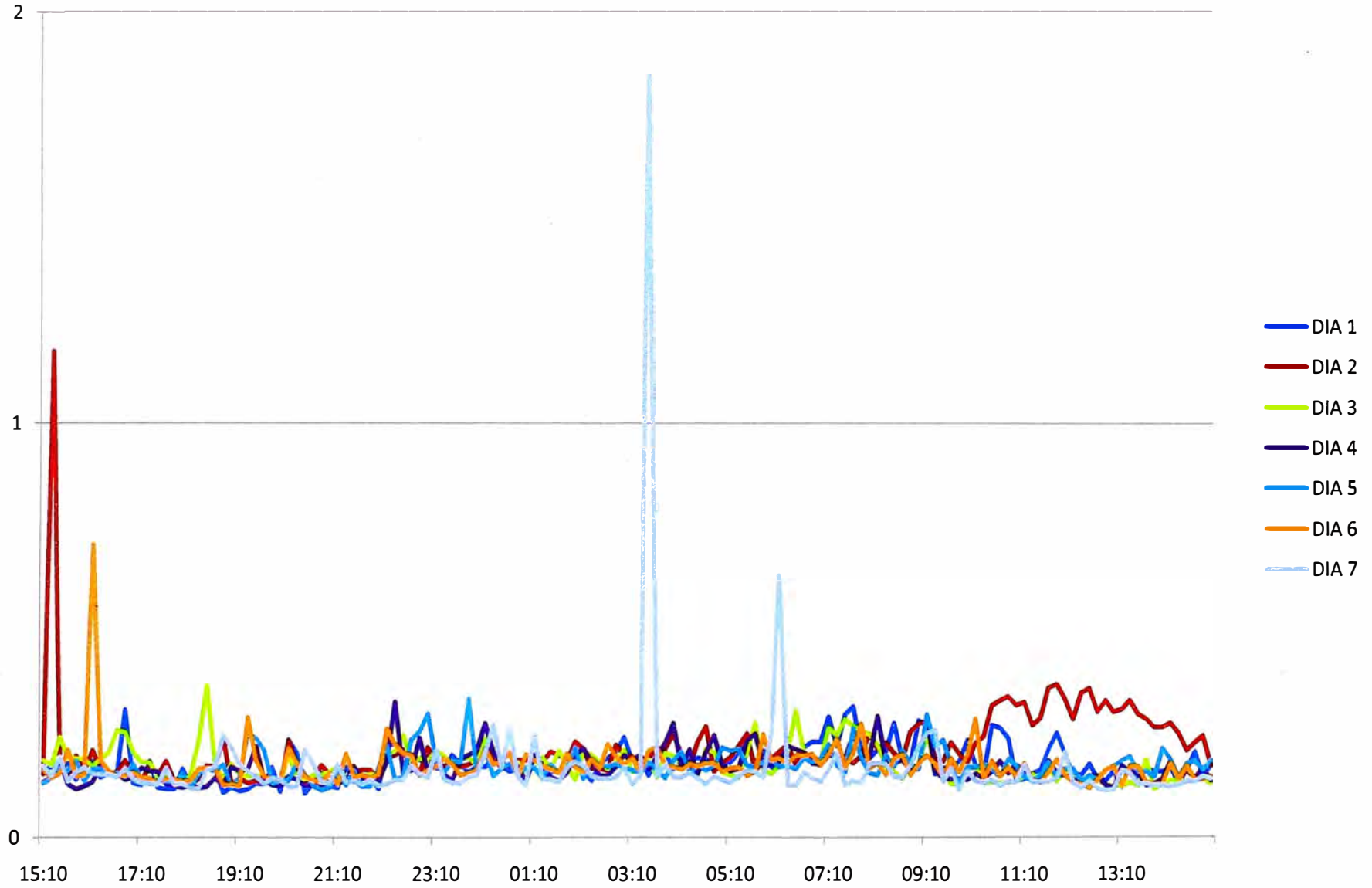


Figura 5.22. Gráfica de los valores de flicker del suministro 231226 durante una semana

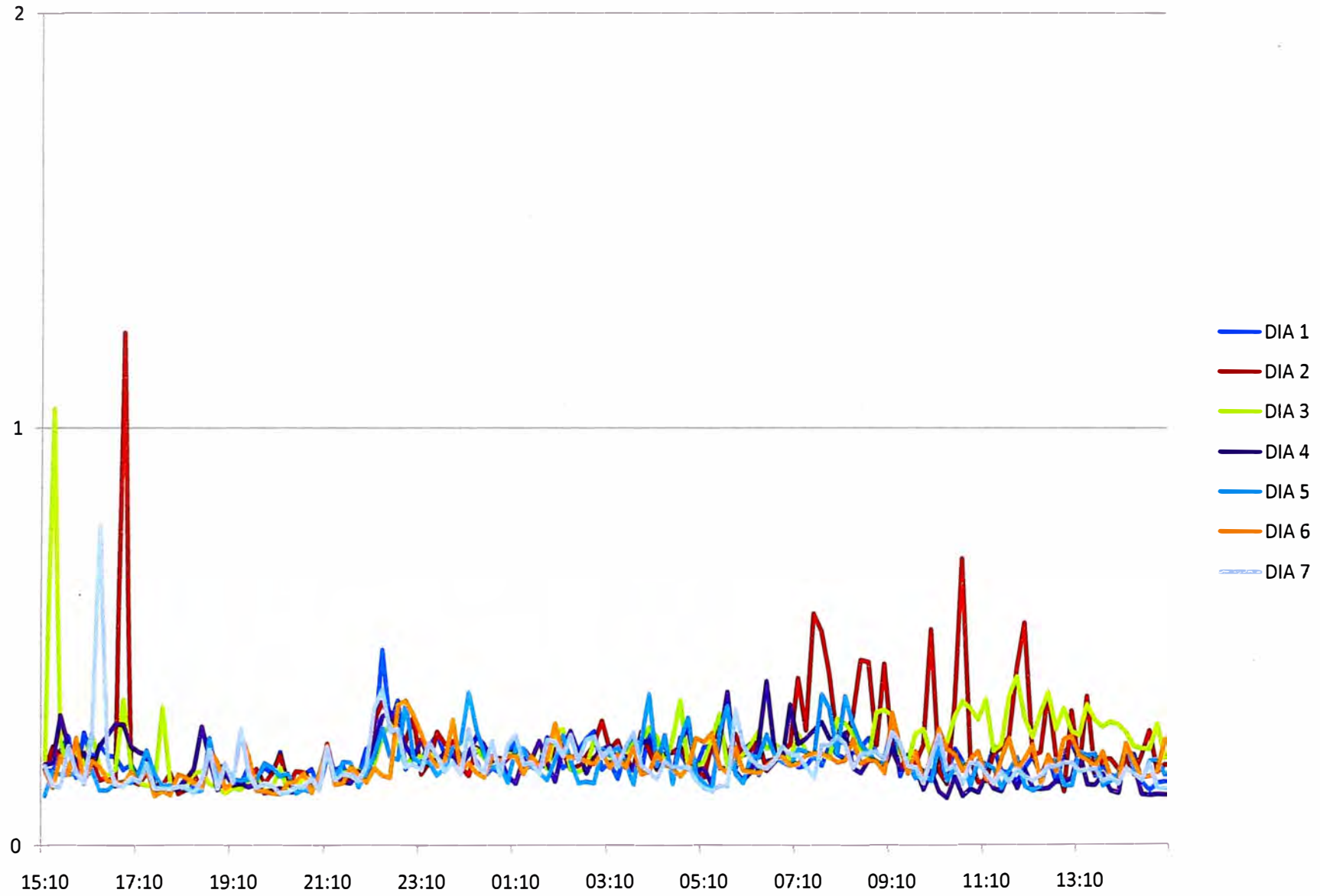


Figura 5.23. Gráfica de los valores de flicker del suministro 647986 durante una semana

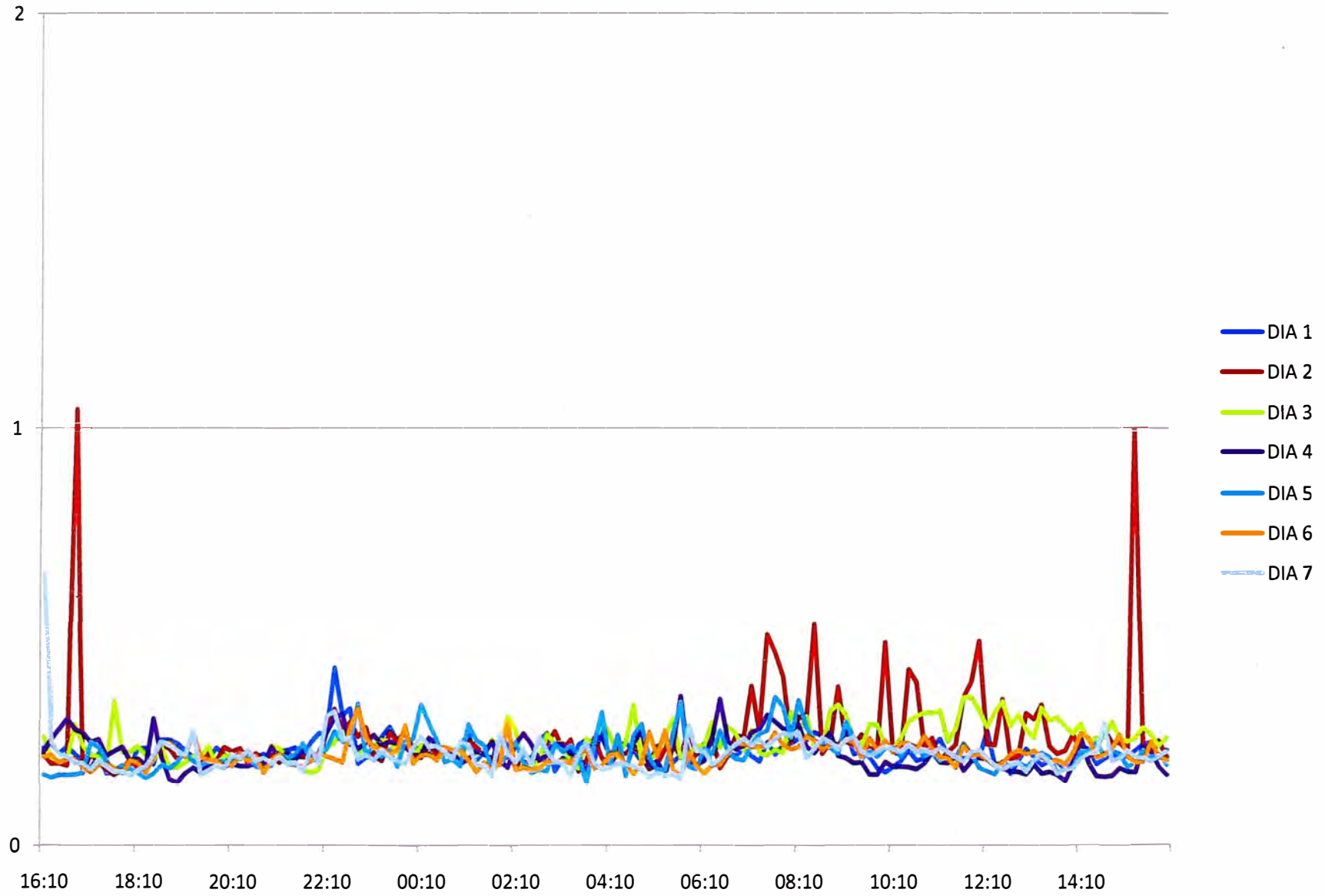


Figura 5.24. Gráfica de los valores de flicker del suministro 650721 durante una semana

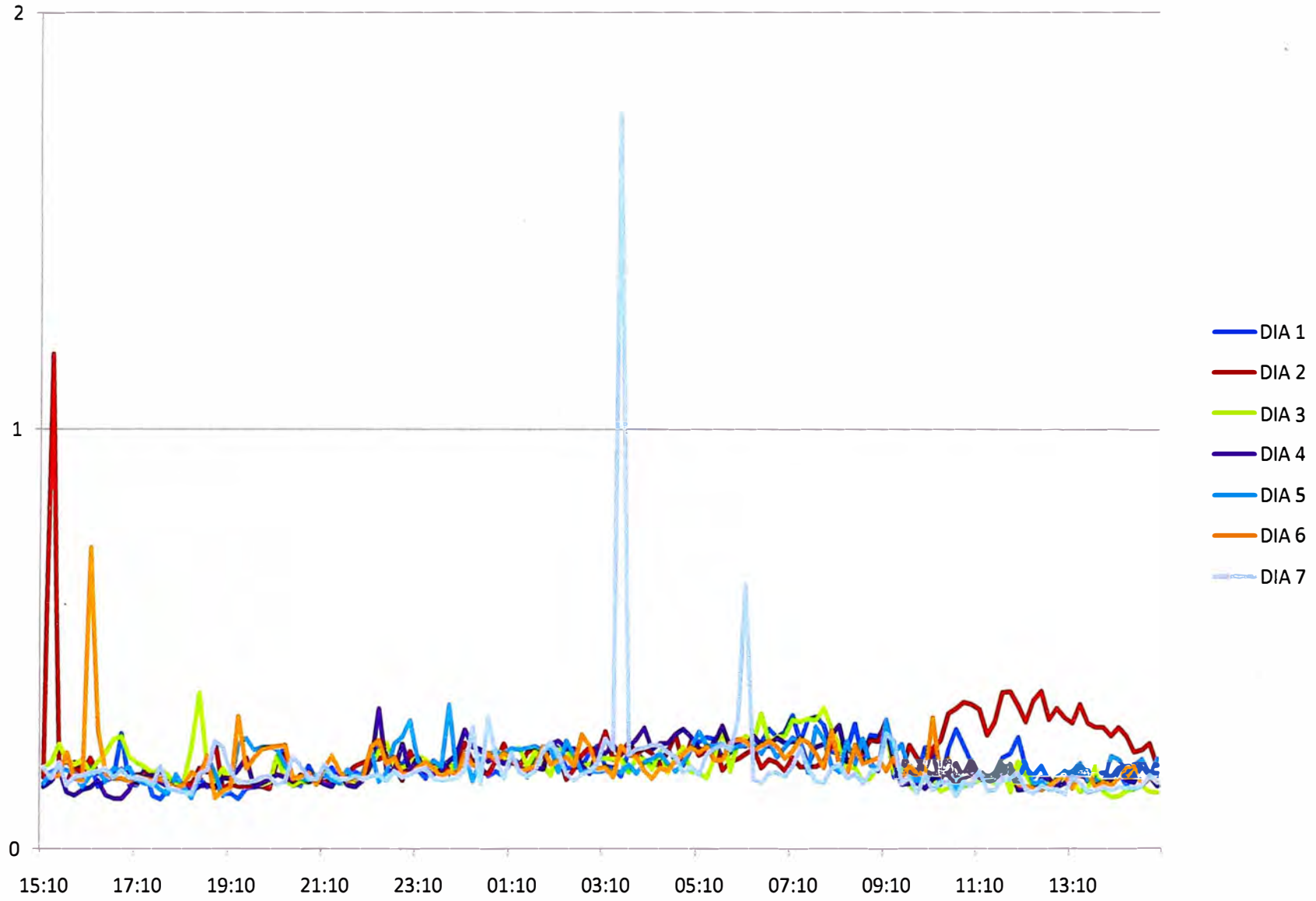


Figura 5.25. Gráfica de los valores de flicker del suministro 1138877 durante una semana

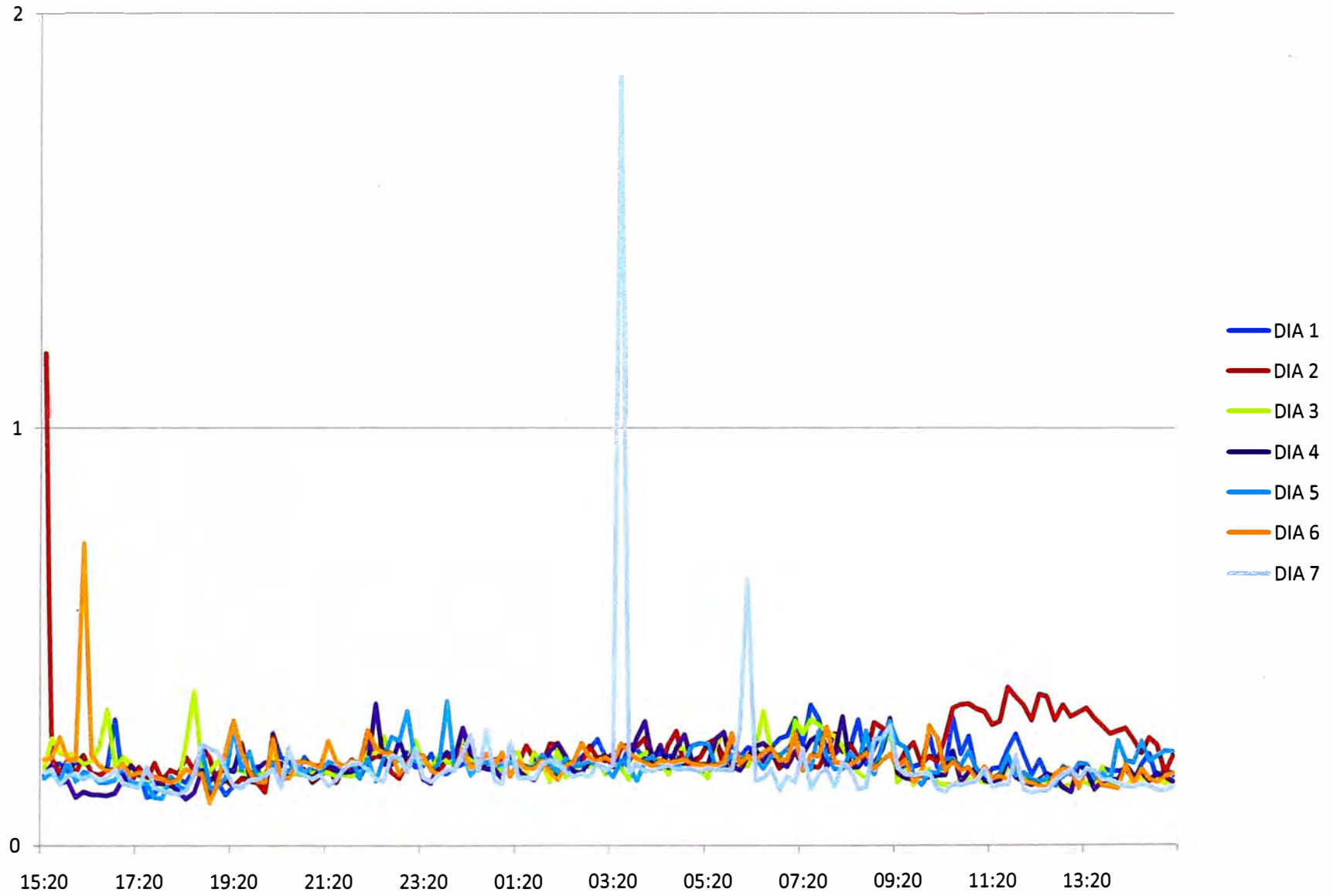


Figura 5.26. Gráfica de los valores de flicker del suministro 1258926 durante una semana

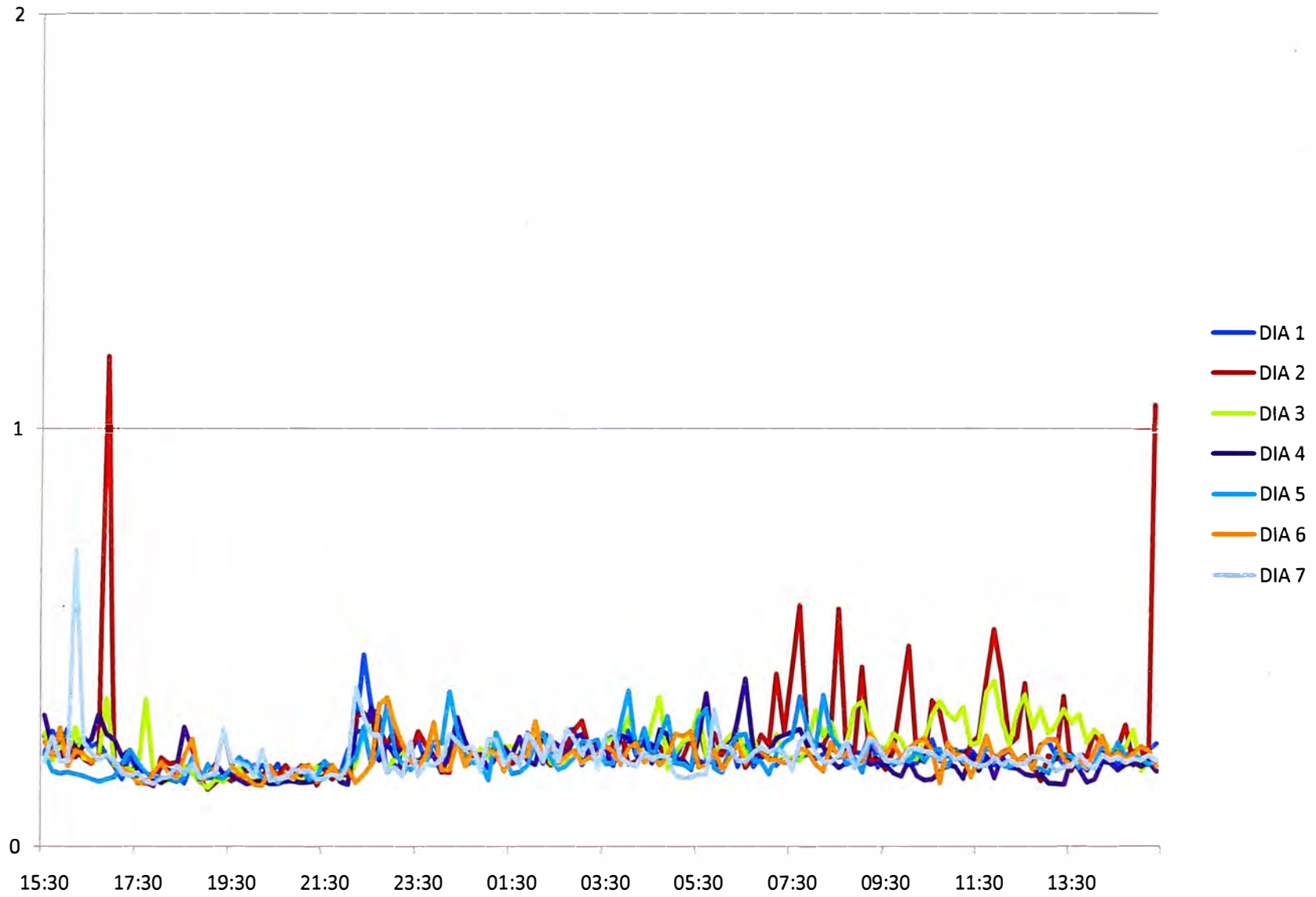


Figura 5.27. Gráfica de los valores de flicker del suministro 1389882 durante una semana

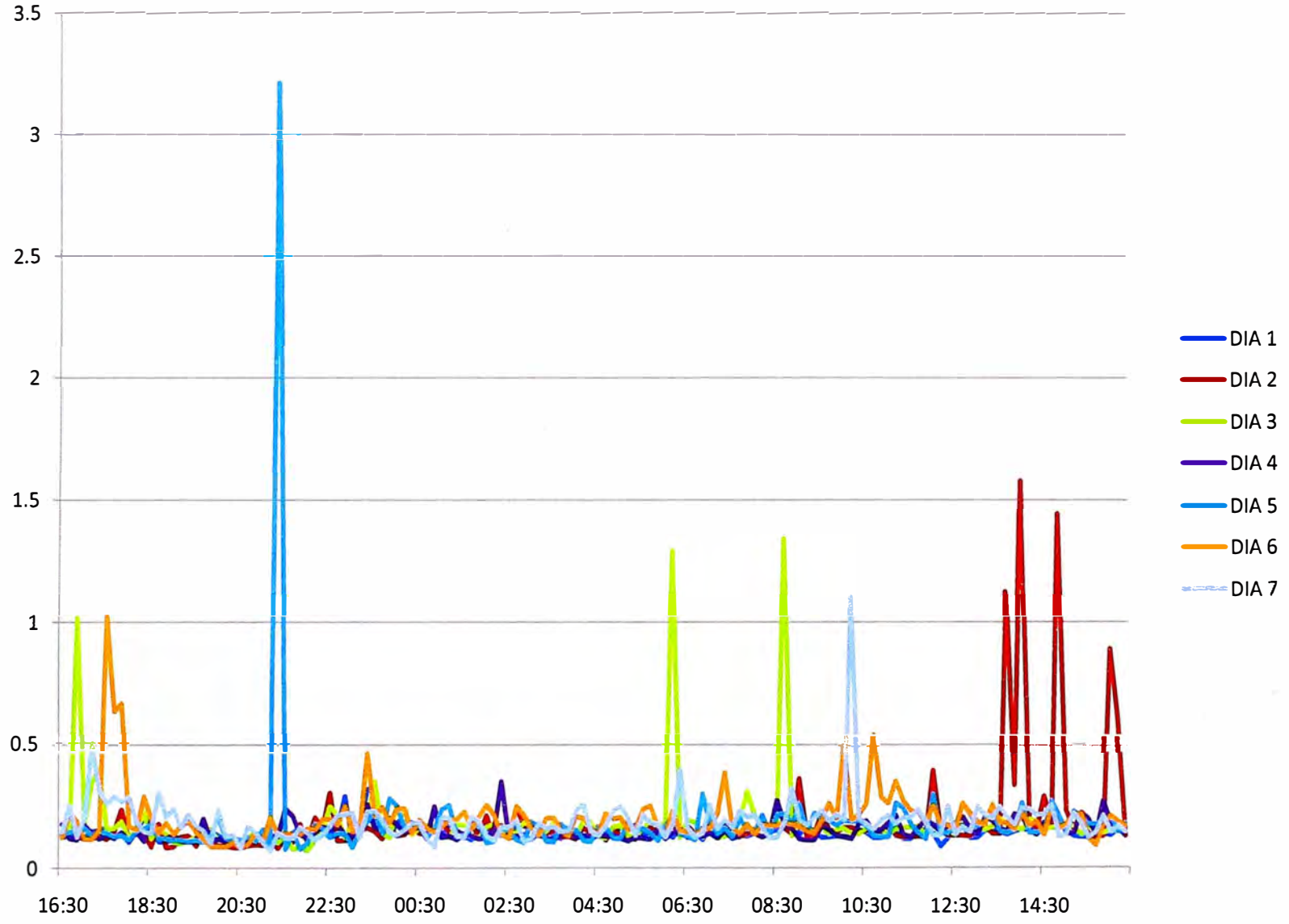


Figura 5.28. Gráfica de los valores de flicker del suministro 796394 durante una semana

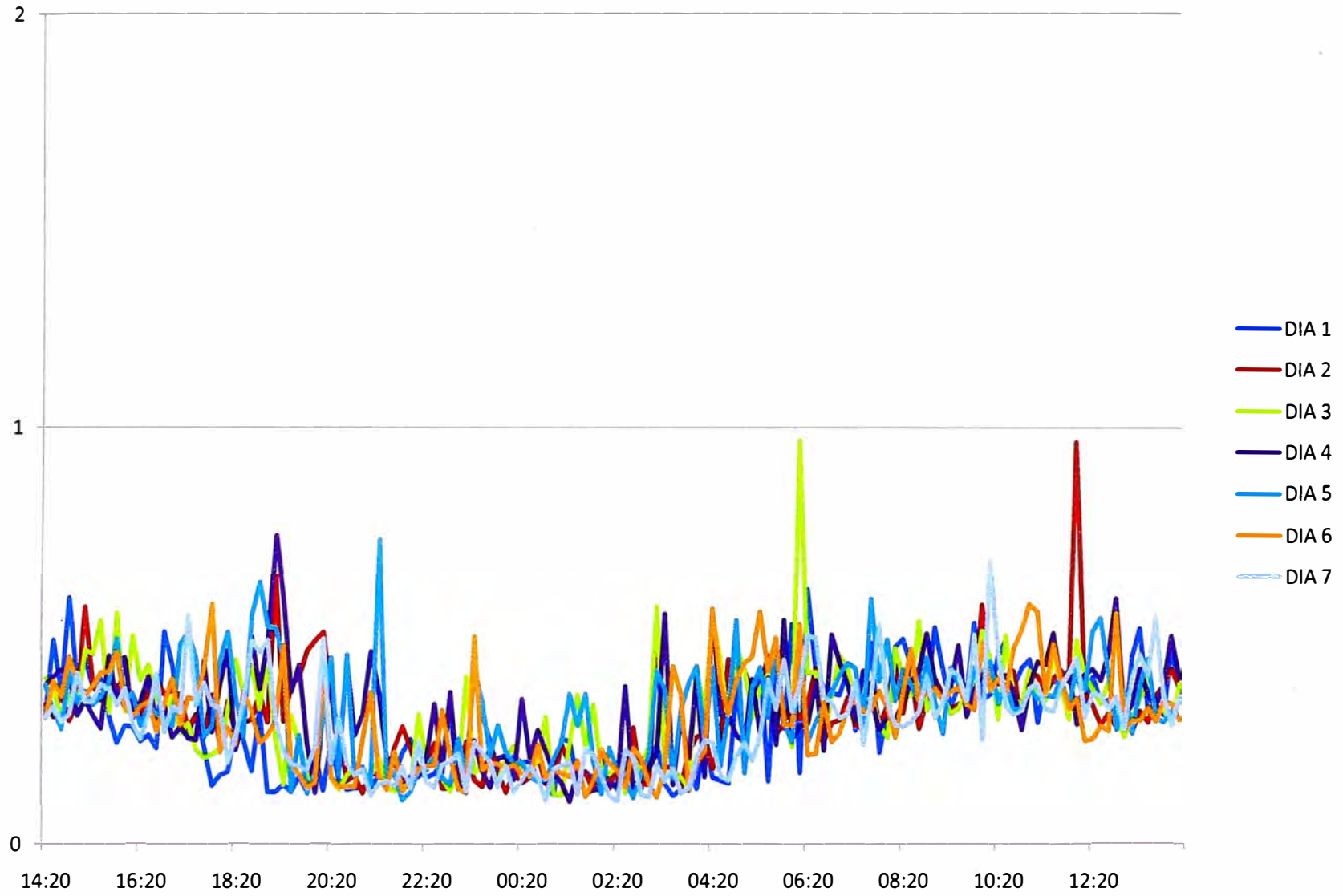


Figura 5.29. Gráfica de los valores de flicker del suministro 1261785 durante una semana

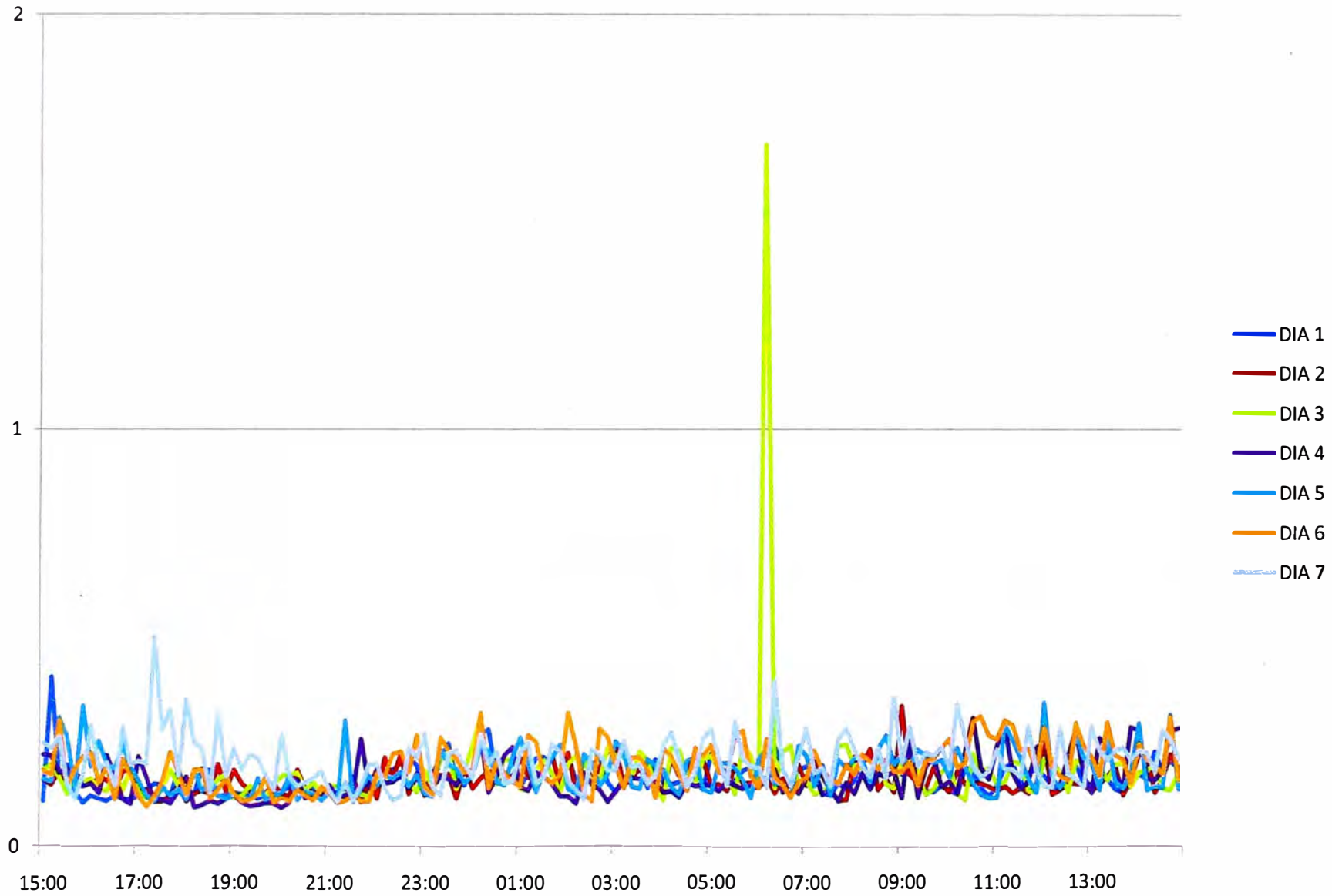


Figura 5.30. Gráfica de los valores de flicker del suministro 1553528 durante una semana

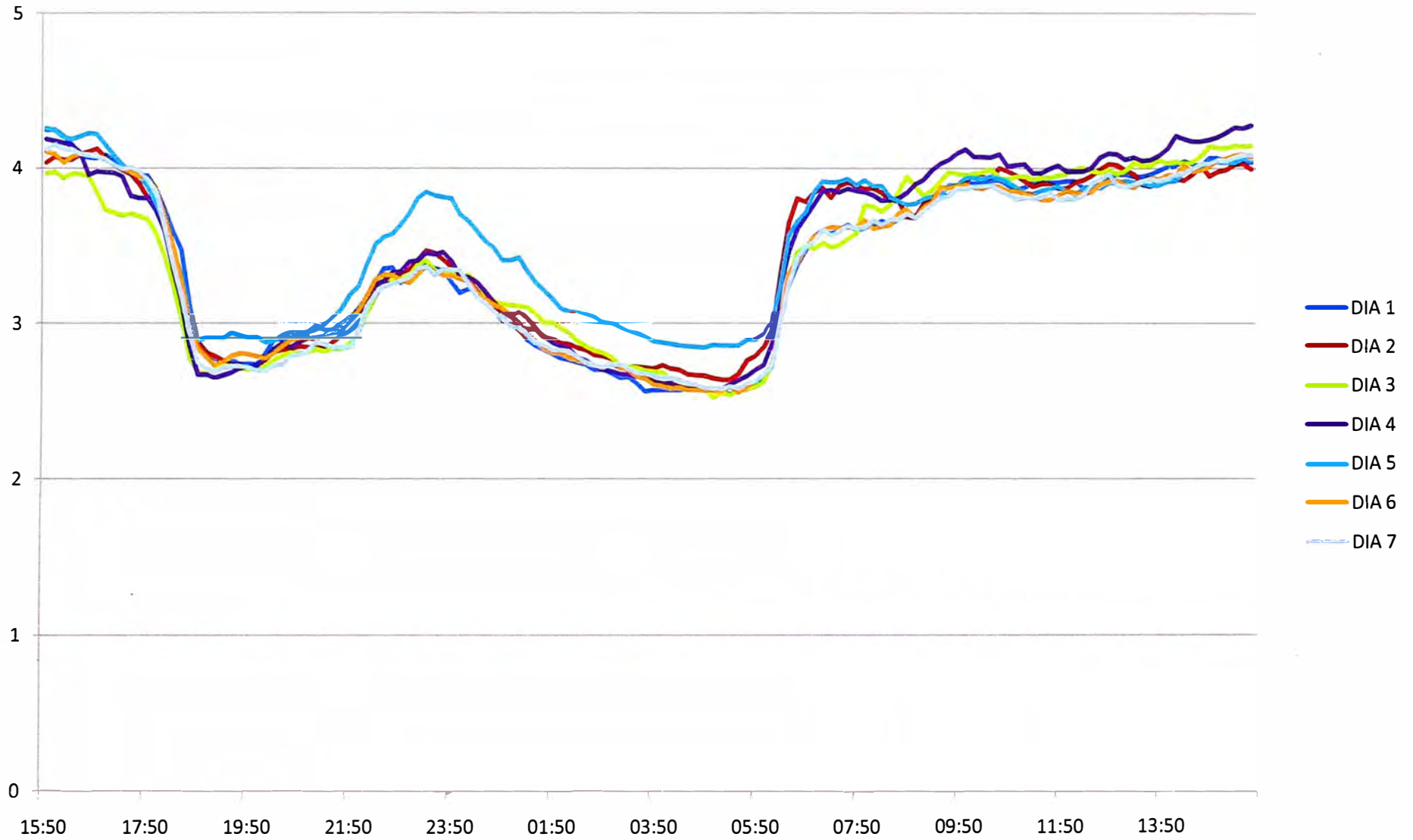


Figura 5.31. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 178133 durante una semana

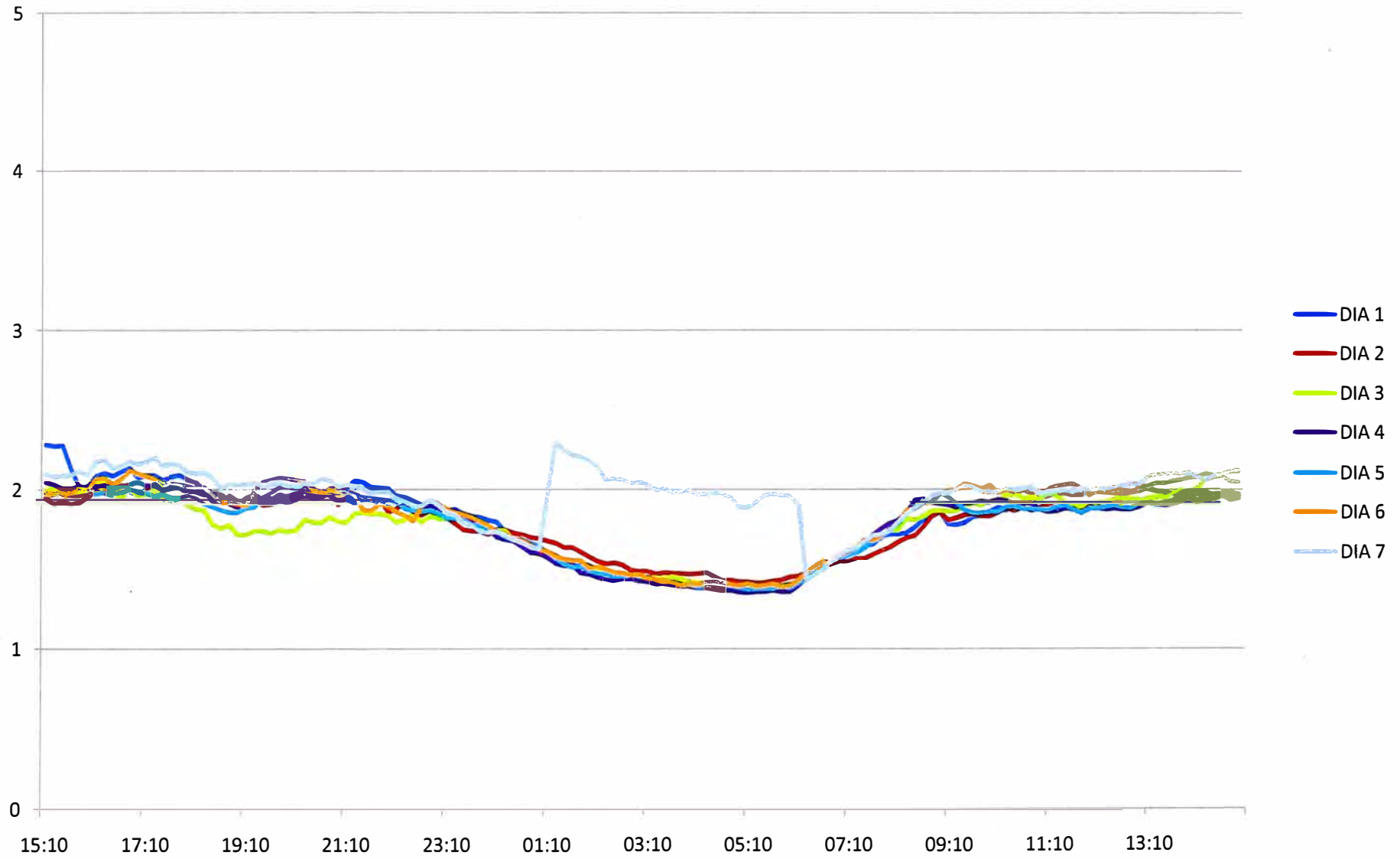


Figura 5.32. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 231226 durante una semana

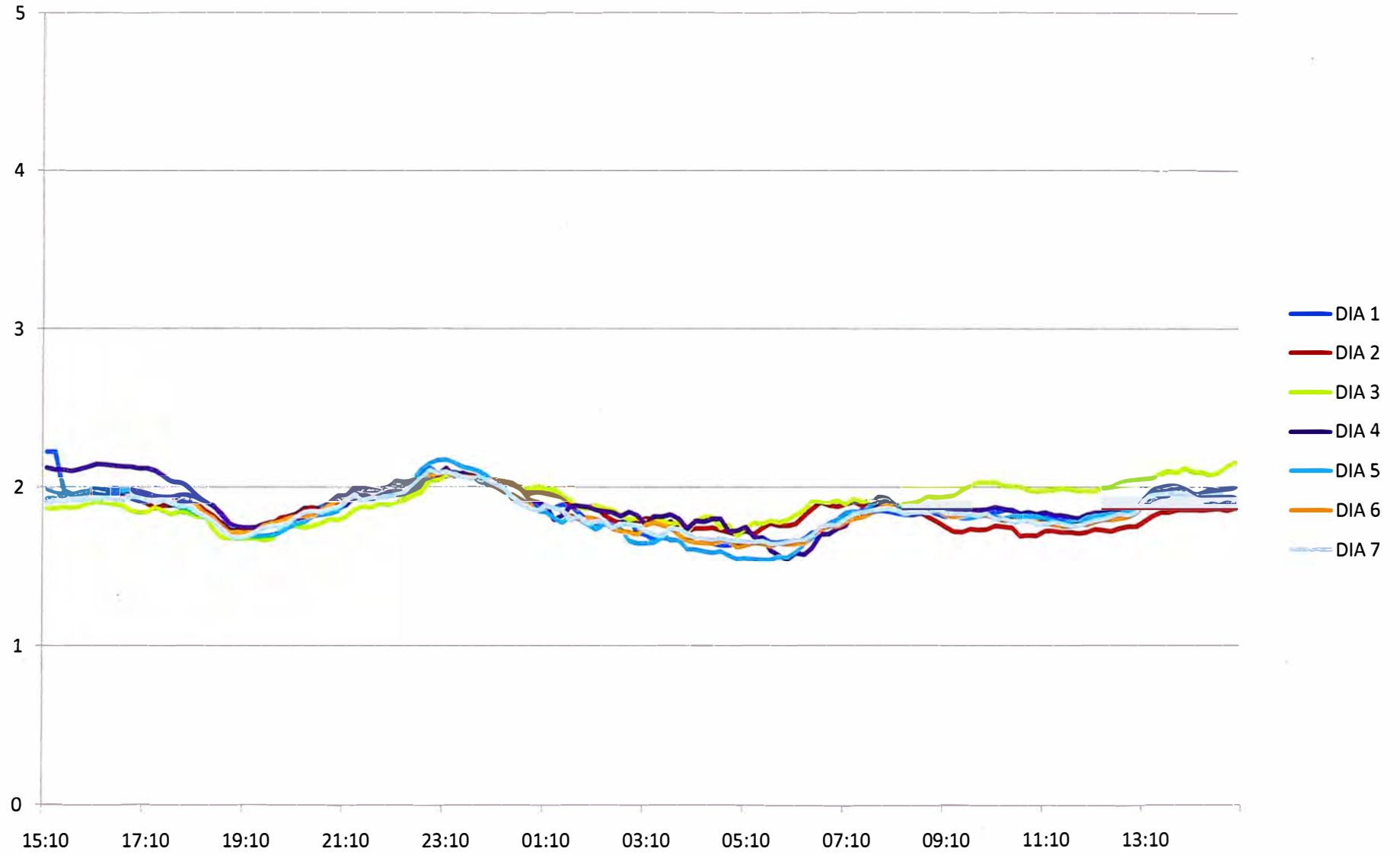


Figura 5.33. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 647986 durante una semana

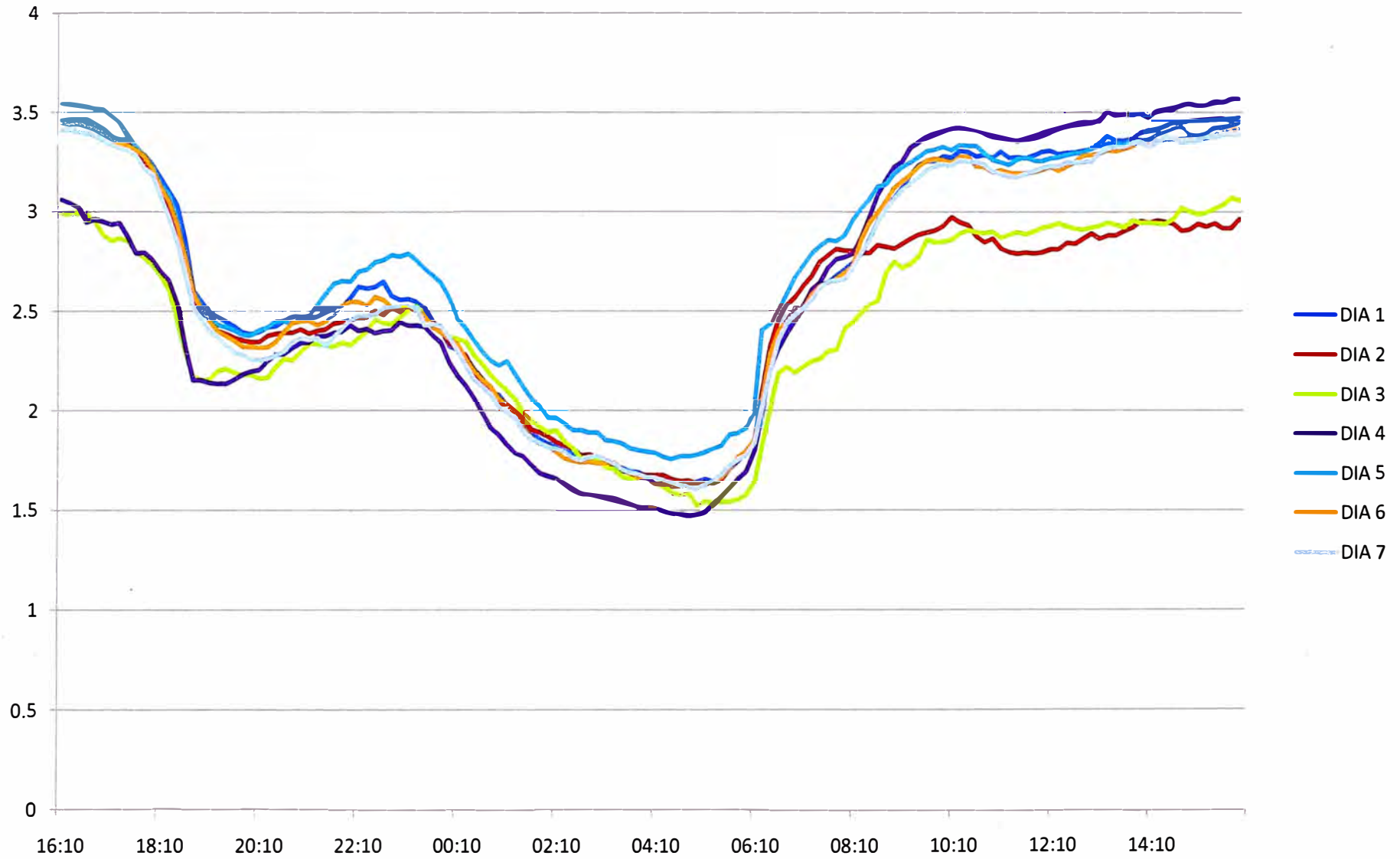


Figura 5.34. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 650721 durante una semana

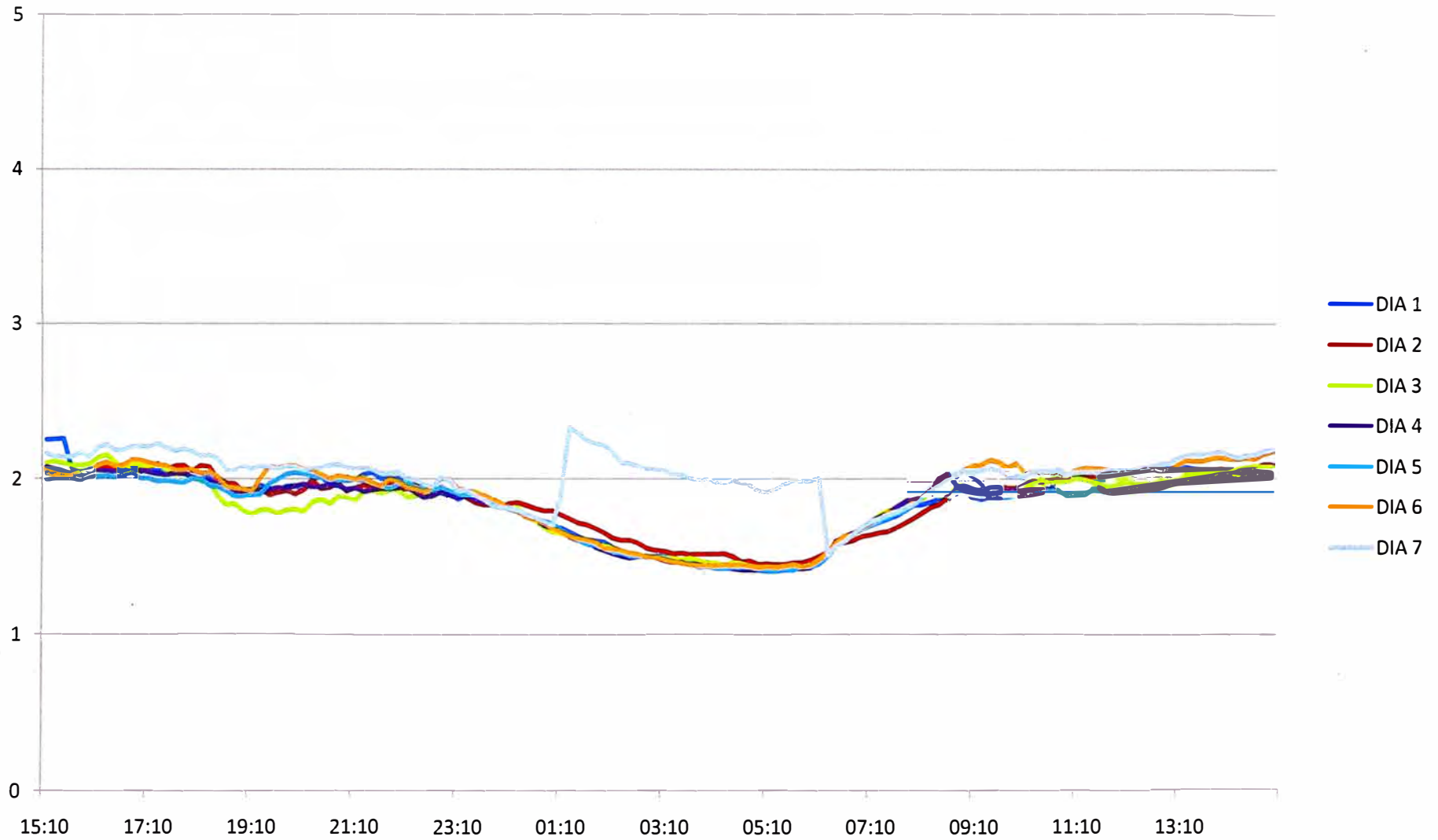


Figura 5.35. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 1138877 durante una semana

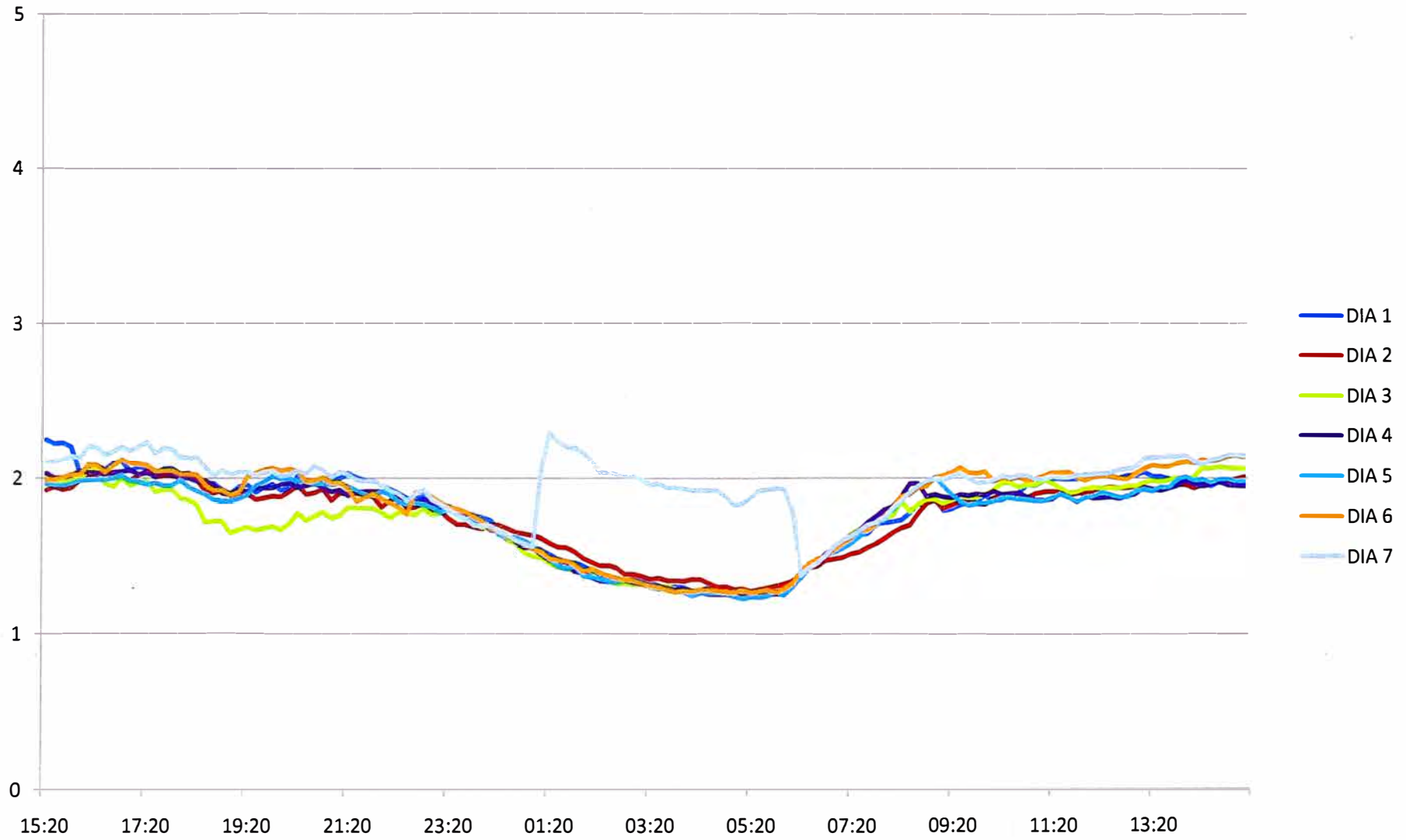


Figura 5.36. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 1258926 durante una semana

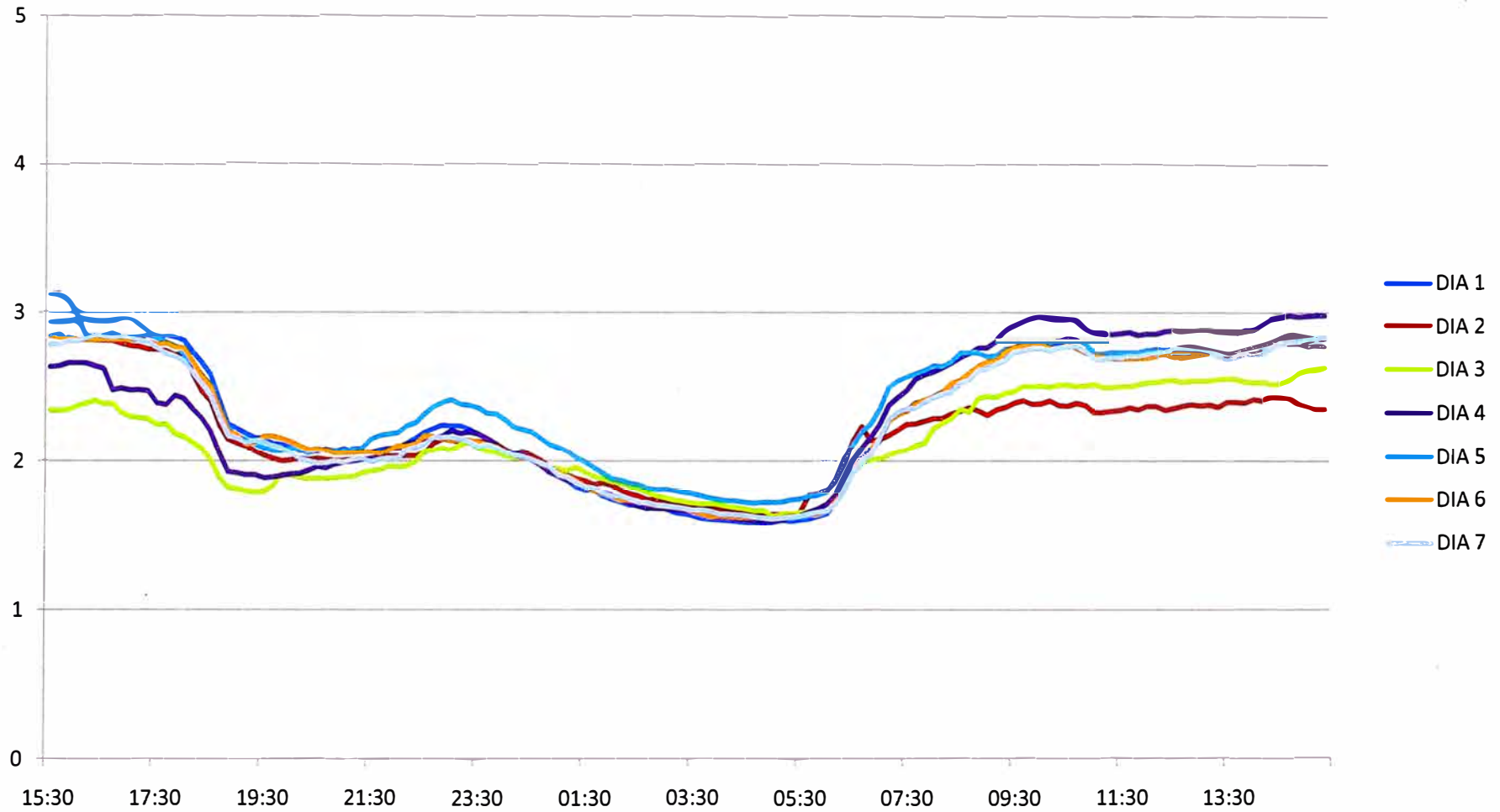


Figura 5.37. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 1389882 durante una semana

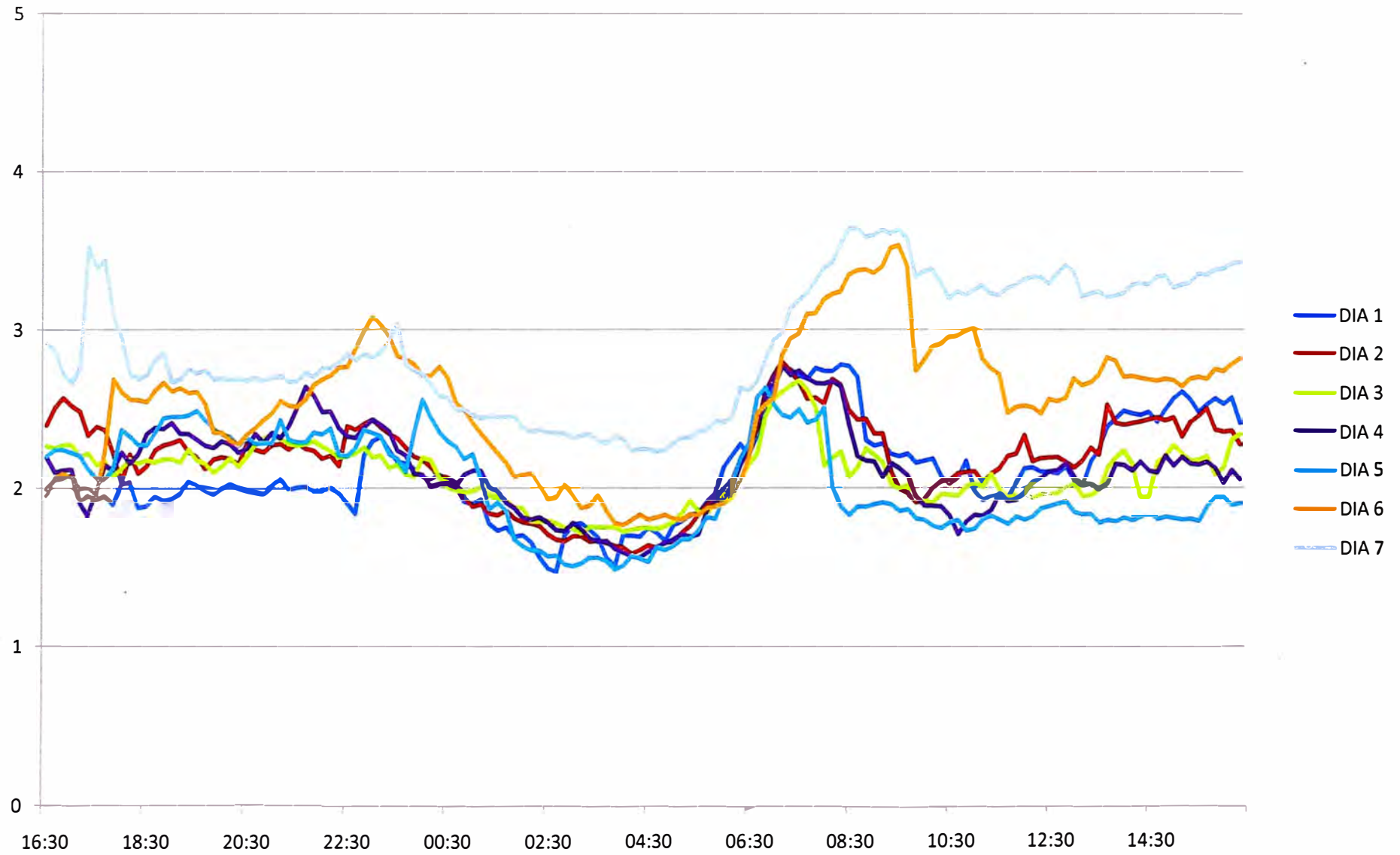


Figura 5.38. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 796394 durante una semana

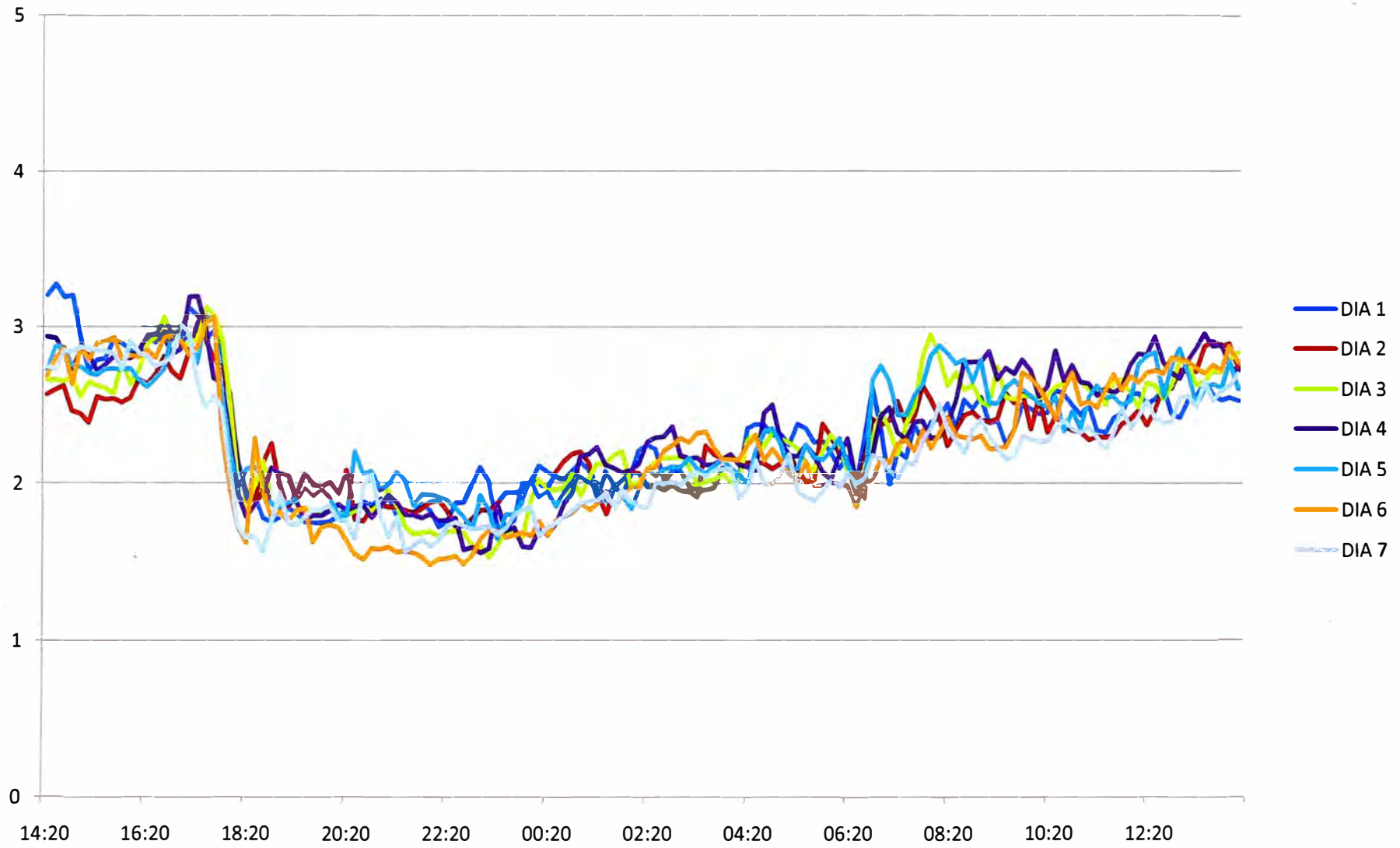


Figura 5.39. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 1261785 durante una semana

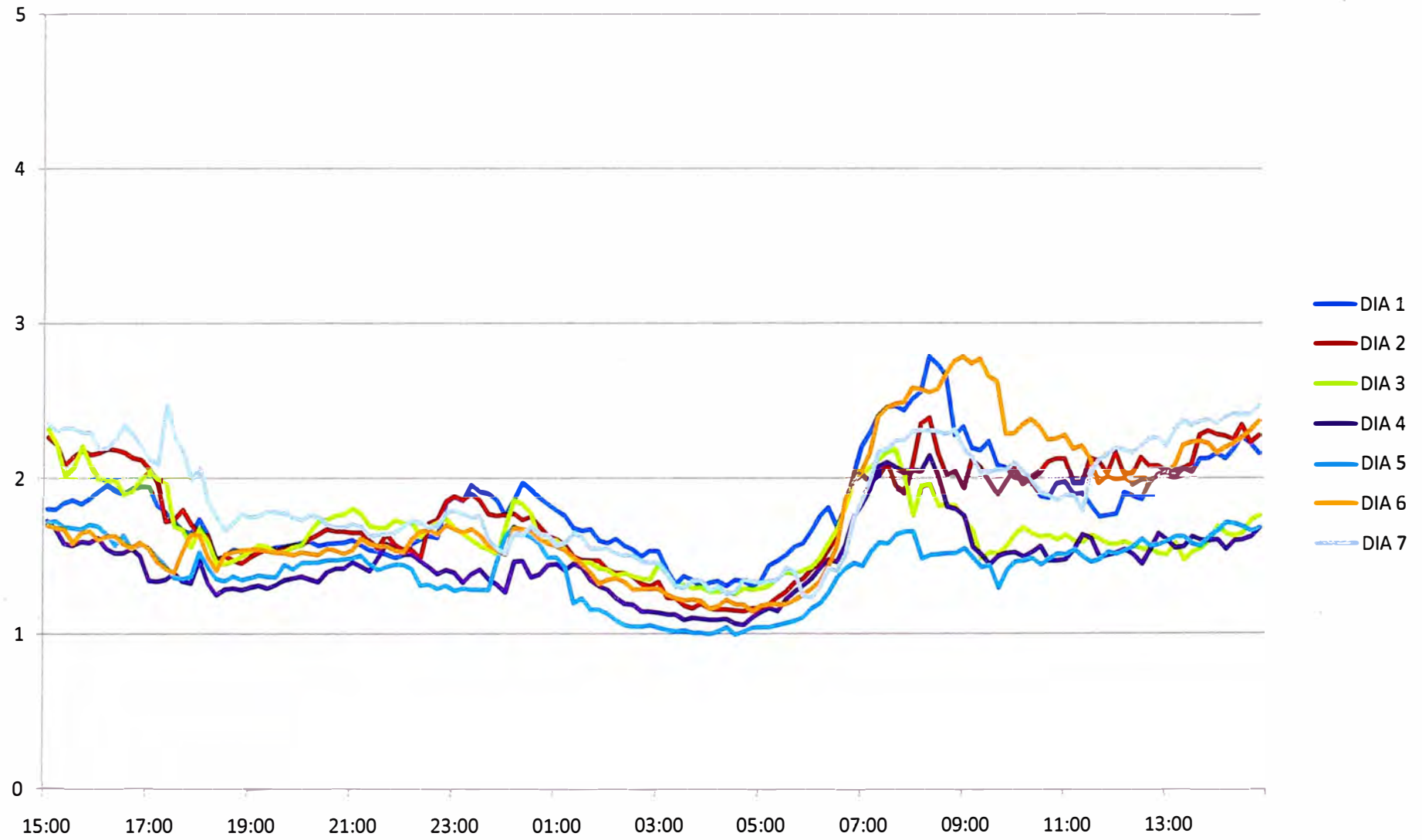


Figura 5.40. Gráfica de las tensiones armónicas del suministro 1553528 durante una semana

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se ha encontrado lo siguiente:

Tensión: En la tabla 6.1 se muestra el resumen de las mediciones realizadas en el cliente respectivo que es identificado con su número de suministro el cual se escogió de manera aleatoria.

Se encontró que:

El cliente con número de suministro 1455232 tiene dos mediciones (0,3%) fuera de rango

El cliente con número de suministro 1068200 tiene tres mediciones (0,45%) fuera de rango.

Entonces luego de utilizar la fórmula 2.1 encontramos que la cantidad de mediciones que no cumplen con la calidad de tensión es menor que lo máximo tolerable (5%) de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicio para cada suministro involucrado.

Tabla 6.1. Resultado de las mediciones de Tensión

| CLIENTES | MEDICIONES DE TENSION | | TENSION | | |
|----------------|-----------------------|-------|---------|--------|---------|
| | FUERA DE RANGO | | MAXIMO | MINIMO | NOMINAL |
| 1455232 | 2 | 0.30% | 10060 | 9450 | 10000 |
| 1391816 | 0 | 0.00% | 10120 | 9680 | 10000 |
| 315547 | 0 | 0.00% | 10130 | 9680 | 10000 |
| 1068200 | 3 | 0.45% | 9980 | 8950 | 10000 |
| 42422 | 0 | 0.00% | 10310 | 9720 | 10000 |
| 907093 | 0 | 0.00% | 10080 | 9630 | 10000 |
| 1214130 | 0 | 0.00% | 23151 | 22167 | 22900 |
| 1329196 | 0 | 0.00% | 10030 | 9660 | 10000 |
| 1495583 | 0 | 0.00% | 10040 | 9560 | 10000 |
| 1498488 | 0 | 0.00% | 10150 | 9620 | 10000 |

Para ver el pago de compensaciones debemos utilizar la fórmula 2.2 y para el cálculo respectivo nos apoyaremos en la tabla 2.1. y de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicio se tomará en cuenta la tercera etapa y por consiguiente obtenemos lo indicado en la tabla 6.2.

Tabla 6.2. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE

| SUMINISTRO | Fecha de la muestra | Tensión Máxima | ΔV_k | a | A(p) | E(p) | Monto |
|----------------|---------------------|----------------|--------------|------|------|--------------|-------------------|
| 1455232 | 11/03/2009 19:30 | 9480 | -5.20% | 0.05 | 1 | 13381.42 | \$669.07 |
| | 11/03/2009 19:45 | 9450 | -5.50% | 0.05 | 1 | 13406.51 | \$670.33 |
| 1068200 | 04/03/2009 14:15 | 8950 | -10.50% | 0.05 | 6 | 29.44 | \$8.83 |
| | 09/03/2009 19:15 | 9480 | -5.20% | 0.05 | 1 | 7276.01 | \$363.80 |
| | 09/03/2009 19:30 | 9420 | -5.80% | 0.05 | 1 | 7292.77 | \$364.64 |
| | | | | | | Total | \$2,076.67 |

Seguidamente de acuerdo al numeral 5.1.2 de la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico no se pagará compensación.

Frecuencia: En la tabla 6.3 se está mostrando el resumen de las mediciones realizadas a clientes tomados de manera aleatoria para poder compararlos con la Norma Técnica de Calidad de Servicio en el parámetro de frecuencia.

Se concluye que no supera el 5% de mediciones que están sobre los valores tolerables considerados en la Norma Técnica de Calidad de Servicio.

Tabla 6.3. Resultado de las mediciones de frecuencia

| CLIENTES | FUERA DE RANGO | | MAXIMO | MINIMO | Cumple |
|-----------------|----------------|-------|--------|--------|--------|
| 94498 | 13 | 1.93% | 60.3 | 59 | SI |
| 15221138 | 0 | 0.00% | 60.3 | 59.7 | SI |
| 1455232 | 12 | 1.79% | 60.3 | 59 | SI |
| 1391816 | 12 | 1.79% | 60.3 | 59 | SI |
| 1371453 | 12 | 1.79% | 60.3 | 59 | SI |
| 1312554 | 15 | 2.23% | 60.3 | 59.3 | SI |
| 190357 | 19 | 2.83% | 60.3 | 59 | SI |
| 868130 | 13 | 1.93% | 60.3 | 59 | SI |
| 870795 | 19 | 2.83% | 60.3 | 59.3 | SI |
| 1521545 | 19 | 2.83% | 60.3 | 59 | SI |

Utilizando la fórmula 2.4 pasamos a calcular las compensaciones a pagar por parte de la distribuidora, lo cual pasamos a mostrar desde la tabla 6.4 a la tabla 6.11.

Tener en cuenta que en las tablas se muestra el pago por cliente y las mediciones que superan lo tolerable.

Pero de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicio el tiempo de estar fuera del rango de valores tolerables no supera el 3% por lo tanto no se paga compensación alguna a los clientes.

Tabla 6.4. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 94498 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|------------|
| 07/03/2009 10:30 | 59.2 | -1.33% | 0.05 | 10 | 999.16 | \$499.58 |
| 07/03/2009 10:45 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 106.666 | \$533.33 |
| 07/03/2009 12:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1023.444 | \$51.17 |
| 09/03/2009 13:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1039.482 | \$51.97 |
| 09/03/2009 14:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1054.832 | \$52.74 |
| 09/03/2009 15:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1071.617 | \$53.58 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1089.897 | \$54.49 |
| 09/03/2009 19:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1110.249 | \$55.51 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1132.376 | \$56.62 |
| 09/03/2009 21:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1154.425 | \$57.72 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1177.621 | \$58.88 |
| 10/03/2009 01:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1200.342 | \$60.02 |
| 10/03/2009 08:00 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1223.86 | \$61.19 |
| | | | | | Total | \$1,646.82 |

Tabla 6.5. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 870795 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|------------|
| 04/03/2009 19:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1096.798 | \$54.84 |
| 04/03/2009 19:15 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1117.399 | \$558.70 |
| 04/03/2009 19:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1137.562 | \$56.88 |
| 04/03/2009 20:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1157.497 | \$57.87 |
| 04/03/2009 20:30 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1177.616 | \$588.81 |
| 04/03/2009 20:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1197.403 | \$59.87 |
| 05/03/2009 11:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1217.441 | \$60.87 |
| 07/03/2009 10:37 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 1 | 1229.693 | \$61.48 |
| 07/03/2009 13:00 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1232.011 | \$61.60 |
| 09/03/2009 14:00 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1234.337 | \$61.72 |
| 09/03/2009 14:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1236.674 | \$61.83 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1238.936 | \$61.95 |
| 09/03/2009 15:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1241.058 | \$62.05 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1243.302 | \$62.17 |
| 09/03/2009 19:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1245.492 | \$62.27 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1247.634 | \$62.38 |
| 09/03/2009 21:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1249.81 | \$62.49 |
| 10/03/2009 01:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1251.856 | \$62.59 |
| 10/03/2009 08:15 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1253.958 | \$62.70 |
| | | | | | Total | \$2,183.08 |

Tabla 6.5. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 1455232 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|------------|
| 07/03/2009 10:30 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 247.926 | \$123.96 |
| 07/03/2009 10:45 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 272.281 | \$1,361.41 |
| 07/03/2009 12:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1296.416 | \$64.82 |
| 09/03/2009 14:00 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1321.837 | \$66.09 |
| 09/03/2009 15:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1345.52 | \$67.28 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1369.976 | \$68.50 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1394.057 | \$69.70 |
| 09/03/2009 21:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1418.642 | \$70.93 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1444.159 | \$72.21 |
| 10/03/2009 01:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1469.515 | \$73.48 |
| 10/03/2009 08:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1494.105 | \$74.71 |
| 12/03/2009 18:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1519.491 | \$75.97 |
| | | | | | Total | \$2,189.05 |

Tabla 6.6. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 1521545 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|------------|
| 04/03/2009 11:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1256.196 | \$62.81 |
| 04/03/2009 19:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1258.327 | \$62.92 |
| 04/03/2009 19:15 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1260.566 | \$630.28 |
| 04/03/2009 19:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1262.74 | \$63.14 |
| 04/03/2009 20:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1264.944 | \$63.25 |
| 04/03/2009 20:30 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1267.066 | \$633.53 |
| 04/03/2009 20:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1269.321 | \$63.47 |
| 05/03/2009 11:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1271.462 | \$63.57 |
| 07/03/2009 10:45 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1273.654 | \$636.83 |
| 07/03/2009 11:00 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 1275.797 | \$6,378.99 |
| 07/03/2009 13:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1278.064 | \$63.90 |
| 09/03/2009 14:15 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1280.3 | \$64.02 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1282.473 | \$64.12 |
| 09/03/2009 15:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1285.171 | \$64.26 |
| 09/03/2009 19:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1288.165 | \$64.41 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1295.037 | \$64.75 |
| 09/03/2009 21:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1304.441 | \$65.22 |
| 10/03/2009 01:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1313.976 | \$65.70 |
| 10/03/2009 08:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1323.438 | \$66.17 |
| | | | | | Total | \$9,241.33 |

Tabla 6.7. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 1391816 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|------------|
| 07/03/2009 10:30 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1546.151 | \$773.08 |
| 07/03/2009 10:45 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 1570.846 | \$7,854.23 |
| 07/03/2009 12:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1594.791 | \$79.74 |
| 09/03/2009 14:00 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1619.601 | \$80.98 |
| 09/03/2009 15:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1643.119 | \$82.16 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1668.13 | \$83.41 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1694.025 | \$84.70 |
| 09/03/2009 21:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1720.462 | \$86.02 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1745.839 | \$87.29 |
| 10/03/2009 01:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1772.719 | \$88.64 |
| 10/03/2009 08:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1799.687 | \$89.98 |
| 12/03/2009 18:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1826.056 | \$91.30 |
| Total | | | | | | \$9,481.53 |

Tabla 6.8. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 190357 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|---------|------------|
| 04/03/2009 11:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 378.045 | \$18.90 |
| 04/03/2009 19:00 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 398.143 | \$19.91 |
| 04/03/2009 19:15 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 418.085 | \$209.04 |
| 04/03/2009 19:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 437.952 | \$21.90 |
| 04/03/2009 20:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 457.735 | \$22.89 |
| 04/03/2009 20:30 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 477.117 | \$238.56 |
| 04/03/2009 20:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 496.629 | \$24.83 |
| 05/03/2009 11:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 516.402 | \$25.82 |
| 07/03/2009 10:45 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 535.743 | \$26.79 |
| 07/03/2009 11:00 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 554.385 | \$2,771.93 |
| 07/03/2009 13:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 576.619 | \$28.83 |
| 09/03/2009 14:15 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 599.821 | \$29.99 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 622.843 | \$31.14 |
| 09/03/2009 15:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 646.067 | \$32.30 |
| 09/03/2009 19:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 669.582 | \$33.48 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 693.573 | \$34.68 |
| 09/03/2009 21:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 717.512 | \$35.88 |
| 10/03/2009 01:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 741.224 | \$37.06 |
| 10/03/2009 08:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 764.851 | \$38.24 |
| Total | | | | | | \$3,682.16 |

Tabla 6.9. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 1371453 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|-------------------|
| 07/03/2009 10:30 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 1851.83 | \$925.92 |
| 07/03/2009 10:45 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 176.926 | \$884.63 |
| 07/03/2009 12:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1901.4 | \$95.07 |
| 09/03/2009 14:00 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1926.353 | \$96.32 |
| 09/03/2009 15:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 1951.833 | \$97.59 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1976.77 | \$98.84 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1999.735 | \$99.99 |
| 09/03/2009 21:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 2025.23 | \$101.26 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 25.001 | \$1.25 |
| 10/03/2009 01:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 39.49 | \$1.97 |
| 10/03/2009 08:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 53.688 | \$2.68 |
| 12/03/2009 18:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 70.783 | \$3.54 |
| Total | | | | | | \$2,409.06 |

Tabla 6.10. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE para el suministro 1312554 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|---------|-----------------|
| 04/03/2009 18:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 88.692 | \$4.43 |
| 04/03/2009 19:00 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 106.362 | \$5.32 |
| 04/03/2009 19:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 124.096 | \$6.20 |
| 04/03/2009 20:00 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 142.339 | \$7.12 |
| 04/03/2009 20:15 | 59.3 | -1.17% | 0.05 | 10 | 160.34 | \$80.17 |
| 04/03/2009 20:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 178.519 | \$8.93 |
| 07/03/2009 10:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 196.39 | \$9.82 |
| 09/03/2009 12:00 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 215.929 | \$10.80 |
| 09/03/2009 13:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 236.563 | \$11.83 |
| 09/03/2009 13:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 257.135 | \$12.86 |
| 09/03/2009 17:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 277.67 | \$13.88 |
| 09/03/2009 19:15 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 297.831 | \$14.89 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 318.278 | \$15.91 |
| 09/03/2009 23:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 338.124 | \$16.91 |
| 10/03/2009 06:00 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 358.41 | \$17.92 |
| Total | | | | | | \$236.99 |

Flicker: En la tabla 6.12 se está mostrando el resumen de las mediciones realizadas a clientes tomados de manera aleatoria para poder compararlos con la Norma Técnica de Calidad de Servicio en el parámetro de perturbaciones (flicker).

Se concluye que no supera el 5% de mediciones que están sobre los valores tolerables considerados en la Norma Técnica de Calidad de Servicio.

Utilizando la fórmula 3.2 pasamos a calcular las compensaciones a pagar por parte de la distribuidora, lo cual pasamos a mostrar en la tabla 6.13.

Tener en cuenta que en las tablas se muestra el pago por cliente y las mediciones que superan lo tolerable.

Pero de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicio el tiempo de estar fuera del rango de valores tolerables no supera el 3% por lo tanto no se paga compensación alguna a los clientes.

Tabla 6.11. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE el suministro 868130 que están fuera de rango

| Fecha de la muestra | Frecuencia (Hz) | Δf_k | b | B(p) | E(p) | Monto |
|---------------------|-----------------|--------------|------|------|----------|------------|
| 07/03/2009 10:45 | 59.2 | -1.33% | 0.05 | 10 | 789.35 | \$394.68 |
| 07/03/2009 11:00 | 59 | -1.67% | 0.05 | 100 | 129.34 | \$646.70 |
| 07/03/2009 13:00 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 838.137 | \$41.91 |
| 09/03/2009 14:00 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 862.6 | \$43.13 |
| 09/03/2009 14:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 886.761 | \$44.34 |
| 09/03/2009 15:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 910.637 | \$45.53 |
| 09/03/2009 15:45 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 934.473 | \$46.72 |
| 09/03/2009 19:30 | 59.6 | -0.67% | 0.05 | 1 | 958.191 | \$47.91 |
| 09/03/2009 19:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 982.058 | \$49.10 |
| 09/03/2009 21:30 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1006.128 | \$50.31 |
| 09/03/2009 21:45 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1029.45 | \$51.47 |
| 10/03/2009 01:15 | 59.5 | -0.83% | 0.05 | 1 | 1051.89 | \$52.59 |
| 10/03/2009 08:15 | 59.4 | -1.00% | 0.05 | 1 | 1074.792 | \$53.74 |
| | | | | | Total | \$1,568.13 |

Tabla 6.12. Resultado de las mediciones de PST

| CLIENTES | FUERA DE RANGO | MAXIMO | MINIMO | Cumple |
|----------|----------------|--------|---------|--------|
| 178133 | 2 | 0.20% | 1.19833 | SI |
| 231226 | 2 | 0.20% | 1.84426 | SI |
| 647986 | 2 | 0.20% | 1.22904 | SI |
| 650721 | 1 | 0.10% | 1.04389 | SI |
| 1138877 | 2 | 0.20% | 1.75608 | SI |
| 1258926 | 2 | 0.20% | 1.84635 | SI |
| 1389882 | 2 | 0.20% | 1.17337 | SI |
| 796394 | 8 | 0.79% | 3.21058 | SI |
| 1261785 | 0 | 0.00% | 0.96843 | SI |
| 1553528 | 1 | 0.10% | 1.68513 | SI |

Utilizando la fórmula 2.7 pasamos a calcular las compensaciones a pagar por parte de la distribuidora, lo cual pasamos a mostrar en la tabla 2.7.

De acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico concluimos que no se pagará por compensación a los clientes.

Tabla 6.13. Compensaciones a pagar de acuerdo a la NTCSE

| Suministro | Fecha de muestra | Pst | c | Cr | E(r) | Monto |
|------------------|------------------|------|------|-------|--------------|--------------------|
| 178133 | 06/03/2009 16:50 | 1.20 | 1.10 | 0.04 | 10922 | \$472.58 |
| | 07/03/2009 15:20 | 1.05 | 1.10 | 0.00 | 19907 | \$50.12 |
| 231226 | 07/03/2009 15:20 | 1.17 | 1.10 | 0.03 | 1935.3 | \$64.50 |
| | 13/03/2009 03:30 | 1.84 | 1.10 | 0.71 | 13019.5 | \$10,207.97 |
| 647986 | 06/03/2009 16:50 | 1.23 | 1.10 | 0.05 | 2281.6 | \$131.66 |
| | 07/03/2009 15:20 | 1.05 | 1.10 | 0.00 | 3385.7 | \$8.03 |
| 650721 | 06/03/2009 16:50 | 1.04 | 1.10 | 0.00 | 5673 | \$12.02 |
| 1138877 | 07/03/2009 15:20 | 1.18 | 1.10 | 0.03 | 289 | \$10.25 |
| | 13/03/2009 03:30 | 1.76 | 1.10 | 0.57 | 2443.2 | \$1,536.34 |
| 1258926 | 07/03/2009 15:20 | 1.18 | 1.10 | 0.03 | 906.2 | \$32.47 |
| | 13/03/2009 03:30 | 1.85 | 1.10 | 0.72 | 5150.7 | \$4,058.44 |
| 1389882 | 06/03/2009 16:50 | 1.17 | 1.10 | 0.03 | 4722 | \$156.12 |
| | 07/03/2009 15:20 | 1.06 | 1.10 | 0.00 | 8070 | \$32.18 |
| 796394 | 24/06/2009 13:40 | 1.13 | 1.10 | 0.02 | 17850 | \$312.52 |
| | 24/06/2009 14:00 | 1.58 | 1.10 | 0.33 | 17975 | \$6,607.28 |
| | 24/06/2009 14:50 | 1.44 | 1.10 | 0.20 | 18290 | \$3,923.95 |
| | 24/06/2009 16:50 | 1.02 | 1.10 | 0.00 | 19042 | \$7.08 |
| | 25/06/2009 06:10 | 1.29 | 1.10 | 0.09 | 24472 | \$2,307.83 |
| | 25/06/2009 08:40 | 1.34 | 1.10 | 0.12 | 25496 | \$3,298.77 |
| | 26/06/2009 21:20 | 3.21 | 1.10 | 1.00 | 39917 | \$43,908.70 |
| | 27/06/2009 17:30 | 1.02 | 1.10 | 0.00 | 43993 | \$24.87 |
| 29/06/2009 10:10 | 1.10 | 1.10 | 0.01 | 45683 | \$528.57 | |
| 1553528 | 25/06/2009 06:10 | 1.69 | 1.10 | 0.47 | 187.37 | \$96.75 |
| | | | | | Total | \$77,788.99 |

Tensiones armónicas: Revisando la tabla 6.14 se observa que ningún suministro tuvo valores que estén fuera del rango admisible, por lo tanto, cumple con lo establecido por la Norma Técnica de la Calidad de Servicio Eléctrico.

Por lo tanto:

De acuerdo a lo mostrado en el informe se llega a la conclusión que cumple todos los requisitos necesarios para estar dentro de las tolerancias aceptadas por la Norma Técnica de la Calidad de Servicio Eléctrico – Producto.

En comparación con la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico de otros países (Chile y Venezuela) no supera los valores tolerables y como consecuencia también cumple con lo establecido en dichas normas.

Tabla 6.14. Resultado de las mediciones de perturbaciones

| CLIENTES | FUERA DE RANGO | | MAXIMO | MINIMO | Cumple |
|----------|----------------|-------|---------|---------|--------|
| 178133 | 0 | 0.00% | 4.2775 | 2.5242 | SI |
| 231226 | 0 | 0.00% | 2.29569 | 1.35239 | SI |
| 647986 | 0 | 0.00% | 2.22787 | 1.54479 | SI |
| 650721 | 0 | 0.00% | 3.5679 | 1.4709 | SI |
| 1138877 | 0 | 0.00% | 2.33034 | 1.4111 | SI |
| 1258926 | 0 | 0.00% | 2.29492 | 1.22325 | SI |
| 1389882 | 0 | 0.00% | 3.13022 | 1.58062 | SI |
| 796394 | 0 | 0.00% | 3.6429 | 1.4757 | SI |
| 1261785 | 0 | 0.00% | 3.2781 | 1.4798 | SI |
| 1553528 | 0 | 0.00% | 2.78387 | 0.9948 | SI |

RECOMENDACIONES

Elevar el nivel de tensión en lugares donde el alimentador es muy extenso y esté sobrecargado; esto se puede realizar haciendo un cambio en el alimentador, redistribución de la carga, movimiento de taps del transformador (en caso lo hubiera) o sino la instalación de los reguladores de tensión.

Con respecto a lo económico resulta de gran performance la instalación de los reguladores de tensión los cuales se pueden instalar en zonas donde las redes son muy extensas y no exista otra posibilidad de elevar los niveles de tensión.

Para reducir considerablemente los niveles de armónicos que se inyectan en el sistema se debe realizar una campaña de concientización a las empresas que deben realizar una auditoría a la parte eléctrica de sus empresas, ya que esto beneficiaría tanto en la reducción de su consumo mensual como también en la reducción de los armónicos que inyectan al sistema. Esta reducción se puede realizar instalando equipos condensadores y filtros los cuales son de gran ayuda tanto para el cliente como para la distribuidora.

Es de sugerencia general reglamentar la penalización por inyección de armónicos ya que les daría un freno a toda empresa que quiera implementar sistemas electrónicos de manera indiscriminada.

No se tiene una regulación con lo que respecta a los variadores de velocidad los cuales son muy utilizados en las industrias para generar un ahorro en el consumo mensual pero no ven la influencia que tiene con respecto a la red que se ve mermada por estos equipos

BIBLIOGRAFIA

- [1] Código Nacional de Electricidad – Suministro
- [2] Código Nacional de Electricidad – Utilización
- [3] Norma Técnica de Calidad del Servicio Eléctrico
- [4] Base Metodológica para la aplicación de la NTCSE
- [5] Manuales de Circutor
- [6] Manuales de Dranetz
- [7] Manuales de Lem
- [8] Normas Técnicas de Luz del Sur
- [9] Cuaderno Técnico 141 – Schneider Electric
- [10] Cuaderno Técnico 176 – Schneider Electric
- [11] Cuaderno Técnico 199 – Schneider Electric
- [12] Instalación y retiro de equipos registradores GO-PO-BT-003
- [13] http://www.sec.cl/pls/portal/docs/page/secnormativa/electricidad_reglamentos/DS_327.pdf